



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ

СЕКВЕНТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ

ГАБДУЛЛИН Р. Р.
КОПАЕВИЧ Л. Ф.

ГЕОЛФАК МГУ

КОНСПЕКТ ПОДГОТОВЛЕН
СТУДЕНТАМИ, НЕ ПРОХОДИЛ
ПРОФ. РЕДАКТУРУ И МОЖЕТ
СОДЕРЖАТЬ ОШИБКИ.
СЛЕДИТЕ ЗА ОБНОВЛЕНИЯМИ
НА [VK.COM/TEACHINMSU](https://vk.com/teachinmsu).

ЕСЛИ ВЫ ОБНАРУЖИЛИ
ОШИБКИ ИЛИ ОПЕЧАТКИ,
ТО СООБЩИТЕ ОБ ЭТОМ,
НАПИСАВ СООБЩЕСТВУ
[VK.COM/TEACHINMSU](https://vk.com/teachinmsu).



БЛАГОДАРИМ ЗА ПОДГОТОВКУ КОНСПЕКТА
СТУДЕНТКУ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
СЕМАНОВУ АНАСТАСИЮ СЕРГЕЕВНУ



Содержание

Лекция 1. Введение в предмет «Секвентная стратиграфия».....	5
1.1. Вводное слово о курсе.....	5
1.2. Классическая стратиграфия.....	5
1.3. Принципы Стенона.....	6
1.4. Выделение несогласий. Угловые несогласия	7
1.5. Биостратиграфия.....	7
1.6. Учение о фациях и фациальных анализ.....	9
1.7. Представление о секвентной стратиграфии как о принципиально новой методологической основе изучения строения осадочных комплексов.....	11
Лекция 2. Основные положения секвентной стратиграфии. Модели строения секвенций	15
2.1. Особенности секвентной стратиграфии	15
2.2. Секвенции на сейсмических профилях	16
2.3. Цели и задачи секвентной стратиграфии	18
2.4. Терминология.....	18
2.5. Относительные колебания уровня моря. Связь с циклами глобальных колебаний уровня моря.....	19
2.6. Системы трактов и колебания уровня моря.....	22
Лекция 3. Характеристика системных трактов и фациальных рядов	26
3.1. Системные тракты	26
3.2. Тракт низкого стояния (ТНС).....	27
3.3. Трансгрессивная система трактов.....	31
3.4. Тракт высокого стояния (ТВС).....	34
3.5. Окраинно-шельфовый тракт (ОШТ).....	36
Лекция 4. Парасеквенции. Элементарные части секвенций.....	38
4.1. Термин парасеквенция	38
4.2. Пакеты парасеквенций	39
4.3. Проградационный пакет	39
4.4. Деградационный пакет парасеквенций	40
4.5. Ретроградационный пакет парасеквенций	41
4.6. Агградационный пакет парасеквенций	43
4.7. Конденсированные разрезы и несогласия на сейсмических профилях	46
Лекция 5. Интерпретация сейсмических профилей в свете секвентной стратиграфии	48
5.1. Несогласия и пластовые окончания.....	48
5.2. Отражающие горизонты у верхней границы	48
5.3. Отражающие горизонты у нижней границы.....	49

5.4. Аллостратиграфия	51
5.5. Пластовые окончания и несогласия	53
5.6. Сейсмофации	53
Лекция 6. Типы сейсмофаций. Характеристика системных трактов и фациальных рядов	55
6.1. Типы сейсмофаций	55
6.2. Характеристика системных трактов и фациальных рядов (терригенные отложения)	57
6.3. Тракт низкого стояния	58
6.5. Траггессивная система трактов	60
6.6. Тракт высокого стояния	62
6.7. Окраинно-шельфовый тракт (ОШТ)	64
Лекция 7. Седиментационные системы карбонатного осадконакопления. Тектонические движения	66
7.1. Типы осадконакопления в морских бассейнах	66
7.2. Перерывы	66
7.3. Карбонатные породы, состав и пористость	67
7.4. Карбонатные рампы	69
7.5. Карбонатные платформы и рифы	71
7.6. Тектонические движения	73
7.7. Тектоностратиграфия	75
7.8. Выделение тектоно-стратиграфических единиц: примеры	76
Лекция 8. Связь секвентной стратиграфии и биостратиграфии	81
8.1. Биостратиграфия	81
8.2. Выделение секвенций и систем трактов: методика, примеры	90
8.3. Выводы	92
Лекция 9. Методика изучения керна и скважин с позиции секвентной стратиграфии	93
9.1. Методика изучения керна и скважин с позиции секвентной стратиграфии	93
9.2. Выделение секвенций и систем трактов в керна (примеры)	97
9.3. Выводы	101
Лекция 10. Типы секвенций и систем трактов в керна, на каротажных диаграммах и в обнажениях	102
10.1. Типы секвенций и систем трактов в керна, на каротажных диаграммах и в обнажениях	102
10.2. Примеры систем трактов в обнажениях	102
10.3. Выводы	108
Лекция 11. Секвенции карбонатных разрезов	109

11.1. Секвенции карбонатных разрезов: общие положения	109
11.2. Секвенции карбонатных разрезов.....	111
11.3. Рифы.....	112
11.4. Периферия окраины Тетиса (Перитетис)	113
Лекция 12. Секвенции карбонатных разрезов. Часть 2.....	117
12.1. Периферия окраины Тетиса (Перитетис)	117
12.2. Окраина Тетиса	124
12.3. Выводы	125
Лекция 13. Тектоно-, событийная стратиграфия и их роль в секвентной стратиграфии.	
Эпейрогенические, орогенические движения и методы их изучения	127
13.1. Тектонические движения и методы их изучения	127
13.2. Тектоностратиграфия	132
13.3. Событийная стратиграфия	138

Лекция 1

Введение в предмет «Секвентная стратиграфия»

1.1. Вводное слово о курсе

Стратиграфия - очень многогранная наука. Секвентная стратиграфия – молодой раздел стратиграфии. В данном курсе будут рассматриваться области, которые представляют собой переход от континента к морским или океаническим бассейнам. Областью изучения секвентной стратиграфии являются пассивные окраины континентов или эпиконтинентальные платформенные бассейны прошлого и настоящего.

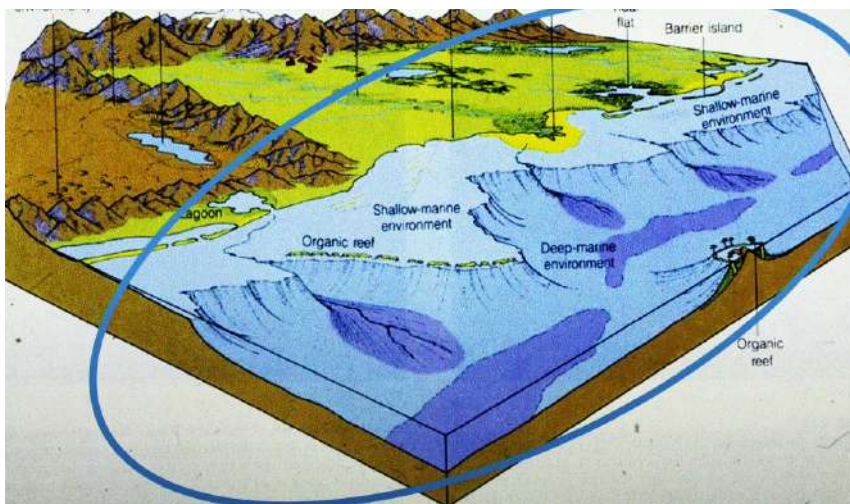


Рис. 1.1. Область изучения стратиграфии

На рис. 1.1. представлены области, которые охватывает раздел стратиграфии. Здесь виден рельеф суши, постепенный переход к морскому бассейну через мелководные области к глубоководным участкам и соответствующие им отложения, которые формируются в современных пассивных океанических окраинах.

Секвентная стратиграфия впервые родилась в Америке, поэтому терминология переводная, а так как любой исследователь переводит часто термины по-своему, то в литературе встречаются самые разные названия.

- Секвентная стратиграфия
- Сиквенс стратиграфия
- Секвенс стратиграфия
- Стратиграфия секвенций
- Классическая стратиграфия

1.2. Классическая стратиграфия

Почему секвентная стратиграфия – раздел стратиграфии? В основе классической стратиграфии и других ее разделах лежат те же самые принципы, которые лежат в основе классической стратиграфии.

Стратиграфия - раздел геологии, который возник ранее других. Развитие стратиграфии и биостратиграфии началось с:

- 1) установления последовательности напластования пород;
- 2) понимания природы окаменелостей;
- 3) выявления зависимости между составом окаменелостей и последовательностью напластования;
- 4) признания изменений органического мира во времени и признание его необратимости.

Установление последовательности напластования пород проводилось не только учеными. На фреске Леонардо да Винчи (1470-1480), которая была написана в одном из соборов Италии, написан фрагмент каменоломни, где хорошо видно, как плитчатый слой сменяется галечным слоем. Художник отметил особенности.

Понимание природы окаменелостей (17-18 века). Слои содержали в своем составе органические остатки, иногда они имели хорошую сохранность. Попутно приходило понимание того, что в определенных слоях, похожих по вещественному составу и расположению, находятся одни виды окаменелостей.

Выявления зависимости между составом окаменелостей и последовательностью напластования. Когда исследователи стали рисовать стратиграфические колонки, показывая определенными значками вещественный состав пород, они демонстрировали при этом слои одного и того же состава, в которых содержатся одни и те же окаменелости, это позволяло им говорить об одновозрастности этих слоев и определять перерывы, которые присутствуют в разрезе.

Признания изменений органического мира во времени и признание его необратимости. Сбор остатков ископаемых, изучение современного органического мира привело исследователей к тому, что они стали понимать, что органический мир на протяжении своего развития менялся и эти изменения необратимы. Если какая-то группа исчезает из эволюционного процесса, больше она не появляется.

Классическая стратиграфия как любая наука содержит в своей основе основные законы. Первые – основополагающие принципы или «принципы Стенона».

1.3. Принципы Стенона

Их ввел в науку голландец Николай Стенон-Нильс Стенон (1638-1686). В конце 17 века в Тоскании (Италия) Николай Стенон обнаружил морские осадочные породы. На основе указанного открытия были сформулированы 3 основных принципа:

- 1) **Принцип последовательности напластования.** Осадки верхней части стратиграфической последовательности являются более молодыми, чем осадки в основании последовательности (нижележащие породы). Каждый нижний пласт древнее, чем верхний. Это правило верно только в том случае, если залегание пород не нарушено.

Этот принцип является основополагающим при определении возраста пород и содержащихся в них органических остатков.

2) **Принцип горизонтального залегания пород.** В связи с тем, что частицы осадочных пород переносятся флюидами и оседают под действием силы тяжести, напластование в исходных условиях является строго горизонтальным. Косое напластование, особенно резкое падение пластов, вероятнее всего, связано с тектоническими и иными воздействиями в более поздние периоды.

3) **Принцип выдержанности пластов при их формировании.** Исходно простираение пластов осадочных пород по площади ограничивалось литологически выклиниванием или зонами замещения на границе осадочного бассейна.

Самый главный из этих принципов – первый. Однако, по мере развития геологии, появлялись новые данные, которые приводили к новым выводам.

1.4. Выделение несогласий. Угловые несогласия

Был установлен признак залегания пород как угловые несогласия. Впервые этот термин выделил шотландский геолог Джеймс Хаттон (1726-1797). Он пытался сформулировать теорию возникновения Земли и атмосферных изменений. Пришел к заключению, что историю Земли можно было бы объяснить, изучая воздействия окружающих сил, что и составляет основу современной геологии. Воззрения Хаттона противоречили популярной в то время теории непутизма А. Вернера, объяснявшей образование всех гор следствием великого потопа.

Хаттон же предположил, что внутренняя часть Земли-раскаленная, и что эта раскаленная лава стала двигателем, вызвавшим формирование новых гор: Земля подвергается эрозии под действием ветра и воды. Продукты разрушения откладываются пластами на дно моря, раскаленная лава сливает отстоявшиеся слои в камни и поднимает их в виде новых участков суши. Эта теория получила название плутонизма. Джеймс Хаттон первый высказал предположение о значительной длительности формирования современного лика Земли. «Мы не находим следов начала, и не имеем надежд конца».

1.5. Биостратиграфия

Палеонтология + стратиграфия = биостратиграфия

В биостратиграфии сначала появился другой принцип, который касался только осадков. Был введен Гексли Томасом Генри – английский естествоиспытатель, ближайший соратник Ч. Дарвина и популяризатор его учения. Этот принцип носит название «принципа Гексли» или «гомотаксальности». Под гомотаксисом Т. Гексли понимал идентичную последовательность комплексов фауны или флоры в различных разрезах, которые в этом случае являются «гомотаксальными». С.В. Мейен предложил применять это понятие не только к палеонтологическим, но и к любым признакам, в том числе использовать его в стратиграфии.

В этом понимании принцип Т. Гексли становится общим принципом стратиграфии, а не только биостратиграфии и включает в себя принцип У. Смита («отложения можно различать и сопоставлять по заключенным в них ископаемым остаткам»). Уильям Смит – английский землемер, мелиоратор и картограф, создавший в 1815 году первую региональную геологическую карту Великобритании.

Геологические карты и биостратиграфия

Смит установил:

1. Геологические породы содержат окаменелые остатки растений и животных;
2. Всегда имеют определенную последовательность напластования;
3. По этим остаткам можно установить возраст пород.

Смит заложил основы палеонтологического метода в геологии и составил первые геологические карты Англии, которые принесли ему известность. Он также собрал коллекцию аммонитов из юрских отложений, привязал их к определенным слоям и выделил отделы юры. Установил, что возраст слоев может быть определено при помощи ископаемых.

Основы классической стратиграфии были восприняты и современными учеными. Сергей Викторович Мейен – советский геолог, эволюционист, палеоботаник, доктор геолого-минералогических наук. Он выдвинул принцип хронологической взаимозаменяемости признаков в стратиграфии и концепцию глобального флорогенеза, основанную на анализе всего ископаемого материала по наземным растениям. Это позволило геологам производить корреляцию объектов, относящихся к разным палеогеографическим областям.

Он изобрел термин экотон, применяя его к комплексам фауны и флоры. Палеобиогеографические районы, в пределах которых присутствуют смешанные комплексы фауны и флоры, называются **экотонами**. Экотоны содержат чередование ряда зон с разным по типу составом органических остатков или смешанные комплексы. Они имеют первостепенное значение для межрегиональных корреляций и позволяют сопоставлять районы разных палеобиогеографических областей. Через переходные разрезы можно увидеть взаимозаменяемость тех или иных органических остатков.



Рис. 1.2. Сопоставление разрезов разных палеобиогеографических областей через экотоны

1.6. Учение о фациях и фациальных анализ

Область секвентной стратиграфии использует все те основные принципы, которые лежат в основе науки стратиграфия. Раздел геологии, который тесно связан с секвентной стратиграфии – фациальный анализ.

Это учение возникло благодаря Аманцу Гресли (1814-1865). Он собрал коллекцию золотунской юры. Собрав эту коллекцию, он выяснил, что одни и те же породы, идя по слою, меняют свой вещественный состав. Например, на западе – конгломераты, затем они сменяются на песчаники, затем на глинисто-карбонатные и карбонатные породы. Каждый из этих участков он назвал фациями.

Фация – часть слоя с определенным вещественным составом и набором органических остатков. Самое главное – продолжение: что связано с условиями их образования. Это открывает дорогу для палеогеографических реконструкций. Конгломераты формировались, скорее всего, в пляжной зоне. Песчаники – в самой мелкой области шельфа.

Детальное изучение вещественного состава пород, их переход по горизонтали, позволяет переходить к палеогеографическим реконструкциям.

Принцип униформизма

Чарльз Лайель (1797-1875) сформулировал принцип униформизма. Девиз «настоящее-ключ к познанию прошлого» стал его основой. «Земля сформировалась под влиянием постоянных геологических факторов, действующих и в современную эпоху». Изучение современных континентов, современных переходов от морского бассейна к континенту – это хороший инструмент для реконструкции исторических эпох.

Фациальный анализ продолжал развиваться другими учеными. Одновременно одни и те же идеи возникали в умах российских и зарубежных ученых. Головкинский Николай Алексеевич (1834-1897) – известный российский геолог, профессор Казанского и Одесского университетов. Установил зависимость формирования слоев от передвижения береговой линии.

Такая же идея возникла у немецкого ученого Иоганна Вальтера (1860-1937) – палеонтолога и литолога. Он проводил исследования в области литологии, палеогеографии, палеоэкологии, биологии. Был одним из пионеров в области морской геологии в германской науке, в своих работах первым отметил взаимосвязь эвстатических и тектонических изменений уровня моря. На рубеже веков возглавлял несколько геологических экспедиций в Российскую империю.

Фациальный закон Головкинского-Вальтера (закон корреляции фации)

Возрастное скольжение типов осадков (фаций) и их границ-явление, обусловленное движением береговой линии. В разрезе осадочных толщ друг над другом

отлагаются осадки, образующиеся рядом на дне бассейна седиментации. Поэтому при трансгрессии или регрессии моря горизонтальные последовательности фаций переходят в разрезах осадочных толщ в вертикальные.

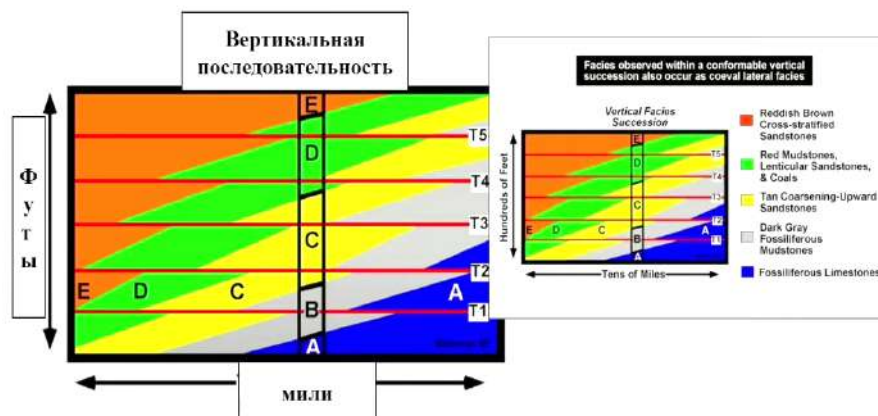


Рис. 1.3. Фацальный закон Головкинского-Вальтера (закон корреляции фации)

Континентальные (зеленые) (рис. 1.3), прибрежно-морские (желтые), мелководно-морские (серые) переходят по горизонтали в открытые морские фации синего цвета. Горизонтальная последовательность меняется. В разных местах фации сменяют друг друга также, как и по горизонтали. Вертикальная последовательность отвечает последовательности по горизонтали. Эта картинка показывает регрессивный этап развития бассейна.



Рис. 1.4. Закон Головкинского-Вальтера. Крымское побережье. Фото А.М. Никишина

На (рис. 1.4) видно, как в разрезе меняются мелководно морские песчано-глинистые отложения на косослоистые породы, где активно осуществлялся снос, а также крупно-галечный материал береговой линии.

ФУТЫ

МИЛИ

Fm. D

Fm. C

Fm. B

Fm. A

T7

T6

T5

T4

T3

T2

T1

Reddish Brown Cross-stratified Sandstones

Red Mudstones, Lenticular Sandstones, & Coals

Tan Coarsening-Upward Sandstones

Dark Gray Fossiliferous Mudstones

Косое напластование
песчаника
(красновато-коричневый)

Красные глины,
линзообразные
песчаники угли

Песчаники с
увеличивающейся вверх по
разрезу зернистостью

Известняки со следами
ископаемых остатков

ADD 2001: Grabau v.5

1.7. Представление о секвентной стратиграфии как о принципиально новой методологической основе изучения строения осадочных комплексов

1. Вышла из сейсморазведки и компьютерных программ обработки сейсмических материалов
2. Включила все положения и методические разработки сейсморазведки

11

Это детально разработанные биостратиграфические положения (рис. 1.6). Мы видим, что теперь исследователи стремятся найти различия между выделяемыми биостратиграфическими подразделениями. Ими могут быть зоны разных типов.

Обобщение палеонтологического материала на мировом уровне позволило установить индекс-группы. То есть группы ископаемых фауны и флоры, которые являются руководящими для определенных стратиграфических интервалов. Например, макрофоссилии и микрофоссилии (рис. 1.7). Каждая из групп может быть характерна для широкого или узкого интервала времени.



Рис. 1.7. Основные группы макро- и микрофоссилий

Геофизические методы

Палеомагнитный метод влиял на понимание геологами истории развития земли. Магнитостратиграфическая шкала возникла на основе палеомагнитного метода. Магнитная шкала является наиболее убедительной в более молодые интервалы.

Хемотратиграфия

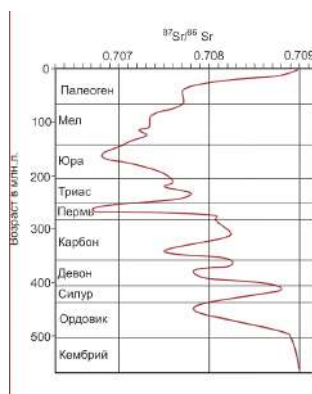


Рис. 1.8. Красная линия – кривая изотопов стронция от кембрия до палеогена.
По Coe et al, 2003 с изменениями

Аллостратиграфия

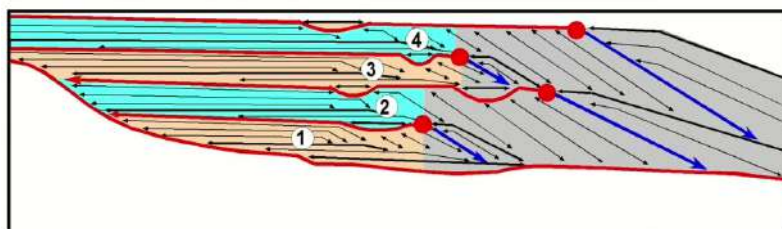


Рис. 1.9. Трансгрессивно-регрессивные циклы

Аллостратиграфическое подразделение - картируемое стратиформное тело осадочных пород, которое определяется и распознается по ограничивающим его несогласиям. Формализация подразделений в Североамериканском стратиграфическом Кодексе (1983). Подразделения с формальными именами аллосерий, аллоформаций, аллопачек. Фациальные и палеогеографические профили – для установления глубины бассейна в прошлом.

Современная стратиграфия: составление блок-диаграмм

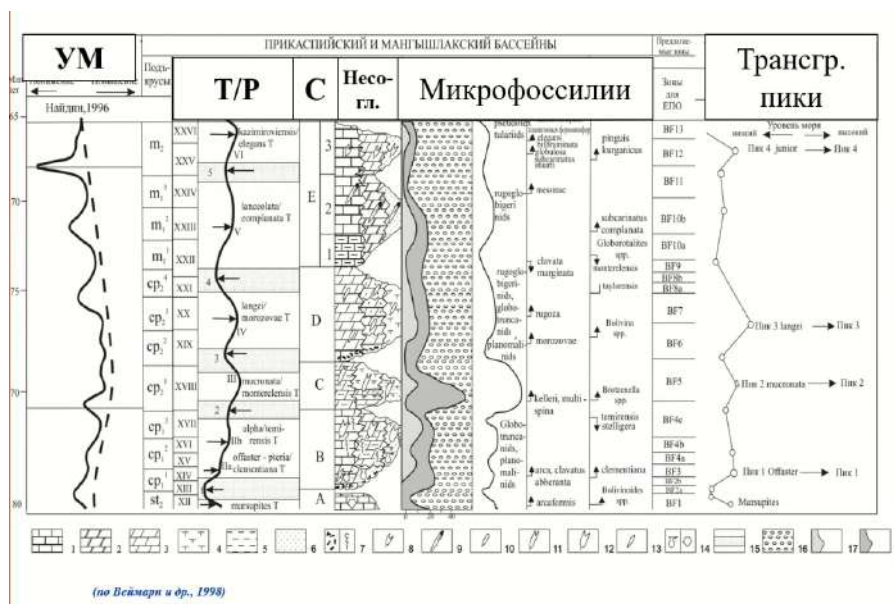


Рис. 1.10. Блок-диаграммы

Выделяются основные фаунистические события (рис. 1.10) и на основании этого выделяют трансгрессивно-регрессивные пики, которые коррелируются со шкалой общего колебания уровня моря, составленной для всей Земли.

Хроностратиграфический профиль – переходы фаций, перерывы.

Сеймостратиграфический метод: запись. Сейсмика дает переходы одних разрезов в другие. То, что можем не заметить в разрезе, можно увидеть в сейсмическом профиле. Сейсмика позволила видеть геометрию пластов, выклинивание горизонтов, увеличение мощностей.

Все эти данные послужили одной из базовых основ секвентной стратиграфии

Основные положения секвентной стратиграфии

1. Секвентная стратиграфия изучает осадочную стратисферу Земли
2. Сформировалась в конце 70х-начале 80х годов XX века на основе:
 - А) фундаментальных основ классической стратиграфии
 - Б) фациального анализа
 - В) базовых основ седиментологии

Секвентная стратиграфия зародилась относительно недавно. XII Международный седиментологический конгресс 1986 (Австралия). Там были рассмотрены проблемы колебания УМ и их выражения в седиментогенезе. Её появление обязано сеймостратиграфии, она полностью включила ее положения и методические разработки, а также «интеллектуальные» компьютерные программы обработки материалов (Маргулис. 2008).

Секвентная стратиграфия пополнила различные разделы стратиграфии, и она связана с другими разделами.

Определение секвентной стратиграфии

Секвентная стратиграфия – это методологическая основа изучения строения осадочных отложений.

Реконструкция обстановок, в которых эти отложения формируются. Секвенции, ограничивающие их и заключенные в них поверхности, подразделяют осадочную оболочку на генетически связанные разновозрастные комплексы и создают хроностратиграфический каркас для картирования отложений.

Лекция 2

Основные положения секвентной стратиграфии. Модели строения секвенций

Основные базовые концепции



Рис.2.1. Базовые концепции секвентной стратиграфии

Секвентная стратиграфия или стратиграфия секвенций – интеграция различных дисциплин и различных типов данных: сейсмических, промыслово-геофизических, биостратиграфических, литологических, геохимических.

2.1. Особенности секвентной стратиграфии

Секвентная стратиграфия (СС) принципиально отличается высокой степенью междисциплинарности и комплексирования методов. СС позволяет решать широкий спектр геологических задач и может дать начало серии новых научных направлений. Для СС неустоявшийся терминологический аппарат (что ярко видно на примере ключевого понятия «секвенция»). СС демонстрирует большие перспективы предметно-методологического обмена с другими науками, изучающими «секвентные свойства» различных процессов.

Применение секвентной стратиграфии

Секвентная стратиграфия наиболее эффективно применяется для детальных стратиграфических, литолого-фациальных и палеогеографических исследований в пределах стабильных (пассивных) шельфов и впадин, расположенных на пассивных окраинах континентов. В нефтяной геологии она активно используется при прогнозе распространения и качества продуктивных толщ. Значительный экономический эффект от применения метода достигается на стадии разработки месторождений, когда особое значение приобретают знания о седиментационной структуре нефтесодержащих резервуаров. Стратиграфические подразделения, применяемые в секвентной стратиграфии, относятся к группе специальных подразделений. Они выделяются как в терригенных, так и в карбонатных отложениях.

Секвентная стратиграфия – методологическая основа изучения строения осадочных отложений. Секвенция или сиквенсы, ограничивающие их поверхности, подразделяют осадочную оболочку на генетически связанные разновозрастные комплексы и создают хроностратиграфический каркас для картирования отложений.

Термин секвенция был установлен очень давно. Формулировка Доуренса Слосса (1913-1996). Он изучал отложения Северо-Американской платформы. Выделил отдельные единицы и назвал их секвенциями.

Секвенция – это трансгрессивно/регрессивная серия осадков, ограниченная снизу и сверху несогласиями или коррелятивно связанными с ними согласными границами. Масштаб секвенций может быть разным.

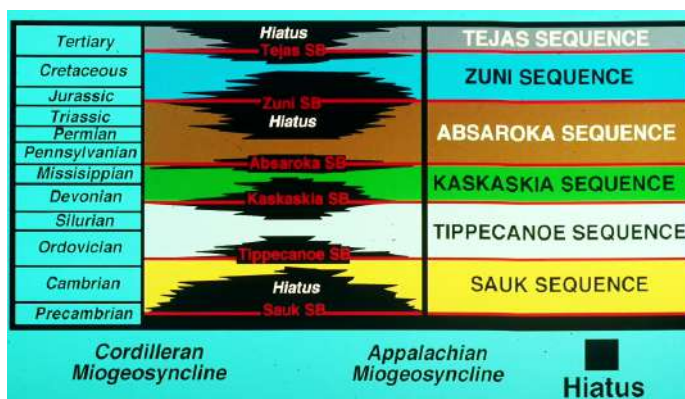


Рис. 2.2. Последовательности или секвенции Д.Слосса

Здесь выделено несколько секвенций, которые разделены перерывами (черные пятна) (рис. 2.2). Мощность секвенций увеличивается от платформы к Кордильерам и Аппалачам. Переходы подразделений Слосса назвал секвенциями.

2.2. Секвенции на сейсмических профилях

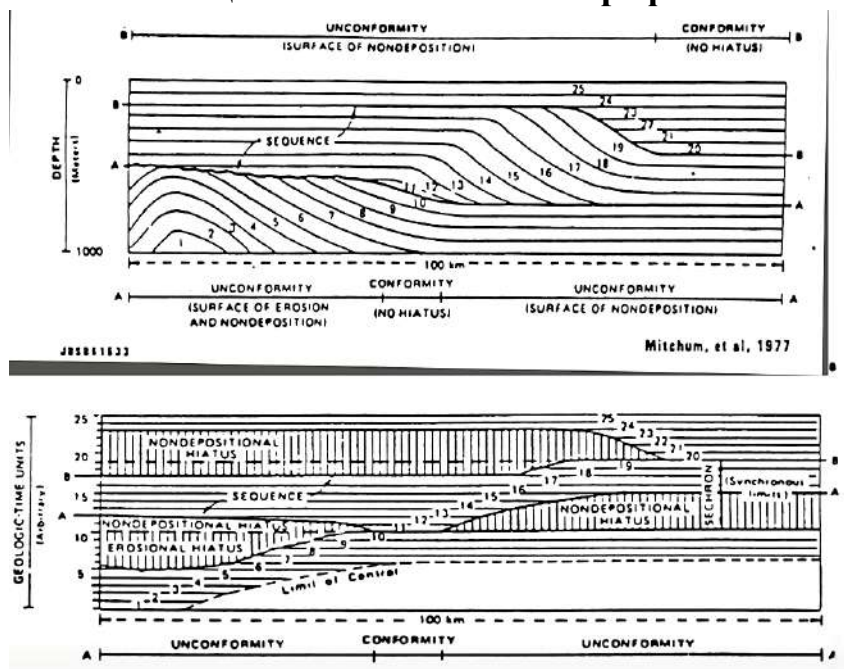


Рис. 2.3. Секвенции на упрощенном сейсмическом профиле

Линии, которые мы видим на верхней картинке – это отражающие поверхности, показывающие слоистую толщу (рис. 2.3). В левом углу расположены слои, которые деформированы. В кровле этих пород располагается поверхность несогласия. Все слои с 1го до 10го в кровле срезаны и их границы между вышележащим слоем и слоями 1-10 являются несогласными. Между 10м и 11 слоями граница согласная. Далее следует формирование слоев от 11го до 19го. Они лежат согласно между собой в правой части и имеют поверхность несогласия в левой части. Далее следует новая поверхность несогласия, где между 19 и 20 слоями согласная граница, а в других – несогласная. Наименьший перерыв содержится между этими двумя слоями. Потому что в правой и левой частях разреза мы видим несогласия. В правой части – это несогласие между 19м и покрывающим его слоями, а в левой части - несогласие, которое приурочено к подошве этой секвенции, начинающейся с 11го слоя.

Нижележащая картинка (рис. 2.3) отличается тем, что слева располагается не масштаб, который изображает расстояние между слоями, а отображено геологическое время. Поэтому перерывы показаны вертикальной штриховкой. Наибольший масштаб перерыва располагается в левой части картинки, причем в нижней части этот перерыв эрозионный, то есть отложения размываются. В верхней части – ненакопление осадков, совпадает с 10 и 11 слоем. Поверхность несогласия мы видим также в следующей секвенции, где она показана вертикальной штриховкой. Видим поверхность ненакопления и поверхность, где отложения лежат относительно согласно друг с другом. Верхняя часть – поверхность перерыва, которые связаны с ненакоплением осадков. Так выглядят секвенции на упрощенном сейсмическом профиле, который можно перевести в геохронологический профиль.

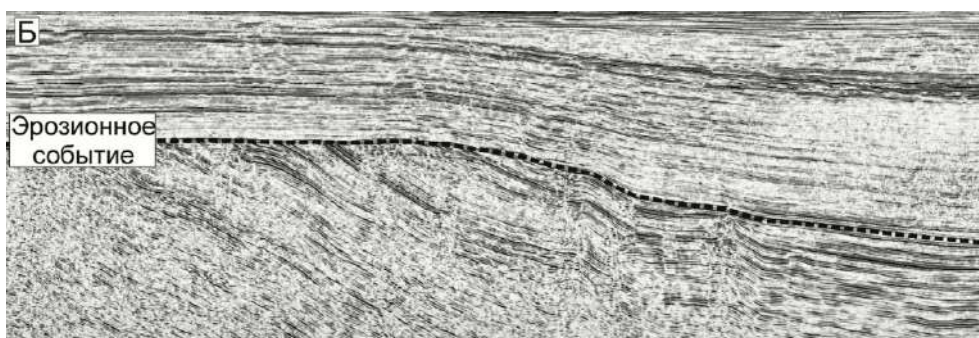


Рис. 2.4. Переход несогласной границы в согласную на сейсмическом профиле. Фрагмент сейсмического профиля для Берингова моря: пунктирная граница разделяет два комплекса, однако несогласие между ними плавно переходит в согласную границу (по Никитину, 2009)

На рис. 2.4. нарисован не искусственно созданный сейсмический профиль, а реальный сейсмический профиль, показывающий дельту Амура. Слева отражающие поверхности утыкаются в границу секвенции, которая совпадает с мощным эрозионным событием. Такое масштабное событие в западной части теряется в центральной части и

становится согласной в восточной части. Граница между секвенциями может быть согласной и несогласной.

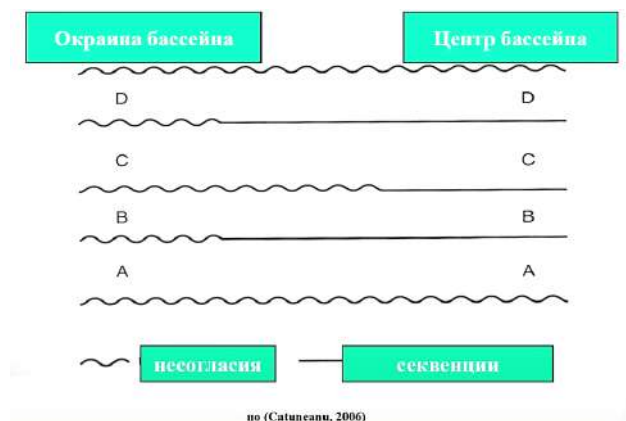


Рис. 2.5. Несогласия и секвенции

Большее количество перерывов будет в участках, приближенных к суше, то есть в окраинных частях бассейна. Это хорошо видно на рис. 2.5. Практически все подразделения разделены поверхностями перерыва. Существуют подразделения, которые существуют везде. Картина зависит от масштаба трансгрессивного цикла.

Основные преимущества секвентной стратиграфии

1. Корреляция осуществляется на основании всего профиля седиментации.
2. При стратиграфических исследованиях учитываются процессы и обстановки седиментации.
3. Анализируются вертикальные и горизонтальные границы осадочного тела, тем самым обеспечивается хроностратиграфическая основа для корреляции и картирования осадочных комплексов.

2.3. Цели и задачи секвентной стратиграфии

Цель: секвентная стратиграфия – это геологическая дисциплина, занимающаяся выделением и прослеживанием секвенций в пространстве и во времени, изучением закономерностей их состава, строения и развития, а также хроностратиграфической корреляцией на этой основе.

Основа: исходным положением секвентной стратиграфии является неразрывная связь секвенций с колебаниями относительного положения уровня моря.

2.4. Терминология

Секвентная стратиграфия – изучение взаимоотношения циклически построенных и генетически связанных осадочных отложений в пределах хроностратиграфического каркаса.

Несогласие – поверхность с признаками, процессов ненакопления, эрозионного срезания, субаэральной экспозиции или субаквального размыва. Фиксирует перерыв в осадконакоплении.

Секвенция – относительно согласная последовательность генетически связанных слоев, ограниченных в кровле и подошве несогласиями и коррелятивными им поверхностями согласного залегания.

Парасеквенция – элементарная часть секвенции, последовательность слоев, гранулометрический состав которых закономерно увеличивается снизу вверх по разрезу и по направлению от открытого моря к береговой линии. Подошва (и кровля) парасеквенции формируется за счет резкого изменения уровня моря.

Пакет парасеквенций – относительно согласная генетически связанная ассоциация слоев и пачек, ограниченных поверхностями морского затопления или коррелятивно связанными с ними поверхностями

Аккомодация – пространство осадконакопления

Системный тракт – латеральный ряд седиментационных систем. Имеет определенные: а) геометрию напластования; б) положение внутри секвенции; в) состоит из определенного типа парасеквенций и отвечает определенному положению уровня моря;

Конденсированный разрез - тонкий слой морских отложений, характеризующийся очень низкими скоростями осадконакопления ($<1-10$ мм в 1000 л). Он состоит из пелагических и гемипелагических осадков, накапливающихся в условиях недостатка поступления терригенного материала на среднем и внешнем шельфе, склоне и его подножье, а также дне бассейна во время максимального развития трансгрессии. В таких слоях обычны проявления процессов биотурбации, а также присутствие глауконита, пирита и фосфора.

