

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

И.В. Рычкова

ОСНОВЫ СТРАТИГРАФИИ И ГЕОХРОНОЛОГИИ

Конспект лекций

Томск 2014

УДК 551.7+550.93(75.8)
ББК 26.33я73
Р957

Рычкова И.В.

Р957 Основы стратиграфии и геохронологии: учебное пособие / И.В. Рычкова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 53 с.

В пособии кратко изложены основные задачи и принципы стратиграфии, охарактеризованы стратиграфические подразделения и история становления классификации некоторых из них. Описаны методы стратиграфических исследований: биостратиграфические и непалеонтологические. Изложены основные положения Стратиграфического кодекса России 2006 года. В пособии приводится стратиграфическое значение главных групп морских беспозвоночных и растений.

УДК 551.7+550.93(75.8)
ББК 26.33я73

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	4
2. Основные задачи стратиграфии	5
3. Принципы стратиграфии	7
4. Стратиграфический кодекс	10
5. Категории стратиграфических подразделений	11
6. Основные стратиграфические подразделения	11
7. Специальные стратиграфические подразделения	11
8. Международная (общая) стратиграфическая шкала (геохронологическая) – МСШ (ОСШ)	11
8.1. История создания МСШ (ОСШ)	12
8.2. Понятие о стратотипе и лимитотипе	13
8.3. Подразделения МСШ (ОСШ)	14
8.4. Три составные части МСШ (ОСШ)	14
9. Региональные стратиграфические подразделения	21
10. Местные стратиграфические подразделения	22
11. Стратиграфические схемы	23
12. Методы стратиграфии	26
12.1. Основы палеонтологии	26
12.2. Биостратиграфические (палеонтологические) методы	33
12.3. Непалеонтологические методы	40
12.4. Абсолютная геохронология	45
13. Несогласия	49
14. Тест по стратиграфии	51
15. Вопросы для самопроверки	52
16. Список литературы	53

ВВЕДЕНИЕ

*«Именно стратиграфия
с ее геоисторической концепцией
сделала геологию наукой».*
В.Л. Егоян

Стратиграфия (*stratum* – слой, пласт; *grafo* – пишу) – это наука, изучающая пространственно-временные взаимоотношения осадочных, вулканогенных и метаморфических образований, слагающих земную кору и отражающих естественные этапы развития Земли и населяющего ее органического мира.

Стратиграфия является главнейшей фундаментальной геологической наукой. Стратиграфия дает возможность установить общие закономерности строения осадочной оболочки Земли и ее отдельных структур. Геология смогла выделиться как наука тогда, когда ученые начали рассматривать геологические процессы в их временной последовательности.

Объектом изучения стратиграфии является разрез, который необходимо подробно расчленить и, выделенные стратоны проследить на большой территории. Результаты стратиграфических построений дают основу для дальнейших геологических изысканий.

Стратиграфия играет важнейшую роль при любых геологических исследованиях. Без нее невозможно проводить геологическое картирование, решать проблемы эволюции органического мира, геологического развития отдельных регионов и Земли в целом, реконструировать палеогеографические обстановки, раскрывать сложное строение структур земной коры и проводить поиски и разведку полезных ископаемых.

Первым заложил основу стратиграфии датский монах Н. Стенон (1638-1686). В 1669 году он написал трактат «О твердом, содержащемся в твердом», где описал последовательность напластований близ г. Таскан. Он писал так: «Во время образования одного из верхних слоев нижний слой уже приобрёл твёрдую консистенцию... Во время образования какого-либо слоя лежащее наверху его вещество было целиком жидким и, следовательно, при образовании самого нижнего слоя ни одного из верхних слоев ещё не существовало».

Английский инженер-геолог В. Смит (1769-1839), изучая в Англии слои горных пород, заметил, что на разных участках встречаются одни и те же окаменелости. В. Смит является основоположником биостратиграфии.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ СТРАТИГРАФИИ

Основными задачами стратиграфии являются:

1. Стратиграфическое расчленение.
2. Стратиграфическая корреляция.
3. Создание общей (универсальной) стратиграфической и геохронологической шкалы, не имеющей пробелов.

Стратиграфическое расчленение состоит из трех приемов:

а) выделение местных стратиграфических подразделений в одном обнажении или буровой скважине (комплекс, серия, свита); чаще конкретный разрез составляется путем суммирования наблюдений по ряду близко расположенных и непосредственно дополняющих друг друга (рис. 1);

б) определение их возраста и построение стратиграфической колонки;

в) выявление характера границ: согласно залегают подразделения или между ними есть перерывы.

Это направление имеет выход в повседневную практику геологоразведочного дела, обеспечивая стратиграфической основой крупномасштабную геологическую съемку, поиски и разведку полезных ископаемых.

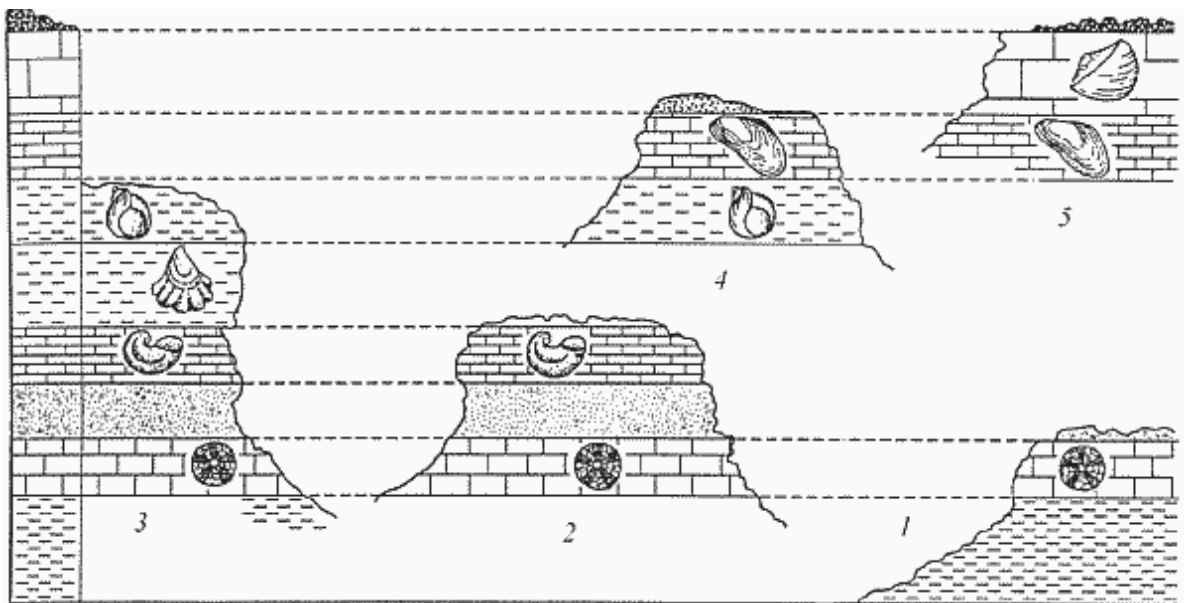


Рис. 1. Схема построения сводного разреза из частных

Стратиграфическая корреляция – это сопоставление между собой и установление возрастных соотношений стратиграфических подразделений, удаленных друг от друга разрезов без непрерывного их прослеживания (рис. 2). Конечной целью является *синхронизация*, т.е. выявление геологических одновозрастных слоев и толщ в сопоставляемых разрезах.

Местная корреляция – это сопоставление разрезов в пределах одного геологического региона, которым является участок земной коры, характеризующийся однотипным геологическим строением и однотипной геологической историей (Кавказ, Урал, Кузбасс и т.д.).

Общая корреляция – это сопоставление разрезов удаленных областей разных регионов, которые могут располагаться на разных континентах. Геологическое строение в разных регионах обычно сильно различается, и чтобы сопоставить разнофациальные отложения, необходимо определить возраст этих отложений, т.е. сопоставить их с Международной стратиграфической шкалой, и на этом основании сопоставить одновозрастные отложения различных регионов.

При создании общей (универсальной) стратиграфической и геохронологической шкалы, не имеющей пробелов, одним из ведущих методов является биостратиграфический метод, основанный на палеонтологических данных.

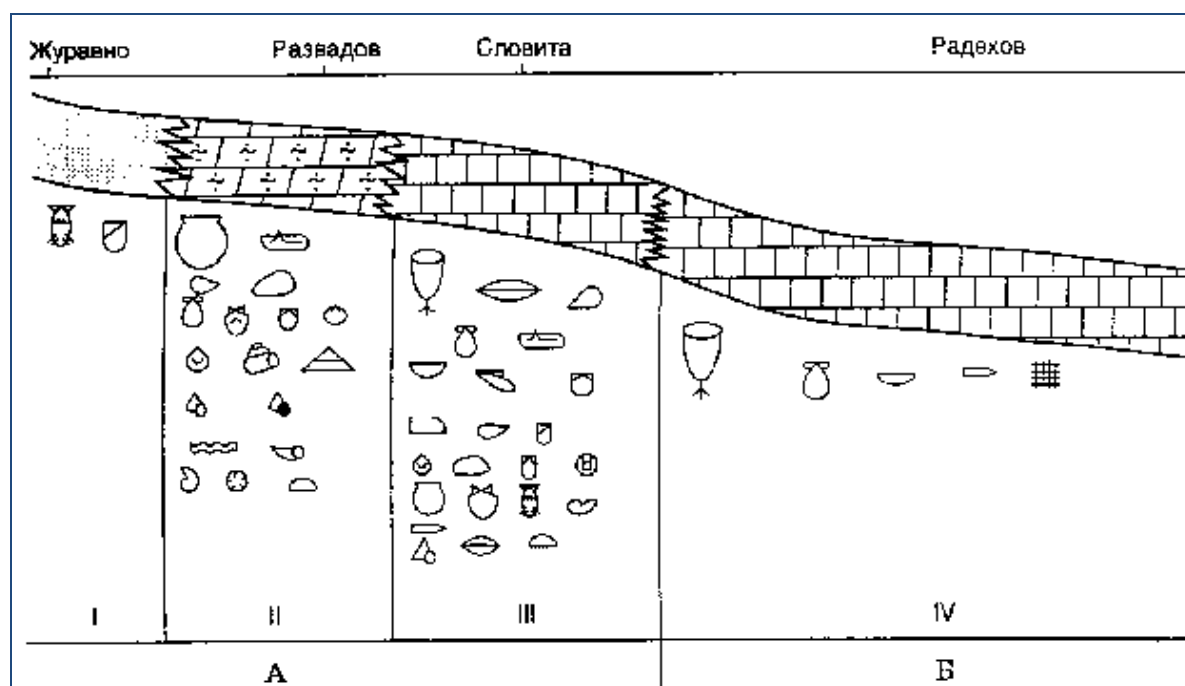


Рис. 2. Пример корреляции удаленных друг от друга разрезов

Эта задача связана с обеспечением стратиграфической основой составление геологических карт среднего и мелкого масштаба, а также палеогеографических и прогнозных карт территорий, охватывающих несколько геологических регионов.

Создание общей (универсальной) стратиграфической и геохронологической шкалы, не имеющей временных пробелов, дает основу для историко-геологических обобщений планетарного масштаба.

ПРИНЦИПЫ СТРАТИГРАФИИ

1. *Принцип Н. Стенона (1669) – принцип последовательности напластований, основной принцип стратиграфии.* В супракрустальных телах (осадочных и эффузивных) подстилающий пласт древнее покрывающего; интрузивное тело моложе вмещающих пород (рис. 3).

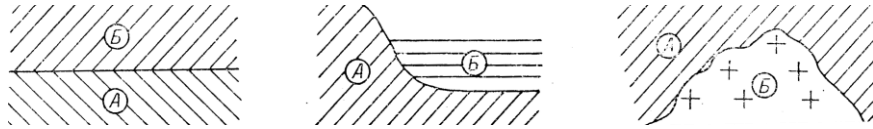


Рис. 3. Три частных случая выражения принципа Н. Стенона. Во всех случаях породы А древнее пород Б (Халфин, 1980)

2. *Принцип Т. Гексли – гомотаксальности (греч. *homo* – равный и *taxis* – расположение), или принцип сопоставления одинаковых последовательностей.* В двух разрезах одинаковые стратиграфические последовательности сопоставляются (рис. 4).

Д		Д
С		С
В		В
А		А

Рис. 4. Схема сопоставления одинаковых стратиграфических последовательностей

Если невозможно осуществить непосредственное прослеживание разрезов, стратиграфическую корреляцию можно проводить путем сопоставления идентичных последовательных признаков, в том числе следов обстановок и событий прошлого.

3. *Принцип В. Смита (1816) – принцип биостратиграфии.* Отложения, содержащие одинаковую фауну (флору) геологически одновозрастны (рис. 1).

4. *Принцип Д.Л. Степанова и М.С. Месежникова (1979) – принцип объективной реальности, неповторимости и уникальности стратиграфических подразделений.* Все стратиграфические подразделения (стратоны) – это объективно (не зависящие от нашего сознания), существующие в природе толщи горных пород и отражающие определенный неповторимый этап геологического развития.

5. *Принцип С.В. Мейена (1974) – принцип хронологической взаимозаменяемости признаков.*

В геологии часто приходится сопоставлять разнофациальные разрезы (морские, континентальные, лагунные). Это создает большие трудности. Выход заключается в выборе признаков, которые хронологически взаимозаменяют друг друга (рис. 5).

D		D
C		F
B		B
A		A

MN	NO	OP
KL	LK	RQ
AB	BC	CD

Рис. 5. Схема, иллюстрирующая принцип Мейена (Глухова, 1992); (слева: признаки С и F являются хронологически взаимозаменяемыми; справа: сопоставление первого и третьего разрезов возможно при наличии переходного второго разреза)

6. Принцип Н.А. Головкинского (1868) – принцип возрастной миграции граничных поверхностей геологических тел. В каждом осадочном слое одновозрастными можно считать только те осадки, которые отлагались вдоль береговой линии, древнего бассейна.

Согласно этому правилу в непрерывном разрезе осадочных толщ друг над другом отлагаются осадки, которые могут образоваться рядом (по латерали) на поверхности суши или на дне бассейна седиментации. Поэтому при трансгрессии или регрессии моря смена осадков по вертикали соответствует их горизонтальной зональности.

