

ЛИТЕРАТУРА

- **Основная**
- 1. *Короновский Н.В., Хаин В.Е., Ясманов Н.А.* Историческая геология: учебник для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2006.
- 2. Подобина В.М., Родыгин С.А. Историческая геология. Томск, 2000.
- 3. *Кагарманов А.Х.* Историческая геология. Руководство к лабораторным занятиям. СПб, 1998.
- 4. Стратиграфический кодекс. Издание третье. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006.
- 5. *Владимирская Е.В., Кагарманов А.Х.* и др. Историческая геология с основами палеонтологии. Л.: Недра, 1985.
- 6. *Владимирская Е.В.* Историческая геология. Методические указания к практическим занятиям. Л.: 1977.
- **Сайты, где можно скачать кое-что по тематике курса:**
«Геологический факультет МГУ»
- **jurassic.ru**
- **lithology.ru**

ОСНОВЫ СТРАТИГРАФИИ

Задачи:

Изучение залегания слоев горных пород в геологических разрезах (расчленение разрезов)
восстановление хронологической последовательности формирования выделенных слоев
определение относительного возраста
установление местных стратиграфических подразделений
корреляция стратиграфических подразделений
составление стратиграфических схем
создание общей стратиграфической шкалы с учётом периодизации геологической истории земной коры

Объект стратиграфии — нормально пластующиеся геологические тела, сложенные осадочными, вулканогенными и метаморфическими породами.

Основные принципы, на которых базируются методы относительной геохронологии

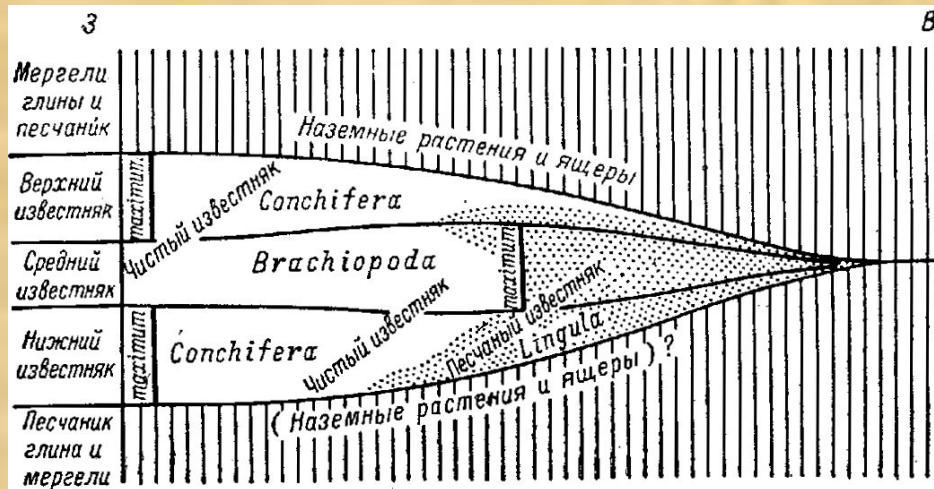
- 1. Принцип Н.Стенона (1669) – при ненарушенном залегании каждый нижележащий слой древнее покрывающего слоя.
- **Что возможно, благодаря этому принципу?**
- 2. Принцип Гексли (гомотаксиса или идентичности) – соответствие слоев в разных разрезах по признакам, одинаково упорядоченным в каждом разрезе.
- **Что возможно, благодаря этому принципу?**
- 3. Принцип хронологической заменяемости признаков (принцип Мейена) – возможность подмены несамостоятельных признаков (редких) самостоятельными. Важен для прослеживания на местности слоев.

- 4. Принцип Головкинского – граничные поверхности литостратиграфических подразделений не являются вполне изохронными на всем протяжении, причем скорость изменения возраста этих поверхностей возрастает в направлении, перпендикулярном береговой линии бассейна. **Для каких стратиграфических работ актуален?**

Основные правила стратиграфии

- 1. Правило Смита – одновозрастные осадки содержат одни и те же близкие остатки ископаемых организмов.
- 2. Правило Геттона («закон пересечений») – секущая магматическая порода всегда моложе той породы, которую она «рассекает».
- 3. Закон Долло о необратимости эволюции – организм никогда не может вернуться к предковому состоянию, даже если он окажется в обстановке близкой к условиям обитания предков.

- 4. Правило Головкинского – возрастное скольжение отдельных литостратиграфических горизонтов 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 при регрессии моря горизонтальные зоны осадков переходят в разрезах в вертикальные. В результате осадки одной и той же фации в направлении суша–море не являются строго одновозрастными.



Методы относительной геохронологии

Что такое геохронология?

Какие геохронологические методы существуют?

Что относится к методам относительной и абсолютной геохронологии?

Биостратиграфия (палеонтологические методы)

**Какой (какое) принцип (закон, правило)
стратиграфии лежит в основе
палеонтологических методов?**

- 1. **Ортостратиграфические (архистратиграфические или руководящие) группы организмов** – позволяют проводить планетарные корреляции: планктонные и нектонные организмы, быстро расселявшиеся по свету. **Вспомнить организмы!**
- 2. **Парастратиграфические группы** – региональная биостратиграфия: бентос, расселявшийся только на личиночной стадии. **Вспомнить организмы!**
- Для закрытых районов крайне важны **микрофоссилии** (фораминиферы, радиолярии, остракоды, конодонты, некоторые одноклеточные водоросли **какие?**, споры и пыльца).

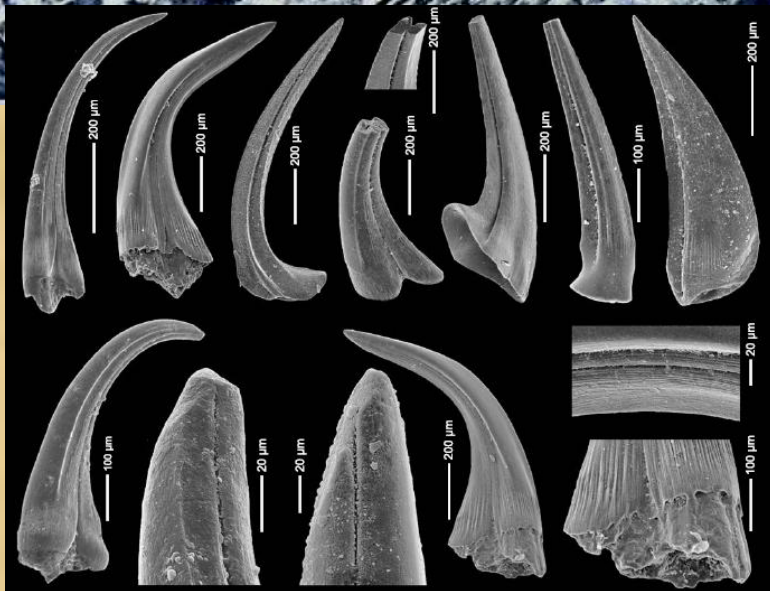
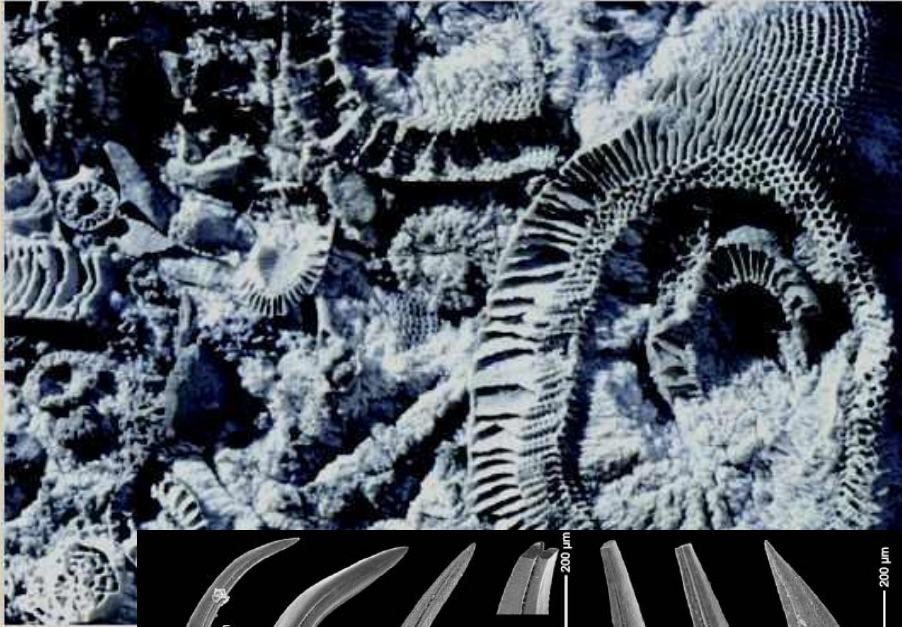
	Кембрий	Ордовик	Силур	Девон	Карбон	Пермь	Триас	Юра	Мел	Кайнозой
Граптолиты	■	■	■	■						
Морские ежи		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Морские лилии		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Морские пузыри		■	■	■						
Брахиоподы	■	■	■	■	■	■				
Мшанки		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Цефалоподы	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Пелециподы	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Гастроподы	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Остракоды	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Филлоподы				■	■	■	■	■	■	■
Трилобиты	■	■	■	■	■	■				
Гексакораллы							■	■	■	■
Тетракораллы		■	■	■	■	■				
Табулятоидеи		■	■	■	■	■				
Строматопоройдеи		■	■	■	■	■				
Хететойдеи		■	■	■	■	■				
Губки	Стратиграфическое значение основных групп беспозвоночных									