2.5. Относительные колебания уровня моря. Связь с циклами глобальных колебаний уровня моря

СС тесно связана с колебаниями УМ. Эти колебания определяются эвстазией, тектоникой и объемом поступающей в бассейн массы осадочного материала. В каждом конкретном месте и в каждый конкретный временной отрезок роль этих факторов может быть различной.

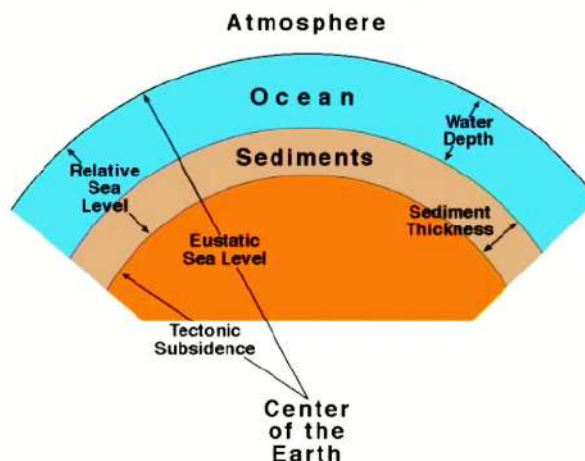


Рис. 2.6. Формирование колебаний уровня моря

Формирование секвенций зависит от колебаний уровня моря. Там, где уровень моря высокий, осадки занимают большие мощности. Это связано с периодом, когда тектоника была спокойной. Наиболее сильные падения уровня приурочены к мощным тектоническим процессам.

Связь с циклами глобальных колебаний уровня моря

1. Существует 5 циклов эвстатических колебаний уровня моря
2. Согласно им выделяют следующие подразделения: а) супер- и мегасеквенция – циклы 1-го и 2-го порядков; б) секвенции – 3-го и реже 4-го порядков; в) парасеквенции (элементы секвенций) – 5-го порядка.

Седиментационное пространство

Седиментационное пространство – взаимоотношения между уровнем моря, глубиной водной толщи и пространством, заполненным осадками. От чего оно зависит?

Бассейновая архитектура – геометрия пластов внутри осадочного пространства

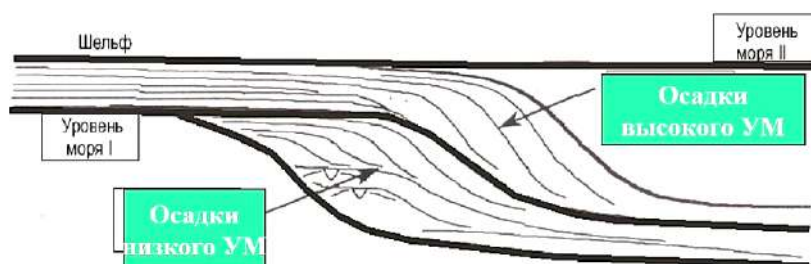


Рис. 2.7. Падение уровня моря и изменение пространства осадконакопления

На рис. 2.7. изображен сначала низкий уровень моря. Все отражающие поверхности переходят бассейн. Далее происходит поднятие уровня моря. Осадки из

морского бассейна передвигаются в сторону суши, туда, где осадков на первом этапе не было.

В колебаниях относительного уровня моря выделяются следующие состояния:

1. Низкое стабильное состояние, подъем уровня, высокое стабильное состояние, падение уровня. При переходе от одного состояния к другому сильно меняются пути, по которым транспортируется материал с континента в морской бассейн, а также величина пространства осадконакопления.

Системы, в которых происходит транспортировка осадочного материала и накопление осадков называется системами трактов или системными трактами. Соответственно в характере седиментации на континентальной окраине выделяется три основных типа систем трактов: низкого стояния, трансгрессивный и высокого стояния.

Все эти процессы сложные. Тракт высокого стояния – уровень воды увеличивается, количество осадков увеличивается.

Формирование регрессивного ряда фаций

Тракт высокого стояния – уровень воды увеличивается, количество осадков увеличивается. Однако поступление осадков больше скорости подъема уровня моря.

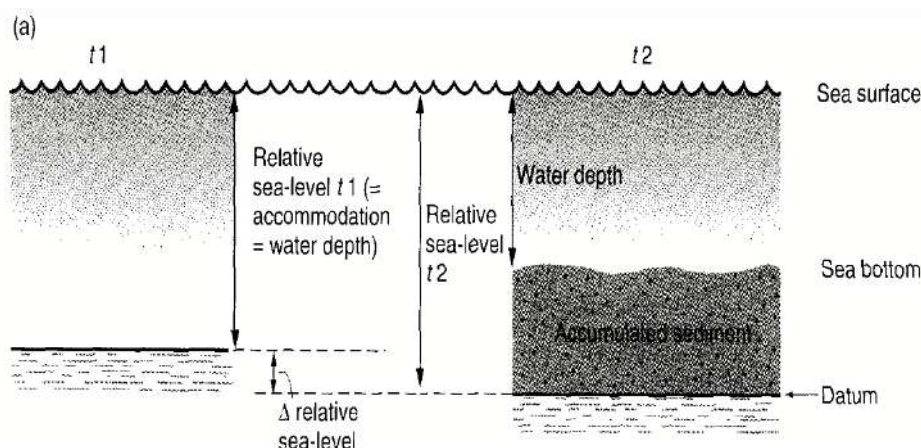


Рис. 2.8. Формирование регрессивного ряда фаций

Пространство осадконакопления увеличилось, но глубина уменьшилась, т.к. осадок быстро заполнил бассейн, регрессивный порядок фаций (рис.2.8).

Относительный уровень моря поднимается от t_1 до t_2 из-за тектонического погружения; УМ (пространство осадконакопления возрастает). Поступление осадков > скорости подъема. Пространство осадконакопления возрастает от t_1 до t_2 , но глубина при этом уменьшается.

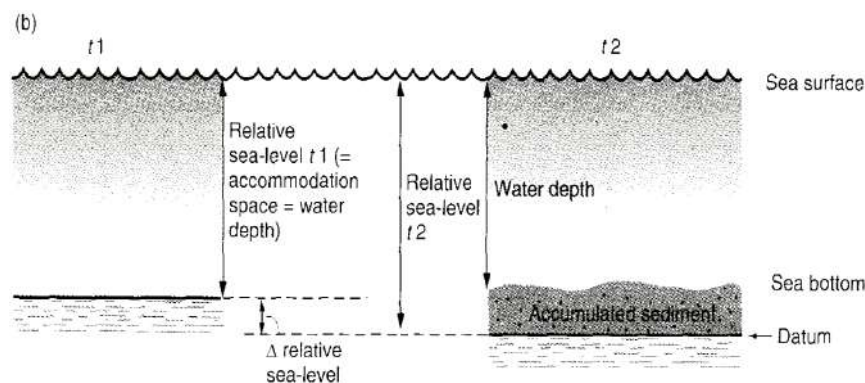


Рис. 2.9. Формирование трансгрессивного ряда фаций

Относительный уровень моря поднимается от t_1 до t_2 в результате погружения, поступление осадков < скорости относительного подъема уровня моря, пространство осадконакопления возрастает от t_1 до t_2 , глубина бассейна увеличивается, выражаясь в трансгрессивном ряде фаций (рис. 2.9).

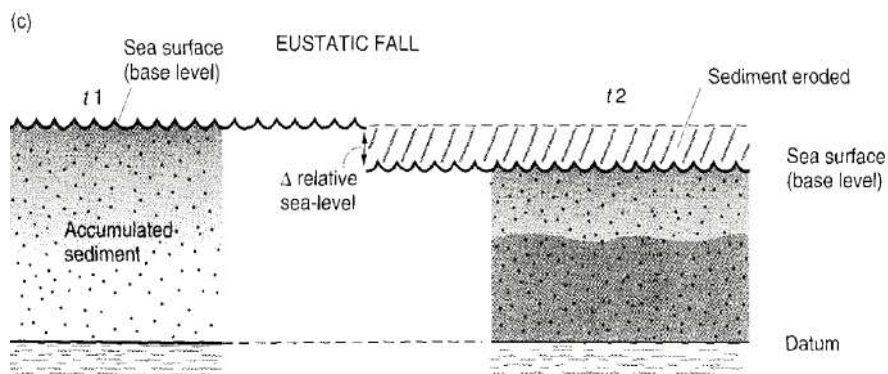


Рис. 2.10. Формирование поверхностей эрозии в результате падения УМ

Разрешение пространства осадконакопления; уровень моря падает (эвстатическая регрессия); осадок заполняет весь бассейн во время t_1 ; базовый уровень уменьшается; осадки эродированы (рис. 2.10).

2.6. Системы трактов и колебания уровня моря

1. низкое стабильное положение соответствует тракту низкого стояния (ТНС)

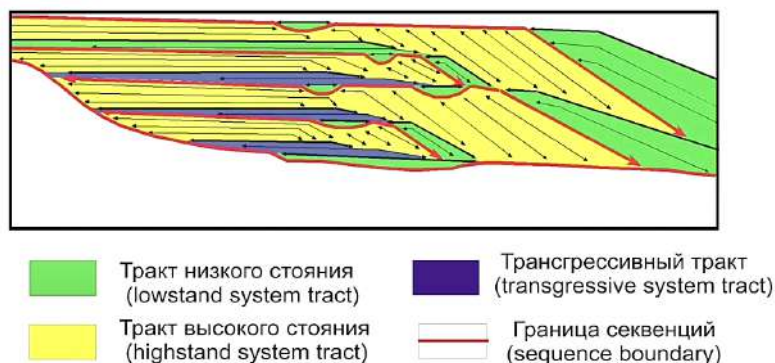


Рис. 2.11. Системы трактов и колебания уровня моря

Схема, (рис. 2.11.), где показаны тракты низкого стояния – пространство, когда заполнены только участки, относящиеся к бассейнам (склон и дно бассейна). Синим цветом показан трансгрессивный тракт. Движение осадков в сторону суши. Желтым цветом показаны тракты высокого стояния, когда осадконакопление идет не только глубоко, но и на шельфе. Границы секвенций показаны красным цветом. Секвенция – граница между трактом высокого стояния и низкого стояния.

2. постепенная трансгрессия моря – подъем уровня моря (УМ) трансгрессивный тракт (ТСТ)

Системы трактов и их границы

1. Каждому тракту соответствуют свои пути транспортировки осадка и свои фациальные ряды

2. Секвенции разделяются границами, имеющими свои особенности

А) эрозионное срезание подстилающих отложения;

Б) признаки субаэральной переработки осадков;

В) резкое смещение мелководных фаций в сторону бассейна;

Г) изменение строения мелких элементов секвенций-парасеквенций

1. **Границей секвенций 1 типа (type 1 SB)** называется несогласие, характеризующееся признаками субаэральной экспозиции, эрозией и смещением фаций в сторону бассейна.

2. Граница секвенции 1 типа формируется в том случае, когда скорость падения УМ превышает скорость погружения для бассейна.

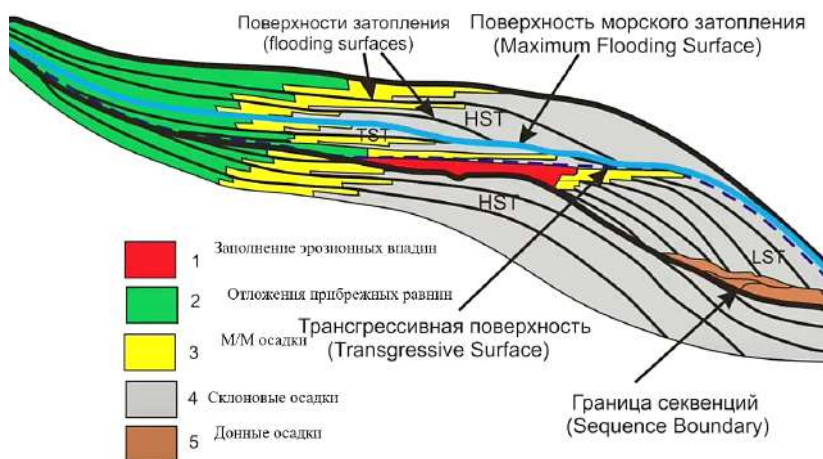


Рис. 2.12. Секвентная граница 1-го типа

Черной толстой линией показана граница секвенции (рис. 2.12). Как суша, так и море осадков лишены. Постепенно бассейн заполняется осадками, начинает вытеснять осадки в сторону суши. Мелководно морские осадки переходят в осадки, характерные бассейнам. Начинается трансгрессивный тракт. Пунктиром показан раздел между нижним и верхним трактом.

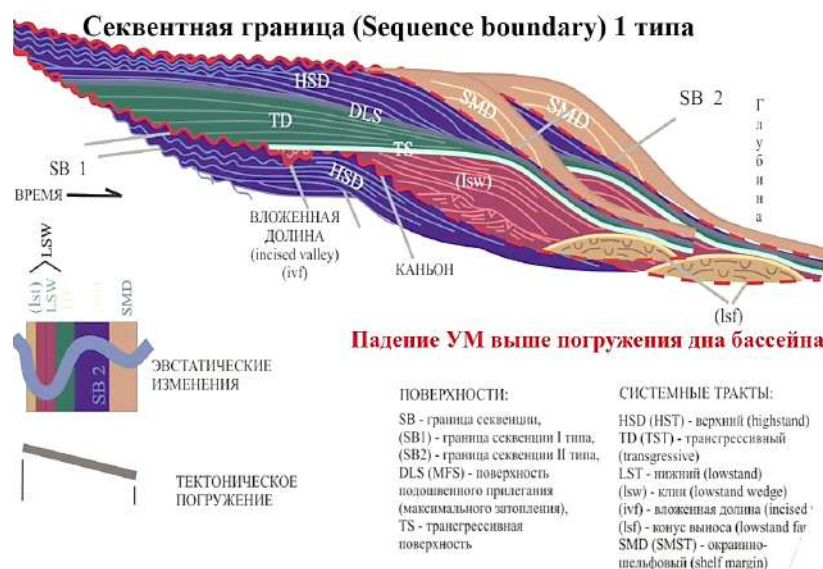


Рис. 2.13. Секвентные границы 1-го и 2-го типов

Тракт высокого стояния сменяется трактом низкого стояния (рис. 2.13). Сначала донные отложения – конусы выноса - отложения, снесенные с суши. По генезису – глубоководные осадки. Далее осадконакопление смещается на склон – склоновые клинья. Это подводно-оползневые породы, дельты крупных рек, каналы, которые прорезают склон. Формирование тракта низкого стояния заканчивается тогда, когда бровка шельфа перекрывается осадками. Начинается формирование трансгрессивной поверхности, осадконакопление с шельфа переходит на прибрежную равнину.

Начинается формирование трансгрессивного тракта. На прибрежной равнине после пика трансгрессии останавливается осадконакопление и начинается формирование постепенного продвижения отложения в сторону бассейна. Сменяется тракт высокого стояния трактом низкого стояния

Секвентная граница 2-го типа

Секвентная граница 2го типа (SB 2) также фиксируется смещением фаций в сторону бассейна и частичной субаэральной экспозицией. Фации слабо смещаются в сторону бассейна. Предполагается, что секвентная граница 2 типа формируется в тех случаях, когда скорость падения относительного УМ примерно соответствует скорости погружения дна бассейна.

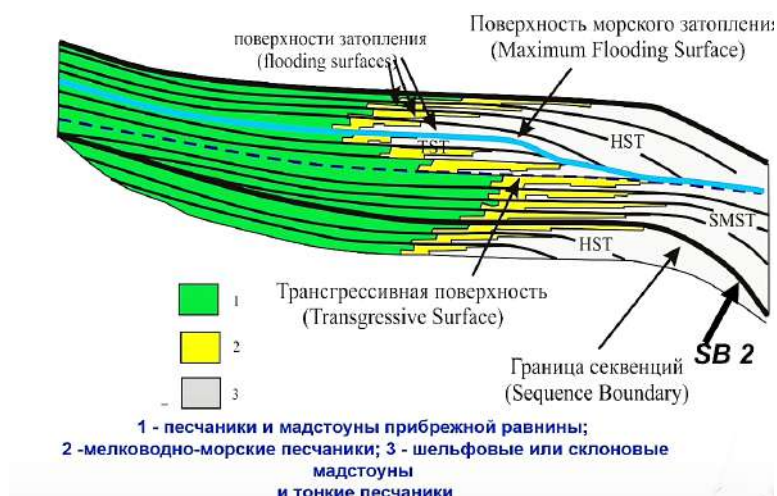


Рис. 2.14. Крайне-шельфовый тракт (ОШТ) – (shelf margin system tract)

Выводы

1. Что такое секвентная стратиграфия (или граница секвенций)
2. Определение термина секвенция
3. Основная терминология СС
3. Связь секвенций с колебаниями уровня моря
5. Типы границ между секвенциями (или сиквенсами)

Лекция 3

Характеристика системных трактов и фациальных рядов

3.1. Системные тракты

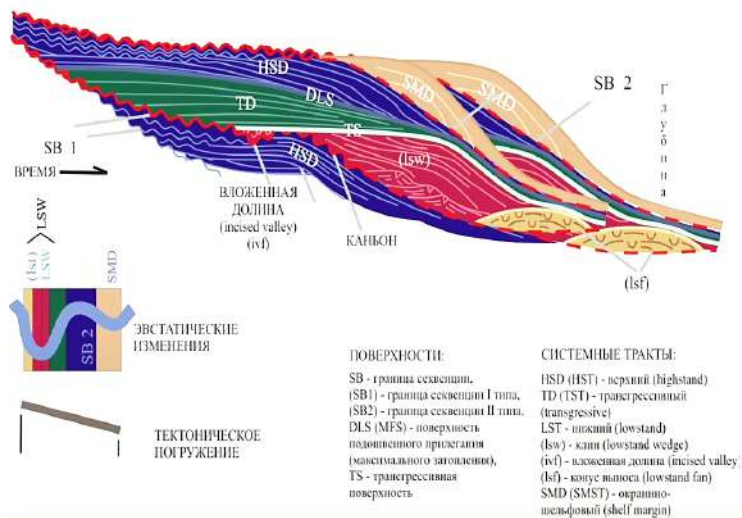


Рис. 3.1. Два типа границ секвенций

Седиментационная модель секвенций, на которой показано 2 типа границ (рис. 3.1), 1ая-проходящая в кровле высокого тракта, 2я граница-граница 2го типа. Они связаны с разными системными трактами. В подошве 1ой секвенции лежит тракт низкого стояния. В подошве второй секвенции лежит окраинно-шельфовый тракт. Заканчивает секвенцию в обоих случаях тракт высокого стояния.

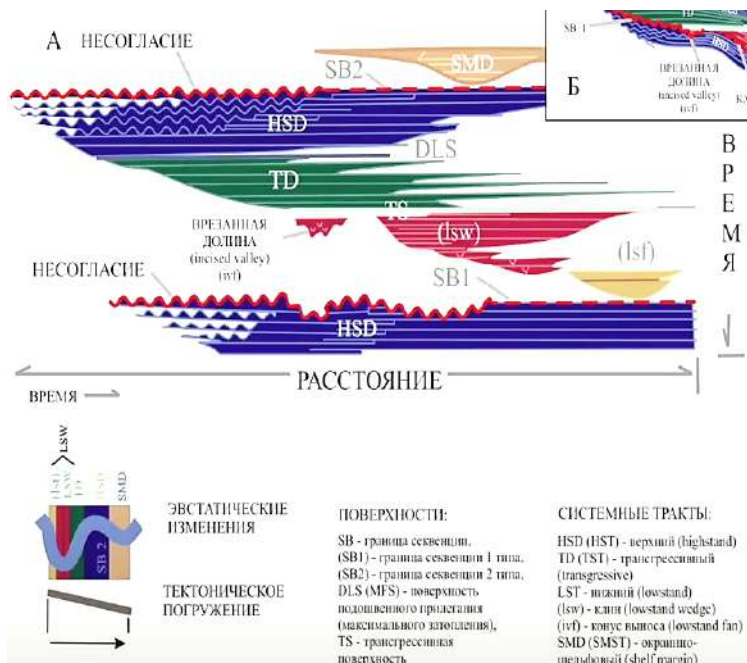


Рис. 3.2. Геохронологическая модель секвенций

В масштабе – время (рис. 3.2). Все отдельные системные тракты разделены целой серией перерывов. Тракты низкого стояния, перерывы вплоть до трансгрессивного тракта. В трансгрессивном тракте в правой части согласное залегание с трактом низкого стояния, но видны перерывы. Граница между трансгрессивным трактом и трактом высокого стояния и согласная и с перерывами.

3.2. Тракты низкого стояния (ТНС)

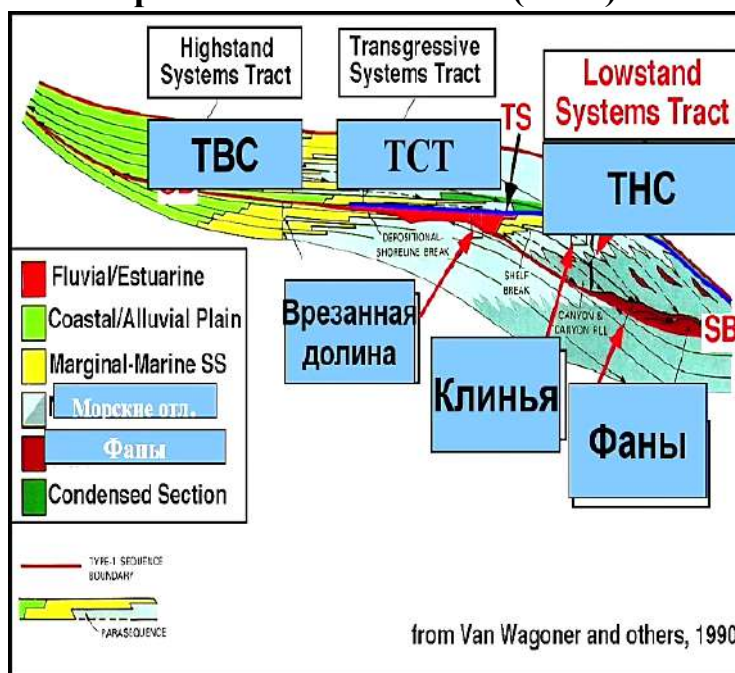


Рис. 3.3. Тракты низкого стояния

Каждая секвенция начинается с тракта низкого стояния (рис. 3.3). Он показан зеленым цветом. Тракты низкого стояния состоят из нескольких фациальных рядов, которые сменяют друг друга как по горизонтали, так и по вертикали. В основании системного тракта низкого стояния лежат донные отложения. После того как территория дна заполняется осадками, процесс осадконакопления смещается в склоновую часть и происходит заполнение склоновых клиньев, впадин, которые располагаются на континентальном склоне. Тракты низкого стояния во второй своей части связан не с падением уровня моря, как в его первой части, а с постепенной стабилизацией, а затем с последующим поднятием. Море начинает двигаться в сторону шельфа. Когда оно перекроет бровку шельфа, начнет формироваться трансгрессивная поверхность и вместе с ней начнет свое формирование трансгрессивный тракт.

Внизу граница секвенции 1 (SB) (рис. 3.3), сверху трансгрессивная поверхность (TS). Состоит из конуса выноса ТНС, фанов и врезанной долины (краевые зоны с пересеченным рельефом). Врезанная долина выделяется по структурным границам (а не фациям). К ней часто приурочены нефтематеринские породы.



Рис. 3.4. Характерные породы для ТНС

В самом низу песчаники подводного конуса выноса и намывного (берегового) канала (рис. 3.4). Это могут быть грубообломочные породы, часто грубозернистые песчаники, зернистость которых уменьшается к кровле. Далее во времени их сменяют шельфовые и склоновые мадстоуны и тонкие песчаники. Затем, когда уровень достигает бровки шельфа и заходит туда, в самой верхней части тракта низкого стояния могут формироваться мелководно-морские песчаники. Когда происходит перекрытие бровки шельфа фиксируется трансгрессия, формируется трансгрессивная поверхность, которая всегда хорошо фиксируется на сейсмопрофилях и хорошо заметна в изменении фациальных рядов. Во время тракта низкого стояния на суше формируются песчаники и мадстоуны прибрежной равнины, флювиальные или эстуарные песчаники во врезанных долинах.

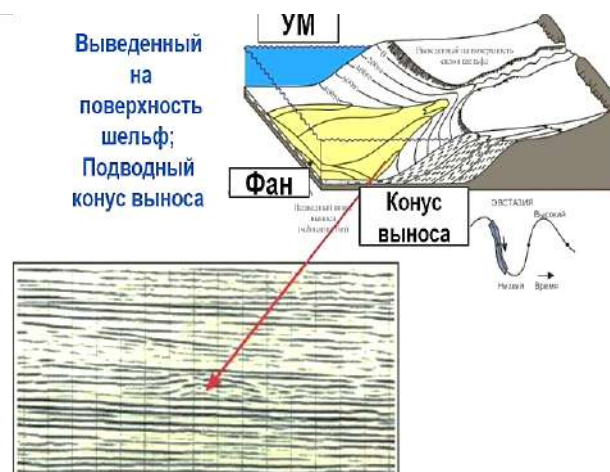


Рис. 3.5. Тракт низкого стояния на блок-диаграмме и сейсмопрофиле. Ранняя стадия

Выше изображена блок-диаграмма (рис. 3.5), которая показывает, как формируется тракт низкого стояния. На верхней картинке – шельф и прибрежная равнина, затем врез на прибрежной равнине и сносимые туда отложения. Отложения, формирующиеся на дне, на сейсмопрофилях чаще всего представляют собой параллельные отражающие линии, но если конус выноса очень мощный, он представляет собой бугорок.

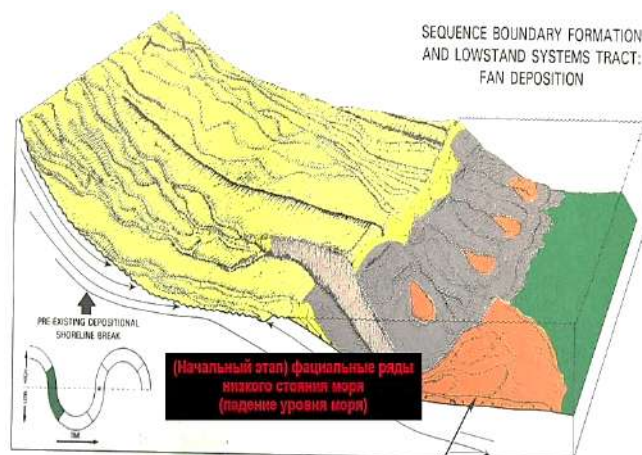


Рис. 3.6. Формирование границ последовательностей и конусов выноса

На рис. 3.6. показано начало врезки русла в шельфовую зону и формирование каньонов на границе шельфа. Если каньон формируется на границе флювиальной системы, то подводные конусы выноса образуются на склоне и абиссальной равнине. При поднятии шельфа над уровнем моря возникает субаэральная эрозия и формируются границы последовательности.

Как перемещаются отложения в сторону шельфа? Масштабный поток сливающихся рек, которые соединяясь, образуют врез, вдоль которого перемещается материал и формируется конус выноса. В других зонах формируются небольшие оползневые тела на склоне.



Рис. 3.7. Формирование зоны выклинивания и врезанной долины

При низком уровне моря мы видим, что прибрежные отложения могут быть не связаны с оползневыми телами и конусами выносами (рис. 3.7).

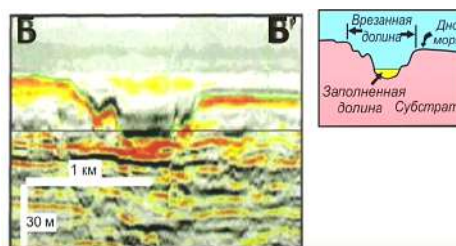


Рис. 3.8. Пример реконструкции



Рис. 3.9. Глубоководные отложения турбидитов

Типы образующихся пород зависят от того, какой это бассейн. Если это бассейн, представляющий собой континентальную пассивную окраину океана, выносимые осадки могут образовывать глубоководные отложения, которые называются турбидитами (рис. 3.9). Турбидиты - сложнопостроенная ритмичная толща, в основании которой лежат грубообломочные породы, постепенно сменяющиеся более мелкозернистыми породами. От конгломератов до аргиллитов.

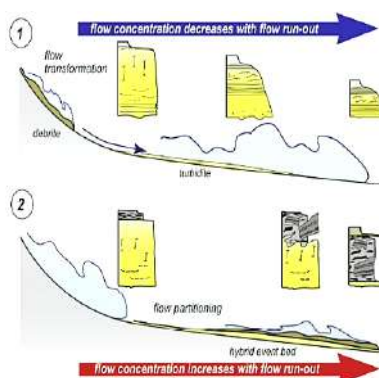


Рис.3.10. Убывание или возрастание концентрации потока в зависимости от глубины

Как изменяется концентрация потока в зависимости от глубины? (рис. 3.10). Наибольшая концентрация связана с самым началом его спуска по континентальному склону, тяжесть потока быстро выносит его на дно, затем происходит осаждение. Сначала осаждаются грубозернистые, затем мелкозернистые частицы и затем аргиллиты. Полный ритм флиша встречается далеко не всегда.

Для ТНС характерны: 1) бассейновый конус выноса; 2) склоновый конус выноса; 3) клин низкого стояния.

Выделяют раннюю и позднюю фазы в отложениях ТНС (рис. 3.11). Отложения ранней фазы ТНС формируются во время падения уровня моря; они являются грубозернистыми, занимают небольшую площадь и расположены далеко от береговой линии. Отложения поздних фаз ТНС формируются во время стабилизации уровня моря в его самом низком положении и во время его медленного поднятия.

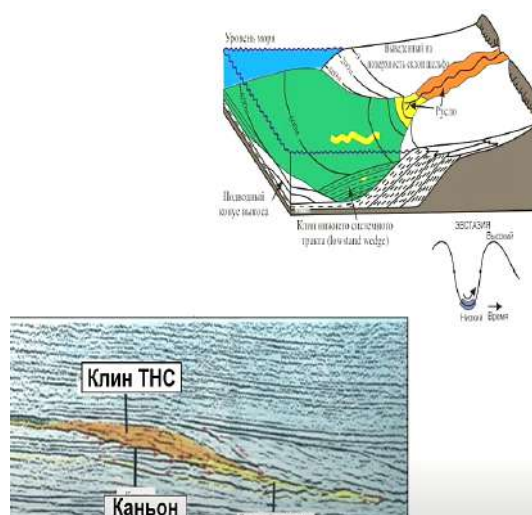


Рис. 3.11. Тракт низкого стояния (поздняя стадия формирования)

3.3. Трансгрессивная система трактов

Поверхность, ограничивающая тракт низкого стояния сверху - трансгрессивная система трактов (ТСТ). Она формируется при подъеме уровня моря над бровкой шельфа. Осадочный материал откладывается на шельфе и фронт седиментации движется в сторону континента в виде трансгрессивной серии. ТСТ представлен ретроградационным пакетом парасеквенций. При этом трансгрессия движется как на шельф, так и на прибрежную равнину. В области глубоководного шельфа – бассейновой части, вследствие дефицита поступления осадков от источника сноса формируется глинистый или глинисто-карбонатный конденсированный разрез.

ТСТ уверенно определяется в средних частях секвенции, где глубоководные бассейновые фации ложатся на мелководные прибрежные отложения и, затем, перекрываются столь же мелководными отложениями. В удаленных от берега частях бассейна характер седиментации непрерывен и слабо подвержен влиянию колебаний

уровня моря, поэтому отложения ТСТ могут быть неотличимы от подстилающих и перекрывающих отложений.

ТСТ характеризуются подошвенным налеганием на границу секвенции в направлении суши. Формируется подошвенное прилегание к трансгрессивной поверхности в направлении бассейна. Трансгрессивный тракт подстилается трансгрессивной поверхностью. Перекрывается поверхностью максимального затопления (рис. 3.3). С момента достижения максимальных значений трансгрессии формируется другой системный тракт – тракт высокого стояния. В ранних своих частях тракт высокого стояния мало отличается от трансгрессивного тракта. В дальнейшем его природа меняется. В начале остановившаяся поверхность формирует поверхность твердого дна и смену фаций, характерных для тракта высокого стояния.

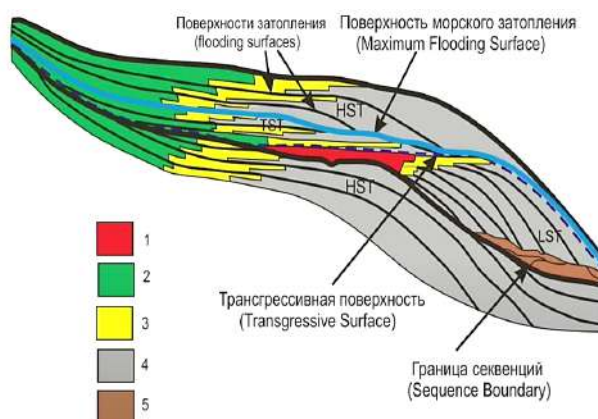


Рис. 3.12. Трансгрессивная система трактов

На рис. 3.12. показана граница между трансгрессивным трактом и трактом высокого стояния (синий цвет). Трансгрессивная поверхность лежит в основании трансгрессивного тракта и показана черной пунктирной линией.

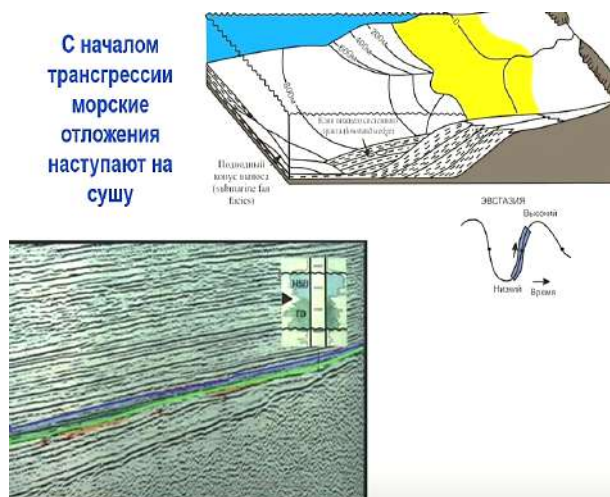


Рис. 3.13. Трансгрессивный системный тракт (ранняя стадия)

Трансгрессивный системный тракт показан на блок-диаграмме (рис. 3.13). Осадконакопление далеко продвигается в сторону прибрежной равнины. На дне формируются либо конденсированные отложения, либо иногда даже в донных участках это значительные по времени своего формирования осадков. Поднятие уровня моря.

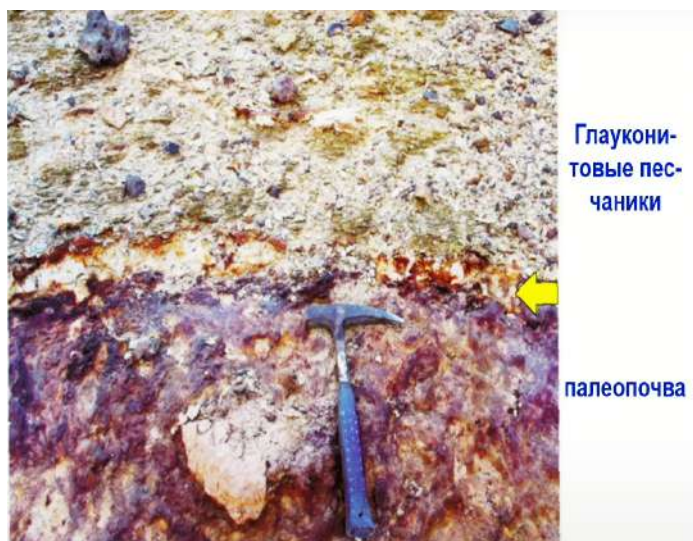


Рис. 3.14. Трансгрессивная поверхность, которая замещается по простиранию субэзральным несогласием (формация Бахарийна, сеноман, западный Египет)

К трансгрессивным поверхностям часто приурочены скопления раковин. Скорость осадконакопления невелика, трансгрессия для организмов – благоприятная среда. Образуются скопления организмов, которые при низкой скорости осадконакопления образуют ракушняки.

Конденсированные отложения

1. Формируются во время максимального развития трансгрессии
2. Пелагические и хемипелагические осадки
3. Богаты раковинами микрофосиллий и содержат аутигенные минералы, органическое вещество и повышенное содержание радиоактивных элементов



Рис.3.15. Формирование конденсированного разреза

На рис. 3.15. показан разрез, на котором видна колонна с отложениями. В нижней части – зерна минералогического состава. Начиная с 3 шлифа появляется глауконит, оолитовые включения. Верхний шлиф – снова нормально осадконакопления, где скорость высокая, состоящий из разных нарушенных частиц.

3.4. Тракт высокого стояния (ТВС)

1. При высоком стоянии уровня моря образуется система трактов высокого стояния
2. Море затопляет шельфы, и перекрывают его осадочным материалом
3. Здесь формируется система аградационных и постградационных клиноформ
4. Осадки максимального затопления шельфа и прибрежной равнины, коррелятивный конденсированный разрез служат маркирующими горизонтами и реперами при составлении разрезов. Они присутствуют во всех секвенция, надежно выделяются на сеймопрофилях и каротаже

Поверхность максимального морского затопления на шельфе – это граница между ТСТ и ТВС. Представляет собой плотные породы и является основной поверхностью несогласного залегания (подошвенное прилегание). ТВС расположен между максимальной поверхностью затопления и следующей секвентной границей.