К своему представлению о закономерно построенном региональном осадочном цикле Н.А. Головкинский пришел, анализируя данные по распределению в толще изученных им слоев различных групп беспозвоночных верхнепермских отложений Камско-Волжского бассейна (рис. 6). На рисунке видно, как мелководная фауна *Conchifera*, окружает фауну *Brachiopoda*, которая (кроме лингул) является обитателем значительных глубин. Причину подобного распределения Головкинский видел в опускании и последующем поднятии пермского бассейна. Головкинский рассматривает, как в процессе опускания и последующего поднятия дна бассейна в нем должны были бы распределиться различные, по своей глубоководности, типы осадков, а значит и организмы и приходит к схеме расположения осадков, представленной как геологическая «чечевица» (рис. 7).



Рис. 6. Палеонтологическая «чечевица» по Н.А. Головкинскому (Леонов, 1974)

Анализ строения геологической «чечевицы» и отвечающей ей палеонтологической «чечевицы» приводит Головкинского к стратиграфическим выводам: «Стратиграфическое обособление слоя зависит от петрографической особенности в составе, а особенность эта указывает на изменение условий в бассейне и, следовательно, на перемену фации населения».

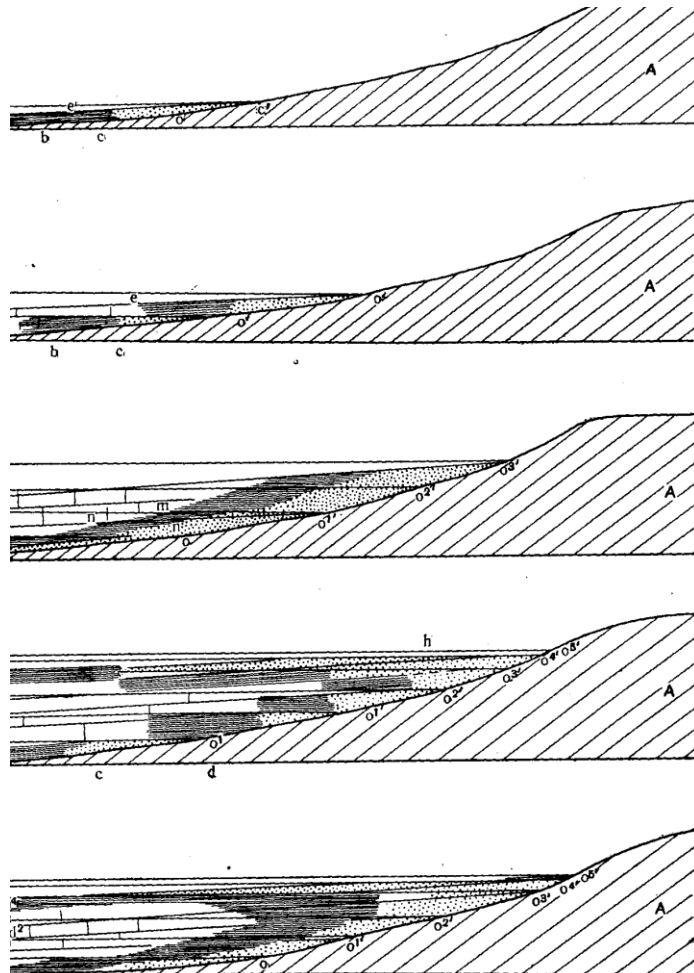


Рис. 7. Последовательные стадии образования геологической «чечевицы» по Головкинскому, 1869 (Леонов, 1974)

7. Принцип Ч. Дарвина (1859) – *неполнота геологической летописи*. В геологической летописи запечатлена лишь меньшая часть геологической истории. В осадочных разрезах значительная часть времени представлена не осадками, а перерывами. Это обусловлено прерывистостью осадконакопления и наличием размывов.

8. Принцип Л. Долло (1893) – *принцип необратимости геологической и биологической эволюции*. Развитие органического мира на Земле представляет собой сложный спиралеобразный процесс движения от простого к сложному. Движение вспять невозможно.

9. Принцип цикличности стратиграфических подразделений. Все стратиграфические подразделения это объективно существующие толщи горных пород и отражающие определенный этап геологического развития.

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ КОДЕКС

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

Назначение – единообразие требований к установлению стратиграфических подразделений; стабильность в применении стратиграфических терминов и наименований.

В 1977 году в СССР был опубликован первый Стратиграфический кодекс. В 1992 году опубликовано второе дополненное издание Стратиграфического кодекса, где предусмотрены две группы стратиграфических подразделений: основные и специальные. В 2006 году вышло третье издание Стратиграфического кодекса, с дополнением к нему (рис. 8). Последним стратиграфическим кодексом принята классификация стратиграфических подразделений. Выполнение требований кодекса обязательно при выполнении геологических работ всеми ведомствами.

Стратиграфический кодекс утверждается, может быть изменен или упразднен решением пленума Межведомственного стратиграфического комитета (МСК).

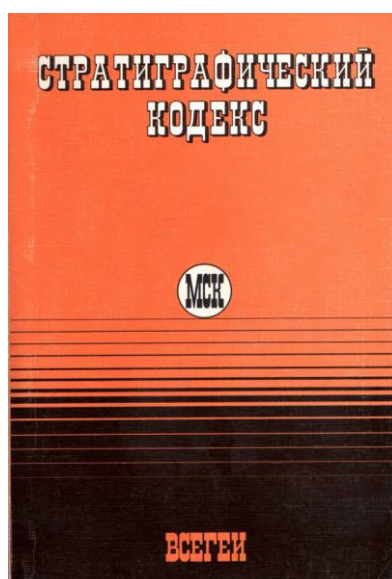


Рис. 8. Стратиграфический кодекс, 2006

КАТЕГОРИИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Объектами исследования стратиграфии являются стратиграфические подразделения *стратоны*. Стратоны – это реальные геологические тела, состоящие из комплекса горных пород. Любой стратон должен отвечать определенному этапу развития Земли или отдельного региона.

Выделяют подразделения *Международной (Общей) стратиграфической шкалы, региональной и местной*.

ОСНОВНЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

<i>Общие</i>	<i>Региональные</i>	<i>Местные</i>
Акротема	Горизонт	Комплекс
Эонотема	Слои с географическим названием	Серия
Эратема		Свита
Система		
Отдел		
Ярус		
Раздел (для Q)		
Хронозона		
Звено (для Q)		
Ступень (для Q)		

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

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

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

Климатостратиграфические: климатолит, стадиал.

Магнитостратиграфические: магнитозоны различного ранга.

Сейсмостратиграфические: сейсмокомплексы.

МЕЖДУНАРОДНАЯ (ОБЩАЯ) СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ (ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ) ШКАЛА - МСШ (ОСШ)

Стратиграфическая (геохронологическая) шкала – это шкала, которая показывает последовательность залегания отдельных толщ земной коры, образованных в соответствующие отрезки времени.

Вся летопись геологической истории Земли отражена в *геохронологической шкале*. Основные подразделения этой шкалы отвечают определенным этапам развития Земли. Этапы отвечают

эволюционным процессам в органическом мире Земли. Вся история Земли представляется как смена эволюционных и революционных этапов.

Таким образом, стратиграфическая (геохронологическая) шкала – отражает естественный ход геологической истории Земли.

Стратиграфическая (геохронологическая) шкала имеет два аспекта, соответствующие друг другу: стратиграфический и геохронологический.

Из фундаментального значения МСШ (ОСШ) вытекает ее назначение.

Она необходимая база каждого историко-геологического исследования, прежде всего, собственно геологического картирования любых масштабов и составления специальных геологических карт. Полистное составление государственных геологических карт и серийных легенд к ним просто невозможно без официально принятой МСШ (ОСШ).

Исследования практически в любой отрасли геологии не могут обходиться без МСШ (ОСШ) – от седиментологии и тектоники до прогнозирования месторождений полезных ископаемых и разработки общих проблем развития планеты Земля.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ МСШ (ОСШ)

К середине XIX в. различные авторы на основе изучения разрезов Европы выделили основные крупные стратиграфические подразделения – системы и группы.

Постепенно вводились в употребление ярусы и биостратиграфические зоны.

В 1878 г. в Париже был созван Первый Международный геологический конгресс (МГК) для обсуждения вопросов об «однообразии геологических материалов в части номенклатуры и условных обозначений на картах».

В 1881 г. в Италии в г. Болонье на II сессии МГК был рассмотрен и утвержден первый вариант МСШ. Были определены архей, протерозой, мезозой и кайнозой. Эти подразделения были названы эрами. Отложения, сформированные за время эры, называли группами (в последнее время – эратемы). Палеозой состоял из пяти систем. Ордовик входил в силур в качестве отдела. Мезозой состоял из трех систем. Кайнозой состоял из двух систем: третичной (куда входили палеоген и неоген) и четвертичной.

Позднее было введено крупное геохронологическое подразделение – эон, которому соответствует стратиграфическое подразделение – эонотема. В последнее время введено самое крупное подразделение – акрон, которому соответствует стратиграфическое подразделение – акротема. Выделены самые мелкие подразделения шкалы.

В 1900 г. В Париже на VIII сессии МГК по результатам 20-летней работы специальных комиссий были приняты таксономические шкалы хронологических (эра–фаза) и стратиграфических (система–зона) подразделений.

Периодически подкомиссии МКС (международная комиссия по стратиграфии) предлагали уточнения или изменения уровня границ систем и ярусов. 1956 г. – обосновано выделение индского и оленёкского ярусов нижнего триаса; 1959 г. – признана самостоятельность палеогеновой и неогеновой систем; 1965 г. – признана самостоятельность берриасского яруса нижнего мела; 1975 г. – признаны самостоятельность ордовикской системы и подразделение ее на три отдела; 1989 г. – проведена граница между средней и верхней юрой по кровле келловей; 1984 г. – проведена граница между мелом и палеогеном по кровле маастрихта.

Параллельно с выделением систем уточнялась их хронологическая упорядоченность, т.е. строилась Стратиграфическая шкала, претендующая на широкое и даже на планетарное распространение. Позже разные авторы называли такую шкалу по-разному: универсальная, планетарная, глобальная, международная, хроностратиграфическая, стандартная, единая, типовая.

В нашей стране А.Н. Криштофович, по-видимому, впервые назвал такую шкалу Общей, считая это слово равнозначным слову Международная.

ПОНЯТИЕ О СТРАТОТИПЕ И ЛИМИТОТИПЕ

Выделяют стратотипы стратиграфических подразделений и стратиграфических границ. Стратотип стратиграфического подразделения (*стратотипический разрез*) – это типовой (эталонный) разрез, в котором впервые выделена данная стратиграфическая единица и автором указывается в качестве опорного для данного подразделения.

Стратотип стратиграфической границы (*лимитотип*) – разрез, выбранный в качестве эталонного, в котором однозначно фиксируется положение стратиграфической границы между двумя смежными подразделениями.

Стратотипический разрез и лимитотип – дополняющие друг друга понятия.

Стратотип должен отвечать требованиям: указывать на чем залегает и чем перекрывается, должен быть полно литологически или палеонтологически охарактеризован, должен быть доступен для изучения и не должен содержать перерывов внутри.

Стратотипы обязательны для: яруса, хронозоны, звена, ступени, свиты, горизонта, слоев с географическим названием (рис. 9).



Рис. 9. Стратотипический разрез келловейского и оксфордского ярусов юрской системы, разрез Дубки, г. Саратов (<http://www.ammonit.ru/new/802.htm>)

ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МСШ (ОСШ)

Общие стратиграфические подразделения – это естественные геологические тела, сформировавшихся в соответствующий отрезок геологической истории Земли (рис. 6, 7, табл. 1).

ТРИ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ МСШ (ОСШ)

Выделения основных подразделений общей стратиграфической шкалы проведено не однозначно:

- для датирования докембрийских подразделений и их границ используются *радиологические методы*; архей и протерозой выделяются на тектоно-стратиграфической основе. Лишь для верхнего протерозоя используются и биостратиграфические методы;

- для выделения основных подразделений фанерозоя применяются *биостратиграфические методы* (границы определяют по биотическим событиям – появлению или вымиранию организмов). Все геологические явления на Земле взаимосвязаны и взаимообусловлены. Явления необратимости, проявленные во всех геологических процессах, наиболее ярко отражены в развитии органического мира. Однажды возникнув и исчезнув через некоторое время, любая фауна или флора в том же виде снова не появляется. Каждый этап в развитии органического мира своеобразен и неповторим. Поэтому палеонтологические критерии являются важнейшими и наиболее объективными критериями в выделении международных (общих) стратиграфических единиц фанерозоя.

- для установления общих стратиграфических подразделений четвертичной системы ведущее значение имеет *климатостратиграфический метод* (чередование ледниковых и межледниковых эпох).

