

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра исторической геологии и палеонтологии

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ОСНОВЫ СТРАТИГРАФИИ
Ч. I. ЛЕКЦИИ**

Казань
2009

Публикуется по решению заседания кафедры исторической геологии и палеонтологии Казанского государственного университета от 19 июня 2009 г. (протокол № 4).

Составители - В.В. Силантьев, С.О. Зорина

Научный редактор – д.г.-м.н., профессор А.С. Борисов

Рецензент – к.г.-м.н. Н.И. Афанасьева

Учебно-методическое пособие «Основы стратиграфии». Ч. I. Лекции. / Сост. В.В. Силантьев, С.О. Зорина. Казань: Казанский гос. ун-т, 2009. - 81 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов геологического факультета Казанского государственного университета, изучающих курс «Основы стратиграфии». В нем кратко изложен основной и вспомогательный материал, необходимый студенту для успешного освоения лекционного курса. Основные разделы пособия составлены с привлечением теоретических разработок и практических примеров, опубликованных в учебниках и учебно-методических изданиях, использующихся при чтении лекций по «Основам стратиграфии» в ведущих геологических ВУЗах страны. По отдельным главам приведены авторские разработки составителей. Рубрикация пособия соответствует тематике лекционных занятий курса. В конце разделов приводятся контрольные вопросы, фигурирующие в экзаменационных билетах.

Содержание

1. Введение в стратиграфию.....	4
2. Принципы стратиграфии.....	10
3. Некоторые общие положения литологии и седиментологии.....	14
4. Перерывы и несогласия. Фации и формации. Эвстазия и эпейрогения.....	20
5. Методы стратиграфических исследований.....	27
6. Основные положения секвенс-стратиграфического метода.....	33
7. Геофизические методы в стратиграфии.....	39
8. Биостратиграфический метод.....	47
9. Время в стратиграфии. Хроностратиграфические подразделения.....	53
10. Событийная стратиграфия.....	60
11. Стратиграфический Кодекс России (2006).....	69
12. Стратиграфические шкалы и схемы.....	78
Литература.....	82

I. ВВЕДЕНИЕ В СТРАТИГРАФИЮ

Стратиграфия — геологическая дисциплина, которая изучает пространственные и временные соотношения пластующихся толщ горных пород Земной коры. Термин «стратиграфия» буквально означает описание слоев (от лат. *Stratum* – слой и греч. *graphio* – пишу).

Стратиграфия одной из первых (после минералогии) выделилась в 17 веке из обширного и неопределенного познания «земной тверди», сделала геологию наукой исторической. Затем на ее основе возникли петрография, литология, тектоника, палеонтология и многие другие геологические дисциплины.

Стратиграфические исследования предваряют практически все операции геологических работ. При рассмотрении любого обнажения в нем определяются неоднородности, изучая которые вырабатывается общее представление о строении разреза.

При документации скважин, по керну или каротажным диаграммам устанавливается последовательность вскрытых горных пород.

При составлении геологической или любой другой специальной карты, разрабатывается ее легенда, т.е. те элементы – объединения горных пород, ландшафтные или геодинамические единицы, которые замет будут наноситься на план.

При проведении поисковых работ на многие виды полезных ископаемых первоначально определяются породные признаки вмещающих образований для того, чтобы затем установить размещение их в геологическом разрезе и проследить в пространстве.

Любой вид геологической деятельности начинается с расчленения исследуемого объекта, затем определяются сходные черты в его элементах и только после этих стратиграфических операций переходят к выявлению сути проблемы.

Таким образом, по очень точному определению одного из выдающихся современных стратиграфов О.Шиндевольфа (1975), «Стратиграфия – фундаментальная основа геологии... Ее цель – восстановление первоначальной последовательности залегания горных пород, которые либо наблюдают на поверхности, либо вскрывают скважинами. Тем самым стратиграфия создает условия и определяет временные границы для исторической расшифровки геологических процессов и событий. Без стратиграфии нельзя проникнуть в историю образования и строения земной коры, в процесс становления суши и моря, невозможно существования сравнительной тектоники, палеогеографии и палеоклиматологии, невозможен исторический анализ процессов формирования пород, их образования и разрушения, невозможны целенаправленные поиски и разведка месторождений полезных ископаемых».

Помимо этого, стратиграфия играет роль общемирового геологического языка, является средством общения специалистов разных стран. Один из мировых лидеров современной стратиграфии Х.Д.Хедберг (1978) так характеризует эту особенность науки: «Стратиграфия по своему существу глобальна, и необходимо международное взаимопонимание и сотрудничество, если мы хотим достигнуть полноценного воссоздания общей картины слоев Земли и восстановить историю того, как, когда и почему земные слои стали тем, что они есть, и почему находятся там, где они есть в настоящее время».

Таким образом, без знания этой науки, ее методов, принципов плодотворная деятельность специалиста-геолога невозможна. Особенно это касается направлений геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, нефтяной геологии, литологии, разведочной геофизики.

Объектами изучения стратиграфии являются геологические тела, сложенные осадочными, вулканогенными и метаморфическими породами, т.е. горными породами, образовавшимися путем седimentации. Элементарным объектом изучения стратиграфии является **слой**.

По Стратиграфическому Кодексу (2006) **слой (пласт)** — литологически более или менее однородные маломощные отложения, отличающиеся по вещественному составу или по остаткам организмов и ясно ограниченные от ниже- и вышележащих слоев. Морфологическими модификациями слоя являются линзовидный пласт, линза, клин, лавовый поток (покров), залежь и т. д.

Стратиграфия изучает не просто горные породы, а такие их объединения – стратиграфические подразделения или **стратоны**, которые позволяют установить их пространственно-временное положение в разрезе земной коры.

В России принято следующее определение стратона (СК, 2006): «Стратиграфическое подразделение (стратон) - совокупность горных пород, составляющих определенное единство и обособленных по признакам, позволяющим установить их пространственно-временные соотношения, т. е. последовательность формирования и положение в стратиграфическом разрезе. Каждому стратиграфическому подразделению соответствует эквивалентное ему геохронологическое подразделение». Последнее заключение является спорным.

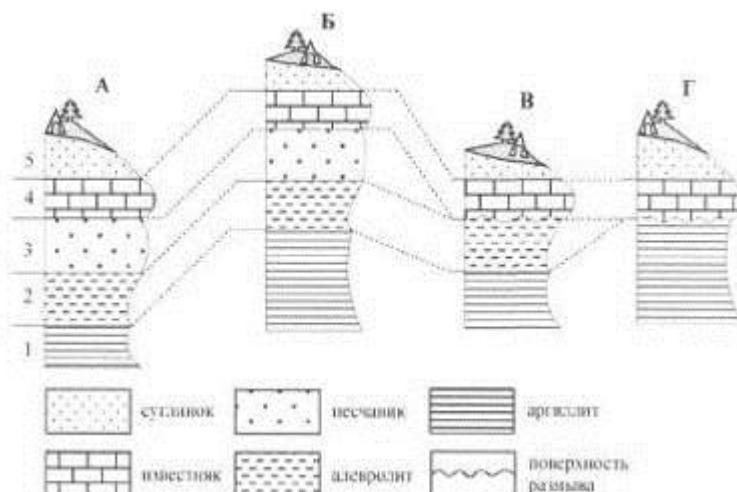
Важной особенностью каждого стратона является его качественное обоснование, т.е. он должен отличаться от смежного критериями, характерными только для него: цветом, составом, особенностью текстуры, систематическим составом окаменелостей или формой их захоронения, соответствии определенному интервалу разреза литосферы и, наконец, - возрастом.

При всем разнообразии признаков, присущих горным породам осадочного генезиса, по своей природе стратоны могут обособляться по трем основным свойствам: седиментологическому – **литостратиграфические подразделения**, палеонтологическому – **биостратиграфические подразделения** и возрастному – **хроностратиграфические подразделения**.

Границы каждого из представителей отмеченных типов стратиграфических подразделений (в последовательности и в пространстве) – уровни изменения основного признака (наблюданного, установленного или согласованного). Они всегда плоскостные, ибо интервальные неизбежно приводят к их неоднозначности и часто ненужной дискуссионности. В случае литостратиграфических единиц их ограничения соответствуют реальным поверхностям изменения состава (породным, сейсмическим, магнитным, разделам циклов, поверхностям несогласий и т.п.). Биостратиграфические ограничиваются пространством находок зональных форм по разрезу и площади и потому менее конкретны, так как могут не смыкаться, быть первично прерывными в пространстве и часто зависят от удачи исследователя или от методики отбора образцов. Хроностратоны конкретны обычно лишь в пределах стратиграфического разреза или местности. На остальной территории они выделяются только по корреляции с эталоном на основании использования самых различных методов (по принципу С.В.Мейена). В большинстве случаев их границы в частных разрезах проходят внутри либо биостратонов, не согласуясь с изменениями в них реально наблюдаемого признака, и поэтому редко соответствуют реальным поверхностям. Для их использования в картосоставительских работах в настоящее время предложен оценить удачный термин – картографируемые подразделения, в отличие от картируемых литостратонов или, в меньшей степени, биостратонов, т.е. наносимые на план в камеральных условиях после анализа материала.

Стратиграфические исследования включают: **стратиграфическое расчленение** и **стратиграфическую корреляцию** (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Схема, иллюстрирующая некоторые взаимоотношения слоев в близко расположенных разрезах. В разрезах В и Г нарушена временная последовательность залегания слоев и имеет место стратиграфическое несогласие.



Процедура стратиграфического расчленения в итоге сводится к проведению стратиграфических границ: литостратиграфических – для литостратонов, биостратиграфических – для биостратонов, хроностратиграфических – для хроностратонов.

В Российском Стратиграфическом Кодексе 2006 г. записано следующее определение **границы стратиграфического подразделения**: «стратиграфические границы — поверхности, ограничивающие стратон по подошве (нижняя граница) и кровле (верхняя граница), латеральные границы — пределы географического распространения горных пород, слагающих данный стратон».

Объем стратиграфического подразделения (стратиграфический объем подразделения) — максимальный интервал геологического разреза, заключенный между стратиграфическими границами этого подразделения.

Стратотип (стратотипический разрез) — конкретный разрез (единий или составной) стратона, указанный и описанный в качестве эталонного.

Стратотипическая местность (страторегион) — район, в котором находятся стратотип и разрезы, дополняющие его характеристику.

Границы стратонов очень часто не являются контрастными, т.е. могут быть проведены с некоторой долей условности в том интервале разреза, где происходит постепенная (неконтрастная) смена одного признака на другой. Мощности этих интервалов соответствуют расстоянию между пробами, в которых получены контрастные значения. Граница обычно проводится по середине между пробами. Подобные ситуации часто встречаются на практике при расчленении монотонных глинистых, песчаных, карбонатных толщ. Пример — юрские и нижнемеловые однородные глинистые толщи, многие из которых расчленяются на свиты только по биостратиграфии.

Однако на всех геологических документах — картах, колонках, профилях все геологические контуры проводятся конкретными линиями, что способствует стабильности стратиграфических, тектонических и других построений. Поэтому большинство стратиграфов мира принимают линейный характер границ, несмотря на возможную условность их проведения.

Стратиграфическое расчленение решает две основные задачи:

- 1) выделение в **частном разрезе** отдельных толщ и слоев, которые отличаются определенными признаками;
- 2) выяснение последовательности их залегания и соотношений между ними.

Под **частным (=конкретным) разрезом** понимают последовательность напластований, фактически наблюдаемую на определенной территории («точке») района, т.е. составленную на основе изучения и сопоставления конкретных геологических тел (слоев), вскрытых в частных обнажениях (рис. 1.2.). В отличие от **сводного разреза** частный разрез не несет в себе никакой обобщенной информации. **Сводный разрез** составляется для структурно-фацевальной зоны, площади листа, контура месторождения и отдельных территорий путем сопоставления серии частных разрезов, обобщения информации по ним и наращивания по мощности.

Стратиграфическое расчленение частного разреза включает:

- 1) изучение и описание отдельных обнажений (разрезов скважин);
- 2) стратиграфическую систематизацию слоев, т.е. составление частного разреза по отдельным обнажениям (скважинам);
- 3) стратиграфическую классификацию или объединение отдельных слоев в стратоны — стратиграфические подразделения различного ранга или уровня.

Под стратиграфической корреляцией понимается сопоставление (увязка) и установление возрастных соотношений отдельных пластов (стратонов) различных, более или менее удаленных друг от друга, разрезов. Конечная или идеальная цель корреляции — установление геологической одновозрастности слоев и толщ в сопоставляемых разрезах.

Стратиграфическая корреляция может быть локальной (местной) для нескольких частных разрезов одного района, региональной — охватывающей разрезы целого геологического региона (осадочного бассейна), межрегиональной и, наконец, глобальной.

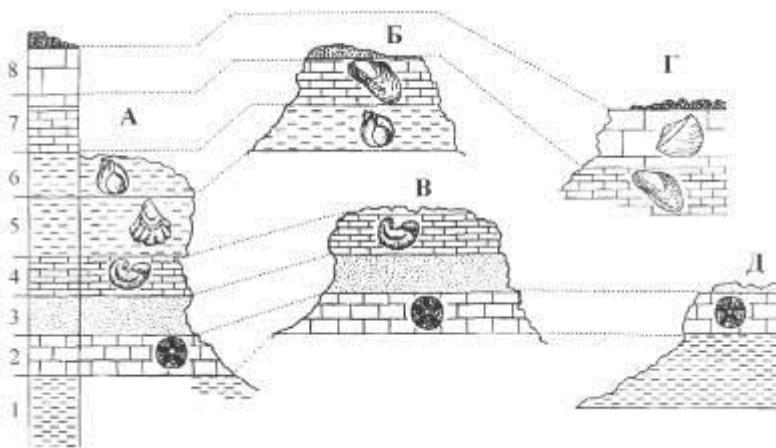


Рис. 1.2. Схема, иллюстрирующая процедуру составления сводного разреза из частных разрезов А, Б, В, Г и Д.

Локальная корреляция является одной из основополагающих процедур при геологосъемочных, поисковых и разведочных работах (в том числе на нефть), а также при инженерно-геологических изысканиях. Полосойная корреляция продуктивных нефтяных или угольных пластов называется синонимично

кой пластов. От правильности проведения корреляции зависит кондиционность всех последующих геологических построений, включая подсчет запасов на месторождении, либо выдачу заключения под строительство зданий и сооружений.

При геологосъемочных работах проводится и региональная корреляция, т.к. сводный разрез, составленный для конкретной площади, должен быть увязан не только с соседними листами, но и с унифицированной стратиграфической схемой, утвержденной МСК, точнее – со стратиграфическим разрезом, принятым для структурно-геологической зоны, в которую входит площадь работ.

Глобальные корреляции проводятся либо в рамках Международных проектов, либо отдельными научными коллективами и учеными, занимающимися проблемами возрастной датировки частных или сводных разрезов.

Расчленение и корреляция представляют собой два этапа стратиграфического исследования. Первым – начальным этапом является стратиграфическое расчленение частного разреза, вторым – корреляция частных разрезов, их объединение в сводный разрез.

К числу исходных положений стратиграфии принадлежит интерпретация стратиграфических данных в отношении датировки (установления возраста) и продолжительности формирования стратиграфических подразделений. Интерпретация стратиграфических данных имеет два аспекта: хронологический и собственно исторический.

Стратиграфическое расчленение любого частного разреза может осуществляться двумя основными путями. Первый путь – хронологическое расчленение данной последовательности слоев – требует наличия геохронологической шкалы. Хронология представляет собой установление последовательности событий и их датировку по определенной временной шкале. Например, мезозойские события, юрские события, кимериджские события. Все они имеют некоторую длительность, выраженную в млн. лет. Хроностратиграфическое расчленение соответствует задаче привязки разреза к шкале геологического времени (геохронологической шкале),

Второй путь – естественное стратиграфическое расчленение той же последовательности слоев на базе естественной периодизации соответствующего историко-геологического процесса. Он реализуется разработкой местных и региональных стратиграфических шкал. Проще говоря, реконструируется последовательность геологических событий (биологических, седиментационных, текtonических, эвстатических, климатических и других), происходивших в рассматриваемом регионе.

Главное отличие двух рассмотренных подходов стратиграфического исследования состоит в том, что рубежи историко-геологических этапов могут испытывать возрастное скольжение, т.е. накладываться друг на друга во времени. Пример – аналогия с историческими этапами общественного развития. Начало и конец любой исторической эпохи часто носят затяжной характер. В момент начала очередной эпохи продолжают происходить события из предшествующих этапов, а при ее окончании часто присутствуют признаки, характерные для последующих эпох. Если применить принцип аналогии к геологическим этапам, то, действительно, станет возможным одновременное существование видов организмов, по последовательной смене которых построено сейчас большинство зональных шкал.

Именно по причине возможного пересечения во времени смежных историко-геологических этапов в новом варианте МСШ (ШГВ–2004) осуществлен переход к шкале физического времени.

Основные задачи стратиграфии.

Главной задачей стратиграфии является установление исторической последовательности образования стратонов и возрастная датировка их границ.

Последовательность решения основной задачи стратиграфии состоит из трех основных этапов:

а) расчленение разрезов и выделение стратиграфических подразделений (стратонов) для отдельных участков земной коры (бассейнов осадконакопления отдельных регионов);

б) проведение межрегиональной корреляции стратиграфических подразделений (стратонов) различных категорий и рангов (слоев, горизонтов, зон, ярусов и т.д.);

в) создание общей (универсальной или международной) хроностратиграфической шкалы на базе межрегиональной корреляции.

Все три задачи стратиграфии отражают последовательные стадии или уровни стратиграфических исследований от расчленения и корреляции частных разрезов через их межрегиональную корреляцию к глобальным сопоставлениям. Однако каждая из этих основных задач является одновременно и самостоятельным направлением стратиграфических исследований. Так, первое направление имеет выход в посредневную практику геологоразведочного производства, обеспечивая стратиграфической основой крупномасштабную геологическую съемку, поиски и разведку полезных ископаемых, а также различные специальные локальные и региональные исследования (гидро-геологические, инженерно-геологические и пр.).

Второе направление связано с обеспечением стратиграфической основой составление геологических карт среднего и мелкого масштаба, а также палеогеографических и прогнозных карт территорий, включающих несколько структурно-фацальных зон или осадочных бассейнов.

Третье направление подготавливает необходимую базу для глобальных корреляций и обеспечивает универсальной основой проведение работ по первым двум направлениям.

Самостоятельность и единство стратиграфии.

Стратиграфия является **самостоятельной** дисциплиной со своим предметом исследования, принципами и методами. Такое понимание стратиграфии не является общепринятым, поскольку существует мнение о том, что стратиграфия является лишь разделом исторической геологии. Эта точка зрения нашла отражение в таких авторитетных изданиях как Геологический словарь (1973), Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура (1965), ее придерживались многие корифеи отечественной геологии, к сожалению.

Как было выше показано, стратиграфия является особой фундаментальной отраслью геологии – базисом не только для исторической геологии, но в равной мере для структурной геологии и учения о полезных ископаемых.

О единстве стратиграфии. Рассматривая стратиграфию как самостоятельную геологическую дисциплину, одновременно следует подчеркнуть ее единство, в противовес широко распространенным взглядам о самостоятельности ее подразделений. В советской, да и в российской литературе часто стратиграфия отождествляется с биостратиграфией, что конечно же сужает и объекты, и задачи исследований.

Американская геологическая школа стоит на позиции множественности стратиграфии. Американцы рассматривают лито-, био-, хроностратиграфию в качестве самостоятельно существующих направлений исследования. Кроме того, в компетенцию стратиграфии у них входят проблемы генезиса, состава и преобразования всех горных пород, слагающих литосферу.

Мы с Вами будем понимать стратиграфию как самостоятельную геологическую дисциплину, рассматривающую пространственно-временные взаимоотношения стратонов на основе единства или комплексности подхода к их изучению.

Стратиграфия является одной из немногих геологических дисциплин, в которой одновременно существует масса зачастую противоположных подходов к определению объектов изучения, терминологии, методам, что сводится в итоге к многолетним, иногда бесплодным философским (а чаще – демагогическим) дискуссиям и спорам. В стратиграфической среде как нигде много непримиримых точек зрения по вопросам расчленения и корреляции как на локальном, а уж тем более –

на глобальном уровне. Каждый автор учебного пособия считает, что его учебник является наиболее прогрессивным и следовательно, правильным. Поэтому для геолога главное – сформировать у себя такую сферу стратиграфических знаний, в которой каждое из мнений какого-либо ученого, специалиста-стратиграфа, либо специалиста-нестратиграфа, но сталкивающегося с вопросами стратиграфии прямо или косвенно, имело бы свою ячейку, т.е являлось частью общего объема стратиграфической информации, которой располагает геолог. На следующей лекции мы с Вами будем формировать ядро из принципов стратиграфии, вокруг которого будут наращиваться слои дальнейших стратиграфических знаний. И чем больше будет индивидуальная мощность полученных слоев, тем быстрее и качественнее будет выполнена Вами любая геологическая работа, что, несомненно, повлияет на карьерный рост, а главное – на формирование Вашего естественно-научного мировоззрения.

Контрольные вопросы:

1. *Определение (предмет) стратиграфии. Объекты ее изучения.*
2. *Значимость стратиграфии в сфере геологических знаний.*
3. *Понятие о стратонах. Разновидности стратонов.*
4. *Границы стратонов.*
5. *Понятие о частном и сводном разрезах.*
6. *Стратиграфическое расчленение: определение, задачи, этапность.*
7. *Стратиграфическая корреляция: определение, разновидности.*
8. *Этапы стратиграфического исследования.*
9. *Хронологический и исторический аспекты интерпретации стратиграфических данных*
10. *Основные задачи стратиграфии.*
11. *Самостоятельность и единство стратиграфии.*

II. ПРИНЦИПЫ СТРАТИГРАФИИ

В основе стратиграфии, как и любой науки, лежит несколько принципов, среди которых, по В.А.Прозоровскому (2003), выделяются собственно стратиграфические, седиментологические и общегеологические.

Общегеологические принципы

1) Принцип актуализма (принцип Ч.Лайеля)

Был сформулирован в XIX веке Ч. Лайелем: «Силы, действующие на земной поверхности и под нею в настоящее время, могут быть сопоставимы по роду и степени с теми силами, которые производили геологические изменения в прошлые эпохи».

В России в 50-60-х гг. XX века этот принцип отождествлялся с концепцией **униформизма** и подвергался суровой критике. В отличие от принципа актуализма, суть концепции униформизма заключается в признании **единообразия** геологических процессов на всем протяжении времени существования Земли.

В настоящее время признано основополагающее значение принципа актуализма при проведении всякого исторического исследования. В частности, он пронизывает всю стратиграфию, используется в других областях геологии, применяется в биологии и географии.

2) Принцип неполноты стратиграфической и палеонтологической летописи (принцип Ч. Дарвина)

Относится к общим положениям стратиграфии и состоит в том, что в геологических напластованиях запечатлена лишь меньшая часть геологической истории, а большая часть приходится на перерывы. Эта мысль впервые была высказана Ч. Дарвином в труде «Основные начала геологии» (1866) и в дальнейшем развивалась многими учеными. Выяснилось, что наряду с крупными перерывами, важная роль в неполноте геологической летописи принадлежит бесчисленным мелким перерывам, обусловленным пульсационным характером и прерывистостью самого процесса осадконакопления. Имеется и вторая сторона данного принципа: неполнота (односторонность) палеонтологической летописи, т.е. окаменелости, заключенные в геологических напластованиях, представляют собой лишь незначительный процент организмов, населявших землю в прошлом. Отсюда затрудняется реконструирование с достаточной полнотой древних фаун и флор, т.к. многие их компоненты бесследно исчезли.

Палеонтологическая летопись, это дошедшие до нас остатки организмов, которые были когда-то представлены обильными и широко распространенными популяциями. Отсюда следует вывод о том, что **амплитуда стратиграфического и диапазон географического распространение ископаемых форм всегда меньше истинного распространения этих организмов во времени и пространстве (Newell, 1966).**

В течение геологического времени виды вымирают и сменяются новыми. Имеются оценки, показывающие, что все виды биосфера сменяются новыми за 12 млн. лет (Teichert, 1956). Скорость смены видов может быть выражена также через среднюю продолжительность существования видов равную 2,75 млн. лет (Simpson, 1952). Если принять, что сейчас на Земле имеется около 5 млн. видов растений и животных, что это число на протяжении фанерозоя существенно не менялось и что оценка средней продолжительности видов верна (2,75 млн. лет), то можно рассчитать, сколько видов жило на Земле за последние 600 млн. лет, прошедших с начала кембрия:

$$(4,5 * 10^6)(600 * 10^6 / 2,75 * 10^6) = 982 * 10^6.$$

Сравнивая эту оценку с числом известных ископаемых видов (150 000), можно сделать вывод, что в палеонтологической летописи сохранились следы всего 0,016 % всех видов, живших в фанерозое (Рауп, Стэнли, 1974). Можно отметить, что на полноту палеонтологической летописи оказывают влияние не только перерывы в осадконакоплении, но и такие процессы как биологическое, механическое и химическое разрушение органических остатков.

Преодоление неполноты собственно геологической (стратиграфической) летописи шло по линии расширения геологических исследований с распространением их не только на территории всех материков, но и на акватории шельфа, а в последнее время и на океаническое ложе.

3) Принцип необратимости геологической и биологической эволюции (принцип Л.Долло)

был разработан Ч.Дарвина в своем знаменитом труде «Происхождение видов», но

четко сформулирован был Л.Долло в 1893 г.: «Организм не может вернуться даже частично к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков».

Необратимость геологического развития Земли как планеты Солнечной системы основана на том, что ее эндогенная активность имеет общую тенденцию к снижению в связи с исчерпанием запасов внутреннего тепла. Кроме этого Земля представляет собой открытую систему, подверженную влиянию процессов, протекающих в околоземном космическом пространстве.

В историческом аспекте развитие Земли, как и других планет, началось с «*текtonики роста*», т.е. с образования ядра. Оно продолжалось временем господства «*тектоники мантийных струй*», которая уже в архее начала сменяться в верхних оболочках Земли «*тектоникой литосферных плит*». Подобная смена, вероятно, наблюдается в настоящее время на Венере. Марс уже миновал стадию «*тектоникой литосферных плит*» и вступил в стадию общего сжатия литосфера, а Меркурий и Луна почти полностью утратили глубинную активность и на них господствуют экзогенные процессы, вызванные внешними воздействиями (Хайн, 1997).

Очевидно, что перечисленные стадии развития планет должны отличаться по видам и интенсивности протекающих на них геологических процессов.

Говоря о принципе необратимости биологической эволюции, необходимо подчеркнуть, что развитие жизни — это процесс, заключающийся в образовании новых, высших форм, создающих в себе предпосылки для дальнейшего развития. Этим объясняется общая, закономерная тенденция поступательного, восходящего движения — тенденция развития от простого к сложному. Процесс этот необратим, т.е. движение вспять, от высших форм к низшим, от сложных к простым, невозможно. В то же время поступательность развития нельзя понимать как плавный процесс, без зигзагов и отклонений. Поступательность реализуется в борьбе различных тенденций, при этом отдельные линии общего развития могут выражать моменты регресса. Положение о необратимости биологической эволюции принято в качестве единого принципа и было положено в основу биостратиграфии или палеонтологического метода в стратиграфии.

Седиментологические принципы

4) Принцип фациальной дифференциации одновозрастных отложений (принцип Грессели-Реневье)

Состоит в том, что одновозрастные отложения претерпевают в горизонтальном направлении фациальные изменения, которые обуславливают существенные различия в литологическом составе и палеонтологической характеристике. Термин фация обозначает здесь любые различия между геологическими телами одного и того же возраста. Эти различия могут проявляться как в их литологическом составе, так и в палеонтологических особенностях.

Недоучет фациальных изменчивости одновозрастных отложений часто является источником ошибочной датировки и корреляции, т.о. применение данного принципа не ограничивается лишь стратиграфией, а имеет значительно более широкое распространение.

5) Принцип разновозрастности граничных поверхностей осадочных геологических тел (принцип Головкинского = закон Головкинского)

В основе принципа лежит положение о разновременности образования литологически однородных слоев, установленное впервые Николаем Алексеевичем Головкиным (1868) в результате изучения пермской формации Камско-Волжского бассейна. Разновозрастность различных частей одного и того же слоя обусловлена самим механизмом слоебразования в условиях перемещения береговой линии бассейна осадконакопления. Как вывод из своих исследований Н.А.Головкинский указал на необходимость различия понятий о хронологическом, стратиграфическом, петрографическом и палеонтологическом горизонтах. При этом — хронологические горизонты косвенно пересекают все другие.

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

В настоящее время используется следующая формулировка данного принципа: *граничные поверхности геологических тел (например, кровля слоя) не являются вполне изохронными на всем*

протяжении, причем скорость изменения возраста этих поверхностей возрастает в направлении, перпендикулярном береговой линии бассейна.

Исходя из учения об образовании слоя, в каждом слое можно считать строго синхроничными только те его участки, которые отлагались параллельно береговой линии.

Собственно стратиграфические принципы

6) Принцип последовательности образования геологических тел (принцип Н. Стенона)

Заключается в том, что относительный возраст двух контактирующих геологических тел осадочного генезиса определяется их первичными пространственными соотношениями. Согласно Н. Стенону, при ненарушенном залегании горных пород каждый нижележащий слой древнее покрывающего слоя. Этот принцип переводит пространственное отношение геологических тел (ниже/выше) во временное отношение (древнее/молодое) (см. рис. 1.1 и 1.2).

Нильс Стенсон, больше известный как Николаус Стенон – датский геолог, палеонтолог, кристаллограф, анатом и философ (=натуралист) основные геологические выводы изложил в диссертации «О твердом, естественно содержащемся в твердом», опубликованной во Флоренции в 1669 г. Этот год стал годом рождения науки геологии и стратиграфии в частности.

Однако уже через 200 лет (в 1868 г.) Н.А. Головкинский указывал на возможность применения принципа Стенона только в пределах очень ограниченной местности в силу того, что нижние границы литостратонов испытывают возрастное скольжение.

7) Принцип гомотаксальности (принцип Т. Гексли)

Гомология – соответствие сходных частей, занимающих одинаковое положение в структуре разных организмов. Гомотаксис, в понимании Т.Гексли, это сходство по определенным признакам (прежде всего палеонтологическим) отложений, занимающих одинаковое стратиграфическое положение в разрезах отдельных областей. Данные понятия базировались на представлении Ч.Дарвина о подобной последовательности развития сообществ организмов в различных частях планеты. Т.Гексли гомологичными считал не тождественные, идентичные последовательности признаков, а сходные, однопорядковые. Более того, он считал, что эволюция – медленный постепенный процесс и потому полная аналогия – не есть синхронность. Он предложил постулат (или правило Гексли): «*тождественные фауны разных мест не могут быть одновременными*». Частным случаем принципа Гексли является одно из фундаментальных положений биостратиграфии

8) Принцип биостратиграфического расчленения и корреляции (принцип В.Смита)

Краткая формулировка данного принципа такова: *отложения можно различать и сопоставлять по заключенным в них ископаемым*.