Изначально формируются отложения береговых равнин (озерные, речные, временных потоков и тд), по простирацию они сменяются отложениями береговых

равнин, которые временами могут затопляться морским бассейном – чередование прибрежных и континентальных фаций – далее отложения морского генезиса.

Поверхность максимального морского затопления на шельфе – это граница между ТСТ и ТВС. Представляет собой плотные породы и является основной поверхностью несогласного залегания. Поверхность максимального морского затопления фиксирует уровень резкого увеличения глубины осадконакопления.

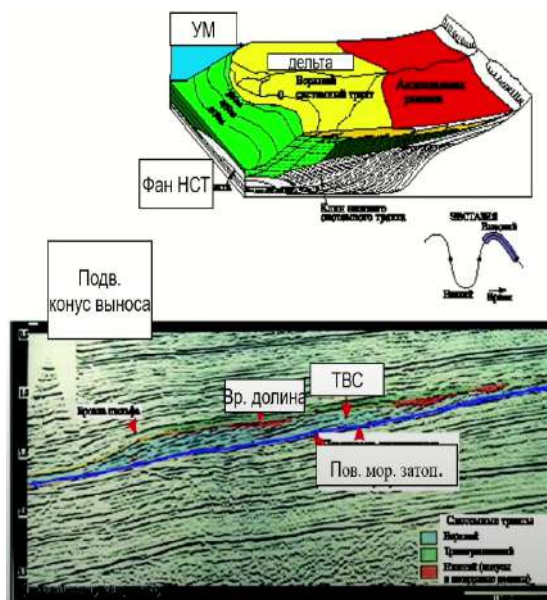


Рис. 3.16. Тракт высокого стояния

На рис. 3.16. показана блок-диаграмма. Осадконакопление в это время происходит во всех местах.

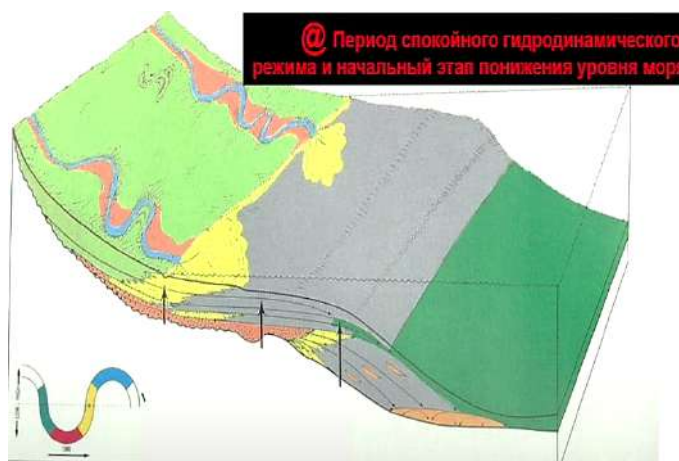


Рис. 3.17. Фациальные ряды высокого стояния моря

Формирование серий аградационно-проградационных последовательностей, подошвенное прилегание парасеквенций высокого стояния к плотным породам. В

континентальных условиях благоприятная обстановка для сохранения пойменных отложений приводит к формированию меандрирующих флювиальных систем с низким коэффициентом песчаности (рис. 3.17).

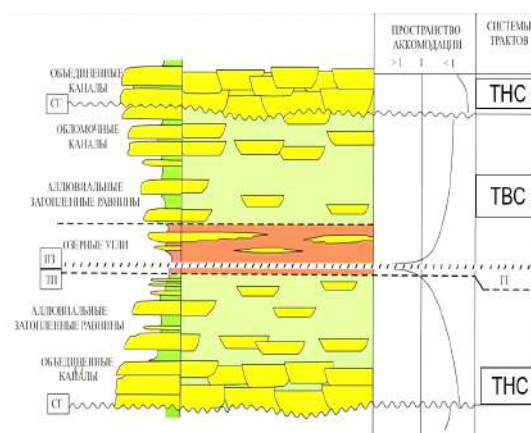


Рис. 3.18. Характеристика тел в трактах низкого и высокого стояния

Для ТНС характерны объединенные друг с другом каналы и аллювиальные равнины, которые разобщены друг от друга (рис. 3.18). Для ТВС – аллювиальные равнины, которые еще больше разъединены между собой.

3.5. Окраинно-шельфовый тракт (ОШТ)

1. Шельф не осушается
2. Осадочное пространство не перемещается в бассейновую часть
3. Формируется окраинно-шельфовый тракт

Его отличие от нижележащего тракта высокого стояния не всегда заметно и граница между ними не всегда отчетлива.

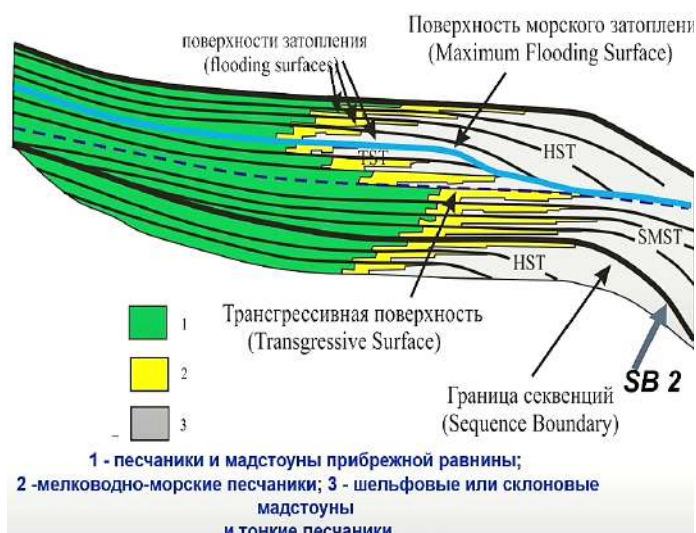


Рис.3.19. Окраинно-шельфовый тракт (ОШТ)

Тракт высокого стояния в самом низу (рис. 3.19). Серая линия – секвентная граница, отделена от окраинно-шельфового тракта. Характер осадконакопления в ТВС и ОШТ идентичен. Отделять их сложно.

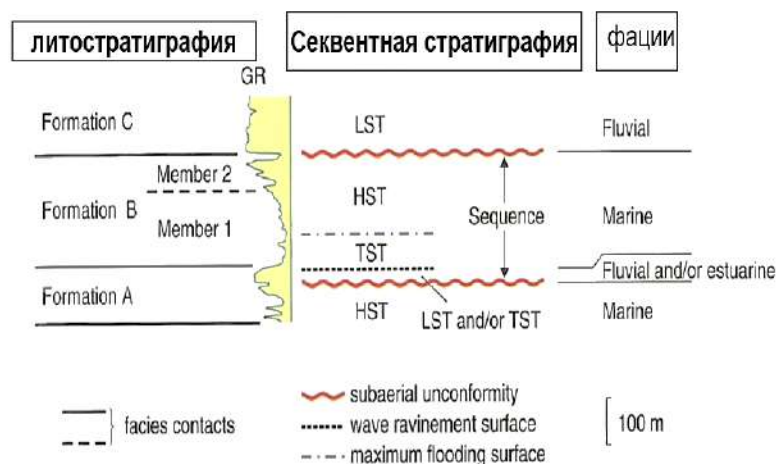


Рис. 3.20. Разница в подходах лито и секвентной стратиграфии

Литостратиграфия выделяет толщи с разным вещественным составом. Показан гамма-каротаж. Границы трактов отличаются от границ формаций. Если формируется ОШТ, заметных изменений в составе пород мы не увидим. ТСТ показывает резкое возрастание гамма-картоажа, максимум при формировании поверхности максимального затопления. Тракт низкого стояния характеризуется низкими значениями гамма-каротажа.

Лекция 4

Парасеквенции. Элементарные части секвенций

4.1. Термин парасеквенция

1. Парасеквенция представляет собой мелеющую вверх последовательность слоев, ограниченную поверхностью морского затопления.

2. Парасеквенция представляет собой регрессивный циклит. Поверхность морского затопления представляет собой плоскость напластования, вдоль которой фиксируется резкое увеличение глубины бассейна.



Рис. 4.1. Разрез отдельной парасеквенции

На рис. 4.1. показано изменение обстановок и пород по разрезу отдельной парасеквенции.

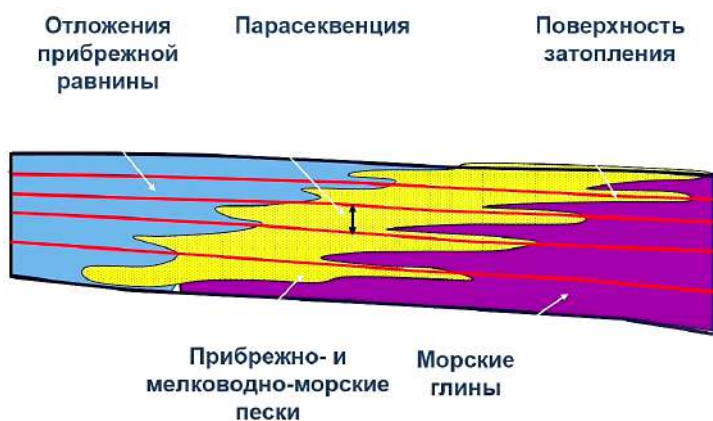


Рис. 4.2. Серии парасеквенций и поверхности затопления

На рис. 4.2. изображена парасеквенция как как сеймопрофиль увеличенного масштаба. Разделяющие парасеквенции красные линии – границы парасеквенций. Нижняя парасеквенция – незначительная часть отложений прибрежной равнины.

Парасеквенция – мелеющая вверх поверхность, так как все большую площадь занимают прибрежные и мелководные пески. Расширяются отложения прибрежной равнины и сокращается территория морских глин. Эту парасеквенцию отделяет поверхность максимального затопления от следующей парасеквенции. Каждая парасеквенция построена по одному и тому же чередованию осадков.

4.2. Пакеты парасеквенций

1. Пакет парасеквенций – последовательность парасеквенций по вертикали, имеющих определенный тип напластования-проградационный, ретроградационный и агградационный.

А) Проградационный – направлен в сторону бассейна и носит регрессивный характер

Б) Деградационный является усиленным вариантом проградационного и связан с сформированной регрессией

В) Ретроградационный-направлен в противоположную сторону и носит трансгрессивный характер. Море движется в сторону суши

Г) Агградационный-характеризуется стабильным положением береговой линии

4.3. Проградационный пакет

Progradation-наступление. Продвижение береговой линии в сторону моря в связи с тем, что уровень моря падает, пространство осадконакопления уменьшается. Парасеквенции смещаются в сторону бассейна.

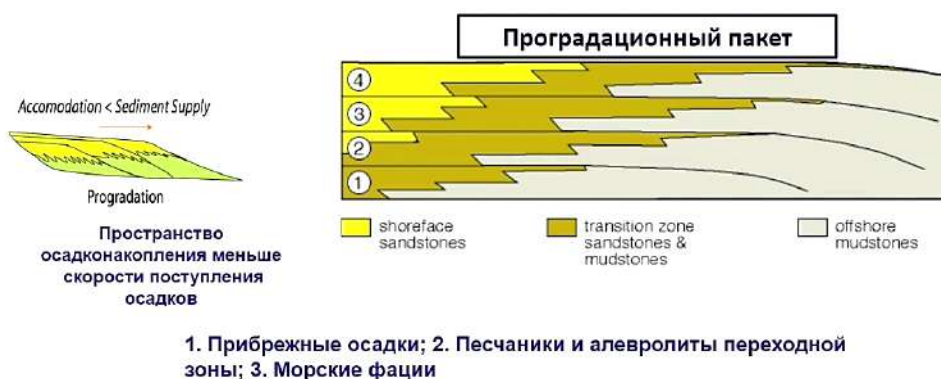


Рис. 4.3. Проградационный пакет

Проградационный пакет на сейсмопрофилях выделить возможно. Отложения - прибрежные осадки, песчаники и алевролиты переходной зоны, морские фации. Прибрежные осадки постепенно двигаются в сторону бассейна. Пространство осадконакопления становится меньше, чем скорость заполнения осадков (рис. 4.3).

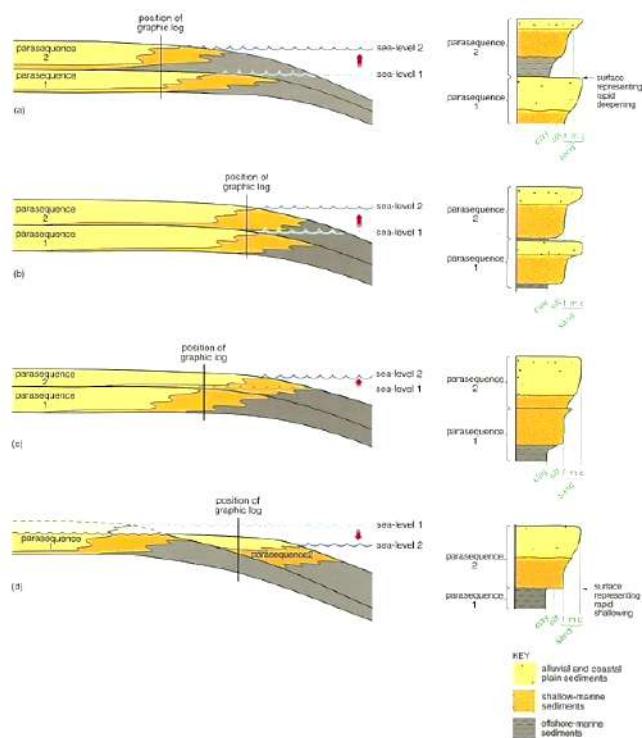


Рис. 4.4. Проградационный пакет парасеквенций

Скважины пробурены в разных местах (рис. 4.4). Проградационный пакет парасеквенций возникает, когда долгосрочная скорость увеличения седиментационного пространства уступает долгосрочному росту скорости осадконакопления. Пространство осадконакопления заполняется быстрее, чем оно формируется. Глубина воды становится мельче, а осадконакопление движется в сторону моря. Парасеквенции имеют пологую форму и ограничены поверхностью затопления. Каждая последующая парасеквенция более глубоководная, чем предыдущая.

4.4. Деградационный пакет парасеквенций

В деградационном пакете парасеквенций каждая единица не только сдвигается дальше в сторону моря, но и каждая парасеквенция сдвигается в сторону моря дальше, чем конец предыдущей парасеквенции. В этом случае парасеквенции не ограничены поверхностями затопления, а поверхностью, которая регистрирует колебания условий осадконакопления внутри бассейна. В естественных обнажениях они распознаются как регрессивные поверхности. В деградационном пакете парасеквенций сдвигаются не только в сторону моря, но и опускаются вниз. Их формирование связано с проявлением «форсированной регрессии».

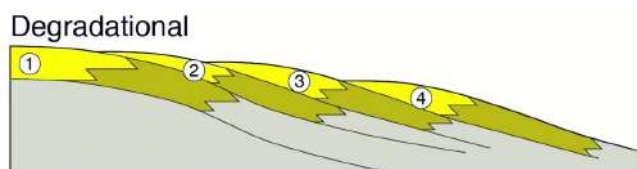


Рис. 4.5. Деградационный пакет парасеквенций

В поперечном разрезе деградационный пакет парасеквенций можно распознать по движению контакта различных фаций в сторону бассейна и вниз (рис. 4.5). Например, контакт между береговыми песками и прибрежной равнинной фацией каждой парасеквенции перемещается дальше в бассейн и вниз. Один и тот же контакт в основании каждой парасеквенции также будет смещаться в сторону бассейна. Деградационный пакет парасеквенций возникает, когда пространство осадконакопления постепенно уничтожается за счет комбинации падения уровня моря и тектонического поднятия.

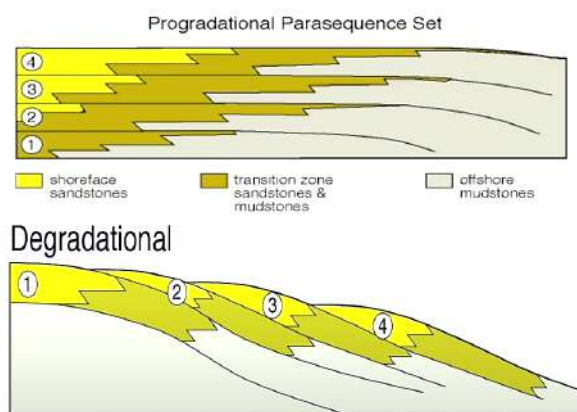


Рис. 4.6. Сравнение проградационного и деградационного пакетов парасеквенций

Разница между проградационным и деградационным пакетами (рис. 4.6). На проградационном пакете четко видны поверхности максимального затопления в кровле каждой парасеквенции. В деградационном пакете этого не видно. Характерны для тракта низкого стояния.

4.5. Ретроградационный пакет парасеквенций

Донные отложения, постепенно заполняя дно бассейна, переходят в область континентального склона и начинают вытеснять воду в сторону суши, начинается трансгрессивный этап развития бассейна. Он происходит с того времени, когда морские воды покрывают континентальный шельф. Начинается формирование ретроградационного пакета парасеквенций. Продвижение морских отложений в сторону суши наблюдается здесь очень ярко. Каждая из границ представляет собой поверхность

максимального затопления. К концу формирования ретроградационного пакета большая часть прибрежной равнины – отложения морских фаций или прибрежно-морских. Пространство осадконакопления становится больше, так как осадки накапливаются внутри морского бассейна, в области шельфа, на равнине. Пространство осадконакопления и скорость подъема уровня моря больше скорости поступления осадков.

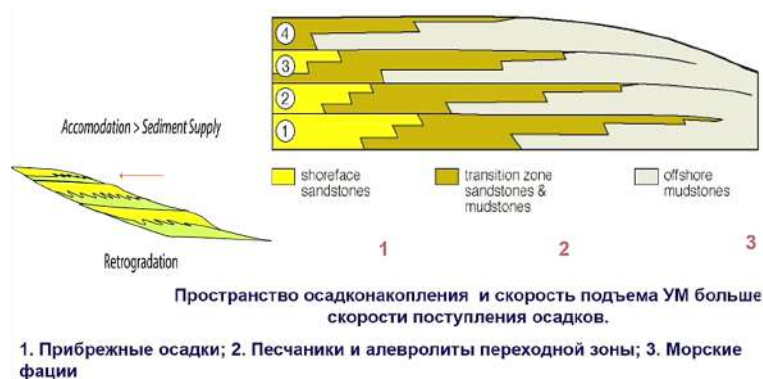


Рис.4.7. Ретроградационный пакет парасеквенций

В ретроградационном наборе парасеквенций (рис. 4.7) каждая смещается дальше на сушу относительно предшествующей. Этот сдвиг указывает на продвижение (трансгрессию) уровня моря и общую тенденцию к углублению. Вверх по разрезу во всем наборе парасеквенций. При этом каждая предыдущая парасеквенция становится более короткой в направлении бассейна. В одном обнажении набор ретроградационных парасеквенций может быть распознан появлением более мористых пород вверх в пакете парасеквенций. В некоторых случаях мелководные отложения могут исчезать в пакете парасеквенций: отложения открытого морского бассейна обычно присутствуют только в самых верхних парасеквенций, а прибрежные равнинные осадки – только в самых нижних парасеквенциях.

В результате ретроградации дистальные кромки каждой следующей парасеквенции смещаются в сторону суши (backstepping).

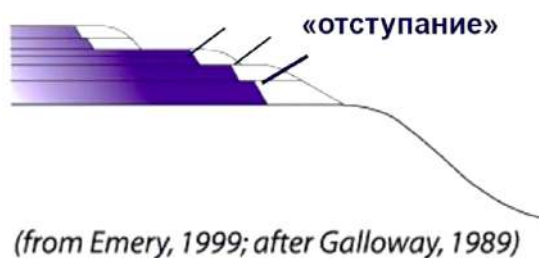


Рис. 4.7. Ретроградация

Кирпичи фиксируют отдельную парасеквенцию (рис. 4.7). Каждая из них становится все более и более короткой, если её проследивать в сторону бассейна.

4.6. Агградационный пакет парасеквенций

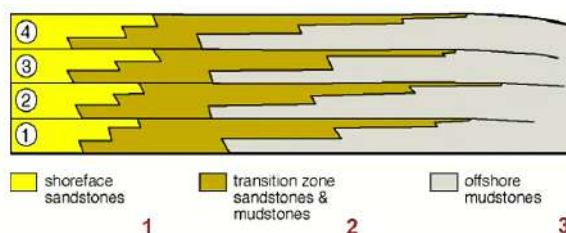


Рис. 4.8. Агградационный пакет парасеквенций

Это такая последовательность парасеквенционных единиц, в которой они последовательно располагаются одна над другой без значительного латерального смещения (рис. 4.8). В пределах пакета парасеквенций нет заметных изменений состава пород в сторону углубления или обмеления условий осадконакопления. Пространство осадконакопления равно темпам осадконакопления.

Агградация – намыв. Вертикальная компонента берегового налегания в направлении суши, но без значительного смещения.



Рис. 4.9. Агградация

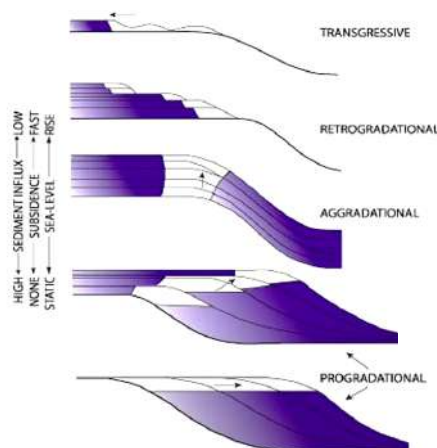


Рис. 4.10. Основные типы напластования в пределах парасеквенций

Осадочные комплексы, как функция объема пространства аккомодации и скорости заполнения осадками

Соотношение пространства осадконакопления, заполнения его осадками и пакетов парасеквенций.

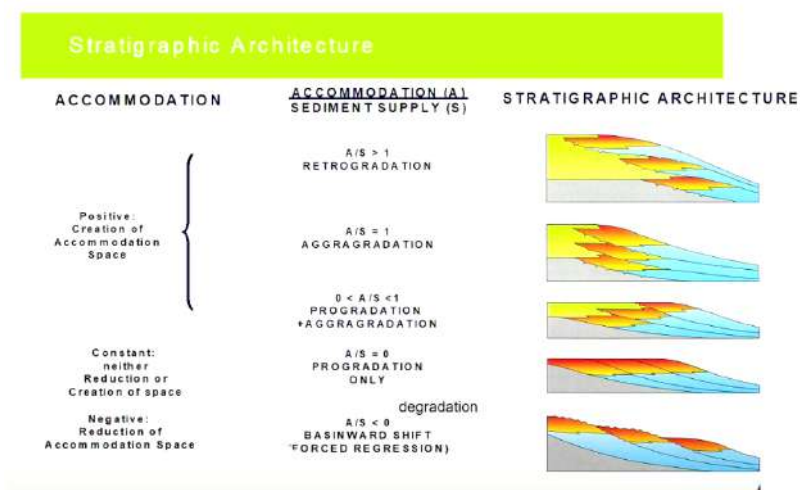


Рис. 4.11. Соотношение пространства осадконакопления, заполнения его осадками и пакетов парасеквенций

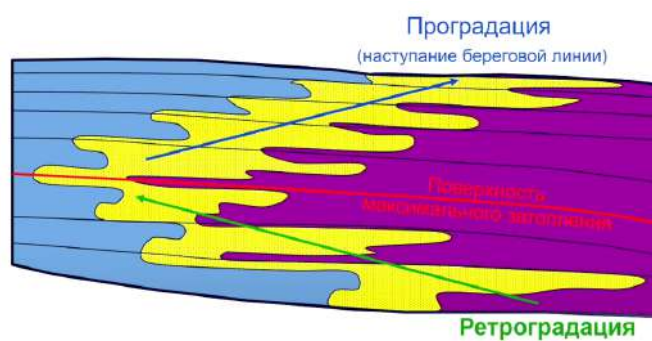


Рис. 4.12. Поверхность максимального затопления

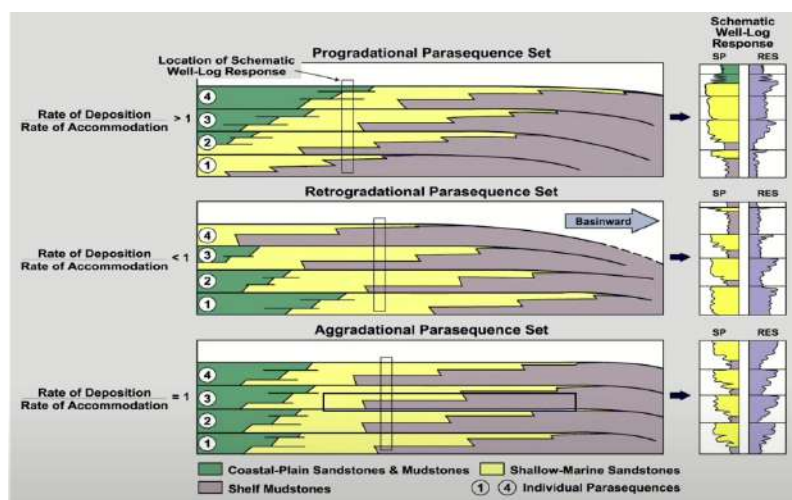


Рис. 4.13. Пакеты парасеквенций разного типа

Пакеты хорошо фиксируются на каротажных диаграммах.

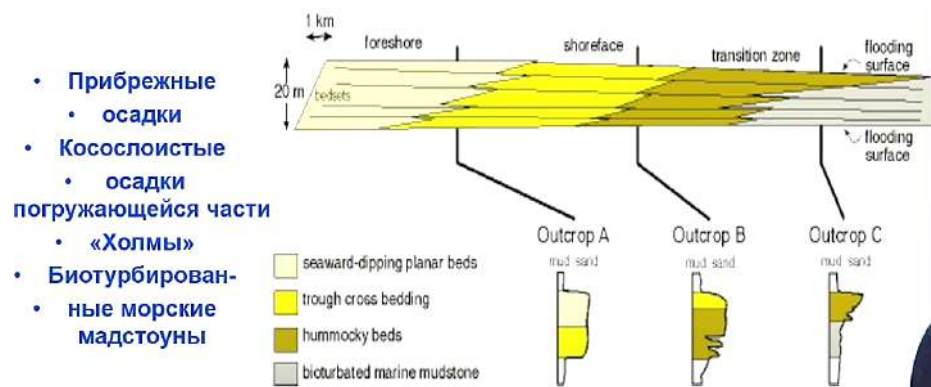


Рис. 4.14. Заполнение осадками пространства осадконакопления

Выводы

ТНС сложен проградационными пакетами донных отложений (конуса выноса) и турбидитами проградационного седиментационного клина. Вторая часть ТНС будет сложена агградационным пакетом парасеквенций. ТСТ-подъем уровня моря над бровкой шельфа и береговым перегибом. Ретроградационный пакет парасеквенций. Конденсированный разрез в бассейне.

ТВС-начинается агградационным пакетом парасеквенций (в бассейновой части надстраивается конденсированный разрез), по мере снижения подъема уровня моря и его стабилизации сменяется проградационным.

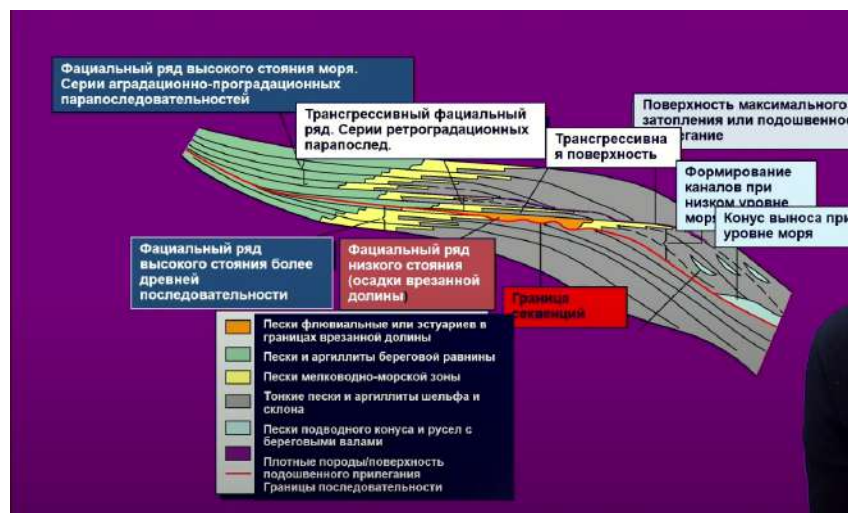


Рис. 4.15. Границы секвенций, системные тракты, пакеты парасеквенций

4.7. Конденсированные разрезы и несогласия на сейсмических профилях

Главное достижение интерпретации сейсмических профилей-это то, что на них видна реальная геометрия геологических тел, прослеженная непрерывно на десятки и сотни километров. Это позволяет по рисунку напластования отражающих поверхностей выделить конденсированные разрезы и определенные типы несогласий.

Конденсированный разрез

1. Низкая скорость осадконакопления.

А) обилие фоссилий (микрофоссилий)

Б) пик видового разнообразия

В) тонкие прослой глин

Г) хардграунды с открытыми ходами

Д) диагенетические материалы: глауконит, сидерит, фосфорит, аутигенный доломит, богатые водорослями прослой.



Рис. 4.16. Положение максимальной поверхности затопления в конденсированном разрезе

Как связано с формированием конденсированного разреза с положением максимальной поверхности затопления. Она может быть внутри него, выше него или подстилать (рис. 4.16).

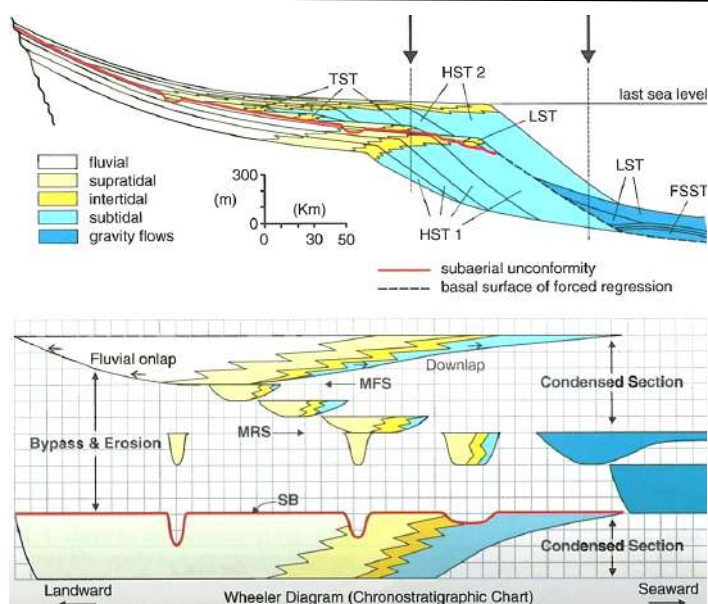


Рис. 4.17. Диаграмма седиментологической и геохронологической модели

На диаграмме (рис. 4.17) виден перевод седиментологической модели, расположенной сверху, в масштаб времени (геохронологическая интерпретация).

Лекция 5

Интерпретация сейсмических профилей в свете секвентной стратиграфии

Все рассмотренные единицы попытаемся рассмотреть на сейсмопрофилях. Сначала обратим внимание на несогласия и пластовые окончания.

5.1. Несогласия и пластовые окончания

Несогласия на сейсмических профилях определяются по отношению к нижней и верхней границам слоев! При этом учитываются фиксируемые несогласия, а также сочленения отражающих поверхностей с покрывающими и подстилающими поверхностями.

Пластовые окончания – разный тип – разные несогласия.

5.2. Отражающие горизонты у верхней границы

Основные типы несогласий, которые прослеживаются на сейсмических профилях, следующие (лежащие ниже поверхности несогласия):

1. **Эрозионное срезание** – слои в кровле сейсмофации ограничиваются поверхностью эрозии (угловые несогласия)



Рис. 5.1. Эрозионное срезание

2. **Согласное залегание**



Рис. 5.2. Согласное залегание

3. **Кровельное утыкание** - или прилегание к кровле, когда моноклинально залегающие слои в кровле ограничены поверхностью, выше которой слои залегают более полого. Поверхность называется поверхностью утыкания. Пластовые окончания подходят под относительно крутым углом к вышележащей поверхности. Кровельное прилегание (утыкание) показывает эрозию или перерыв в седиментации.



Рис. 5.3. Кровельное утыкание

5.3. Отражающие горизонты у нижней границы

1. **Налегание или подошвенное налегание** толщи горизонтально лежащих слоев к наклоненной поверхности. Поверхность называется поверхностью прилегания или прислонения. Прилегание к поверхности склона, к бортам эрозионных систем, налегание на интрузию. При трансгрессии.



Рис. 5.4. Налегание

2. **Прилегание или подошвенное прилегание**-слоистая толща наклонена и внизу «утыкается» в более пологую поверхность. Это поверхность прилегания. Формируется при понижении уровня моря во время формирования проградационного пакета парасеквенций.

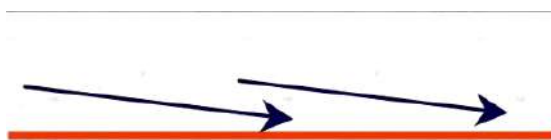


Рис. 5.5. Прилегание

3. Согласно залегание относительно поверхности несогласия



Рис. 5.6. Согласно залегание



Рис. 5.7. Двунаправленное налегание (слева) и двунаправленное подошвенное прилегание (справа)



Рис. 5.8. Характерные формы сейсмической записи

На рис. 5.8. выбраны куски профилей, на которых хорошо видны несогласия, но иногда их отличить достаточно сложно.

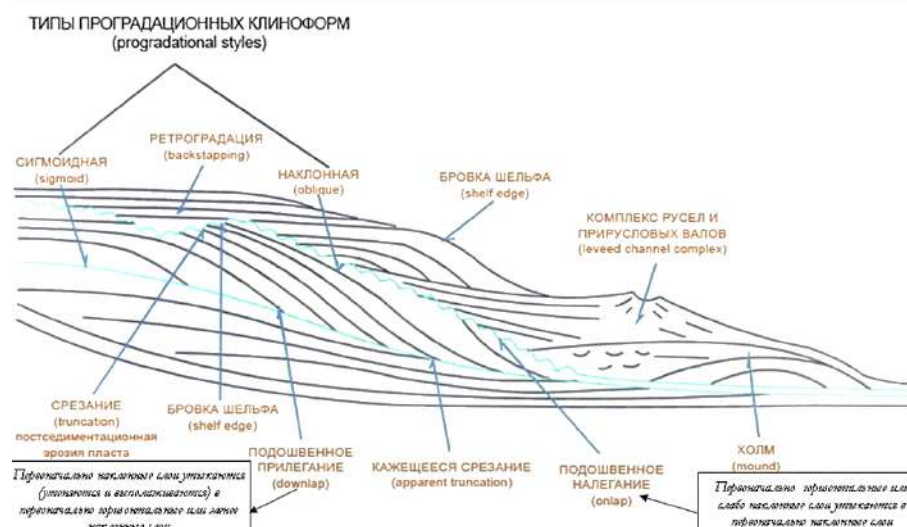


Рис. 5.9. Характерные формы сейсмической записи

На рис. 5.9. показаны типичные типы несогласий. Видно эрозионное срезание. Сначала накапливаются донные отложения – холмы, затем формируются прирусловые валы. На склонах формируются различные типы несогласий. После того как дно заполнено, осадконакопление движется в сторону суши.

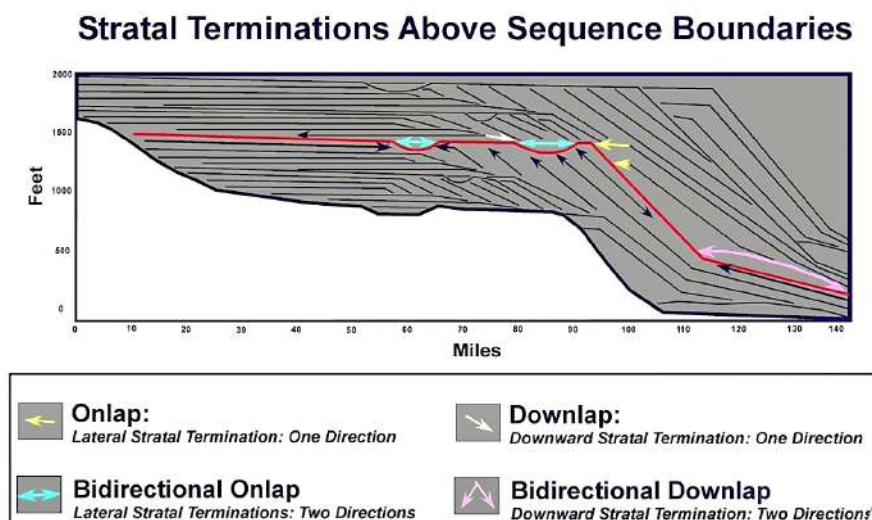


Рис. 5.10. Разнообразные типы несогласий

5.4. Аллостратиграфия

Аллостратиграфическое подразделение - картируемое стратиформное тело осадочных пород, которое определяется и распознается по ограничивающим его несогласиям. Формализация подразделений в Североамериканском стратиграфическом Кодексе (1983). Подразделения с формальными именами аллосерий, аллоформаций, аллопачек.