Стратиграфическая (геохронологическая) шкала

Эпоха (эра)	Эра (эра)	Система (период)	Отдел (эпоха)	Ярус (век)	Индекс	Возраст млн лет	
Фанерозой	Кайнозойская KZ	Четвертичная		Плейстоцен-голоцен			1,8
		Неогеновая (неогеновый) N	Плиоцен N ₂	Гелазский Пьяченцкий Занкский	N _{2gl} N _{2pia} N _{2zan}	5,3	
			Миоцен N ₁	Мессинский Торгонский Серравальский Лангуйский Бурдигальский Аквитанский	N _{1mes} N _{1tor} N _{1srv} N _{1lan} N _{1bur} N _{1aqt}		
		Палеогеновая (палеогеновый) P	Олигоцен P ₃	Хаттский Рюпельский Приабоский	P _{3h} P _{3r} P _{3p}	23	
			Эоцен P ₂	Бартонский Лютетский Ипрский	P _{2b} P _{2l} P _{2i}	34	
			Палеоцен P ₁	Ганетский Зеландский Датский	P _{1t} P _{1sl} P _{1d}	55	
		Мезозойская MZ	Меловая (меловой) K	Верхний K ₁ (поздняя)	Мастригальский Кампанский Сантонский Коньякский Туронский Селманский	K _{1m} K _{1sr} K _{1st} K _{1cn} K _{1t} K _{1sm}	65
				Нижний K ₁ (ранняя)	Альбский Аптский Барремский Готеривский Валажневский Берриасский	K _{1al} K _{1a} K _{1br} K _{1h} K _{1v} K _{1b}	
			Юрская (юрский) J	Верхний J ₃ (поздняя)	Титонский Кимериджский Оксфордский	J _{3tt} J _{3km} J _{3o}	145
				Средний J ₂ (средняя)	Келловейский Батский Байосский Ааленский	J _{2c} J _{2bt} J _{2b} J _{2a}	157
	Нижний J ₁ (ранняя)			Тоарский Плинсбахский Синемюрский Геттангский	J _{1t} J _{1p} J _{1s} J _{1h}	178	
	Триасовая (триасовый) T		Верхний T ₃ (поздняя)	Рэтский Норийский Карнийский	T _{3r} T _{3n} T _{3k}	200	
			Средний T ₂ (средняя)	Ладинский Анизийский	T _{2l} T _{2a}	228	
			Нижний T ₁ (ранняя)	Оленекский Индский	T _{1o} T _{1i}	245	
	Пермская (пермский) P		Татарский P ₂ (татарская)	Вятский Свердловский	P _{2v} P _{2s}	251	
			Биармийский P ₂ (биармийская)	Уржумский Казанский	P _{2ur} P _{2kz}	265,8	
		Приуральский P ₁ (приуральская)	Уфимский Кунгурский Аргинский Сакмарский Асельский	P _{1u} P _{1k} P _{1ar} P _{1s} P _{1a}	270,6		
	Палеозойская PZ	Каменноугольная (каменноугольный) C	Верхний C ₃ (поздняя)	Гжельский Касимовский	C _{3g} C _{3k}	295	
			Средний C ₂ (средняя)	Московский Башкирский	C _{2m} C _{2b}	300	
			Нижний C ₁ (ранняя)	Серпуховский Визейский Турнейский	C _{1s} C _{1v} C _{1t}	318,1	
		Девонская (девонский) D	Верхний D ₃ (поздняя)	Фаменский Франский	D _{3fm} D _{3f}	360	
			Средний D ₂ (средняя)	Живетский Эйфельский	D _{2g} D _{2ef}	382	
			Нижний D ₁ (ранняя)	Эмский Пражский Лохковский	D _{1e} D _{1p} D _{1l}	392	
		Силурийская (силурийский) S	Верхний S ₂ (поздняя)	Прижидольский Лудловский	S _{2p} S _{2ld}	418	
			Нижний S ₁ (ранняя)	Вендовский Лландоверийский	S _{1w} S _{1l}	424	
		Ордовикская (ордовикский) O	Верхний O ₃ (поздняя)	Ашгиллский Карадокский	O _{3aš} O _{3k}	443	
			Средний O ₂ (средняя)	Лланвирский Верхнеаренигский	O _{2l} O _{2a}	458	
	Нижний O ₁ (ранняя)		Нижнеаренигский Тремадокский	O _{1a} O _{1t}	490		
	Кембрийская (кембрийский) €	Верхний € ₃ (поздняя)	Батьрайский Аксакий Сацкий Аюсокканский	€ _{3bt} € _{3ak} € _{3s} € _{3as}	500		
		Средний € ₂ (средняя)	Майский Амгинский	€ _{2m} € _{2am}	509		
Нижний € ₁ (ранняя)		Тойонский Ботомский Атдабанский Томмотский	€ _{1tn} € _{1b} € _{1at} € _{1t}	535			

Рис. 10. Шкала фанерозоя (Стратиграфический кодекс, 2006)

Акротема (акрон)	Эонотема (эон)	Эратема (эра)	Система (период)	
	Фанерозойская	Палеозойская	Кембрийская	
Протерозойская PR	Верхнепротерозойская PR ₂	535±1	Вендская V Верхний отдел V ₂ — 570-555 — Нижний отдел V ₁	
		600		
		Рифейская RF надэратема	Верхнерифейская RF ₃ (Каратавий) 1030	
	Нижнепротерозойская PR ₁ (Карельская KR)	1650	Среднерифейская RF ₂ (Юрматиний) 1350	Верхнекарельская KR ₂ 2100
	Архейская AR	Верхнеархейская AR ₂ (Лопийская LP)	2500	Нижнерифейская RF ₁ (Бурзяний)
	Нижнеархейская AR ₁ (Саамская SM)	3150	Верхнекарельская KR ₁	Верхнелопийская LP ₃ 2800 Среднелопийская LP ₂ 3000 Нижнелопийская LP ₁

Рис. 11. Шкала докембрия (Стратиграфический кодекс, 2006)

Подразделения МСШ (ОСШ)

Табл. 1

Стратиграфические	Геохронологические
Акротема	Акрон
Эонотема	Эон
Эратема	Эра
Система	Период
Отдел	Эпоха
Ярус	Век
Раздел (для Q)	
Хронозона	Фаза
Звено (для Q)	Пора
Ступень (для Q)	Термохрон-криохрон

Акротема – это самое крупное стратиграфическое подразделение (появилось название лишь в 1992 году), совокупность горных пород, сформировавшихся в докембрии. Выделяют две акротемы: архей и протерозой. Их объединяют в криптозой или докембрий.

Эонотема – отложения, сформировавшиеся за эон. Выделяют по две в архее и протерозое и фанерозой.

Эратема – часть эонотемы; отложения, сформировавшиеся за одну эру. Границы эр отвечают переломным рубежам органического мира Земли. В фанерозое выделяют три эры: палеозойскую (эру древней жизни), мезозойскую (эру средней жизни) и кайнозойскую (эру новой жизни).

Система – часть эратемы. В фанерозое выделяют 12 систем (кембрий, ордовик, силур, девон, карбон (каменугольную), пермь, триас, юра, мел, палеоген, неоген, четвертичная, или квартал). Названия систем происходят от географических названий тех местностей, где они были впервые установлены или по другим критериям. Для каждой системы на геологической карте принят свой цвет (международный). Например: архей – сиренево-розовый, протерозой – розовый, кембрий – синезеленый, ордовик – оливковый, силур – серо-зеленый, девон – коричневый, карбон – серый, пермь – оранжево-коричневый, триас – фиолетовый, юра – синий, мел – зеленый, палеоген – оранжево-желтый, неоген – желтый, четвертичная – желтовато-серый.

История выделения систем фанерозоя:

Q – Ж. Денуайе, 1829, Италия (в противовес предыдущей третичной, как называли палеоген и неоген).

N – М. Гернес, 1853, Италия (новый этап).

P – К. Науманн, 1866, Италия (древний этап).

K – Ж. Омалиус д'Аллау, 1822, Европа (по наличию пещевого мела).

J – А. Гумбольдт, А. Броньяр, 1829, Швейцария, Франция (по названию Юрских гор).

T – Ф. Альберти, 1834, Бельгия (по наличию трех толщ: песчаник, известняк, мергель).

P – Р. Мурчисон, 1841, Россия (по названию Пермской губернии).

C – В. Конибир и В. Филлипс, 1822, Англия (по наличию каменного угля).

D – А. Сэдживик и Р. Мурчисон, 1839, Англия (по названию графства Девоншир).

S – Р. Мурчисон, 1839, Англия (по названию племени силуров).

O – Ч. Лэпворт, 1879, Англия (по названию племени ордовиков).

Є – А. Сэдживик, 1835, Англия (Cambria – древнее название Уэльса).

Отдел – часть системы; отложения образовавшиеся в течение одной эпохи. Названия по положению в системе: нижний, средний, верхний. В перми: приуральский, биармийский, татарский. В юре: лейас, доггер, мальм. В палеогене: палеоцен, эоцен, олигоцен. В неогене – миоцен и плиоцен.

Основное подразделение МСШ (ОСШ) – ярус.

Ярус – это основная единица МСШ (ОСШ), подчиненная отделу. Устанавливается по биостратиграфическим данным, отражающим 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 в стратотипе яруса (рис. 12). *Ярус* – это часть отдела, образовавшаяся в течение века, продолжительностью в несколько (6-8) миллионов лет.

Ярус должен иметь стратотип.



Рис. 12. Слева: аммонит *Perisphinctes* J₃₀ является руководящей формой для оксфордского яруса верхней юры и справа: брахиопода *Choristites mosquensis* C_{2ms} для московского яруса среднего карбона

Названия ярусов производятся от названия географических объектов (современных или древних), на территории или вблизи которых находятся стратотипические разрезы соответствующих ярусов.

Хронозона – таксономическая единица МСШ (ОСШ), 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.

Название хронозоны образуется из названия одного или двух видов-индексов без указания фамилии автора вида.

Раздел – таксономическая единица МСШ (ОСШ), подчиненная отделу четвертичной системы. Раздел имеет биостратиграфическую и климатостратиграфическую характеристики. Раздел охватывает несколько крупных климатических ритмов.

Звено – таксономическая единица МСШ (ОСШ), подчиненная разделу. Звено имеет биостратиграфическую и климатостратиграфическую характеристики; объединяет комплексы пород, сформировавшиеся за время нескольких климатических ритмов – похолодания и потепления, увлажнения и иссушения.

Ступень – таксономическая единица МСШ (ОСШ), подчиненная звену. Объединяет комплексы пород, сформировавшиеся во время глобального похолодания или потепления.

СТАНОВЛЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ НЕКОТОРЫХ СТРАТОНОВ МСШ (ОСШ)

В связи с тем, что в Западной Сибири нефтегазоносные отложения осадочного чехла Западно-Сибирской эпигерцинской платформы представлены юрой и мелом, ниже приводится история становления классификации юрской и меловой систем.

Юрская система

Юрская система в ее современном объеме впервые выделена под названием оолитовой серии. В современном объеме юрская система была установлена в 1822 г. немецким естествоиспытателем А. Гумбольдом, который отнес к «формации юры» известняки, развитые в Юрских горах Швейцарии и Франции (рис. 13).

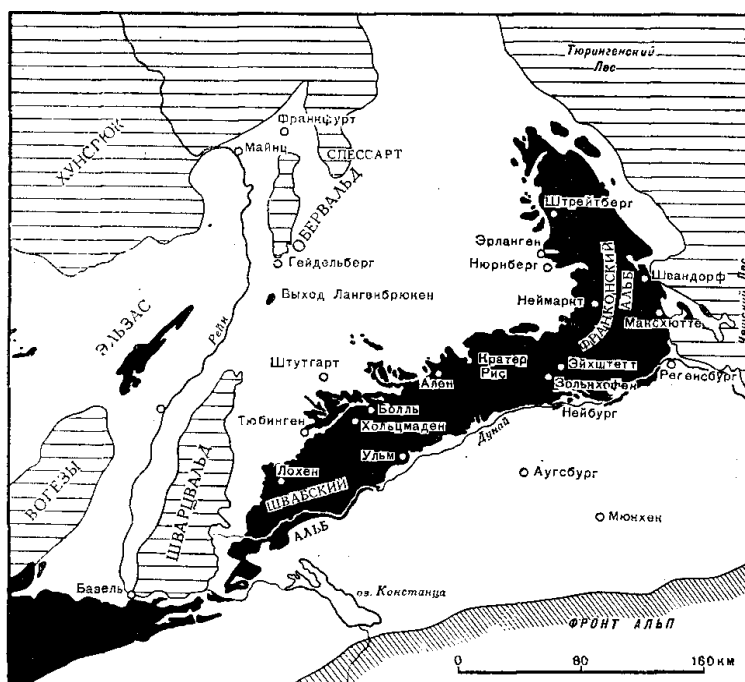


Рис. 13. Выходы юрских отложений в Швабской и Франконской Юре по Аркеллу, 1961 (Леонов, 1973)

В 1829 г. французский геолог А. Броньяр выделил их в самостоятельную систему. Однако долгое время нижнюю часть юры выделяли в качестве самостоятельной системы, называемой лейасовой. Только на III сессии МГК в 1885 г. в Берлине было рекомендовано включить лейас в юрскую систему.

Прототипом современного трехчленного деления юрской системы явилось деление юрских отложений Швабской и Франконской Юры, предложенное в 1837 г. Леопольдом Бухом. Л. Бух разделял ее на три

части: черную, преимущественно известняковую и сланцевую; на бурую или желтую песчаниковую; на белую коралловую.

Нижний отдел – лейас – был выделен А.д'Орбиньи в 1849 г. Название происходит от английского слова *layers* – слои. Средний отдел под названием доггер (по местному названию горных пород у английских каменотесов) был выделен А. Опелем в 1856-1858 гг. В те же годы А. Оппель предложил именовать верхний отдел юрской системы мальмом (по названию мягких известняков у английских каменотесов) (рис. 14).

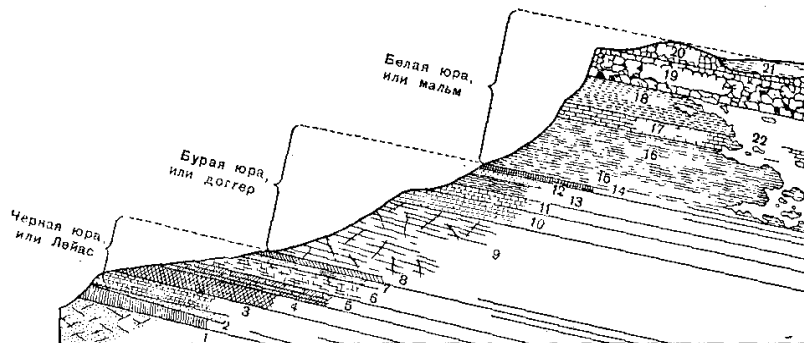


Рис. 14. Схематический разрез Швабского Альба по Аркеллу, 1961 (Леонов, 1973)

1-кейпер	Доггер (бурая юра)	Мальм (белая юра):
2-рэт	9-глины	15-слои с <i>Gregoryceras transversarium</i>
Лейас (черная юра):	10-песчаники	16-мергели
3-известняки	11-известняки	17-известняки
с <i>Schlothemia angulata</i>	12-слои	18-мергели
4-глины	с <i>Megateuthis giganteus</i>	20-доломиты
с <i>Asteroceras turneri</i>	13-слои	21-плитняк
5-мергели	с <i>Macrocephalites macrocephalus</i>	22-губковый риф
6-глины	14-глины	
7-сланцы		
8-мергели		

Меловая система

Меловая система в ее первоначальном объеме впервые выделена в 1822 г. Ж. Омалиус д'Аллау в Англо-Парижском бассейне. Название система получила по присутствию в ней характерных отложений белого писчего мела. В 1835 г. геолог Дж. Турманн предложил называть нижние морские части меловой системы (четыре нижних яруса) «неокомские отложения» по древнему названию г. Невшатель (Neocomun), расположенному на берегу Невшательского озера. Неоком утвержден в качестве надъяруса.

Неоднократно предпринимаются попытки предложить вариант трехчленного деления, в котором апт, альб, сеноман и турон входили бы в «средний мел». Трехчленное деление принято во Франции и некоторых других странах.