Метод руководящих ископаемых

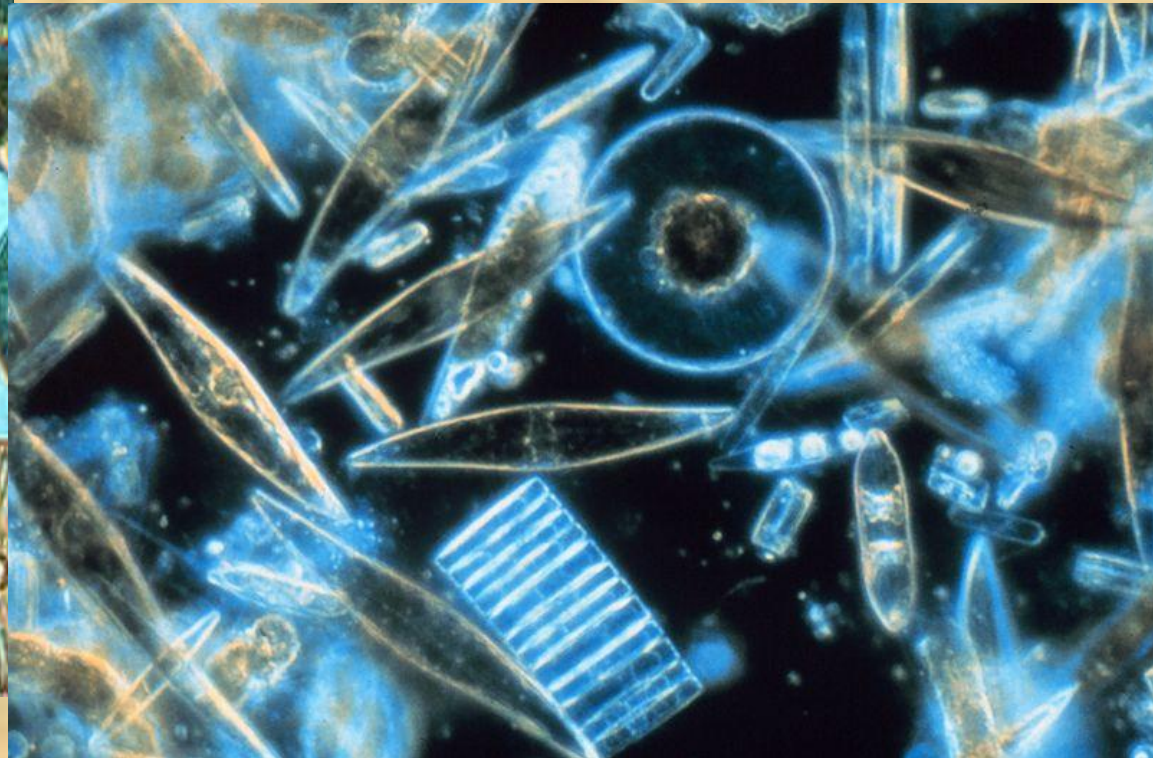
- Органические остатки, существовавшие незначительный промежуток времени, но расселившиеся на значительной территории и в большом количестве.
- Интервал существования рода или вида руководящего организма - **зона**.
- Руководящими формами являются – **космополиты** (широко распространенные виды), **эндемичная** фауна и флора (обитавшая на ограниченной территории) может использоваться только для **местной** стратиграфии.

Руководящие фауны: археоциаты – раннего кембрия, граптолиты – ордовика и силура, конодонты – палеозоя

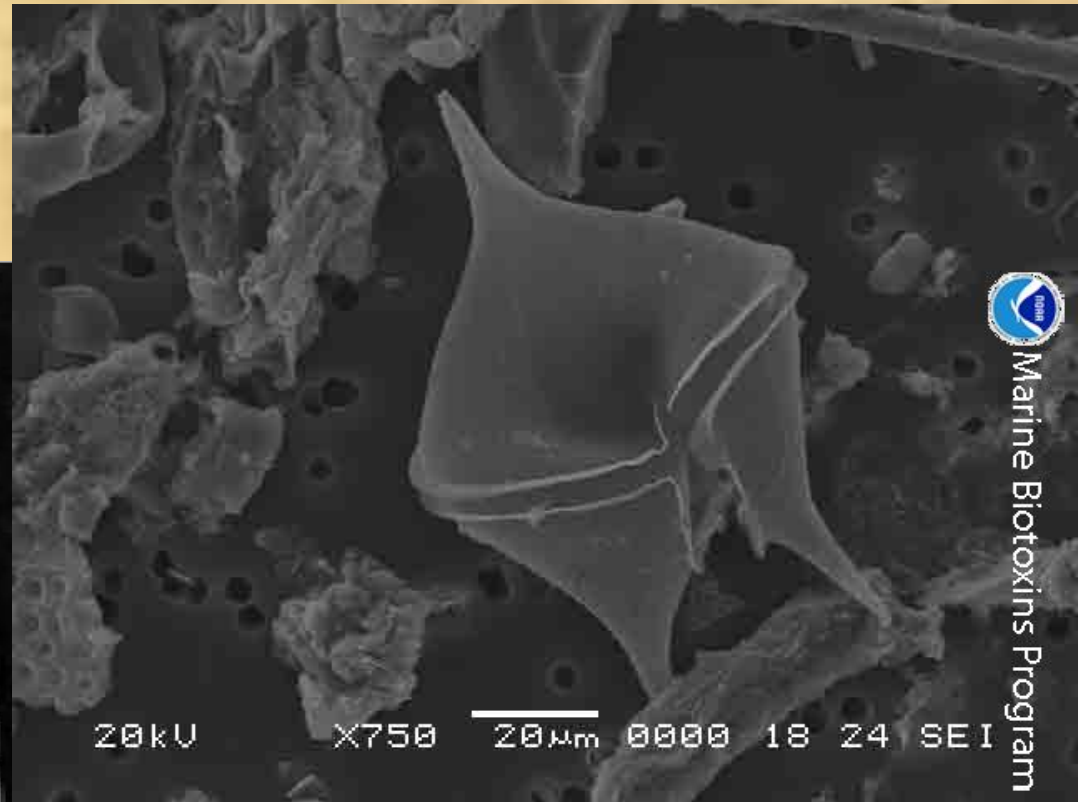
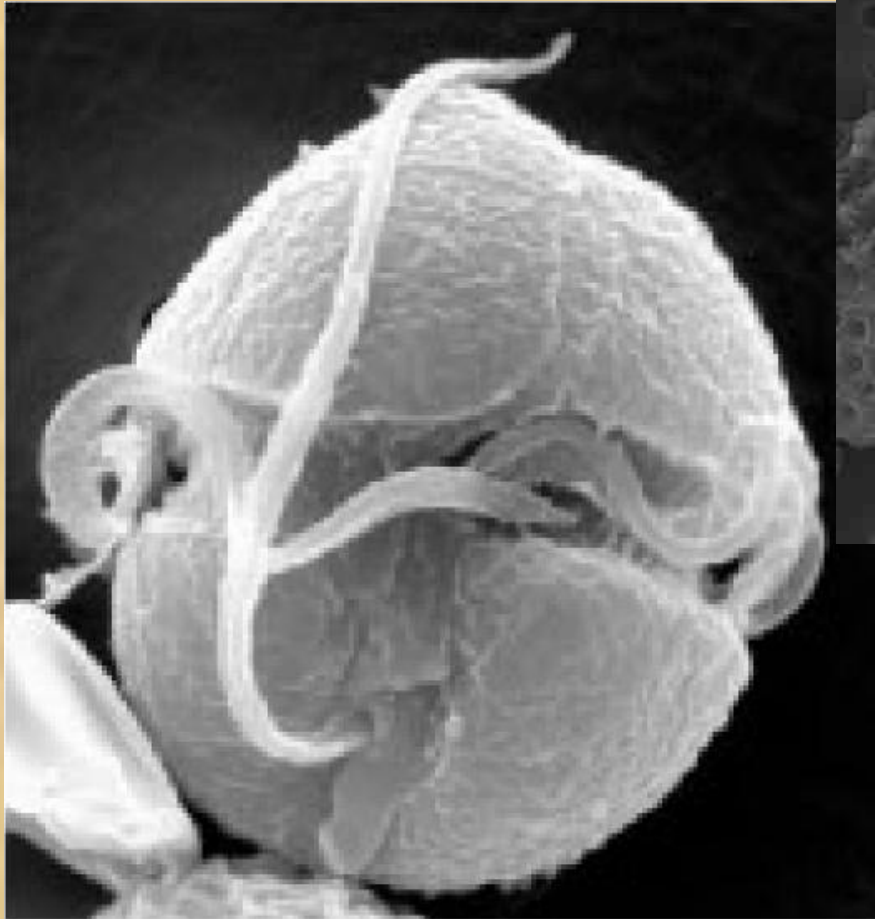
(ордовик, девон, карбон) и триаса, аммониты – юры и мела