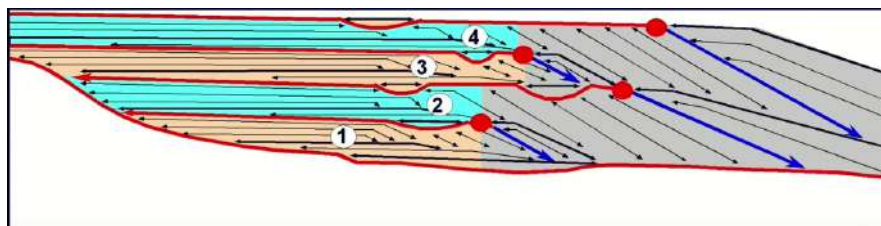


Рис. 5.11. Аллостратиграфия

Как выражены несогласия?

Это пластовые отражающие поверхности или образцы пластовых окончаний. Они являются отображением поверхностей несогласий разного типа.

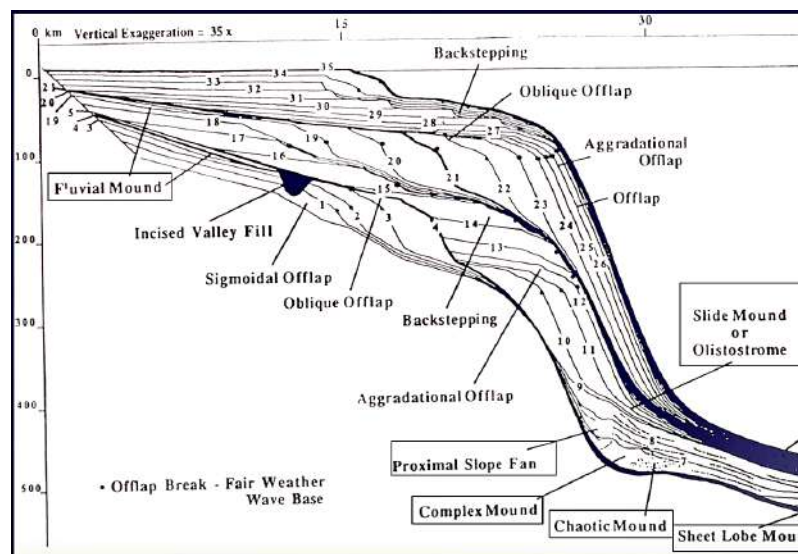


Рис. 5.12. Фации определенного типа

В самом низу донные холмы, лежащие на дне бассейна. Далее идут хаотические холмы, они переходят в сторону склона. Далее идет формирование осадков, имеющих другую конфигурацию-агграция. Агграционные пакеты идут вверх и вниз. После происходят процессы, связанные с оползанием, склоновые фаны. Далее отражающие поверхности пересекают шельф – трансгрессивная поверхность. Отражающие границы налегают на границу секвенции. Тракт высокого стояния – заполнение прибрежной равнины. Каждая предшествующая отражающая последовательность короче предыдущей. Окраинно-шельфовый тракт сменяется трансгрессивным.

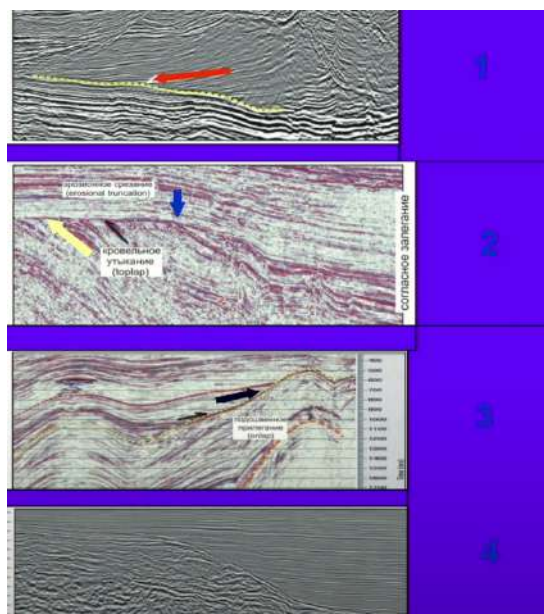


Рис. 5.13. Примеры основных типов несогласий на сейсмических профилях: 1) подошвенное прилегание, 2) эрозионное срезание, 3) налегание, 4) прилегание к палеосклону

5.5. Пластовые окончания и несогласия

ТВС:1-4 (рис. 5.12). Сигмоидальный до облекающего рисунок парасеквенций показывает подъем уровня моря вверх по разрезу. Вверху кровельное утыкание или эрозионное срезание. Внизу-подошвенное прилегание к поверхности максимального затопления.

ТНС:5-13 (рис. 5.12). Низкий уровень моря. 5-9. Двустороннее прилегание к донной, а затем к склоновой поверхности в верхней части. 10-13. Облекающий до агградационного облекания рисунок парасеквенций показывает медленный подъем уровня моря вверх по разрезу.

ТСТ:14-18 (рис. 5.12). Backstepping-показывает быстрый подъем уровня моря. ТВС:18-21. Сигмоидальный до облекающего показывает подъем уровня моря с уменьшением вверх по разрезу. 21. Тип 2 SB – незначительное падение уровня моря. ОШТ:22-27. Облекание до боковой агградации показывает стабильный уровень моря и его постепенное увеличение вверх по разрезу.

5.6. Сейсмофации

Фации и сейсмофации

На сейсмопрофилях определенные наборы отражающих поверхностей, показывающие особенности отложений. Для сейсмофации характерны определенные породы и переходы.

Классическое понимание термина фация

Фация - часть слоя, отличающаяся какими-либо особенностями своего состава от других частей (фаций) того же слоя. В более широком смысле этого понятия – фация - это толща осадочных пород, которая может быть определена и выделена от других толщ по ее литологии, седиментационным структурам и текстурам, ископаемым остаткам.

Сейсмofация – трехмерный сейсмический элемент, который состоит из группы отражений, параметры которых (конфигурация, непрерывность, амплитуда, частота или интервальная скорость) отличаются от соседних сейсмических элементов.

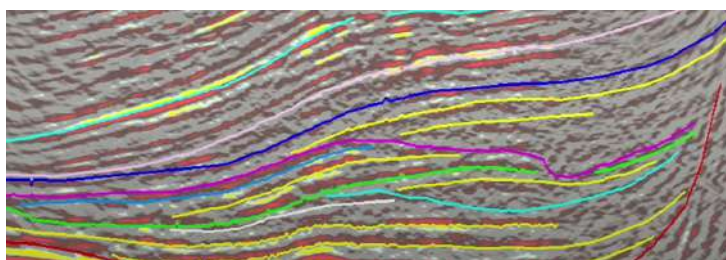


Рис. 5.14. Последовательность Боаршед 3 (от зеленого до фиолетового)

Фрагмент сейсмического профиля (рис. 5.13), на котором разными цветами показываются разные протяженные поверхности.

Типы сейсмofаций

1. **Параллельная-шельф** или дно бассейна, прибрежная равнина
2. **Осадочные клинья**-на шельфе, у подножья склона, на дне бассейна
3. **Дивергентные серии**. Как 2, но с большим утолщением
4. **Пластовое облекание**. Облекание топографии или неравномерность уплотнения осадка.
5. **Банка**-тело с субплоским склоном. Часто это клиноформы на шельфе или за его бровкой.
6. **Клиноформы**. Очень разнообразны
7. Холм-биогермы, скопления обломочных пород, вулканы

Лекция 6

Типы сейсмофаций. Характеристика системных трактов и фациальных рядов

6.1. Типы сейсмофаций

1. **Параллельная-шельф** или дно бассейна, прибрежная равнина
2. **Осадочные клинья**-на шельфе, у подножья склона, на дне бассейна
3. **Дивергентные серии**. Как 2, но с большим утолщением
4. **Пластовое облекание**. Облекание топографии или неравномерность уплотнения осадка.
5. **Банка**-тело с субплоским склоном. Часто-этоклиноформы на шельфе или за его бровкой.
6. **Клиноформы**. Очень разнообразны
7. **Холм-биогермы**, скопления обломочных пород, вулканы
8. **Линза** – линзовидные очертания и сложная структура-обвальное-оползневые, фаны, тела контуритов
9. **Бугристая**-аллювиальные комплексы, конусы выноса
10. **Прозрачная**-параллельная слоистость, деформированная толща с плохо выраженными отражающими поверхностями

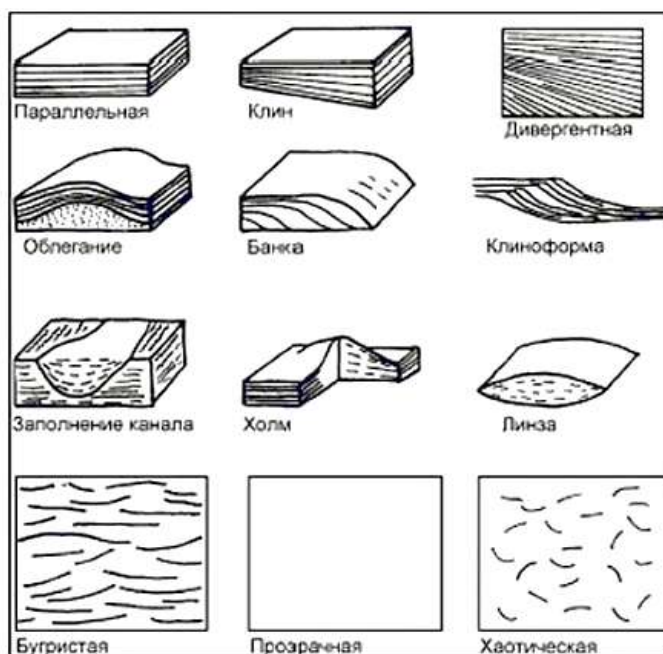


Рис. 6.1. Основные типы несогласий и некоторые типы сейсмофаций

Особый интерес представляют собой клиноформы (рис. 6.2).

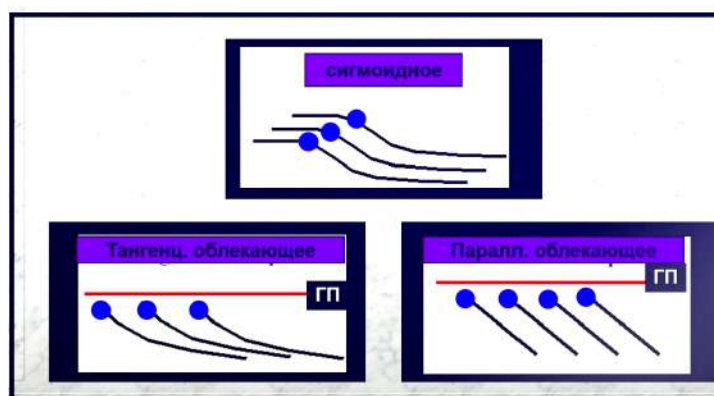


Рис. 6.2. Клиноформные несогласия в пределах последовательности

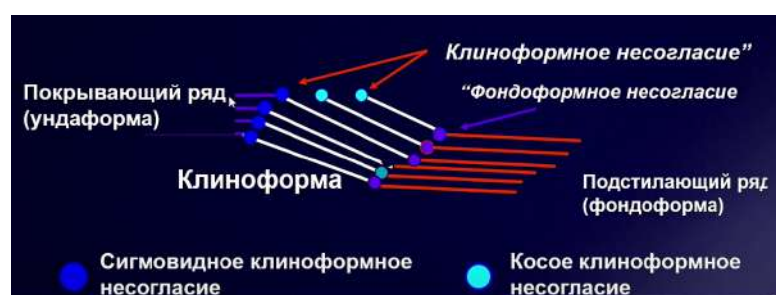


Рис. 6.3. Клиноформное несогласие: простой способ передачи рельефа осадконакопления для различных обстановок осадконакопления

Морфологическое несогласие между покрывающим (ундаформа) (рис. 6.3) и промежуточным (клиноформа) рядом любого непрерывного сейсмического или осадочного профиля, или верхняя часть промежуточного ряда (клиноформы) при отсутствии покрывающего ряда (ундаформы).

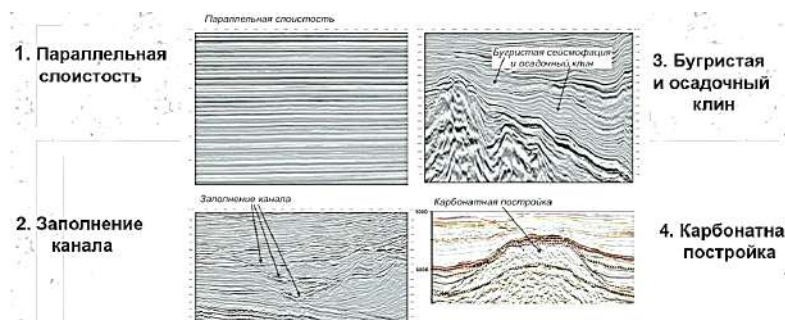


Рис. 6.4. Разные типы сейсмифаций

Переход из седиментационной модели в геохронологическую (рис. 6.5).

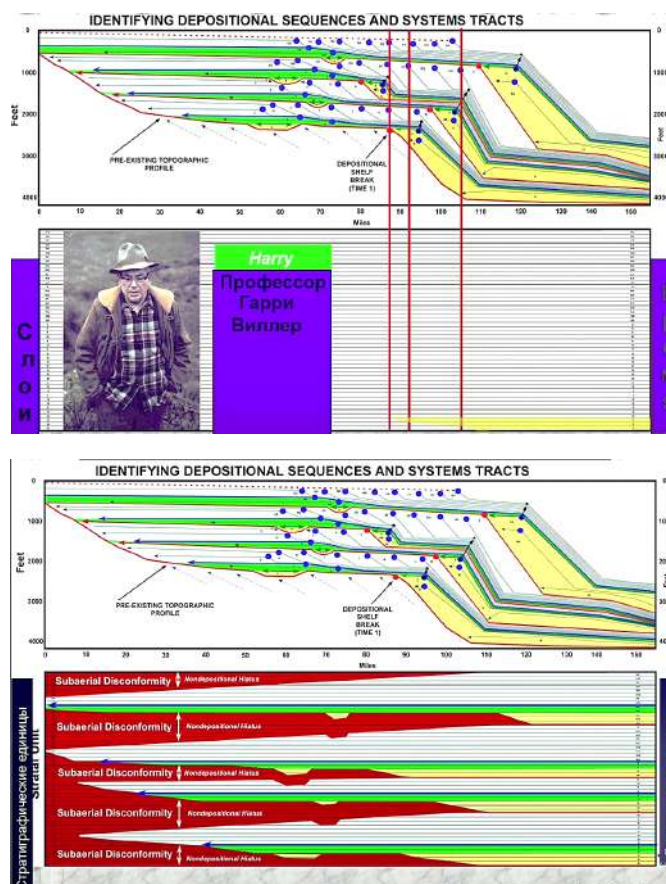


Рис. 6.5. Переход из седиментологической модели в геохронологическую

6.2. Характеристика системных трактов и фациальных рядов (терригенные отложения)

Тракты представляют собой латеральные фациальные ряды или осадочные породы, образовавшиеся в различных обстановках седиментации.

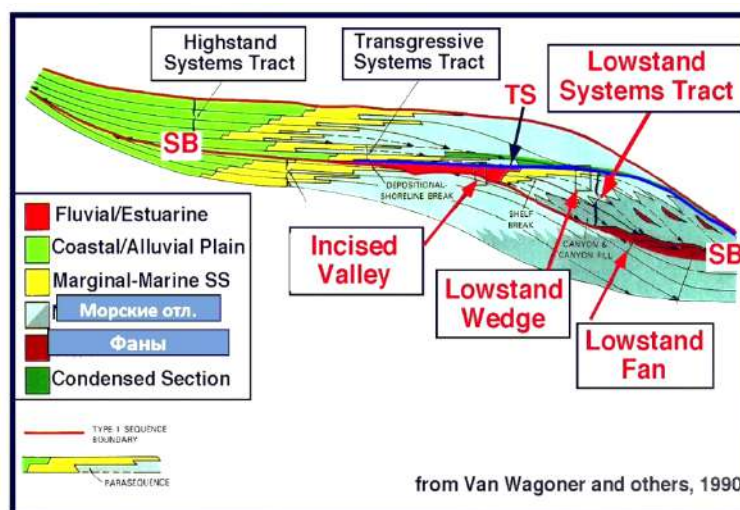


Рис. 6.6. Тракт низкого стояния

6.3. Тракт низкого стояния

На рис. 6.6. выделяются сейсмофации, которые характерны для того или иного тракта. На дне бассейна самые древние отложения, формируется фан низкого стояния, который представляется собой частицы континентальных и мелководно-морских отложений, переотложенные в глубоководных отложениях. Тем самым они смешиваются с глубоководными глинами, органическими остатками. Внизу секвенция подстилается границей секвенции, сверху – её верхняя часть, представленная склоновыми отложениями, характерные для глубоководных турбидитов. Формирование 2х стадий тракта низкого стояния. В другой части бассейна и прибрежной равнине – область эрозии или накопление временных русловых потоков и тд. После того, как склоновые отложения (клинья, дивергентные фации) заполняют бассейн, осадконакопление в результате подъема моря отправляется в сторону суши.

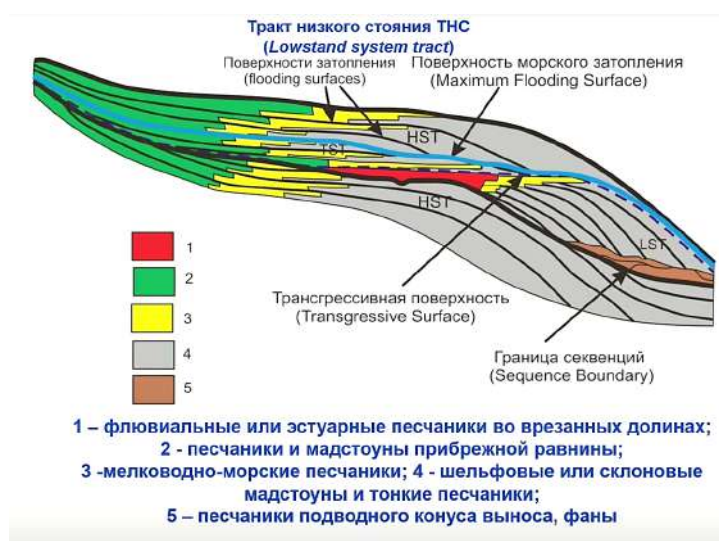


Рис. 6.7. Фации тракта низкого стояния

ТНС (рис. 6.7): 1) бассейновый конус выноса; 2) склоновый конус выноса; 3) клин низкого стояния. Выделяют раннюю и позднюю фазы в отложениях ТНС. Отложения ранней фазы ТНС формируются во время падения уровня моря; они являются грубозернистыми, занимают небольшую площадь и расположены далеко от береговой линии. Отложения поздних фаз ТНС формируются во время стабилизации уровня моря в его самом низком положении и во время его медленного поднятия.

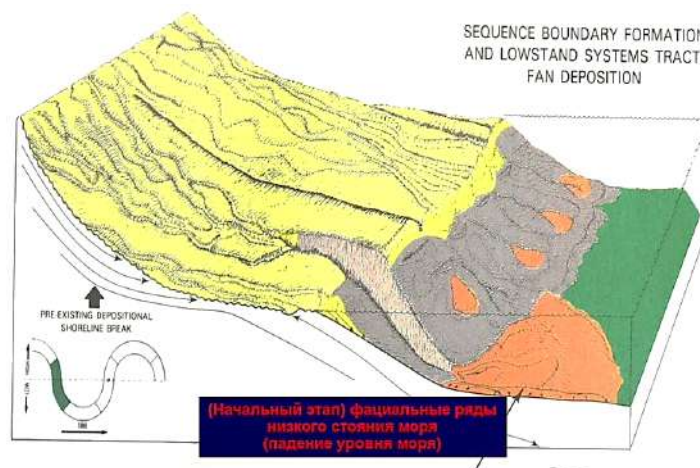


Рис. 6.8. Формирование границы секвенции и ТНС

Начало врезки русла в шельфовую зону (рис. 6.8) и формирование каньона на границе шельфа. Если каньон формируется на границе флювиальной системы, то подводные конусы выноса образуются на склоне и абиссальной равнине. При поднятии шельфа над уровнем моря возникает субаэральная эрозия и формирование границ последовательности.

Для каждого из отдельных участков характерны свои макрофауны или осадочные системы.

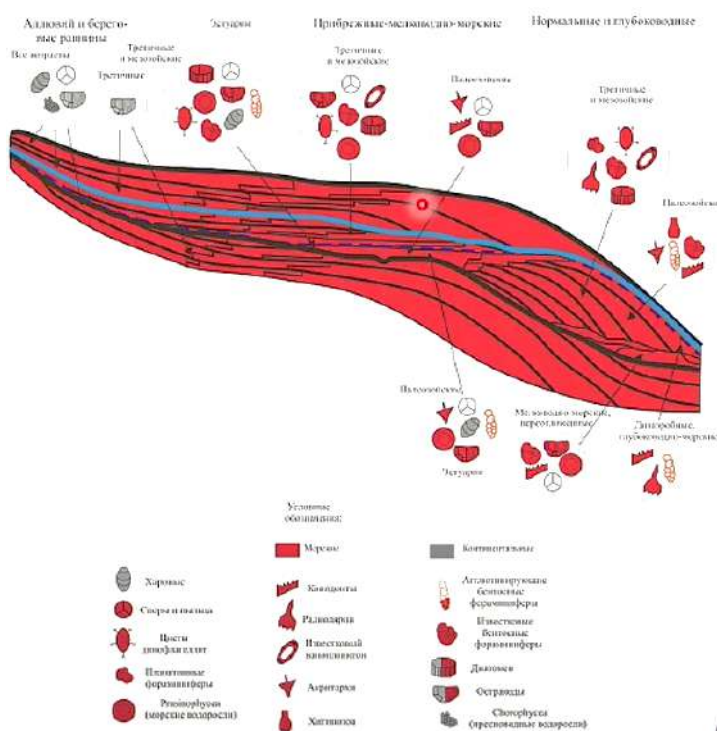


Рис. 6.9. Организмы в различных фациях

Фан - конусо- или веерообразное скопление терригенного материала, образующегося на морском дне у устьев больших рек и подводных каньонов.

Levee - вал намывных осадков, который окаймляет подводный каньон, долину подводного конуса выноса или глубоководную промоину. Напоминает прирусловой вал реки в субаэральной обстановке. Мелководно-морские осадки по составу: фоссилии: БФ, конодонты, остракоды, споры и пыльца.

Осадочный клин

В секвентной стратиграфии осадочный клин - одна или несколько систем проградационных или агградационных парапоследовательностей, приуроченных к перегибу шельфа и налегающих на склон предыдущей последовательности. Проксимальная часть клина представлена заполнением врезанной долины и прибрежными отложениями, накопленными в период низкого стояния уровня моря на шельфе и в верхней части склона. В бассейнах с перегибом между шельфом и склоном большая часть клина состоит из мощной проградационной толщи преимущественно глинистых пород, налегающей на конус выноса. Эта толща представлена дельтовыми накоплениями, которые формировались при низком стоянии уровня моря и становились все более мелководными вверх по разрезу, а также связанными с ними осадками, которые распространялись в сторону бассейна и выклинивались в сторону суши.

Организмы:

PZ-Хитиноза, Акритархи, Конодонты; MZ-KZ-диатомеи, конодонты, радиолярии; Эстуарии PZ-харовые, морские водоросли, остракоды. Эстуарии MZ-KZ-цисты, харовые, морские водоросли.

Пакеты парасеквенций типы несогласий

Проградационный или деградационный при форсированной регрессии (ранняя стадия). Агградационный на второй стадии развития тракта. Несогласия: двустороннее прилегание, подошвенное прилегание и налегание. Эрозионное срезание на прибрежной равнине.

6.5. Трансгрессивная система трактов

Внизу трансгрессивная поверхность (TS), сверху поверхность максимального затопления (mfs). Состоит из отложений открытого морского бассейна (мадстоуны), мелководно-морских и отложений прибрежной равнины. При этом трансгрессия движется на шельф, так и на прибрежную равнину. В области глубоководного шельфа и бассейновой части вследствие дефицита поступления осадков от источника сноса формируется глинистый или глинисто-карбонатный конденсированный разрез.

Трансгрессивная система трактов-уверенно определяется в средних частях секвенции, где глубоководные бассейновые фации ложатся на мелководные прибрежные отложения и, затем, замещаются мелководными отложениями. В удаленных от берега

частях бассейна характер седиментации непрерывен и слабо подвержен влиянию колебаний уровня моря, поэтому отложения ТСТ могут быть неотличимы от подстилающих и перекрывающих отложений.

В трансгрессивном системном тракте формируются: мадстоуны, мелководно-морские отложения, отложения береговых равнин. При этом все более мористые отложения ложатся на относительно мелководные породы.

Пелагические осадки накапливаются в открытом морском бассейне, далеко от источника сноса. Гемипелагические осадки. Глубоководные морские осадки, в которых около 25% фракции представлены материалом. Обычно накапливаются ближе к континентальному краю и соседних с ним участках так, что обломочный материал испытывает латеральное перемещение.

В бассейновой части-конденсированный разрез, сложенный тонкозернистыми гемипелагическими или пелагическими осадками, отложившимися на шельфе в условиях острого недостатка терригенного осадочного материала при поднятии уровня моря. В подобных толщах, обедненных терригенным материалом, отмечается наибольшее обилие и разнообразие фаунистических остатков. Накопление конденсированного разреза происходит непрерывно, однако мощность его мала, седиментация происходит с малой скоростью и охватывает большой интервал времени.

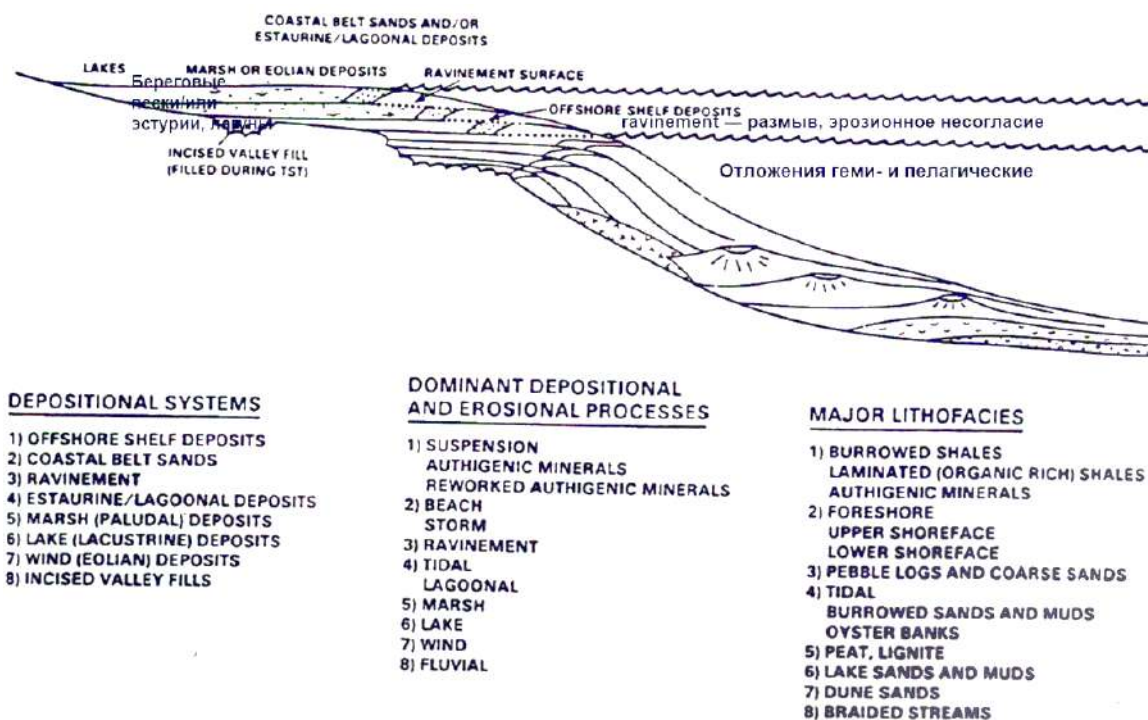


Рис.6.10. Трансгрессивный системный тракт



Рис. 6.11. Трансгрессивный фациальный ряд

Организмы: PZ-акритархи, конодонты, морские водоросли, остракоды; MZ-KZ-диатомеи, остракоды.

Пакеты парасеквенций

Ретроградационный пакет парасеквенций. ТСТ характеризуется подошвенным налеганием на SB в направлении суши и формирует подошвенное прилегание к TS в направлении бассейна.

6.6. Тракт высокого стояния

Внизу поверхность MFS, сверху SB. Состоит из отложений открытого морского бассейна (мадстоуны), мелководно-морских и отложений прибрежной равнины. Море затопляет шельфы и полностью перекрывают его и часть прибрежной равнины осадочным материалом. Осадки максимального затопления шельфа и прибрежной равнины, коррелятивный им конденсированный разрез служат маркирующими горизонтами и реперами при составлении разрезов. Они присутствуют во всех секвенциях, надежно выделяются на сеймопрофилях.

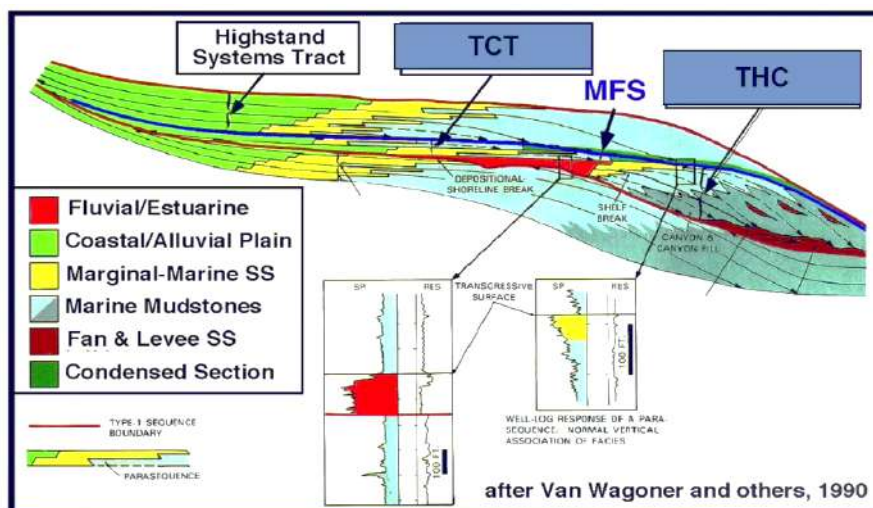


Рис. 6.12. Тракт высокого стояния

Поверхность максимального морского затопления на шельфе – это граница между ТСТ и ТВС. Представляет собой плотные породы и является основной поверхностью несогласного залегания (подошвенное прилегание). ТВС расположен между максимальной поверхностью затопления (MFS) и следующей секвентной границей (SB) (рис. 6.12).

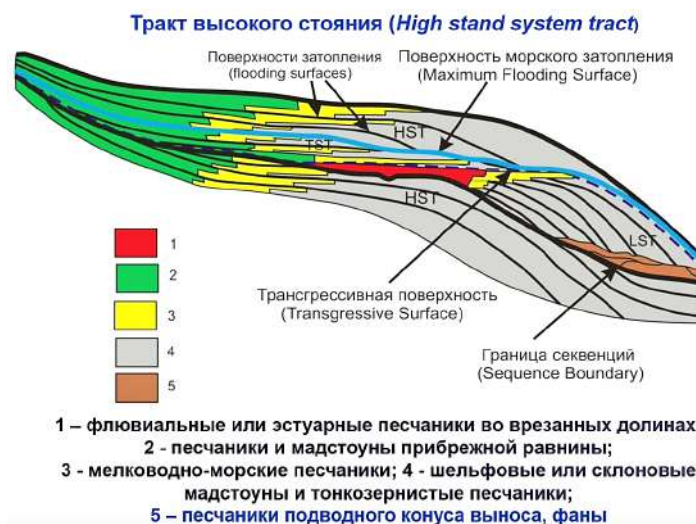


Рис. 6.13. Фации тракта высокого стояния

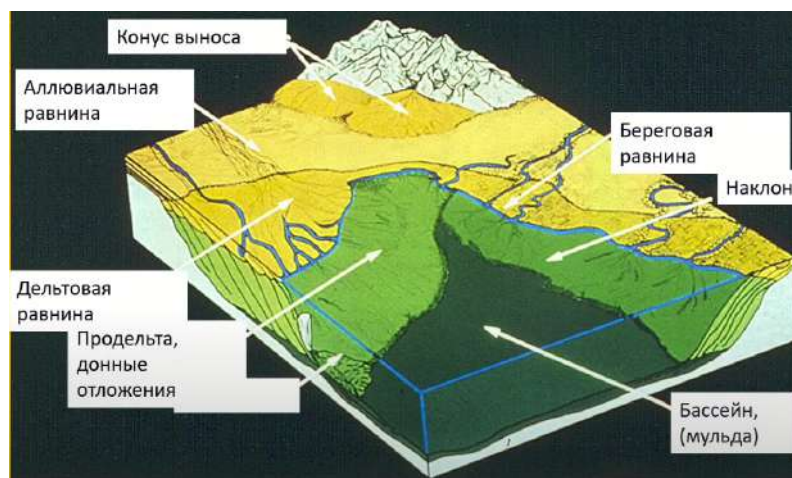


Рис. 6.14. Система высокого стояния уровня моря

Тракт высокого стояния

1. Формируется система агградационных и проградационных клиноформ
2. Осадки максимального затопления шельфа и прибрежной равнины, коррелятивный им конденсированный разрез служат маркирующими горизонтами и реперами при составлении разрезов. Они присутствуют во всех секвенциях, надежно выделяются на сеймопрофилях и каротажных диаграммах.

Пакеты парасеквенций

Агградационный сменяется проградационным. Несогласия: параллельное в начале и подошвенное прилегание к MFS во второй половине.

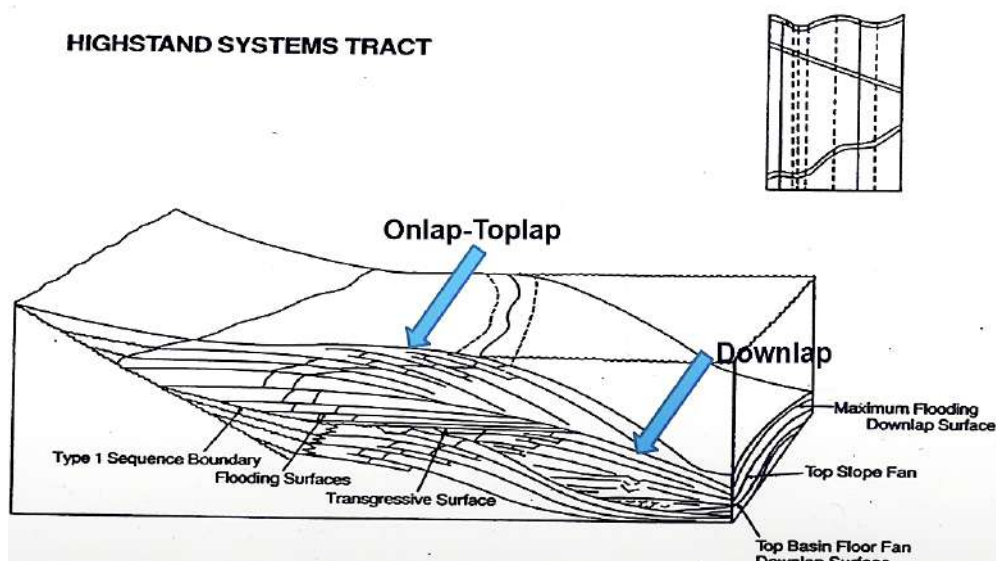


Рис. 6.15. Тракт высокого стояния

6.7. Окраинно-шельфовый тракт (ОШТ)

1. Шельф не осушается;
2. Осадочное пространство не перемещается в бассейновую часть
3. Формируется окраинно-шельфовый тракт. Его отличие от нижележащего тракта высокого стояния не всегда заметно и граница между ними не всегда отчетлива.

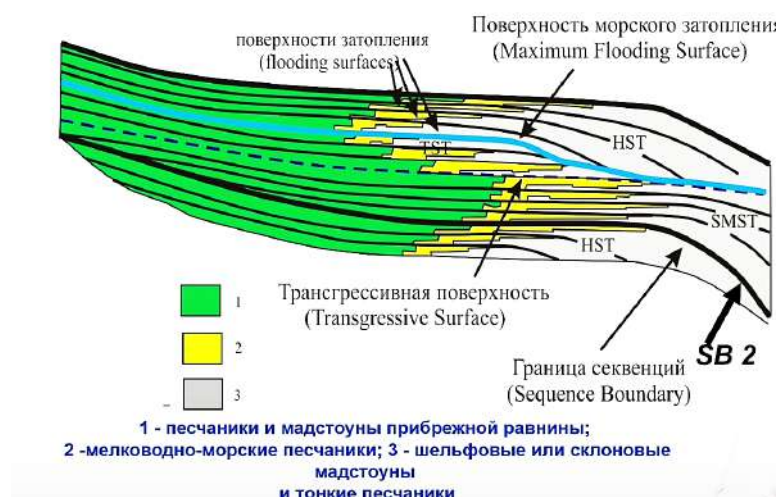


Рис. 6.16. Окраинно-шельфовый тракт

Внизу SB,верху TS. Осадки прибрежной равнины, мелководно-морские осадки, пелагические, чаще гемипелагические осадки.

Пакеты парасеквенций

Агградационный-слабо проградационный тип пакетов парасеквенций. Налегание или параллельное несогласие в сторону суши. Боковое наращивание и конденсированный разрез в бассейновой части.