Сенон впервые был обоснован в ранге яруса А. д'Орбиньи. Название происходит от древнего имени г. Санса на р. Йонна. В дальнейшем в составе сенона стали выделять четыре верхних яруса меловой системы, а сам он был переведен в ранг надъяруса.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Региональные стратиграфические подразделения – это совокупность горных пород, сформированных в определенные этапы геологической истории крупного участка земной коры, отражающие особенности осадконакопления и последовательность смены комплексов фаун и флор, населявших данный участок. Региональные стратиграфические подразделения интегрируют местные стратоны или их части, служат для корреляции местных стратиграфических схем, способствуют их сопоставлению с общей стратиграфической шкалой.

Основные таксономические единицы региональной стратиграфической шкалы:

Горизонт
Слои с географическим названием

Горизонт – основная таксономическая единица региональных стратиграфических подразделений, включающая разновозрастные свиты, серии или части тех и других, а также биостратиграфические подразделения. Объединяет по латерали фациально различные отложения, образованные в разных фациальных районах палеобассейна седиментации. Используется для сопоставления региональных стратиграфических схем с Общей стратиграфической шкалой. Горизонт должен иметь стратотип. Горизонту присваивается название места, где расположен его стратотип.

Горизонт в «немых» толщах устанавливается на основе литолого-фациальных особенностей пород с учетом изотопных данных.

Горизонты фанерозоя устанавливаются на основе литолого-фациальных особенностей отложений с учетом палеонтологической характеристики.

Слои с географическим названием – таксономическая единица (часть горизонта), выделяемая по особенностям литологического состава или на биостратиграфической основе. Они могут не заполнять весь стратиграфический объем горизонта. Стратотип слоев может выбираться в стратотипе горизонта или быть самостоятельным.

Дополнительные единицы: надгоризонт и подгоризонт. Надгоризонты могут быть установлены при необходимости сгруппировать горизонты в более крупные региональные единицы.

МЕСТНЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Местные стратиграфические подразделения – это совокупность горных пород, выделяемых в местном разрезе на основании совокупности признаков при учете фациально-литологических особенностей и отграниченных от смежных подразделений по разрезу и по площади. Это реально существующие картируемые тела. Они не заменяются подразделениями общей шкалы.

Комплекс
Серия
Свита

Комплекс – самая крупная единица местных стратиграфических подразделений, объединяет две или более серии.

Обычно это мощная и сложная по составу и структуре совокупность геологических образований, отвечающая крупному этапу в геологическом развитии территории. Используется в стратиграфии докембрия, где выделяется с учетом данных изотопного возраста.

Серия – таксономическая единица местных стратиграфических подразделений, объединяет две или более свиты, образующие крупный цикл осадконакопления и охарактеризованные какими-либо общими признаками: сходными условиями формирования (морские, континентальные, вулканические), преобладанием определенных пород (осадочные, вулканогенные, метаморфические) или их направленной сменой.

Серии отделяются друг от друга несогласиями.

Свита – это основная таксономическая единица местных стратиграфических подразделений, основная картируемая единица при средне- и крупномасштабной геологической съемке и первичном расчленении разреза по скважинам.

Она представляет собой совокупность развитых в пределах какого-либо геологического района отложений, которые отличаются от ниже- и вышележащих составом и структурами пород, обусловленных их генезисом (морское, континентальное или вулканогенно-осадочное осадконакопление), комплексом остатков организмов, характером метаморфизма, в ряде случаев геохимическими и петрофизическими характеристиками, каротажными данными и др. Свита должна иметь стратотип.

Главные особенности свиты: наличие устойчивых литологических признаков по всей площади распространения; если нет палеонтологических остатков (свита «немая»), то возраст устанавливается исходя из выше- и нижезалегающих отложений; имеет стратотип; свиты друг от друга отделены ясными контактами.

На геологической карте свита закрашивается цветом системы, к которой она относится по возрасту. Название свита получает по географическому месторасположению стратотипа. Например: $C_{1-2}bs$ – басандайская свита нижнего-среднего карбона.

Свита 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.

Пачка – относительно небольшая по мощности совокупность слоев, характеризующихся некоторой общностью признаков или одним определенным признаком, которые отличают ее от смежных по разрезу пачек в составе свиты (подсвиты) или толщи.

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.

Слой (пласт) – литологически более или менее однородные маломощные отложения, отличающиеся по вещественному составу или по остаткам организмов и ясно отграниченные от ниже- и вышележащих слоев.

Маркирующий горизонт – широко распространенные и фиксируемые на определенном стратиграфическом уровне относительно маломощные отложения (пачка, слой), выделяемые в полевых условиях на основании особенностей слагающих их пород, наличия остатков определенных организмов и их скоплений 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.). Примером маркирующих горизонтов являются: органогенные живецкие известняки чеелевого горизонта Алтае-Саянской складчатой области, битуминозные верхнеюрские аргиллиты баженовского горизонта Западной Сибири и др.).

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

Стратиграфической схемой называется таблица, в которую сведены и скоррелированы местные и региональные стратиграфические подразделения, составляющие полный или частичный разрез некоторого участка земной коры.

Стратиграфические схемы составляются для отдельных районов или их участков (местные схемы), для геологических регионов (региональные схемы) или для более обширных территорий.

Региональные стратиграфические схемы (РСС) должны отражать стратиграфические соотношения и основные особенности разрезов различных частей крупных регионов и показывать возрастные соотношения выделяемых стратиграфических подразделений с общей стратиграфической шкалой и стратиграфическими схемами смежных регионов. РСС по степени унификации стратиграфических подразделений для всего региона квалифицируются как унифицированные, корреляционные и рабочие.

РСС состоят из разделов: общая стратиграфическая шкала, региональные стратиграфические подразделения, корреляция местных стратиграфических разрезов, стратиграфические схемы смежных регионов (рис. 15).

В разделе с общей стратиграфической шкалой приводят названия общих стратиграфических подразделений – система, отдел, ярус, зона. В разделе с региональными стратиграфическими подразделениями приводятся названия горизонтов и характерные комплексы органических остатков, привлеченные для обоснования расчленения и корреляции данной системы в регионе.

В разделе «Корреляция местных стратиграфических разрезов» сопоставляются стратиграфические разрезы, характеризующие особенности отложений системы в различных районах. Колонки местных стратиграфических разрезов размещают с учетом их географического положения (с запада на восток или с севера на юг). В основании колонок индексами показывается геологический возраст подстилающих толщ. В характеристику подразделений включают: название местного стратиграфического подразделения (комплекс, серия, свита и т.д.); краткую характеристику пород, наиболее характерные формы фауны или флоры, мощность отложений, характер взаимоотношений с подстилающими и перекрывающими подразделениями.

Согласное залегание (без перерыва) обозначают горизонтальной линией, перерыв, не фиксируемый в масштабе схемы, обозначают горизонтальной волнистой линией. Стратиграфический перерыв, фиксируемый в масштабе схемы, обозначается двумя волнистыми линиями (в кровле и подошве), поле между которыми покрывается вертикальной прямой штриховкой.

В графе «Стратиграфические схемы смежных регионов» помещают сводные разрезы смежных регионов, где указывают название территории, автор и год издания работы, откуда разрез заимствован.

К региональной стратиграфической схеме составляют Объяснительную записку, со схемой районирования. Разработка и решения по созданию РСС производятся на межведомственных региональных стратиграфических совещаниях (МРСС). Решения МРСС отправляются для утверждения на пленум МСК и являются исходным материалом для подготовки легенд к геологическим картам среднего и крупного масштаба.

МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИИ

Одной из важнейших задач стратиграфии является определение возраста стратиграфических подразделений. Для выяснения возраста существует два направления: относительное и абсолютное летоисчисление (геохронология).

Относительная геохронология определяет возраст геологических объектов и последовательность их образования стратиграфическими методами. Относительная геохронология проводится при помощи *палеонтологических (биостратиграфических) и непалеонтологических методов*. Для позднего докембрия и фанерозоя ведущими являются палеонтологические методы.

Абсолютная геохронология устанавливает возраст горных пород в астрономических единицах (годах). В этом случае используются *радиологические методы*.

ОСНОВЫ ПАЛЕОНТОЛОГИИ

Палеонтология – наука о древних растениях и животных. В разделе приведены краткие сведения об ископаемых остатках, описаны условия существования, указаны горные породы, в которых они могут захороняться.

Царство растений.

Низшие растения. Водоросли. Водоросли живут везде: в воде и на суше. Их обнаруживают в карбонатах, алевролитах, аргиллитах, кремнистых и других осадочных породах. В основном водоросли живут в мелководных водоемах, иногда опускаясь до глубины 180-200 м.

Золотистые водоросли. К золотистым водорослям (наннофоссилиям) относят одноклеточные, колониальные, редко многоклеточные организмы золотисто-желтой или бурой окраски: состоящие из целлюлозы (динофлагелляты), известковые (кокколитофориды), кремневые (силикофлагелляты). По среде обитания – пресноводные и морские организмы. По образу жизни – обычно планктонные (фитопланктон) организмы. Движение осуществляется с помощью одного-двух жгутиков и псевдоподий. В ископаемом состоянии сохраняются панцири.

Динофлагелляты P-Q – одноклеточные жгутиковые водоросли с панцирем из клетчатки (целлюлозы). Панцирь (циста) состоит из нескольких покровных пластин. Большинство динофлагеллят живут в морях. Современные динофлагелляты являются одной из важнейших составляющих морского планктона. Диноцисты эффективно используются для расчленения и корреляции верхнемезозойских и кайнозойских отложений.

Кокколитофориды T-Q. Микроскопические одноклеточные жгутиковые фотосинтезирующие организмы (водоросли) с двумя

жгутиками; имеют размеры порядка 30 мкм. Живут преимущественно в морских условиях. Кокколитофорида – теплолюбивые организмы. Их скопления образуют карбонатные илы. Являются основной составляющей писчего мела. Планктонные морские организмы.

Силикофлагелляты К-Q – группа золотистых водорослей с одним жгутиком и псевдоподиями. Скелет внутренний, его основу образует кремневый каркас. Силикофлагелляты представляют собой одноклеточные морские эвритермные планктонные организмы.

Диатомовые водоросли К-Q. Одноклеточные, одиночные, реже колониальные организмы. Клетка имеет наружный кремневый панцирь, состоящий из двух пористых створок. Размеры 0.75-2.0 мм. Обитают в континентальных и морских водоемах, а также во влажной почве. Преимущественно планктон. Диатомовый анализ имеет большое значение для стратиграфии кайнозойских отложений всех частей света.

Высшие растения. Псилофиты (Риниофиты, или Протериодофиты) S-D. Это первые наземные растения, споровые, имели травянистый облик, высотой 20-70 см, не имели настоящих корней и листьев, обитатели литорали. Играют архистратиграфически важное значение для расчленения силурийско-девонских отложений, являлись первыми углеобазователями (барзасситы), показатели палеогеографических условий (прибрежное мелководье водоемов различной солености), дали начало всем растениям на Земле.

Лепидодендроновые С-Р. Это споровые растения, древесные, высотой 30-40 м, ствол иногда дихотомировал, создавая ветвистую крону, у них не было настоящих корней и листьев. Имели корнеподобные образования – стигмарины, листовые подушки – филлоиды. Имеют стратиграфически важное значение для расчленения карбон-пермских отложений, образователи каменного угля, обитатели гумидного климата, заболоченных участков, мангровых зарослей.

Каламитовые С-Р. Это споровые растения, древесные, высотой до 20 м, имели членистое строение стебля, мутовчатое расположение ветвей и листьев. Обитатели гумидного климата. Имеют стратиграфически важное значение для расчленения карбон-пермских отложений, образователи каменного угля, обитатели гумидного климата, заболоченных участков.

Споровые папоротники D₂-Q. Это споровые растения, древесные и травянистые. Вайя (рассеченный лист) может быть разнообразной формы. Обитатели гумидного и умеренного климата. Для мезозоя наиболее характерны роды *Cladophlebis* и *Coniopteris*.

Семенные папоротники С-Р. Это голосеменные папоротники. Были высокими древесными до 110 м растениями. Вайя разнообразной формы. Обитатели гумидного климата.

Кордаитовые С-Р. Голосеменные древесные, низкостебельные растения высотой до 30 м. Они были с воздушными корнями (образовывали мангровые заросли). Листья у них были языковидной

формы до 1 м. Играют важное значение для стратиграфии карбон-пермских отложений, показатели умеренного и тропического климата, а также слагали каменные угли.

Гинкговые MZ-KZ. Голосеменные, листопадные деревья, до 40 м. Листья у них веерообразные, двулопастные. Обитатели бореального климата, реже тропического. Имеют стратиграфически важное значение для расчленения юрских-меловых отложений, принимали участие в образовании каменного угля, обитатели гумидного климата, заболоченных участков.

Чекановские MZ (J-K). Голосеменные, древесные растения. Листья узкие отходили от укороченного побега. Имеют стратиграфически важное значение для расчленения юрских-меловых отложений, принимали участие в образовании каменного угля, обитатели гумидного и умеренного климата, заболоченных участков.

Беннеттитовые MZ. Голосеменные, древесные с высоким колоннообразным, либо низким расширенным стволом. Были обитателями тропиков.

Стратиграфическое значение растений велико. Особенно важную роль играют вымершие растения: псилофиты S-D, лепидодендроновые C-P, каламитовые C-P, семенные папоротники C-P, кордаитовые C-P, чекановские MZ, беннеттитовые MZ.

Царство животных.

Фораминиферы €-Q. Морские одиночные организмы, ведущие планктонный или бентосный образ жизни. Стратиграфическая ценность фораминифер вызвана их небольшими размерами и массовой встречаемостью. Планктонные фораминиферы пережили рубежи (сокращения численности видов): конец мела, средний эоцен, ранний миоцен. Каждый раз после сокращения числа видов следовал всплеск образования новых видов. Многие виды планктонных фораминифер имеют короткий хронологический интервал жизни и удобны для использования в зональных стратиграфических схемах.

Эволюционные этапы изменения фораминиферовых сообществ связаны с крупными этапами глобальных событий в истории Земли.

Раннепалеозойский (€-S). Приходится на каледонский тектонический цикл. Существовали примитивные преимущественно однокамерные формы с органической или агглютинированной раковиной.

Среднепалеозойский этап (D-C₁) связан с началом герцинского тектонического цикла. Появляются формы с высоким уровнем организации: сложные стенки, внутренние перегородки; к концу этого время уже существовали все типы спиральных многокамерных раковин.