В качестве авторской формулировки можно привести следующую цитату из одной ранней работы В.Смита: «*все пласти последовательно осаждались на дне моря и каждый из них содержит в себе остатки организмов, которые жили во время его образования; в каждом пласте наблюдаются свои собственные окаменелости, и по ним в известных случаях можно установить одновременность образования пород различных местностей*» (Степанов, Месежников, 1979).

Данный принцип лежит в основе одного из основных методов биостратиграфии – метода руководящих ископаемых. Однако применение его ограничено фациями, благоприятными для жизни организмов или сохранения их остатков.

9) Принцип хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков (С.В.Мейена) 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».

Принцип С.В.Мейена является основой хроностратиграфической корреляции разнофациальных разрезов. Он применяется для корреляции толщ разного состава, генезиса, палеонтологической характеристики. Именно комплексирование стратиграфических признаков обеспечивает их хронологическую взаимозаменяемость, является основой внутри- и межрегиональной корреляции по серии признаков наибольшего веса.

10) Принцип объективной реальности и неповторимости стратиграфических подразделений (Л.Л.Халфина – Д.Л.Степанова). Сформулирован в 1967 г. Д.Л.Степановым на основе положений Халфина.

«Стратиграфические подразделения (стратоны), представляя реальный результат геологических событий, объективно отражают суть этих событий и не повторяются во времени и в пространстве».

Данный принцип обосновывает процедуру выделения стратиграфического подразделения, подчеркивая конкретность и оригинальность каждого, будь то слой или пачка, ярус или акротема.

Практический смысл этого принципа заключается в необходимости преодоления тенденции к субъективному подходу при установлении стратиграфических подразделений.

Контрольные вопросы:

12. Стратиграфические, седиментологические и общегеологические принципы
13. Принцип актуализма (принцип Ч.Лайеля)
14. Принцип неполноты стратиграфической и палеонтологической летописи (принцип Ч. Дарвина)
15. Принцип необратимости геологической и биологической эволюции (принцип Л.Долло)
16. Принцип фациальной дифференциации одновозрастных отложений (принцип Грессли-Реневье)
17. Принцип разновозрастности граничных поверхностей осадочных геологических тел (принцип Головкинского=закон Головкинского)
18. Принцип последовательности образования геологических тел (принцип Н. Стенона)
19. Принцип гомотаксальности (принцип Т. Гексли)
20. Принцип биостратиграфического расчленения и корреляции (принцип В.Смита)
21. Принцип хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков (С.В.Мейена)
22. Принцип объективной реальности и неповторимости стратиграфических подразделений (Л.Л.Халфина – Д.Л.Степанова)

III. НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЛИТОЛОГИИ И СЕДИМЕНТОЛОГИИ

Объектом стратиграфии являются толщи слоистых в основном осадочных пород. Как указывают Д.Л.Степанов и М.С.Месежников (1979, с. 69), «в сущности, все стратиграфические исследования сводятся к выявлению пространственно-временных соотношений слоистых толщ, слагающих литосферу, а применительно к какому-либо отдельному региону - и к выявлению возможно большего числа деталей строения осадочных и вулканогенных серий, развитых в этом регионе. С другой стороны, сами особенности строения осадочных толщ (их литологический состав, минеральная характеристика, цвет, текстура и порядок чередования пород в разрезе и т. п.) широко используются геологами при выделении и прослеживании тех или иных региональных стратиграфических подразделений».

К общим положениям, способствующим более ясному, обоснованному и, следовательно, однозначному подходу к расчленению и сопоставлению разрезов, относятся данные о внутренних свойствах осадочных пород (составе, текстуре и т. п.) и об особенностях их накопления (характер седиментации во времени, перерывы, форма тел различных типов осадочных пород, фации и формации). Наиболее полно и доходчиво материал по данной тематике изложен в монографии Д.Л.Степанова и М.С.Месежникова «Общая стратиграфия (Принципы и методы стратиграфических исследований)» (1979). Пояснения по отдельным вопросам раздела мы приводим, цитируя этот один из самых лучших учебников.

Классификация осадочных пород

По мнению Д.Л.Степанова и М.С.Месежникова (1979, с. 70), «несмотря на то, что геологи всех стран широко используют в своей практике такие термины, как известняки, пески, глины и т. п., и более или менее однозначно их понимают, общепринятой классификации осадочных пород до сих пор не существует. Это обстоятельство в первую очередь определяется разнообразием критериев, которые должны быть учтены при классификации осадочных пород. Действительно, существуют классификации, основанные на составе пород, их происхождении, способе отложения, степени уплотнения, структурных и текстурных особенностях и т. д. Существенной особенностью осадочных пород является то, что по главнейшим своим параметрам—минеральному и химическому составу и структуре — они, как правило, не образуют обо-собленные классы, но, напротив, являются смесью компонентов различных по своему составу и гранулометрии».

В отечественной литературе выделяются **три основные группы осадочных пород**: обломочные (включая пирокластические), глинистые и химические (включая органогенные). Американские литологи присоединяют глинистые породы к обломочным и различают кластические (экзогенные) и некластические (эндогенные) породы.

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

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

Пирокластические породы разделяются на три основные группы: туфы и туфобрекчии, в которых вулканическим материалом сложен и цемент и обломки; туффиты, содержащие более 50% вулканогенного материала, и, наконец, туфогенно-осадочные породы, в которых преобладает осадочный материал.» (цит. по Степанов, Месежников, 1979, с. 71).

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

Учитывая, что обычно любая осадочная порода представляет собой смесь нескольких компонентов, Ф. Петтиджон (Pettijohn, 1957) предложил «главный тетраэдр состава» (рис. 3.1), наилучшим образом позволяющий оценить состав различных осадочных пород.

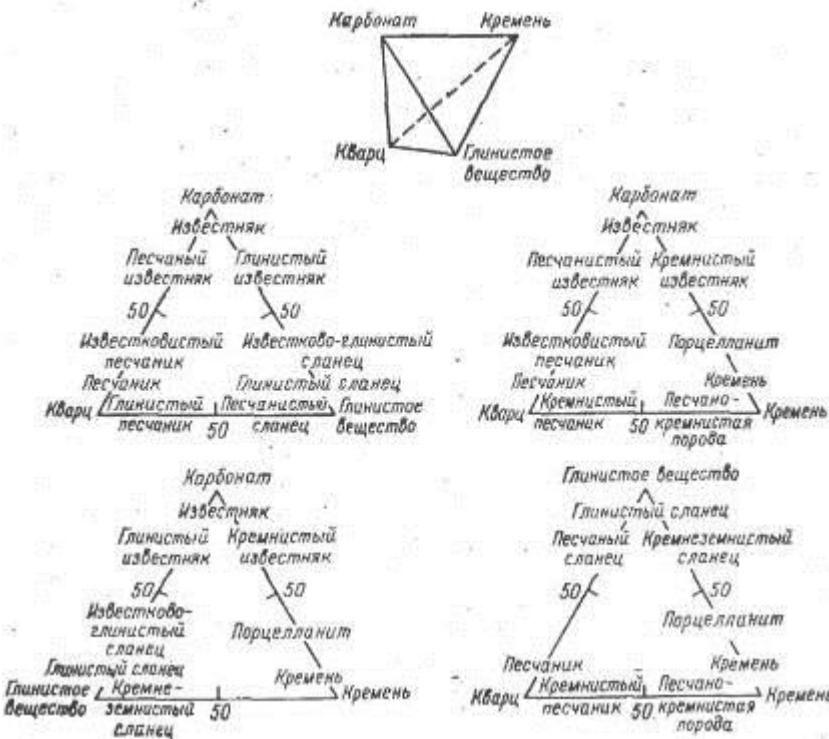


Рис. 3.1. Главный тетраэдр состава и интерпретация его граней (по Krumbein, Sloss, 1951) (рис. 4.1. из Степанов, Месежников, 1979, с. 72).

«Однокомпонентные породы (содержащие не более 5% примесей) располагаются в вершинах этого тетраэдра, отвечающих кварцевым пескам, глинам, известнякам и кремнеземистым осадкам, двухкомпонентные породы помещаются на его ребрах, трехкомпонентные — на гранях и, наконец, породы, состоящие из четырех компонентов, будут заключены внутри тетраэдра. Естественно, что в

вершинах тетраэдра могут быть и другие компоненты, например каустобиолиты, марганцевые соединения или сульфаты.» (цит. по Степанов, Месежников, 1979, с. 72).

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

Основными породами, слагающими стратисферу, являются глины (сланцы), пески (песчаники) и известняки. Алевриты распределяются между глинами и песками. Глинистые породы составляют 50–55%, песчаные 25% и карбонатные 15–20% стратисферы. При этом удельный вес песчаных пород на платформах, по-видимому, больше, а глинистых меньше, чем в подвижных поясах. Наконец, следует отметить, что основные объемы песчаных пород приурочены к континентальным, а карбонатов — к морским сериям.

Слоистость

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

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

Наконец в глинах бывает тончайшая слоистость, обусловленная особенностями кристаллических решеток глинистых минералов.

Необходимо отметить, что приведенное выше в целом общепринятое определение слоистости нуждается в ряде пояснений, относящихся к практике геологических исследований. Прежде всего, говоря о слоистости, обычно имеют в виду отличия последовательно залегающих слоев по их вещественному составу. Однако очень часто при описании разрезов геолог убеждается, что многие из этих хорошо распознаваемых слоев в свою очередь состоят из большого количества маломощных, однородных по своему составу прослоев. С другой стороны, в мощных осадочных сериях, сложенных чередующимися породами, толщина отдельных слоев (пачек) может составлять десятки метров. При этом в небольших выходах будет обнажаться лишь часть слоя и для практических целей корреляции частных разрезов приходится искать дополнительные критерии (включения, особенности распределения фауны и т.п.), позволяющие различать (и описывать в качестве самостоятельных слоев) более узкие интервалы разреза. Как уже отмечалось, само возникновение слоистости связано с процессами осадконакопления. Но, описывая обнажение, сложенное чередующимися песками и песчаниками, геологи, естественно, выделяют те и другие в качестве самостоятельных слоев, хотя появление песчаников обязано уже процессам диагенеза. Обобщая все эти случаи, можно отметить, что выделение слоев производится различными способами с использованием самых разнообразных признаков осадочных пород и определяется задачами и степенью детальности исследования и опытом самого исследователя» (цит. по Степанов, Месежников, 1979, с. 74-75).

На рис. 3.2 показаны **различные варианты выделения слоев в обнажении**, нижняя часть которого сложена глинами, а верхняя — песками. «При рекогносцировочных работах или мелко-масштабной съемке в этом обнажении будет выделено два слоя — глины и пески. Крупномасштабные работы потребуют более детального расчленения, и тогда с помощью маркирующего слоя карбонатных конкреций глины будут разделены на два слоя. Литолог, изучая это обнажение, обнаружит изменение минерального состава глин на другом уровне, и его подразделение на слои будет уже иным.

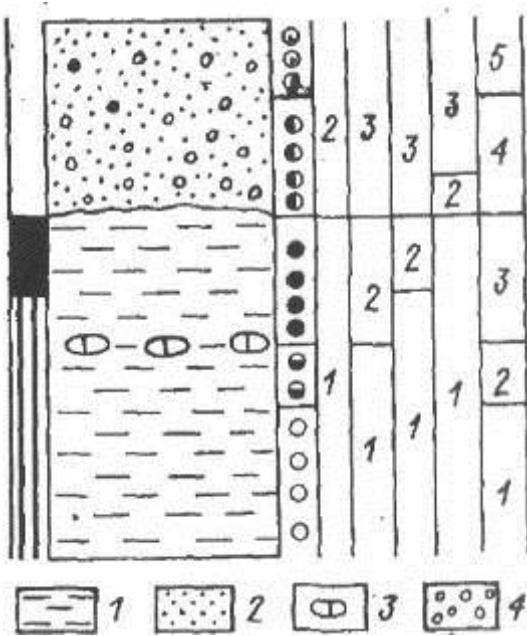


Рис. 3.2. Различные способы расчленения разреза на слои в зависимости от целей исследования. Слева показан минеральный состав глин (заливка — монтмориллонит, светлое — смешаннослойные минералы), справа — различные комплексы фауны. 1 — глина, 2 — песок, 3 — карбонатные конкреции, 4 — фосфоритовые конкреции (рис. 4.3. из Степанов, Месежников, 1979, с. 76).

позволят дать каждому из этих слоев чисто визуальную характеристику и т. д.

Таким образом, в практической деятельности часто используются для выделения слоев такие особенности осадочных пород, которые не имеют прямого отношения к слоистости в приведенной выше трактовке. Однако не менее часто оказывается, что эти, казалось бы, искусственно выделенные слои на самом деле соответствуют определенным изменениям в режиме и темпе седимента-

ции, а их границы отвечают скрытым размывам и перерывам и что, следовательно, искусственность их выделения является только кажущейся» (цит. по Степанов, Месежников, 1979, с. 76).

Основой выделения слоев является изменение вещественного состава пород.

В практической работе геологу чрезвычайно важно знать, насколько выдержаны слои, выделенные им в частных разрезах. Выдержанность слоев определяется обстановками и условиями седиментации и последующей историей захороненного осадка. Поэтому геология изобилует как примерами чрезвычайно значительной протяженности отдельных маломощных слоев, так и невозможностью прослеживания слоев в пределах одного обнажения. Различные случаи ограничения слоя в пространстве показаны на рис. 3.3.

В целом можно полагать, что в морских достаточно мощных сериях слои более выдержаны, чем в континентальных или конденсированных морских свитах.

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

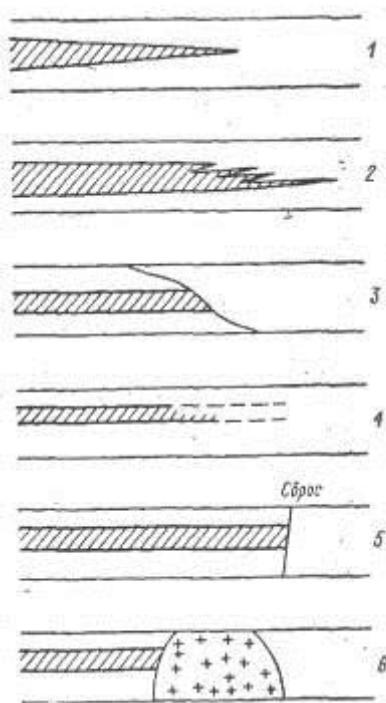
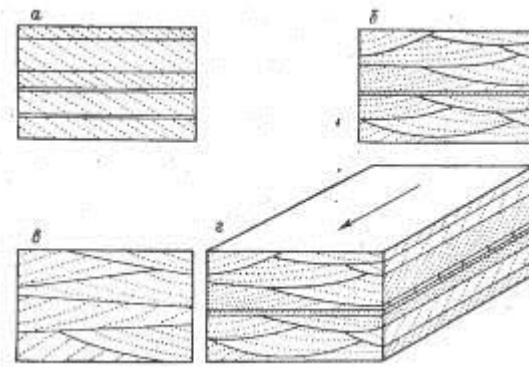


Рис. 3.3. Различные случаи выпадения слоя из разреза (по Л.Рухину, 1955). 1 – выклинивание, 2 – выклинивание с расщеплением, 3 – срезание при размыте, 4 – исчезновение ограничивающих пластовых поверхностей, 5 – тектоническое нарушение, 6 – естественное ограничение области аккумуляции. (Рис. 4.4. из Степанов, Месежников, 1979, с. 77).

«Некоторые виды слоистости обладают особой информативностью. Среди них особое место занимает косая слоистость, нередкая в континентальных и морских (главным образом мелководных) преимущественно песчано-алевритовых осадках. **Значение косой слоистости** заключается в том, что она содержит большое число данных не только об условиях формирования осадка, но и о направлении движения водных или воздушных масс, под влиянием которых образуются первично наклонные слойки.» (цит. по Степанов, Месежников, 1979, с. 78-79). Наиболее характерные типы косой слоистости (таблитчатый, линзовидный и клиновидный) приведены на рис. 3.4.

Рис. 3.4. Основные типы косой слоистости по Р. Шроку (1950). а – таблитчатый; б – линзовидный; в – клиновидный; г – блок-диаграмма, показывающая соотношения между таблитчатой и линзовидной косой слоистостью. Стрелкой показано направление течения. (Рис. 4.5. из Степанов, Месежников, 1979, с. 78).



Важное значение слоистость имеет и при интерпретации структуры осадочных толщ в складчатых системах. Знание последовательности напластования позволяет, в частности, устанавливать

опрокинутое залегание или разобраться в строении вертикально залегающих слоистых серий (рис. 3.5).

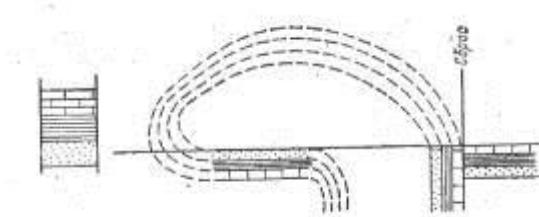


Рис. 3.5. Расшифровка строения опрокинутой складки с изоклинальными вертикально падающими крыльями при помощи изучения последовательности напластования. Слева приведен нормальный разрез дислоцированной толщи. (Рис. 4.6. из Степанов, Месежников, 1979, с. 79).

Особенности накопления осадочных толщ

«Изучение вещественного и химического состава осадочных пород позволило более полувека назад прийти к выводу о том, что уже с начала палеозоя основным источником образования осадочных пород явились более древние осадочные толщи...

Данные по современному осадконакоплению показывают, что 50 % твердого стока рек остается в их дельтах, до 40 % накапливается в пределах морского мелководья и лишь 3–5 % достигает глубоководных участков».

По-видимому, эти соотношения сохранялись и в геологическом прошлом. Однако профиль любого осадочного бассейна показывает, что наибольшие мощности отложений приурочены не к периферическим, а к центральным его частям. Еще более парадоксальную картину дает *вычисление* скоростей осадконакопления в таких бассейнах: *вычисленная скорость осадконакопления в центре бассейна в несколько раз больше чем на его окраинах...*

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

Указанная особенность процесса осадконакопления впервые была отмечена Дж. Барреллом (Barrell, 1917), который указал, что осадконакопление — это ритмический процесс, контролируемый диастрофическими и климатическими изменениями... Было показано, что время накопления осадков значительно меньше времени перерывов в осадконакоплении, а отложение сохранившихся слоев происходит очень быстро.

Эти перерывы в осадконакоплении, составляющие характерную особенность процесса седиментации (так как обеспечивают продвижение материала к центру бассейна) Дж. Баррелл назвал **диастемами**. Диастемы, как правило, не фиксируются в разрезе.

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

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

Несомненно, имеется много, как правило, маломощных литологических тел, одновозрастных на всем протяжении, например пепловые и бентонитовые пласти. Тем не менее, геологические данные свидетельствуют о том, что чем длительнее происходит формирование какой-либо толщи, тем более неодновозрастны ее границы.» (цит. по Степанов, Месежников, 1979, с. 80-82).

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

Таким образом, накопление любых генетически и морфологически однородных осадочных толщ, имеет непрерывно-прерывистый характер. Детальные стратиграфические корреляции сводятся к сопоставлению интервалов сохранения и несохранения первично накопившихся осадков.

Контрольные вопросы:

23. Основные группы осадочных пород.
24. Главный тетраэдр состава Петтиджона
25. Слоистость: определение, происхождение, основа выделения слоев.
26. Различные способы расчленения разреза на слои в зависимости от целей исследования.
27. Особенности накопления осадочных толщ.

IV. ПЕРЕРЫВЫ И НЕСОГЛАСИЯ. ФАЦИИ И ФОРМАЦИИ. ЭВСТАЗИЯ И ЭПЕЙРОГЕНИЯ

В геологии достаточно часто встречаются случаи частичного или полного отсутствия осадков, которые уверенно датируются временными интервалами - фазами, веками, эпохами, периодами и даже эрами. Эти перерывы в осадконакоплении проявляются на обширных пространствах.

«Наиболее часто причиной перерывов являются тектонические движения и связанные с ними региональные или локальные палеогеографические изменения. Наряду с этим перерывы вызывают связь и с резким замедлением темпов осадконакопления, подводными размывами (рекесии, по Д. В. Наливкину), существованием устойчивых течений, уносящих весь поступающий осадок; и наконец, перерывы могут быть связаны с эродирующими влиянием мутевых потоков. Перерывы имеют для геолога огромное практическое значение: без их учета невозможно правильно соотносить частные разрезы или оконтурить какое-либо стратиграфическое подразделение.

Перерывы заключают большую информацию о тектоническом и палеогеографическом развитии района. Естественно поэтому для их обозначения необходима достаточно однозначная терминология. По-видимому, одна из наиболее удачных классификаций перерывов и связанных с ними несогласий предложена К. Данбаром и Дж. Роджерсом (рис. 4.1).

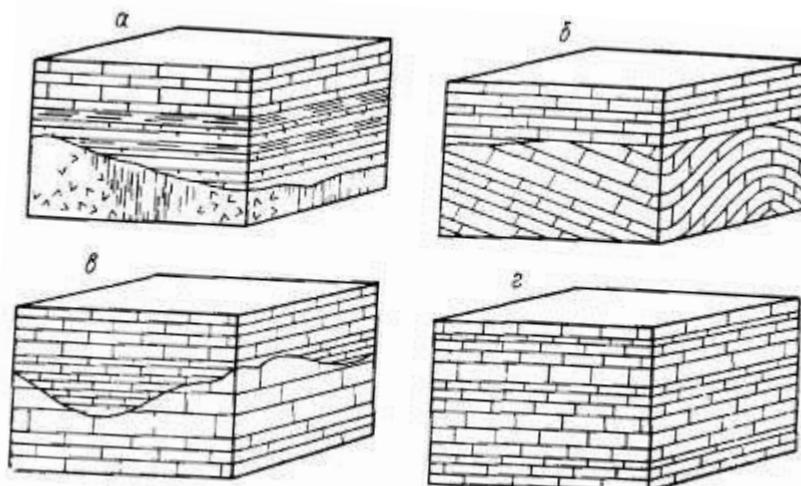


Рис. 4.1. Типы несогласий (по Данбару и Роджерсу, 1962).
а – несогласное перекрытие; б – угловое несогласие; в – параллельное; г – скрытое несогласие (Рис. 4.16. из Степанов, Месежников, 1979, с. 86).

К. Данбар и Дж. Роджерс (1962) указывают четыре возможных случая несогласия: слоистые породы перекрывают (налегают на) не слоистые изверженные или метаморфические породы — **несогласное перекрытие**; две толщи слоистых пород по-разному дислоцированы, имеют различные простирации и углы наклона — **угловое несогласие**; две толщи имеют одинаковые элементы залегания, но между ними имеется четкая эрозионная граница, выраженная в виде неровного или волнистого контакта, ожелезнения кровли подстилающей толщи, скопления грубообломочного материала или фосфоритовых стяжений в основании перекрывающей толщи и т.п. — **параллельное несогласие**; наконец, контакт между двумя толщами выражен простой поверхностью напластования и наличие перерыва устанавливается преимущественно методами биостратиграфии — **скрытое несогласие**.» (цит по Степанов, Месежников, 1979, с.79-87).

Конденсированные слои

Переходя к практике стратиграфических исследований, геолог может иметь дело с полными (разумеется, с учетом сделанных замечаний) и неполными разрезами. Существует, однако, еще

третья категория разрезов, как бы промежуточная между отмеченными выше, — это разрезы *конденсированных слоев*.

Согласно Рубану Д.А. (2007), изучение конденсированных интервалов в осадочных толщах является исключительно важным при анализе эволюции осадочных бассейнов и определении потенциала их нефтегазоносности.

Конденсация в целом может быть определена как снижение мощности осадочной толщи в сопоставляемых сериях толщ, сформировавшихся за одинаковые отрезки геологического времени. Иными словами, это концентрация геологического времени в осадочной последовательности. Ее природа может быть различна (Gómez, Fernández-López, 1994). С одной стороны, снижение скорости осадконакопления может выражаться в увеличении интервалов между моментами поступления в осадок отдельных частиц (или, что правильнее, минимальных порций), а, с другой, - в существенной неравномерности процесса формирования слоя и слоевых ассоциаций, когда в них фиксируются перерывы. В первом случае речь идет о седиментационной, а во втором - о стратиграфической конденсации. Кроме того, выделяется тафономическая конденсация, возникающая за счет концентрации разновозрастных остатков ископаемых организмов. В ряде случаев конденсация может оказаться смешанной.

В целом, отвечая времени снижения интенсивности седиментогенеза, конденсация может рассматриваться как процесс, занимающий среднее положение между нормальным осадконакоплением и перерывом. Седиментогенез может иметь 4 формы: лавинная (Лисицын, 1982, 1984) и нормальная седиментация, конденсация ("рассеянный перерыв") и собственно перерыв. В ходе своей реализации может происходить последовательный переход от одной формы к другой. Соотнесение данного конденсированного интервала с одной из вышеперечисленных форм осуществляется только лишь путем сопоставления данного интервала с выше и нижеследующими или же аналогичными интервалами в других разрезах или соседних регионах по скорости осадконакопления.

По уменьшению скорости седиментации (мощность интервала, соотнесененная с его общей длительностью) мы определяем наличие конденсации в целом. Если в толще есть внутренние перерывы, то нужно оценить скорость аккумуляции (мощность интервала, соотнесененная с длительностью времени накопления осадков без учета перерывов (Gómez, Fernández-López, 1994)). В том случае, когда она не снижается в сравнении с выше и ниже расположенными интервалами, а скорость седиментации снижается, толща сконденсирована только стратиграфически. Когда скорости и аккумуляции, и седиментации снижаются, то толща сконденсирована и седиментационно, и стратиграфически. Если в толще нет внутренних перерывов, а скорость седиментации (в этом случае она равна скорости аккумуляции) снижается, то речь может идти только о седиментационной конденсации. Если ископаемые организмы находятся во вторичном залегании, а скорость седиментации снижается, то может оказаться, что толща сконденсирована тафономически. Однако для этого надо знать датировку интервала по организмам с первичным залеганием или по "непалеонтологическим" данным. После достоверной датировки толщи необходимо еще раз проверить наличие или отсутствие седиментационной и стратиграфической конденсации.

Конденсированные интервалы хорошо идентифицируются в разрезах и часто трассируются на значительные расстояния, что позволяет их использовать в качестве надежных маркеров при изучении осадочных бассейнов.

Фации

Фациальный анализ начал активно применяться в производственной геологии при поисках углеводородов и угля на территориях крупных седиментационных бассейнов. Выявление стратиграфических соотношений продуктивных и непродуктивных толщ, поиски и оконтуривание залежей оказались эффективными лишь при условии выяснения генезиса осадков. Под фацией (Степанов, Месежников, 1979) понимаются отложения, литологические и палеонтологические признаки которых указывают на определенные условия их формирования, отличные от условий формирования подстилающих, перекрывающих осадков и замещающих их по латерали.

Для отдельно взятых литологических признаков фации американскими геологами был предложен удачный термин «литофация», а характерные для определенной фации комплексы ископае-

мых организмов образуют «биофации». Поскольку биофация и литофация являются частными характеристиками какой-либо конкретной фации, в общем случае они должны пространственно совмещаться, особенно в тех случаях, когда биофации устанавливаются по бентосным организмам. На практике, однако, такие совпадения бывают далеко не всегда. Целый ряд организмов, в первую очередь планктонных и нектонных, не обнаруживает жесткой связи с определенными фациями. Например, позднемеловые радиолярии в Западной Сибири встречаются как в кремнистых песчаниках и диатомитах, так и в карбонатных и бескарбонатных глинах.

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

...Со времени установления фаций возникла проблема их **соотношений со стратиграфическими подразделениями**. Как известно, А. Грессли рассматривал фации внутри выделенных им стратиграфических единиц. **Фация, таким образом, являлась пространственно обособленной частью стратона**. Эта точка зрения сохранилась в практической деятельности геологов и до настоящего времени... Однако во времена А. Грессли границы стратиграфических подразделений считались изохронными. В наши дни, когда четко определено различие между лито- и хроностратиграфическими единицами, соотношения фаций и стратонов оказываются более сложными: фации, естественно, тесно сопряжены с литостратиграфическими единицами и, подобно этим единицам, могут пересекать хроностратиграфические границы...

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

...Для стратиграфа фации имеют огромное значение. Ничто так не затрудняет сопоставление разрезов и не служит причиной появления разноречивых представлений о строении осадочных толщ, как наличие фациальных изменений. Подавляющее число спорных стратиграфических проблем сводится к решению проблемы - размыв или фациальное замещение. Как правило, возможности непосредственного прослеживания слоев в поле сильно ограничены либо условиями обнаженности, либо недостаточным количеством буровых скважин и отсутствием в буром материале всей полноты информации о разрезах. Важным способом выявления фациальных переходов является биостратиграфическая корреляция.

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

В качестве примера можно привести представление о постепенном уменьшении зернистости осадков при движении от берега вглубь бассейна...» (цит. по Степанов, Месежников, 1979, с. 93-98).

Формации

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

Вместе с тем для целого ряда пород устанавливается определенная периодичность их широкого распространения в разрезах. Так, например, была установлена сопряженность крупных тектонических движений и основных фаз углеобразования. При этом некоторые характерные типы пород (аспидные сланцы, карбонаты, красноцветы, угли, флиш и т. д.) получают существенное распространение лишь на определенных этапах развития крупных структурных зон земной коры. Французский геолог М. Бертран, впервые обративший внимание в конце прошлого века на закономерность смены в разрезах палеогена Альп флиша и молассы, назвал ассоциации горных пород, появляющиеся на определенных этапах тектонического развития региона, формациями, используя термин, предложенный еще в XVIII в. Г. Фюкселем. Особенное развитие учение о формациях получило в работах советских геологов Н.С. Шатского [1951], Н.П. Хераскова [1952, 1965], а в последнее время В.И. Драгунова [1973], Э.Н. Янова [1965], И.В. Крутя [1968], А.Л. Яншина [1970] и др.