Лекция 7

Седиментационные системы карбонатного осадконакопления. Тектонические движения

7.1. Типы осадконакопления в морских бассейнах

Море рассматривается как территория преимущественного накопления осадков;

1. Материал с суши
2. Карбонатные постройки
3. Ненакопление в зонах течений
4. Оползание и мутьевые потоки

Типы морских бассейнов

1. Океаны
2. Открытые морские бассейны
3. Краинные моря
4. Внутриматериковые моря

7.2. Перерывы

Перерывы очень характерны для карбонатных осадков. С чем это связано:

Эрозия или отсутствие процесса осадконакопления определяются динамическим равновесием между скоростью поступления осадка и скоростью удаления или растворения.

Перерывы характерны:

- Для мало продуктивных областей;
- При присутствии донных течений;
- При разделении континентов и похолодании

Три главных этапа сгущения гиаусов (перерывов):

1. **Маастрихт палеоцен:** раскрытие Атлантики и Арктического океанов;
2. **Эоцен-олигоцен-отделение** Австралии, открытие пролива Дрейка и возникновение циркумоантарктической системы течений. Образование холодной психросферы.
3. **Средний-поздний миоцен.** Образование южной полярной шапки, придонные быстрые течения через всю океаническую систему.
4. **В мезозое циркуляция другая.** В Тетисе существовало западное течение, только поверхностное. На севере-круговороты с движением воды по часовой стрелке.

7.3. Карбонатные породы, состав и пористость

Терригенные породы – вторичные образования. Карбонаты непосредственно образуются из материала, поставляемого водной толщей (раковины, фораминиферы и т.д.). Породы содержат в своем составе зерна органического происхождения. Выделяют разные типы пород (рис. 7.1).

Текстура осадочных пород явно выражена					Текстура осадочных пород невыражена
Первичные компоненты породы при осадконакоплении не были скреплены			Исходные компоненты породы при осадконакоплении скрепляются		
Порода содержит ил			На основе зерен, ил отсутствует		
Опорой является ил		Зерна опираются друг на друга			
Менее 10% зерен	Более 10% зерен				
Мадстоун	Вакстоун	Пакстоун	Грейнстоун	Баундстоун	(Доломиты) Зерна кристаллов

Рис. 7.1. Классификация Данхэма (1962). Классификация карбонатных пород, получившая наиболее широкое распространение

«Карбонатами рождаются, а не становятся!» Джеймс и Кендалл, 1992

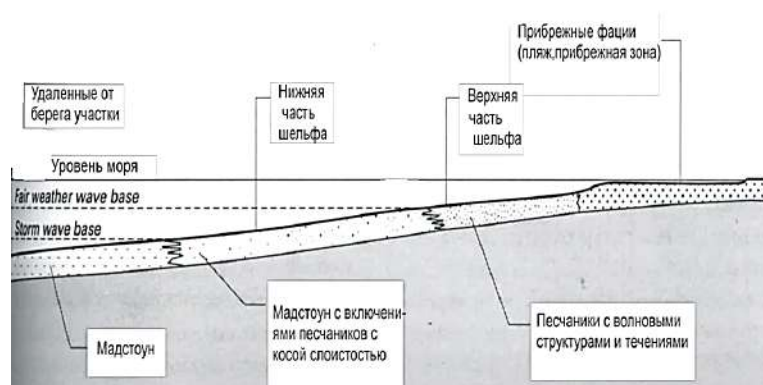


Рис. 7.2. Разделение фаций на шельфе с сильным влиянием волновой деятельности

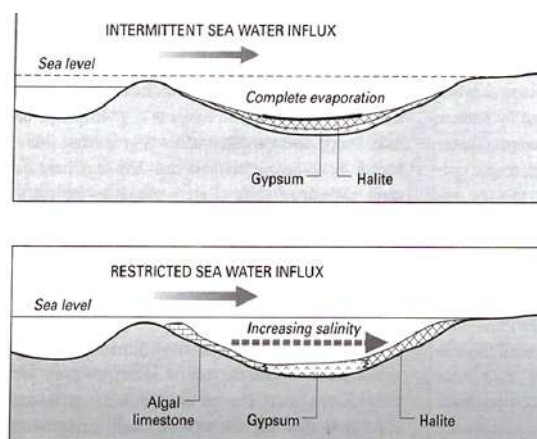


Рис. 7.3. Шельф с лагуной

Лагуны – мелкий водоем, отделенный от большей части воды выпуклой структурой (барьерные острова или рифы) (рис. 7.3). Карбонатные породы формируются на относительно небольших глубинах.

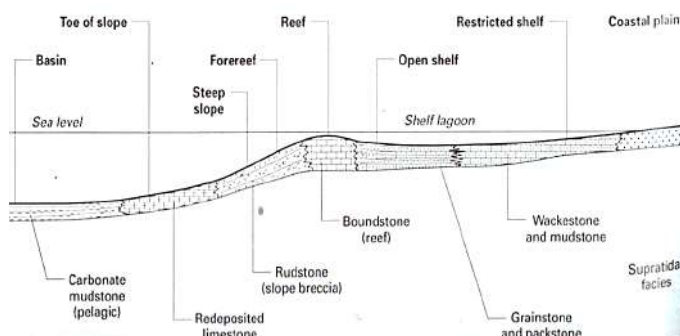


Рис. 7.4. Окаймленный шельф

Окаймленный шельф не отделяется постоянно от открытого бассейна, как лагуна, но у него есть возвышенность, которая представляет собой карбонатный риф, что периодически затрудняет попадание воды (рис. 7.4).

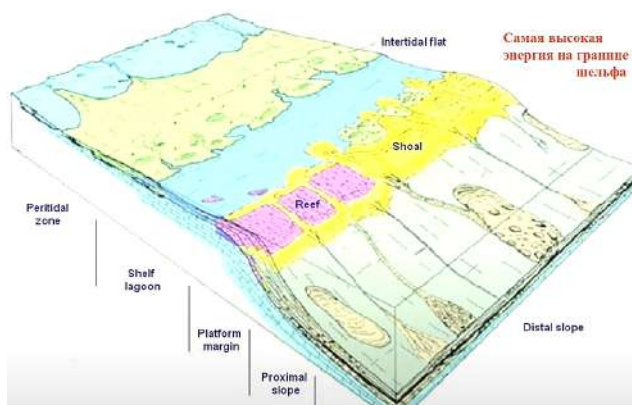


Рис. 7.5. Идеализированный карбонатный шельф окаймленного типа

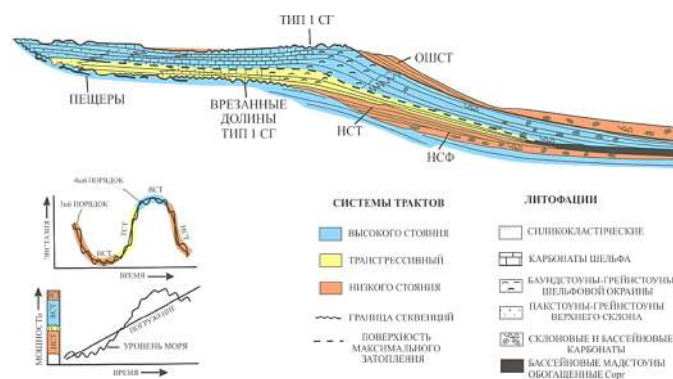


Рис. 7.6. Модель секвенций терригенно-карбонатного окаймленного шельфа в условиях гумидного климата

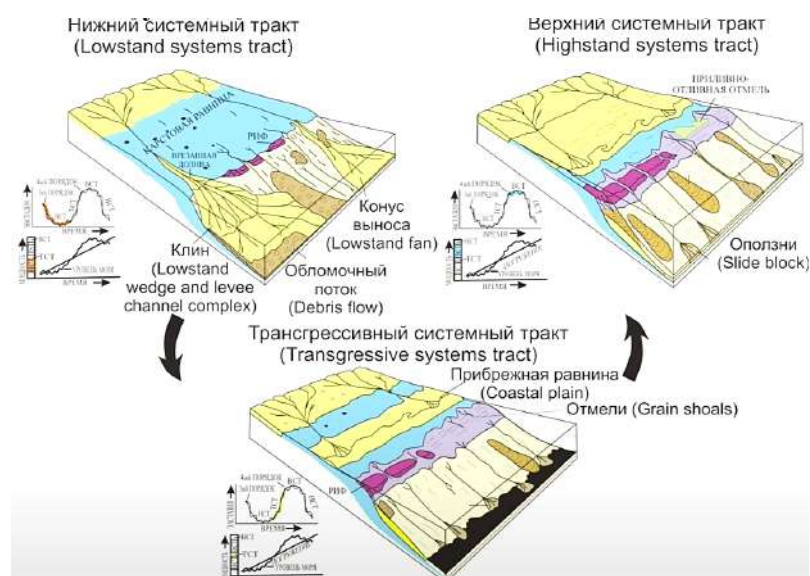


Рис. 7.7. Системы трактов в условиях окаймленного шельфа, гумидный климат

7.4. Карбонатные рампы

Типичны для следующих условий осадконакопления:

- Бассейны фронтальной области складчатой зоны
- Внутрикратонные бассейны и «эпиконтинентальные моря»
- Локально распространены в зонах растяжения
- Подветренная сторона платформенных участков
- Периоды отсутствия рифообразующих организмов
- Переходные периоды от парниковому к ариднему климатам

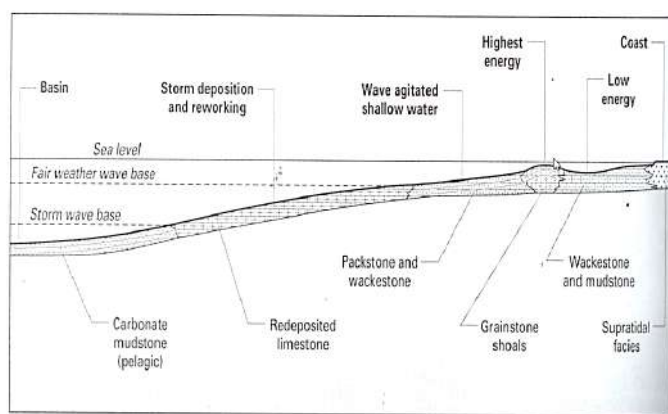


Рис. 7.8. Карбонатный рамп

Связь с открытым бассейном более активная в карбонатном рампе (рис. 7.8).

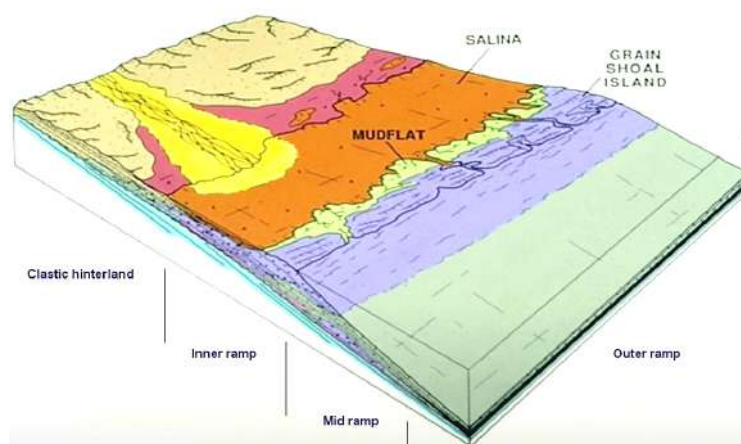


Рис. 7.9. Осадочные системы карбонатного рампа

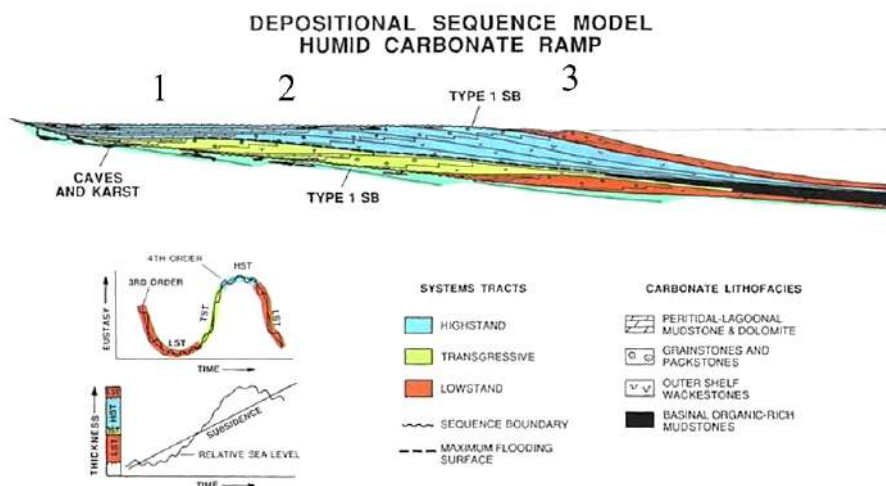


Рис. 7.10. Модель секвенции карбонатного рампа в условиях гумидного климата

Окаймленные шельфы

Типичны для:

- Протяженных бассейнов
- Пассивных окраин
- Наветренных границ платформенных участков
- Периодов интенсивного рифообразования
- Периодов парникового климата

Шельф бортового типа

Типичен для

- Протяженных бассейнов
- Пассивных границ
- Наветренных границ платформенных комплексов
- Периодов интенсивного рифообразования
- Периодов парникового климата
- Окаймленные рифами или банками, сложенными грейстоуном

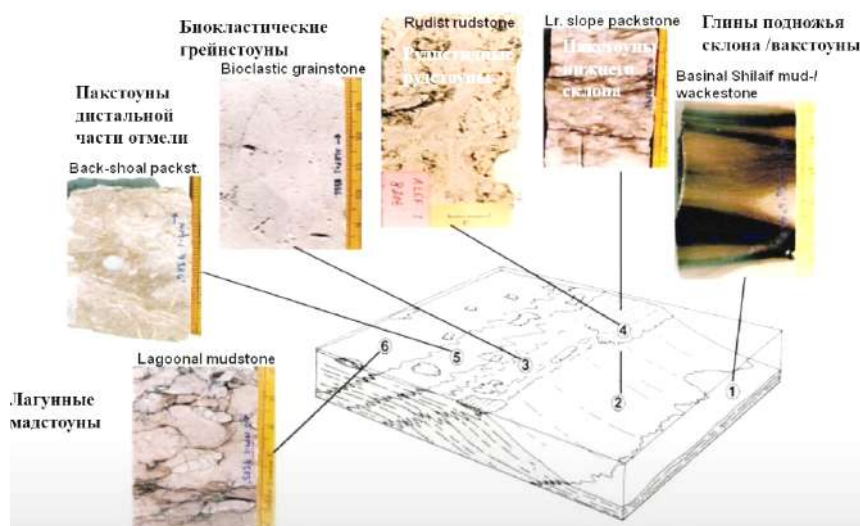


Рис. 7.11. Карбонатный риф бортового типа с низким рельефом-плат
Мишириф, Сеноман, Абу-Даби

7.5. Карбонатные платформы и рифы

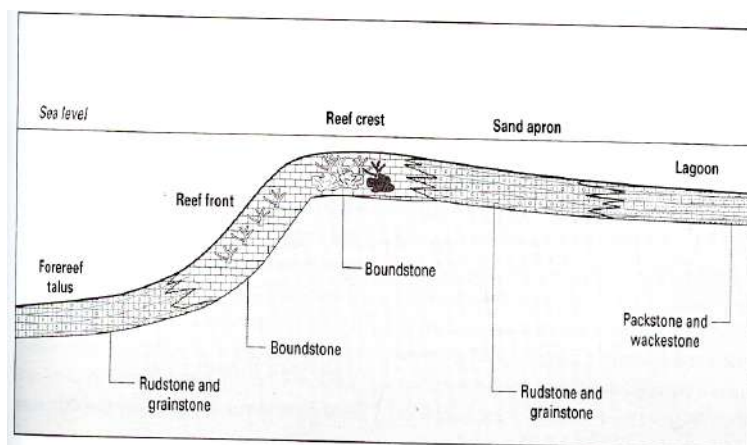


Рис. 7.12. Карбонатная платформа

Карбонатные платформы занимают на континентах огромные площади.

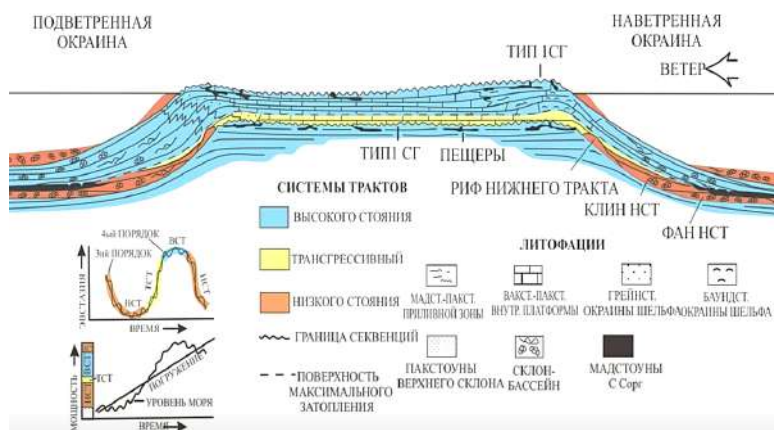


Рис. 7.13. Изолированная карбонатная платформа

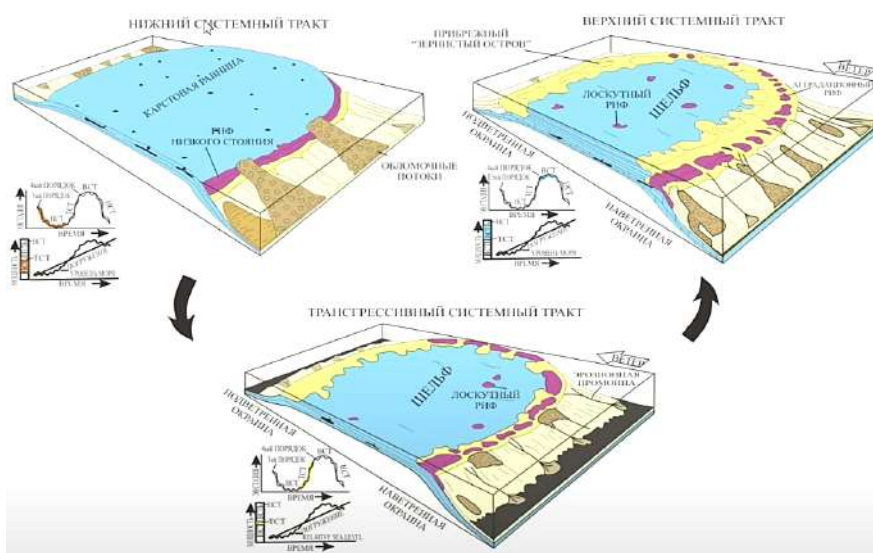


Рис. 7.14. Седиментационные системы карбонатной платформы

7.6. Тектонические движения

1. Тектонические движения реализуются в вертикальной и горизонтальной плоскостях, постоянно или эпизодически, локально или повсеместно. Они обратимы или необратимы, могут циклически повторяться.

2. Методы их изучения: прямые (анализ структурных форм), косвенные (анализ: складчатых интрузий, фациальной и палеогеографической обстановки, темпов осадконакопления и денудации, всей геологической истории).

3. Их анализ необходим для тектоно-, секвентной, событийной и др. стратиграфии

Типы тектонических движений:

- 1) Крупные горизонтальные перемещения литосферных плит
- 2) Орогенические
- 3) Эпейрогенические

Тектонические движения – механические перемещения отдельных участков земной коры в вертикальном или горизонтальном направлении, приводящие к изменению их строения (по Белоусову). По Хаину и другим это касается не только земной коры, но и верхней мантии, т.е. литосферы.

Структуры земной коры находятся в движении. По типу движения могут быть разделены на 2 группы: вертикальные (например, медленный подъем или опускание территорий, или быстрое образование провалов из-за землетрясений и горизонтальные (например, дрейф континентов-перемещение литосферных плит или закрытие океанического бассейна с образованием горно-складчатого сооружения).

Орогенические движения – складкообразующие, разрывообразующие движения. Происходят в масштабе геологического времени сравнительно мгновенно (занимают первые миллионы лет). Смятые в складки слои горных пород не могут быть распрямлены (рис. 7.15).

Особенности:

- 1) наличие вертикальной и горизонтальной составляющих;
- 2) локальность, неповсеместность, эпизодичность, кратковременность;
- 3) необратимость

Методы изучения (прямой):

Структурный анализ созданных ими форм (складок, разрывов) – структурная геология



Рис. 7.15. Орогенические движения

Признаки: наличие углового несогласия. Согласно 6-му принципу Н. Стенона складчатость произошла после самых молодых пород ниже поверхности углового несогласия и до самых древних пород выше этой поверхности

В данном случае: время складчатости после PR до S (рис. 7.16).



Рис. 7.16. Геологический разрез Полудова кряжа (Историческая геология, 1985)

Методы изучения (косвенные): 1) определение возраста синтектонических гранитов-абсолютная геохронология (геохимия)

2) по конгломератам подножий

Эпейрогенические движения - вертикальные перемещения (поднятия или опускания) крупных участков Земной коры, вызывающие:

1) трансгрессии и регрессии;

2) Пенеplanation рельефа и образование плоских, но обширных по площади впадин (депрессий) и поднятий (сводов) на континентах

3) формирование высоких горно-складчатых областей

Особенности:

1) только вертикальная составляющая;

2) повсеместность, постоянность, медленность;

3) обратимость

Основа метода изучения: геоморфологическое выражение в рельефе областей поднятия и опускания, т.е. анализ процессов осадконакопления и денудации

Методы изучения:

1. Распределение областей поднятия и погружения на площади выявляется изучением фациальной изменчивости отложений данного возраста

2. Палеогеографический метод Карпинского-исключительно качественно и очень схематично.

3. Метод анализа карт фаций и мощностей – уточненная качественная характеристика и количественная характеристика для областей погружения

4. Объемный метод Ронова

7.7. Тектоностратиграфия

Тектоностратиграфия – активно развивающееся сравнительно новое направление в геологии осадочных бассейнов. **Тектоностратиграфия** – выделение мегасеквенций (мегапоседовательностей) и их интерпретация в терминах тектонических обстановок формирования.

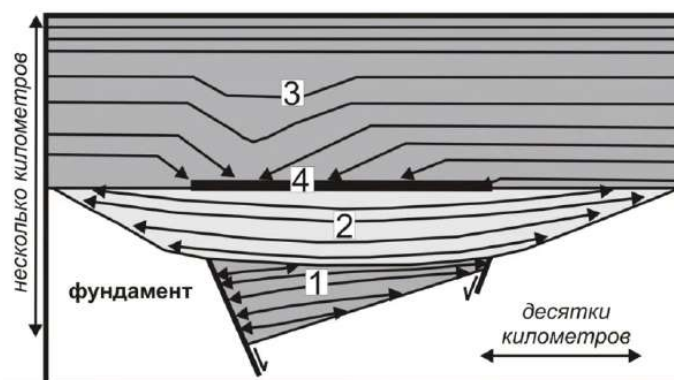


Рис. 7.17. Мегасеквенции (тектоностратиграфические единицы). Легенда: 1-рифтовый комплекс, 2-пострифтовый комплекс, 3-комплекс краевого прогиба, 4-поверхность конденсированного разреза (по Никишину, Копяевич, 2009)

Мегасеквенция – тектоностратиграфический комплекс, сформировавшийся в течение основной фазы существования бассейна. Ее границы: снизу – угловое несогласие; сверху – либо угловое несогласие, либо комбинация поверхностей налегания и прилегания (рис. 7.17).

Связь с секвентной стратиграфией: наиболее длительные секвенции отвечают мегасеквенциям (рис. 7.18).

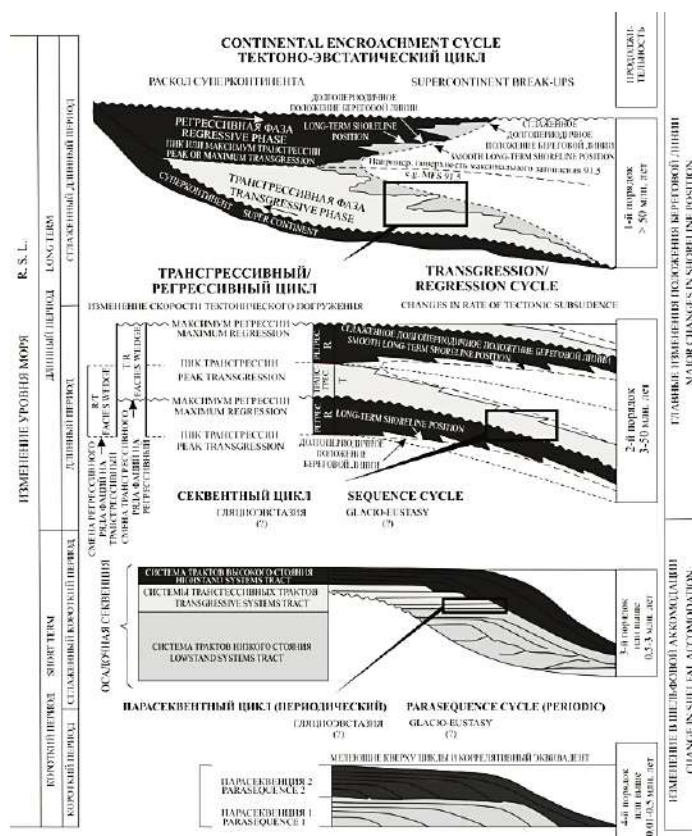


Рис. 7.18. Тектоно-эвстатический цикл

7.8. Выделение тектоно-стратиграфических единиц: примеры

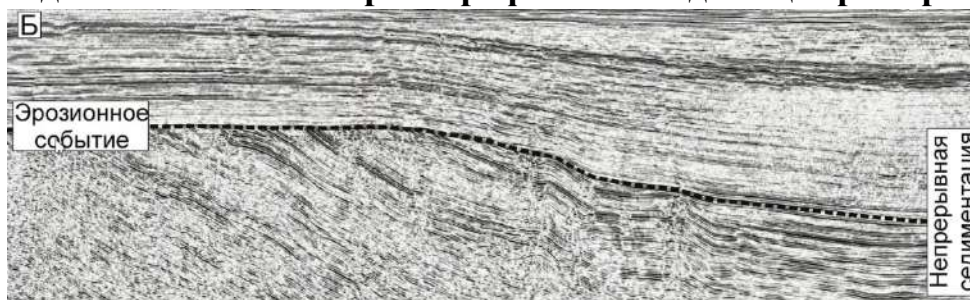


Рис. 7.19. Фрагмент сейсмического профиля для бассейна Берингова моря

Пунктирная граница разделяет два тектоностратиграфических комплекса, однако угловое несогласие между ними плавно переходит в согласную границу (рис. 7.19)



Рис. 7.20. Фрагмент сейсмического профиля бассейна Охотского моря

Проградация дельтового комплекса Палеоамура могла быть обусловлена крупным тектоническим событием на суше типа горообразования. Пунктирная линия-граница тектоностратиграфических комплексов (рис. 7.20).

Длительность формирования мегасеквенций: 3-50 млн. лет и соответствует: континентальному рифтигнгу, образованию краевых прогибов и зон инверсии. Формирование мегасеквенции, отвечающих раскрытию и закрытию задуговых бассейнов, распаду или объединению континентов занимает более 50 млн. лет.

Каждая мегасеквенция имеет характерный для нее рисунок внутренней волновой (сейсмической) записи и сопоставима с сейсмокомплексом. Если секвентная стратиграфия эффективно используется для анализа континентальных окраин, то тектоностратиграфический подход можно использовать для бассейнов со сложной тектонической историей.

Увязка всех групп данных в единую систему. Хроностратиграфическая единица представляет собой толщу пород, выделенную в качестве вещественного репера для всех отложений, образованных в течение определенного интервала времени. Тектоностратиграфическая единица представляет собой сочетание литостратиграфических единиц (слоев, пачек, свит), возникшее при определенном тектоническом режиме, а смена таких единиц связана с изменением этого режима.

- 1) дорифтовые осадки (формировались до начала образования сбросов)
- 2) синрифтовые осадки (формировались синхронно с образованием сбросов)
- 3) пострифтовые осадки (формировались после завершения сбросообразования над рифтом в ходе плавного погружения)
- 4) осадки краевого прогиба (формировались во флексурном изгибовом бассейне синхронно с ростом орогена)
- 5) синверсионные осадки (формировались синхронно со складчатыми деформациями).

Каждую тектоностратиграфическую единицу на сейсмических профилях можно подразделить и дать этим частям конкретные характеристики (рис. 7.21).

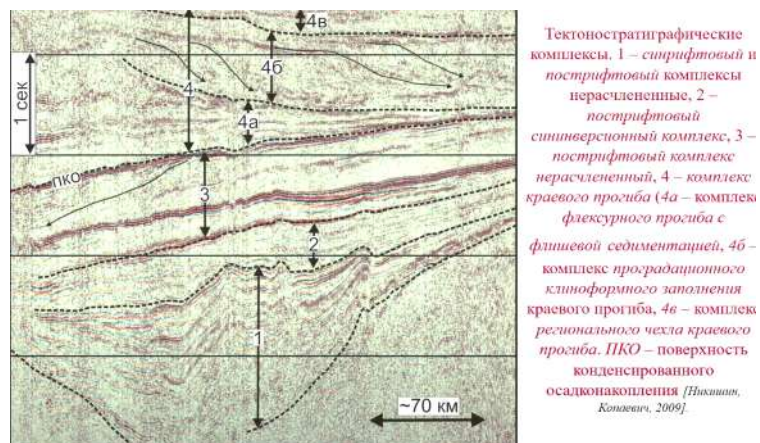


Рис. 7.21. Фрагмент регионального сейсмического профиля краевого прогиба к северу от хребта Брукса на Аляске

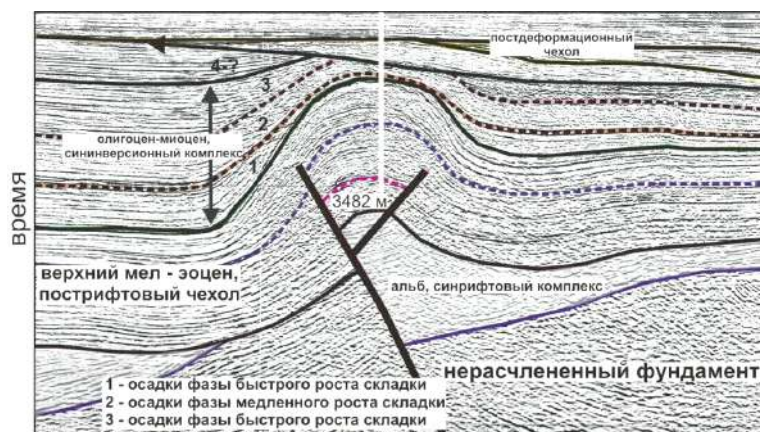


Рис. 7.22. Одесский шельф, Черное море. Выделены пострифтовый, синверсионный комплексы и постдеформационный чехол; в синверсионном комплексе выделены фазы с разной скоростью роста складки

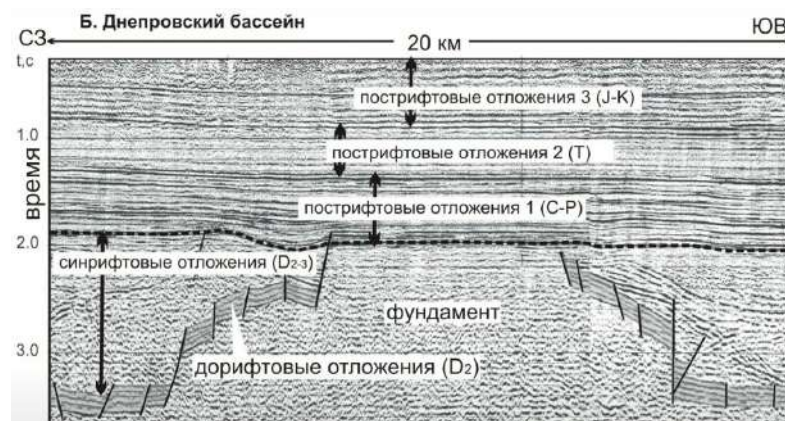


Рис. 7.23. Днепровский бассейн. Выделены фундамент, дорифтовые, синрифтовые и пострифтовые отложения; пострифтовые отложения разделены на 3 единицы

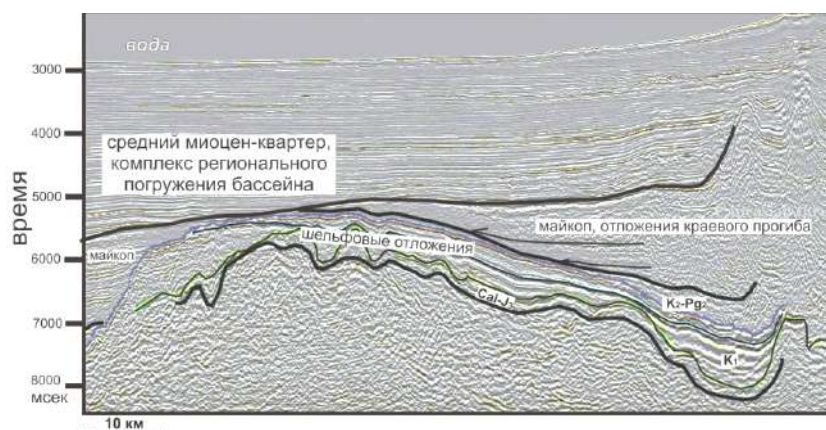


Рис. 7.24. Туапсинский прогиб, Черное море. Выделен комплекс отложений краевого флексурного прогиба (олигоцен-нижний миоцен) и комплекс регионального погружения бассейна (средний миоцен-квартер)

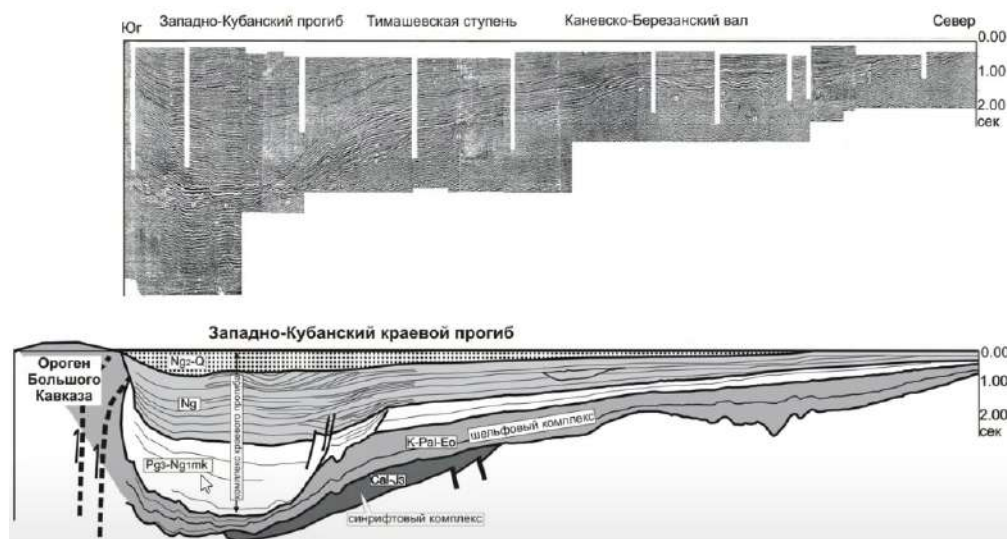


Рис. 7.25. Фрагмент сейсмического профиля Кубанского краевого прогиба в Предкавказье: дешифрирование профиля и выделение мегасеквенций и разделяющих их поверхностей

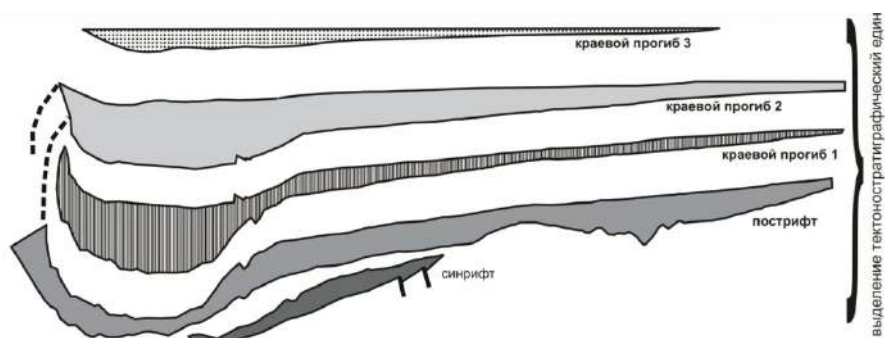


Рис. 7.26. Выделение мегасеквенций и разделяющих их поверхностей

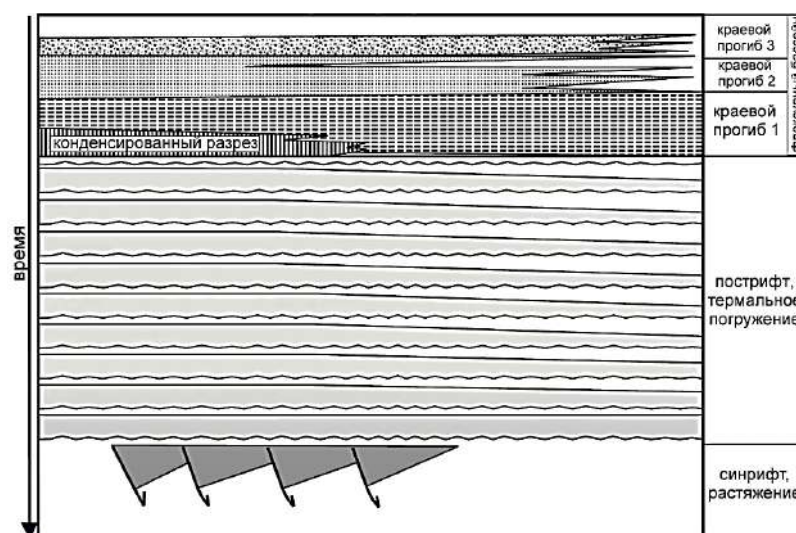


Рис. 7.27. Тектоностратиграфическая схема. Выделение мегасеквенций и разделяющих их поверхностей и построение тектоностратиграфической схемы (Никишин, Копачевич, 2009)

Тектоностратиграфия – это интерпретация геологического разреза в терминах тектонических обстановок формирования стратиграфических последовательностей в масштабах осадочного бассейна и всей литосферы.