Позднепалеозойский этап (C₂-P). Приходится на время большой дифференциации, а затем сокращения морских бассейнов (конец герцинского цикла). В сообществах фораминифер существовали, как «примитивные», так и «продвинутые» формы из предыдущей эпохи. Характерно пороодообразование из многочисленных фораминифер.

Триас-ранний мел (Т-К₁). Время возникновения наибольшего числа крупных таксонов (10 отрядов) и наибольшего таксономического разнообразия. К началу этапа вымирают «продвинутые» палеозойские группы (фузулиниды и др.). Этот кризис фауны связан с глобальной позднегерцинской регрессией. Появился планктонный тип фораминифер.

Поздний мел К₂. Благоприятные условия для расселения планктонных фораминифер, что связано с широчайшей трансгрессией. Произошло убыстрение темпов эволюции.

Палеоген (Р). Начинается с регрессии, которую сменила трансгрессия. На границе мела и палеогена произошла значительная перестройка всего органического мира. Кризисные явления связаны с космическими причинами (иридиевое событие). Вымирают многие планктонные группы. Возникают и быстро развиваются нуммулитиды.

Неоген-квартер (N-Q). Проходил в исключительно разнообразных физико-географических условиях. В это время фораминиферы уже заселяли мелководные и глубоководные участки морей и океанов во всех климатических провинциях, а также полузамкнутые и изолированные бассейны ненормальной солености.

Фораминиферы имеют большое значение для разработки детальной стратиграфии, особенно в «закрытых» регионах. Они широко используются для местной, региональной и субглобальной стратиграфии.

Зональная шкала по фораминиферам разработана, начиная с карбона. Эта шкала в некоторых случаях позволяет выделять возрастные интервалы с точностью до 1.5 млн лет.

Для многих регионов существуют отдельные и параллельные стратиграфические схемы по планктонным и бентосным фораминиферам.

Для молодых отложений используется определение абсолютного возраста осадка по изотопу кислорода из раковин фораминифер.

Радиолярии € (?) O-Q. Это морские одиночные организмы, ведущие планктонный образ жизни. Используются в стратиграфии мезозойских отложений. Особенно важны при изучении кремнистых отложений. Меловые и кайнозойские радиолярии широко используются для стратиграфии кремнистых осадков Русской и Западно-Сибирской плит. Создана зональная шкала по радиоляриям для расчленения юры и мела Палеотетиса, Дальнего Востока, Японии, Калифорнии.

В настоящее время создается шкала последовательности радиоляриевых комплексов для девона и карбона Русской плиты.

Используются радиолярии для биостратиграфии триаса в Тихоокеанском поясе. Терригенно-кремнистые триасовые отложения распространены на значительной территории севера Тихоокеанского подвижного пояса в Карякском нагорье, Приамурье, Сихоте-Алиня, Японии, Аляски и др. По фациальному происхождению и по структурному положению отложения триаса в этих районах близки между собой. Триас часто входит в состав аккреционных комплексов, для которых характерны шарьяжные горизонтальные перемещения по оси

континент-океан. Эти комплексы формировались в открытой области океана у зон субдукции океанических поднятий и островных дуг. В данных комплексах происходит смешивание молодых осадочных толщ океанического склона и более древних толщ континентальной окраины. Литологический состав обоих комплексов терригенно-глинистый. Для установления стратификации и возраста толщ используются радиолярии.

Пориферы V-Q. Губки являются примитивными многоклеточными животными. Губки – морские и пресноводные, одиночные и колониальные, бентосные организмы. Заросли известковых губок входят в состав современных и древних рифов. Спикулы кремнистых губок слагают породы: спонголиты, яшмы, трепелы, опоки.

Археоциаты ϵ_1 . Морские одиночные и колониальные, бентосные организмы. Являются одной из важнейших групп фауны в биостратиграфии нижнего кембрия. Служат для дробного стратиграфического расчленения на зоны в региональных схемах нижнего кембрия Сибири и корреляции карбонатных отложений.

Книдарии V-Q. Из типа книдарий для стратиграфии наиболее важными являются кораллы. Стратиграфическое значение палеозойских табулят и тетракораллов ограничивается региональными и местными схемами. Табуляты используются в стратиграфии ордовика и силура. Тетракораллы приобретают большое значение, начиная с девона и особенно в карбоне. По ним выделены зоны широкого географического распространения.

Брахиоподы ϵ -Q. Наибольшее стратиграфическое значение имеют замковые брахиоподы. Это морские, одиночные, бентосные животные. Для ордовикских-пермских отложений они являются одной из важнейших групп фауны, используемой в региональной стратиграфии, для выделения горизонтов.

Моллюски ϵ -Q. Наибольшее стратиграфическое значение приобретают в мезозое.

Двустворчатые моллюски ϵ -Q. Водные, преимущественно морские, одиночные, бентосные животные. Они служат для разработки региональных и местных стратиграфических схем. Некоторые группы являются архистратиграфически важными, например, монотисы – для триаса, бухии для средней юры-неокома, иноцерамы для мела. По бухиям существует зональное расчленение средней юры и неокома Северо-Востока России, по иноцерамам – верхнего мела Северного полушария.

Головоногие моллюски ϵ_3 -Q. Морские, одиночные, нектонные организмы. Являются важнейшей группой фауны, особенно аммоноидеи, для верхнего палеозоя – мезозоя. Гониатиты важны для стратиграфии девона. Для триаса важнейшими являются цератиты. Для стратиграфического расчленения юры – мела главными являются аммониты. На головоногих моллюсках строится биостратиграфическое расчленение всех систем мезозоя.

Членистоногие V-Q. Среди членистоногих важное стратиграфическое значение имеют трилобиты и остракоды.

Трилобиты PZ – морские, одиночные, бентосные организмы, ортостратиграфически важная группа для кембрия. По трилобитам составлены схемы кембрия: североамериканская, европейская, сибирская, австралийская, китайская. Стратиграфическую корреляцию по этим схемам провести трудно в силу эндемичности комплексов трилобитов.

Остракоды €-Q – низшие одиночные ракообразные. Остракоды важны для стратиграфических сопоставлений морских, лагунных и континентальных отложений.

Начиная с ордовика, существуют стратиграфические схемы, где используется последовательная смена остракодовых зон и комплексов. Иногда для отдельных территорий удается создать несколько биостратиграфических последовательностей по остракодам: отдельно по бентосным, планктонным, гладким и скульптурированным формам.

Датировки стратиграфических уровней осадочных толщ по остракодам широко применяются: при изучении «закрытых» площадей; при изучении континентальных отложений; корреляции разнофациальных отложений. Для территории России по остракодам существуют стратиграфические схемы для всех систем, кроме докембрия. Применяются термины «зона» и «слои с фауной».

Иглокожие €-Q.

Морские пузыри O-D. Вымершие наиболее примитивные из иглокожих. Одиночные, морские, бентосные организмы, скелет состоял из стебля, шаровидной чашечки и редко рук.

Морские лилии O-Q – одиночные, морские бентосные организмы, скелет которых состоит из стебля чашечки и рук.

Морские ежи O-Q. Одиночные, морские организмы, ведущие подвижный бентосный образ жизни. Играют большое значение для расчленения карбонатных верхнемеловых отложений.

Граптолиты €-С. Вымершие колониальные организмы, имевшие прочный склеропротеиновый скелет, планктонные. Они являются архистратиграфической группой фауны для биостратиграфии ордовика-силура и нижнего девона – по ним устанавливаются граптолитовые зоны. Находки граптолитов всегда важны, так как позволяют надежно коррелировать стратиграфические подразделения, в которых они встречаются, с соответствующими общими и региональными подразделениями.

Конодонты €₃-Т. Микроскопические зубовидные остатки одиночных, морских, нектонных организмов.

Конодонты успешно применяются для решения главных задач стратиграфии – установления возраста и сопоставления разнофациальных и удаленных друг от друга стратонтов. Конодонты сыграли большую роль в конструировании геохронологической шкалы. Для промежутка времени с позднего кембрия до конца триаса созданы зональные шкалы,

насчитывающие около 130 зон. Вследствие этого геологический разрез может быть разбит на временные интервалы продолжительностью около 2 млн лет, а точность сопоставлений составляет около 1 млн лет. Такая детальность позволяет выявить скрытые перерывы в осадконакоплении и уровни переотложений, что обычно связано с этапами тектонической активности. Возможность такого широкого использования конодонтов связана с:

- их встречаемостью во всех типах морских отложений в количестве от единиц до 1000 экземпляров на 1 кг породы;
- возможностью сколь угодно детального отбора проб, вплоть до сантиметрового и бороздового опробования;
- кислотоустойчивостью скелетных остатков, что позволяет отбирать массовый материал;
- четкостью морфологических признаков и их быстрой изменчивостью во времени.

Существует зависимость окраски конодонтов от увеличения палеотемператур катагенеза. При температурах от 360 до 800^o С цвет конодонтов меняется от черного с белесостью до белого молочного опоковидного, что является неперспективным на поиски нефти и газа, т.к. при таких температурах углеводороды разрушаются (табл. 2).

Изменение окраски конодонтов в зависимости от степени метаморфизма пород (Петросянц, Овнатанова, 1985 г.)

Табл. 2

Индекс окраски конодонтов	Цвет конодонтов	T ^o С	Тип скопления
1	Светло-желтый, прозрачный	50-80	газ
1.5	Светло-желтый, почти прозрачный	50-90	газ
2	Желто-коричневый	60-140	нефть
3	Темно-коричневый	110-200	конденсат
4	Темно-коричневый, пятнистый	190-300	газ
5	Темно-серый, почти черный	300-480	газ
6	Черный с белесостью	360-550	Углеводороды разрушаются, нельзя ожидать углеводородных скоплений
7	Белый молочный	480-720	
8	Белый молочный, опоковидный	800	

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ (ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ) МЕТОДЫ

Это методы, в которых применяется палеонтология в стратиграфии. Органический мир Земли непрерывно и необратимо изменяется и каждому отрезку геологического времени отвечают характерные только для него растения и животные.

Слои можно сравнивать по их палеонтологической характеристике. Закон о необратимости эволюции органического мира: организм никогда не сможет вернуться к предковому состоянию, даже если он окажется в обстановке, близкой к условиям обитания предков, в истории развития организмов не может быть повторения одинаковых растений и животных.

Одинаковые условия обитания могут привести к морфологическому сходству даже разных типов, но не к идентичности форм. Например: рыбы-ихтиозавры-дельфины; кораллы-рудисты. Это явление называется *конвергенцией*.

Таким образом, одновозрастные отложения близкого временного происхождения содержат сходные комплексы органических остатков. Использование биостратиграфических методов базируется на явлении непрерывной и необратимой эволюции органического мира. Каждый биологический вид имеет ограниченное время существования и, комплекс видов исчезнув, уже никогда не появляется вновь. В результате каждому отрезку геологического времени отвечает характерный комплекс органических остатков.

Для позднего протерозоя (рифей, венд) значение биостратиграфии невелико по причине редкости находок органических остатков, вызванного отсутствием у протерозойских организмов жесткого скелета.

Для геохронологии раннего протерозоя и архея биостратиграфия практически не применяется.

Значение различных групп для биостратиграфии неодинаково (рис. 16). Граптолиты, аммониты имеют архистратиграфическое значение в планетарном масштабе (нектон, планктон). Бентосные организмы в региональной стратиграфии играют большую роль. Для закрытых районов, изучаемых буровыми скважинами, огромное значение имеют микроскопические организмы (фораминиферы, одноклеточные водоросли, споры и пыльца растений).

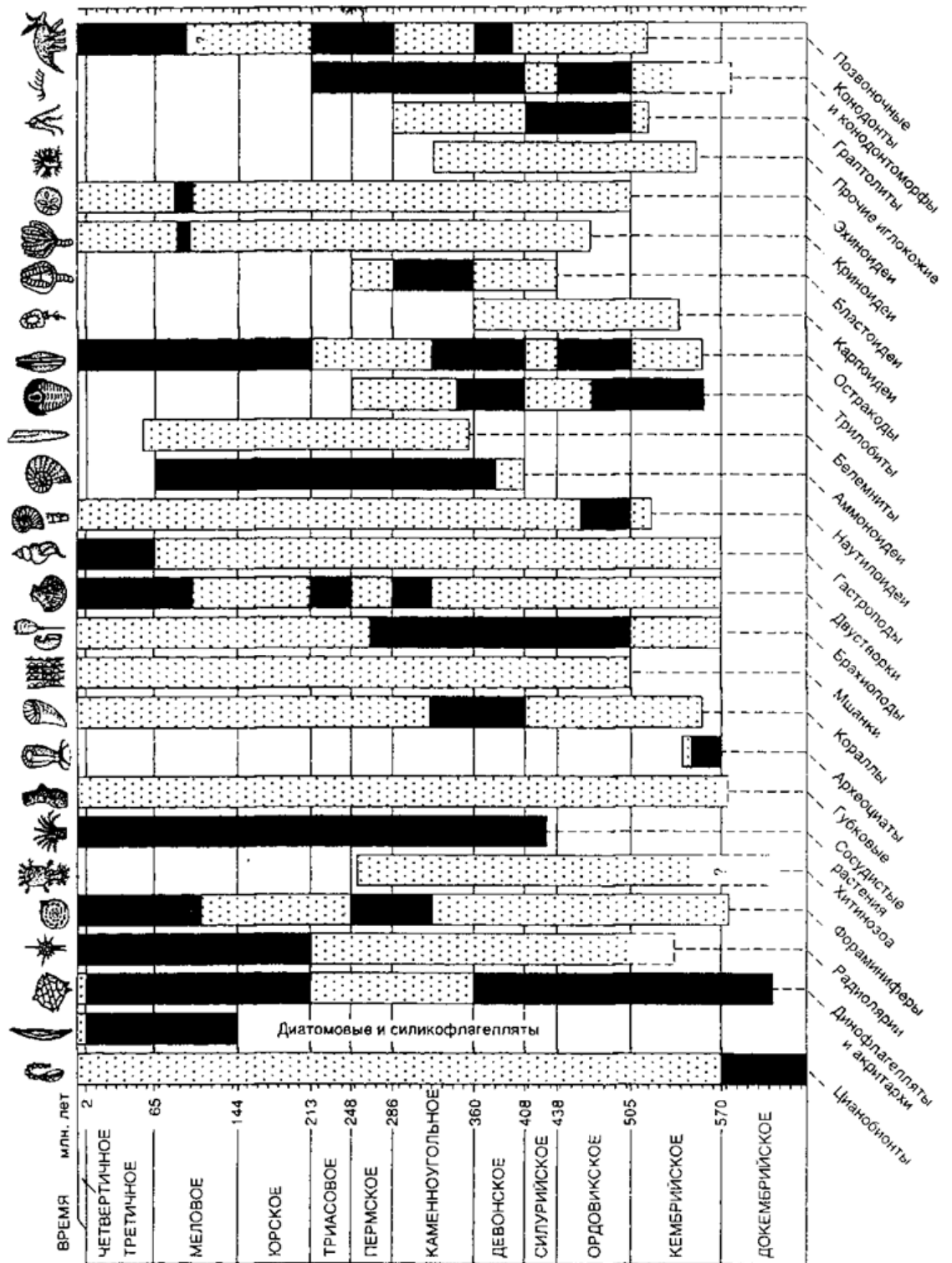


Рис. 16. Стратиграфическое значение главных групп организмов
(П. Рич и др., 1997)

Метод руководящих форм.