Представители отдела Диатомовые водоросли
(K-Q) – с неогена ортостраграфическая группа

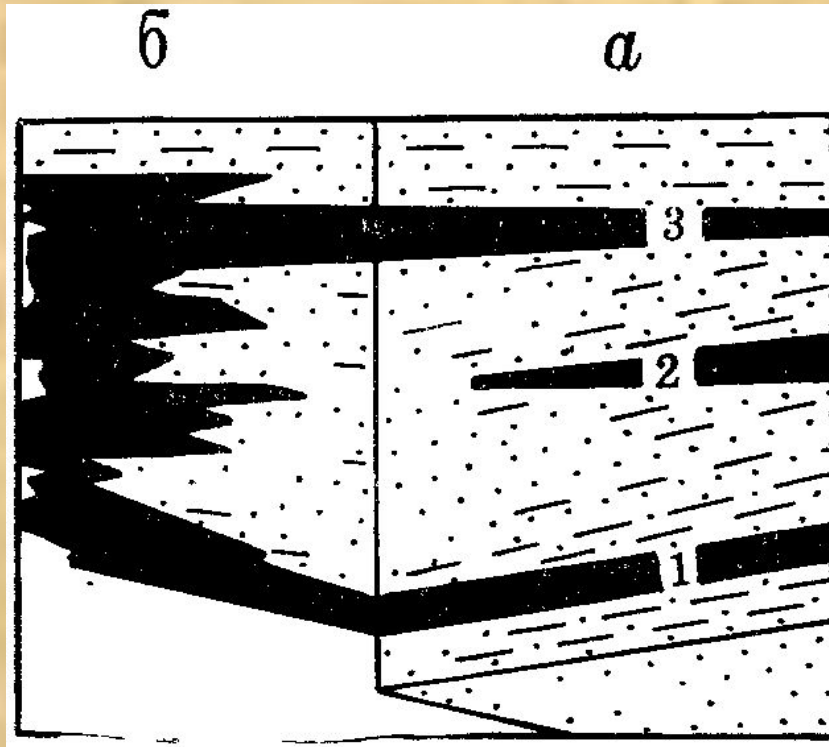


Представители отдела Динофитовые водоросли (S D₁?-Q)
Важны для биостратиграфии MZ-KZ



- В настоящее время этот метод применяют только с учетом **рекуррентии фауны и флоры** – при неоднократных перемещениях береговой линии (трансгрессиях и регрессиях) возможен возврат прежней фауны и флоры, тогда в разрезе повторяются виды органических остатков.

Схема, отражающая появление рекуррентных комплексов фауны в разновозрастных, но одинаковых по литологическим особенностям осадках (по Р. Муру):

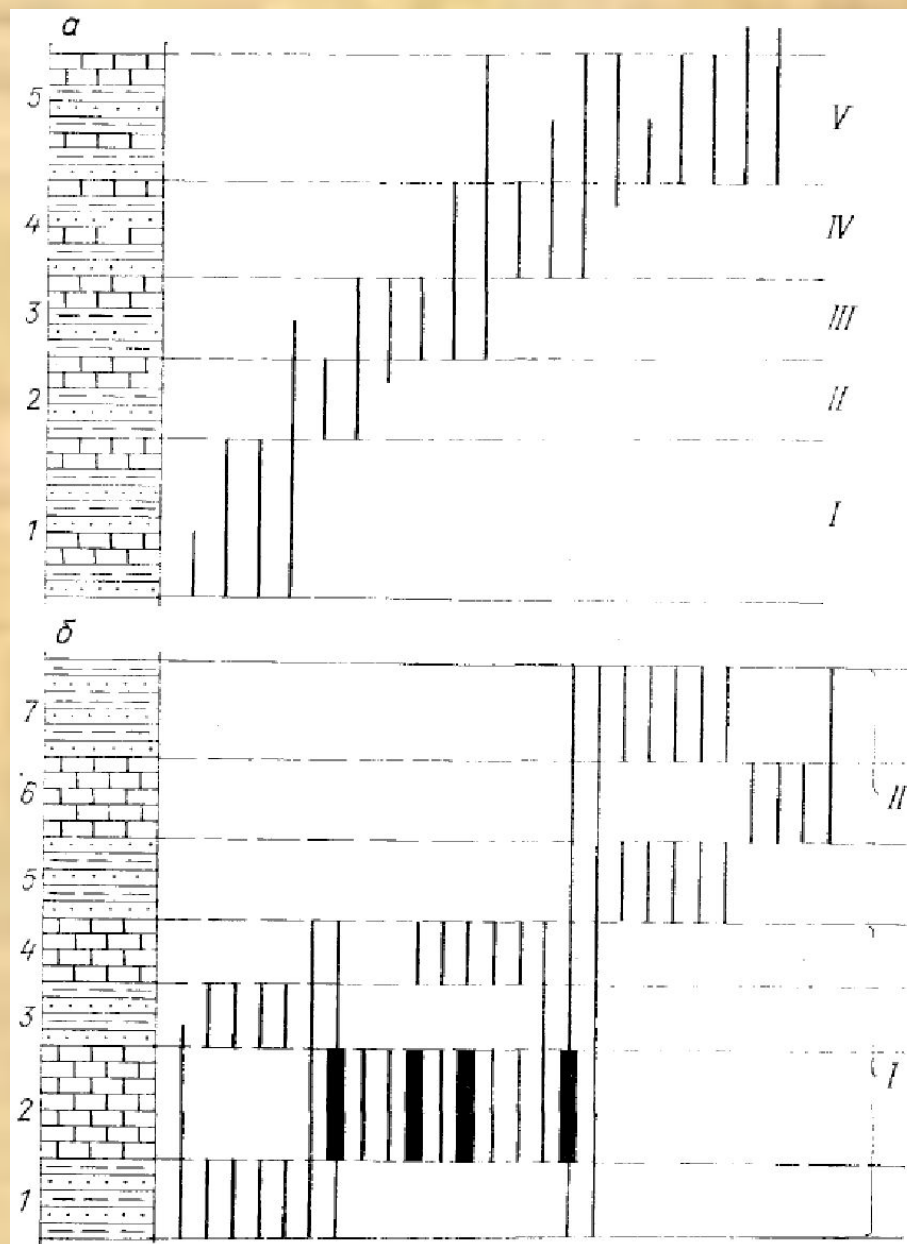


- *а* — комплекс фауны в черных сланцах, характерных для слоя 1, повторяющихся без существенных изменений выше по разрезу (слои 2 и 3); *б* — непрерывное накопление черных сланцев в условиях многократного перемещения зоны седиментации

Метод комплексного анализа

- Изучение распределения всех окаменелостей в разрезах,
- установлении смены комплексов и прослеживании выделенных комплексов от разреза к разрезу.
- Устойчивость выделенных комплексов проверяется в нескольких разрезах. Называют комплекс по типичному виду (**вид-индекс**). Этот метод позволяет установить *естественные рубежи* смены фауны и флоры. При его применении
- также необходимо анализировать фациальные особенности
- разреза.
 - **Явление рекурренции также может осложнять применение этого метода**