Лекция 8

Связь секвентной стратиграфии и биостратиграфии

План лекции:

- 1) Биостратиграфия-задачи, проблемы, методы их решения;
- 2) Палеобиогеография, палеоэкология и биостратиграфия в контексте секвентной стратиграфии
- 3) Выделение секвенций и систем трактов биостратиграфическим инструментарием: методика, примеры.

8.1. Биостратиграфия

Задачи биостратиграфии для геоисторического (секвентного) анализа осадочных бассейнов:

- 1) расчленение разреза на части и определение их возраста;
- 2) корреляция разрезов
- 3) определение (уточнение) палеогеографических условий седиментации (по экологии вымерших видов).



Рис. 8.1. Зональное распределение фауны Баренцева моря (Историческая геология, 1985)

На рис. 8.1. видно заметное уменьшение видового разнообразия и числа живых существ с увеличением глубины. Глубоководные осадки обычно бедны фоссилиями. Есть горизонты, не содержащие остатков живых организмов. Наивысшее разнообразие фауны наблюдается на глубине около 200 м, также много организмов обитает в толще воды. При анализе разреза осадочных пород мы можем учитывать тот фактор, что чем глубже, тем меньше фауны.

Первоначальным шагом при изучении отдельных разрезов является выделение литостратиграфических единиц, например, свит, пачек, толщ, которые принадлежат к категории местных подразделений и, как правило, являются геохронными. Пример: геохронность «киммериджских глин» в Западной Европе (рис. 8.2). В разных местах одна и та же толща отвечает разному времени. Это связано с трансгрессией.

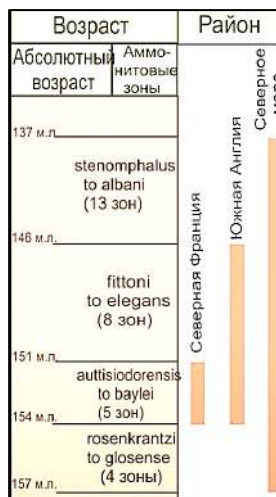


Рис.8.2. Геохронность киммериджских глин в Западной Европе

На рис. 8.3 видно, что границы геологических стратонов могут быть геохронными, причем в соседних разрезах. Правильные границы-красные. Несмотря на то, что они похожи, по палеонтологическим данным они не изохронные.

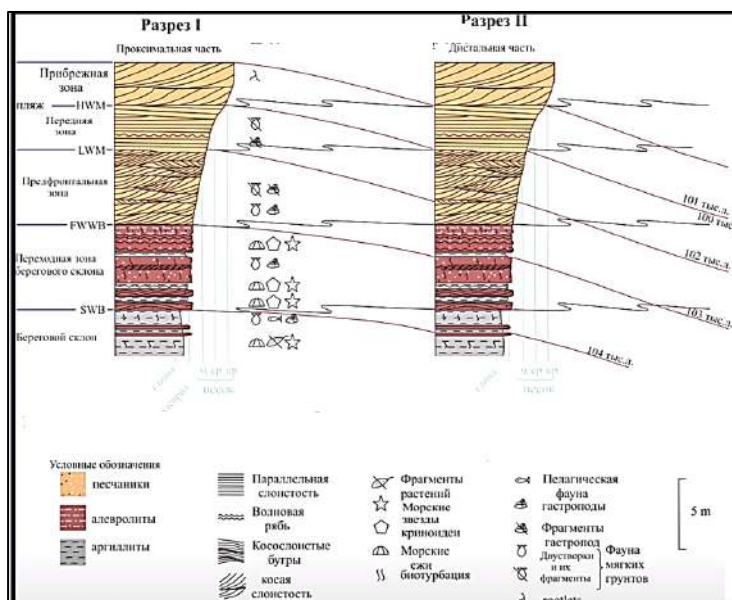


Рис. 8.3. Геохронные разрезы

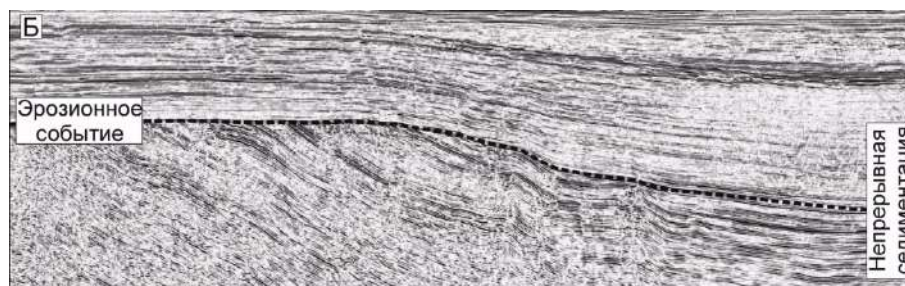


Рис.8.4. Фрагмент сейсмического профиля для бассейна Берингова моря

Несогласные границы могут постепенно переходить в согласные. Фрагмент сейсмического профиля для бассейна Берингова моря (рис. 8.4): пунктирная граница разделяет два тектоно-стратиграфических комплекса, однако угловое несогласие между ними плавно переходит в согласную границу.

В карбонатных разрезах могут быть перерывы-твердое дно. Перерывы могут быть дольше, чем период образования осадков.

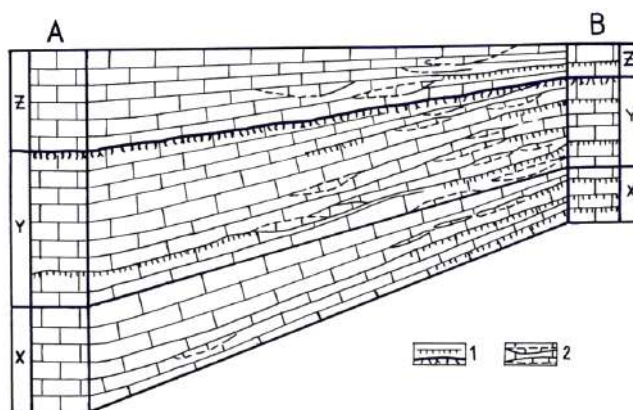


Рис. 8.5. Изменение полноты и мощности разрезов карбонатных отложений в результате развития скрытых перерывов (диаستم) и образований типа «твердого дна». 1-образование типа «твердого дна», x, y, z-стратиграфические подразделения, представленные в разрезах А и Б; 2- поверхности ненакопления, скрытые перерывы (диастемы)

Разрез г. Сульбухра (рис. 8.6). Изображено переслаивание светлых и серых известняков. Белым показаны те интервалы времени, когда шло осадконакопление. Циклически построенная толща.

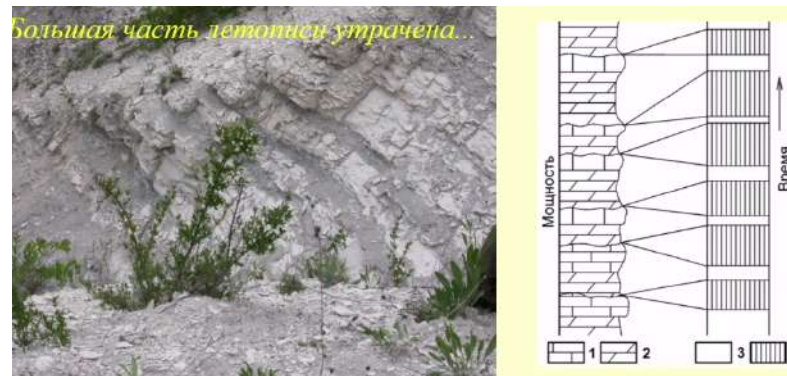


Рис. 8.6. Представительность отложений циклической толщи (слева) во времени: 1-известняки; 2-мергели; 3-время накопления присутствующих в разрезе отложений; 4-временные интервалы, соответствующие поверхности раздела между ритмами

Хорошо, что есть циклостратиграфический контроль: 12 циклов прецессии по 20 тысяч лет=240 тысяч лет геологической истории. Один период осадконакопления происходит 20 тыс лет.

Секвенции, свиты, многие литологические пакеты-гео(диа)хронные геологические тела. Следовательно, для их корректного изучения необходимо оценивать геохронность границ и длительность перерывов.

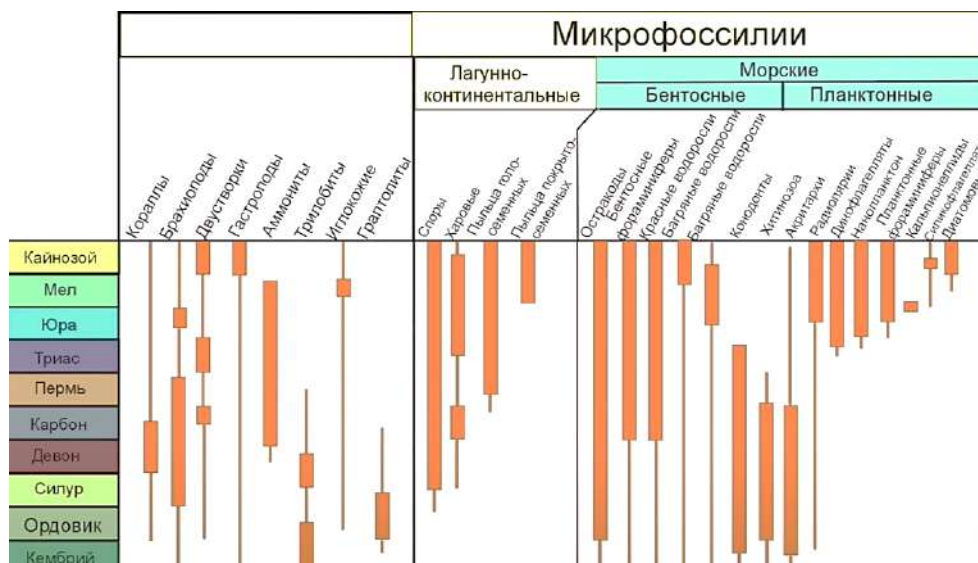


Рис. 8.7. Руководящие формы

Решить проблему перерывов помогают руководящие формы (рис. 8.7). Использование тех или иных форм растений или животных для геоисторических построений, помогает понять палеогеографические условия, в которых происходило осадконакопление.

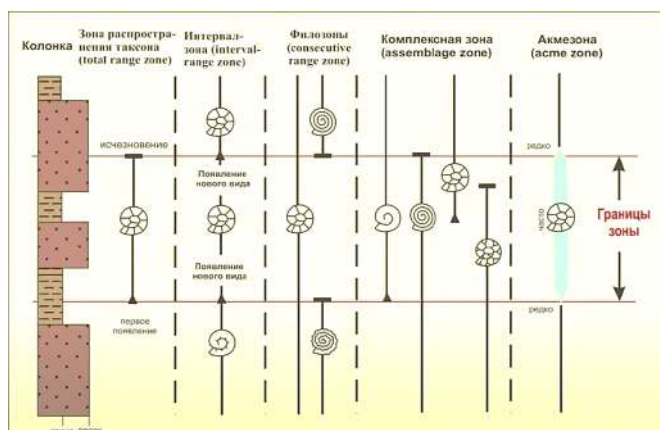


Рис. 8.9. Зональная шкала

Продуктом биостратиграфических работ являются зональные шкалы различного типа и ранга (рис.8.9). Благодаря им можно установить границу распространения вида, рода. Есть разные критерии, которые помогают определить диапазон существования групп.

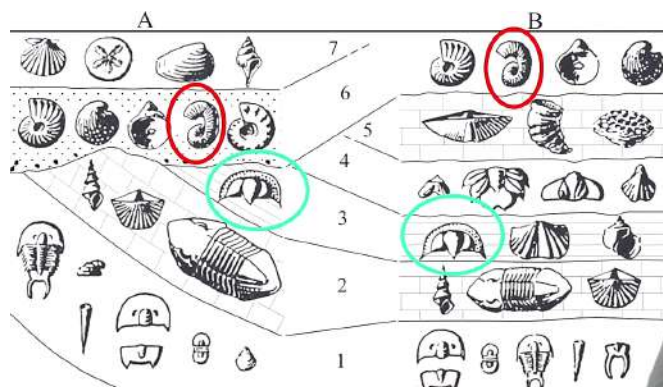


Рис.8.9. Пример биостратиграфической корреляции разрезов А и В

Можно сопоставлять разрезы между собой (рис. 8.9).

Необходим жесткий стратиграфический каркас, однако:

1) зоны сами по себе, как правило, геохроны (что выявляется на детальном уровне при корреляции данных биостратиграфических исследований с результатами палеомагнитных, циклостратиграфических и др. анализов). «ложный сдвиг» по палеомагнитным данным: в действительности «плывут» биостратиграфические границы, а не палеомагнитные!

2) есть «немые» зоны – интервалы без определимых фоссилий

Осадочные толщи, где в силу ряда причин неопределимые остатки, либо условия, неблагоприятные для существования. Используют другие данные (цикличность, и др).

Согласно учению Ч. Дарвина вид возникает в какой-то одной точке в результате изменения географических (климатических, ландшафтных), биоценотических условий окружающей его среды. Виду-кандидату на статус руководящей формы потребуется время (до 100тыс. лет, иногда и более), а значит он никогда не может сразу и везде появиться! Заселение происходит в биоценоз со сложившимися пищевыми связями, а на это уходит время.

Все изменения закономерны. Сразу и везде, как правило, вид может исчезнуть! На кривой биоразнообразия мы видим, что вымирание происходит циклично. Границы тяготеют к границам геологических периодов, сами по себе вымирания и смена комплексов – геологическая история. Часто вымирания связаны с изменениями палеогеографических остановок. На рубеже перми и триаса произошло вымирание, возник суперматерик Пангея. Суперматерик был огромным континентом. В результате отрыва плюма, глобальное потепление и вымирание. Вымирание динозавров на рубеже мела и палеогена, связано с изменениями климатических обстановок, раскрытием молодых океанов, падением астероида в Мексиканский залив. Вымирание на рубеже триаса и юры связано с расколом материка Пангея. На рубеже ордовика и силура произошло оледенение, что связано с преобразованием атмосферы и потоком гамма-лучей. Комплексный анализ показывает, что все взаимосвязано. Многие геологические границы связаны с комплексом событий (рис. 8.10).

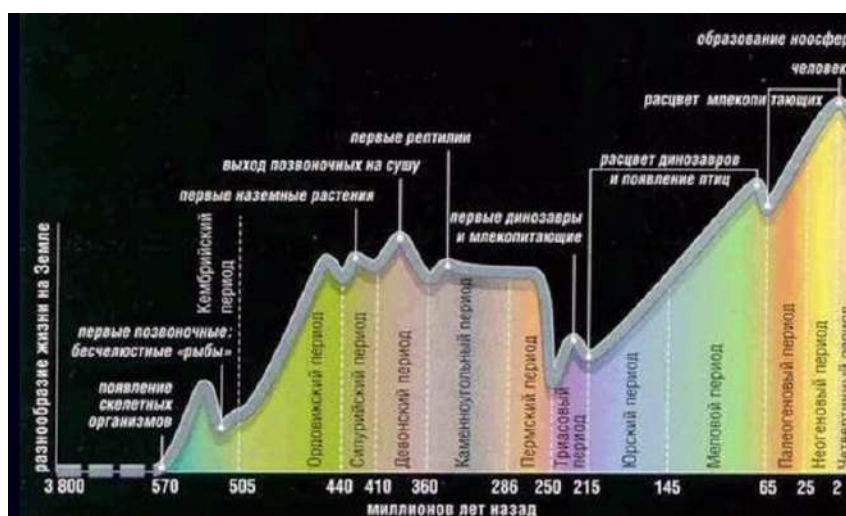


Рис. 8.10. Кривая биоразнообразия

Необходим глубокий анализ палеогеографии (палеобиогеография, палеоклиматология) и палеоэкологии. Оценка изменения палеоглубин-важная часть секвентного анализа. Надо найти «живых ископаемых» (организмов, доживших до наших дней) или их ближайших родственников, чтобы достоверно определить условия их обитания. Можно выделить диапазоны обитания. Большинство организмов живут в определенных условиях.

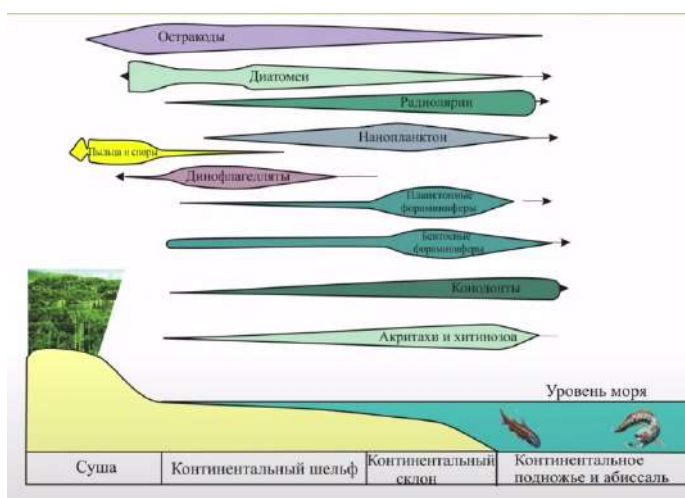


Рис. 8.11. Условия обитания организмов

Таблица 8.1. Условия обитания организмов

	Род	Глубина, м	Газовый режим	Температура воды, °C	Соленость, ‰	Примечание
1	Pecten (J-Q)	0.5-900, обычно 10-50	Эвриоксидный	8.8-23.5	Стеногалинные, редко-эвригалинные формы	Заселяют все типы грунтов. Необходимы течения. Волновое воздействие нежелательно. Питаются диатомеями и мелкими ракообразными.
2	Chlamys (J-Q)	1-90, обычно 2-50	Эвриоксидный	1-5	2-38	Заселяют все типы грунтов, кроме илистых. Питаются диатомеями, спорами водорослей, ракообразными, фораминиферами и личинками моллюсков
3	Ostrea (T-Q)	4-100	Эвриоксидный (до 15 суток)	0-32, теплолюбивы	12-30	Питаются растительным и животным детритом, личинками моллюсков и червей, веслоногими рачками
4	Glycymeris (K-Q)	Эврибатный, 0-1000	Стенооксидный	9-12, 18-21	25-33, стено- и эвригалинные формы	Заселяют любой грунт. Предпочтительнее-песчанистый. Питаются детритом.

5	Pteria (S-Q)	1-374, обычно 60	Стенооксидные	14-16, 25-32	Стеногалины, не выносят опреснения	Заселяют твердый грунт. Избегают течений и прибоев. Обитают в чистой и прозрачной воде. Питаются диатомеями и инфузориями.
6	Pholadomya(J-Q)	Нет данных	Нет данных	Теплолюбивы	Нормальная	Заселяют илистые грунты, тихие заводи
7	Nucula (S-Q)	Эврибаты, 2-200	Эвриоксидные (до 17 суток)	3-10, эвритермны	33-25	Зарываются в рыхлый илистый или песчано-илистый субстрат. Поедаются рыбами и хищными гастроподами
8	Lingula (S-Q)	До 40-100	Нет данных	теплолюбивы	Выносят опреснение	Заселяют рыхлые грунты. Переносят загрязнение воды.
9	Cidaris (T-Q)	До 4000, обычно 75-100	Стенооксидные	стенотермны	Стеногалины	Заселяют илистые грунты. Питаются губками.

Необходимо найти живых ископаемых (организмов, доживших до наших дней) или их ближайших родственников, чтобы достоверно определить условия их обитания (рис. 8.12).



Рис. 8.12. Примеры ископаемых

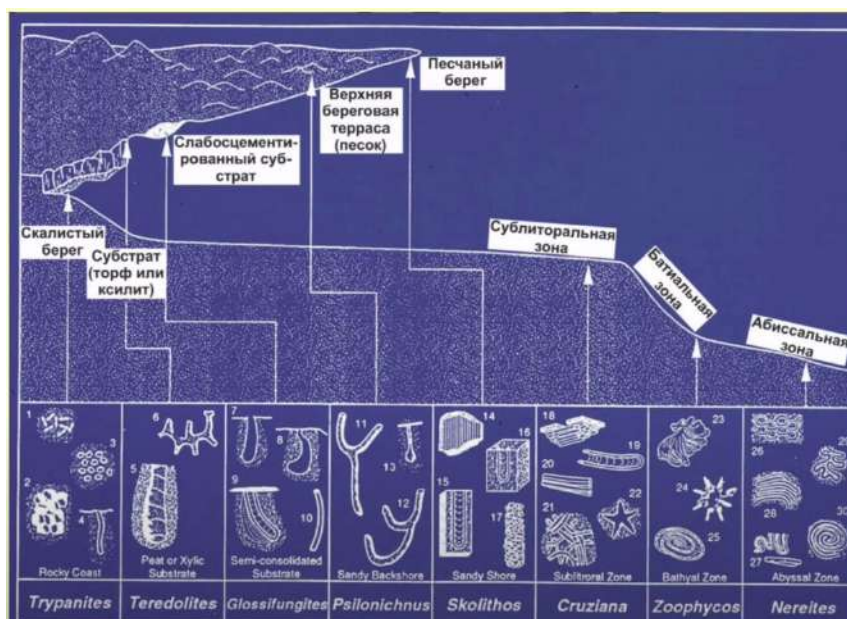


Рис. 8.13. Условия обитания организмов

Часто мы можем не найти ископаемых раковин, но можем найти их следы жизнедеятельности. Разные организмы чутко указывают определенную обстановку, глубину (рис. 8.13).



Рис. 8.14. Головоногие моллюски и брахиоподовая банка

Нектонные организмы, например, рыбы, крупные вторично-водные рептилии и млекопитающие заселяются первыми при трансгрессии и ингрессии. Акулы могут заплывать далеко в реки, подымаясь до ее среднего течения. Головоногие моллюски могут погружаться на огромные глубины! Не все организмы хорошие индикаторы условий. Чем существо капризнее, тем лучше для палеогеографических реконструкций.

Рифостроящим организмам (неподвижному бентосу-кораллам, мшанкам, губкам) требуется больше времени на заселение.

Колониальный коралл с симбионтами - пример стеногалинного, стенотермного (которые живут при температуре более 20 градусов) и стенобатного (не выносят изменения глубины) организма.

Рифы и их строители ценны тем, что они ограничены 20-той изотермой, а значит находка коралла говорит о том, что температура воды была выше 20 градусов.

Рудисты-рифостроящие двустворчатые моллюски (как и все рифостроители) образуют биогенные постройки с отличными коллекторскими свойствами. Создают хорошие коллекторы для скопления нефти и газа. Ими сложены горы Альпы и многие другие крупные карбонатные массивы. Породы сильно подвержены карсту, что увеличивает их емкость. По рифостроящим организмам можно четко изучать изменения уровня океана. Кораллы с трудом переносят изменения уровня воды.

Современные кораллы обитают глубже на первый десяток метров. Рифы являются оазисами жизни и вместе с ними захороняется органическое вещество.

Нуммулиты-одни из самых крупных фораминифер, видимых невооруженным глазом, часто сопутствуют рифовым постройкам, образуют сильно пористые известняки. После разрушения рифов остаются шлейфы с хорошими коллекторскими свойствами.

8.2. Выделение секвенций и систем трактов: методика, примеры

Поэтапная палеогеографическая реконструкция путем анализа состава палеоценоза дает возможность предложить секвентно-эвстатическую модель её образования.



Рис. 8.15. Турон-коньякская толща палеогенового мела изменчивой мощности

Изменение мощности. Сначала мелководный комплекс фауны, затем глубоководный – трансгрессивная система трактов, далее иглокожие – высокая система тракта (рис. 8.15).

Как может образоваться седиментологическая модель. На дне лежали крупные моллюски, потом в результате часть осадка было размыто, но под ними поверхность осталась неразмыта и образовался бугорок.

Тракты можно выделять по разрезу. Есть определенные реперы – перерыв, наличие фосфоритов и тд.

По определенному комплексу фауны выделяются секвенции.

Наиболее глубоководные отличаются по некоторым особенностям строения разреза. Разные черты в разной палеогеографических обстановках.

Таблица 8.2. Признаки для характеристики систем трактов (по Robasynski, 1993 с изменениями)

Признак	Характеристика	THC	TCT	TBC
1. Особенности строения разреза	Множество пластов переслаивающихся известняков, редкие септарии	+++		
	Редкие слои известняков, часто с кальцисферами		+++	
	Мощные пласты доминирующих мергелей на фоне подчиненных слоев глинистого известняка			+++
2. Структура	Заполнение каналов и конседиментационное оползание	+++	+	+
	Биотрубация, «хардграунды»	++	++++	+
3. Литология	Детритовые биокластические известняки	++++	++	+
	Пелагические высоко карбонатные, глинистые, известняки и известковистые мергели, мергели	+	+++	+
	Глинистые мергели, глины	+	++	++++
4. Цвет	Черный (аноксия, пирит, высокое содержание Сорг)		++	
	Охра (измененный микритовый доломит)	+	++	
5. Фауна	Аммониты, иноцерамы, планктонные фораминиферы, выполнение вышележащими осадками ходов	++	++++	++
	Пелециподы, иглокожие, гастроподы в танатоценозе	+	+	+++
	Перемещенные рудисты	++		+
	Уровни вымирания	++		+
	Уровни эволюционного появления	+++	++	
	Миграция	+	++	+
	Частые кальцисферы	++		

	Биокласты и кальцисферы	++	+	+
	Частые планктонные фораминиферы	+	++	+
	Бентосные фораминиферы с карбонатным скелетом	++	+	+
	Агглютинирующие бентосные фораминиферы	++		
6. Минералы	Глауконит		++	
	Фосфорит		++	
7. Закономерности распределения обломочной части	Огрубление вверх по разрезу		++	
8. Текстура	Мадстоун-Вакстоун	++	+	+
	Пакстоун-Грейстоун	++	+	+
9. Микрофауна (наннофоссилии)	Наннофоссилии с карбонатным скелетом	++	+	+

8.3. Выводы

1) комплексный биостратиграфический анализ позволяет проводить секвентный анализ разрезов (обнажений, керна скважин)

2) возможно провести мгновенную секвентную интерпретацию в точке (не имея профилей, сейсмопрофилей – т.е. площадного, объемного материала)

Лекция 9

Методика изучения керна и скважин с позиции секвентной стратиграфии

План лекции:

- 1) методика анализа керна с позиции секвентной стратиграфии
- 2) выделение секвенций и систем трактов в керне: примеры

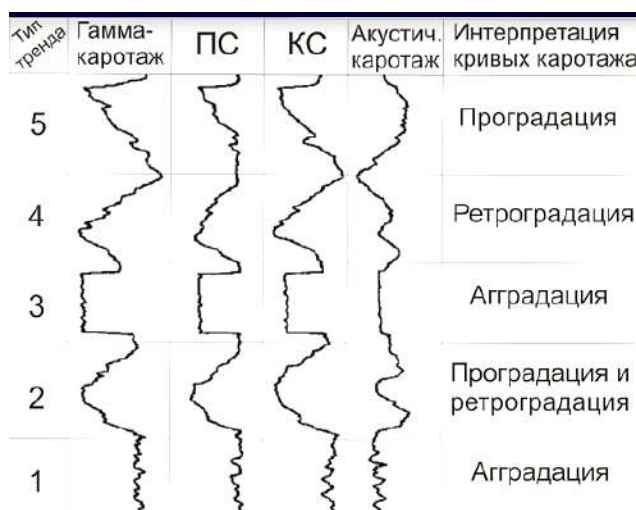


Рис. 9.1. Интерпретация гамма-каротажа.

Интерпретации гамма-каротажа (рис. 9.1). Изучая их форму можно делать выводы о тенденции осадконакопления.

9.1. Методика изучения керна и скважин с позиции секвентной стратиграфии

Методика геоисторического (секвентного) анализа керна скважин:

- 1) расчленение разреза на части и определение их условий накопления (анализ палеонтологических, седиментологических данных) с позиции трансгрессивно-регрессивных циклов;
- 2) корреляция данных с результатами каротажа;
- 3) корреляция и анализ всех видов данных по всем скважинам;

Детальное седиментологическое описание керна+геофизика

- Анализ: вид, выход, причины
- Обратить внимание: мастерство буровой бригады, палеооползни, элювий, карст.
- Разный облик керна связан с набором разных причин.

В зависимости от способа бурения и квалификации буровой бригады облик керна может меняться: массив крепких, прочных известняков может быть поднят в виде щебня без заполнителя или в муке, что ошибочно может быть проинтерпретировано как результат карста. В итоге: одно и то же в нескольких скважинах может выглядеть по-разному (рис. 9.2)!



Рис. 9.2. Выход керна



Рис. 9.3. Глинистый мергель в трех вариантах

Пример

При периодическом подергивании мастером коронки происходит заполнение межкернавого пространства буровым раствором, шламом, что приводит к образованию ложной цикличной толщи чередования коренной породы с тонкими глинистыми прослоями искусственного происхождения (рис. 9.4).



Рис. 9.4. Ложной цикличная толща чередования (черным показаны интервалы доломитизированной глины (первичная цикличность))



Рис.9.5. Ложная цикличность (не оползень, а скоростное бурение)

Современный уровень исследования скважин (терминальный сеноман) позволяет на основе детального анализа цикличности уточнить границы секвенций и систем трактов, выделить корреляционные уровни (циклиты).

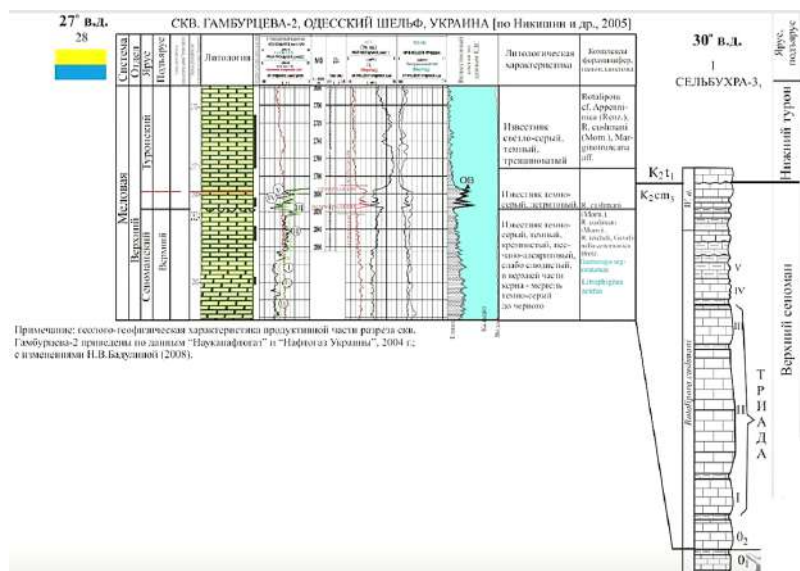


Рис. 9.6. Корреляция скважин и всех данных по ним с таковыми в естественных отложениях

Разные фрагменты каротажной записи можно интерпретировать с позиции углубления или обмеления (рис. 9.7).

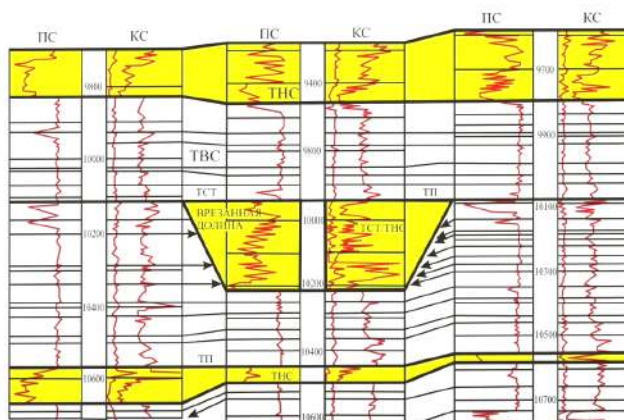
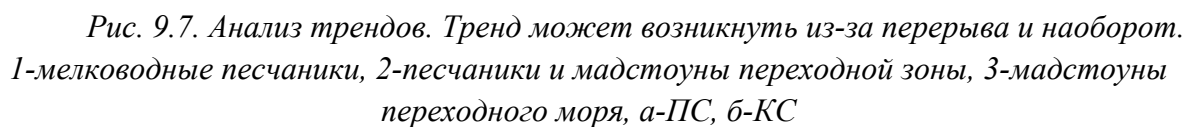


Рис. 9.8. Анализ трендов на профиле по ряду скважин

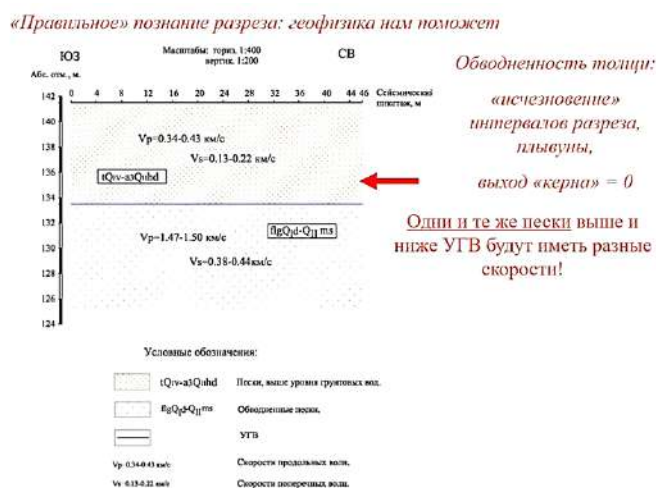


Рис. 9.10. Геофизика и секвентная стратиграфия

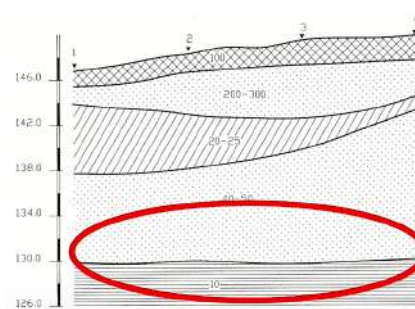


Рис. 9.11. Результат вертикального электрического зондирования

По электроразведке и опесчаненные глины и глины выделяются одним горизонтом, поскольку характеризуются сопоставимыми удельными сопротивлениями (Омм)!

В одиночной скважине или в небольшой группе скважин возможно лишь выделить системы трактов и приблизительно подсчитать секвенции.

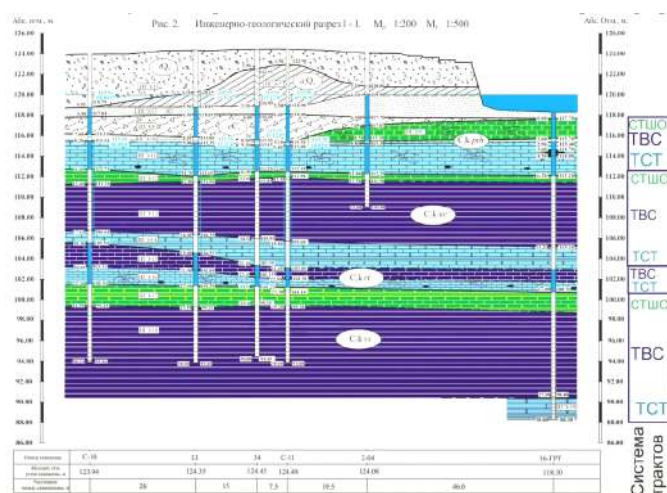




Рис. 9.14. Глубоководные глинисто-карбонатные образования неперовской подсвиты



Рис. 9.15. Глубоководные мелоподобные известняки ратмирской свиты, ТВС



Рис. 9.16. Сравнительно глубоководные кавернозные известняки суворовской подсвиты, ТВС



Рис. 9.17. Трансгрессивный тракт Увеличивается глубина бассейна



Рис. 9.18. Сравнительно мелководные известняки ТСТ суворовской подшивты



Рис.9.19. Секвенции карбонатных разрезов. Палеооползни и карст. Следует отличать результат бурения и первично цикличную толщу от действительно первично дезинтегрированных пород



Рис. 9.20. Дезинтегрированная перемятая глина с угловатыми фрагментами известняков

Карбонатный массив очень закарстован и выглядит почти как сыр. Карстовые полости могут быть пустыми (сыр) или быть заполнены. Карст-это риск аварийной скважины, провала колонны и бурового инструмента



Рис. 9.21. Карст

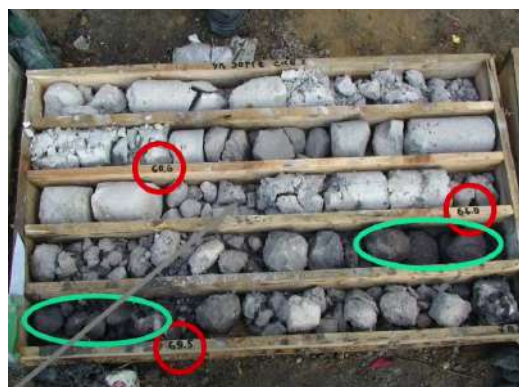


Рис. 9.22. Крайне низкий выход керна-карст. Пик на кривой-уранит в карстовых полостях (зеленый)

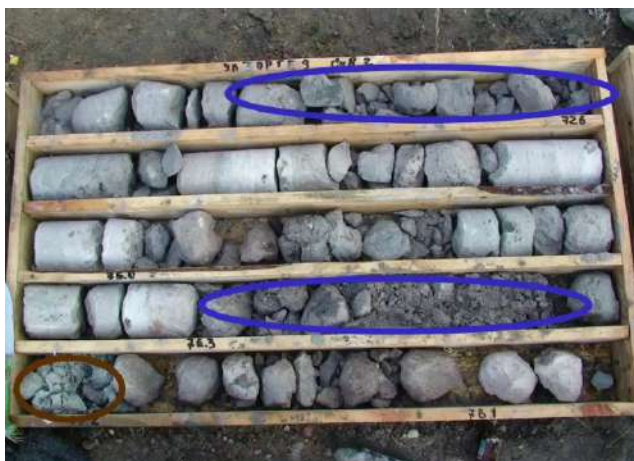


Рис. 9.23. Последняя полость, залеченная юрской кудиновской глиной

На вопрос что глубже и что между скважинами может ответить межскважинное сейсмоакустическое прослеживание. Карстовым полостям отвечают зоны пониженных скоростей.