Руководящие формы – это органические остатки, имеющие узкое вертикальное распространение (стратиграфическое) и широкое горизонтальное (географическое). Расселившись на значительной территории и в большом количестве, эти организмы существовали короткий промежуток времени (табл. 3).

Долгое время этот метод был в стратиграфических исследованиях основным. С помощью него на всех материках были установлены большинство систем, отделов, ярусов. Этот метод был первым палеонтологическим методом. В стратиграфию его ввел Г. Брони в середине 19 века и создал первый атлас руководящих форм беспозвоночных.

Например, для раннего кембрия характерны археоциаты, трилобит *Paradoxides* характерен для среднего кембрия, фораминиферы швагерины – для ранней перми, брахиоподы *Obolus apollinis* Eichwald характерны для тремадокского яруса ордовика, аммонит *Cadoceras elatmae* Nikitin характерен для келловейского яруса юрской системы. Таким образом, руководящими ископаемыми могут быть виды, роды и более крупные таксономические группы (отряды, семейства, классы, тип, отдел).

Применяя метод руководящих форм необходимо учитывать их пространственное распространение. Наряду с широко распространенными (*космополитами*) видами существовали виды, обитавшие на ограниченной площади (*эндемики*). В живете Алтае-Саянской складчатой области брахиоподы *Acrospirifer cheehiel* встречаются широко, по ним проведен чеелевый горизонт, который является маркирующим, но провести по ним корреляцию с разрезами других регионов нельзя, так как из-за своего локального распространения они нигде в мире больше не встречаются.

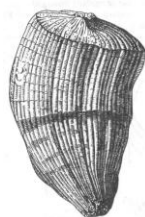
В основе метода руководящих форм лежит постулат о том, что руководящие формы приурочены во всех районах к одному и тому же стратиграфическому уровню, следовательно, это предусматривает их одновременное появление и вымирание. Однако это не возможно, чтобы один и тот же вид возник одновременно во многих районах земного шара. Он появляется в одном месте, а затем расселяется по земной поверхности. Этот недостаток метода руководящих форм ограничивает его применение, поэтому его можно применять в комплексе с другими методами.

Руководящие формы мезозоя-начала кайнозоя

Табл. 3



Nummulites P-N



Hippurites K₂



Ventriculites K₂



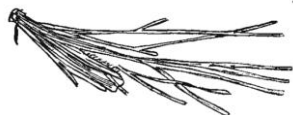
Echinocorys K₂-P₁



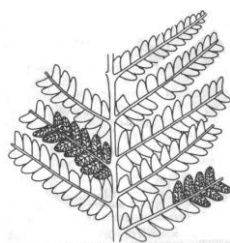
Белемнит J-K



Inoceramus J-K



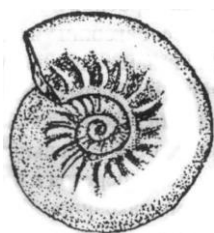
Чекановские J-K



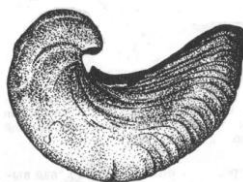
Cladophlebis J-K



Buchia J₂-K₁



Craspedites J



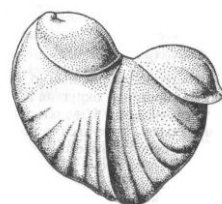
Gryphaea J



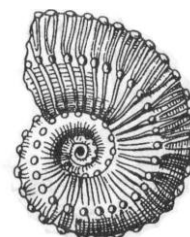
Virgatites J_{3v}



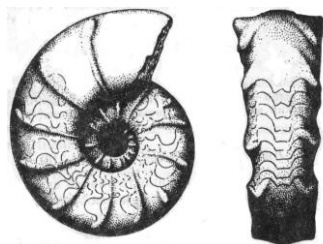
Perisphinctes J_{3o}



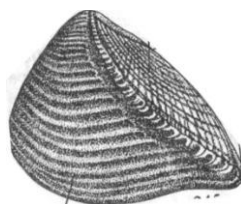
Diceras J₃



Kosmoceras J_{2c}



Ceratites T₂



Trigonia T₃-K₁



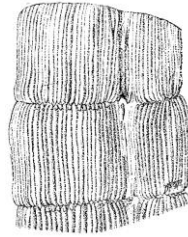
Encrinus T₂

Руководящие формы палеозоя

Продолжение табл. 3



Лепидодендроновые С-Р



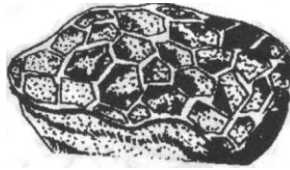
Каламитовые С-Р



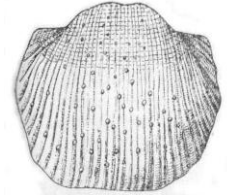
Кордаитовые С-Р



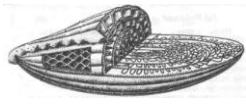
Семенной папоротник С-Р



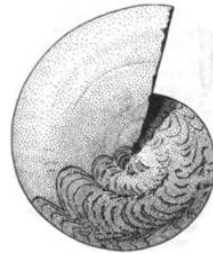
Michelinia C



Productus C



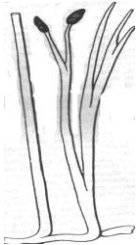
Fusulina C₂₋₃



Timanites D₃



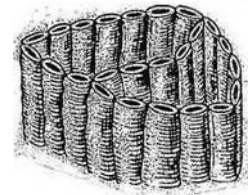
Acrospirifer cheehiel
D_{2gv}



Псилофиты S-D



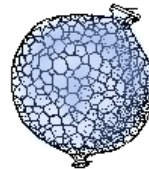
Conchidium S



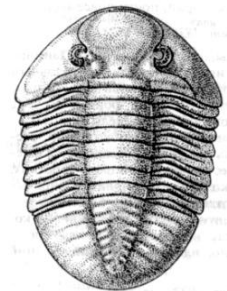
Halysites O-S



Endoceras O



Echinospaerites O₂₋₃



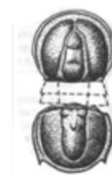
Asaphus O₁₋₂



Археоциаты €₁



Paradoxides €₂



Agnostus €₃

Метод руководящих комплексов.

Руководящий комплекс – совокупность всех органических остатков, появившихся в разрезе. В основе метода лежит неповторимость каждого комплекса. В отличие от метода руководящих форм в этом методе используется весь имеющийся палеонтологический материал. Преимущество метода заключается в том, что выводы о возрасте отложений и стратиграфическая корреляция разрезов осуществляется на совокупности всей встречающейся в толще фауны или флоры, а не на базе одиночных руководящих форм. Поэтому вероятность ошибки для целей стратиграфии снижается. В последнее время данный метод является основным в биостратиграфии.

На графике «а» (рис. 17) видно, что в однообразной по литологии толще пород сменяются пять палеонтологических комплексов. В разрезе выделяются руководящие формы, не заходящие за границы ниже и вышележащих слоев. Они называются характерные, или контролирующие. Встречаются формы, которые появляются в предыдущем слое и исчезающие в вышележащем, а также формы, впервые появляющиеся в данном слое и переходящие в вышележащие. Такие организмы фиксируют начало изучаемого разреза. Возможны формы, которые заканчивают свое существование в данном слое, их называют доживающие. Существует еще одна группа организмов, которая имеет большое вертикальное распространение, встречающаяся сразу в нескольких слоях. Их называют транзитными. Комплекс называют по типичному виду (вид-индекс). Устойчивость выделенного комплекса проверяется на нескольких разрезах. На графике «б» все семь пачек слоев имеют собственный набор окаменелостей, однако видно, что они повторяются в пачках 1 и 3; 2 и 4; 5 и 7, что связано с близостью фаций. Таким образом, в разрезе присутствуют уже не семь палеонтологических комплексов, а только 2 (1-4 и 5-7).

Палеоэкологический метод. Данный метод учитывает зависимость фаунистических комплексов от физико-географических, фациальных условиях. Поскольку нередко фациальные изменения приводят к тому, что разновозрастные фаунистические комплексы отличаются и их признают разновозрастными. И, наоборот, фаунистические комплексы разного возраста при сходных физико-географических обстановках становятся похожими.

Этот метод дополняет палеоэкологический метод и метод руководящих комплексов и позволяет провести корреляцию разнофациальных разрезов.

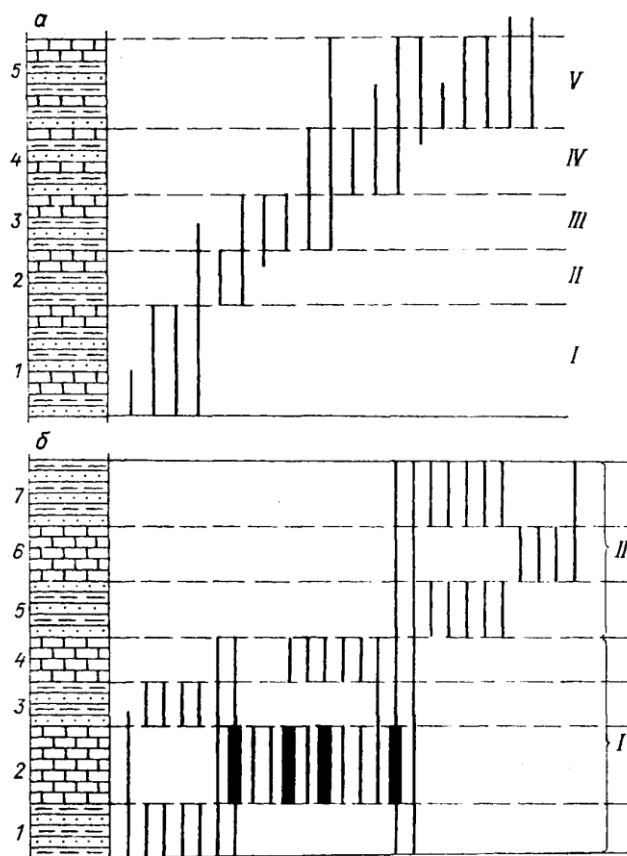


Рис. 17. Выделение разновозрастных палеонтологических комплексов (Владимирская и др., 1985)

Эволюционный (филогенетический) метод.

Суть метода заключается в выяснении последовательности смены родственных организмов на основании эволюционного развития. Так как в процессе эволюции происходит увеличение разнообразия организмов, усложняются их организация, усложняются функциональные особенности. Вынужденные приспосабливаться к изменениям среды обитания организмы со временем меняют морфологические особенности, поэтому появляются новые таксоны. Потомки устроены более прогрессивно, чем их предки, встречающиеся в более древних отложениях. Используя эволюционный метод, необходимо проследить филогенез какой-то родственной группы.

Хорошим примером в использовании этого метода служат аммоноидеи с различной перегородочной линией (рис. 18).

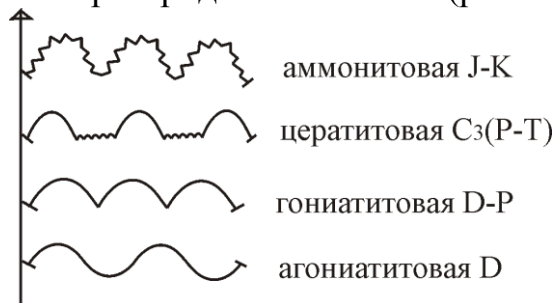


Рис. 18. Типы и эволюция лопастных линий аммоноидей

НЕПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Литологический метод. Суть метода заключается в выделении интервалов разреза, отличающихся от ниже и вышележающих по цвету, вещественному составу, структурно-текстурными особенностями. Образование этих интервалов отражает определенные физико-географические условия формирования осадка. Литологические критерии являются ведущими при установлении границ и определении объема местных стратиграфических подразделений.

Петрографический состав – одна из главных характеристик для выделения местных стратиграфических подразделений. Границы местных стратиграфических подразделений проводятся по появлению петрографических разновидностей (например, прослойки песчаников в глинистой толще, примесь глауконита и т.д.).

Слоистость – это один из основных критериев расчленения. Слой – это геологическое тело, сложенное петрографически однородным материалом, ограниченное более или менее плоскими поверхностями наложения.

Окраска пород также представляет интерес для стратиграфических целей. Первичная окраска связана с генезисом пород: белый цвет может говорить о присутствии каолинита, кварцевого песчаника, известняка; желтый и бурый о лимонитизации; красный цвет показывает присутствие гематита; зеленый является свидетельством наличия в породе хлорита или глауконита; черный цвет говорит о присутствии марганца, высокое содержание органики.

Конкреции важны для целей стратиграфической корреляции, т.к. горизонты с конкрециями выдержаны по латерали. Конкреции – это минеральные стяжения, ясно отличающиеся от вмещающих пород по составу, форме и другим признакам.

Геохимический метод основан на изучении характера распределения и миграции химических элементов в земной коре. Акцент делается на выявление в разрезах повышенных и пониженных концентраций химических элементов и границ, подчеркнутых резким изменением этих перепадов.

Геохимическое изучение осадочных толщ включает в себя: опробование; подготовку проб к аналитическим исследованиям и определение содержания элементов; математическую обработку и интерпретацию полученных результатов. Рекомендуемая частота отбора проб по разрезам составляет 2-4 м. Опробовать необходимо все разновидности пород, предпочитая нижние части слоев.