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

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

Эвстатия и эпейрогения

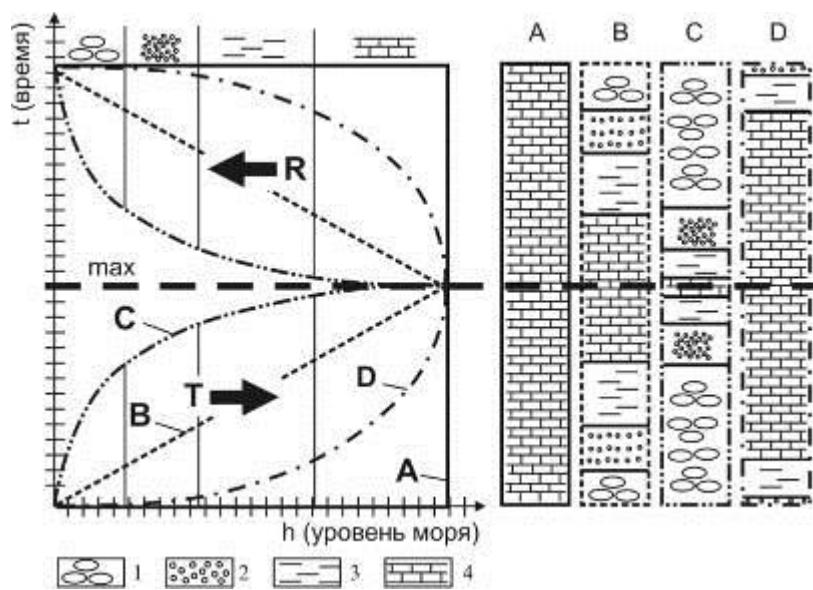
В последнее тридцатилетие внимание геологической общественности привлекла разработка сотрудниками американской нефтяной компании Exxon концепции о глобально проявленных и запечатленных в геологической истории Земли колебаниях уровня Мирового океана (Vail et al., 1974; 1977). Эти колебания, прочно закрепившиеся в геологической литературе как эвстатические флюктуации (или эвстатия), были выявлены на основе анализа сейсмических профилей, прорасшивших пассивную окраину Атлантики.

Рассмотрим важнейшие геологические факторы, влияющие на фациальный облик морских осадочных толщ в эпиконтинентальных (полузамкнутых) осадочных бассейнах. Этими основными факторами являются глобальная эвстатия и эпирогения (вертикальные тектонические движения). Еще в конце 19 – начале 20 века были популярны взгляды на эвстатическую природу крупной цикличности (L.Sloss). «Признание эвстатии имеет большое методологическое значение для циклостратиграфии, позволяя проводить межрегиональную синхронизацию как различных по составу отложений, так и прослеживать глобальные и межрегиональные маркирующие горизонты».

В 60-е и 70-е годы 20 века в отечественной геологии преобладали представления о постоянстве уровня Мирового океана. Трансгрессивно-регрессивные явления объяснялись колебательными движениями земной коры. Многие российские исследователи думают так до сих пор.

Анализ вариаций относительной скорости важнейшего геологического события, каким считается изменение уровня моря, показывает, что в основе фациальных особенностей формирующихся осадков лежат изменения относительной скорости эвстатических колебаний.

На рисунке 4.2. представлена генерализованная временная модель одностадийного эвстатического цикла и зависимость литологического строения разрезов от изменения скорости эвстатических колебаний.



быстром повышении уровня моря, D - быстрым и последующим медленном повышении уровня моря.

Следует отметить, что данная эвстатическая временная модель (ЭВМ) справедлива только при условии отсутствия тектонических подвижек, способных повлиять на смещение фациальной обстановки. Первая половина цикла представляет собой этап повышения уровня моря от нуля до максимума, вторая – этап снижения до нуля. Рассмотрено несколько потенциально возможных вариантов повышения уровня моря: мгновенное повышение с последующей стабилизацией (A), равномерное повышение (B), медленное повышение с последующим увеличением скорости (C), быстрое повышение с последующим уменьшением скорости (D). Вверху рисунка приведена фациальная зональность осадков, связанная с глубиной бассейна и выраженная в переходе от грубых фаций к тонким илам.

Осадочные разрезы, сформированные при каждом из рассмотренных вариантов, представляют собой проекции на временную ось этапов накопления тех или иных фаций в зависимости от абсолютной величины уровня моря. Так, в варианте «A» присутствует только фация, соответствующая достигнутому уровню моря: в рассматриваемом случае это самая глубоководная фация. В варианте «B» – при равномерном повышении – наоборот, в разрезе отмечается весь фациальный спектр осадков; варианты С и D являются промежуточными. Подобная картина отмечается и на

Рис. 4.2. Генерализованная временная модель одностадийного эвстатического цикла и зависимость литологического строения разрезов от изменения скорости эвстатических колебаний.

h - уровень моря в абсолютных единицах, t - время, T - трансгрессивная часть цикла, R - регрессивная часть цикла, 1-4 - фациальный переход от грубых осадков к тонким илам. A-D - проекции на временную ось этапов формирования осадков при: А - мгновенном повышении и последующей стабилизации уровня моря, В - равномерном повышении уровня моря, С - медленном и последующим

втором этапе эвстатического цикла только с обратной последовательностью смены фаций. Безусловно, представленная модель является генерализованной и максимально упрощенной. Реальная геологическая обстановка, как известно, чрезвычайно сложна и многофакторна. Преимущество данной модели в том, что она является основополагающей при накоплении морских осадочных толщ. Все остальные факторы, оказывающие влияние на их формирование – эпейрогенические, гидродинамические, климатические и иные должны быть наложены на эту основу, тем самым усложнить ее и приблизить к реальности.

Важнейшим из вышеперечисленных факторов, способным в значительной степени «затушевывать» влияние эвстатических колебаний при формировании осадочных толщ, является эпейрогенический.

На рисунке 4.3. приведена ЭВМ, осложненная влияниями вертикальных тектонических движений – **тектоно-эвстатическая модель (ТЭВМ)**, рассмотренная при равномерном прогибании и воздымании дна.

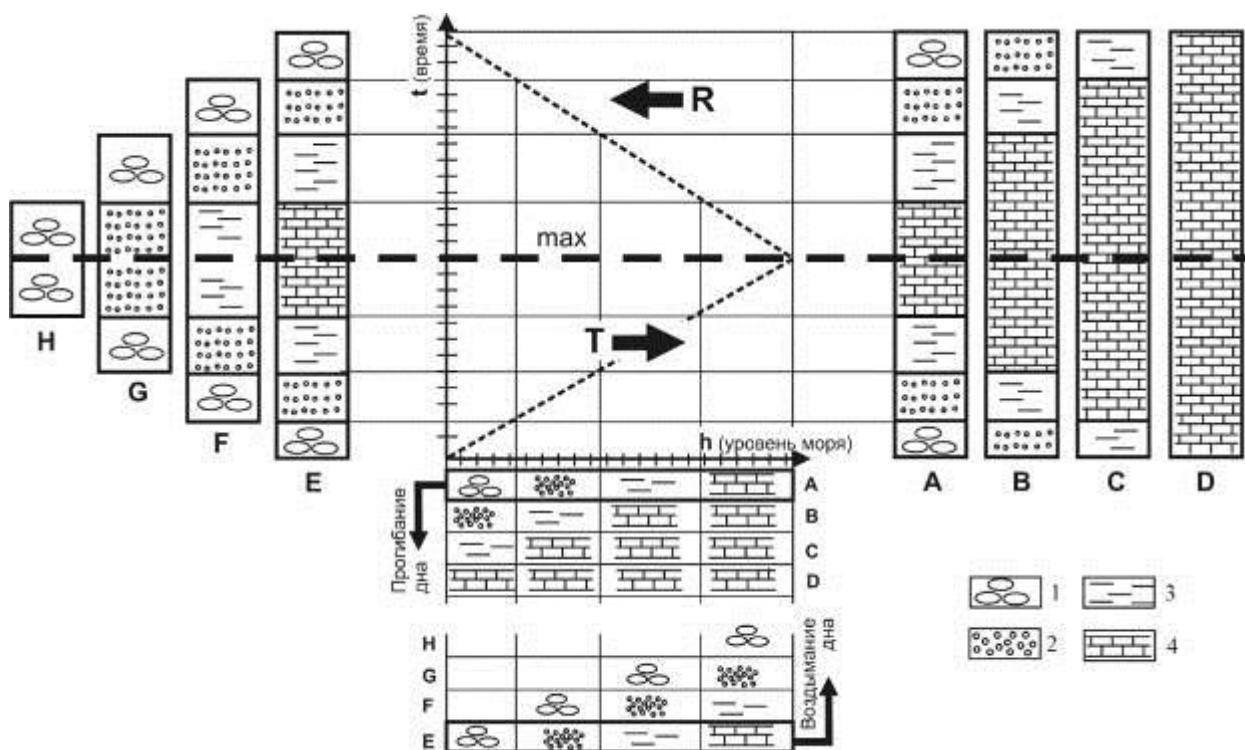


Рис. 4.3. Генерализованная тектоно-эвстатическая временная модель и зависимость литологического строения разрезов от равномерных эвстатических и эпейрогенических колебаний.

h - уровень моря в абсолютных единицах, t - время, Т - трансгрессивная часть цикла, R - регressiveная часть цикла. 1-4 - фациальный переход от грубых осадков к тонким илам. А-Н - фациальная зональность осадков и проекции на временную ось этапов их формирования при равномерном росте / падении уровня моря: А - до прогибания, Е - до воздымания дна; В, С и D - с одновременным равномерным прогиблением дна бассейна; F, G и H - с одновременным равномерным воздыманием дна бассейна.

Если прогибание дна идет с той же равномерной скоростью, что и повышение уровня моря, то за время t сформируется последовательность слоев, в которой фациальный спектр будет смешен на 1 фацию в направлении более глубоководных осадков. При очень резком (= «мгновенном») прогиблении равномерный рост уровня моря никак не отразится на литологическом составе осадков, т.к. фациальный спектр с самого начала осадконакопления сместится к самым глубоководным фациям, которыми и будет представлен весь разрез. Эта, явно гипотетическая, ситуация рассматривается как крайний вариант из бесчисленного множества вариантов промежуточных, которые в обычии встречаются в осадочных бассейнах.

При равномерном подъеме поверхности дна со скоростью, сопоставимой со скоростью повышения уровня моря, в разрезе будет отмечаться смещение на одну фацию в сторону мелководья. При «мгновенном» подъеме, вероятно, произойдет образование острова и /или резкая смена конфигурации береговой линии.

При интерпретации литологического строения разрезов, представляющих собой результат совместного воздействия эвстатии и эпейрогении, вычленить влияние последней достаточно сложно. Есть варианты, которые могут быть проинтерпретированы двояко. Например, готерив-аптская секвенция востока РП, представленная практически целиком глинами, могла сформироваться при «мгновенном» или очень быстрым росте уровня моря в позднем готериве с его стабилизацией на фации глин. Возможно также «мгновенное» прогибание поверхности дна на величину, при которой глубина бассейна достигнет фации глин и останется таковой до конца среднего апта. Таким образом, формирование глин теоретически могло и не сопровождаться эвстатическими колебаниями, но только не в случае с готерив-аптской секвенцией. Сравнение условно названной эвстатической кривой, построенной по сводному разрезу готерив-аптской секвенции северо-востока УСП, с глобальными кривыми Хака, полученными на пассивной континентальной окраине, где роль тектоники минимизирована, указывает на их сходство и различия.

Сходство свидетельствует о доминировании глобальных эвстатических колебаний на данном участке платформы, что, безусловно, связано с затуханием тектонических подвижек.

Отклонения местных кривых от глобальных говорит об усилении в эти периоды тектонической активности на рассматриваемом участке платформы, которая может привести не только к сведению к нулю влияния продолжающихся эвстатических колебаний (при прогибании), но и, как известно, к изоляции бассейна и прекращению осадконакопления путем вывода разреза на сушу (при воздымании).

Контрольные вопросы:

28. Стратиграфический перерыв: определение и происхождение.
29. Четыре случая несогласий.
30. Конденсированные слои: определение, природа, виды.
31. Седиментационная и стратиграфическая конденсация: сходство и различия.
32. Определение и виды фаций.
33. Соотношение фаций и стратонов.
34. Значение фаций для стратиграфа.
35. Основные факторы, влияющие на фациальный облик осадков
36. Временная модель эвстатического цикла и литологическое строение разрезов
37. Тектоно-эвстатическая модель и литологическое строение разрезов

V. МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

«Стратиграфия является основой любого рода геологических исследований. Решение двух ее основных задач – расчленения разреза и его корреляции с другими в пределах интересующей нас площади – создает фундамент геологической съемки, поисков полезных ископаемых, тектонических и палеогеографических построений и т.д. Решение этих проблем осуществляется через выделение и дальнейшие операции со стратиграфическими подразделениями, определенными комплексами горных пород. Последние могут быть установлены на основании распространения в пространстве самых различных материальных признаков: вещественных, структурных, палеонтологических, хроностратиграфических и др.» (цит. по Прозоровскому, 2003, с. 86).

В геологической практике количество стратиграфических методов постоянно растет. В.А.Прозоровский (2003) считает, что все методы представляют собой разновидности **трех основных методов** – литологического, палеонтологического и хроностратиграфического.

Литологический метод

«Решение основных геологических задач осуществляется на основании изучения вещественных, легко наблюдаемых **признаков горных пород**: минералогического состава, как качественного, так и количественного, цвета, плотности, геоморфологической выраженности, текстуры, включений, цикличности и др.

Именно с выяснения, какими горными породами сложен исследуемый район, начинается **рекогносцировочная (начальная) стадия стратиграфических исследований**. Устанавливается предварительная видимая последовательность толщ, их выраженность в рельфе, наличие потенциальных опорных обнажений. Затем производится детальное стратиграфическое изучение, выделение литостратонов и выяснение их пространственно-временных соотношений.

При проведении **крупномасштабных геологосъемочных работ** данный этап включает выработку легенды, тех элементов карты, которые затем будут картироваться, и составление местной стратиграфической схемы. Последняя представляет собой полную вертикальную последовательность литостратонов, слагающих данный регион...» (цит. по Прозоровскому, 2003, с. 88).

Следующий этап исследований сводится к последовательной корреляции выделенных стратонов с существующими Региональными стратиграфическими схемами и Общими страт. схемами.

В.А.Прозоровский (2003, с. 88) считает, что «...различные горные породы и присущие им признаки играют неодинаковую роль в проведении разных этапов стратиграфических исследований.»

Общий облик горных пород в районе с хорошей обнаженностью позволяет устанавливать развитие толщ определенного состава и представить соотношение их в пространстве. Выяснив их аэрофотогеологические признаки, можно их проследить по АФС. Кроме того, разные типы горных пород образуют различные формы рельефа.

Д.Л.Степанов и М.С.Месежников (1979) считают выделение и прослеживание в разрезах характерных слоев наиболее распространенным методом как при геологическом картировании обнаженных районов, так и при изучении закрытых территорий по материалам горных выработок. Слои, пачки и свиты прослеживаются от исходного разреза до тех пор, пока такое прослеживание оказывается возможным.

«Рассмотрим для примера два обнажения, изображенных на рис. 5.1. В обоих обнажениях в основании залегает мощная пачка песчаников (слой 1, свита *B*), которая вверх по разрезу сменяется сланцами с прослойями песчаников (свита *B*), и еще выше — известняками с прослойями мергелей (свита *A*). В обнажении I описано 18, а в обнажении II—19 слоев, однако количество и мощности литологически сходных слоев в этих обнажениях разные» (цит. по Степанову, Месежникову, 1979, с. 104).

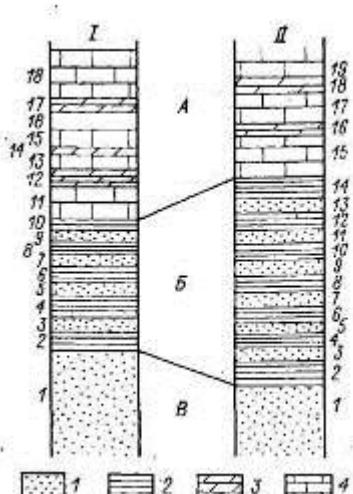


Рис. 5.1. Сопоставление обнажений путем прослеживания толщ, отличающихся по вещественному составу.

А, Б, В – свиты; 1 – песчаники; 2 – сланцы; 3 – мергели; 4 – известняки. (рис. 5.1. из Степанов, Месежников, 1979, с. 104)

Очень часто разрез сложен либо часто повторяющимися типами пород, либо малоконтрастными литологическими разностями. На огромной территории России (Русская плита, Западно-Сибирская плита, Верхоянье и др.) геологам приходится работать с однообразными терригенными толщами, сложенными чередованием глин, алевритов и песчаников. Обычно наблюдается постепенное наращивание по разрезу количества и мощности прослоев пород, имеющих второстепенное значение по отношению к преобладающей породе. Эта постепенность и не дает возможности однозначного выбора границы литостратона. Любой из вариантов

проведения границы не является бесспорным. В таких случаях качество литостратиграфического расчленения будет обусловлено мастерством и опытностью геолога и единообразием применяемого подхода.

Маркирующие горизонты (МГ)

По Стратиграфическому Кодексу (2006, с. 32), «маркирующий горизонт — широко распространенные и фиксируемые на определенном стратиграфическом уровне относительно маломощные отложения (пачка, слой), выделяемые, как правило, в полевых условиях на основании особенностей слагающих их пород, наличия остатков определенных организмов и их скоплений (как характерных признаков породы) или других признаков, заметно отличающих данный горизонт от подстилающих и перекрывающих отложений. Маркирующие горизонты могут отражать геологически кратковременные события, если последние выражены в особенностях вещественного состава пород (например, выпадение вулканических пеплов и т. п.).

Маркирующие горизонты используются при крупно- и среднемасштабном геологическом картировании и корреляции местных разрезов и стратонов».

На них основана *структурная съемка*. Однако особенно велико их значение в стратиграфии. С помощью МГ возможно расчленение мощных толщ (пример — каменноугольная толща Донбасса), причем выделенные стратоны в этом случае имеют строго определенные границы. В то же время, используя МГ возможна и детализация разрезов отдельных свит.

Наибольший интерес представляют те МГ, которые протягиваются через толщи различного литологического состава, как это отмечается для бентонитовых или конкреционных прослоев. В этом случае они являются важным инструментом для межфациальных корреляций (рис. 5.2).

Особое значение при литостратиграфических построениях имеет полнота сведений о разрезе, поскольку прослеживание подразделений, основанных на определенных признаках вещественного или минерального состава, выполнимо лишь *при возможности фиксации этих признаков в каждом конкретном обнажении или скважине*. Действительно, картируя какой-либо открытый район, геолог без труда будет отличать, например, последовательно залегающие толщи зеленых и черных глин и выделит их в соответствующие свиты.

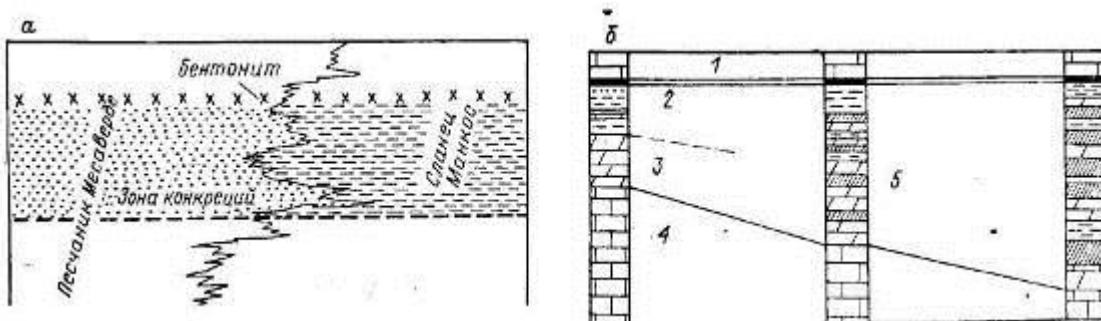


Рис. 5.2. Примеры корреляции с помощью маркирующих горизонтов (Крумбейн, Слосс, 1960): а – корреляция разнофациальных отложений; б – установление изохронной подошвы свиты по маркирующему горизонту черных сланцев.

1 – известняк Мэдисон; 2 – сланец Трифоркс; 3 – доломитовая свита; 4 – свита известняка; 5 – ангидрит Потлатч. (рис. 5.4. из Степанов, Месежников, 1979, с. 107).

В закрытом районе об этой же части разреза удается судить только по данным каротажа скважин. При этом каротаж не покажет существенных отличий при переходе от черных глин к зеленым. Поэтому, в закрытом районе для расчленения глинистой толщи будет использован выдержаный прослой известняка, залегающий в нижней части черных глин, и представляющий собой четкий электрокаротажный репер. Таким образом, недостаток информации приведет к тому, что в одной и той же толще будут выделены свиты, отличающиеся как по объему, так и по признакам, на основании которых они устанавливаются. В результате разрезы двух смежных районов, совершенно аналогичные по строению, окажутся несопоставимыми.

«Междуд тем выделение литостратиграфических подразделений, основанных не на одних и тех же признаках, — явление достаточно широко распространенное. Зачастую оно обусловлено не столько разным уровнем информации, сколько большим числом признаков, которые могут быть положены в основу расчленения разрезов на отдельных участках...

...Предположим, однако, что в ряде разрезов какого-либо региона литостратиграфические подразделения выделены однозначно. Их прослеживание по всей территории вновь выдвигает перед геологом ряд проблем. Основная из них связана с фациальными замещениями и особенностями седиментации. Прослеживание по простиранию любого литологического тела показывает, что рано или поздно оно сменяется по латерали другим телом. Эта смена может быть резкой, если она обусловлена текtonическим контактом или размывом, или постепенной, путем плавного уменьшения мощности и расклинивания пачек с образованием языков. К.Данбар и Дж.Роджерс (1962) предложили модель этого явления (рис. 5.3).

Участки X и Z характеризуются своими наборами свит, разрез участка Y (промежуточного между X и Z) имеет сходство с разрезами обоих этих участков, но, кроме того, здесь появляются и свои лito логические тела (пески S), а главное новые соотношения между различными литологическими пачками. Так, например, на участке X известняки образуют единую свиту H, а на участке Y эта свита расклинивается на известняки HuV, между которыми появляются глины W, и т. д. Если рассматривать участки X, Y и Z изолированно, то для каждого из них, по сути, придется создавать собственную литостратиграфическую схему, что затруднит сопоставление этих участков и заставит геологов запоминать бесконечное количество собственных названий. Однако если изучить разрезы, промежуточные между рассмотренными участками, то количество выделяемых свит может существенно сократиться, а их соотношения стать более определенными. В частности, средняя глинистая толща может рассматриваться, как серия N, включающая на участках X и Y свиты G, E и B и ряд клиньев (W, U, R).

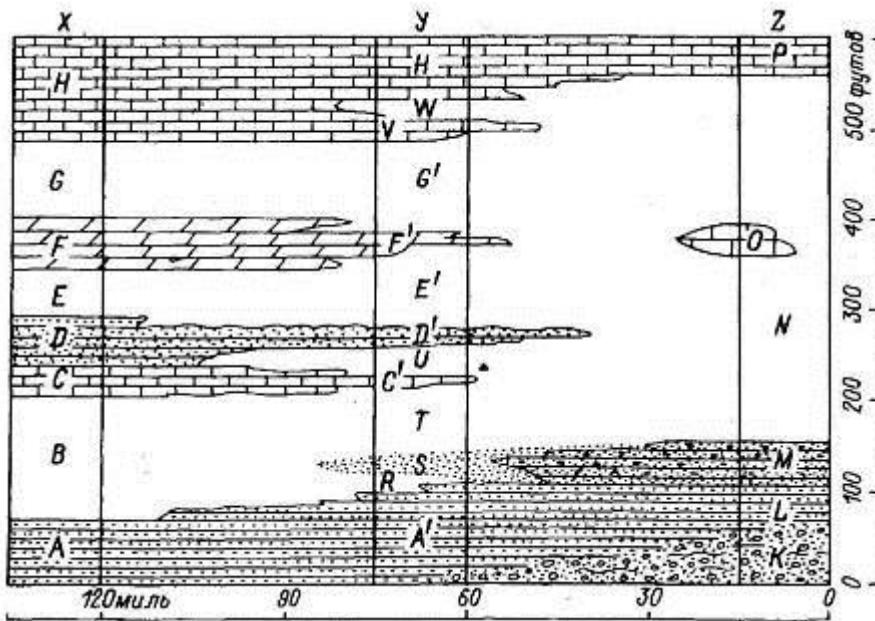


Рис. 5.3. Гипотетическая схема соотношения литостратиграфических единиц, обусловленная фациальными изменениями (по Данбару, Роджерсу, 1962). (рис. 5.8. из Степанов, Месежников, 1979, с. 112).

Следующий признак, по которому могут различаться образования, даже без их аналитического исследования, является цвет. Часто именно окраска пород позволяет картировать выделенные литостратоны.

Одним из традиционных методов определения минералогических особенностей горных пород является петрографический, минераграфический (для руд) и минералогический (для рыхлых). Современные прецизионные аналитические методы позволяют устанавливать количественные соотношения минеральных фаз в поликомпонентных горных породах. А такими образованиями являются практически все горные породы (исключение — писчий мел). Методом рентгеновского количественного фазового анализа в 90-е годы прошлого столетия был выявлен новый тип верхненемеловых кремнисто-карбонатных пород — цеолитсодержащие мергели и опоки. Содержание цеолита группы гейландита-клиноптиолита достигает в них 30%. В сантонских отложениях на юго-востоке Русской плиты выделены отдельные прослои, в которых преобладающей минеральной фазой является клиноптиолит. Остальные минеральные фазы в этих слоях присутствуют в меньших количествах. Эти породы называются цеолититами. Подстилаются и перекрываются они породами, в которых цеолит уже не является преобладающей фазой, хотя он и присутствует в значительных количествах. Эти породы названы глинами цеолитовыми, мергелями цеолитистыми и т.п.

Основной предпосылкой использования минералогического состава пород для их корреляции явилось представление о смене во времени источников терригенного материала. То есть состав минералов (главным образом минералов тяжелой фракции) слоя горной породы, должен указывать на состав разрушаемых изверженных и метаморфических пород в отрезок времени, который отвечает времени формированию данного слоя (Батурина, 1947). Отсюда следует вывод, что определенный состав минералов тяжелой фракции может указывать на время формирования осадочных пород. Эти вполне логичные предпосылки, однако, в геологической практике реализуются не столь прямолинейно.

«...Основным источником обломочного материала при формировании осадочных толщ фанерозоя служат более древние, но тоже осадочные толщи. Естественно, что одни и те же минералы могут попасть в слой и из размываемого во время его образования гранитного массива и из эродируемого более древнего пласта песчаника. Таким образом, временные корреляции по терригенным компонентам не всегда являются достаточно обоснованными. Далее, формирующаяся осадочная толща может иметь не один, а несколько источников питания, и тогда минералогический состав сравнительно одновозрастной свиты будет существенно меняться.

Результаты анализов терригенных компонентов оказываются достаточно эффективными при сопоставлениях изолированных выходов континентальных или бедных палеонтологическими остатками морских толщ...

...Показательна в этом отношении история установления юрско-меловой границы в континентальных угленосных отложениях Западной Якутии. Эта граница была установлена в немногочисленных разрезах на основании изучения флористических комплексов. В этих же разрезах в нижнемеловых слоях было выявлены повышенные содержания эпидота. Эта закономерность послужила основанием проводить границу юры и мела в подошве «эпидотового горизонта» и в других разрезах, плохо охарактеризованных флорой. Впоследствии, по мере накопления материала выяснилось, что нижнемеловая флора в ряде разрезов найдена ниже подошвы «эпидотового горизонта», который, таким образом, потерял значение хроностратиграфического маркера.

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

Аналогично и использование ряда геохимических показателей, в частности содержания и соотношения определенных элементов. Благодаря широкому внедрению спектроскопии геологи получили возможность массового и оперативного определения содержания химических элементов в породе» (цит. по Степанов, Месежников, 1979, с. 118-122). На изучении характера распределения и миграции элементов в земной коре основан **геохимический (хемостратиграфический) метод**. В настоящее время данный метод находится в стадии зарождения для использования в стратиграфии, хотя во многих науках геологического цикла геохимия занимает весьма почетное место. При разработке детальной стратиграфической основы применение геохимического метода сводится к установлению и прослеживанию какого-то интервала разреза, обогашенного определенным химическим элементом (или комплексом элементов), и привязке его в подразделениям МСШ. Наиболее известным примером является выделение глобального «иридиевого горизонта» на границе меловой и палеогеновой систем. Его образование связывается с метеоритной катастрофой, случившейся 65,5 млн. лет назад, повлекшей глобальный биотический кризис, массовые вымирания биоты. Иридиевая аномалия, установленная на границе мела и палеогена, является тем руководящим событием, которое рекомендовано МКС для проведения глобальной ярусной границы палеогена. Стратотипом нижней границы дания выбран разрез «Эль Кеф» в Тунисе. В этом разрезе мощность иридиевых глин достигает 0,5 м. Это наиболее изученный и доступный разрез из известных пограничных разрезов мела-палеогена от Бразилии до Туркмении и от Дании до Северной Африки.

Изохронность литологических подразделений

Как известно, свита выделяется на основании общности литологического состава некоторой последовательности слоев. Эта общность, как правило, определяется сходными условиями осадконакопления. Поскольку в разных частях бассейна эти условия возникают неодновременно, *границы свиты не зависят от временных границ, а сами свиты обычно оказываются неодновозрастными* при региональном их прослеживании. Несмотря на принципиальную справедливость этого положения, сам факт возрастного скольжения свит должен быть строго подтвержден соответствующими биостратиграфическими или иными хроностратиграфическими данными.

Имеют ли геологи когда-либо дело с одновозрастными, изохронными толщами? Принципиальная возможность накопления однородной изохронной толщи была показана Н.Б.Вассоевичем (1950), который указал, что помимо миграционной слоистости, обусловленной перемещением береговой линии бассейна седиментации, может возникать и мутационная слоистость, образующаяся в условиях фиксированной береговой линии. Последняя характерна для ленточных глин, турбидитов и т. п. Очевидно, что в первом случае будут образовываться заведомо неодновозрастные слои (так как вместе с миграцией береговой линии перемещаются и обстановки накопления определенных слоев). Во втором случае речь идет о накоплении в условиях стабильного пространства, что, следовательно, приводит к образованию изохронных слоев.

При трансгрессиях будет происходить омоложение свит по направлению от центра бассейна к его периферии, при регрессиях, напротив, в этом же направлении свиты будут становиться более древними, а при постоянном положении береговой линии будет происходить накопление одновозрастных литологических тел.