Выделение разновозрастных палеонтологических комплексов (по Е.В. Владимирской, 1985)



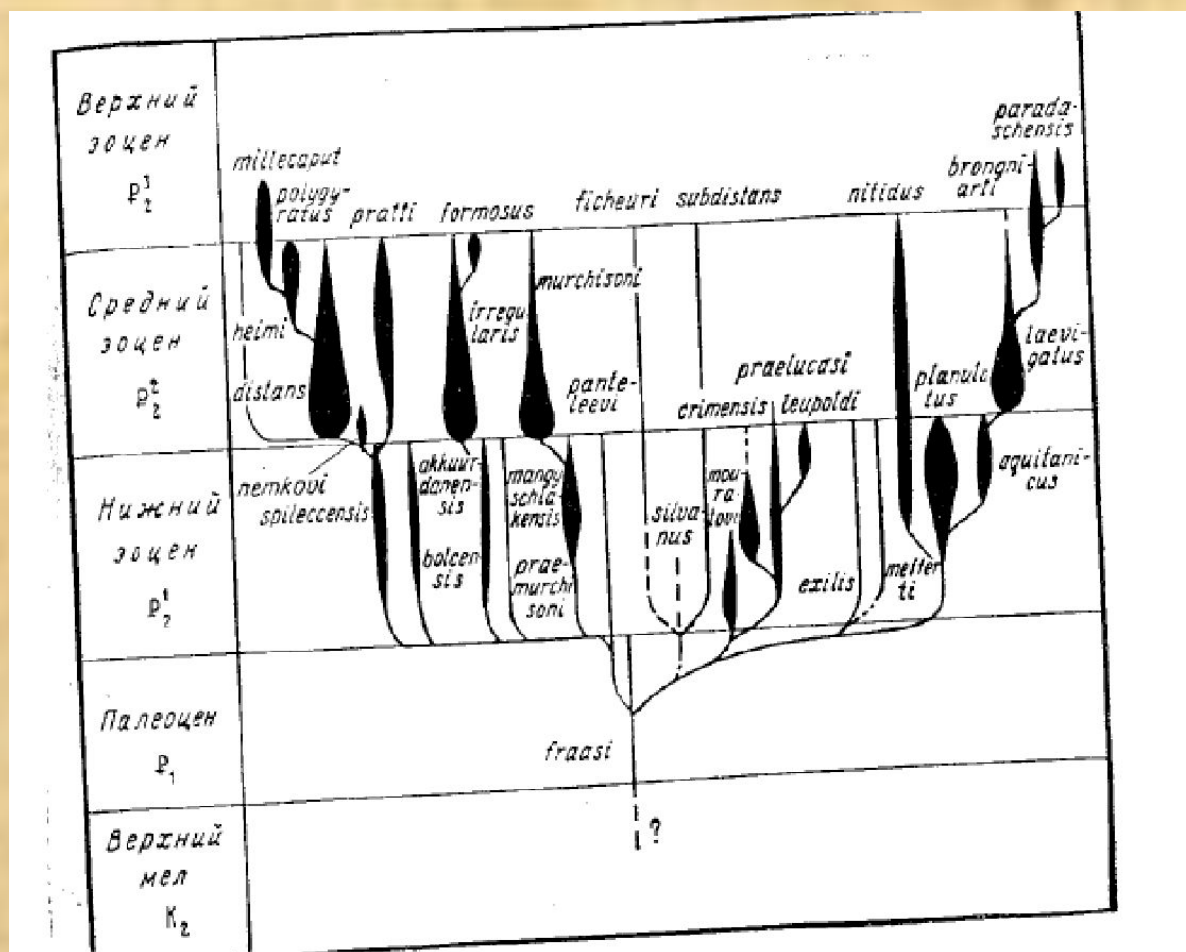
Рекурренция комплексов брахиопод и брюхоногих моллюсков в ильменских и бурежских слоях (средний фран, верхний девон) Ильменского глинта

№	Phylum	Class	Genus	Species	Beds		
					Ilmen	Buregi	
1	Brachiopoda	Inarticulata	<i>Lingula Brug.</i>	<i>Lingula amalutskii Wenj.</i>	+	+	
2			<i>Crania Retz.</i>	<i>Crania proavia Gold.</i>	+	+	
3		Articulata	<i>Chonetipustula Paeck.</i>	<i>Chonetipustula petini Nal.</i>	+	+	
4			<i>Atrypa Dahm.</i>	<i>Atrypa uralica Nal.</i>	+	+	
5			<i>Anatrypa Nal.</i>	<i>Anatrypa sigasa Nal.</i>	+		
6			<i>Cyrtospirifer Nal.</i>	<i>Cyrtospirifer schelonicus Nal.</i>	+		
7				<i>Cyrtospirifer tentaculum (Vern.)</i>	+	+	
8				<i>Cyrtina Dav.</i>	<i>Cyrtina demarllü (Bouch.)</i>	+	
9				<i>Anathyris Peetz</i>	<i>Anathyris helmerseni, (Buch)</i>	+	+
10	Mollusca	Gastropoda	<i>Cyrtolites Conr.</i>	<i>Cyrtolites euomphaloides Nal.</i>		+	
11			<i>Tropidodiscus Meek</i>	<i>Tropidodiscus tenuilineatus (Wen.)</i>		+	
12			<i>Bellerophon Mon.</i>	<i>Bellerophon petinensis Nal.</i>	+	+	
13			<i>Platyschisma McCoy</i>	<i>Platyschisma uchtensis Keys.</i>	+	+	
14			<i>Flemingia Koninck</i>	<i>Flemingia koloschkensis Nal.</i>		+	
15			<i>Naticopsis McCoy</i>	<i>Naticopsis inflata (Roem.)</i>	+?	+	
16				<i>Naticopsis aff. piligera(Sand.)</i>	+		
17				<i>Murchisonia Archiac et Verneuil</i>	<i>Murchisonia pusilla (Eichw.)</i>	+	
18				<i>Pteria Scopoli</i>	<i>Pteria (Volchovia) ilmenica B.Nal.</i>		+
19					<i>Pteria (Leptodesma) triangularis (Eichw.)</i>		+
20		<i>Pteria (Leptodesma) semiovalis Wen.</i>			+		
21		<i>Pteria (Leptodesma) buregi B.Nal.</i>			+		
22		<i>Pteria (Leiopteria) cf. torreyi (Hall)</i>			+		
23		<i>Pteria (Actinopteria) buchii Eichwald</i>			+		
24		<i>Pteria (Pteronites) aff. honisseti</i>			+		

Филогенетический метод

- Выяснение *смены родственных организмов во времени*, основывается на принципах эволюционного развития. *Потомки* обычно устроены *более прогрессивно*, чем *предки*, и их остатки будут встречаться в *более молодых* отложениях. Чтобы применить этот метод, надо выяснить филогенез конкретной родственной группы, т. е. установить:
 - 1) когда появились данные организмы;
 - 2) сколько времени они существовали;
 - 3) кто и какие были их предки;
 - 4) кто стали потомками и как они в свою очередь развивались.
- Данный метод нуждается в хорошем палеонтологическом обосновании.

Схема филогенетических взаимоотношений видов нуммулитов, род *Nummulites* (по Г.И. Немкову)



Филогенетическое развитие
аммоноидей от девона до мела
(гониатиты D-P), цератиты (Т),
аммониты (J-K)



Количественный метод корреляции

- Использование математического аппарата для анализа палеонтологических комплексов. Сравнение изучаемого слоя со слоями опорного разреза по содержанию общих окаменелостей.
- Недостаток метода?