Экостратиграфический метод (событийная стратиграфия).

Событийная стратиграфия изучает события в истории развития Земли, которые определяются как кратковременное, часто катастрофическое прекращение непрерывности процесса. История развития Земли представляет собой периоды относительно стабильных условий, сменяющихся эпизодами быстрых изменений. Многие из этих событий приурочены к границам подразделений общей стратиграфической шкалы.

Абиотические события фиксируются в разрезах по изменениям вещественного состава, структуры, текстуры, химических, физических и других характеристик.

Причины этих событий: изменения уровня Мирового океана (например, крупные регрессии в среднем карбоне и конце перми зафиксированы в разрезах в виде перерывов и отчетливых изменений литофаций); изменение климата (например, крупная регрессия и оледенение в конце ордовика); геохимические события (например, маломощный глинистый горизонт на границе мела и палеогена, с аномальным содержанием иридия). Абиотические события лежат в основе биотических событий. Биотические события связаны с внезапными или катастрофическими вымираниями групп организмов или появлениями новых таксонов (табл. 4, 5).

Массовые появления в органическом мире Земли

Табл. 4.

Даты		Массовые появления
N ₂	2,8 млн л	Человек
K	97 млн л	Покрытосеменные растения, массовое появление млекопитающих
D-C	360 млн л	Первые наземные беспозвоночные (насекомые и паукообразные), земноводные и рептилии
S	443 млн л	Псилофиты – первые наземные растения
Є ₁	535 млн л	Минеральный скелет в царстве животных
RF ₃ -V	1,0-0,7 млрд л	Многоклеточные (водоросли, бесскелетные беспозвоночные)
PR ₁	1,8 млрд л	Эукариоты (одноклеточные: грибы, животные, растения)
AR ₁	3,8 -3,5 млрд л	Прокариоты (бактерии, вирусы, цианобионты) - возникновение жизни

Массовые вымирания в органическом мире Земли

Табл. 5

Даты		Катастрофические вымирания
Р		
К	65 млн л	Аммоноидеи, динозавры, птерозавры
J		
T		
P	251 млн л	Трилобиты, Табуляты, Тетракораллы, Семенные папоротники
C		
D	360 млн л	Псилофиты
S		
O		
Є ₁	509 млн л	Археоциаты

Метод маркирующих горизонтов. Маркирующий горизонт – четко выраженный в разрезе горизонт, который прослеживается от места к месту.

а) чеелевый горизонт с *Acrospirifer cheehiel* D₂ gv в Алтае-Саянской области.

б) базальный конгломерат медленно развивающейся трансгрессии, но он не будет одновозрастным, т.е. маркирующий горизонт не всегда дает четкую параллелизацию разрезов, но он может залегать на разных стратиграфических уровнях.

Метод циклического анализа. Ритмостратиграфия.

Метод применяется для ритмично построенных толщ. Характерной особенностью отложений, которые называются ритмичными, является повторение в разрезе литологических элементов (песок – глина – известняк, песок – глина – известняк и т.д.) (рис. 19).

В любой толще пород с циклическим строением можно выделить сочетания слоев, которые наиболее часто повторяются в разрезе. Примером циклическости являются угленосные, соленосные, флишевые толщи, ленточные глины.

Первоначально ритмичное строение толщ было обнаружено в угленосных отложениях, позже и в других типах осадков.

Примером мелкой циклическости являются озерные ленточные глины. Каждый микроцикл состоит из песчаного слоя и более тонкого глинистого. Оба эти слоя образуют годичный цикл (весенне-летний песчаный и осенне-зимний глинистый).

Флишевые отложения, впервые обнаруженные в Альпах, ритмично на слоенные толщи. Особенности флиша: большая мощность осадков; морские осадочные породы; состоят чаще всего из 2-3 литологических разновидностей; разновидности слоев находятся в естественном парагенетическом сочетании; органических остатков нет или мало; иногда в изобилии гиероглифы.

Выявление ритмов позволяет достаточно просто провести стратиграфическое расчленение. Сложнее провести по ритмично построенным толщам стратиграфическую корреляцию. При сопоставлении флиша применяют выявление аномальных (по мощности или другим признакам) прослоев. Крупные циклы сопоставляют по характерным прослоям известняка, соответствующие уровню максимальной трансгрессии, которая прослеживается одновременно по всему бассейну. При сопоставлении континентальных циклов можно использовать пласты угля (уровни максимального угленакопления).

Однако, ритмостратиграфия всегда должна проводиться в комплексе с биостратиграфией.

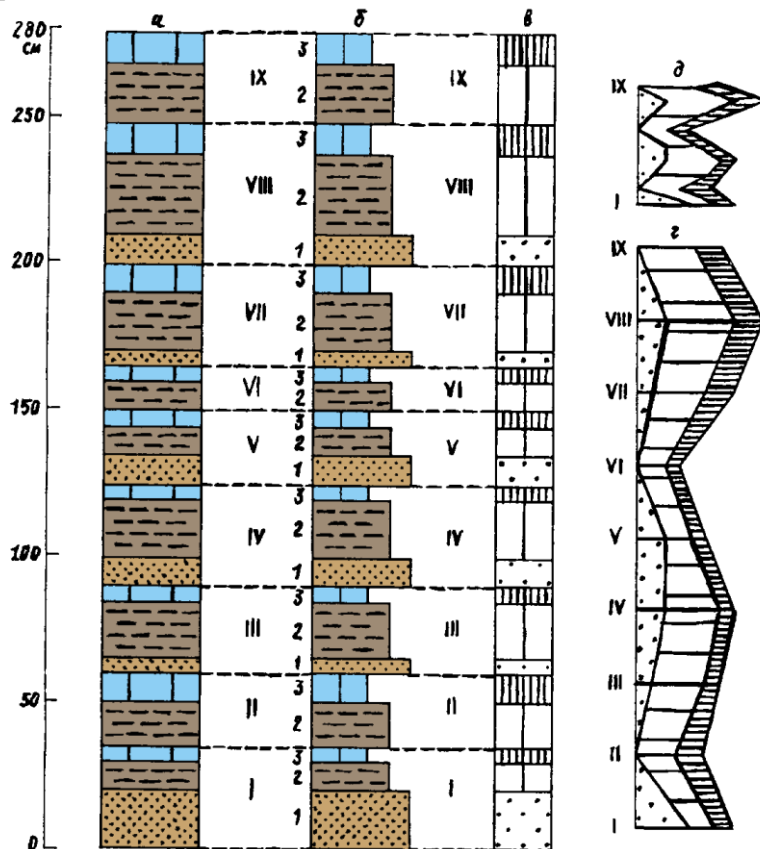


Рис. 19. Построение ритмограмм (а - послойный разрез; б - разрез разделен на ритмы, выделены элементы ритмов(1, 2, 3); в - элементы ритмов заменены произвольными условными знаками; г - ритмограмма колонки ритмов заменена отрезками горизонтальных линий, границы элементов ритмов соединены прямыми линиями; д - ритмограмма разреза в компактном виде

Палеоклиматологический или климатостратиграфический метод.

В основе метода лежит изменение климата. Разработан метод для четвертичных образований, основан на чередовании похолоданий (оледенений или стадиялов) и потеплений (интерстадиялов или межледниковий).

Геофизические методы основаны на сравнении пород по их физическим свойствам. Наиболее распространен электрический каротаж.

Каротажный метод – у различных горных пород разная способность поглощать воду, нефть, промывочную жидкость и это отражается на их электрических свойствах.

По не обсаженному стволу скважины непрерывно измеряют естественное электрическое поле ПС (потенциал собственной поляризации) и КС горных пород (кажущееся удельное сопротивление) т.е. сопротивление горных пород, которое они оказывают прохождению электрического тока. На построенных диаграммах специалист сможет отличить по значениям КС и ПС, где какая порода: глина, песок, карбонатная порода, можно выделять пласты насыщенные нефтью и газом, рудные тела. При этом ПС и КС будут диаметрально противоположны в своих значениях. На диаграммах ПС пески и песчаники будут выделяться минимумом, а на диаграммах КС – максимумом (рис. 20).

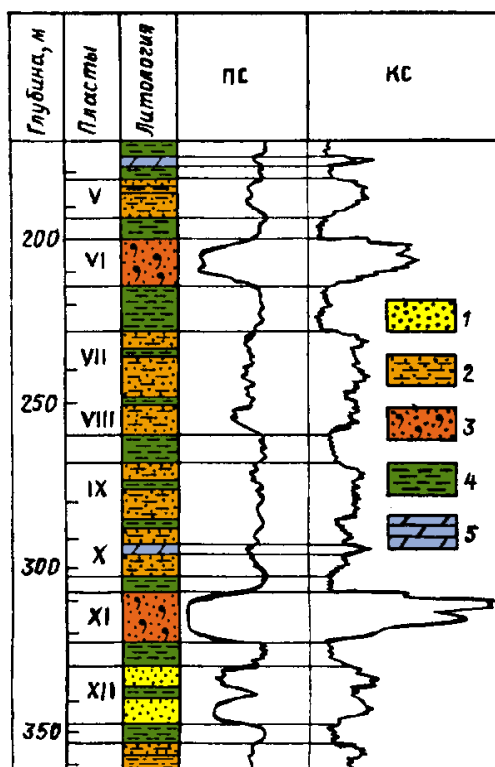


Рис. 20. Расчленение разрезов с помощью каротажных диаграмм (по Итенбергу, 1972); ПС - естественный спонтанный потенциал; КС - кажущееся удельное сопротивление; 1-песчаники; 2-глинистые песчаники; 3-нефтеносные песчаники; 4-глины; 5-мергели

Гамма-каротаж – (радиоактивный) – основан на измерении интенсивности естественного радиоактивного излучения осадочных горных пород. Повышенной радиоактивностью обладают битуминозные породы, соли. Низкой – гипс, ангидрит, доломит.

Результаты различных видов каротажа сравнивают с данными изучения керна. Затем устанавливают литологический состав и последовательность пород в скважине, проводят корреляцию с геологическими разрезами других скважин.

Палеомагнитный метод основан на изучении естественной остаточной намагниченности горных пород. Горные породы сохраняют ту намагниченность, которую они получили во время своего образования, даже когда менялось магнитное поле в данном месте. В истории развития Земля по остаточной намагниченности горных пород зафиксировано множество таких изменений. Менялись и положения магнитных полюсов. Недостаток этого метода в том, что необходимо знать абсолютный возраст пород, в которых устанавливается полярность.

Секвенс-стратиграфический метод. Подразделения секвенс-стратиграфии относятся к группе специальных стратиграфических подразделений. Особенно важна секвенс-стратиграфия для нефтяной геологии, для прогноза нефтегазоматеринских толщ, коллекторов нефти. В основу секвенс-стратиграфии положена эвстатика – колебания уровня моря.

Секвенс – это региональное стратиграфическое подразделение, охватывающее весь бассейн седиментации. Секвенс – это последовательность генетически связанных слоев, ограниченная несогласиями, образованная за один цикл колебания уровня моря. Секвенс рассматривается как определенный седиментологический комплекс отложений, сформированный в течение одного трансгрессивно-регрессивного цикла колебания уровня моря (рис. 21). Секвенсы почти неразличимы в глубоководных разрезах, но отчетливы в краевых частях бассейна и позволяют проследить протяженность разнофациальных литологических тел (рис. 22).

Секвенсы состоят из трех главных частей – системных трактов. Выделяют тракты низкого стояния уровня моря (ТНС), тракты высокого стояния уровня моря (ТВС), трансгрессивный тракт (ТТ). Тракты представляют собой латеральные фациальные ряды, образовавшиеся в различных условиях седиментации, но в определенную стадию трансгрессивно-регрессивного цикла.

Тракт низкого стояния уровня моря представлен фациями конуса выноса, связан с седиментационными потоками подводных каньонов, действующих при снижении уровня моря. Трансгрессивный тракт представлен глинистым конденсированным разрезом, характеризующим трансгрессию на осушенный шельф и приморскую низменность. Он является наиболее выраженным в разрезе. Тракт высокого стояния уровня моря характеризуется накоплением осадков в относительно стабильных

обстановках (аградацией) и заканчивается регрессивным осадконакоплением (проградацией), наращивая конденсированный разрез трансгрессивного тракта.

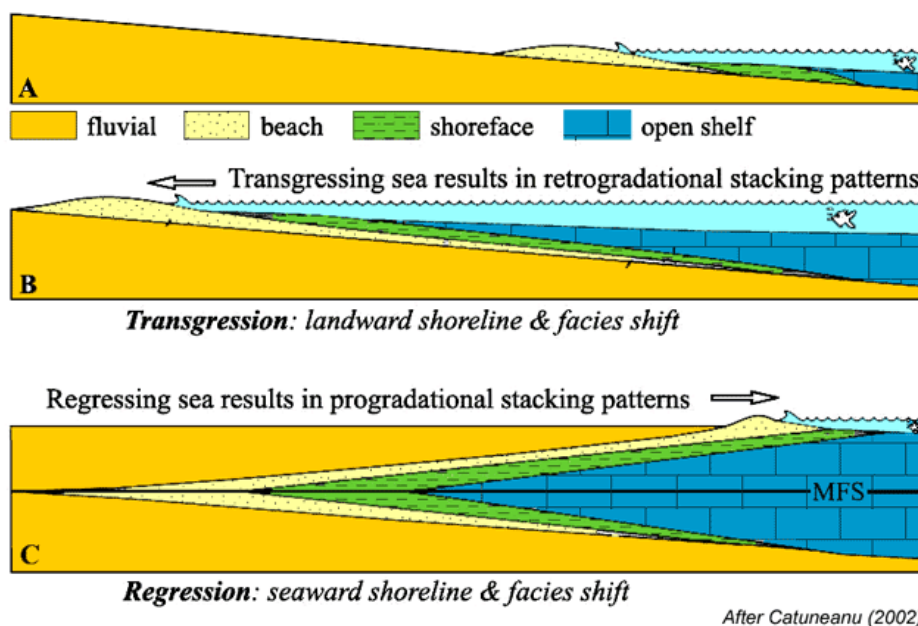


Рис.21. Схема, иллюстрирующая фациальные изменения при трансгрессии и регрессии (по Catuneanu, 2002)

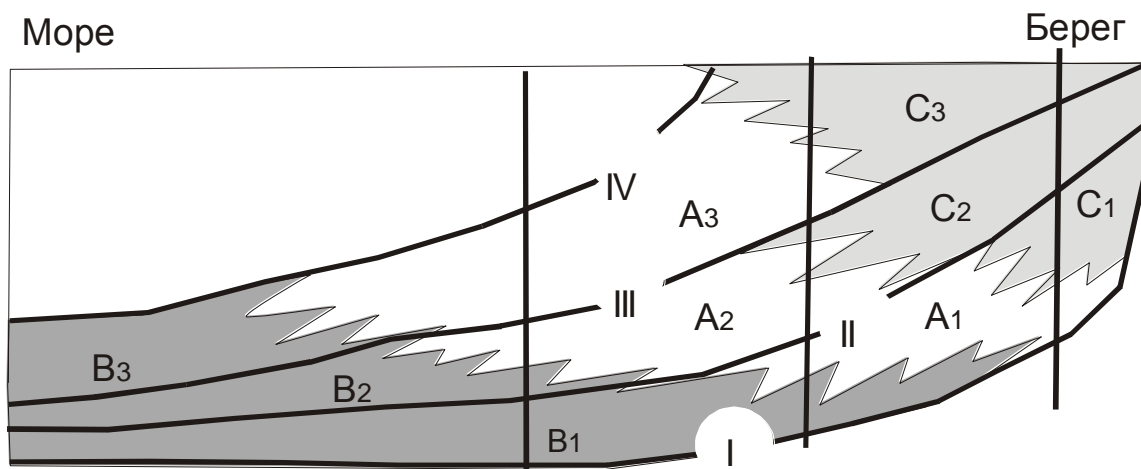


Рис. 22. Схема строения и взаимоотношения секвенсов в латеральном наращивании разнофациальных отложений (по Калинин, 2003)

Секвенсы с нижними границами трансгрессивного налегания представлены определенными рядами фацй, где I секвенс – C₁-A₁-B₁;
 II секвенс – C₂-A₂-B₂; III секвенс – C₃-A₃-B₃

АБСОЛЮТНАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЯ

Абсолютный возраст горных пород (в тысячах и миллионах лет) можно определить радиогеохронологическими методами.