Контрольные вопросы:

38. Три основных метода стратиграфических исследований.
39. Признаки горных пород, лежащие в основе литологического метода.
40. Особенности применения литостратиграфического метода на различных стадиях геологоразведочных работ.
41. Выделение литостратонов на основе анализа общего облика горных пород.
42. Маркирующий горизонт: определение, значение для расчленения и корреляции.
43. Минералогический состав горных пород как признак при литостратиграфическом расчленении.
44. Представление о смене во времени источников терригенного материала как основная предпосылка использования минералогического состава при корреляции.
45. Геохимический метод в стратиграфии.
46. Изохронность литостратиграфических подразделений.

VI. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СЕКВЕНС-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА

Современная концепция, методика и терминология секвенсстратиграфии разработана американскими геологами-нефтяниками (Дж. Ван Вагонером, Г. Позаментьером, Р. Митчемом, П. Вейлом и др.). В настоящее время установленные флюктуации морского уровня, начиная с начала мезозоя, получили магнито- и хроностратиграфическую привязки, а также радиометрическую датировку по пепловым горизонтам, развитым преимущественно в разрезах Внутреннего бассейна США.

Основные принципы и пути практического использования этого направления изложены в рядах обобщающих работ как зарубежных, так и российских исследователей (Seismic stratigraphy..., 1977; Сейсмическая стратиграфия..., 1982 (перевод); Interregional unconformities..., 1984; Кунин, Кучерук, 1985; Sea-level changes..., 1988; Van Wagoner et al., 1990; Секвенсстратиграфия..., 1995; Найдин, 1995; Карагодин, 1996; Био- и секвенс-стратиграфия..., 1997, Шлезингер, 1998; Методика событийной стратиграфии..., 1998; Маргулис, 1999 и др., Габдуллин и др., 2008).

Секвенс-стратиграфический метод наиболее эффективно применяется для детальных стратиграфических, литолого-фацальных и палеогеографических исследований в пределах стабильных (пассивных) шельфов и некомпенсированных впадин платформ. В нефтяной геологии он активно используется при прогнозе распространения и качества продуктивных толщ, а также при поисках литологически экранированных углеводородных залежей. Значительный экономический эффект от применения метода достигается на стадии разработки месторождений, когда особое значение приобретают знания о седиментационной структуре нефтесодержащих резервуаров. Стратиграфические подразделения, применяемые в секвенс-стратиграфии относятся к группе *специальных* подразделений. Они выделяются как в терригенных, так и в карбонатных отложениях.

Терминология и основные понятия

1. Терминология и иерархия подразделений секвенсной стратиграфии еще не устоялись. Наиболее часто принимается следующий порядок (по нисходящей): *мегасеквенс*, *суперсеквенс*, *секвенс* и *парасеквенс*. Как правило, группировки секвенсов (*mega-, super-*) образуют крупные подразделения, разделенные несогласиями регионального значения.

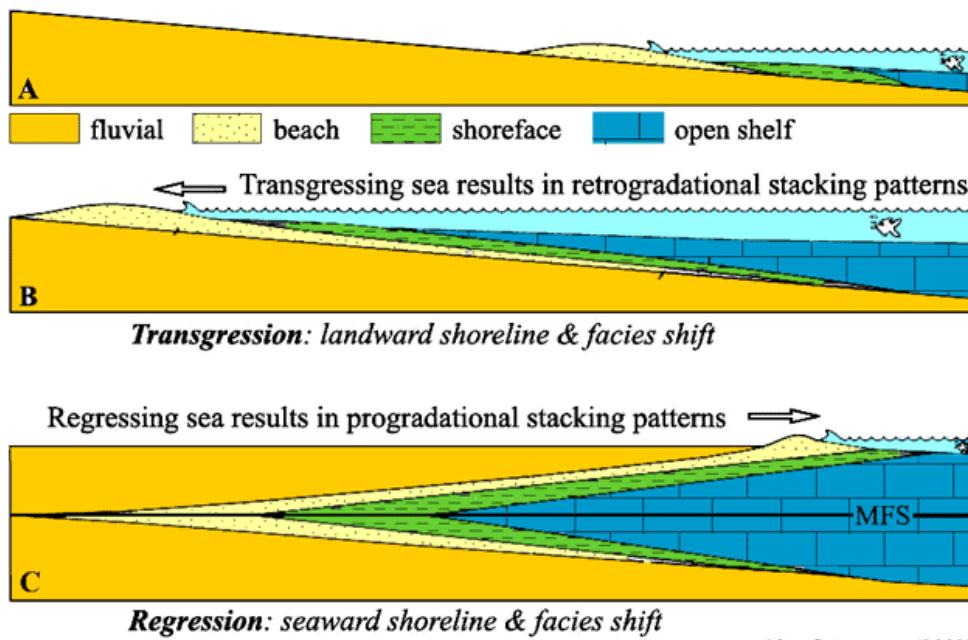


Рис. 6.1. Схема, иллюстрирующая фацальные изменения при трансгрессии и регрессии (по Catuneanu, 2002).

2. **Секвенс**

(sequence англ. -

последовательность) — основная единица, которая представляет собой более или менее согласную последовательность генетически связанных слоев, образованную за один цикл колебаний уровня

моря. Друг от друга секвенсы, как правило, отделяются несогласиями. Это региональные подразделения, распространенные обычно в пределах всего бассейна седиментации. Они отчетливо выделяются в краевых (мелководных) частях бассейнов и часто плохо различимы в глубоководных разрезах.

Итак, секвенс образуется в результате заполнения осадками дна бассейна за один цикл колебания относительного (в пределах данного бассейна) уровня моря. Причина этого колебания заключается в трех главных факторах: *эвстазии*, вертикальных тектонических движениях дна бассейна (*эпейрогении*) и *количество поступающего* осадочного материала. Роль каждого из этих факторов в конкретном районе может быть различной.

3. Значительная роль в образовании последовательностей слоев (= секвенсных подразделений) отводится **эвстатическим колебаниям уровня моря**. Для фанерозоя выделяют *циклы эвстатических колебаний* пяти порядков продолжительностью от сотен миллионов до десятков тысяч лет.

Образование секвенсов (в узком смысле) связано с циклами эвстазии третьего и иногда (значительно реже) с циклами четвертого порядка. Продолжительность циклов третьего порядка оценивается в 1—5 млн. лет, четвертого — 0,25-1 млн. лет. Т.о. секвенс формируется в среднем за 2-3 млн. лет.

Обычно при секвенс-стратиграфических исследованиях оперируют либо непосредственно самими секвенсами, либо с более крупными их группировками (*суперсеквенсами*). Формирование суперсеквенсов связывается с циклами эвстазии второго порядка, охватывающими около 10-80 млн. лет.

Выделение и работа с суперсеквенсами облегчается тем, что они отделяются, как уже было отмечено выше, региональными несогласиями.

4. **Парасеквенс** (*parasequence*) — последовательность слоев, гранулометрический состав которых закономерно увеличивается снизу вверх по разрезу и по направлению от открытого моря к береговой линии. Подошва (и кровля) парасеквенса формируется за счет резкого изменения уровня моря (см. рис. 6.1).

Синонимы парасеквенса = мелеющая снизу вверх последовательность слоев = регрессивный циклит.

Пакет парасеквенсов (*parasequence set*) — ряд парасеквенсов, сформированных на определенной части цикла колебания уровня моря.

Выделяют три типа таких пакетов: **проградационный** или *регрессивный* (море отступает), **ретроградационный** или *трансгрессивный* (море наступает) (рис. 6.2.), и **аградационный** с относительно стабильным положением ландшафтных обстановок.

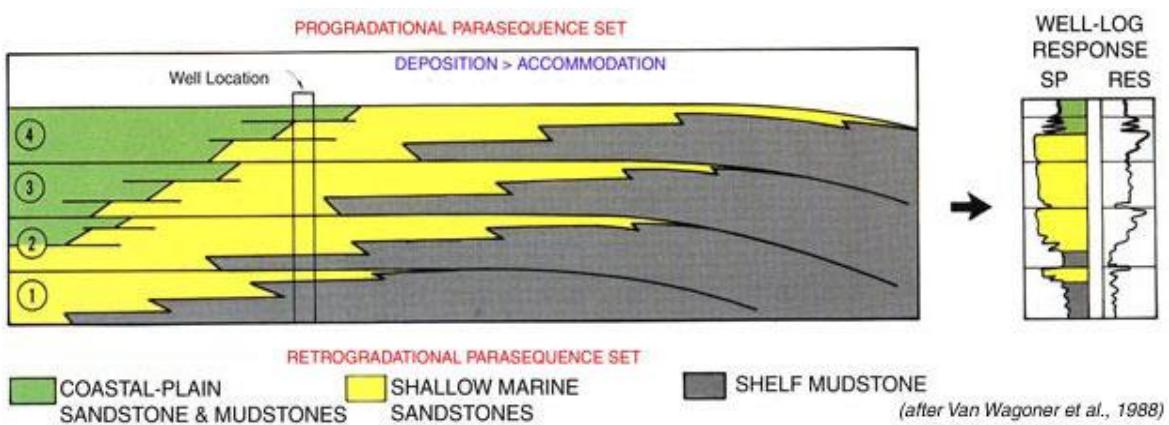


Рис. 6.2. Схема, иллюстрирующая проградационную последовательность парасеквентов (по Van Wagoner et al., 1988)

5. Секвенсы состоят из трех **системных трактов** (*systems tract*). Тракты представляют собой латеральные фациальные ряды (осадочные системы), образовавшиеся в различных условиях седиментации, контролируемой (в этом случае этот контроль - определяющий) положением уровня моря (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Схема, иллюстрирующая распределение системных трактов в пределах элементарного эвстатического цикла

Тракт низкого уровня моря (*lowstand systems tract - LST*) связан с потоками подводных каньонов, активно действующими только при снижении уровня моря *ниже бровки шельфа*. Он сложен в основном турбидитами и подстилающими их подводными конусами выноса. Это так называемый *седиментационный клин* (*lowstand wedge*) отступающего моря (или наступающей суши), а иначе говоря — *проградационный клин*.

Трансгрессивный системный тракт (*transgressive systems tract - TST*) образуется при подъеме уровня моря над бровкой шельфа. Полоса представлена «наступающим на сушу» пакетом парасеквенсов, характеризующим трансгрессию на осушенный шельф и приморскую низменность. В зашельфовой области вследствие дефицита осадков образуется глинистый конденсированный разрез (*condensed-section deposits*).

Тракт высокого уровня моря (*highstand systems tract - HST*) начинается обычно *аградационным пакетом парасеквенсов*, которые по мере снижения темпов подъема уровня моря сменяются серией клиноформ «наступающей суши». Этот седиментационный клин высокого стояния уровня моря (*highstand wedge*) в глубоководной части бассейна превращается в тончайший глинистый покров, наращающий конденсированный разрез трансгрессивного тракта.

Кровля трансгрессивного системного тракта представляет собой *поверхность максимального затопления территории* (*maximum flooding surface - MFS*). Осадки максимального затопления шельфа, приморской низменности и отвечающий им глубоководный конденсированный покров служат маркирующими горизонтами при сопоставлении разрезов.

Надежность выделения поверхностей максимального затопления по данным сейсморазведки, в обнажениях, керне скважин и при каротаже, а также их присутствие во всех типах секвенсов послужили основанием для проведения по этим поверхностям границ секвенсов в одной из модификаций секвенс-стратиграфии — генетической стратиграфии (*genetic stratigraphy*).

6. Выделяются **два типа секвенсов** и соответственно два типа их границ.

Секвенс первого типа содержит (снизу вверх): полосу осадков низкого уровня моря, трансгрессивную полосу осадков и полосу осадков высокого уровня моря. Нижняя граница секвенса четкая, что обусловлено значительным снижением уровня моря, приводящего часто к субаэральному размыву шельфа и сдвигу седиментации в за-шельфовую (глубоководную) часть бассейна (рис. 6.4.).

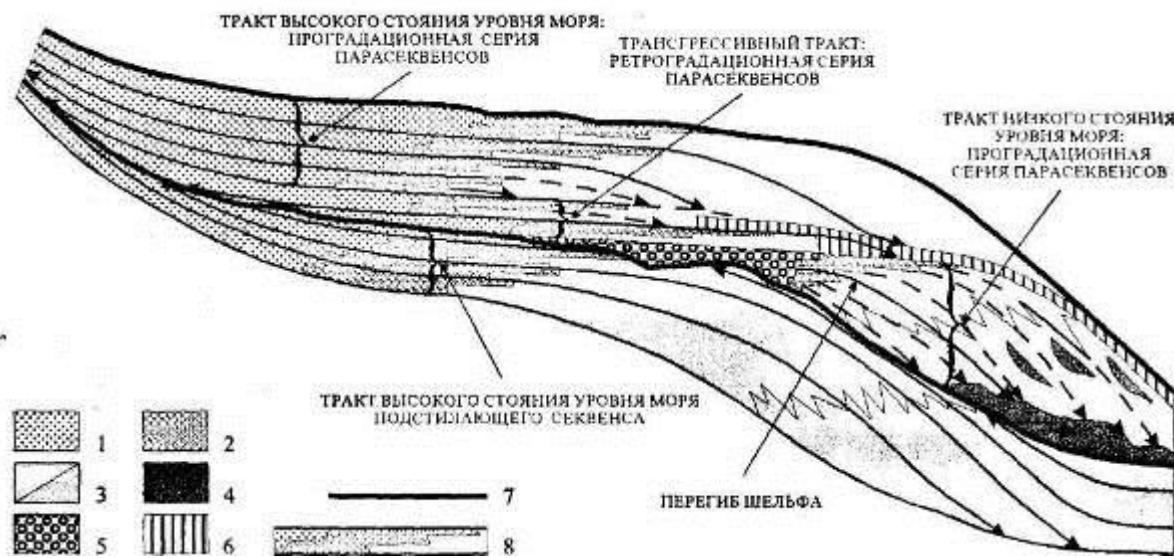


Рис. 6.4. Седиментационная модель секвенса первого типа (по Van Wagoner et al., 1990).

1 – песчаники и аргиллиты береговой равнины, 2 – мелководные морские песчаники, 3 – шельфовые склоновые аргиллиты и песчаники, 4 – песчаники подводного конуса выноса, 5 – флювиальные песчаники врезанных равнин, 6 – конденсированные отложения, 7 – граница секвенса первого типа, 8 – парасеквенс.

Секванс второго типа формируется при медленном подъеме уровня моря и его стабилизации. Резкого отступления моря, осушения шельфа и перемещения седиментации в зашельфовую часть бассейна в этом случае не наблюдается. В связи с этим в секвенсе второго типа отсутствует типичный тракт низкого стояния уровня моря. Вместо него при наиболее низком положении уровня моря формируется *седиментационная полоса окраины шельфа (окраинно-шельфовый тракт; shelf-margin systems tract)*, представленная пакетом проградационных и агрегационных парасеквенсов (рис. 6.5.). Он мало отличается от нижележащего верхнего тракта подстилающего секвенса, и граница между ними не всегда отчетлива.

7. Форма секвенсов разнообразна — от плоскопараллельных и линзовидных тел до сравнительно крутонаклонных линзовидных тел — *клиноформы*.

Клиноформы — термин свободного пользования для клиновидных седиментационных тел с отчетливыми первичными наклонами слоев; они формируются в склоновой части секвенса и сложены терригенными породами. Различаются клиноформы трактов низкого и высокого стояния уровня моря.

В крупных платформенных бассейнах (сотни тысяч и миллионы квадратных километров) клиноформы протягиваются вдоль окраин бассейна на сотни и даже тысячи километров при ширине в первые десятки километров. В таких бассейнах углы седиментационных наклонов слоев достигают 5°. Наиболее ярким примером области распространения клиноформ является Западно-Сибирский бассейн, где развиты неокомские клиноформы.

Клиноформные серии — это группировки клиноформ, свойственные этапам заполнения некомпенсированных впадин. В этом случае клиноформы (при боковом наращивании) последовательно сменяют друг друга, омолаживаясь от областей питания к центру бассейна.

Карттирование клиноформ имеет важное значение, так как они обычно содержат главные нефтегазовые резервуары. Приоритетна при таких работах сейсморазведка методом отраженных волн (МОГТ) с обязательным использованием каротажа, материалов по керну и биостратиграфических методов.

Значение секвенсстратиграфического метода как одного из важнейших видов бассейнового анализа заключается в получении и анализе результатов сопоставления секвенс-стратиграфических схем различных осадочных бассейнов и глобальной эвстатической кривой колебаний уровня Мирового океана позволяет выявить влияние региональных причин образования секвенсов и эвстати-

ческие и эпигенетические события разного порядка. **Корреляция секвенс-стратиграфических схем требует био-, а иногда и магнитостратиграфического контроля.**

8. Прослеживание секвенсов по данным сейсморазведки, керна и каротажа скважин, а также по наблюдениям в обнажениях позволяет создать детальную корреляционную схему, определить последовательную смену латеральных рядов фаций и воссоздать эволюцию осадочного бассейна или его крупных частей с достоверностью, превосходящей возможности других методов внутрибассейновой корреляции.

При корреляции секвенсов роль палеонтологических методов, помимо определения возраста слоев и их стратиграфического положения, особенно важна при анализе отложений мелководного шельфа и глубоководных частей бассейна, где границы и геометрия слоев не столь очевидны, как на склоне. Экологический анализ бентосных сообществ обеспечивает большую надежность разделения секвенсов на седиментационные полосы и выделения маркирующего уровня максимального затопления.

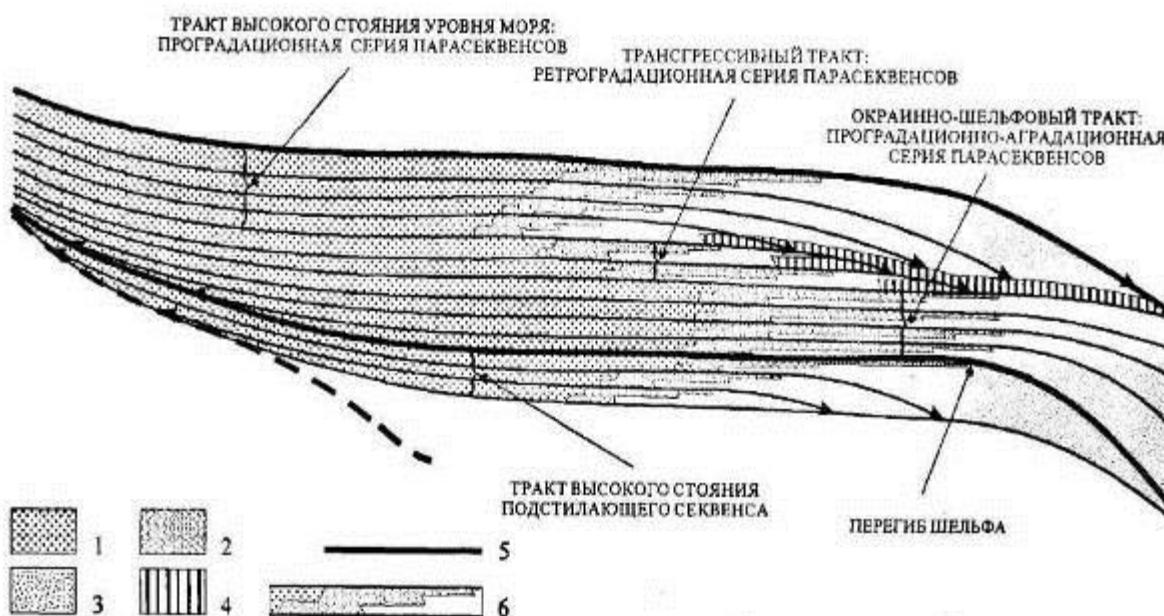


Рис. 6.5. Седиментационная модель секвенса второго типа (по Van Wagoner et al., 1990).

1 – песчаники и аргиллиты береговой равнины, 2 – мелководные морские песчаники, 3 - шельфовые и склоновые аргиллиты, 4 – конденсированные отложения, 5 – граница секвенса второго типа, 6 – парасеквенс.

9. Номенклатура и правила описания.

Наименования секвенс-стратиграфических подразделений образуются из географического названия и термина, указывающего ранг единицы. Для секвенса и его подразделений применяются также цифровые или буквенные обозначения.

Примеры. Саукский суперсеквенс; ивановский секвенс; пимская клиноформа; S-1 - первый (снизу) секвенс силура; K₂ rb-1 — первый (снизу) секвенс рыбновского стратиграфического горизонта.

Процедура установления, прослеживания и описания секвенс-стратиграфических подразделений, помимо требований, предъявляемых к другим категориям стратиграфических подразделений, должна базироваться на данных по распространению и особенностях несогласий и седиментационных поверхностей (максимального затопления, конденсации и др.), а также на седиментационной структуре и геометрии осадочных тел. Описание подразделений желательно сопровождать обсуждением природы выделенных границ, седиментационными моделями секвенсов, хроностра-

тиграфическими схемами изученных разрезов и возможным вариантом их сопоставлений с глобальной секвенс-стратиграфической шкалой.

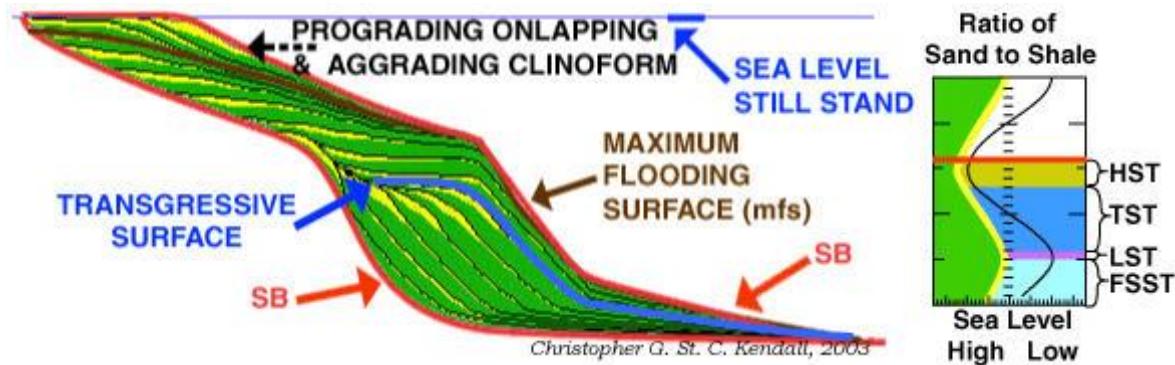


Рис. 6.6. Схема, иллюстрирующая основные элементы секвенс-стратиграфического анализа (по Kendall, 2003)

Контрольные вопросы:

47. Секвенсстратиграфический метод: на чем основан, области применения.
48. Терминология и основные понятия секвенсстратиграфии.
49. Парасеквенс: определение, типы пакетов.
50. Системные тракты.
51. Два типа секвенсов: две седиментационные модели.
52. Значение секвенсстратиграфического метода для бассейнового анализа.

VII. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СТРАТИГРАФИИ

Важнейшим способом получения геологического материала по закрытым территориям является бурение скважин. Непосредственное заключение о характере разреза делается по керну скважины или (в меньшей степени) шламу (обломков пород разреза, вынесенных с буровым раствором). Однако подъем керна возможен не из всех разновидностей пород, бурение с керном является очень медленной и дорогой процедурой. Поэтому получение представлений об особенностях разреза, пройденного скважиной, основывается на интерпретации геофизических показателей различных свойств горных пород, вскрытых скважиной. Геофизический каротаж – это измерение специальным зондом значений физических свойств пород, слагающих стенки скважины. Различают виды каротажа: электрический, радиоактивный, механический (кавернometрия), акустический, индукционный, термический, нейтронный и др.

Геофизические исследования скважин

Электрокаротаж

Это наиболее распространенный метод геофизического исследования скважин. Заключается он в непрерывном измерении по необсаженному стволу скважины *естественных (спонтанных) потенциалов* (синоним — потенциалы собственной (спонтанной) поляризации), возникающих при взаимодействии промывочной жидкости и пластовых вод. Общепринятая аббревиатура для кривой получаемых значений — *кривая ПС*. Одновременно измеряется *кажущееся удельное сопротивление* горных пород, обусловленное удельным сопротивлением поровых вод и сопротивлением самой породы. Общепринятая аббревиатура — *кривая КС*. Измерение ПС производится двухэлектродной установкой, один электрод которой остается на поверхности, а второй опускается в скважину. Измерение КС выполняется четырехэлектродной системой, три электрода которой образуют каротажный зонд, опускаемый в скважину, а четвертый устанавливается на поверхности вблизи ее устья.

Различия в физических свойствах горных пород (проницаемость, абсорбция, диффузия и др.) делают возможным диагностировать основные типы терригенных, глинистых и карбонатных отложений по кривым ПС и КС (рис. 7.1, 7.2).

В частности, максимальные значения на кривой ПС имеют глины. Пески и песчаники, а также пористые и трещиноватые карбонаты (из-за более легкой диффузии глинистого раствора и небольшой абсорбционной активности), выделяют на кривой ПС минимумами значений. Причем эти минимумы выражены тем отчетливее, чем меньше глинистого материала содержит песчаные или карбонатные пласти.

Напротив, кажущиеся сопротивления (кривая КС), прямо пропорциональные проницаемости пород, имеют максимальные значения у хорошо проницаемых пород — песков и песчаников, причем если в песчаных пластах вода замещается нефтью, то кажущееся сопротивление растет еще больше. Карбонатные породы также характеризуются максимумами на кривой КС, но их сопротивления могут резко меняться, так как трещиноватые зоны приводят к снижению значений.

Значения КС горных пород зависят от степени минерализации пластовых вод. Они значительно поникаются, если пласти содержат воды с высокой минерализацией. Вследствие этого сопротивления глин могут в отдельных случаях значительно превышать сопротивления песков с минерализованной водой (Итенберг, 1972).

«...Метод основан на измерении интенсивности естественного радиоактивного излучения осадочных пород (гамма-каротаж) или на изучении взаимодействия источников радиоактивного излучения и горной породы (нейтронный каротаж). Наибольшее значение при интерпретации геологических разрезов получил гамма-каротаж (ГК), применяемый как в необсаженных, так и в обсаженных скважинах. Гамма-каротаж сводится к измерению интенсивности гамма-излучения горных пород за счет содержащихся в них тория, урана и радиоактивного изотопа калия ^{40}K .

По значениям естественной радиоактивности осадочные породы делятся на три группы:

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

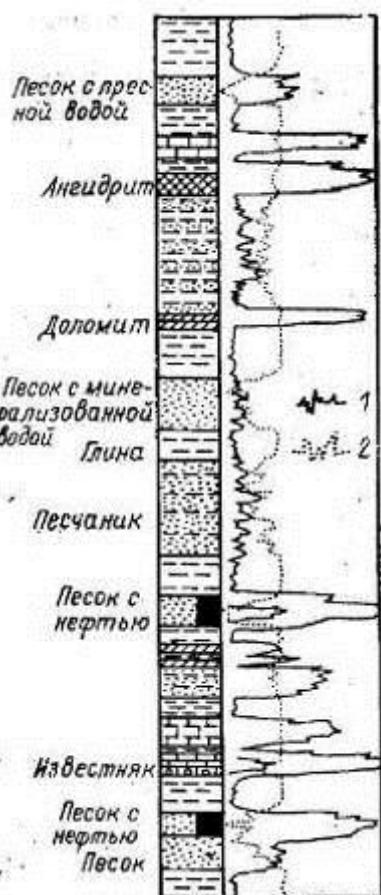


Рис. 7.1. Определение литологического состава пород, их водо- и нефтенасыщенности по данным электрокаротажа.

1 – КС; 2 – ПС.

(Рис. 5.20 из Степанов, Месежников, 1979, с. 123).

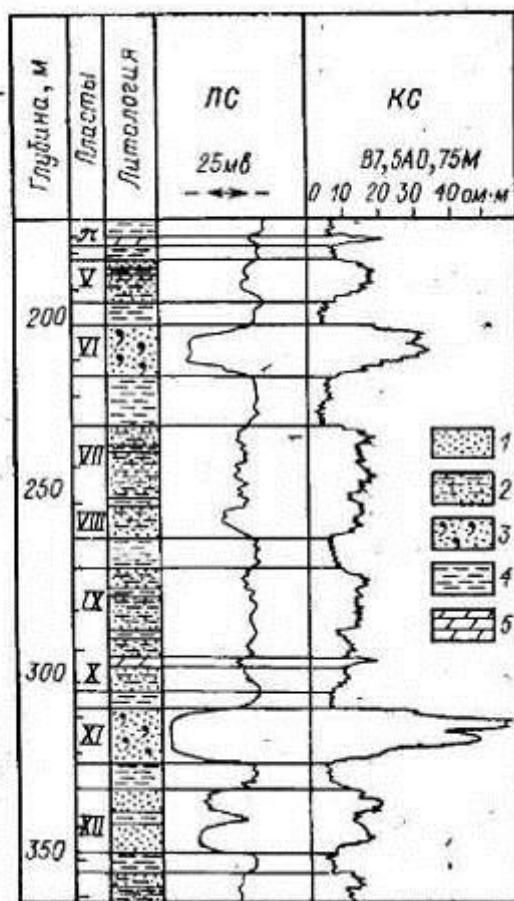


Рис. 7.2. Электрокаротаж песчано-глинистых пород.

1 – пески и слабосцементированные песчаники водоносные; 2 – глинистые пески и песчаники слабо сцементированные; 3 – пески и песчаники нефтеносные; 4 – глины; 5 – мергели.

(Рис. 5.21 из Степанов, Месежников, 1979, с. 123).

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

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

Радиоактивный каротаж

Наличие глинистого материала ведет к увеличению радиоактивности горных пород в связи с высокой адсорбционной способностью глин. Положительные аномалии ГК могут отмечаться и

при проходке монацитовых и других обогащенных радиоактивными минералами песков. Несмотря на то, что в общем виде интенсивность гамма-излучения пород пропорциональна содержанию в них радиоактивных минералов, она зависит и от плотности самой породы, так как с увеличением плотности возрастает поглощение гамма-излучения породой и соответственно уменьшается поток, измеряемый зондом. Наконец, на интенсивность гамма-излучения оказывает влияние радиоактивность пластовых вод. В частности, повышенной радиоактивностью характеризуются высокоминерализованные хлоридно-кальциевые воды.

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

Использование каротажа для расчленения и корреляции разрезов скважин

Каротажные методы дают исключительно полные сведения о разрезе скважин. Непрерывность измерения различных физических показателей — основное преимущество этих методов. Отбор керна — всегда неполный, поэтому керн характеризует лишь отдельные интервалы пройденного разреза, каротажные диаграммы показывают строение разреза в целом....

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

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

В малопористых сцементированных породах отличия электрокаротажных характеристик алевролитов, песчаников и карбонатов еще более стираются. В карбонатном разрезе геофизические исследования скважин дают возможность выделять лишь глинистые разности...