9.3. Выводы

1. При интерпретации керна с позиции секвентной стратиграфии необходимо внимательно оценивать трансгрессивно-регрессивные тренды и типы границ (несогласий)
2. Одни и те же породы могут характеризовать разные системы трактов
3. Необходимо отличать истинную геологию от ошибок буровой бригады и карт, палеооползни, элювий – от систем трактов
4. Не всегда геофизические или иные виды исследований могут дать однозначный ответ на возникший вопрос

Лекция 10

Типы секвенций и систем трактов в керне, на каротажных диаграммах и в обнажениях

План лекции:

- 1) методика анализа керна с позиции секвентной стратиграфии: простые и сложные случаи
- 2) выделение секвенций и систем трактов: а) в обнажениях, б) на каротажных диаграммах, в) в керне

10.1. Типы секвенций и систем трактов в керне, на каротажных диаграммах и в обнажениях

Секвентный анализ проще всего осуществить в обнажении, а затем по керну и наконец-по каротажным диаграммам. Обнажение дает чувство пространства, все видно глазами. Поэтому по возможности необходима корреляция скважин и всех данных по ним с таковыми в естественных обнажениях.

Наиболее скальные грунты – трансгрессивная система трактов.

10.2. Примеры систем трактов в обнажениях

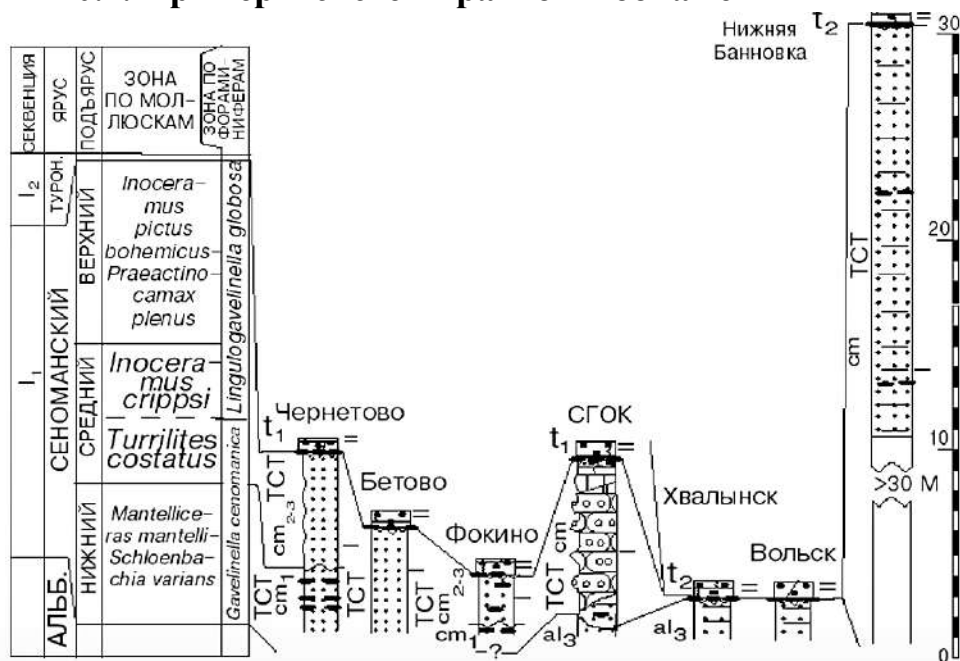


Рис. 10.1. Восточно-Европейская платформа. Сеноман



Рис. 10.2. Нижняя Банновка. Саратовская область



Рис. 10.3. Восточно-Европейская платформа. Коньяк



Рис. 10.5. Нижняя Банновка, Саратовская область

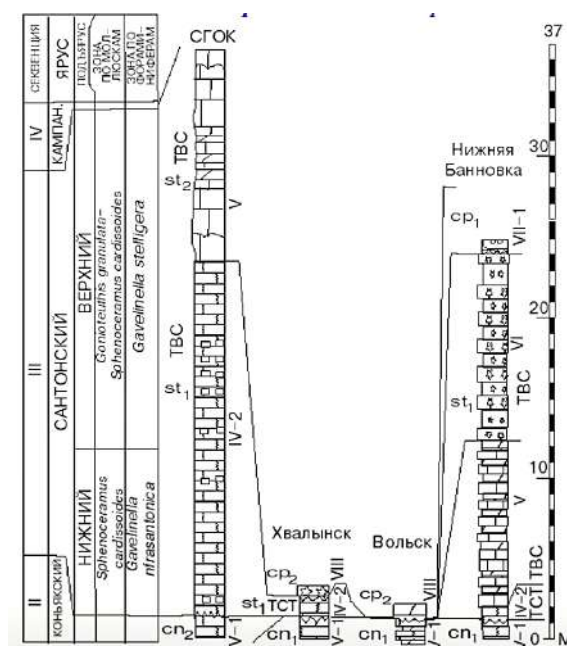


Рис. 10.6. Восточно-Европейская платформа. Сантон



Рис. 10.7. Фрагмент разреза нижнего сантона в карьере Стойленского горно-обогатительного комбината в г.Старый Оскол, Россия

Пачка цикличного переслаивания белых известняков с глинистыми известняками или мергелями (рис. 10.7). Цикличность хорошо подчеркивается профилем выветривания в средней части уступа, где выступают пласты более плотных высококарбонатных разностей известняка



Рис. 10.8. Песчий мел

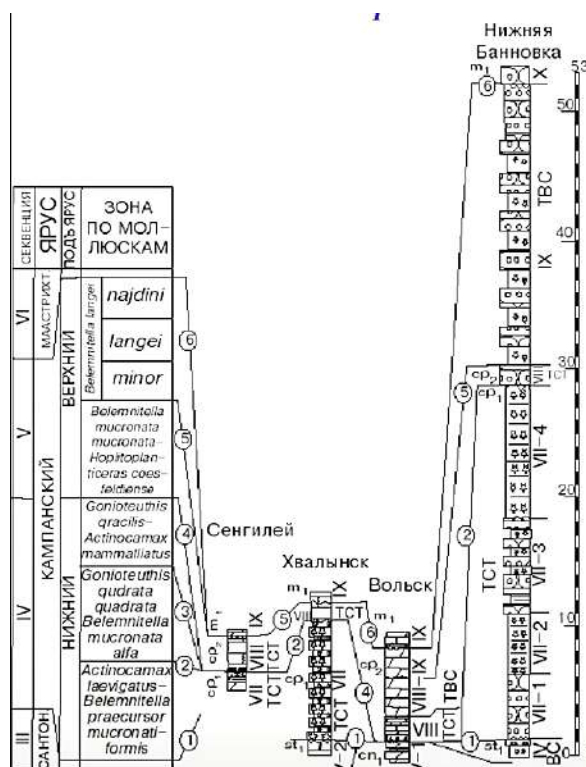


Рис. 10.9. Восточно-Европейская платформа. Кампан

Современный уровень исследования скважин (терминальный сеноман) позволяет на основе детального анализа цикличности уточнить границы секвенций и систем трактов, выделить корреляционные уровни (циклиты). Пластовая цикличность читается на каротажных диаграммах и других диаграммах и прослеживается в планетарном масштабе.

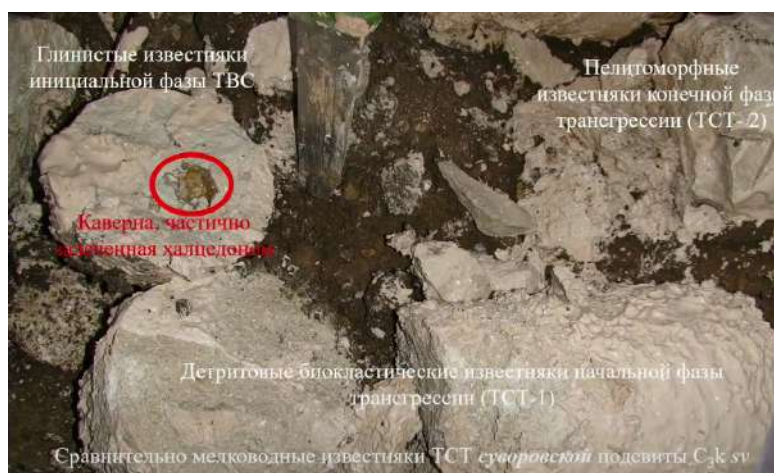


Рис. 10.10. Сравнительно мелководные известняки ТСТ суворовской подсветы



Рис. 10.11. Окремнелый хард-граунд в кровле перхуровских известняков на границе юрских и каменноугольных отложений: трансгрессивная поверхность, граница секвенций



Рис. 10.12. Окремнелый хард-граунд на границе мячковского и подольского горизонтов московского яруса: трансгрессивная поверхность, секвентная границы



Рис. 10.13. Граница щуровской и улитинской подцвет подольского горизонта московского яруса-ожелезненный хард-граунд (трансгрессивная поверхность секвенций)



Рис. 10.14. Границы верхне- и нижнещуровских подбит подольского горизонта московского яруса-конгломерат в известковистой глине (трансгрессивная поверхность, граница секвенций)



Рис. 10.15. Граница систем трактов в нижнещуровской подбите подольского горизонта московского яруса-конгломерат в известковистой глине (трансгрессивная поверхность)



Рис. 10.16. Мелководные биокластические горизонты темпеститов верхнещуровской подбиты подольского горизонта московского яруса



Рис. 10.17. Каверны и каналы выщелачивания в доломитах по биокластам верхнеюрской подбиты подольского горизонта московского яруса: мелководно-морские образования

10.3. Выводы

- 1) при анализе разреза с позиции секвентной стратиграфии необходимо учитывать карст, суффозию и другие сложные случаи строения
- 2) возможно более или менее четко выделить секвенции и системы трактов: а) в обнажениях, б) на каротажных диаграммах, в) в керне.

Лекция 11

Секвенции карбонатных разрезов

План лекции:

1. Секвенции карбонатных разрезов: общие положения
2. Секвенции карбонатных разрезов: эпейрические моря платформ
3. Рифы
4. Секвенции карбонатных разрезов: периферия окраины Тетиса (Перитетис)
5. Секвенции карбонатных разрезов: окраина Тетиса

11.1. Секвенции карбонатных разрезов: общие положения

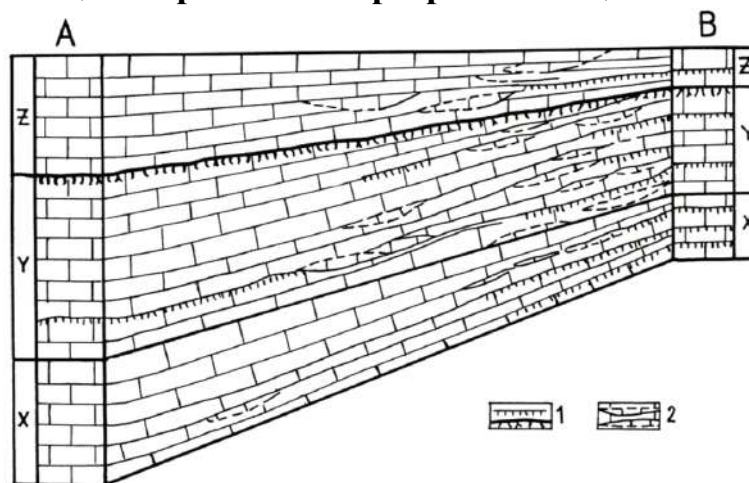


Рис. 11.1. Изменение полноты и мощности разрезов карбонатных отложений в результате развития скрытых перерывов (диастем) и образований типа «твердого дна». 1- образования типа «твердого дна», x, y, z – стратиграфические подразделения, представленные в разрезах A и B; 2-поверхности ненакопления, скрытые перерывы (диастемы)

Несогласные границы могут постепенно переходить в согласные.

Вариации климата нужно уметь отличать от изменения палеоглубин. Для оценки изменения глубины нужно анализировать разрезы, закономерное изменение одних осадков от других. Климатические циклы повторяются с постоянной периодичностью, характеризуются другой частотой по сравнению с палеоглубинами. Также на помощь приходят живые организмы, которые живут в определенных условиях.

Если выход керна хороший, то мы можем увидеть границы секвенций и трактов в кернах. Но могли бы увидеть на каротажной кривой.



Рис. 11.2. Окремнелый хард-граунд на границе мячковского и подольского горизонтов московского яруса: трансгрессивная поверхность, граница секвенций



Рис.11.3. Граница шуровской и улитинской подсвет подольского горизонта московского яруса-ожелезненный хард-граунд (трансгрессивная поверхность, граница секвенций)



Рис.11.4. Граница верхне- и нижнешуровских подсвет подольского горизонта московского яруса-конгломерат в известковистой глине (трансгрессивная поверхность, граница секвенций)

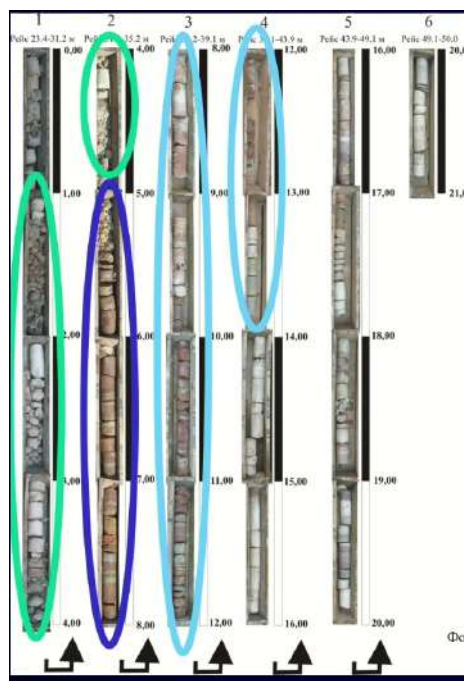


Рис. 11.5. Проградация = регрессия, агградация=стабилизация, ретроградация=трансгрессия. Выделение интервалов по керну

11.2. Секвенции карбонатных разрезов

Мезозой



Рис.11.6. Нижняя Банновска, Саратовская область



Рис.11.7. Песчий мел с фосфоритовыми желваками, ТСТ1 K₂t₂

Трансгрессивная поверхность

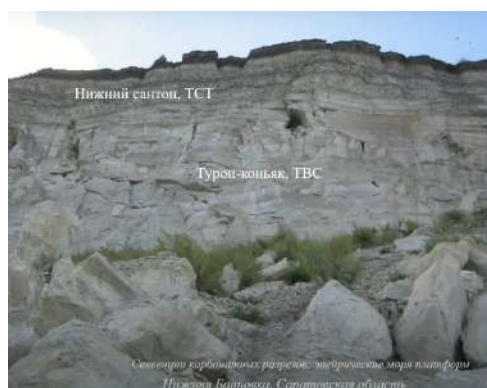


Рис.11.8. Нижняя Банновка, Саратовская область

Тракт высокого стояния однотонный, монотонный.

11.3. Рифы

Рифы - хорошие коллекторы.

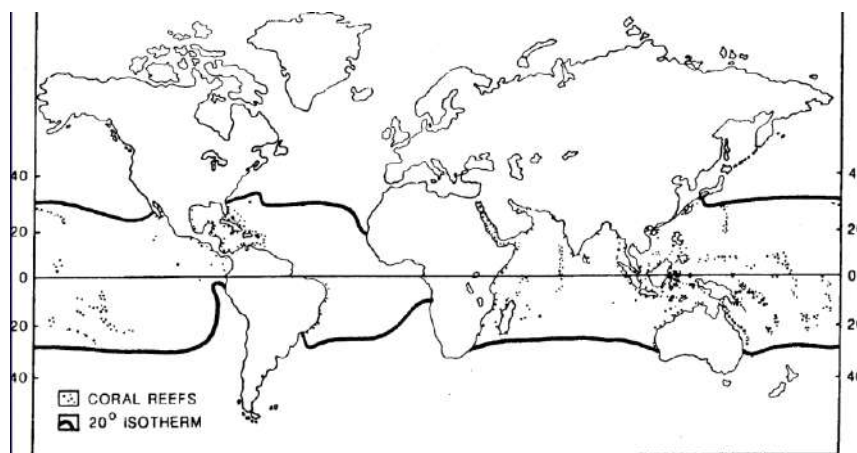


Рис. 11.19. Рифы ограничены 20-й изотермой, а значит находка коралла говорит о том, что температура была выше 20°C

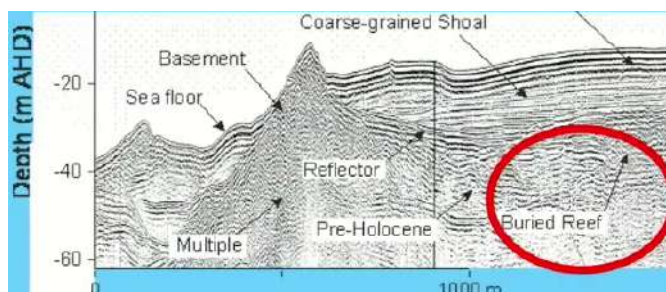


Рис. 11.20. Риф на сейсмическом профиле

11.4. Периферия окраины Тетиса (Перитетис)

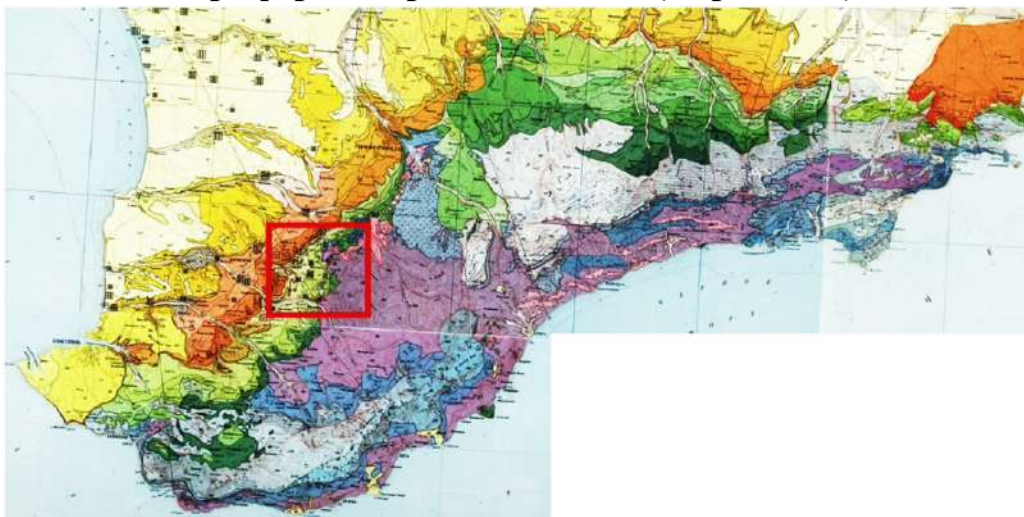


Рис. 11.21. Геологическая карта Горного Крыма (М.В. Муратов) (район полигона МГУ)



Рис. 11.22. Губка (слева) и коралл одиночный (справа)

Рифообразователи – не только кораллы, но и губки. Они могут жить и в пресной и морской воде (рис. 11.22). Они живут там, где кораллам менее комфортно.



Рис. 11.23. Колониальный коралл (слева) и червь (справа)



Рис. 11.24. Мшанка (слева) и стебель морской лилии (справа)

Стебель морской лилии мы можем найти в ископаемом состоянии (рис. 11.24). Если в разрезе наблюдаются иглокожие - глубоководные отложения.

На тектоностратиграфической схеме Бахчисарайского района Крыма преимущественно карбонатный разрез чехла.

Выделение секвенций

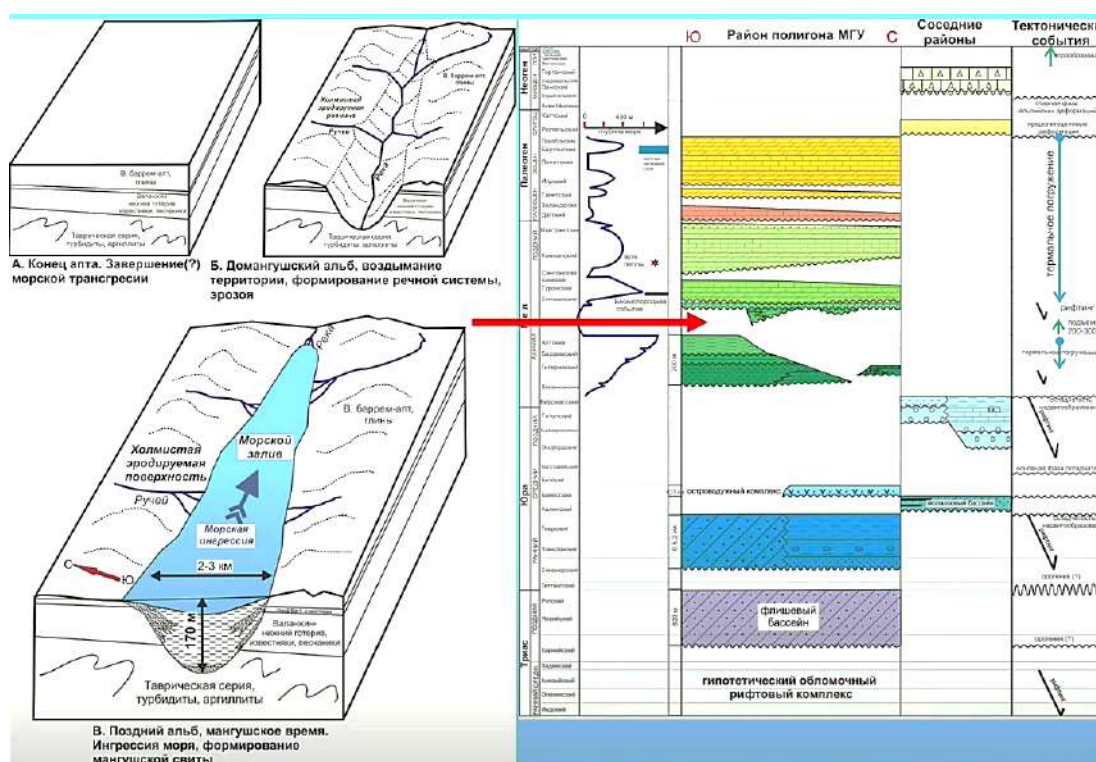


Рис. 11.25. Выделение секвенций



Рис. 11.26. Мангушская долина (Крым)

Врезанная Мангушская долина: время формирования ранний-средний альб. Эродировано: около 100 м баррем-аптских глин, около 2 м цефалоподовых известняков верхнего готерива-нижнего баррема, до 75 метров песчаников и известняков валанжина-нижнего готерива; днище котловины частично врезано в дислоцированные породы верхнетааврической свиты, следовательно, величина эрозии более 200 метров

Склоны долины падают в сторону мангушского оврага.



Рис. 11.27. Гора Шелудивая



Рис. 11.28. Складки подводного оползания в песчаниках верхнетааврической свиты



Рис. 11.29. Базальные трансгрессивные известковистые конгломераты и песчаники валанжина-нижнего готерива

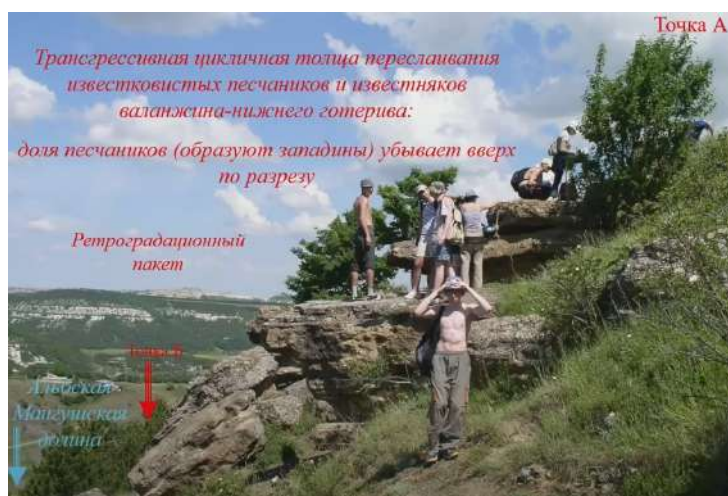


Рис.11.30. Трансгрессивная цикличная толща переслаивания известковистых песчаников и известняков валанжина-верхнего готерива



Рис. 11.31. Подошвенное налегание

Лекция 12

Секвенции карбонатных разрезов. Часть 2.

12.1. Периферия окраины Тетиса (Перитетис)

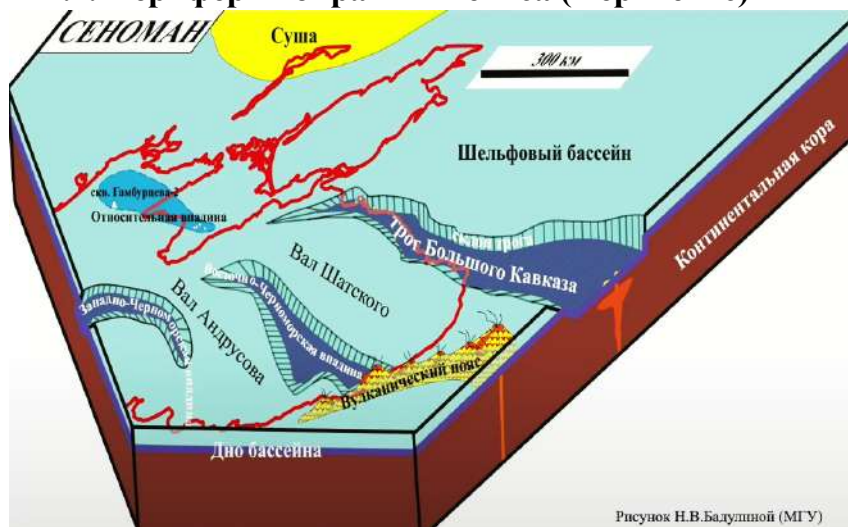


Рис. 12.1. Палеогеографическая реконструкция для территории Кавказского трога

На данной диаграмме (рис. 12.1) видна палеогеографическая реконструкция сеноманского века для территории Кавказского трога. В нем накапливался терригенный флиш. Далее с мелового времени флиш становился терригенно-карбонатным. Это связано с накоплением осадков в результате схода оползней, турбидитов. На примере меловых разрезов рассмотрим в каких условиях происходило осадконакопление.

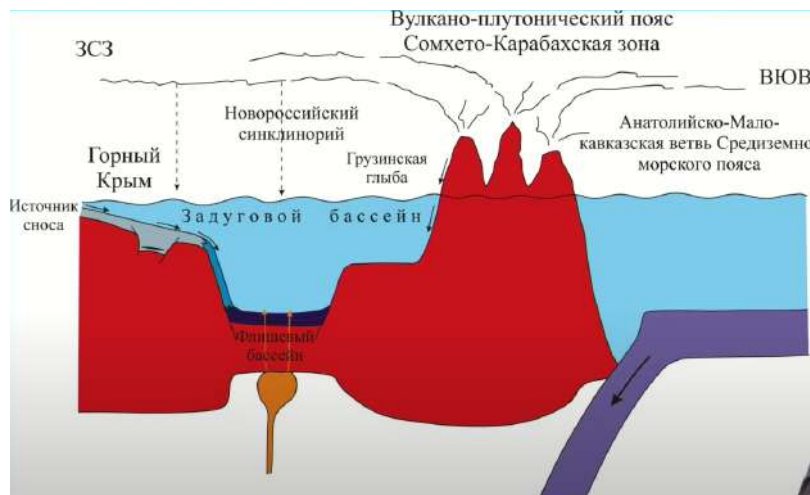


Рис. 12.2. Палеотектоническая схема Крымско-Кавказской окраины Средиземноморского пояса

Накопление богатой органики осадков в условиях блоковой тектоники и областей, где затруднена циркуляция воды. Вещество сохранялось, его никто не потреблял, происходило сероводородное заражение, органическое вещество захоронялось, и впоследствии возникали осадки богатые органическим веществом, потенциальные нефтегазоматеринские породы. То же самое происходило на месте раскрывающихся океанов. На дне флишевого трога могли возникать условия, при которых происходили подводные извержения, из-за ослабленных зон по разломам поступал магматический материал.

Изменение уровня мирового океана тесно связано с генерацией тех или иных осадков. В условиях постоянно меняющейся палеогеографической обстановки накапливались породы богатые органикой. Такие условия возникают на начальной стадии раскрытия бассейна, либо на финальной стадии развития бассейна.



Рис. 12.3. Разрез г. Сельбухра

Разрез Сельбухры, южный склон, белогорская свита – переслаивание светлых и серых известняков, что связано с периодическими изменениями климата. В условиях теплых образовывался белый известняк, в холодное влажное время было больше речного стока и сноса с суши терригенного материала, поэтому формировался глинистый прослой.

Разрез верхов меловой системы и палогена (рис. 12.4).



Рис. 12.4. Овраг Токма, разрез маастрихта-палеогена

Желтая линия-граница мела-палеогена. Профиль выветривания, породы палеогена образуют клиф, скалу. Ниже, ввиду того что породы более рыхлые, пологий склон. Он сложен мергелями и терригенными осадками.

Мел-палеогеновая граница представлена хард-граундом.



Рис. 12.5. Овраг Токма, разрез маастрихта-палеогена

В профиле выветривания выделяется цикличность (рис. 12.5). На литологической колонке изображен профиль выветривания.



Рис. 12.6. Проградация

Проградация (рис. 12.6). Нижняя часть разреза-кремнистые мергели, там много окремнелых губок, ходы роющих животных заменены кремнеземом. Переход кремнистых пород к песчанистым – регрессивный тракт. Источник сноса и береговая линия становились ближе, происходило понижение уровня воды.



Рис. 12.7. Регрессия

Далее постепенно происходит переход от песчанистых мергелей к известковистым песчаникам (рис. 12.7), а внизу – окремнелые ходы роющих животных.



Рис. 12.8. Гигантские устрицы

В самой верхней части разреза – гигантские устрицы (рис. 12.8). Такая массивная раковина из-за того, что они живут в мелководной обстановке в зоне волнового действия. Продолжается регрессия, глубина бассейна становится небольшой.

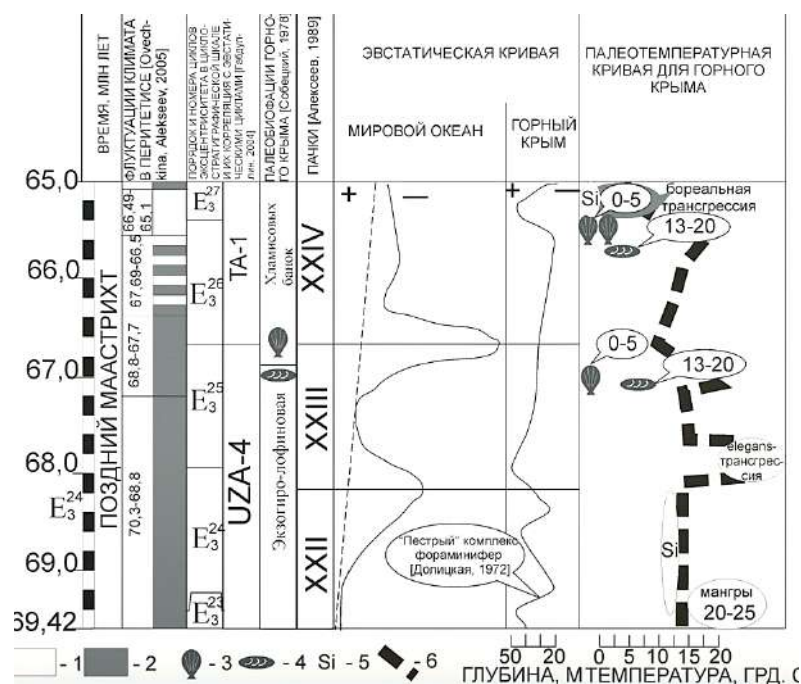


Рис. 12.9. Палеотемпературная кривая для Горного Крыма

Изменение температуры по растениям и животным. Наличие меандровых зарослей – температура 20-25 градусов °C. Гребешки 0-5 °C. Комплекс хламисовых банок говорит о том, что банки-крайне мелководные отложения.

С точки зрения геологического строения мы видим сложное строение. Находимся в пределах горно-складчатого орогена, большое количество тектонических границ.

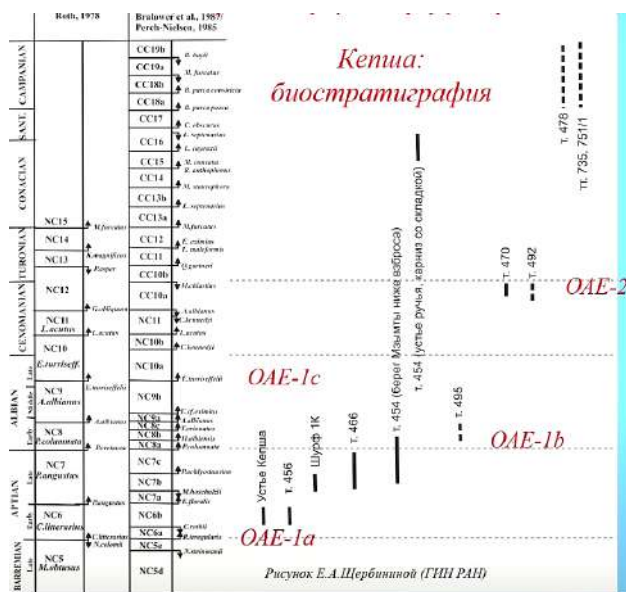


Рис. 12.10. Датировка по нанопланктону

По нанопланктону была выполнена датировка. Показаны бескислородные события.

Принципиальное строение (сверху вниз):

- 1) четвертичный современный активный оползень;
- 2) четвертичный современный неактивный оползень;
- 3) толща деформированных оползнями пород;
- 4) коренная толща битуминозных мергелей, аргиллитов и глин с синседиментационными складками оползня позднего апта;
- 5) коренные мергели, аргиллиты и глины позднего апта.

Необходимо было отличить четвертичные отложения от голоценовых отложений, которые не вовлечены в оползневые разрезы, где же начинается коренная толща и тд. Разрез скважины были представлены в основном отложениями апта.



Рис. 12.11. Толща деформированных оползнями пород – брекчированная глина с щебнем мергелей



Рис.12.12. Коренная толща битуминозных мергелей, аргиллитов и глин с синседиментационными складками оползания позднего апта. Повторяется трижды, веерообразное залегание, паститы



Рис. 12.13. Коренные битуминозные мергели, аргиллиты и глины позднего апта (ОАЕ-1). Залегание под углом 40 градусов.



Рис. 12.14. Коренные битуминозные мергели, аргиллиты и глины позднего апта (ОАЕ-1)

Наблюдается трансгрессия, увеличение глубины бассейна



Рис. 12.15. Выход керна

12.2. Окраина Тетиса

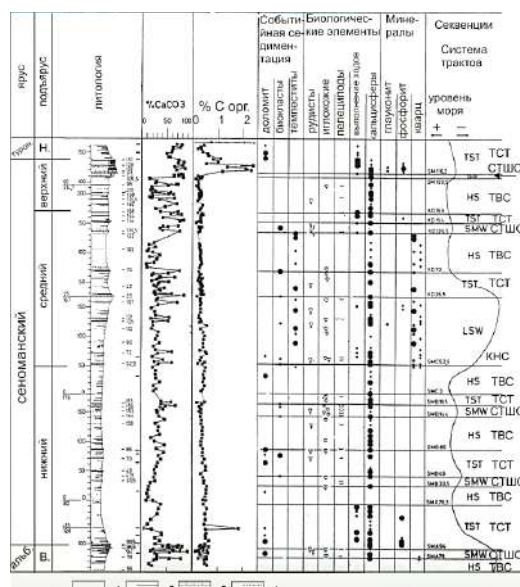


Рис. 12.16. Разрез сеноман-туронских отложений Туниса, кривые содержание CaCO_3 и Corg и секвенстная интерпретация. Условные обозначения: 1-мергель, 2-известковистый мергель; 3-известняк; 4-темпеститы

ТСТ:

- 1) присутствие в разрезе глауконита и фосфорита, доминирование пелагических высоко карбонатных и глинистых известняков и известковистых мергелей, мергелей;
- 2) слои сильно биотурбированы и содержат многочисленные хард-граунды;

- 3) фауна-аммониты, иноцерамы, планктонные фораминиферы. Карбонатный флиш

ТВС:

- 1) мощные пласты мергелей на фоне подчиненных слоев глинистого известняка;
- 2) существенную роль играют глинистые мергели и глины;
- 3) среди фауны доминируют пелециподы, иглокожие и гастроподы.