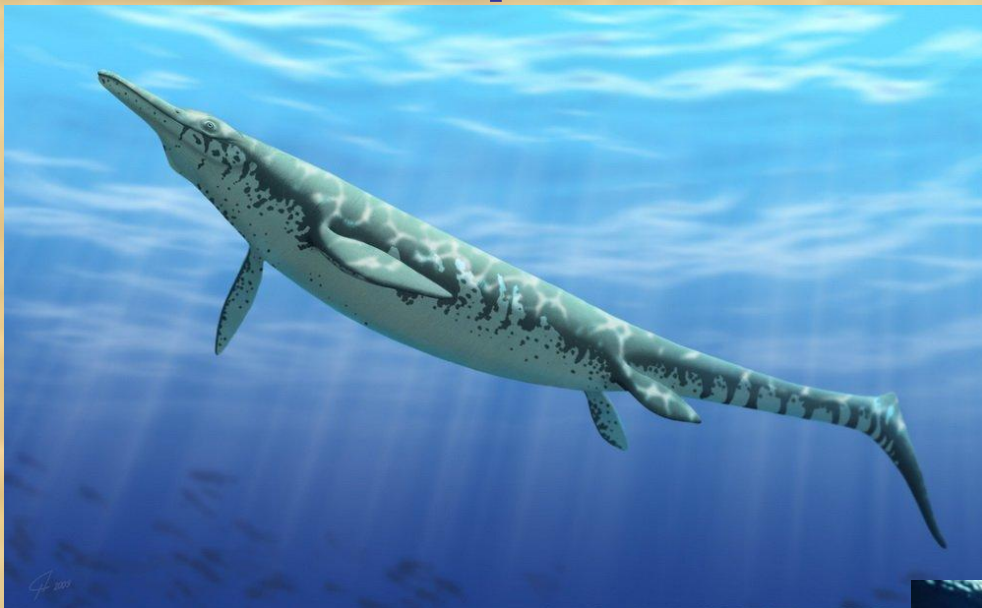
Случаи, осложняющие применение биостратиграфических методов

- I. Отсутствие или недостаточность палеонтологических данных
- II. Необычный или аномальный состав комплексов ископаемых организмов
 - 1. первичные факторы;
 - 2. вторичные факторы

1. Факторы первичного характера, возникшие в процессии эволюции биоты в данном районе

- Конвергенция - **что это?**
- Замедленные темпы эволюции;
- Параллелизм - независимое появление сходных черт строения у разных групп организмов на основании особенностей, унаследованных от общих предков.
- Эндемизм
- Рекурренция
- Суперститовые формы – отдельные формы или целые комплексы древнего облика, находящиеся в более молодых отложениях, чем те, для которых они обычно характерны. **Пример?**
- Гетерохронное распространение форм и комплексов – **особено актуально для квартера! Необходим фациальный контроль.**

Конвергенция: ихтиозавр и акула



Параллелизм млекопитающих: сумчатый и плацентарный саблезубые тигры



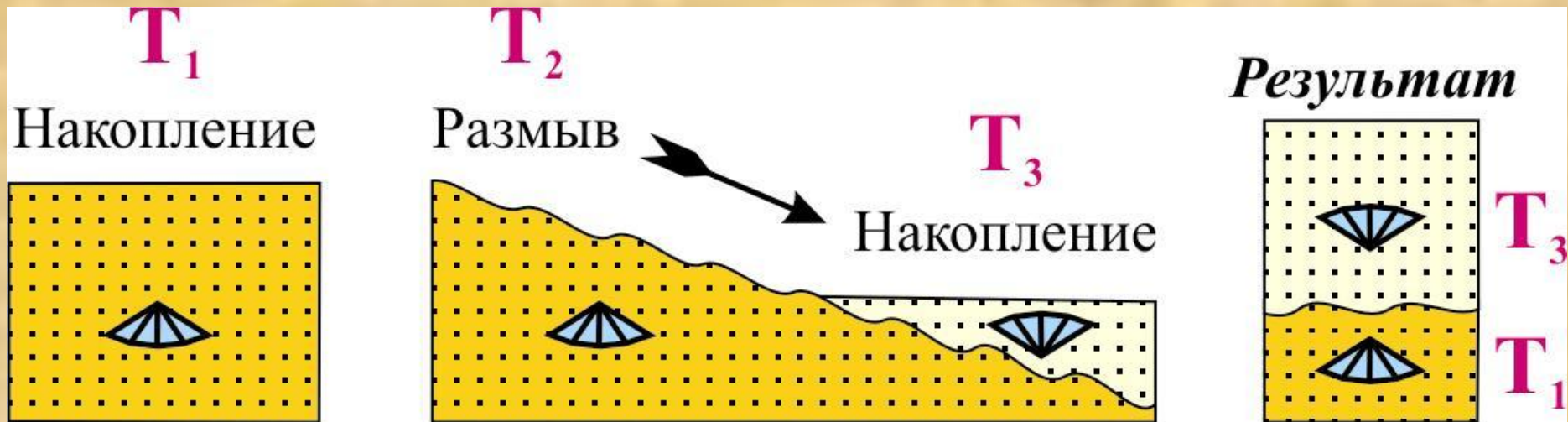
Современная *Latimeria* – палеонтологический реликт (суперститовая форма с реликтовым ареалом); современный *Nautilus* (суперститовая форма с обширным ареалом)



2. Факторы вторичного характера, возникшие в результате переноса органических остатков

- 1. **Синхронный перенос** – до или во время захоронения.
- 2. **Асинхронный перенос** – переотложение окаменелостей из более древних отложений
- **Критерии:**
 - характер сохранности;
 - возрастное различие коренных и переотложенных элементов

Схема асинхронного переноса



- Не смотря на все явные и кажущиеся
недостатки, биостратиграфические
методы и по сей день остаются
ведущими при расчленение фанерозоя

Непалеонтологические методы

Тектоностратиграфические методы

- **Вспомнить понятие тектонические циклы, фазы складчатости? Перечислите известные вам тектонические циклы.**
- **Какие критерии будут использоваться в данных методах?**
- **Использование методов:**
 - 1. Региональная и местная стратиграфия.
 - 2. Расчленение докембрийских отложений

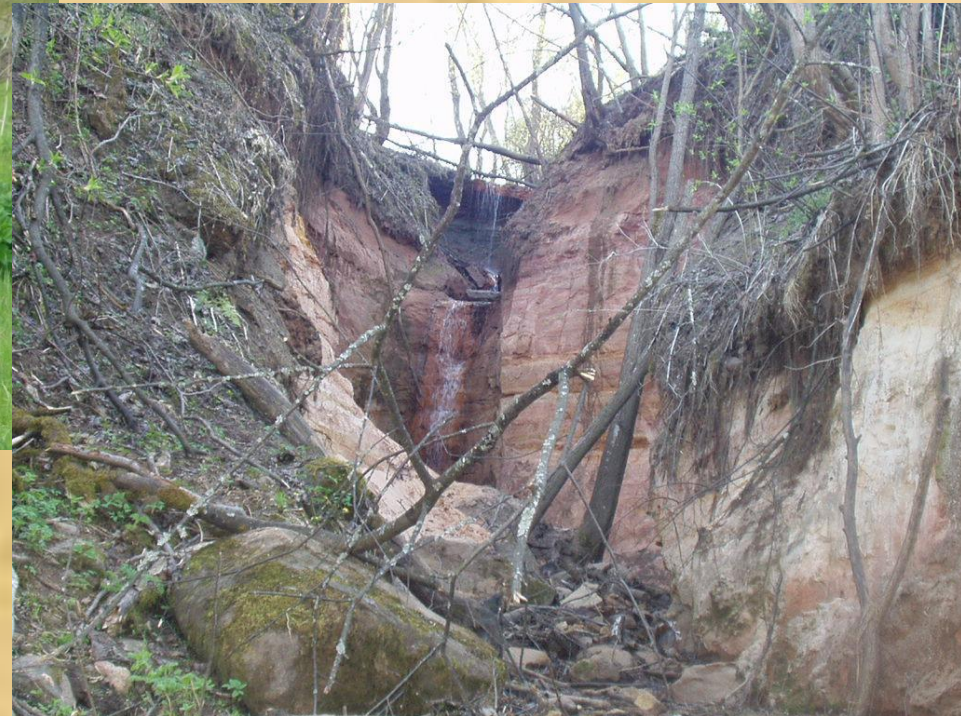
Метод сопоставления на основе стратиграфических перерывов

- **Основание** - отложения, заключенные между сходными стратиграфическими перерывами, должны быть одновозрастными.