...Ограниченностю отдельных методов каротажа может быть преодолена их комплексированием (использованием комплекса методов), но в общем случае необходима корректировка каротажа данными по керну, по боковым пробам и шламу. Представляется необходимым в пределах каждой площади бурить скважину с достаточно полным отбором керна, а также отбирать его из ряда других скважин не только для суждения о коллекторских свойствах продуктивных пластов, но и для определения степени их выдержанности по комплексу литологических и палеонтологических данных. В этом случае каротаж действительно позволит составить полное представление о геологическом строении месторождения, даст возможность установить все взаимоотношения пород в пределах изучаемой структуры (рис. 7.3).

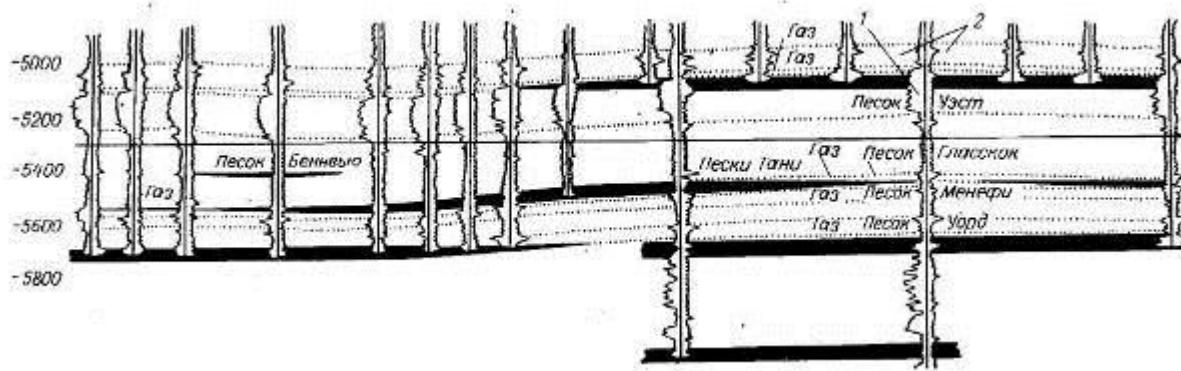


Рис. 7.3. Сопоставление скважин нефтегазового месторождения по электрокаротажу.

Слева – кривые ПС, справа – кривые КС.

1 – газ, нефть, вода; 2 – маргиулиновый песок (по Данбар, Роджерс, 1962) (Рис. 5.23 из Степанов, Месежников, 1979, с. 127).

Важно отметить, что каротаж является формальной регистрацией физических характеристик пород. В пределах ограниченного района (обычно такой район отвечает одной нефтеносной структуре), для которого известен сводный разрез, плотность пород, минерализация подземных вод и т. п. эти характеристики, будут с большой долей вероятности связаны с определенными литологическими разностями. Но на соседних площадях с иным (даже в деталях) строением разреза, другой плотностью пород и минерализацией пластовых вод, эта связь исчезнет. Поэтому детальные каротажные сопоставления, оправдывающие себя при корреляции близко расположенных скважин, оказываются мало корректными при региональных построениях.

Поскольку отдельные пласти и пачки не имеют индивидуальной каротажной характеристики, а выделяются лишь по контрасту с выше- и нижележащими отложениями, их далекое прослеживание неизбежно может проводиться лишь способом отсчета от какого-либо регионального репера. Естественно, что выклинивание какого-либо пласта может привести к ошибочным или неоднозначным и, следовательно, недостоверным сопоставлениям...

...Однако результаты геофизического исследования скважин иногда могут применяться и для региональных стратиграфических корреляций, в частности для прослеживания границ выдержаных литологических тел. Так, например, в западной части Западной Сибири региональным распространением пользуются глины *кузнецковской свиты* (турон-конъяк). Эта маломощная (до 40–50 м) морская глинистая толща перекрывает солоноватоводные образования *уватской свиты*. Вследствие резкой разницы в литологическом составе подошва кузнецковской свиты очень четко устанавливается на каротажных диаграммах, главным образом по кривой ПС (рис. 7.4). Этот репер прослежен более чем на 1000 км.

Проводя подобные сопоставления, следует учитывать, что речь идет только об идентификации литологической границы и что эта граница совершенно необязательно должна быть изохронной. В частности в данном случае, результаты исследований комплексов фораминифер показали, что кузнецковская свита перекрывает уватскую с размывом, амплитуда которого неодинакова в разных районах Западно-Сибирской низменности.

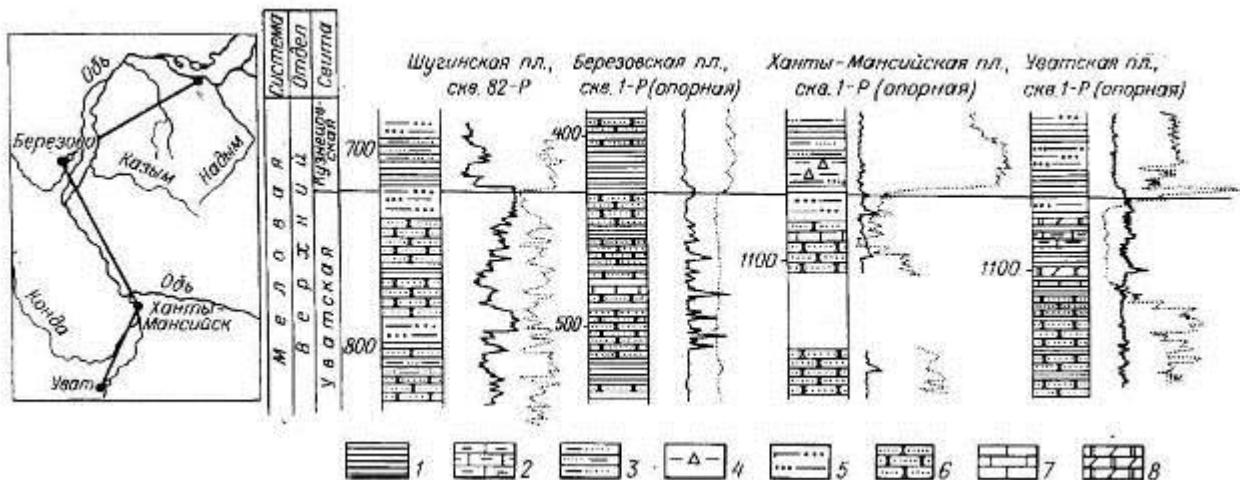


Рис. 7.4. Электрокаротажный репер подошвы кузнецковской свиты

1 – глины; 2 – глины известковистые; 3 – глины алевритовые; 4 – глины опоковидные; 5 – глины песчанистые; 6 – алевролиты; 7 – известняки; 8 – мергели; сплошная линия – КС; пунктирная – ПС. (Рис. 5.23 из Степанов, Месежников, 1979, с. 128).

Наряду с получением данных о строении разреза в конкретных точках, геофизические методы все шире используются для исследования глубинного строения на больших площадях. Для стратиграфических целей наиболее распространены **сейсмостратиграфические методы**. Сейсмостратиграфия представляет геологическую интерпретацию записей сейсмограмм. Сейсмометрические границы, выделяемые по вещественно-структурным признакам геологических тел, соответствуют резкостным и (или) градиентным разделам в поле акустических параметров. Рисунок записи сейсмограмм между сейсмическими границами выражает акустические свойства соответствующих толщ горных пород. Т.е. сейсмостратиграфия является специфическим методом выделения и прослеживания геологических тел различной литологического-петрографической характеристики. Согласно Стратиграфическому Кодексу России (2006), сейсмостратиграфические подразделения делятся на региональные (сейсмокомплексы, ограниченные сейсмогоризонтами) и местные (сейсмотолща, сейсмопачка, сейсмослой), т.е. аналогично выделению литостратиграфических подразделений.

Сейсмостратиграфические подразделения следует выделять в сейсмометрических границах одного и того же типа (например, между отражающими сейсмогоризонтами) или таким образом, чтобы каждая из границ подразделения (кровля или подошва) по латерали контролировалась однотипными сейсмометрическими границами (например, кровля подразделения проводится по отражающему сейсмогоризонту, а подошва — по преломляющему).

Важными признаками сейсмостратиграфических подразделений являются их пространственная форма и рисунок сейсмической записи, отражающей особенности наслоений в разных условиях осадконакопления. Форма сейсмоподразделений разнообразна — от плоскопараллельной до сравнительно круто наклоненной линзовидной (клиноформной).

Принадлежность выделяемых сейсмостратиграфических единиц именно к стратиграфическим подразделениям (а не к тектоническим и иным) необходимо устанавливать с помощью прямых геологических методов.

Магнитостратиграфический метод

Является чрезвычайно распространенным в настоящее время геофизическим методом, применяемым в стратиграфии. По своей природе он принципиально отличается от рассмотренных литостратиграфических. Для его использования необходимо присутствие в исследуемой породе минералов ферромагнетиков.

Метод, обычно называемый палеомагнитным, заключается в восстановлении истории геомагнитного поля Земли, закрепленной в векторах естественной остаточной намагниченности (Jn) горных пород. Он создан в 1953-1958 гг. нашим соотечественником профессором А.Н.Храмовым.

«Теоретические предпосылки использования палеомагнитного метода в стратиграфии следующие.

1. Горные породы при своем образовании намагничиваются по направлению геомагнитного поля того места и времени, где они образовались (гипотеза фиксации).

2. Приобретенная первичная намагниченность сохраняется (хотя и частично) в породе и может быть выделена (гипотеза сохранения).

3. Геомагнитное поле, осредненное за любые промежутки времени порядка 1 млн. лет – палеомагнитное поле – является полем диполя, помещенного в центр Земли и ориентированного по оси ее вращения (гипотеза центрального осевого диполя). (Храмов в «Практической стратиграфии», 1984).

Фактическим основанием использования палеомагнитного метода служат два обстоятельства.

1. Минералы-ферромагнетики распределяются в породе ориентированно по геомагнитному полю. В магматических и метаморфических породах такая ориентация кристаллов, в осадочных образованиях – это обломки, содержащие железо...

...После ряда аналитических операций над ориентированными в пространстве образцами с ферромагнетиками удается выделить направление вектора первичной намагниченности (J^0n), соответствующее времени образования породы. Основным результатом анализа является возможность расчленения разреза на последовательные элементы, обладающие различными направлениями J^0n , таким образом решается первая задача стратиграфии....

...2. 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...

..В результате в осадочной оболочке земной коры возникли части разреза **прямой и обратной намагниченности**. Толщи с прямой полярностью (N-зоны) формировались, когда положение магнитных полюсов примерно соответствовало современному, с обратной полярностью (R-зоны) – когда положение полюсов было обратным (южный вместо северного). Границами N-зон и R-зон являются геомагнитные инверсии. В связи с тем, что положение магнитных полюсов в одно и то же время едино для всей планеты, палеомагнитные корреляции являются одними из наиболее надежных. Профессор Сан-Диегского университета М.К.Маршалл установил, что геомагнитная инверсия происходит в течение примерно 2000 лет. Это событие можно считать мгновенным для геологической истории, несомненно более скоростным, чем эволюция самых быстроэволюционирующих видов организмов. Поэтому индентификация в разрезах одних и тех же палеомагнитных зон и доказательство, что это та же самая зона, что и выявленная в другом разрезе, является основанием для проведения синхронных границ...

..Данный метод завоевывает все большее признание. Однако на современном этапе глобальные сопоставления разрезов по палеомагнитным данным часто затруднены. Главной причиной этого является обилие перерывов в осадконакоплении, которые стирают палеомагнитную летопись, тем самым исключая из палеомагнитной последовательности важные геомагнитные инверсии и делая разрезы трудно сопоставимыми во многих случаях. Ограничение метода состоит еще и в том, что он очень трудоемкий, сложный и дорогой. Палеомагнитные исследования должны непременно сопровождаться палеонтологическими и палеофлористическими датировками по методике образец-в-образец. Причем чем больше разных биозональных последовательностей будет построено, тем достовернее будут стратиграфические результаты, основанные на сопоставлении лито-, био- и магнитостратиграфических данных» (цит. по Прозоровскому, 2003, с. 125-127).

Магнитополярные единицы имеют свою иерархию, которая закреплена в «Стратиграфическом Кодексе России» (2006, с. 45-46): «Магнитостратиграфические подразделения — это совокупности горных пород в их первоначальной последовательности, объединенные своими магнитными характеристиками, отличающими их от подстилающих и перекрывающих слоев. Среди маг-

нитостратиграфических подразделений по принципу обоснования различают **магнитополярные и магнитные...**

.Магнитополярные (палеомагнитные) подразделения 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 полярность геомагнитного поля. Среди магнитополярных подразделений различают общие, региональные и местные...

.Магнитные подразделения не имеют в своей основе изменений геомагнитного поля и 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...

...Магнитополярными подразделениями являются магнитозоны полярности (магнитозоны, зоны полярности) — совокупности геологических тел в первичной последовательности залегания, объединенных присущей им магнитной полярностью, отличающей их от подстилающих и перекрывающих слоев. Магнитная полярность геологических тел определяется первичной составляющей их естественной остаточной намагниченности, совпадающей с полярностью палеомагнитного поля...

..Таксономическая шкала общих магнитополярных подразделений (магнитозон) состоит из следующих соподчиненных единиц, которым соответствуют таксономические единицы магнитохронологической шкалы:

Магнитополярные подразделения

Мегазона

Гиперзона

Суперзона

Ортозона

Субзона

Микрозона

Магнитохронологические подразделения полярности и их приблизительная длительность, млн лет

Мегахрон более 100

Гиперхрон 100—30

Суперхрон 30—5

Ортохрон 5—0,5

Субхрон 0,5—0,01

Микрохрон менее 0,01..

...Мегазона — магнитостратиграфическое подразделение, фиксирующее наиболее значительные этапы эволюции геомагнитного поля; по объему примерно сопоставима с эратомой фанерозоя.

Гиперзона сопоставима с системой. Гиперзонае присваивают географическое название с указанием полярности и стратиграфического положения.

Пример. Гиперзона R Киама C₂—P₂ (от названия местности на восточном побережье Австралии)...

..Суперзона — охватывает меньший стратиграфический объем; сопоставима с несколькими ярусами или отделом. Суперзонае присваивают географическое название с указанием полярности и стратиграфического положения.

Ортозона — основное подразделение магнитостратиграфической шкалы, представляющее собой монополярный интервал разреза или сочетание разнополярных субзон. Чаще всего это интервал преимущественной полярности с единичными реперными субзонами противоположной полярности. По объему сопоставима с ярусом или его частью. Ортозоны нумеруют отдельно по полярности. Допускается сохранение ранее введенных собственных названий для глобально идентифицированных ортозон.

Примеры. Ортозона прямой полярности Брюнес (N). Ортозоны в татарском ярусе верхней перми (P_2t): первая (снизу) зона обратной полярности — R_1P_2t ; первая зона прямой полярности — N_1P_1t ; вторая зона обратной полярности — R_2P_2t ; вторая зона прямой полярности — N_2P_2t ; третья зона обратной полярности — R_3P_2t ...

..Если ортозона охватывает части смежных ярусов, то ей придается двойная стратиграфическая индексация с сохранением нумерации по нижнему ярусу.

Пример. Зону обратной полярности на границе баррема и апта индексируют как $R_3K_1br-a...$

..Субзона — элементарная единица магнитостратиграфической шкалы, представляющая собой сравнительно узкий монополярный интервал разреза. Субзоны нумеруют снизу вверх в пределах ортозоны с указанием индекса полярности. Допускается сохранение ранее введенных географических названий.

Для индексации субзон применяются двойные и тройные буквенные индексы. При этом первая буква (n, г, а) указывает на полярность субзоны, а следующие (N, NR, R, Rn, Nr и т. д.) — на принадлежность к определенной ортозоне.

Пример. Первая снизу (по разрезу) субзона прямой полярности в третьей ортозоне обратной полярности татарского яруса верхней перми обозначается: $n_1R_3P_2t...$

..Микрозона — наименьшая единица магнитостратиграфической шкалы, фиксирующая элементы тонкой временной структуры геомагнитного поля: экскурсы, аномальные отклонения и др. Микрозоны могут выступать также в качестве реперных уровней внутри единиц более высокого ранга. Их нумеруют снизу вверх в пределах суб- или ортозоны с обозначением полярности. Допускается сохранение ранее введенных географических названий. Микрозоны индексируются аналогично субзонам...

..При выделении и описании магнитозон приводятся следующие сведения: ранг; наименование (как правило, географическое) или нумерация (снизу вверх); общая характеристика с перечислением основных признаков (преобладающая полярность, особенности режима инверсий); стратиграфический объем и наличие соподчиненных магнитостратиграфических таксонов; соотношение с общими и региональными стратиграфическими подразделениями».

Региональные и местные магнитостратиграфические подразделения

«Региональные и местные магнитостратиграфические подразделения — это магнитополярные и магнитные подразделения, опознаваемые лишь в пределах конкретных регионов или структурно-фациальных зон. Независимо от принципа обоснования региональные и местные подразделения выделяются на основе стратотипов региональных или местных стратонов.

Ранг региональных и местных зон магнитной полярности определяется по их соотношению с единицами Общей стратиграфической шкалы. Если их ранг относительно Общей шкалы не установлен, они обозначаются терминами «зона полярности» («подзона полярности») с собственными, в том числе географическими названиями орто- и субзон...

..На основе выделения в разрезе и корреляции региональных и местных магнитостратиграфических подразделений составляются магнитостратиграфические схемы, которые обычно включаются в региональные стратиграфические схемы» (цит. по Стратиграфическому Кодексу, 2006, с. 50-51).

Контрольные вопросы:

53. Виды геофизических методов, применяемых в стратиграфии. Область их применения.
54. Применение электрокаротажа для решения стратиграфических задач.
55. Применение радиоактивного для решения стратиграфических задач.
56. Использование каротажа для расчленения и корреляции разрезов скважин
57. Сейсмостратиграфические методы в стратиграфии
58. Магнитостратиграфический метод и его роль в стратиграфии.
59. Фактическое основание использования палеомагнитного метода.
60. Прямая и обратная намагниченность.
61. Магнитостратиграфические подразделения: определение, виды.
62. Магнитополярные и магнитохронологические подразделения
63. Региональные и местные магнитостратиграфические подразделения

VIII. БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД

Метод опирается на изучение ископаемых остатков организмов, т.е. на палеонтологию. **Основу метода составляет** закономерная необратимость эволюции органического мира. При этом полагается, что возникновение новых форм и их расселение на больших территориях протекает в геологическом смысле практически мгновенно (особенно по сравнению с длительностью формирования стратиграфических подразделений).

Главное преимущество метода заключается в неповторимости палеонтологической летописи. Широкое пространственное распространение многих форм, допускает корреляцию на основе этого метода отделенных друг от друга разрезов.

Объектом биостратиграфических исследований являются ископаемые остатки организмов и толщи осадочных пород, в которых они заключены. **Биостратиграфические работы включают в себя несколько этапов:**

- сборы, определение, детальное изучение и описание ископаемых остатков;
- изучение распределения ископаемых остатков по разрезу (вертикальное распределение);
- изучение последовательности комплексов ископаемых остатков в нескольких разрезах;
- изучение закономерностей сочетания ископаемых остатков в комплексах (ассоциации);
- изучение латеральных изменений комплексов и выявление их зависимости от фациальных изменений.

Последнее направление составляет предмет палеоэкологических (биофациальных) исследований, в которых для стратиграфических целей используются закономерности, определяющие взаимосвязь организмов и среды. Основы этого направления заложены в нашей стране работами Н.Н. Яковлева, Р.Ф. Геккера (1957), Б. П. Марковского (1966).

Большое значение при биостратиграфических исследованиях имеют особенности захоронения остатков организмов. Изучение таких особенностей составляет предмет *тафономии*, основателем которой является И.А. Ефремов (1950).

Биостратиграфическим методом осуществляются расчленение разрезов, т. е. выделение в них стратиграфических подразделений, корреляция этих подразделений и обоснование возраста. В конечном счете разрабатываются стратиграфические схемы, основу которых составляют как стратиграфические подразделения комплексного содержания, в которых палеонтологическое обоснование является определяющим или существенным, так и собственно биостратиграфические подразделения.

При крупномасштабном геологическом картировании биостратиграфический метод используется главным образом для обоснования геологического (относительного) возраста местных стратиграфических подразделений и для корреляции их с подразделениями региональной или общей стратиграфической шкалы. Для расчленения отложений этот метод, как правило, используется в сочетании с литологическим методом.

Стратиграфические подразделения, выделяемые биостратиграфическим методом

Зона (хронозона). Это наименьшая таксономическая единица общей стратиграфической шкалы, в основу выделения которой положен палеонтологический метод. Зона отражает определенный этап развития фауны и ее границы устанавливаются по стратиграфическому распространению зонального фаунистического комплекса, т.е. группы видов, быстро эволюционирующих и имеющих широкое географическое распространение. В России принято, что зоны общей шкалы по рангу подчинены ярусам и представляют собой его части. Совокупность зон составляет полный объем яруса. Границы смежных зон, относящихся к разным ярусам, одновременно являются границами этих ярусов.

В основу выделения зон общей шкалы, по существу положены региональные зоны, или лоны, выделенные в стратотипической области и принятые в качестве эталона. Поэтому, зональные

комплексы органических остатков, присущие стратотипам зон всегда ограничены определенными палеобиогеографическим областями или палеоклиматическим поясами.

Комплексы органических остатков некоторых зон силурийской, триасовой, юрской и меловой систем прослежены на нескольких континентах Земного шара. Слои, содержащие эти комплексы, являются глобальными маркирующими горизонтами (т.е. можно полагать, что слои с одинаковыми зональными комплексами сформировались в одни и те же короткие отрезки геологического времени).

Общая палеонтологическая характеристика зон определяется не только зональным комплексом стратотипа, но и теми остатками организмов, которые встречаются в одновозрастных отложениях в других областях. Таким образом, к зоне относятся не только отложения, содержащие зональный комплекс или руководящий вид, но все отложения, которые образовались за время существования этого комплекса или руководящего вида.

В качестве наименований зон используются *виды* древней фауны или флоры, отвечающие определению руководящих или архистратиграфических ископаемых.

Оптимальным вариантом является зональная шкала, построенная на основе эволюционного развития одной группы фауны. Пример — граптолитовая зональная шкала ордовика и силура, аммонитовая зональная шкала юрской системы.

Длительность формирования зон общей шкалы — 1-2 млн. лет, с редкими отклонениями до 5-6 млн. лет для зон ордовика и девона. Т.е. зоны практически равновелики (по времени) во всех ярусах всех систем фанерозоя.

Лона

Провинциальные зоны, или *лоны*, — таксономические единицы региональной стратиграфической шкалы, установленные на основании палеонтологических данных. Лона отражает определенный этап развития фауны (флоры) в пределах ее географического распространения.

Лона имеет стратотип, содержащий зональный комплекс, включая вид-индекс. Лона может быть подразделена на части — *подлоны*, или на *слои с фауной*.

Лоны могут быть выделены на основании любой группы фауны, имеющей стратиграфическое значение.

Виды биостратиграфических зон

Существуют различные виды биостратиграфических зон. Наиболее широко распространены следующие.

1. Биозона — отложения, образовавшиеся за полное время существования определенного таксона животных или растений и соответствующие стратиграфическому интервалу, в котором встречаются ископаемые остатки этого таксона.

Стратиграфическое распределение зонального таксона в конкретных разрезах нередко оказывается меньше его максимального распространения. Отложения, соответствующие такому ограниченному распространению в конкретных разрезах, называются *тейльзонами* или *топозонами* (рис. 8.1), а если при этом учитывается распространение таксона в различных разрезах в определенной местности (во времени и в пространстве), то отложения, в которых он встречается, называются его ранговой зоной (range zone).

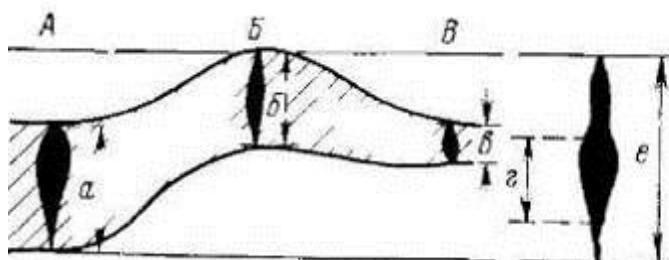
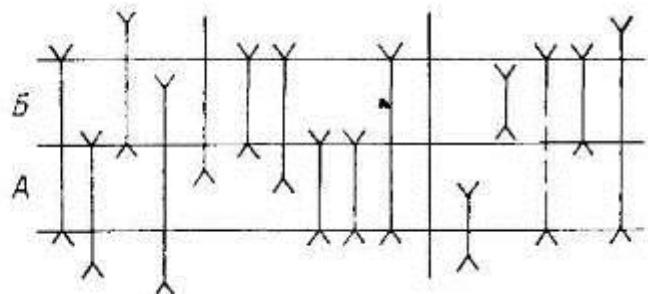


Рис. 8.1. Соотношение некоторых видов биозон одного таксона
а, б, в — тейльзоны; штриховка — ранговая зона;
г — акмезона («процветание» таксона);
е — биозона

2. **Комплексная зона** — отложения, содержащие определенный комплекс ископаемых остатков организмов (рис. 8.2). В таком смысле комплексная зона отвечает определению зоны в понимании А. Оппеля и нередко именуется оппель-зоной.

Рис. 8.2. Комплексные зоны (A и B)

^ — появление таксона;
▼ — исчезновение таксона



3. **Экозона** — отложения, содержащие комплекс ископаемых органических остатков, представляющий собой либо прижизненную экологическую ассоциацию, либо **тафономические особенности ориктоценоза**. Границы экозон подчеркивают не столько эволюционное развитие соответствующих групп ископаемых организмов, сколько изменение эколого-фациальных условий в конкретных бассейнах (рис. 8.3).

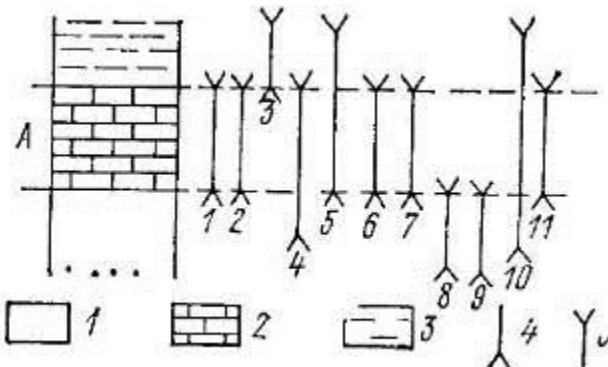


Рис. 8.3. Экозона (A).

1 — песчаник, 2 — известняк, 3 — аргиллит,
4 — появление, 5 — исчезновение таксона.
Предполагается, что таксоны 1, 2, 6, 7, 11
характерны для карбонатного осадконакопления

4. **Акмезона** — отложения, в которых зональный вид особенно часто встречается (см. рис. 8.1), т.е. соответствующие времени его расцвета в силу особенно благоприятных условий или отвечающие времени скопления органических остатков при захоронении.

Биостратиграфические зоны могут быть провинциальными или местными в зависимости от пределов распространения соответствующих таксонов, комплексов фауны или флоры.

Местные зоны базируются на анализе стратиграфического распространения **эндемичных** таксонов или ранее не использовавшихся для зонального расчленения групп фауны или флоры.

Границы биостратиграфических зон разных видов (биозон, комплексных зон, экозон и др.), а также границы зон одного вида, установленные по различным группам фауны или флоры, чаще всего не совпадают. Такие несовпадения происходят в силу особенностей биологической организации различных групп фауны и флоры, эволюционизирующих разными темпами и по-разному приспосабливающихся к изменениям среды.

Границы экозон, выделенных по разным группам фауны или флоры, совпадают, если они обусловлены одними и теми же изменениями эколого-фациальных условий в конкретном бассейне и если организмы этих групп реагируют на эти изменения одинаково.

Биостратиграфические подразделения всех видов используются для корреляции отложений в пределах определенной местности, фациальной зоны или региона, а также для определения возраста вмещающих отложений. Наибольшее значение имеют биозоны и комплексные зоны, границы которых считаются **изохронными**. В практике стратиграфических исследований обычно приходится сталкиваться с тейльзонами, ранговыми зонами и экозонами, границы которых зависят от эколого-фациальных условий, перерывов и других внешних факторов. Корреляция с помо-

щью таких подразделений возможна лишь на ограниченной площади, по существу, в тех пределах, в которых не удается установить отклонение этих границ от других уровней, принимающихся за изохронные.

Вспомогательные биостратиграфические подразделения.

К таким подразделениям относятся **слои с фауной или флорой**, которые определяются как «. . отложения, содержащие остатки организмов или сложенные ими, но не отвечающие требованиям, предъявляемым к биостратиграфической зоне. Такие слои могут выделяться в отложениях, в которых остатки организмов либо вовсе не встречаются в подстилающих или перекрывающих образованиях, либо встречаются редко.

Слои с обильными и легко диагностируемыми палеонтологическими остатками выделяются как *маркирующие* и в некоторых случаях являются *картируемыми* стратиграфическими подразделениями. В отличие от других стратиграфических подразделений, определяемых биостратиграфическим методом, такие слои могут быть выделены среди немых отложений и для них необязательно присутствие органических остатков в подстилающих и перекрывающих образованиях.

Расчленение отложений биостратиграфическим методом

Расчленение разреза биостратиграфическим методом заключается в определении рубежей, на которых происходит изменение состава ископаемых остатков организмов, и в выделении интервалов, содержащих характерные комплексы органических остатков. Намеченная таким образом последовательность смены органических остатков или их комплексов в разрезе служит основанием для его расчленения.

Комплексы ископаемых остатков, характерные для того или иного биостратиграфического подразделения, представлены формами, по-разному распределяющимися в разрезе и имеющими различное стратиграфическое значение. Среди них могут быть (рис. 8.4):

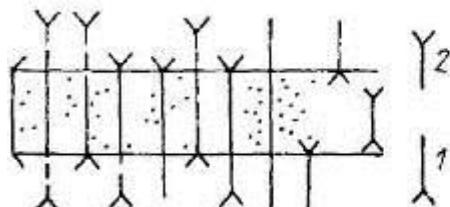


Рис. 8.4. Вертикальное распространение таксонов по отношению к границам стратиграфического подразделения.
1 – появление, 2 – исчезновение таксона

1) формы, стратиграфическое распространение которых ограничивается возрастными пределами данного подразделения, т. е. формы, не выходящие за его нижнюю и верхнюю границы. Такие формы особенно важны. Среди них обычно выбираются так называемые **руководящие формы** или зональные роды или виды;

2) формы, встречающиеся преимущественно в данном стратиграфическом подразделении, а также редко в ниже и выше лежащих отложениях. Такие формы могут служить лишь указанием на возможность (вероятность) принадлежности отложений к тому или иному стратиграфическому подразделению;

3) формы, встречающиеся в нижележащих отложениях и исчезающие около верхней границы данного стратиграфического подразделения, а также формы, которые появляются около его нижней границы и переходят в выше лежащие отложения. Сочетание таких форм имеет большое значение в биостратиграфии, поскольку оно позволяет установить полный объем соответствующего подразделения;

4) **транзитные (проходящие) формы**, одинаково часто встречающиеся как в самом стратиграфическом подразделении, так и в подстилающих и перекрывающих отложениях. Эти формы не имеют стратиграфического значения и могут быть использованы лишь для общей характеристики соответствующего стратиграфического подразделения.