ТНС:

- 1) заполнение каналов и конседиментационное оползание;
- 2) доминирование детритовых биокласитических известняков, содержащих раковины бентосных (агглютинирующих и с карбонатным скелетом) фораминифер, кальцисфер, наннопланктона с карбонатным скелетом и их биокласты;
- 3) уровни вымирания и появления новых видов;
- 4) породы характеризуются наибольшим разнообразием структур (мадстоун-вакстоун и пакстоун-грейстоун)

Во флишевых разрезах глубинных частей трога секвентная стратиграфия неприменима. Хорошо работает в жерловой окраине. В крайне глубоководной обстановке большая глубина, чтобы определить менялась ли она со временем.



Рис. 12.17. Конседиментационные складки

12.3. Выводы

- 1) изложены некоторые общие положения по секвенциям карбонатных разрезов
- 2) рассмотрены секвенции карбонатных разрезов на примерах:

- а) эпифрических морей платформ;
- б) рифовых поясов;
- в) периферии окраины Тетиса;
- г) окраины Тетиса

Лекция 13

Тектоно-, событийная стратиграфия и их роль в секвентной стратиграфии. Эпейрогенические, орогенические движения и методы их изучения

13.1. Тектонические движения и методы их изучения

Сами секвенции находятся в тесной связи с изменением уровня океана. Гляциоизостатия, тектонические процессы влияют на колебания уровня океана.

План лекции:

- 1) Тектонические (орогенические, эпейрогенические) движения и методы их изучения
- 2) Тектоностратиграфия и ее роль в секвентной стратиграфии
- 3) Событийная стратиграфия и ее роль в секвентной стратиграфии

Типы тектонических движений:

- 1) Крупные горизонтальные перемещения литосферных плит
- 2) Орогенические (складкообразовательные)
- 3) Эпейрогенические

Тектонические движения – механические перемещения отдельных участков земной коры в вертикальном или горизонтальном направлении, приводящие к изменению их строения (по Белоусову). По Хаину и другим это касается не только земной коры, но и верхней мантии, т.е. литосферы.

Орогенические движения – изгибание слоев. Есть определенная связь между перемещения плит и орогеническими движениями. Эпейрогенические движения – возвратные обратимые движения в отличие от складкообразования. Крупные горизонтальные движения – постоянные движения.

По типу движения могут быть разделены на 2 группы: вертикальные и горизонтальные.

Орогенические движения – складкообразующие, разрывообразующие движения. Происходят в масштабе геологического времени сравнительно мгновенно (занимают первые миллионы лет). Смятые в складки слои горных пород не могут быть распрявлены (рис. 13.1).

Особенности:

- 1) наличие вертикальной и горизонтальной составляющих;

- 2) локальность, неповсеместность, эпизодичность, кратковременность;
- 3) необратимость

Методы изучения (прямой):

Структурный анализ созданных ими форм (складок, разрывов) – структурная геология



Рис. 13.1. Орогенические движения

Признаки: наличие углового несогласия. Согласно 6-му принципу Н. Стенона складчатость произошла после самых молодых пород ниже поверхности углового несогласия и до самых древних пород выше этой поверхности

В данном случае: время складчатости после PR до S (рис. 13.2).



Рис. 13.2. Геологический разрез Полюдова кряжа (Историческая геология, 1985)

Методы изучения (косвенные): 1) определение возраста синтектонических гранитов-абсолютная геохронология (геохимия)

2) по конгломератам подножий

Орогенические движения также могут быть связаны с магматическими процессами.

Таблица 13.1. Магматические породы: классификация и характеристика

Название	Кол-во SiO ₂ , %	Горные породы		Формы залегания	
		интрузивные	эффузивные	интрузивные	эффузивные
Ультраосновные	<40	Дуниты Пироксениты Перидотиты	Коматиты	Дайки Лополит	Потоки
Основные	40-52	Габбро	Базальты	Дайки Силлы Лакколиты Лополиты	Покровы Потоки
Средние	52-65	Диориты	Андезиты	Дайки Лакколиты Штоки Батолиты	Потоки
Кислые	>65	Граниты	Риолиты	Штоки Батолиты	Обелиски



Рис. 13.3. Гранит K-Na (лева) (кern, коллизия, тыловые зоны поясов Андийского типа, континентальная кора большой мощности) и гнейсовый гранодиорит (справа) (орогенез)



Рис. 13.4. Гранит (малоглубинная интрузия, континентальная кора большой мощности) Фаза 2 (слева) и габбро (долерит) (справа)



Рис. 13.15. Метасоматит (слева) (измененный вулканит дацитового состава) и туфопесчаник(справа)



Рис. 13.16. Барит (слева) и халькопирит-пентландитовая руда (справа)

Эпейрогенические движения - вертикальные перемещения (поднятия или опускания) крупных участков Земной коры, вызывающие:

- 1) трансгрессии и регрессии;

2) Пенеplanation рельефа и образование плоских, но обширных по площади впадин (депрессий) и поднятий (сводов) на континентах

3) формирование высоких горно-складчатых областей

Особенности:

- 1) только вертикальная составляющая;
- 2) повсеместность, постоянность, медленность;
- 3) обратимость

Основа метода изучения: геоморфологическое выражение в рельефе областей поднятия и опускания, т.е. анализ процессов осадконакопления и денудации



Рис. 13.17. Анализ геологической истории по одной стратиграфической колонке

Методы изучения:

1) Распределение областей поднятия и погружения на площади выявляется изучение фациальной изменчивости отложений данного возраста

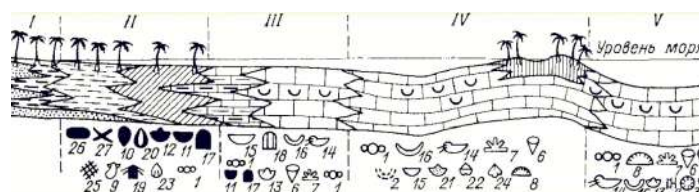


Рис. 13.18. Фациальная изменчивость

2) Палеогеографический метод Карпинского-исключительно качественно и схематично

3) Метод анализа карт фаций и мощностей – уточненная качественная и количественная характеристика для областей погружения



Рис. 13.19. Карта фаций

4) **Объемный метод Ронова:** расчетная оценка величины вертикальных перемещений с использованием величины объема денудированных осадков

Тектонические движения: выводы

1. Тектонические движения реализуются в вертикальной и горизонтальной плоскостях, постоянно или эпизодически, локально или повсеместно. Они обратимы или необратимы, могут циклически повторяться.

2. Методы их изучения: прямые (анализ структурных форм), косвенные (анализ: складчатых интрузий, фацальной и палеогеографической обстановки, темпов осадконакопления и денудации, всей геологической истории).

3. Их анализ необходим для тектоно-, секвентной, событийной и др. стратиграфии

13.2. Тектоностратиграфия

Тектоностратиграфия – активно развивающееся сравнительно новое направление в геологии осадочных бассейнов. **Тектоностратиграфия** – выделение мегасеквенций (мегапоседовательностей) и их интерпретация в терминах тектонических обстановок формирования.

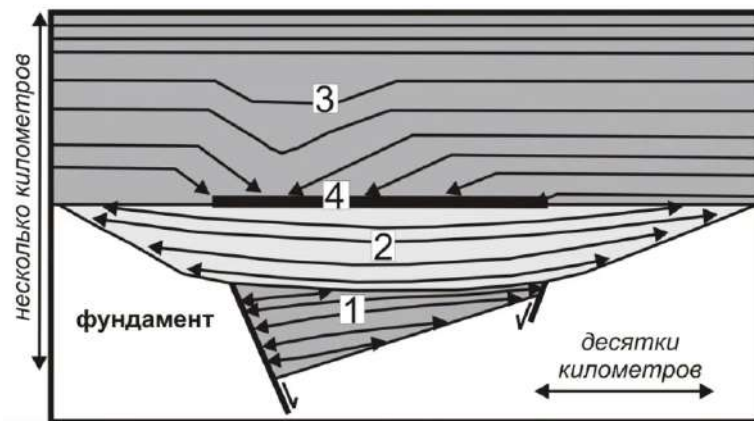


Рис. 13.20. Мегасеквенции (тектоностратиграфические единицы). Легенда: 1-рифтовый комплекс, 2-пострифтовый комплекс, 3-комплекс краевого прогиба, 4-поверхность конденсированного разреза (по Никишину, Копачевич, 2009)

Мегасеквенция – тектоностратиграфический комплекс, сформировавшийся в течение основной фазы существования бассейна. Ее границы: снизу – угловое несогласие; сверху – либо угловое несогласие, либо комбинация поверхностей налегания и прилегания (рис. 13.20).

Связь с секвентной стратиграфией: наиболее длительные секвенции отвечают мегасеквенциям (рис. 13.21).

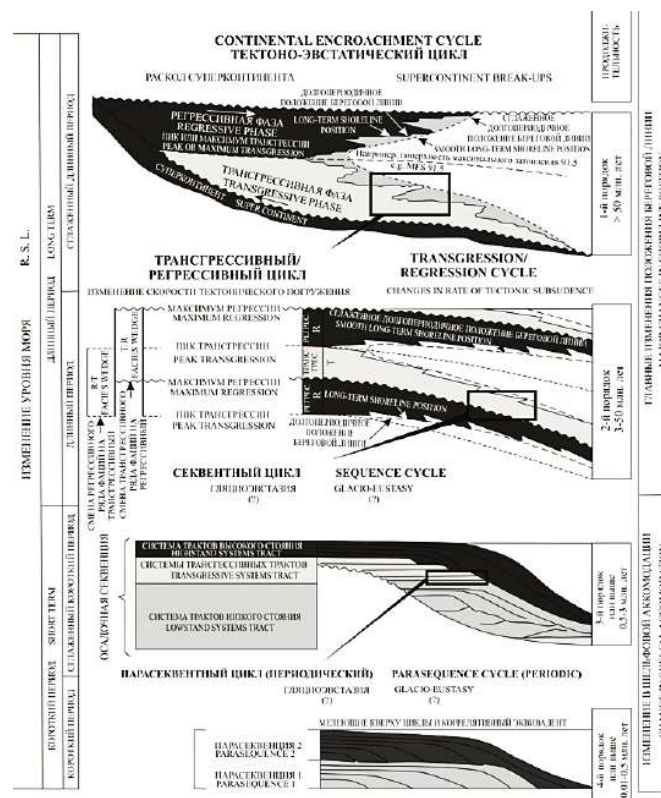


Рис. 13.21. Тектоно-эвстатический цикл

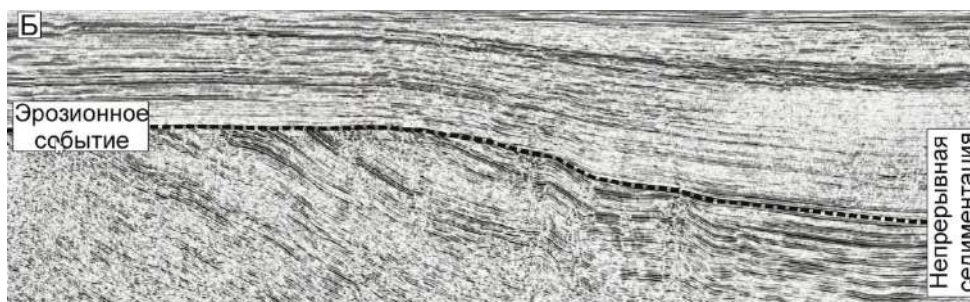


Рис. 13.22.. Фрагмент сейсмического профиля для бассейна Берингова моря

Пунктирная граница разделяет два тектоностратиграфических комплекса, однако угловое несогласие между ними плавно переходит в согласную границу (рис. 13.22)



Рис. 13.23. Фрагмент сейсмического профиля бассейна Охотского моря

Проградация дельтового комплекса Палеоамура могла быть обусловлена крупным тектоническим событием на суше типа горообразования. Пунктирная линия-граница тектоностратиграфических комплексов (рис. 13.23).

Длительность формирования мегасеквенций: 3-50 млн. лет и соответствует: континентальному рифтингу, образованию краевых прогибов и зон инверсии. Формирование мегасеквенции, отвечающих раскрытию и закрытию задуговых бассейнов, распаду или объединению континентов занимает более 50 млн. лет.

Каждая мегасеквенция имеет характерный для нее рисунок внутренней волновой (сейсмической) записи и сопоставима с сейсмокомплексами. Если секвентная стратиграфия эффективно используется для анализа континентальных окраин, то тектоностратиграфический подход можно использовать для бассейнов со сложной тектонической историей.

Увязка всех групп данных в единую систему. Хроностратиграфическая единица представляет собой толщу пород, выделенную в качестве вещественного репера для всех отложений, образованных в течение определенного интервала времени. Тектоностратиграфическая единица представляет собой сочетание литостратиграфических единиц (слоев, пачек, свит), возникшее при определенном тектоническом режиме, а смена таких единиц связана с изменением этого режима.

Тектоностратиграфическая единица может включать в себя одну или несколько хроностратиграфических единиц, объединенных единым этапом тектонической истории региона. Масштаб этапа зависит от сложности историко-геологической истории бассейна, а также от уровня его изученности.

Выделение тектоностратиграфических единиц на сейсмических профилях:

- 1) дорифтовые осадки (формировались до начала образования сбросов)
- 2) синрифтовые осадки (формировались синхронно с образованием сбросов)
- 3) пострифтовые осадки (формировались после завершения сбросообразования над рифтом в ходе плавного погружения)
- 4) осадки краевого прогиба (формировались во флексурном изгибовом бассейне синхронно с ростом орогена)
- 5) синверсионные осадки (формировались синхронно со складчатыми деформациями).

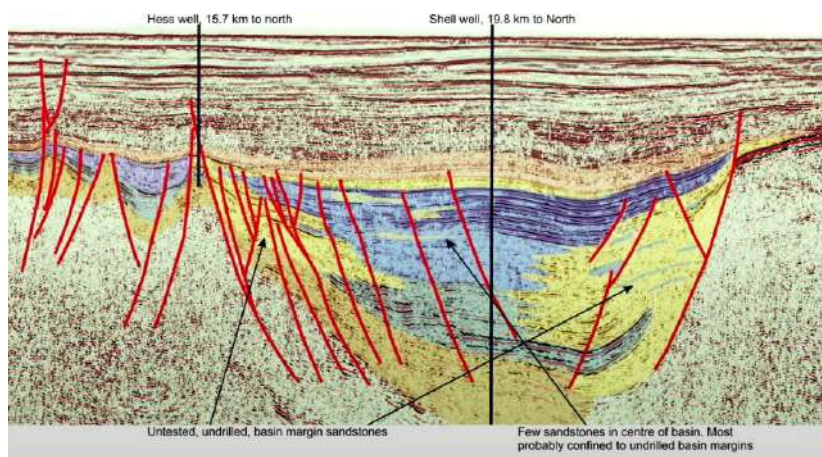


Рис. 13.24. Выделение тектоностратиграфических единиц на сейсмических профилях

Каждую тектоностратиграфическую единицу на сейсмических профилях можно подразделить и дать этим частям конкретные характеристики (рис. 13.25).

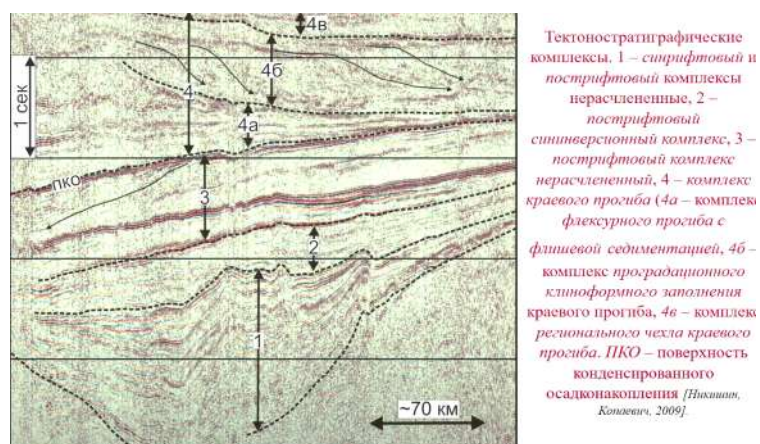


Рис. 13.25. Фрагмент регионального сейсмического профиля краевого прогиба к северу от хребта Брукса на Аляске

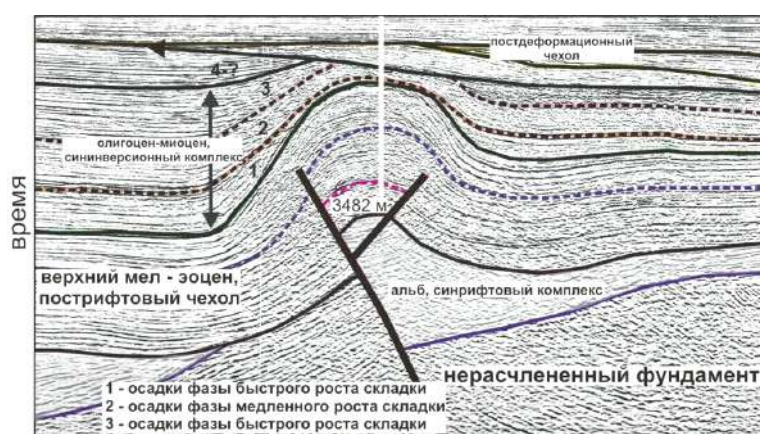


Рис. 13.26. Одесский шельф, Черное море. Выделены пострифтовый, синверсионный комплексы и постдеформационный чехол; в синверсионном комплексе выделены фазы с разной скоростью роста складки

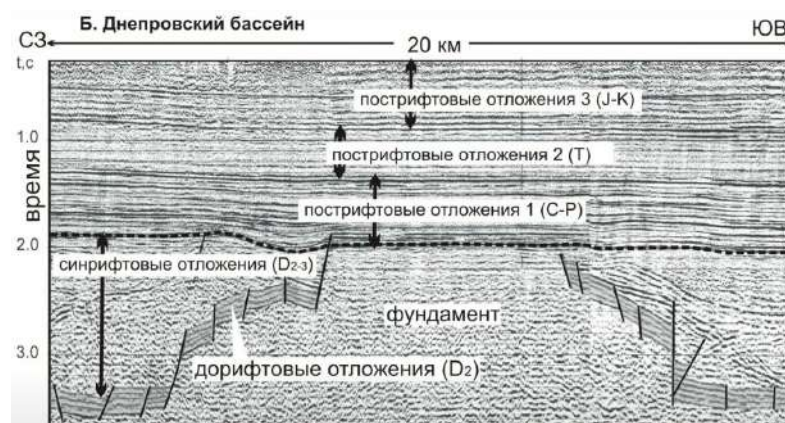


Рис. 13.27. Днепровский бассейн. Выделены фундамент, дорифтовые, синрифтовые и пострифтовые отложения; пострифтовые отложения разделены на 3 единицы

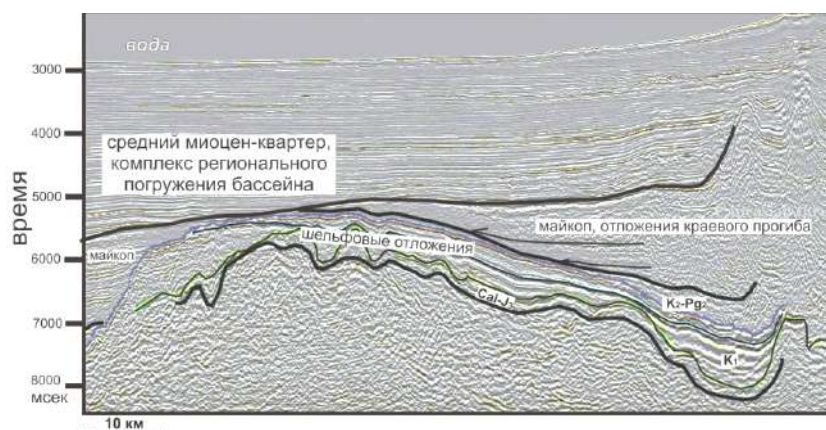


Рис. 13.28. Туапсинский прогиб, Черное море. Выделен комплекс отложений краевого флексурного прогиба (олигоцен-нижний миоцен) и комплекс регионального погружения бассейна (средний миоцен-квартер)

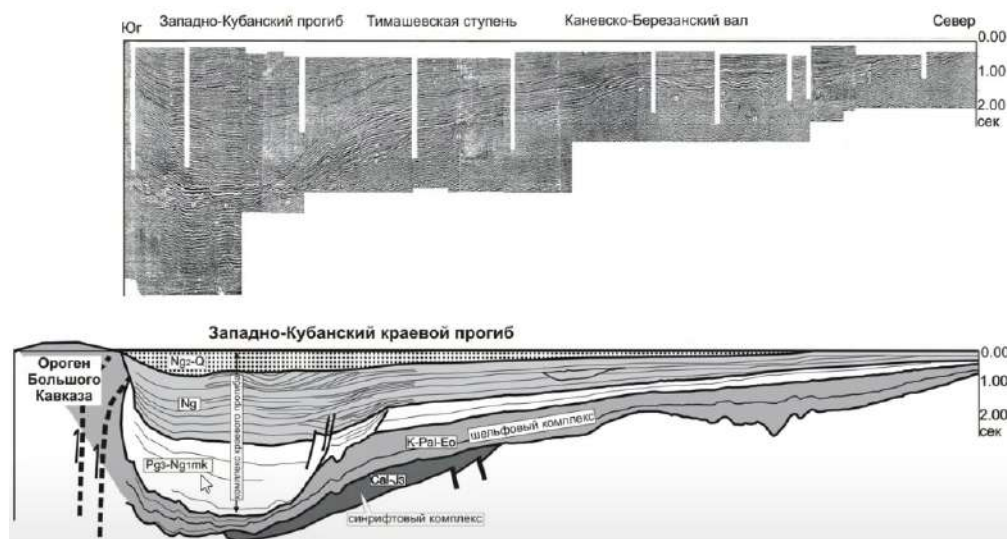


Рис. 13.29. Фрагмент сейсмического профиля Кубанского краевого прогиба в Предкавказье: дешифрирование профиля и выделение мегасеквенций и разделяющих их поверхностей

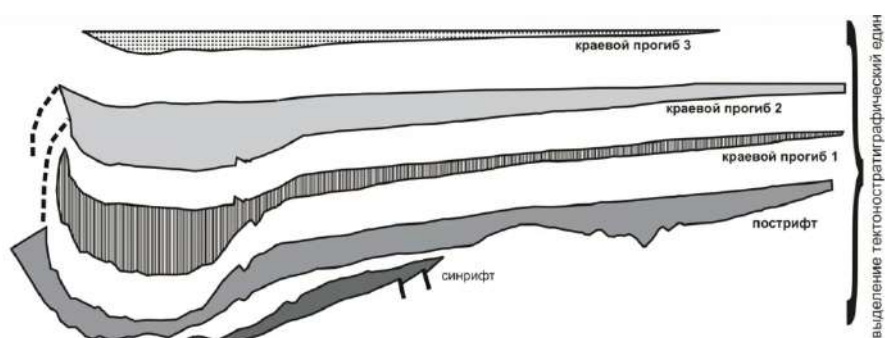


Рис. 13.30. Выделение мегасеквенций и разделяющих их поверхностей

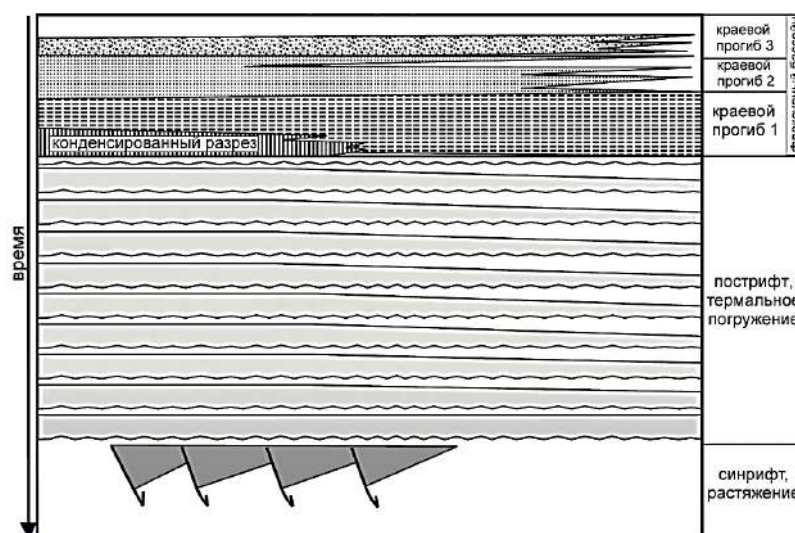


Рис. 13.31. Тектоностратиграфическая схема. Выделение мегасеквенций и разделяющих их поверхностей и построение тектоностратиграфической схемы (Никишин, Копачевич, 2009)

Тектоностратиграфия – это интерпретация геологического разреза в терминах тектонических обстановок формирования стратиграфических последовательностей в масштабах осадочного бассейна и всей литосферы.

13.3. Событийная стратиграфия

Анализ этих событий, некоторые из которых могут иметь катастрофическую природу и широкомасштабное распространение позволяет корректно оценить геоисторическую, палеогеографическую эволюцию бассейна, а сами отложения являются прекрасными маркирующими горизонтами, создающими каркас стратиграфии, преодолевающими проблему геологического времени и сопоставления морских и континентальных отложений.

Событийная стратиграфия выделяет и прослеживает следующие событийные отложения, например:

- 1) турбидиты, т.е. отложения мутьевых потоков;
- 2) темпеститы, т.е. отложения штормов;
- 3) инундиты – отложения наводнений;
- 4) тиллиты и морены-отложения ледников;
- 5) импактиты-отложения ударных кратеров метеоритов и др.



Последствие попадания метеорита весом 12 кг в заднюю часть легковой машины “Шевроле”. Фотография 60-х годов XX века



Последствия Тунгусского взрыва: выжженный и поваленный лес тайги. Фотография начала XX века.

30 июня 1908 г. в 07:17 местного времени в бассейне р. Подкаменная Тунгусска на небольшой высоте в атмосфере произошел сильнейший взрыв, возможно вызванный кометой. Ударная волна вызвала огромные разрушения в Тунгусской тайге, следы которых не исчезли до сих пор. На площади 500 квадратных километров вековой лес был повален на Землю полностью. Ударная волна породила землетрясение, которое отметили сейсмографы Иркутска, Ташкента, Тбилиси, Йены.

Рис. 13.32. Масштабные события стратиграфических маркеров, примеры

Применение событийно-стратиграфических маркеров. Примеры

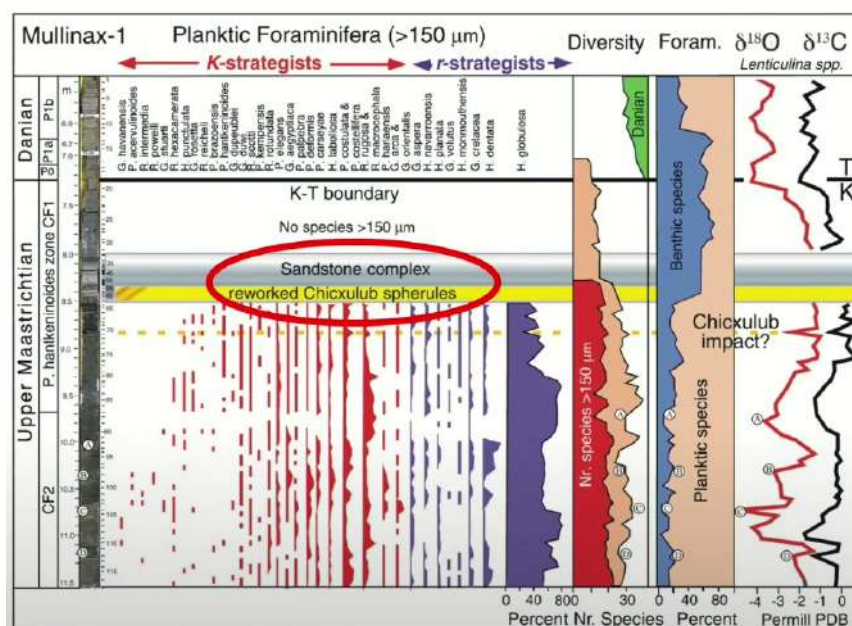


Рис. 13.33. Корреляция циклостратиграфических маркеров с биостратиграфическими, геохимическими в скважине поблизости от кратера Чиксулуб

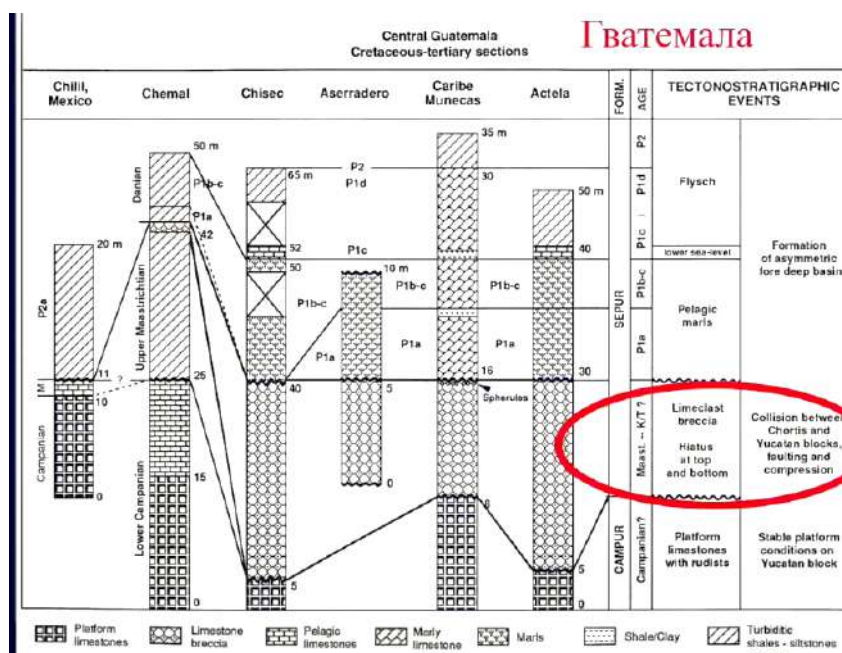


Рис. 13.34. Удар астероида помимо цунами вызвал разрушению жироую, коллизия и компрессию блоков карбонатной платформы Юкатан. Немая брекчия, цунамиты

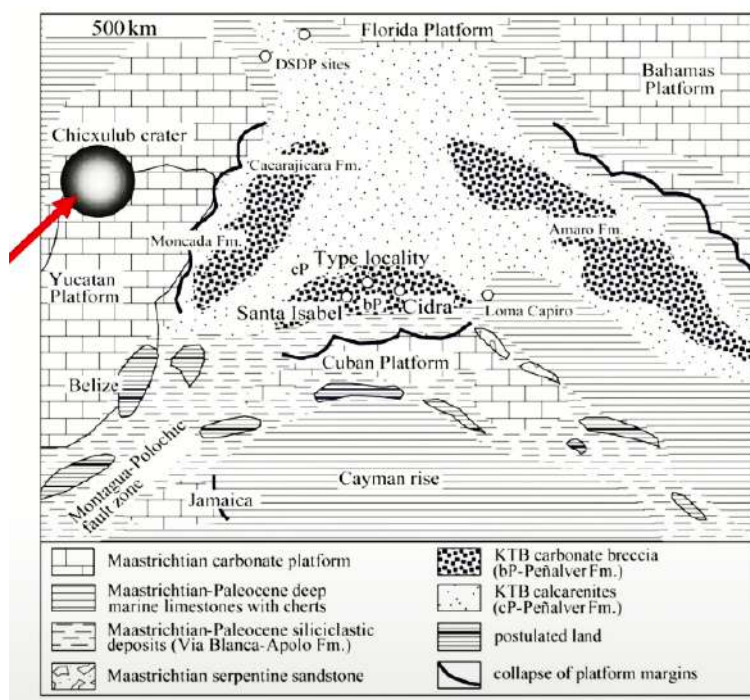


Рис. 13.35. Разрушение некогда единой карбонатной платформы

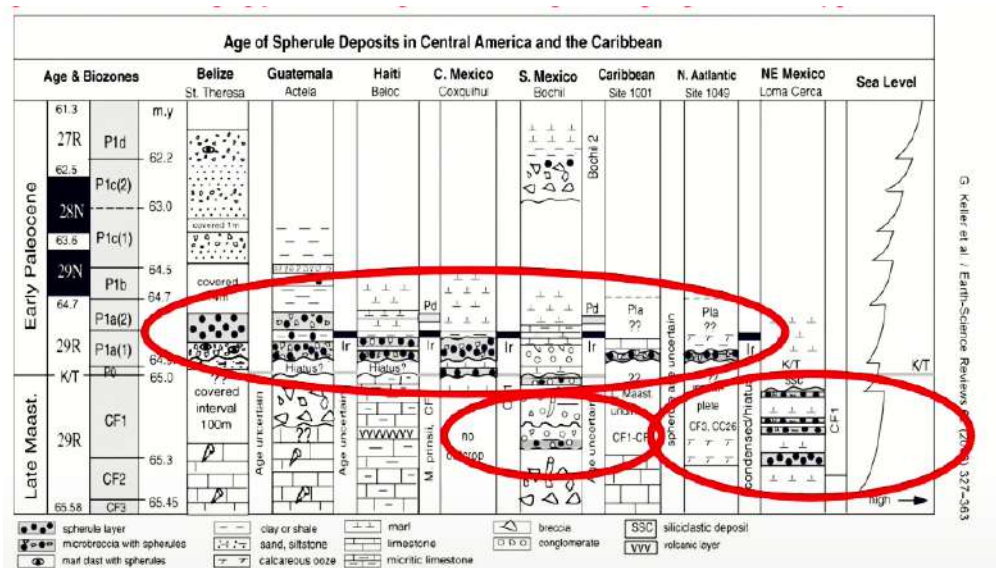


Рис. 13.36. Удар астероида и последующее цунами вызвали эрозию и транспорт значительной части осадков карбонатной платформы Юкатан

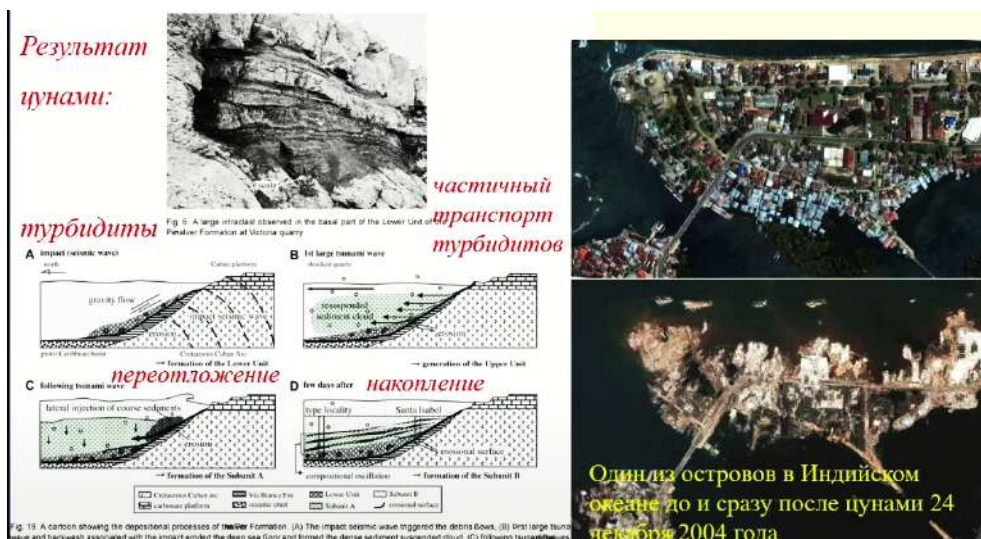


Рис. 13.37. Удар астероида и последующее цунами вызвали эрозию и транспорт значительной части осадков карбонатной платформы Юкатан

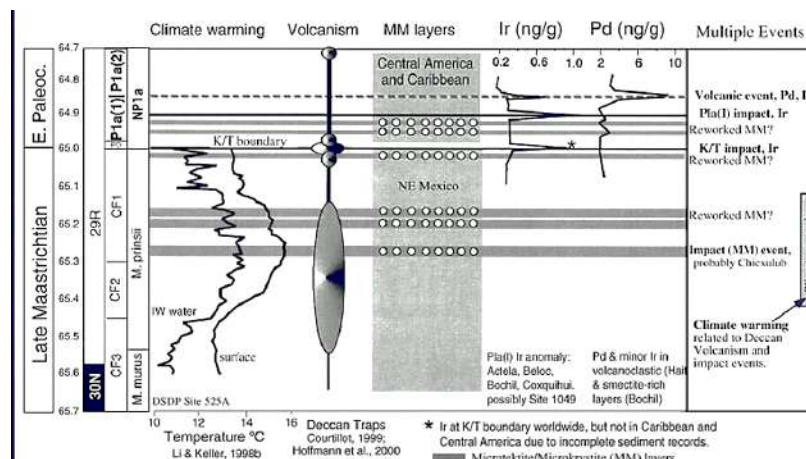


Рис. 13.38. Комбинация событийно-стратиграфических маркеров

Выводы:

- 1) Крупные геологические события (например, импактное событие Чиксулуб) являются четкими временными маркерами
- 2) Любое событие-сложный синтез взаимосвязаны= следствий, поэтому нельзя интерпретировать мгновенные трансгрессии (ингрессии...) катастрофической природы с позиции секвентной стратиграфии!



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in
Л Е К Ц И И У Ч Е Н Ы Х М Г У