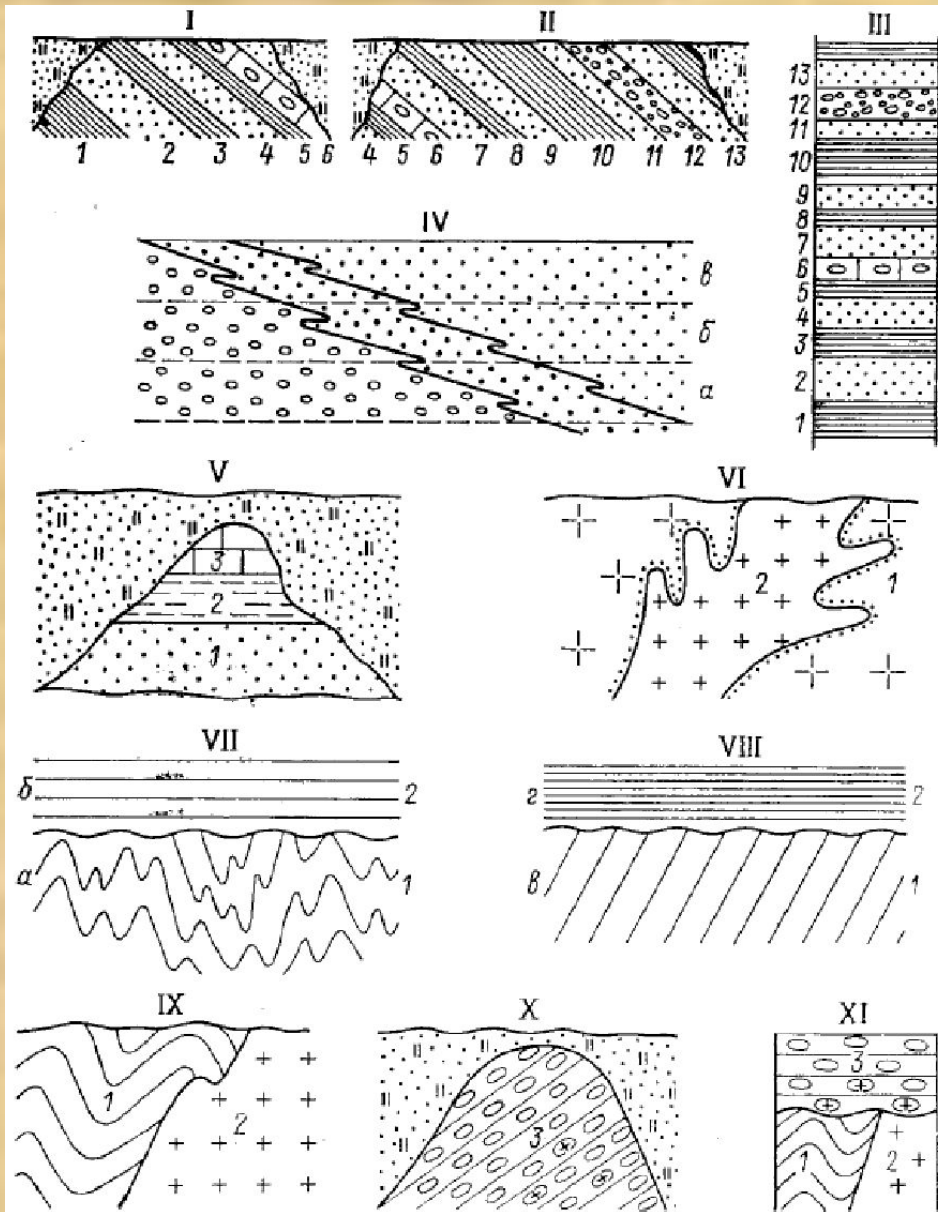
Метод маркирующих горизонтов

- Расчленение отложений – выделение интервалов разреза (слоев или групп слоев), отличающихся от подстилающих и перекрывающих интервалов по цвету, вещественному составу, текстуре, включениям и другим литологическим особенностям. Затем в разрезе устанавливают наиболее заметные, отличные от других слои и пачки.
- Такие слои и пачки, узнаваемые в соседних обнажениях (скважинах) и прослеживаемые иногда на значительные расстояния, получили название **маркирующих горизонтов**. При их помощи сопоставляют разрезы между собой и строят сводные разрезы.

Копорская свита нижнего ордовика – «диктионемовые сланцы» - маркирующий горизонт



Примеры применения непалеонтологических методов и правил стратиграфии при определении последовательности образования пород.

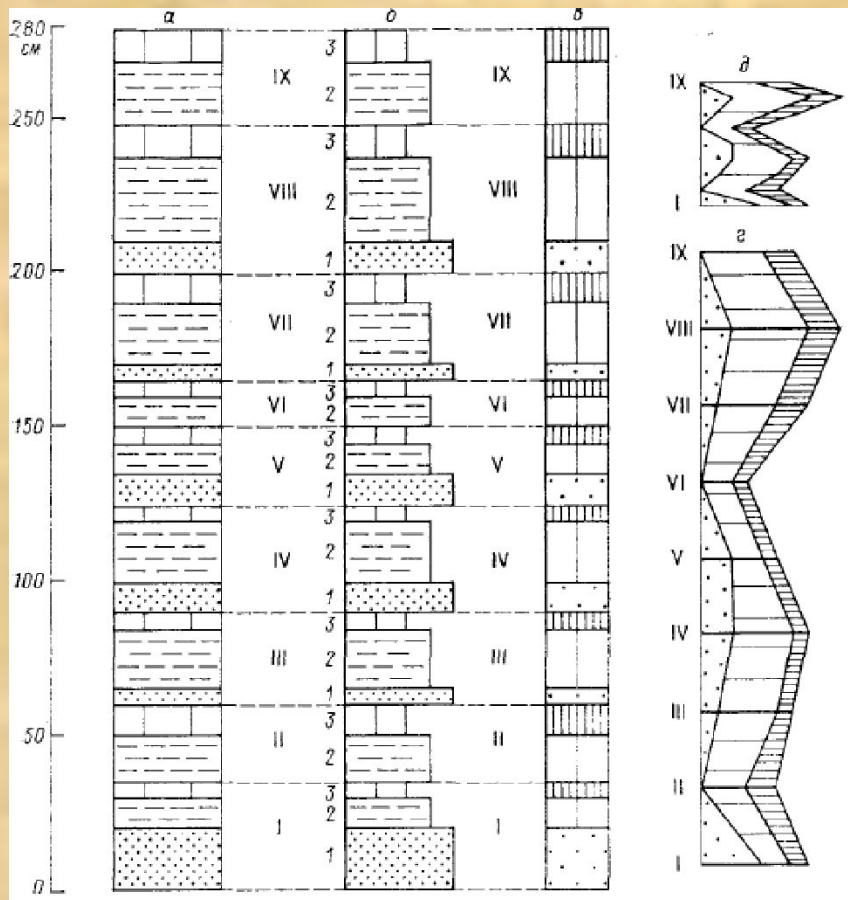


- Условные обозначения:
I—III—маркирующий горизонт—слой б;
- IV—изменение возраста слоя при перемещении береговой линии (а, б, в—разновозрастные уровни);
- V—верхний слой моложе нижнего;
- VI — интрузия 2 моложе вмещающей интрузии 1;
- VII, VIII — выделение структурных этажей 1, 2 (а — гнейсы, б — песчаники, в — амфиболиты, г — аргиллиты);
- IX—XI выяснение взаимоотношений с интрузией (IX—граниты моложе толщи сланцев 1; X—конгломераты 3 с галькой гранитов, обнажение на задернованном склоне; XI — общая последовательность пород в стратиграфической колонке)

Ритмостратиграфия (циклостратиграфия)

- Изучение закономерности чередования различных пород в разрезах, где часто наблюдается повторение определенной последовательности пород через более или менее равные по мощности промежутки. Такая ритмичность, или цикличность, характерна для многих осадочных толщ (угленосных, соленосных, флишевых, ленточных глин). Определяются наборы (ритмы) чередующихся пород и их границы. Мощность элементарных ритмов различна; от нескольких миллиметров до нескольких метров. Ритмичность бывает разных порядков.

Построение ритмограммы



- *a* —разрез; *б*—разрез разделен на ритмы (I—IX), *в*—элементы ритмов заменены условными знаками (произвольно); *г*—ритмограмма колонки ритмов заменены отрезками горизонтальных линий (расположены друг от друга на равных расстояниях), границы элементов ритмов соединены прямыми линиями; *д* — ритмограмма того же разреза в более компактном и удобном виде: уменьшен вертикальный масштаб и убраны отрезки линий, обозначающих колонки ритмов (вертикальный масштаб ритмограмм выбирается произвольно, мощности элементов ритмов откладываются по горизонтали)

Ритмичное чередование светлых прослоев алевролитов и темных глинистых прослоев в позднедевонских песчаниках южного берега оз. Ильмень (верхний девон, франский ярус, ильменские слои)



Секвентная стратиграфия

- **Секвенция** – стратиграфическая единица, сложенная согласной последовательностью генетически взаимосвязанных слоев и, ограниченная в кровле и подошве несогласиями, либо соответствующими им согласными поверхностями. В секвентной стратиграфии основное место занимает анализ секвенций, связанных с **эвстатическими** колебаниями уровня Мирового океана. При этом во время повышения уровня океана и трансгрессии, а затем падения уровня океана и регрессии в областях перехода от континента к океану сильно меняются пути, по которым транспортируется обломочный материал с суши в моря - **системы трактов**. Выделяются следующие состояния уровня океана:

- низкое стабильное стояние,
- подъем уровня,
- высокое стабильное стояние,
- падение уровня.