В практике биостратиграфических исследований при расчленении отложений встречаются и используются все эти случаи. Наибольшее значение для установления границ биостратиграфических подразделений имеют **рубежи массового появления**, а иногда и **массового исчезновения** (обусловленного вымиранием) таксонов, поскольку эти границы, помимо того, что они фиксируются эволюционным развитием определенных групп фауны или флоры, связаны обычно с крупными геосторическими этапами: трансгрессиями и регрессиями бассейнов, климатическими из-

менениями и др. Поэтому с подобными границами часто соотносятся границы стратиграфических таксонов регионального значения — горизонтов и лон, а иногда и подразделений общей шкалы.

Например, пласт монотисовых ракушечников норийского возраста, во многих районах Северо-Востока России отвечающий по объему двум лонам, соответствует определенному геисторическому этапу и четко выделяется по массовому появлению и массовому вымиранию этого таксона двустворок. Массовое исчезновение из разрезов юрских митилюцерамов на Северо-Востоке России приходится на границу слоев с *Mytiloceramus vase* и *Meleagrinella ovalis*, проходящую в нижней части келло-вейского яруса. Эта граница принята за границу горизонтов мосальского и ненкальского. Обилие впервые появившихся отпечатков листьев платанов (*Platanus lafior*, *P. cuneiformis*, *P. cuneifolia*) в алтыкудукской свите Северного Приаралья и в других одновозрастных свитах в Казахстане является хорошим индикатором основания сеноманского яруса верхнего мела.

Предпочтение при проведении биостратиграфических границ обычно отдается не исчезновению в разрезах тех или иных форм, связанному с их вымиранием, а появлению или массовому распространению отдельных таксонов, сообществ или их комплексов (рис. 8.5). Последнее особенно важно, так как часто только при массовом распространении и широком расселении соответствующие формы или комплексы приобретают определенное корреляционное значение.

В некоторых случаях первое появление в разрезах определенных таксонов (руководящих или зональных) служит основанием не только для проведения границ, но и для выделения соответствующих биостратиграфических подразделений. Полный объем таких подразделений определяется интервалом, ограниченным уровнями появления зональных таксонов двух смежных зон (рис. 8.5).

Так выделяются многие зоны, лоны и биостратиграфические подразделения по конодонтам и другой микрофaуне (рис. 8.6).

Рис. 8.5. Расчленение разреза по первому появлению таксонов.
А-Д — биозоны

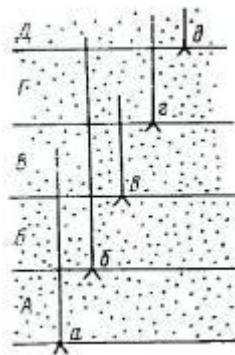
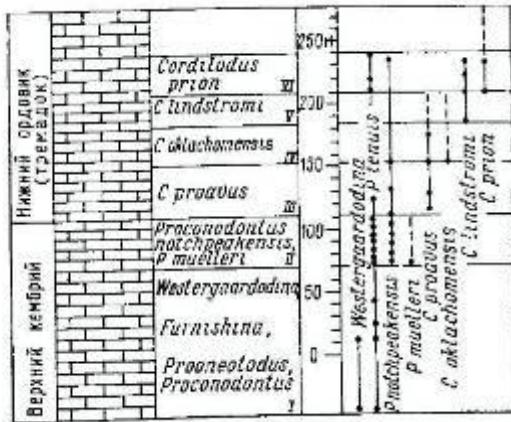


Рис. 8.6. Пример выделения стратиграфических подразделений по первому появлению в разрезе видов конодонтов



флоры. Особенно ценно в этом отношении изучение последовательности в пределах отдельных таксонов ортостратиграфических групп, если в результате удается наметить смену фаунистических зон, отражающую эволюцию соответствующей группы организмов.

Контрольные вопросы:

64. Основа, преимущество и объекты биостратиграфического метода.
65. Этапы проведения биостратиграфических исследований.
66. Стратиграфические подразделения, выделяемые биостратиграфическим методом (зона (хронозона), лона).
67. Виды биостратиграфических зон

Наиболее надежно расчленение отложений по фауне или флоре осуществляется в том случае, когда оно опирается на изменения в составе комплекса, обусловленные необратимостью эволюции фауны или флоры, т. е. на филогенетическую основу. В наиболее чистом виде они проявляются в однородных по вещественному составу толщах, свидетельствующих о стабильности условий, на фоне которых эволюционирует та или иная группа фауны или

68. Вспомогательные биостратиграфические подразделения
69. Расчленение разреза биостратиграфическим методом (руководящие и транзитные формы, рубежи массового появления и исчезновения)

IX. ВРЕМЯ В СТРАТИГРАФИИ. ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

В стратиграфии время выступает в качестве основного организующего начала, т.к. все стратиграфические выводы имеют смысл постольку, поскольку они решают вопрос об одновременности или последовательности геологических событий.

«Фундамент корректных, нормальных измерений... образует **принцип хронометрии**, опирающийся на систему внешнего отсчета. В системе геологических исследований хронометрия представлена геохронометрией, в основе которой лежит принцип Н.А. Головкинского.

Н.А. Головкинский сформулировал следующее положение: «...должно внимательно различать о хронологическом, стратиграфическом, петрографическом и палеонтологическом горизонтах» (Головкинский «О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна». Спб.: Тип. Импер. Акад. Наук, 1868. 143 с., с.399). Далее он замечает: «...хронологические горизонты косвенно пересекают все другие» (там же, с. 400).»

«Особенности принципа Головкинского наглядно выявляются при сравнении его со вторым базовым принципом стратиграфии – принципом Стенона, который служит основой литостратиграфии, опирающейся на внутреннюю систему отсчета (эндохронометрию). Принцип Стенона, утверждающий, что при ненарушенном залегании каждый нижележащий слой древнее перекрывающего, переводит пространственные отношения во временные.»

«Касаясь закономерностей, выявленных принципом Стенона, Н.А. Головкинский писал, что «...такое воззрение справедливо только для очень ограниченной местности...» (Головкинский, 1868, с. 397)».

«В переходе стратиграфии от опоры на принцип Стенона к измерениям на основе принципа Головкинского отражена смена двух главных этапов развития стратиграфии.... С наибольшей последовательностью идеи Н.А. Головкинского нашли свое выражение в работах Д.Л. Степанова, который первым выделил **хроностратиграфические подразделения**, соответствующие определенному интервалу времени независимо от физических свойств отложений (Степанов Д.Л. «Методика стратиграфических исследований // Спутник полевого геолога-нефтяника. Л.: Гостоптехиздат, 1954. С. 3-27). Д.Л. Степанов считал, что эволюция организмов может служить инструментом внешнего отсчета, а измерение событий самими событиями методологически сомнительна (Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 1979. 423 с., с. 264).

Большинство стратиграфов, отрицая «абсолютное время» И.Ньютона, рассматривают время как атрибут всех материальных объектов Вселенной. *Абсолютное время* по Ньютону протекает равномерно и иначе называется длительностью, оно течет «само по себе» и не имеет никакого отношения к чему-либо внешнему, ни к пространству, ни к каким-либо процессам.

Современная физика рассматривает материальный мир одновременно и с пространственных и с временных позиций. Почему? Потому что окружающий нас мир материи изменчив и непостоянен и в пространстве и во времени. Человек без особого труда может осмыслить тот факт, что пространство меняется во времени. Но оказывается, и время меняется в пространстве, или иначе говоря: в разном пространстве - свое время.

А.Эйнштейн, основатель теории относительности, или релятивистской физики, ввел такие понятия как *собственное, локальное и универсальное время*.

Собственное время - это временные соотношения между событиями, происходящими только в одной [данной] стационарной системе отсчета.

Собственным временем обладает каждый объект материального мира, например геологическое тело. Какие основные события могут происходить в этих системах (или объектах)? → Возникновение горной породы (геологического тела) → метаморфизм → начало выветривания → полное разрушение. Перечисленные события соотносятся друг с другом по шкале собственного времени. В этом случае не рассматриваются ни другие объекты, ни другие процессы.

Локальное время определяет временные соотношения между событиями в любой движущейся системе отсчета.

К движущимся системам отсчета в геологии могут быть отнесены разнообразные процессы: орогенез, магматизм, осадконакопление, развитие гидросферы, развитие биосферы, эрозия и т.д.

Для всех этих движущихся систем могут быть предложены свои собственные координаты пространства и времени. Эти координаты, как правило не совпадают между собой. Например, начало формирования земной коры не совпадает с началом осадочного литогенеза и т.д.

Универсальное время - искусственная шкала отсчета, которая применяется для сравнения процессов в разных движущихся системах.

Цель измерения геологического времени заключается в выяснении последовательности геологических событий. Определение момента (*когда ?*), продолжительности (*как долго ?*) и последовательности (*в каком порядке ?*) событий прошлого возможно лишь путем установления порядка напластования и взаимоотношений геологических тел, слагающих литосферу.

Поставленная цель определяет *основное требование* к шкале геологического времени: ее деления должны быть *узнаваемы* и хорошо *отличимы* одно от другого.

Возникает необходимость сопоставления координат разных геосистем с помощью одной привилегированной системы отсчета — *системы отсчета геологического времени*. Общепризнанным инструментом получения данных в *условных абсолютных единицах времени* являются методы радиологической датировки. Без них невозможно было бы составить представление о длительности используемых геохронологических подразделений. Наличие хронологической шкалы позволяет определять как последовательность, так и одновременность событий.

Геохронометрические методы

Геохронометрические методы объединяют приемы, определяющие в стандартных единицах физического времени (в годах) удаленность образования геологических объектов от современности... или продолжительность их существования.... Для определения так называемого абсолютного возраста (устаревший термин) применяются «...изотопные, или радиометрические, или изотопно-геохронометрические методы. Они основаны на особенности радиоактивных химических элементов, входящих в состав многих минералов, преобразовываться в их стабильные изотопы с постоянной скоростью, свойственной каждому элементу. Устанавливая соотношение мобильные 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 исследуемый 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 в 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 в созданию первой геохронологической шкалы.

В настоящее время изотопные методы основаны на распаде тех радиоактивных элементов, которые преобладают в земной коре. Из приблизительно 1600 природных и искусственных изотопов только 272 стабильны.... Для определения возраста используются долгоживущие радиоактивные изотопы. Применение этих методов корректно лишь при двух допущениях: 1) скорость радиоактивного распада неизменна в течение всей геологической истории, 2) все устойчивые изотопы образовались в анализируемом минерале только за счет распада исходных радиоактивных изотопов. Данное допущение непосредственно проверить невозможно, его можно лишь проконтролировать путем сравнения с результатами определения возраста того же объекта другими методами...

...Наиболее применимые в геологической практике методы изотопного определения возраста следующие.

Калий-аргоновый метод. Используется для магматических и метаморфических пород по минералам, содержащим калий (слюды, полевые шпаты, роговые обманки, пироксены), для осадочных пород – по глаукониту. Глауконит предварительно должен быть исследован на предмет отсутствия изменений вторичными процессами. Смысль анализа измененного глауконита отсутствует, т.к. будет определен возраст перехода глауконита в измененное состояние, а не возраст образования породы. Погрешность метода составляет 4%. Наиболее надежным считается для среднепалеозойских и кайнозойских образований....

....**Рубидий-стронциевый метод.** Применяется для магматических и метаморфических пород по минералам, содержащим рубидий (амазонит, биотит, мусковит, микроклин). Точность метода составляет 3-5%. Применяется для докембрийских и фанерозойских образований...

...**Свинцовый метод.** Используется преимущественно для докембрийских в двух вариантах: **свинцово-изотопном и свинцово-изохронном.** При первом варианте исследуются минералы, содержащие уран и торий: уранинит, настуран, монацит, циркон, ортит, колумбит и др. Погрешность составляет 5%. Во втором варианте исследуют породы: гнейсы, кристаллические сланцы, мраморы, джеспиллиты, известняки. Возраст получается по четырем изотопным отношениям: $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Совпадения результатов свидетельствуют о их достоверности. Наиболее близки к истинным значениям отношения $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ для докембия, остальные – для фанерозоя....

Уран-свинцовый изохронный метод в настоящее время считается наиболее точным (погрешность – доли %)...

...**Радиоуглеродный метод.** Применяется только для позднего плейстоцена - голоцен, от 1 до 60 000 лет. Этим методом исследуются объекты органической природы: древесина, древесный уголь, торф, кости, раковины, сталактиты, в которых содержится естественный радиоуглерод ^{14}C . Погрешность метода – 5%....

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....

...При использовании единиц времени в геологии рекомендуется международная система сокращенных обозначений с буквой «а» (от лат. annum – год): Ка (Kilo annum) – 10^3 лет, Ма (Mega annum) – 10^6 лет, Га (Giga annum) – 10^9 (цит. по Прозоровскому, 2003, с. 132-137).

Хроностратиграфические подразделения (Международный Стратиграфический Справочник-1999, Episodes, 1999, vol. 22, no. 4)

Хроностратиграфические подразделения - это совокупность пород, как слоистых, так и неслоистых, которые сформировались в течение определенного интервала геологического времени. Подразделения геологического времени, в течение которых сформировались хроностратиграфические подразделения, называются *геохронологическими подразделениями*.

1. Хроностратиграфия. Раздел стратиграфии, который изучает временные соотношения и возраст совокупностей пород.

2. Хроностратиграфическая классификация. Организация пород в подразделения на основе их возраста или времени образования.

Целью хроностратиграфической классификации является организация пород, образующих земную кору, в подразделения, имеющие собственные названия (хроностратиграфические подразделения), соответствующие интервалам геологического времени (геохронологические подразделения) и служащие основой временной корреляции и системы регистрации событий геологической истории.

3. Хроностратиграфическое подразделение. Совокупность образований, которая включает все породы, сформировавшиеся за определенный промежуток времени. Хроностратиграфические подразделения ограничены синхронными горизонтами. Ранг и относительная величина подразделений в хроностратиграфической иерархии определяются продолжительностью временного интервала, который они отражают, а не их физической мощностью.

4. Хроностратиграфический горизонт (хроногоризонт - Chronohorizon). Стратиграфическая поверхность или плоскость, которая является повсеместно одновозрастной.

Международный стратиграфический справочник рекомендует следующие официальные хроностратиграфические термины и геохронологические эквиваленты для обозначения подразделений различного ранга и временного объема. **Принятая иерархия официальных хроностратиграфических и геохронологических терминов** Хроностратиграфические: Эонотема Эратема Си-

стема Серия = Отдел Ярус Подъярус; Геохронологические: Эон Эра Период Эпоха Век Подвек или век.

Ярус (и век). Ярус назван основным рабочим подразделением хроностратиграфии, так как он соответствует по своему рангу и объему целям внутрирегиональной хроностратиграфической классификации. Ярус включает все породы, сформировавшиеся в течение века. Ярус - это подразделение наименьшего ранга в хроностратиграфической иерархии, которое может быть выделено в глобальном масштабе. Он является подразделением серии=отдела. Ярус определяется по стратотипам его границ в разрезах, которые внутри непрерывной стратиграфической последовательности отложений, предпочтительно морских, содержат обозначенную точку, выбранную для потенциальной корреляции.

Обратимся с **Стратиграфическому Кодексу России** (2006). В нем нет отдельно выделенных хроностратиграфических подразделений. Стратиграфическим кодексом предусмотрены две группы стратиграфических подразделений — основные и специальные.

Среди основных терминов СК-2006 упомянуты следующие: **стратотип стратиграфической границы, точка глобального стратотипа границы и шкала геологического времени**, что несомненно является огромным прогрессом российской стратиграфии на пути адаптации к принципам стратиграфии, действующим во всем остальном научном сообществе.

«Стратотип стратиграфической границы (лимитотип) — выбранный в качестве эталонного разрез, в котором фиксируется положение нижней границы стратона.

Точка глобального стратотипа границы (Global Stratotype Section and Point) — точка, выбранная в конкретном разрезе толщи пород и в определенном географическом районе, являющаяся стандартом для определения нижней границы каждого подразделения Общей стратиграфической шкалы...

...Шкала геологического времени (Геохронометрическая шкала) — последовательный ряд датировок нижних границ общих стратиграфических подразделений, выраженных в годах и вычисленных с помощью изотопных и других методов» (цит. по Стратиграфическому Кодексу, 2006, с. 14-15).

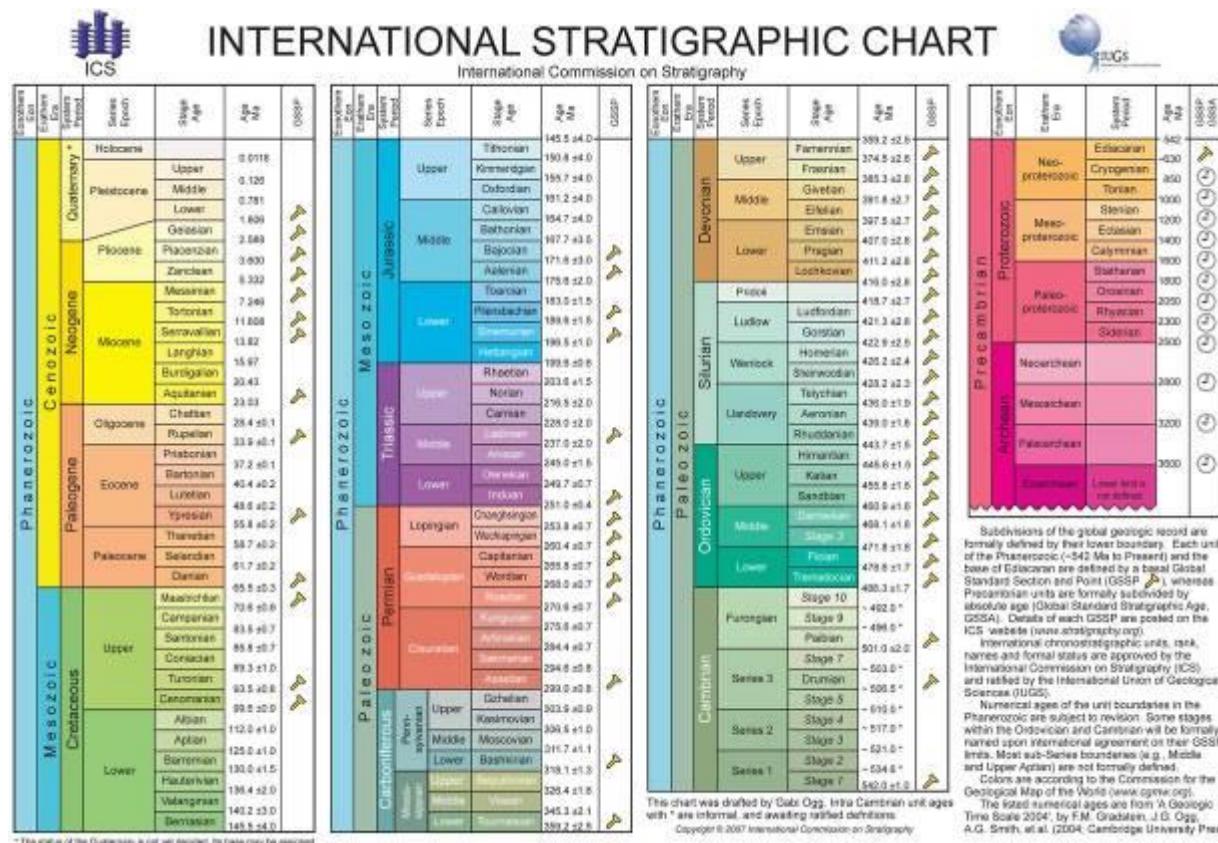


Рис. 9.1. Международная стратиграфическая шкала (www.stratigraphy.org)

В опубликованном Международной комиссией по стратиграфии (МКС) варианте Международной стратиграфической шкалы (МСШ) – **Шкале геологического времени** – 2004 (ШГВ–2004) (Gradstein et al. 2004) (рис. 9.1) фактически предложены новые правила проведения ярусных границ в осадочных бассейнах. В понятие «ярус» вложен однозначный хронологический смысл. Его начало определяется конкретной временной датой, которая закреплена «золотым гвоздем» в стратотипе ярусной границы. Прослеживание ярусной границы рекомендуется проводить с применением **руководящего корреляционного события** (principal correlative event).

Для проведения нижних границ ярусов выбраны самые разнообразные **руководящие корреляционные события** – по смене разных фаунистических групп (для маастрихта – 12 равнозначных биособытий), по основанию магнитных хронов (апт, танет), по наличию глобальной геохимической аномалии (даний) и т.д. Причем руководящие биособытия могут быть основаны на смене (появлении или исчезновении) различных фаунистических групп: двустворок (конык, сантон), лилий (кампан), аммонитов (турон, баррем, готерив, титон, кимеридж, келовей, бат, байос, аален и др.), планктонных фораминифер (сеноман), известкового наннопланктона (танет, зеландий, альб) (Gradstein et al. 2004). В большинстве случаев для проведения ярусной границы предложено несколько событий, и лишь в исключительных случаях (пример – апт) МКС не удалось увязать ярусную с глобальным исчезновением или появлением организмов.

Несмотря на то, что **ярусные границы провозглашены МКС изохронными**, при их прослеживании на основе рекомендованного корреляционного события синхронными они быть не могут в силу диахронности самих событий. На этот неоспоримый факт исследователи обращают внимание уже около 140 лет (Головкинский, 1868; Лазарев, 2003). Диахронность биозональных и литологических границ впервые была установлена Н.А. Головкинским, который на примере пермской формации Центральной части Волжско-Камского бассейна открыл чечевицеобразное строение лито- и биостратиграфических горизонтов, формирование которых он связывал с миграцией береговой линии (рис. 9.2.). Говоря современным языком, «чечевицы» Головкинского явились «прасеквенциями» (Кринари, 2004) или «праклиноформами», а их автор – родоначальником хроностратиграфической концепции.

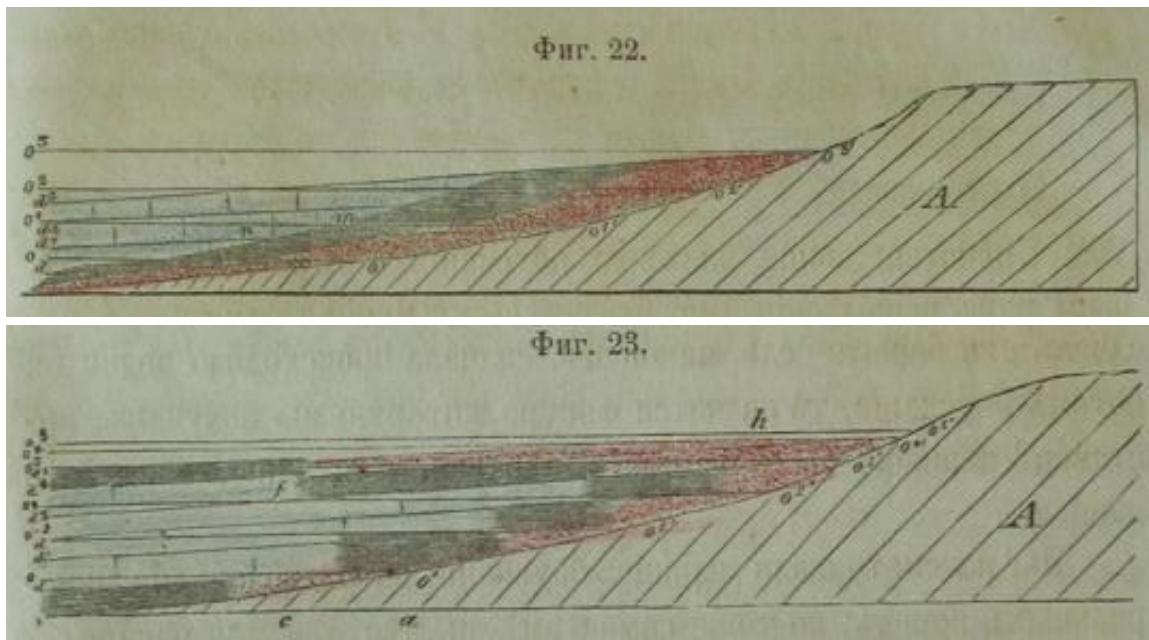


Рис. 9.2. Рисунки из монографии Н.А.Головкинского, иллюстрирующие «чечевицеобразное» строение литологического тела, образовавшегося при миграции береговой линии.

Н.А. Головкинский отмечал: «... с каждым новым исследованием открывались новые факты, обнаруживающие неправильность учения об одновременном существовании и одновременном исчезновении повсеместных фаун. Понятие о медленном изменении органического населения и о фациях постепенно вырабатывалось и теперь едва ли какой-нибудь геолог..., будет отвергать для различных местностей разновременное существование одинаковых форм и одновременность различных» (Головкинский, 1868). Остается только констатировать, что идеи Н.А. Головкинского, не принятые и не понятые его современниками, реализовались через 140 лет в новом варианте МСШ.

Руководящее корреляционное событие, как и любое событие в геологической истории, имело некоторую скорость распространения. И чем она меньше, тем больше будет отклонена прослеживаемая граница от виртуальной изохронной линии. Учитывая, что разные фаунистические группы в разные геологические эпохи осваивали морские бассейны и исчезали из них с разной скоростью, границы, проведенные на основе прослеживания биособытий, будут в различной степени диахронными. Ниже будет показано, как можно выявить диахронность нижних границ лито- и биостратонов, используя признак «наибольшего веса» (Мейен, 1981), за который принято событие с наибольшей скоростью распространения.

Границы большинства мезозойских ярусов рекомендовано проводить по смене аммонитовых фаз (Gradstein et al. 2004). По мнению МКС, геоисторическая смена почти всех мезозойских ярусов может быть прослежена в осадочных бассейнах и, в том числе, на РП, путем выделения в разрезах и сопоставления последовательной смены скоррелированных с Западно-Европейским стандартом аммонитовых зон.

Подошвы всех лито- и биостратонов испытывают возрастное скольжение в большей или меньшей степени. Если для определения временного промежутка, в течение которого начинал формироваться лито- или биостратон, использовать несколько последовательностей событий, одна из которых будет представлять собой смену более скоростных событий, возрастное скольжение основания данного стратона проявится отчетливо. Следовательно, историко-геологические этапы, в течение которых происходит формирование лито- или биостратонов, в той или иной степени пересекаются во времени.

Для проведения глобальной границы, максимально приближенной к изохронной линии, требуется выбрать самое высокоскоростное событие из всех доступных для регистрации и проследить его в как можно большем числе разрезов.

Именно по причине возможного пересечения во времени смежных историко-геологических этапов в новом варианте МСШ (ШГВ–2004) осуществлен переход к шкале физического времени, в которой понятие «ярус» нельзя истолковать по-разному.

Контрольные вопросы:

70. Время в стратиграфии (принцип хронометрии, взаимоотношение принципов Стенона и Головкинского, цель измерения геологического времени)
71. Геохронометрические методы
72. Определения и виды хроностратиграфических подразделений (по Степанову, по Международному стратиграфическому справочнику).
73. Основное рабочее подразделение хроностратиграфии, причина перехода стратиграфии от историко-геологического времени к физическому.
74. Стратотип стратиграфической границы, точка глобального стратотипа границы, шкала геологического времени, руководящее корреляционное событие.
75. Шкала геологического времени: методика построения и использования в стратиграфической практике.
76. «Изохронность» ярусных границ при их прослеживании.
77. О скорости геологических событий и возрастном скольжении границ.

Х. СОБЫТИЙНАЯ СТРАТИГРАФИЯ

Событийно-стратиграфическая методика как особое направление междисциплинарных исследований, нацеленных на детальную корреляцию осадочных толщ, возникла в начале 70-х годов. Однако необходимо отметить, что задолго до этого событийный анализ был использован для фиксации фаунистических и фациальных изменений, которые были положены в основу первоначального разграничения геологических систем, отделов и ярусов. Также и комплексная характеристика стратонов в целом была обычна в геологической практике, а в отечественных стратиграфических работах принималась как обязательное требование (Стратиграфическая классификация и терминология, 1956, 1960; Стратиграфический кодекс, 1977, 1992). В то же время недостаточно внимания обращалось на точность биостратиграфических датировок границ стратонов и их синхронизацию при сопоставлении разрезов. Поэтому многие десятилетия определение и корреляция границ и составляющих их подразделений за пределами стратотипических площадей были предметом постоянных дискуссий. В особенности это касалось проблемы их одновозрастности при проведении региональной и межрегиональной стратиграфической корреляции.

В результате исследований большой группы специалистов по проекту 216 «Глобальные биологические события в истории Земли» Программы международной геологической корреляции (руководитель — проф. О.Г.Валлизер, ФРГ), проводившихся с 1984 г., выявлена и охарактеризована последовательность глобальных событийных уровней разного масштаба для осадочных толщ фанерозоя (Walliser/ed., 1986, 1995).

Первые попытки отразить событийность в развитии седиментогенеза и эволюции фауны в фанерозойских отложениях России и смежных территорий были сделаны при составлении заключительного тома издания по геологическому строению и минерагении СССР (Геологическое строение..., 1989). В последние годы опубликован ряд работ методического направления, основанных на изучении разных интервалов нижнего палеозоя и квартера (Корень, ред., 1998; Веймарн и др., 1998).

История развития Земли имеет непрерывно-прерывистый характер и представляет собой периоды относительно стабильных условий, сменяющихся эпизодами быстрых изменений. Эти изменения могут быть периодическими, связанными с воздействиями Солнечной системы, либо экстраординарными или эпизодическими событиями.

Событие (*event* — случай, результат, происшествие) определяется как кратковременное, часто катастрофическое прекращение непрерывности какого-либо геологического процесса. Временной интервал события значительно короче предшествовавшего и последующего периодов относительно стабильного развития или медленных изменений литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы. По своей природе различаются *абиотические* и *биотические* события, по пространственному проявлению — *глобальные* и *региональные*. Глобальные события важны для понимания истории Земли и планетарной корреляции, тогда как региональные используются в расчленении осадочных толщ и их корреляции на конкретных территориях.