В основе этого метода лежит использование самопроизвольного распада атомов радиоактивных элементов при условии, что скорость оставалась постоянной. Объектами исследований служат метаморфические и изверженные породы любого состава, а также органические остатки (в случае использования радиоуглеродного метода). При этом используются радиоактивные элементы – уран, торий, калий, рубидий и др. Эти химические элементы имеют изотопы – устойчивые (стабильные) и неустойчивые (радиоактивные). У элементов постоянная скорость радиоактивного распада (доказано и рассчитано для каждого элемента опытным путем). Зная скорость распада, количество радиоактивных элементов (продуктов распада), можно определить абсолютную продолжительность жизни элемента, а значит минерала и в конечном итоге горных пород.

В настоящее время широко используются такие методы: свинцовый, рубидий-стронциевый, калий-аргоновый, аргон-аргоновый, самарий-неодимовый, радиоуглеродный.

Свинцовый метод основан на распаде урана и тория на изотопы свинца. Изучают изотопы свинца в радиоактивных минералах (монацит, циркон, уранинит, ортит).

Рубидий-стронциевый метод основан на распаде рубидия и превращению его в стронций. Используются слюды. Период полураспада составляет 47 млрд лет. Применим для докембрийских пород.

Калий-аргоновый метод основан на распаде калия на изотопы аргона. Этот метод применяется при использовании слюд (биотит, мусковит, лепидолит), амфиболов, калиевого полевого шпата, глауконита. Период полураспада калия и образования аргона составляет 1.3 млрд лет. Поэтому подходит для всех интервалов геологического времени.

Самарий-неодимовый метод основан на очень медленном распаде изотопа самария. Считается одним из самых надежных для определения возраста глубокометаморфизованных раннедокембрийских пород.

Радиоуглеродный метод основан на изучении изотопов углерода при образовании его из азота, в реакции с космическими частицами. Углерод накапливается растениями. Период полураспада углерода 5750 лет. Поэтому можно установить возраст пород, которым 50-70 тыс лет (т.е. для четвертичных отложений). Метод используется в археологии, антропологии.

Метод треков осколочного деления урана базируется на том, что во всех минералах, которые содержат уран, возникают структурные изменения, фиксирующие пробег осколков от спонтанного деления урана. Они видны под микроскопом в виде треков. Подсчитывается плотность треков, т.е. число треков на единицу поверхности. Чем больше возраст

минерала, тем больше плотность треков. В последнее время трековый метод стали использовать для определения возраста четвертичных вулканических пород.

Радиогеохронологические методы постоянно совершенствуются, повышается их точность. Наиболее подходящими для радиометрического датирования (кроме радиоуглеродного метода) являются магматические горные породы.

Преимущества абсолютной геохронологии заключаются в следующем: можно определять возраст в астрономических единицах (миллионах лет), применить к «историческому» и «доисторическому» этапам земной истории; метод является основой для докембрия (т.к. здесь почти нельзя применить относительную геохронологию).

Недостатки этих методов: радиоактивные минералы подвержены выветриванию, что приводит к потере радиоактивных элементов и к «омоложению» возраста; радиогеохронологические методы используются для магматических пород, в то время как на земном шаре преобладают осадочные породы.

Методами абсолютной геохронологии выяснены возрастные границы крупных геохронологических подразделений:

Начало кватерна – 1,8 млн лет

Граница KZ-MZ – 65 млн лет

Граница MZ-PZ – 251 млн лет

Граница PZ-PR – 535 млн лет

Граница PR-AR – 2500 млн лет

Образование земной коры – 4600 млн лет.

НЕСОГЛАСИЯ

В связи с тем, что большая часть геологической истории нам неизвестна, она не запечатлена в толщах земной коры, она приходится на перерывы в осадконакоплении, распознавание этих перерывов является очень важной задачей стратиграфа. Перерывы в осадконакоплении – это время, когда на данном участке земной коры осадконакопления не происходит. Перерывы в осадконакоплении фиксируются в несогласном залегании толщ земной коры. Они могут сопровождаться размывами ранее образовавшихся отложений.

Несогласие – перерыв в геологическом разрезе, возникший в результате изменений режима, прервавший осадконакопление на продолжительное время (Данбар и Роджерс, 1962).

Выделяют разные типы несогласий: несогласное перекрытие, угловое несогласие, параллельное несогласие, скрытое несогласие (рис. 23).

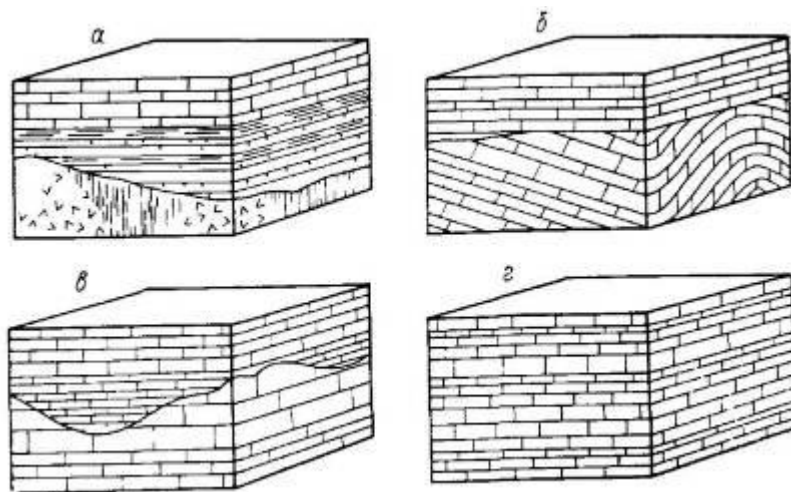


Рис. 23. Четыре типа несогласий (Данбар, Роджерс, 1962)

Несогласное перекрытие (а) – слоистые породы перекрывают неслоистые, вулканические или метаморфические.

Угловое несогласие (б) – толщи залегают под разными углами.

Параллельное несогласие (в) – все слои параллельны, но контакт между толщами представлен неровной эрозионной поверхностью.

Скрытое несогласие (г) – контакт двух толщ является поверхностью напластования.

В первых трех случаях хорошо видно наличие перерыва в осадконакоплении, а в четвертом выражено не структурными, а иными признаками.

Несогласное залегание толщ возникает в том случае, если под воздействием тектонических движений участок земной коры выводился из зоны осадконакопления (воздымался) и подвергался процессам денудации, а

затем опускался и на нем накапливались новые толщи осадков. Несогласия указывают на относительный возраст тектонических движений, обусловивших несогласия. Несогласия могут возникать без участия тектонических движений при размывании осадков придонными течениями, в результате подводных оползней и др.

Понятие о несогласии очень важно в геологии, особенно в геологии нефти и газа, так как многие залежи нефти и газа приурочены к несогласиям. Признаки в разрезах, которые указывают на перерывы в осадконакоплении:

- угловое несогласие;
- кора выветривания;
- признаки выветривания и карстообразования;
- трещины усыхания;
- ископаемые почвы с корневой системой растений;
- прослой конгломератов и галечника;
- породы эолового происхождения;
- если слоистые породы залегают на вулканогенных или метаморфических;
- если осадочная толща залегает на изверженных и не несет следы контактового метаморфизма;
- если осадочные породы залегают на метаморфических;
- признаки существования эрозионной поверхности между двумя толщами, к которым относятся: неровности, следы выветривания нижележащей породы (огнеупорная глина, древняя почва, лимонитизация, окремнение, обызвествление), срезание трещин, прослой песка и гравия, скопление фосфатов, железа, глауконита и марганца;
- если в разрезе пропущено какое-то стратиграфическое подразделение;
- резкая смена литологии;
- резкая смена фауны без смены фациальной обстановки;
- резкая смена в разрезе фауны на флору и наоборот.

ДИАСТЕМА

Это небольшой перерыв в осадконакоплении, обусловленный периодами, в течение которого не происходило отложение осадка или его взмучивания.

Это перерывы, вызванные колебаниями уровня воды в реке и в бассейне стоячей воды.

ТЕСТ ПО СТРАТИГРАФИИ

1. Стратиграфия – это:

а. Изучение органических остатков; б. Анализ осадочных горных пород; в. Изучение последовательности напластования и возрастных соотношений горных пород.

2. Для определения абсолютного возраста горных пород применяются методы:

а. Геохимический; б. Геофизический; в. Филогенетический; г. Радиологический.

3. Для какого стратиграфического подразделения стратотип не нужен:

а. Свиты; б. Хронозоны; в. Яруса; г. Серии.

4. Принцип построения МСШ:

а. Изменения тектонической жизни Земли; б. Изменения органической жизни; в. Изменения палеогеографических условий; г. Изменение климата.

1. Стратиграфическими подразделениями являются:

а. Акрон; б. Зона; в. Фаза; г. Система.

6. Геохронологическими подразделениями являются;

а. Век; б. Отдел; в. Ярус; г. Эонотема.

7. Стратотип – это:

а. Маркирующий горизонт с фауной; б. Эталонный разрез данного стратиграфического подразделения; в. Единица общей стратиграфической шкалы; г. Единица местной стратиграфии.

8. Подразделение местной стратиграфической шкалы:

а. Звено; б. Свита; в. Пачка; г. Горизонт.

9. В. Смит сформулировал принцип:

а. Последовательности напластования; б. Биостратиграфического расчленения и корреляции; в. Необратимости эволюции; г. Неполноты геологической летописи.

10. основополагающим при создании МСШ является принцип:

а. Ч. Дарвина; б. Н. Стенона; в. С. Мейена; г. В. Смита.

11. Стратотип могут иметь:

а. Ярус; б. Акротема; в. Система; г. Зона.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое стратиграфия?
2. Перечислить принципы (законы) стратиграфии.
3. Что такое общая стратиграфическая шкала?
4. Что такое региональная стратиграфическая шкала? Обосновать принципы выделения региональных стратиграфических подразделений. Имеют ли они стратотип?
5. Что такое местная стратиграфическая шкала? Обосновать принципы ее выделения, перечислить все подразделения.
6. Зачем в стратиграфии нужно выделять три шкалы: международную, региональную и местную? В каких соотношения друг с другом могут находиться подразделения этих трех шкал?
7. Перечислить все стратиграфические подразделения и, соответствующие им, геохронологические подразделения.
8. Почему в современной стратиграфии используется метод руководящих комплексов, вместо метода руководящих форм?
9. Что такое абсолютный и относительный возраст? Какой из них дает более точные результаты и почему?
10. Какие непалеонтологические методы применимы в стратиграфии? Привести примеры каждого метода.
11. Что такое стратотип. Требования, предъявляемые к стратотипу.
12. Типы несогласий, признаки в разрезе, указывающие на перерыв в осадконакоплении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габдуллин Р.Р., Копаевич Л.Ф., Иванов А.В. Секвентная стратиграфия: учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 113 с.
2. Глухова Л.В. Общая стратиграфия. – Красноярск: КИЦМ, 1992. – 78 с.
3. Данбар К., Роджерс Дж. Основы стратиграфии. – М.: Изд-во Иностранной Литературы, 1962. – 363 с.
4. Егоян В.Л. Основы общей стратиграфии. – Краснодар: «Просвещение-Юг», 2012. – 159 с.
5. Леонов Г.П. Основы стратиграфии. – М.: МГУ, 1973. – 530 с.
6. Парфенова М.Д. Историческая геология с основами палеонтологии. – Томск: Изд-во НТЛ, 1999. – 524 с.
7. Подобина В.М., Родыгин С.А. Историческая геология: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТГУ, 2000. – 260 с.
8. Практическая стратиграфия // Под ред. И.Ф. Никитина, А.И. Жамойды. – Л.: Недра, 1984. – 320 с.
9. Решения 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003 г.
10. Рич П.В., Рич Т.Х., Фентон М.А. Каменная книга. Летопись доисторической жизни: Пер. с англ. С дополн. И измен. – М.: МАИК «Наука», 1997. – 623 с.
11. Рябчикова Э.Д., Рычкова И.В. Палеонтология: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 136 с.
12. Савина Н.И. Основы и методы стратиграфии. – Томск: Изд-во ТГУ, 2003. – 195 с.
13. Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия. – Л.: Недра, 1979. – 423 с.
14. Стратиграфический кодекс России. Издание третье. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.
15. Стратиграфический словарь мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской низменности. – Л.: Недра, 1978. – 123 с.
16. Халфин Л.Л. Теоретические вопросы стратиграфии. – Новосибирск: Наука, 1980. – 200 с.