Три основных типа систем трактов континентальной окраины:

- низкого стояния,
- трансгрессивный
- высокого стояния.

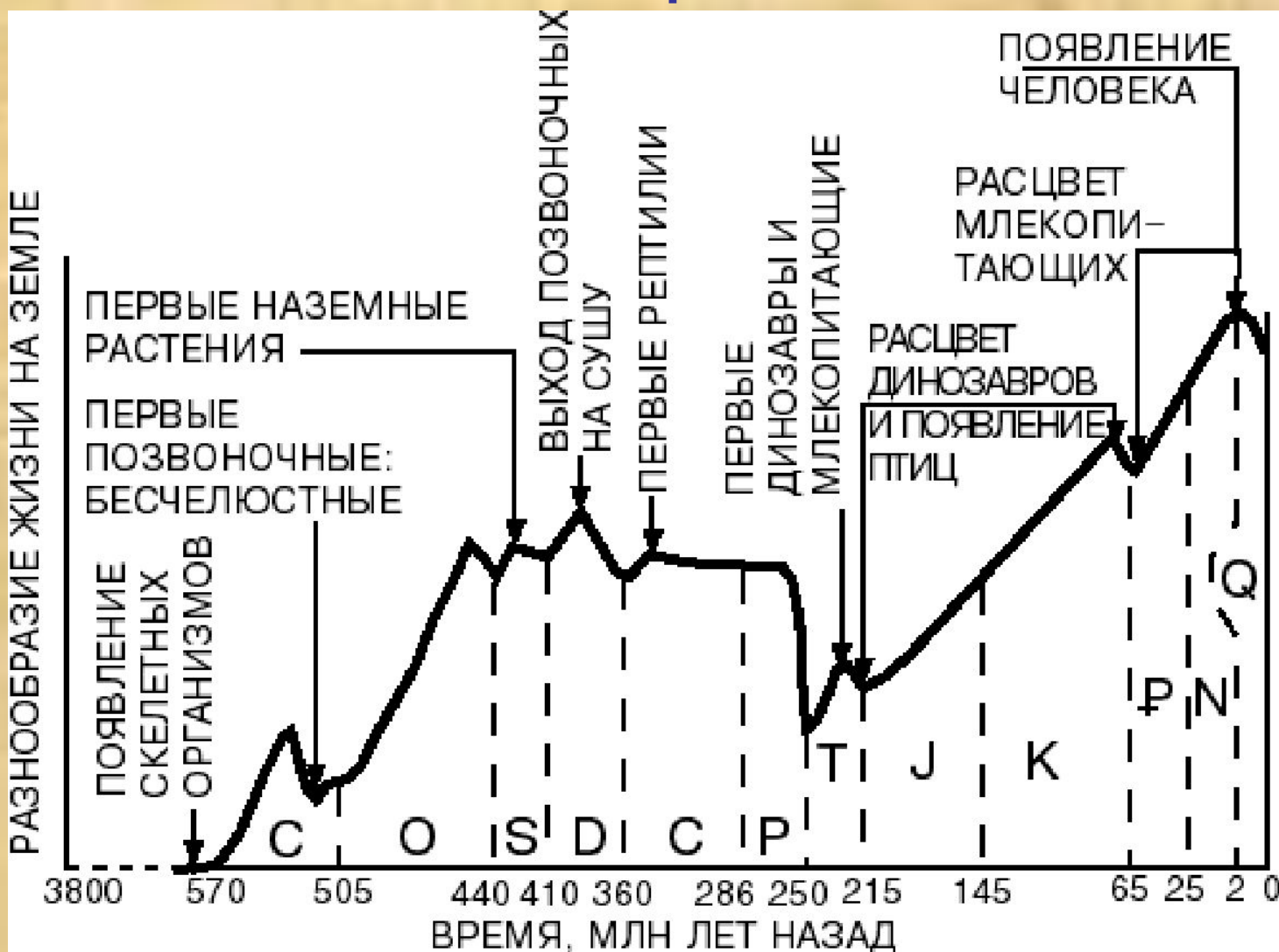
При межконтинентальной корреляции можно выделить изохроны (совпадающие уровни стратиграфических границ) по признакам, отражающим колебания уровня моря, если они связаны с эвстатикой

ОСП			Абс. выработка (млн. лет)	Региональная шкала северо-запада ВЕП	Приглинтовая часть Ленинградской области		Мощ- ность	Традиционные названия подразделений	Осадочные секвенции (Dronov, Holmer, 1999)	Фаци- хар-ка толщ	Климат. хар-ка толщ		
Счетная	Отдел	Ярус			ГОРИЗОНТ	СВИТА							
ОРДОВИКСКАЯ	ВЕРХНИЙ	Харламовский	Катийский	445.2	ПОРКУНИСКИЙ F _{II}								
				ПИРГУСКИЙ F _{Ic}									
				ВОРМСИСКИЙ F _{Ib}									
				НАБАЛАСКИЙ F _{Ia}									
				РАКВЕРЕСКИЙ E									
				ОАНЛУСКИЙ D _{max}									
	СРЕДНИЙ	Дарривильский	Сандубийский	453.0	КЕЙЛАСКИЙ D _{II}	РЯГАВЕРЕСКАЯ	15 м	ВЕЗЕНБЕРГСКИЙ ИЗВЕСНЯК	Везенбергская	Эквиплениый шельф	Тропические карбонаты		
				ИДАВЕРЕСКИЙ C _{III}	ХИРМУЗСКАЯ/ЕЛИЗАВЕТИНСКАЯ	до 10 м							
				КУКРУЗЕСКИЙ C _{II}	ХРЕВИЦКАЯ	11-30 м	КЕГЕЛЬСКИЕ ДОЛОМИТЫ	Кегельская					
				УХАКУСКИЙ C _{Ic}	ШУНДОРОВСКАЯ	до 21 м							
				ЛАСНАМЯГИСКИЙ C _{Ib}	ГРЯЗНОВСКАЯ	22-50 м	ГУБКОВЫЕ СЛОИ	SB					
				АЗЕРИСКИЙ C _{Ia}	ВИЙВИКОННАСКАЯ	14-39 м	КЕУРСУНТОВЫЕ СЛАНЦЫ						
	НИЖНИЙ	Флюский	Трематодский	458.4	ВАЛИМСКАЯ	до 10 м	ЭХИНО-СФЕРИТОВЫЙ ИЗВЕСТНЯК		Таллиннская	Карбонатный рамп	Умеренноводные карбонаты		
				ПОРОЖСКАЯ	до 5,3 м								
				ДУБОВИКСКАЯ	до 8 м								
				КУНДАСКИЙ V _{III}	СИМАНКОВСКАЯ СИНДВИНСКАЯ	до 9 м						ВЕРХНИЙ ОСИЛИТОВЫЙ СЛОЙ	Кундаская
				ВОЛХОВСКИЙ V _{II}	ОБУХОВСКАЯ	9 м						ОРТОСФАТИТОВЫЙ ИЗВЕСТНЯК	SB
				ВОЛХОВСКИЙ V _{II}	СИЛЛАОРУСКАЯ	до 12,5 м						НИЖНИЙ ОСИЛИТОВЫЙ СЛОЙ	Волховская
НИЖНИЙ	Флюский	Трематодский	470.0	ЛАТОРПСКИЙ V _I	ВОЛХОВСКАЯ	до 8 м	ГЛАУКОНИТОВЫЙ ИЗВЕСТНЯК	Латорпская	Холодноводные карбонаты				
			ЛЕСТЭСКАЯ	ПЯЙТЕСКАЯ ПАЧКА	ГЛАУКОНИТОВЫЙ ПЕСЧАНИК	Латорпская							
			ВАСИЛЬКОВСКАЯ ПАЧКА										
			МЯЖКОЛАСКАЯ ПАЧКА										
			477.7	ВАРАНГУСКИЙ A _{III}	ЛАЗИТСКАЯ ПАЧКА	до 0,4 м	ГЛАУКОНИТОВЫЙ ПЕСЧАНИК	SB					
			ПАКЕРОРТСКИЙ A _{II}	КОПОРСКАЯ	до 6 м	ДИКТИОНЕМОВЫЕ СЛАНЦЫ	Пакерортская						
485.4	ТОСНЕНСКАЯ	до 5,5 м	ОБОЛОВЫЙ ПЕСЧАНИК	SB									
НИЖНИЙ	Белар-вацкий	Трематодский	489.5	ЛОМАШКИНСКАЯ	2,2 м	ОБОЛОВЫЙ ПЕСЧАНИК		Холодноводные территории отложения					

Экостратиграфический метод

- **Экологическая стратиграфия**, или **экостратиграфия**, т. е. стратиграфия, основанная на принципах взаимодействия *органического мира и среды*. К *экостратиграфии* примыкает **событийная стратиграфия**, которая выделяет и прослеживает следующие событийные отложения:
 - 1) *турбидиты*, т. е. отложения мутьевых потоков, которые могут быть связаны с землетрясениями;
 - 2) *темпеститы*, т. е. отложения штормов;
 - 3) *инундиты* — отложения наводнений;
 - 4) *тиллиты и морены* – отложения ледников;
 - 5) *импактиты* – отложения ударных кратеров метеоритов;
 - 6) восстанавливает **эрозионные** и **седиментационные** события. Среди морских отложений *эрозионные* события хорошо фиксируются появлением образований твердого дна (**хардграундов**). Кроме того, в морских и континентальных отложениях могут встречаться пепловые прослойки – следы вулканических извержений.