Событийная стратиграфия (*event stratigraphy*), или стратиграфия по событиям, имеет своей целью изучение событий, документируемых в разрезах, и их использование в качестве опорных хронологических рубежей для совершенствования временной корреляции осадочных толщ. В строгом смысле слова она не является самостоятельной «стратиграфией», так как в ее задачи не входит выяснение пространственно-временных соотношений толщ пород. Она представляет собой *метод мультидисциплинарных стратиграфических исследований* осадочных и вулканогенно-осадочных комплексов верхнего докембрия и фанерозоя, направленных на изучение свойств пород, характера строения толщ, состава и разнообразия биоты на рубежах критических изменений или в событийных интервалах. Однако понятие «глобальная событийная стратиграфия», а чаще просто «событийная стратиграфия», широко вошло в литературу и используется в международной геологической практике. Событийная стратиграфия основана на концепции существования *глобальных синхронных событий*. Многие из этих событий приурочены к границам подразделений общей стратиграфической шкалы, и с начала ее становления были распознаны как крупные региональные перестройки.

Выявление последовательности событийно-стратиграфических уровней для геологического региона или палеобассейна в целом опирается на весь комплекс литологических, седиментологических и биостратиграфических методов. Практическая ценность событийного подхода при расчленении и корреляции региональных и местных стратонов очевидна. Последовательность событийных уровней представляет собой опорный каркас любых геологических построений и служит основой для определения и ранжирования переломных рубежей в истории геологического развития изучаемой территории.

Глобальные события.

Глобальное событие в отличие от *процесса* — это всегда глубокое и относительно кратковременное изменение. Термин «глобальное» используется в том случае, если событие (абиотическое или биотическое) проявляется синхронно на разных палеоконтинентах (в сравнимых палеогеографических обстановках) и прослеживается в пределах биостратиграфической зоны (Walliser / ed., 1995). Среди множества событий и явлений выбираются те, которые в силу своей кратковременности и значительности ярко выделяются в разрезах при полевых наблюдениях и подтверждаются в результате последующих лабораторных исследований. Одно и то же событие может распознаваться по резким изменениям разных признаков: литологических, седиментологических, биотических, химических и др. Такие события или выделяемые по ним событийные уровни служат основными **реперами межконтинентальных корреляций** и распознавания большинства границ отделов и многих ярусов общей стратиграфической шкалы.

К настоящему времени хронологическая последовательность в фанерозое включает около 60 глобальных событий различной значимости, которые в качестве хорошо датированных уровней могут быть использованы для точной корреляции. Среди них наиболее крупные или великие, как их часто называют, — события в конце докембрия, томмотского века кембрия, ордовика, франского века, девона, перми, триаса и мела, к которым приурочены массовые вымирания биоты. Эти события классифицируют как события первого порядка. Всего же по степени значимости событий условно выделяется пять категорий или порядков.

Последовательность глобальных событийных уровней фанерозоя часто называют событийно-стратиграфической шкалой. В формальном смысле она таковой не является, поскольку не имеет собственных событийно-стратиграфических подразделений. В этом плане ее можно сравнить с магнитостратиграфической шкалой, основанной на событиях смены магнитной полярности. Различаются две основные группы событий: абиотические и биотические.

Глобальные абиотические события фиксируются в стратиграфических разрезах по изменениям вещественного состава, структуры, текстуры, химических, физических и других седиментологических характеристик пород, по содержанию изотопов кислорода, углерода и серы, по проявлению продуктов эксплозивной вулканической деятельности. Иногда внезапные и резкие абиотические изменения, связанные с процессами, происходящими в земной коре, называются геологическими событиями.

К основным причинам абиотических событий относят особо значительные изменения уровня Мирового океана и климата, с которыми тесно связаны химические и физические свойства морской воды, поверхности Земли и атмосферы, приводящие к изменениям характера седimentации, биопродуктивности и эволюции биоты. Причинно-следственные взаимоотношения глобальных абиотических процессов и результирующих событий чрезвычайно сложны (рис. 10.1). Их последовательное или одновременное проявление воздействует на биоту и часто приводит к массовым вымираниям фауны и флоры.

Эвстатические изменения уровня Мирового океана, обусловленные климатическими изменениями, глубинными тектоническими процессами и другими причинами, приводят к глобальным регрессиям и трансгрессиям. В настоящее время на основе изучения разрезов крупных кратонов кривые изменения уровня моря реконструированы с большей или меньшей степенью достоверности практически для всех периодов фанерозоя. Седиментологические маркеры этих событий фиксируются в шельфовых и реже в пелагических фациях в виде перерывов, внезапных и отчетливых изменений литофаций (тип и состав пород, окраска и другие признаки).

Примеры. Крупные регressive события в среднем карбоне (поздний серпухов) и в конце перми.

Климатические события обычно являются следствием длительных, наложенных друг на друга процессов: эвстатических колебаний, образования срединно-океанических хребтов, перестроек систем океанических течений, изменения физико-химических свойств и глобального понижения температуры морской воды. В свою очередь они вызывают изменения таких океанографических параметров, как стратификация вод, колебания уровня бескислородного слоя, вертикальные конвекции и системы океанических течений, формирующих и меняющих вещественный состав и «органическое наполнение» осадочных толщ. Наиболее ярко выражены крупные гляциоэвстатические события, когда понижение глобальных температур приводит к крупным материковым оледенениям.

Пример. Глобальное гляциоэвстатическое событие и крупная регрессия в конце ордовика (поздний ашгилл).

Геохимические события выражаются в накоплении повышенных концентраций иридия, смене позитивных и негативных содержаний $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$ и $\delta^{87}\text{S}/\delta^{86}\text{S}$. С ними связаны океанические бескислородные события и изменения океанической биопродуктивности. В фанерозое устанавливается более 60 глобальных уровней резких изотопных изменений, которые позволяют осуществлять удаленные корреляции (Holzer et al. in Walliser / ed., 1995).

Пример. Маломощный глинистый горизонт на границе мела и палеогена, в котором установлены изотопные аномалии иридия, углерода и кислорода во многих разрезах морских и континентальных толщ на разных континентах и в океанах (Веймарн и др., 1998).

Океанографические события связаны с нарушением океанической циркуляции и колебаниями уровня бескислородного слоя в толще воды. Они приводят к кратковременному, но глобально распознаваемому формированию прослоев черного сланца или темноцветных известняков в ассоциации с черным сланцем (мощность первые десятки сантиметров) среди более светлых карбонатных пород. Обычно их присутствие распознается в гемипелагических фациях, реже в более мелководных шельфовых обстановках. В этих прослоях фиксируются аномальные содержания стабильных изотопов углерода, кислорода и серы.

Примеры. Событие отомари в конце эйфеля, характеризующееся внезапным распространением черносланцевой седиментации на шельфы, и кратковременное черносланцевое событие Кельвассер на границе франа и фамена, выраженное в виде глобально распознаваемого маломощного прослоя черного сланца в неритовых и пелагических фациях.

К глобальным биологическим или биотическим событиям относятся все внезапные или катастрофические события, затрагивающие биоту в границах определенного таксона (класса, отряда, семейства и др.), одной или нескольких групп организмов, а также палеоэкосистем в целом или их крупных частей. Биологическими обычно называются события, связанные с изменением таксономического состава организмов, к которым относятся события вымирания, появления морфологических структур и радиации. Перестройки в составе и структуре палеоэкосистем чаще классифицируются как биотические события. Однако такое разграничение терминов, особенно в западной литературе, по событийной стратиграфии не всегда соблюдается. Очень часто используется обобщенный термин «биособытие» (bioevent), смысл которого ясен только в определенном контексте.

Постепенное снижение биоразнообразия, происходящее в течение более длительного времени, когда скорость вымирания таксонов превышает скорость их появления, обычно определяется термином «кризис».

Примеры. Позднепермская и позднемеловая регрессии и массовые вымирания биоты.

Обычно глобальное биособытие вызывается сложным комплексом абиотических изменений, накладывающихся и усиливающих друг друга и влияющих на биотопы (рисунок). Изучение биособытий фанерозоя показало, что основными и часто взаимоувязанными причинами их возникновения являются изменения климата и эвстатические колебания уровня Мирового океана. Эти причины лежат в основе коренных биотических перестроек различного масштаба, они часто затрагивают как морскую, так и наземную биоты. Однако во многих случаях конкретные причины биособытий трудны для реконструкции, особенно если абиотические события не проявляются в седиментологических последовательностях. Известны случаи, когда в монотонных разрезах первоначально распознается биособытие и только после этого устанавливаются малозаметные седиментологические изменения.

Сравнительные масштабы проявлений конкретных биособытий оцениваются по таксономическому рангу вымерших таксонов, а также по статистическим подсчетам общего количества вымерших, выживших и появившихся таксонов или по их процентному соотношению.

При анализе биособытий также учитываются эволюционный уровень и роль в палеоэкосистемах конкретных групп, затронутых событием.

Среди глобальных биологических событий наиболее распространены события *массовых вымираний, появления новых морфологических структур и следующие за ними события увеличения разнообразия или радиации организмов*.

Глобальные события массовых вымираний, внезапных или ступенчатых по своей природе, обычно затрагивают несколько групп организмов, большую часть или всю биоту. Они происходят со скоростями существенно большими, чем скорости обычных фоновых вымираний в разделяющие их периоды относительно стабильных состояний биоты. Такие события имеют палеоэкологическую или палеокосистемную природу.

Не все резкие абиотические события приводят к массовым вымираниям, кроме того выявляется их избирательность по отношению к палеоэкосистемам или палеогеографическим обстановкам. События массовых вымираний могут быть также избирательны по отношению к различным таксонам или экологическим группам организмов.

Пример. На границе мела и палеогена вымерли многие группы и семейства тетрапод, тогда как млекопитающие быстро эволюционировали, и их таксономическое разнообразие непрерывно возрастало.

Обычно массовые вымирания дают начало регулярной эволюционной модели, которая включает следующую последовательность фаз: вымирание, выживание единичных консервативных таксонов и на их основе восстановление разнообразия отдельных групп организмов или биоты в целом.

Пример. Массовые вымирания в составе почти всех групп фауны после крупного гляциоэвстатического события в позднем ашгилле (событие *pacificus*), выживание единичных консервативных таксонов на рубеже ордовика и силура и последующие радиации планктонных и бентосных групп на ранних стадиях обширной раннесилурской трансгрессии (начало лландовери), сопровождавшейся потеплением климата.

Глобальное биологическое событие, выраженное в появлении морфологического новшества, означает введение нового структурного плана или нового морфологического признака, на основе которого происходят диверсификация и дальнейшая эволюция таксона.

Примеры. Появление планктонных дендроидей на смену бентосным формам в начале ордовика или свертывание раковины цефалопод в конце раннего девона. Оба события обусловили дальнейшее экспансивное развитие и эволюцию, в первом случае — планктонных граптолоидей, во втором — аммонитов.

Глобальные события диверсификации или радиации обычно происходят ступенчато и следуют за массовыми вымираниями. Однако по сравнению с последними возникновение новых таксонов и их расселение в освободившихся экологических нишах происходят в более продолжительные отрезки времени. События радиации также могут быть обусловлены морфологическими инновациями, возникшими до или в период массовых вымираний. В таких случаях интервал между появлением новой морфологической структуры и радиацией может соответствовать в разрезах одной-трем биостратиграфическим зонам, т. е. нескольким миллионам лет.

Примеры. Появление однорядной колонии монограп-тид среди граптолоидей в зоне *persculptus* (конец ашгилла), а их первая радиация не ранее чем в зоне *vesiculosus* (середина нижнего лландовери); среднетурнейская радиация каменноугольных конодонтов после события массового вымирания вблизи границы девона и карбона.

Диверсификации, следующие за биотическими перестройками, вызываются благоприятными для данного таксона изменениями обстановок, а внезапное увеличение разнообразия может также быть результатом событий иммиграции таксонов и следующих за ними эволюционных событий.

Хотя определенных правил наименования глобальных абиотических и биотических событий фанерозоя пока нет, в их названии обычно дается возрастная датировка и/или отражается ведущее

абиотическое изменение. В некоторых случаях используется географическое название местности, где данное событие было впервые распознано или описано. События массовых вымираний чаще именуются по видовому названию датирующего их зонального таксона: событие *lundgreni* в позднем венлоке или событие *annulata* в позднем фамене. В большинстве случаев крупные абиотические перестройки и связанные с ними массовые вымирания имеют одно и то же географическое или геохронологическое название.

Примеры. Позднеордовикское или позднеашгиллское гляциоэвстатическое событие (=ордовикско-силурийское или событие массового вымирания *pacificus*); позднефранское черносланцевое событие (=франско-фаменское, или событие Кельвассер); бескислородное событие на границе девона и карбона (=событие Хангеберг); иридиевое или импактное событие на границе мела и палеогена (=позднемеловое событие массового вымирания).

Пример характеристики глобальных биологических событий, распознаваемых в девонских разрезах.

Ниже в качестве примера приводится краткая обобщенная характеристика событий девонского периода как наиболее хорошо изученных и распознаваемых в разрезах (Walliser / ed., 1995).

Событие на границе силура и девона. Событие пятого порядка в кровле граптолитовой зоны *Neocolonograptus transgrediens* s. str. Вымирание на видовом уровне происходит среди брахиопод, хитинозоя и граптолитов. Также вымирают на этой границе морские эврилтериды и некоторые трилобиты, включая *Illaenidae*, приуроченные к-рифам, и большинство представителей *Encrinuridae*.

Причина — изменения среды, включая седиментолого-геологические характеристики.

Событие на границе лохкова и праги. Событие третьего порядка, совпадающее с кровлей темноцветных плитчатых известняков лохкова. Глобальное геологическое событие, распознаваемое по смене лохковских фаунистических ассоциаций пражскими.

Причина — очень быстро, но незначительное понижение уровня моря.

Раннезлиховское событие. Глобальное событие третьего порядка, распознанное в Богемии на границе злиховской и пражской свит. Уровень не совпадает с пражско-эмской границей, определенной по появлению *Polygnathus kitabicus*, и началом кратковременной трансгрессии. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы выявить значение и географическую протяженность этих событий.

Среднеэмское событие (Далейское событие, событие *gracilis* или *cancellata*). Важное ступенчатое событие третьего порядка, которое связано с постепенным переходом к черносланцевой седиментации в далейское время. Вымирание ранних гониатитов, появившихся в злихове, происходит в основании зон *Nowakia elegans* и *N. cancellata* (между верхней частью зоны *Po. gronbergi* и зоной *Po. laticostatus*). Снижается разнообразие трилобитов и других бентосных групп.

Причина — поднятие уровня моря частично в связи с бескислородным событием.

Событие на границе эмса и Эйфеля (Хотечское событие, или событие *jugleri*). Событие второго порядка происходит между подошвой зоны *Po. costatus partitus* и уровнем появления *Pinacites jugleri*. Характеризуется незначительной сменой фауны, но литологически хорошо документируется по относительно кратковременному появлению в разрезах темноцветных известняков и сланцев.

Причина — поднятие уровня моря.

Позднеэйфельские события 1 и 2 (Качакское событие, событие *otomari*). Важное черносланцевое событие с вымираниями второго порядка в основании слоя (1) и третьего порядка в кровле слоя (2). С наступлением черносланцевой седиментации происходит крупная смена конодонтов, характеризующаяся вымиранием многочисленных типично эйфельских таксонов на границе между зонами *Tortodus kockelianus* и *Po. ensensis*. Появляется *Nowakia otomari*. Верхний уровень вымирания (2) характеризуется вымиранием нескольких родов гониатитов, тогда как каких-либо серьезных изменений в составе конодонтов не наблюдается.

Причина — внезапное наступление бескислородных условий (1) и после значительного интервала времени медленное завершение черносланцевой седиментации (2).

Позднеживетское событие (Таганикское событие, или событие *Pharciceras*). Событие третьего порядка в основании зоны *Schmidtognathus hermanni*-*Polygnathodus cristatus*. Важное ступенчатое биособытие с исчезновением *Pinacitidae* и большинства представителей *Agoniatitidae*, за которыми

последовала радиация *Pharciceratidae*. Пик скорости вымирания кораллов и стоматопор приходится на конец зоны *Po. varcus*, в то время как массовое вымирание брахиопод происходит в нижней и верхней частях зоны *hermanni-crystatus*.

Причины — флюктуации уровня моря, начавшиеся с трансгрессивного пульса в конце зоны *Po. varcus*.

Событие на границе живета и франа (франское событие, или *Manticoceras*). Событие третьего порядка в основании зоны *Mesotaxis falcivalis*. Значительное вымирание гониатитов, когда почти полностью исчезают фарциратиды, высокие скорости вымирания среди брахиопод, кораллов и строматопор.

Причина — внезапное распространение черносланцевой седиментации в связи со значительным подъемом уровня моря после регрессивной фазы.

Позднефранское событие (событие Нижний Кельвассер). Черносланцевое событие незначительно выше основания верхней части зоны *Pa. rhenana*. Событие вымирания третьего порядка среди трилобитов, гониатитов и других групп, усиление позднефранского кризиса.

Причина — кратковременное черносланцевое событие.

Событие на границе франа и фамена (событие Кельвассер). Событие первого порядка на границе зон *Palma-tolepis linguiformis*—*Pa. triangularis* — одно из семи наиболее крупных биособытий фанерозоя. Событие ступенчатого вымирания вслед за длительным позднефранским кризисом. Пики вымираний соответствуют подошве и кровле верхнего горизонта Кельвассер, т. е. интервалу протяженностью в несколько сот тысяч лет. Событие Кельвассер воздействовало на пелагические и неритовые группы фауны.

Причина — внезапное и интенсивное бескислородное событие в течение длительного биотического кризиса. Направление и интенсивность флюктуации уровня моря, возможно, связанных с этим событием, пока не выявлены.

Среднефаменское событие 1 (Кондроское событие). Событие четвертого порядка в подошве и в кровле зоны *Praemeroceras petterae* или в кровле зоны *Palmatolepis rhomboidea*. Исчезновение большого количества представителей *Togoceratidae* и *Cheiloceratidae*.

Причина — окончание черносланцевой седиментации (сланцы *Cheiloceras*) в связи с началом позднефаменской регрессии.

Среднефаменское событие 2 (Энкебергекое событие). Событие третьего порядка в основании и в кровле зоны *Meneceras biferum* или в начале зоны *Palmatolepis mar-ginifera*. Двухступенчатое событие вымирания среди гониатитов.

Причины — первая ступень вымирания вызвана кратковременной трансгрессией, вторая — падением уровня моря.

Позднефаменское событие (событие *annulata*). Событие пятого порядка в зоне *Platylymenia annulata* и в верхней части зоны *Palmatolepis trachytera*. Кратковременное бескислородное событие без заметных вымираний, но приведшее к расцвету нескольких таксонов специализированных аммоноидей и к расширению площадей их обитания.

Событие на границе девона и карбона (Хангенберг-ское событие). Биособытие четвертого порядка в кровле зоны *Wocklumeria sphaerooides* и приблизительно в верхах средней части зоны *Siphonodella praesulcata* после длительного биотического кризиса позднего фамена. Почти полное исчезновение гониатитов и клименид среди аммоноидей, значительные вымирания во многих ископаемых группах, особенно среди обитавших в пелагических и гемипелагических обстановках. Событию соответствует четкая литологическая граница между цефалоподовыми известняками фамена и перекрывающими хангенбергскими сланцами. В соответствии с изменением лиофаций происходит отчетливая смена конодонтовых биофаций в гемипелагических последовательностях.

Причина — бескислородное событие после длительной позднефаменской регрессии, возможно, вызванное кратковременным трансгрессивно-регрессивным циклом.

Примечание. Условная классификация значимости событий, принятая в заключительной сводке по фанерозою (Walliser / ed., 1985): событие первого порядка — массовые вымирания биоты в ответ на крупные глобальные перестройки экосистем; событие второго порядка — массовое вымирание в одной фаунистической группе наряду с синхронными вымираниями или радиациями среди других организмов; событие третьего порядка — массовое вымирание в одной фауни-

стической группе или окончательное вымирание на уровне семейства наряду с преобладанием вымирания в других группах; событие четвертого порядка — значительное изменение разнообразия в результате вымирания или появления новой морфологической структуры, по крайней мере на родовом уровне, в составе одной или нескольких фаунистических групп; событие пятого порядка — отчетливое изменение разнообразия без появления новых морфологических структур в одной или нескольких группах.

Региональные события

Региональные абиотические и биотические кратковременные изменения, распознаваемые в конкретных регионах, могут быть усилены или затушеваны наложением на них глобальных событий. Однако в каждом регионе имеются также свои специфические событийные уровни, отражающие особенности тектонического развития, седиментогенеза, палеоэкологических, биофациальных и палеобиогеографических закономерностей в развитии организмов данного палеобассейна или его крупной части. Возрастная датировка и реконструкция природы и характера этих изменений имеют важное практическое значение. Событийный подход в региональных стратиграфических исследованиях при полевых наблюдениях и, особенно при изучении опорных разрезов в значительной мере способствует более точному лито- и биостратиграфическому расчленению, выявлению и оценке масштабов стратиграфических перерывов на основе комплексирования секвенс-стратиграфического и биозонального методов, а также сопоставлению картируемых геологических образований на площади. Кроме того, он обеспечивает более обоснованное определение ранга картируемых литостратиграфических тел в конкретных районах. Такие трудности обычно возникают при геологическом изучении площадей развития разнофациальных отложений, имеющих сокращенные мощности. Использование региональных событийных уровней особенно важно при создании и увязке серийных легенд геологических карт различного масштаба, а также при анализе истории геологического развития региона.

Резкие региональные абиотические изменения в разрезах на площади наиболее часто связаны с изменениями скорости и активности проявления тектонических процессов, а также с проявлением вулканической деятельности. Проявление тектонической активности в орогенных поясах существенно влияет на скорость и характер седиментации и обычно отражает особенности геологической истории данного региона или палеобассейна. Влияние тектонических факторов может выражаться в быстром относительном погружении или поднятии дна бассейна, что приводит к формированию седimentологических маркеров, например, турбидитов и оползневых отложений в склоновых фациях. Скорость накопления, количество и размерность кластических осадков также связаны с изменениями тектонического режима.

В результате эксплозивной вулканической деятельности в течение кратчайшего времени образуются *пепловые прослои* (бентониты). В шельфовых толщах их последовательность в региональном и субглобальном масштабах при контроле биостратиграфических маркеров используется в качестве опорного хронологического каркаса для корреляции мелководных толщ, быстро меняющихся по латерали.

Примеры. Корреляция силурийских отложений Волыно-Подолии и трансатлантическая корреляция ордовикских отложений Северной Америки и Балтоскандинии, основанные на комплексном использовании бентонитовых маркеров и биостратиграфических зон по граптолитам и конодонтам.

Кратковременные климатические колебания регионального масштаба приводят к образованию маломощных штормовых прослоев (*тэмпеститов*) в мелководных шельфовых фациях или к формированию циклически построенных тонкозернистых толщ или ритмитов (пакеты мел—мергель или известняк—сланец). Образование последних связывают с циклами Миланковича, хорошо распознаваемыми и используемыми для корреляции на некоторых кратонах. В региональном масштабе часто проявляются латеральные изменения температур, фиксируемые по изменению изотопного состава кислорода в карбонатных осадках на шельфах. Химические изменения в результате вертикальной миграции бескислородных зон выражаются в разрезах в распространении на шельфы чер-носланцевой седиментации, что также в свою очередь связано с климатическими флюктуациями. Хорошими региональными маркерами служат выдерживающиеся на площади прослои марганцевых или железистых конкреций.

Пример. Событийные уровни, распознаваемые по прослойям бентонитов, темпеститов, конкреций различного состава и другим признакам в меловых отложениях Североамериканского края (Kauffman in Walliser/ed., 1986).

Многие из рассмотренных выше кратковременных седimentологических изменений приводят к региональным биологическим событиям. Они выражаются в резком снижении или увеличении биомассы и/или таксономического разнообразия комплексов, в смене биофаций и других фиксируемых в разрезах биостратономических изменениях. Наиболее часто распознаются аномальные скопления ископаемых остатков. Они связаны с массовой смертностью организмов в результате наступления штормовых условий либо с быстрой колонизацией благоприятных для обитания придонных биотопов. В разрезах они обычно выражаются в образовании прослоев ракушняков различного происхождения или органогенных построек (биостромы). В полевых условиях эти маркеры хорошо распознаются и прослеживаются от разреза к разрезу.

В задачи полевых наблюдений при диагностике и изучении событийных интервалов входят макро- и микрофациальный анализ, изучение цикличности в строении толщ с использованием различных стратиграфических методик наряду с палеонтологическим, геохимическим и палеомагнитным опробованием подстилающих и перекрывающих отложений. Чрезвычайно важны диагностика и изучение стратиграфических перерывов, фиксация и характеристика резких изменений типа и состава пород, их окраски, а также внезапной смены биофаций, биоразнообразия или таксономического состава организмов. Следы многих событий, которым обычно соответствуют поверхности напластования или маломощные интервалы, могут быть обнаружены только в результате очень тщательного (сантиметрового) седimentологического и стратиграфического анализа разрезов.

Контрольные вопросы:

78. Сущность, цели, история событийно-стратиграфической методики.
79. Событие (определение и виды), событийная стратиграфия (определение, сущность метода).
80. Глобальные события как реперы межконтинентальных корреляций.
81. Глобальные abiотические события (определение, виды, примеры).
82. Глобальные биотические и биологические события (определение, виды, примеры).
83. Региональные события (определение, виды, примеры).

XI. СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ КОДЕКС РОССИИ (2006)

В данном разделе приведены дословные определения (цитаты) номенклатурных стратиграфических единиц и комментарии к ним, записанные в Стратиграфическом Кодексе (2006).

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:

- единобразия требований к установлению стратиграфических подразделений;
- возможного единобразия и стабильности в применении стратиграфических терминов и наименований.

Выполнение требований Стратиграфического кодекса обязательно при проведении геологических работ всеми ведомствами на территории России.

Классификация стратиграфических подразделений

Стратиграфическим кодексом предусмотрены две группы стратиграфических подразделений — **основные и специальные**. Эти группы делятся на категории, для каждой из которых установлены определенные таксономические единицы, обозначаемые ранговыми терминами.

В Стратиграфическом кодексе принята следующая классификация стратиграфических подразделений:

Основные стратиграфические подразделения:

Общие

Акротема
Энотема
Эратема
Система
Отдел
Ярус
Хронозона

Раздел*
Звено
Ступень

* Раздел, звено и ступень используются для отложений четвертичной системы, возможно их применение для неогеновых отложений.

Региональные

Горизонт
Слои с географическим названием

Местные

Комплекс
Серия
Свита
Пачка

Основные стратиграфические подразделения являются главными картируемыми элементами геологических карт разных масштабов.

Категории основных стратиграфических подразделений отражают их географическое распространение: потенциально планетарное, региональное или местное (в пределах геологического района).

Совокупность основных стратиграфических подразделений более низкого ранга должна составлять полный объем подразделения более высокого ранга.

Специальные стратиграфические подразделения

Морфолитостратиграфические: органогенные массивы, олистостромы (гравитационные), клиноформы, стратогены.

Биостратиграфические: биостратиграфические зоны различных видов, ареальные зоны, вспомогательные подразделения (слои с фауной или флорой).

Климатостратиграфические: климатолит, стадиал.

Магнитостратиграфические: магнитозоны различного ранга.

Сейсмостратиграфические: сейсмокомплексы.

Специальные стратиграфические подразделения являются единицами частного обоснования и устанавливаются с помощью отдельных методов. Они часто используются в качестве вспомогательных в дополнение к основным подразделениям при расчленении и корреляции разрезов. Некоторые из специальных подразделений могут картироваться.

Дополнительные подразделения могут быть выделены в шкалах любых групп и категорий; они обозначаются ранговыми терминами подразделений с приставками *над-* и *под-*.

Дополнительные подразделения с приставкой *над-* должны включать полные объемы объединяемых подразделений, более низких по рангу. Дополнительные подразделения 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.

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.

Общие стратиграфические подразделения

Общие стратиграфические подразделения — совокупности горных пород (геологические тела), занимающие определенное положение в полном геологическом разрезе земной коры и образовавшиеся в течение интервала геологического времени, зафиксированного в стратотипическом разрезе и (или) с помощью лимитотипов.

Общие стратиграфические подразделения имеют потенциально планетарное распространение.

Совокупность общих подразделений в их полных объемах составляет Общую (Международную) стратиграфическую шкалу.

В зависимости от положения общего стратиграфического подразделения в геологическом разрезе земной коры и его ранга определяется ведущая роль того или иного метода, используемого при установлении данного подразделения.

При установлении общих стратиграфических подразделений докембрия используются проявления крупной этапности развития земной коры в избранных стратотипических местностях, а также смена комплексов остатков организмов и продуктов их жизнедеятельности. Границы подразделений определяются проявлениями различных геологических событий в стратотипических местностях (крупные тектонические движения и процессы метаморфизма, усиление интрузивной деятельности, резкая смена формаций и т. п.).

Изотопные методы широко используются для датирования докембрийских подразделений и их границ и играют важную роль в межрегиональном прослеживании подразделений.

Для фанерозоя ведущим методом установления общих подразделений является биостратиграфический метод; их границы определяются, как правило, биотическими событиями и по возможности должны датироваться изотопными методами.

При установлении общих стратиграфических подразделений четвертичной системы наряду с биостратиграфическим методом ведущее значение приобретает климатостратиграфический; в ряде случаев используются изотопный и палеомагнитный методы.

Общие стратиграфические подразделения

1. Акротема
2. Эонотема
3. Эратема
4. Система
5. Отдел
6. Ярус

Раздел

7. Хронозона
8. Звено
9. Ступень

Геохронологические подразделения*

1. Акрон
2. Эон
3. Эра
4. Период
5. Эпоха
6. Век
7. Фаза
8. Пора
9. Термохрон-криохрон

Нижняя стратиграфическая граница общего подразделения определяется по положению его подошвы в стратотипическом разрезе или в выбранном стратотипе границы (лимитотипе) в другом разрезе. Верхняя граница определяется уровнем нижней границы вышележащего общего стратиграфического подразделения.

Общие стратиграфические подразделения фанерозоя, выше яруса по рангу, как правило, не имеют самостоятельных стратотипов; их стратиграфические объемы определяются совокупностью объемов более низких по рангу подразделений, обычно ярусов. В докембрийских образованиях стратотипы выбираются и для высших по рангу общих подразделений.

Ярус — основная таксономическая единица Общей стратиграфической шкалы, подчиненная отделу. Устанавливается по биостратиграфическим данным, отражающим эволюционные изменения и (или) этапность развития органического мира, и представляет собой совокупность хронозон, объединяемых по какому-либо определенному признаку. Палеонтологическая характеристика яруса составляется из широко распространенных видов (и родов), содержащихся как в стратотипе яруса, так и в других одновозрастных отложениях.