График изменения числа видов организмов в истории Земли. Отчетливо видны моменты массовых вымираний



Иридиевая аномалия – горизонт (показан стрелкой) на границе меловых и палеогеновых отложений в штате Колорадо (США) считается результатом падения метеорита на полуострове Юкатан

Кратер Чиксулуб расположен на п-ове Юкатан и является следом грандиозного метеоритного воздействия, в конце мезозойской эры. Структура имеет диаметр 180 км и около 900 м глубины. Внешний край кратера подчеркнут небольшой депрессией глубиной 3–5 м при ширине 5 км.



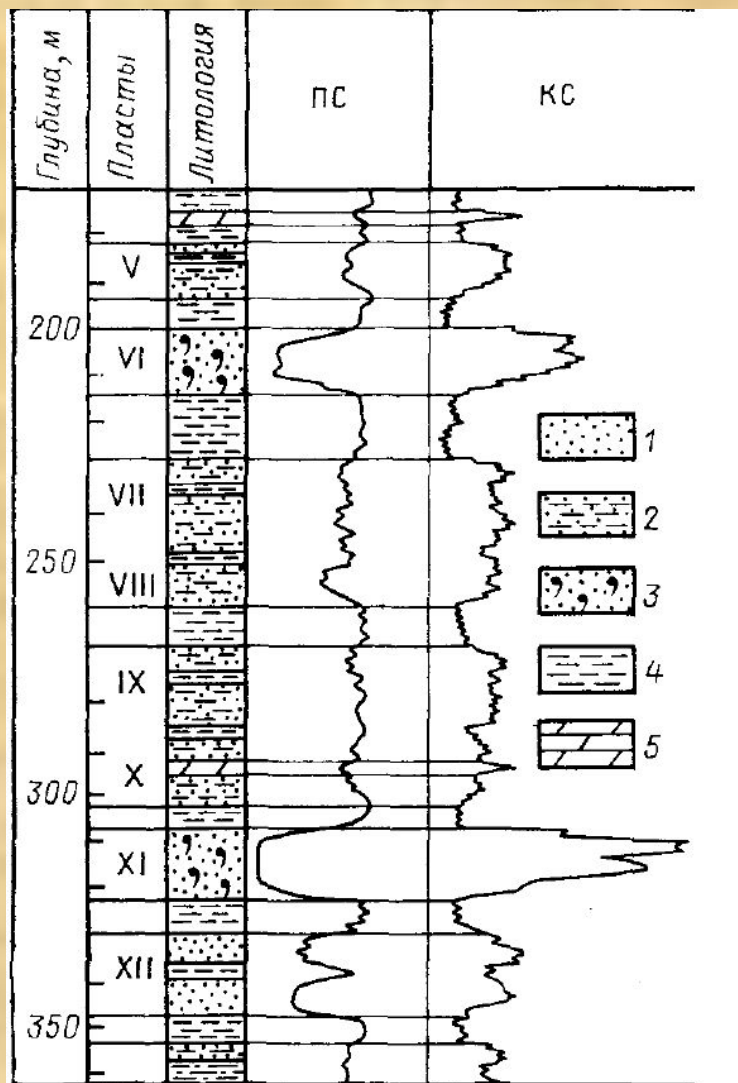
Климатостратиграфический метод

- Основан на чередовании в четвертичном периоде интервалов резкого похолодания и потепления, что определило смену литологофациальных и палеонтологических комплексов, таким образом, является **ведущим** для стратиграфии четвертичных отложений. В настоящее время метод используется и в дочетвертичной стратиграфии.
- Например, с его помощью проведена нижняя граница венда по подошве лапландских **тиллитов**, свидетельствующих об оледенении.

Геофизические методы

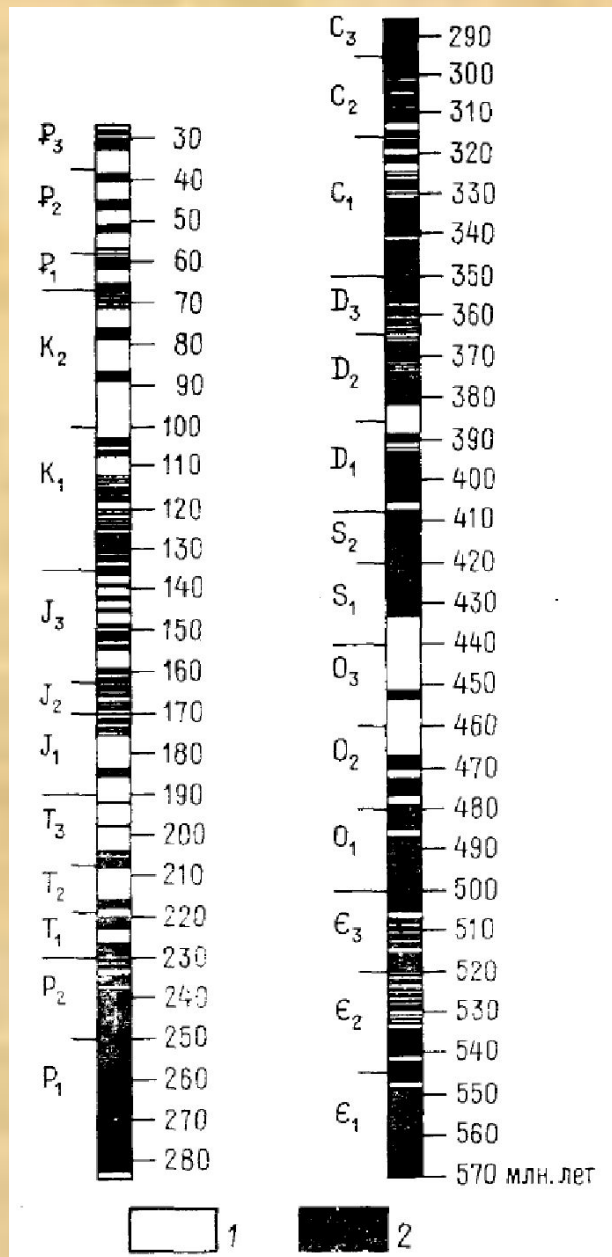
- Основаны на сравнении пород по их физическим свойствам. Они применяются для корреляции разрезов между собой и с *опорным разрезом*, возраст отложений которого определен другими методами.
- Широко используется *анализ результатов каротажа (геофизических исследований скважин)*. Наиболее распространен *электрический картаж*.

Результаты электрического каротажа одного из интервалов разреза по скважине. Условные обозначения: 1 – песчаники, 2 – глинистые песчаники, 3 – нефтеносные песчаники, 4 – глины, 5 – мергели



- *Палеомагнитный метод* основан на явлении *палеомагнетизма*. При своем образовании горные породы намагничивались по направлению геомагнитного поля того времени и места, где они возникали. Вектор первичной намагниченности сохранился в горной породе и может быть определен. «Окаменевший геомагнетизм» позволяет сопоставлять отложения и выяснять их возраст.

Палеомагнитная шкала палеозоя, мезозоя и палеогена



- ***Геомагнитные инверсии***— события глобального масштаба, поэтому возможна хронологическая корреляция прямо и обратно намагниченных пород по всему миру. Стратиграфические подразделения, выделенные этим методом – магнитозоны разного порядка (по кодексу).