Ярус должен иметь стратотип и лимитотип — утвержденную точку глобального стратотипа границы. Желательно, чтобы стратотип яруса содержал хронозоны, составляющие его объем.

Хронозона — таксономическая единица Общей стратиграфической шкалы, подчиненная ярусу. Хронозона устанавливается по биостратиграфическим данным и отражает определенную стадию развития одной или нескольких групп фауны или флоры. Границы хронозоны определяются по нижнему и (или) верхнему пределу стратиграфического распространения зонального палеонтологического комплекса, в состав которого обычно входит группа видов, быстро эволюционирующих и имеющих широкое географическое распространение. Хронозона должна иметь стратотип.

Раздел — таксономическая единица Общей стратиграфической шкалы, используемая в качестве подразделения, подчиненного отделу (надразделу) четвертичной системы. Раздел имеет биостратиграфическую и климатостратиграфическую характеристики. Он соответствует относительно длительному этапу развития климата и охватывает несколько крупных климатических ритмов.

Стратиграфический объем раздела определяется совокупностью стратотипов звеньев или ступеней.

Звено — таксономическая единица Общей стратиграфической шкалы, подчиненная разделу и используемая для отложений четвертичной (возможно, неогеновой) системы. Звено имеет биостра-

тиграфическую и климатостратиграфическую характеристики; объединяет комплексы пород, сформировавшихся за время нескольких климатических ритмов — похолодания и потепления (ледниковые, межледниковые) или увлажнения и иссушения (пловиал, арид).

При отсутствии собственного стратотипа объем звена определяется совокупностью стратотипов ступеней, входящих в его состав.

Ступень — таксономическая единица Общей стратиграфической шкалы, подчиненная звену и используемая для отложений четвертичной (возможно, неогеновой) системы. Выделяется на основании преимущественно климатостратиграфических критерий; объединяет комплексы пород, сформировавшиеся во время глобального (субглобального) похолодания или потепления климата. В средних широтах отвечает отдельному леднику или межледнику, в тропическом поясе — крупному пловиалу или ариду, т.е. климатолиту.

В качестве стратотипа ступени принимается стратотип одного из наиболее характерных климатолитов.

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.

Стратиграфическим границам региональных подразделений могут отвечать показатели изменения режима и структурных перестроек в геологическом регионе, перерывы в осадконакоплении, существенные изменения биоты или климата.

Таксономическими единицами региональных стратиграфических подразделений являются **горизонт** и **слои с географическим названием**; дополнительные единицы — **надгоризонт и подгоризонт**, вспомогательная — **маркирующий горизонт**.

Горизонт — основная таксономическая единица региональных стратиграфических подразделений, включающая одновозрастные свиты, серии или части (по разрезу) тех и других, а также биостратиграфические подразделения, как правило, провинциального распространения. Объединяет по латерали фациально различные отложения, образованные в разных районах (фациальных зонах) палеобассейна седиментации. Выполняет с помощью различных методов корреляционную функцию в пределах своего географического распространения. Используется для сопоставления региональных стратиграфических схем с Общей стратиграфической шкалой.

Горизонты (надгоризонты, подгоризонты) могут быть картируемыми единицами при среднемасштабной геологической съемке и при составлении мелкомасштабных геологических карт, использоваться при построении серийных легенд и легенд к геологическим картам, а также при реконструкции осадконакопления в палеобассейнах седиментации.

Горизонт должен иметь стратотип.

Горизонты в докембрийских образованиях, а также в преимущественно «немых» вулканогенных и других толщах, устанавливаются на основе литолого-фациальных или петрографических особенностей пород с учетом изотопных и палеонтологических данных.

Горизонты фанерозоя устанавливаются на основе литологофациальных особенностей отложений с учетом их палеонтологических характеристик. Горизонты, установленные на биостратиграфической основе, латерально охватывают чаще всего палеобиогеографическую область (провинцию). Такие горизонты (надгоризонты, подгоризонты) могут быть названы региоярусами.

Горизонты четвертичной системы могут выделяться на климатостратиграфической основе (см. климатолит).

Подгоризонты выделяются в тех случаях, когда горизонт разделяется по разрезу на более мелкие единицы, которые прослеживаются на всей или большей части площади распространения горизонта. Подгоризонты в сумме должны составлять полный стратиграфический объем горизонта. Подгоризонты одного горизонта не могут замещать друг друга по простиранию.

Надгоризонты могут быть установлены при необходимости сгруппировать горизонты в более крупные региональные единицы!

Слои с географическим названием — таксономическая единица, выделяемая по особенностям литологического состава и (или) на биостратиграфической основе. Они могут не заполнять весь стратиграфический объем горизонта (подгоризонта).

Стратотип слоев может выбираться в стратотипическом разрезе горизонта (подгоризонта) или быть самостоятельным.

Местные стратиграфические подразделения

Это совокупности горных пород, выделяемые в местном разрезе на основании комплекса признаков при преимущественном учете фациально-литологических или петрографических особенностей, ясно ограниченные от смежных подразделений как по разрезу, так и на площади, опознаваемые на местности (также в скважинах) и картируемые.

Местные стратиграфические подразделения имеют комплексную характеристику, в которую, кроме особенностей вещественного состава, входят палеонтологическая характеристика (при наличии остатков организмов), структура слоистого тела (характер перерывов, ритмичность), характер границ и географическое распространение.

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 различных геофизических параметров, если сведения о таковых имеются.

Мощность пород и длительность их формирования не являются определяющими признаками в установлении ранга местного подразделения, хотя они должны приниматься во внимание.

Ранг местных подразделений не зависит от масштаба геологосъемочных или других работ, в результате которых эти подразделения выделены.

Пример. Если на какой-либо площади при геологической съемке масштаба 1:200 000 по установленным правилам выделена определенная свита, то при геологической съемке масштаба 1 :50 000, проводимой на территории развития этой свиты, последняя может быть только подразделена на более мелкие единицы (подсвиты, пачки, слои).

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.

Таксономическая шкала местных стратиграфических подразделений состоит из следующих единиц: **комплекс, серия, свита и пачка**.

В качестве вспомогательных местных подразделений используются толща, слой (пласт) и его модификации — маркирующий горизонт, линза и др. Перечисленные подразделения обозначаются терминами свободного пользования.

Комплекс объединяет две или более серии. Обычно это весьма мощная и сложная по составу и структуре совокупность геологических образований, отвечающая крупному этапу в геологическом развитии территории.

Комплекс чаще используется в стратиграфии докембрийских образований, где выделяется с учетом данных изотопного возраста, степени метаморфизма слагающих пород и нередко отделяется от смежных по разрезу комплексов структурным или значительным стратиграфическим несогласием, а иногда и проявлением интрузивного магматизма.

Серия объединяет две или более свиты, образующие крупный цикл осадконакопления и (или) охарактеризованные какими-либо общими признаками: сходными условиями формирования (морские, континентальные, вулканические), преобладанием определенных пород (осадочные, вулканогенные, метаморфические) или их направленной сменой, особой структурой (ритмичность и т. п.) и др.

Соотношения по разрезу между свитами, входящими в серию, могут быть различными — от наличия перерывов и незначительных стратиграфических и угловых несогласий до постепенных переходов или частичных латеральных замещений.

Свита — основная таксономическая единица местных стратиграфических подразделений, основная картируемая единица при средне- и крупномасштабной геологической съемке и первич-

ном расчленении разреза по скважинам. Она представляет собой совокупность развитых в пределах какого-либо геологического района отложений, которые отличаются от ниже- и вышележащих составом и структурами пород, обусловленных их генезисом (морское, континентальное, вулканогенно-осадочное осадконакопление), комплексом остатков организмов, характером метаморфизма, изотопным возрастом (при наличии таких данных), а в ряде случаев геохимическими или петрофизическими характеристиками, каротажными данными, показателями климатической обстановки и др.

Географическое распространение свиты ограничивается территорией, в пределах которой опознаются ее основные характерные признаки и прослеживаются нижняя и верхняя границы. Эта территория может соответствовать структурно-фациальной зоне или палеобассейну седиментации, их частям или иной площади.

Свита может целиком состоять из однородных пород или при преобладании одних пород включать пачки, прослои и линзы других. Она может состоять из закономерно чередующихся типов пород или характеризоваться разнообразием состава. В ритмически построенных толщах в качестве свиты может быть выбран крупный седиментационный цикл.

Стратиграфический объем свиты должен оцениваться по наиболее полному ее разрезу, т.е. отвечать всему временному интервалу формирования пород, включаемых в состав свиты. Свита должна иметь стратотип.

Она может подразделяться на подсвиты и пачки.

Подсвита — подразделение свиты, содержащее большинство признаков свиты, но отличающееся от других подсвит некоторыми признаками, обычно литолого-фациальными и реже палеонтологическими. Подсвиты являются картируемыми единицами при крупно- и среднемасштабной геологической съемке.

Подсвиты в совокупности слагают полный стратиграфический объем свиты.

П р и м е ч а н и е . Свита, расчлененная на подсвиты в одном из районов своего распространения, в других районах может оставаться нерасчлененной.

Пачка — относительно небольшая по мощности совокупность слоев (пластов), характеризующихся некоторой общностью признаков или одним определенным признаком, которые отличают ее от смежных по разрезу пачек в составе свиты (подсвиты) или толщи. Пачки обычно имеют ограниченное латеральное распространение, поэтому в разных районах развития свиты (подсвиты) может быть выделено различное количество пачек. Пачки могут картироваться при крупномасштабной геологической съемке.

Толща — вспомогательное местное стратиграфическое подразделение, недостаточность обоснованности которого не позволяет считать его серией, свитой или подсвитой, поскольку неясны соотношения с ниже- и (или) вышележащими отложениями, достоверно не определен район распространения, а также не выполнены некоторые другие требования, предъявляемые к указанным местным стратонам. Толщами рекомендуется называть местные подразделения, выделенные по неполным фрагментарным разрезам, по разрезам единичных скважин или при малом выходе керна, а также по элювию на водоразделах при условии вскрытия горными выработками контактов с подстилающими и перекрывающими отложениями.

Стратотип для толщи не устанавливается, однако необходимо указать наиболее представительный ее разрез (разрезы). Толщу еще называют неопубликованной свитой.

Морфолитостратиграфические подразделения

Морфолитостратиграфические подразделения — это совокупности горных пород, объединяемые по литологическим или по фациально-морфологическим особенностям (признакам), позволяющим устанавливать положение этих подразделений в разрезе и на плоскости распространения. Они используются в качестве вспомогательных по отношению к местным стратонам.

Приняты следующие Морфолитостратиграфические подразделения: **органогенные массы, олистостромы** (гравитационные), **клиноформы и стратогены**. Рекомендуемые ниже определения этих подразделений исходят из практики их применения, а названия — из традиций.

Органогенные массивы — сложные, длительно развивающиеся крупные (сотни метров) ис-
копаемые органогенные постройки: рифы, рифоиды, биогермные и биостромные массивы. Они
имеют изометрично-выпуклую или линзовидную форму, слагаются массивными карбонатными
породами без седиментационной слоистости, залегают среди стратифицированных отложений в
виде изолированных дискретных тел или группируются на площади в протяженные гряды, цепочки
и полосы. Мощность массивов может значительно превышать мощность смежных одновозраст-
ных стратифицированных отложений. Границы поверхности массивов с вмещающими породами
резкие и круто наклоненные, границы резко диахронны. Возраст органогенного массива определя-
ется по его полному стратиграфическому объему. Крупные органогенные массивы картируются
как самостоятельные стратоны.

Олистостромы (гравитационные) — хаотические ассоциации пород (микститы), состоящие
из гетерокластического и часто разновозрастного материала (олистолитов), погруженного в отно-
сительно мелкокластическую бесструктурную массу (матрикс) обычно иного чем олистолиты со-
става, слабостратифицированную или без следов стратификации. Характерны пластообразная или
линзовидная форма и резкость границ как в подошве и кровле, так и по латерали.

Олистостромы могут входить в объем местных стратонов или, если они могут быть изобра-
жены на геологической карте, выделяться в качестве самостоятельных стратиграфических подраз-
делений.

Возраст олистостромы определяется по палеонтологической характеристике и (или) по изо-
топным данным матрикса с учетом возраста олистолитов и вмещающих олистострому отложений.

Клиноформа — клиновидная (линзовидная) в разрезе толща с отчетливыми первичными
наклонами слоев, сложенная обломочными породами и формирующаяся в склоновой части па-
леобассейна седиментации за один цикл колебаний относительно уровня моря (секвенса, см. До-
полнения к Стратиграфическому кодексу России, 2000, с. 59—66). Клиноформы последовательно
сменяют друг друга, от береговой линии омолаживаясь от областей питания к центру бассейна.
Стратиграфический объем клиноформы определяют по полному временному интервалу ее образо-
вания.

Стратоген — совокупность четвертичных (возможно, и неогеновых) отложений, обособлен-
ных в разрезе по принадлежности к определенному генетическому типу (аллювиальному, леднико-
вому, эоловому и др.) или по сочетанию нескольких типов и занимающих определенное страти-
графическое положение. К признакам формирования относятся в первую очередь вещественный
состав отложений, характер их залегания и геоморфологические особенности.

Органогенным массивам и их группам, а также протяженным биостромам, образующим
практически непрерывные маркирующие горизонты, присваиваются географические названия (по
месту нахождения массивов), которые пишутся с прописной буквы.

Примеры. Рифовый массив Шахтау, Нохоройский биостром.

Наименование олистостромы, представленной самостоятельным подразделением, образуется
от названия географического объекта, на территории или вблизи которого находится типичный
разрез олистостромы. Олистостроме, входящей в состав местного стратона, присваивается его
наименование. При выделении в местном стратоне нескольких олистостром их нумеруют снизу
вверх по разрезу.

Примеры. Березовская олистострома (по р. Березовая), белогорская олистострома (в составе
белогорской свиты), первая олистострома Михайловской свиты.

Название клиноформы рекомендуется образовывать от географического названия объекта на
местности, где клиноформа наиболее полно представлена, с добавлением индекса КФ.

Могут быть использованы цифровые или буквенные обозначения.

Наименование стратогена образуется из названия генетического типа (типов) отложений и
названия включающего его местного или климатостратиграфического подразделения или геомор-
фологической единицы.

Примеры. Самаровская морена, самаровский флювиогляциал, петровский аллювий, аллювий
второй надпойменной (ижорской) террасы.

Совет. Названия по геоморфологическим единицам по мере возможности рекомендуется за-
менять географическими.

Для обозначения времени формирования органогенного массива, олистостромы, клиноформы и стратогена употребляется выражение «время образования... органогенного массива (олистостромы и др.)».

Климатостратиграфические подразделения

Климатостратиграфические подразделения — это совокупности горных пород, признаки которых обусловлены периодическими изменениями климата, зафиксированными в особенностях вещественного состава пород и ассоциаций остатков организмов, с учетом длительности формирования стратонов соответствующего ранга.

Климатостратиграфические подразделения используются для четвертичных и неогеновых отложений; возможно их использование и для более древних образований.

Таксономическими единицами региональных подразделений являются **климатолит и стадиал**.

Климатолит представляет собой совокупность горных пород, сформировавшихся за время одного климатического полуритма интенсивного похолодания (криомер) или потепления (термомер), проявленного в региональном масштабе. В средних широтах он отвечает ледниковою или межледниковые, в тропическом поясе — влажному (плювиал) или сухому (арид) климату.

Климатолитам, как правило, соответствуют ступени Общей стратиграфической шкалы.

В качестве геохронологического эквивалента климатолита употребляются термины «криохрон» и «термохрон».

Стадиал подчинен климатолиту. Соответствует отложениям, сформировавшимся в течение кратковременных колебаний климата в пределах времени образования части климатолита в региональном масштабе: стадии оледенения и межстадиалы в криомерах, климатические оптимумы, промежуточные похолодания в термомерах и т.п. В соответствии с характером климатического режима употребляются термины «криостадиал» и «термостадиал». Геохронологическим эквивалентом стадиала является стадия.

Правила описания и наименования

При описании нового регионального климатостратиграфического подразделения приводятся данные, которые предусмотрены для основных региональных подразделений (ст. IV. 7).

Климатолит и стадиал получают наименования от названий географических объектов в стратотипической местности. К названию стадиала при этом добавляется обозначение характера климатического режима.

Примеры. Узунларский климатолит, лужский криостадиал, черменинский термостадиал.

Для обозначения геохронологических эквивалентов региональных климатостратиграфических подразделений используют названий соответствующих климатолитов и стадиалов.

Примеры. Днепровский криохрон, лужская стадия (криостадия).

Контрольные вопросы:

84. Стратиграфический Кодекс России (определение, назначение, классификация стратиграфических подразделений)
85. Основные стратиграфические подразделения (общие, региональные, местные)
86. Виды специальных стратиграфических подразделений.
87. Общие стратиграфические подразделения, геохронологические подразделения, ярус, хронозона.
88. Региональные стратиграфические подразделения (определение, виды).
89. Местные стратиграфические подразделения (определение, виды).
90. Свиты и толща (по Стратиграфическому Кодексу – 2006).
91. Морфолитостратиграфические подразделения (определение, виды).
92. Климатостратиграфические подразделения (определение, виды).

XII. СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ШКАЛЫ И СХЕМЫ

Раздел содержит дословные определения стратиграфических шкал и схем и комментарии к ним, записанные в Стратиграфическом Кодексе (2006).

Общая стратиграфическая шкала представляет собой 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.

Общая стратиграфическая шкала, утвержденная Межведомственным стратиграфическим комитетом России, обязательна для использования в Российской Федерации.

Стандартная зональная шкала (Стандартная биостратиграфическая зональная шкала) — 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. Стандартные шкалы могут быть разработаны параллельно 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.

Стратиграфическая схема — графическое выражение временных и пространственных соотношений местных и (или) региональных стратонов, составляющих полный или частичный разрез (например, одной системы или эратемы) определенного участка земной коры и скоррелированных с Общей стратиграфической шкалой.

Правила составления стратиграфических схем

Типы стратиграфических схем

Стратиграфические схемы составляют для отдельных районов или их участков (**местные схемы**), для геологических регионов (**региональные схемы**) и для более обширных территорий (**межрегиональные схемы**), для территории (включая акватории) страны и континентов.

В состав Стратиграфических схем целесообразно включать магнитостратиграфические, сейсмостратиграфические и другие схемы, используемые при стратиграфической корреляции отложений.

Магнито- и сейсмостратиграфические схемы могут быть оформлены в виде самостоятельных графических документов.

Местные стратиграфические схемы имеют две основные формы: а) стратиграфическая колонка; б) местная корреляционная схема.

Содержание и структура стратиграфических колонок, помещенных на государственных геологических картах, регламентируются действующими инструкциями по геологической съемке и картографированию. Стратиграфическая колонка может быть оформлена с использованием обозначений, необходимых для решения задач конкретного геологического исследования.

Местные корреляционные схемы, содержащие сопоставление нескольких разрезов, состоят из разделов «Общая стратиграфическая шкала» и «Корреляция местных разрезов». Схемы должны быть оформлены по правилам, принятым для региональных стратиграфических схем.

Региональная стратиграфическая схема представляет собой графическое выражение временных и пространственных соотношений местных и /или региональных стратонов, основных особенностей разрезов различных частей (районов, структурно-фациальных зон и др.) геологического региона, корреляции изображенных стратиграфических подразделений между собой и с Общей стратиграфической шкалой, а также со стратиграфическими схемами смежных регионов.

Основное назначение региональных стратиграфических схем:

а) обобщение результатов стратиграфических, палеонтологических, геохронометрических и других исследований в регионе;

б) разработка или совершенствование стратиграфической базы для проведения комплекса геологических работ в регионе, в первую очередь при создании легенд к сериям государственных геологических карт и корреляции стратиграфических уровней (в том числе по разрезам скважин), содержащих полезные ископаемые или благоприятных для их образования и/или концентрации.

Региональная стратиграфическая схема состоит из четырех разделов, размещаемых слева направо:

I. Общая стратиграфическая шкала;

II. Региональные стратиграфические подразделения и палеонтологическая характеристика региональных стратонов;

III. Корреляция местных стратиграфических разрезов;

IV Стратиграфические схемы смежных регионов.

При необходимости после разд. I помещают графу со *стандартной зональной шкалой* или с зональной шкалой системы для хорошо изученного (несмежного) региона. Магнитостратиграфическая шкала и магнитостратиграфические схемы (региональные и местные) помещают правее соответствующих разделов региональной схемы. Региональная стратиграфическая схема сопровождается объяснительной запиской.

По степени унификации и обоснованности стратиграфических подразделений региональные **стратиграфические схемы квалифицируют** как унифицированные, корреляционные и рабочие.

Унифицированная региональная стратиграфическая схема включает все четыре упомянутых выше раздела.

Если региональная стратиграфическая схема не содержит разд. II или региональные стратоны выделены на ней только для части разреза, ее квалифицируют как **корреляционную**.

Рабочей называется схема, основанная на предварительных или недостаточно аргументированных данных (условность возраста стратиграфических границ, недостаточная определенность соотношения местных стратонов и др.).

Унифицированные, корреляционные и рабочие стратиграфические схемы, принятые межведомственными региональными стратиграфическими совещаниями (МРСС) и утвержденные МСК, являются официальными документами, отражающими состояние стратиграфической базы данного региона на момент их составления.

Если отложения разных частей крупного и геологически сложного региона настолько отличаются друг от друга, что их невозможно объединить по латерали в единые (унифицированные) региональные подразделения, выделяют субрегионы, для каждого из которых составляется стратиграфическая схема, содержащая разд. II и III. Для каждого субрегиона могут быть составлены и отдельные стратиграфические схемы, при этом каждой из этих схем может быть присвоена различная квалификация.

При выделении субрегионов рекомендуется составлять дополнительную схему корреляции соответствующих отложений всего региона, включающую только наименования субрегиональных стратиграфических подразделений, а при отсутствии таковых — наиболее типичный стратиграфический разрез для данного субрегиона.

При одновременном опубликовании региональной стратиграфической схемы и объяснительной записи к ней допустимо упрощенное представление графического материала по разделу «Корреляция местных стратиграфических разрезов».

Характеристика местных стратонов включает при этом следующие данные:

— наименование местного стратиграфического подразделения,

— проявления полезных ископаемых,

— мощность отложений,

— сведения об изотопном возрасте пород,

— магнитостратиграфическая характеристика, главные геофизические границы (при наличии соответствующих данных).

Полное описание местных стратиграфических подразделений должно быть дано в тексте объяснительной записи.

Объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме должна включать следующие разделы:

- а) Введение. Краткое изложение хода подготовки региональной стратиграфической схемы. Основные составители. Использованные материалы. Обсуждения, коллоквиумы, полевые экскурсии и другие мероприятия, выполненные в процессе подготовки схемы.
- б) Новые материалы. Основные новые материалы по стратиграфии, полученные после последнего МРСС. Обоснование принятого районирования региона.
- в) Общая стратиграфическая шкала. Используемые в схеме ярусы, зоны и звенья.
- г) Региональные стратиграфические подразделения. Характеристика региональных стратиграфических подразделений, их стратотипы и соотношение с подразделениями Общей стратиграфической шкалы. Региональные магнито- и сейсмостратиграфические подразделения (при их наличии). Краткая характеристика региональных рубежей в осадконакоплении, структурных перестроек регионального масштаба, кризисных явлений в эволюции органического мира. Положение нижней и верхней границ рассматриваемых отложений.
- д) Корреляция местных стратиграфических разрезов. Краткая характеристика отложений в соответствии с принятой схемой районирования рассматриваемой территории. В необходимых случаях — краткие пояснения, касающиеся степени изученности и различных трактовок разреза. Магнито- и сейсмостратиграфические сведения, результаты изотопных определений возраста пород. Схему корреляции местных разрезов, составленную по материалам скважин, необходимо сопровождать каротажными диаграммами и схемой сопоставления скважин по каротажу.
- е) Вновь установленные и упраздненные стратиграфические подразделения. Перечень и краткая характеристика новых подразделений с обязательным указанием их стратотипов. Перечень исключенных из схемы стратиграфических подразделений, а также невалидных или устаревших стратиграфических названий, с объяснением причин их упразднения.
- ж) Полезные ископаемые. Перечисление стратиграфических подразделений и уровней, содержащих полезные ископаемые или благоприятные для их образования и /или концентрации.
- з) Стратиграфические схемы смежных регионов. Необходимые пояснения, касающиеся выбора смежных регионов и точности корреляции.
- и) Особые мнения.
- к) Основные задачи дальнейших исследований и рекомендации. Необходимо указывать организации, которым могут быть поручены рекомендуемые совещания работы.
- л) Литература. Перечень всех опубликованных и фондовых работ, на которые имеются ссылки в стратиграфических схемах и в тексте объяснительной записки.

Межрегиональные стратиграфические схемы. Стратиграфические схемы территории (акваторий) страны

Межрегиональная стратиграфическая схема или Стратиграфическая схема территории (включая акватории) страны должна состоять из трех разделов (слева направо):

- I. Общая стратиграфическая шкала.
- II. Корреляция региональных стратиграфических схем.
- III. Стратиграфические схемы смежных территорий.

В разделе «Общая стратиграфическая шкала» приводят названия систем, отделов, ярусов и зон, а при необходимости — более мелких по рангу и дополнительных подразделений.

Раздел «Корреляция региональных стратиграфических схем» включает региональные стратиграфические схемы, а также наиболее полные местные стратиграфические разрезы тех территорий, для которых не выделены региональные стратоны. Каждая грава имеет заголовок с названием региона и нумеруется в соответствии с принятой схемой районирования территории. В нижней части таблицы общепринятыми индексами указывают возраст подстилающих образований.

Графические обозначения в корреляционной части схемы могут быть выполнены в соответствии с правилами оформления региональных схем.

При наличии соответствующих материалов региональные стратиграфические схемы дополняются региональными магнитостратиграфическими схемами.

В разделе «Стратиграфические схемы смежных территорий» приводят главнейшие сводные разрезы территорий, имеющие принципиальное значение для стратиграфии отложений соответствующего возраста. Графы, соответствующие территориям, расположенным к западу, югу и во-

стоку от площади, для которой составлена схема, размещают по возможности слева направо. Подстилающие отложения в этом разделе могут не указываться.

В заголовках граф разд. II и III указывают названия территориальных единиц (регионов, стран, частей континентов) со ссылкой на источник, откуда заимствован соответствующий разрез.

К стратиграфической схеме прилагают схему районирования (с цифровой индексацией всех вошедших в корреляционную схему регионов) и краткие текстовые пояснения, касающиеся степени изученности регионов и главнейших расхождений в трактовке разреза.

Контрольные вопросы:

93. Общая стратиграфическая шкала. Стандартная зональная шкала. Стратиграфическая схема.

94. Типы стратиграфических схем.

95. Региональная стратиграфическая схема (определение, основное назначение, структура, виды).

96. Корреляция местных стратиграфических разрезов в региональной стратиграфической схеме.

97. Объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме.

Литература

Основная

Габдуллин Р.Р., Копаевич Л.Ф., Иванов А.В. Секвентная стратиграфия: Учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2008. 113 с.

Данбар К., Роджерс Дж. Основы стратиграфии. М.: ИЛ, 1962. 363 с.

Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Т. 1. Изд-во МГУ, 1973, 527 с.

Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Т. 2. Изд-во МГУ, 1974, 483 с.

Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. М., Наука, 1989. 216 с.

Меннер В.В. Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 373 с.

Практическая стратиграфия (Разработка стратиграфической базы крупномасштабных геолого-съемочных работ) / Под ред. И.Ф. Никитина, А.И. Жамойды. Л.: Недра, 1984. 320 с.

Прозоровский В.А. Начала стратиграфии. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2003. 228 с.

Саввина Н.И. Основы и методы стратиграфии: Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2002. 198 с.

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

Стратиграфический кодекс. Изд. 3-е, дополненное. СПб.: изд. Межвед. Стратигр. Ком., 2006, 96 с.

Шинdevольф О. Стратиграфия и стратотип. М.: Мир, 1975. 135 с.

Ссылки на электронные ресурсы по стратиграфии

Сайт Международной комиссии по стратиграфии <http://www.stratigraphy.org/>

Сайт юрской системы России <http://www.jurassic.1gb.ru/>

Сайт по секвенс-стратиграфии <http://strata.geol.sc.edu/>

Википедия <http://www.wiki.ru//strat/>

Дополнительная

Веймарн А.Б., Найдин Д.П., Копаевич Л. Ф. и др. Методы анализа глобальных катастрофических событий при детальных стратиграфических исследованиях. Методические рекомендации. М., МГУ, 1998. 190 с.

Карагодин Ю. Н. Методологические вопросы литмологии и секвенсстратиграфии. — Геология и геофизика. Т. 37. 1996, № 4, с. 3—12.

Методика событийной стратиграфии в обосновании корреляции региональных стратонов на примере Северо-Запада России. СПб., ВСЕГЕИ, 1998. 88 с.

Найдин Д.П. Эвстазия и эпиконтинентальные моря Восточно-Европейской платформы. Статья 2. Верхнемеловые секвенции платформы. Бюл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., вып. 5, 1995, с. 49—65.

Сейсмическая стратиграфия: использование при поисках и разведке нефти и газа. М., Мир, 1982. 846 с.

Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 38. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 131 с.

Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А. и др. Палеомагнитология / Под ред. А.Н. Храмова. Л.: Недра, 1982. 312 с.

Шлезингер А.Е. Региональная Сейсмостратиграфия. М., Научный мир, 1998. 144 с. (Тр. ГИН РАН, вып. 512).

Catuneanu, O. Principles of sequence stratigraphy. Amsterdam. Elsevier. 2006. 375 p.

Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Smith, A. G., at al. A Geologic Time Scale 2004. Cambridge University Press. Cambridge, 2004. 589 p.

Interregional unconformities and hydrocarbon accumulation / Ed. J. S. Schee. Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem. 36, 1984. 184 p.

Sea-level changes: an integrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Spec. Publ. № 42, Tulsa, Oklahoma, 1988. 407 p.

Seismic stratigraphy-application to hydrocarbon exploration. Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem. 26, 1977. 516p.

Van Wagoner J. C., Mitchum R.M., Campion K. M., Rahma-nian V. D. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts of high-resolution correlation of time and facies. Amer. Ass. Petrol. Geol. Methods in Exploration Series, 1990, №7. 55 p.

Walliser O. H./ed. Global Bio-events. Lecture Notes in Earth Sciences, v. 8. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1986. 442 p.

Walliser O. H./ed. Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic. Results of the International Interdisciplinary Cooperation in the IGCP-Project 216 «Global Biological Events in Earth History». Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1995. 333 p.