

Геохронология

Какие геохронологические методы существуют?

Что относится к методам относительной и абсолютной геохронологии?

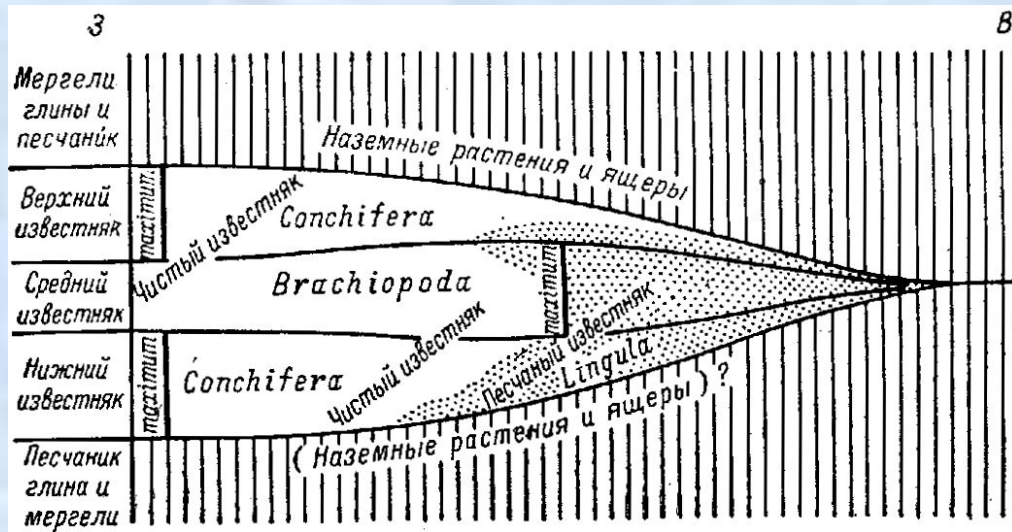
Основные принципы, на которых базируются методы относительной геохронологии

- 1. Принцип Н. Стенона (1669) – при ненарушенном залегании каждый нижележащий слой древнее покрывающего слоя.
- 2. Принцип Гексли (гомотаксиса или идентичности) – соответствие слоев в разных разрезах по признакам, одинаково упорядоченным в каждом разрезе.
- 3. Принцип хронологической заменяемости признаков (принцип Мейена) – возможность подмены несамостоятельных признаков (редких) самостоятельными.

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 – в непрерывном разрезе осадочных толщ друг над другом отлагаются осадки, которые могут образоваться рядом (по латерали) на поверхности суши или на дне бассейна седиментации. При трансгрессии и регрессии моря смена осадков по вертикали соответствует их горизонтальной зональности. В каждой осадочной толще одновозрастные лишь те осадки, которые простирались параллельно береговой линии древнего бассейна.



Биостратиграфия (палеонтологические методы)

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

Стратиграфическое значение главных групп морских беспозвоночных

	Форминиферы	Радиолярии	Архециаты	Коралловые полипы	Бризоподы	Пелециподы	Гастроподы	Цефалоподы	Трилобиты	Остракоды	Иглокожие	Граптолиты
Кайнозой	■	■		■	■	■	■	■	■	■		
Мел	■	■		■	■	■	■	■	■	■		
Юра	■	■		■	■	■	■	■	■	■		
Триас	■	■		■	■	■	■	■	■	■		
Пермь	■	■		■	■	■	■	■	■	■		■
Карбон	■	■		■	■	■	■	■	■	■		■
Девон	■	■		■	■	■	■	■	■	■		■
Силур	■	■		■	■	■	■	■	■	■		■
Ордовик	■	■		■	■	■	■	■	■	■		■
Кембрий	■	■		■	■	■	■	■	■	■		■
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■

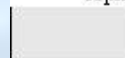
Группы:



Используемые для корреляции с общей шкалой



Применяющиеся в региональной стратиграфии

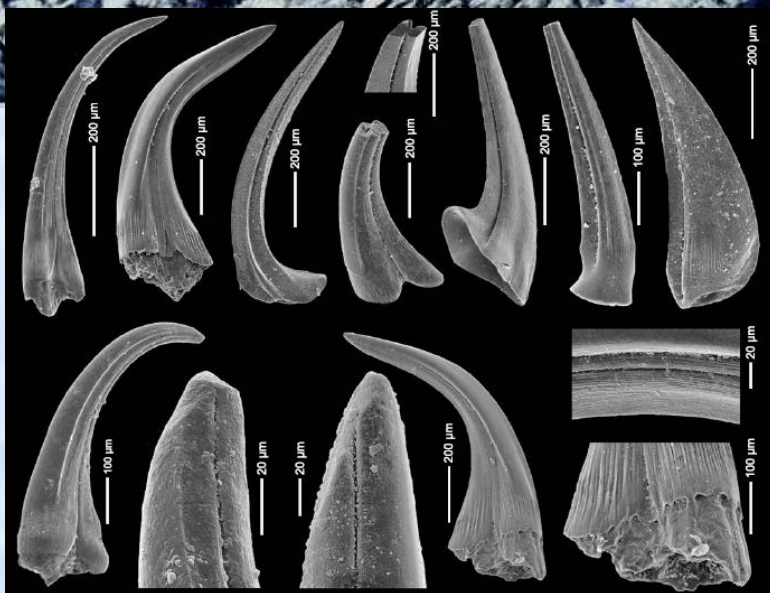
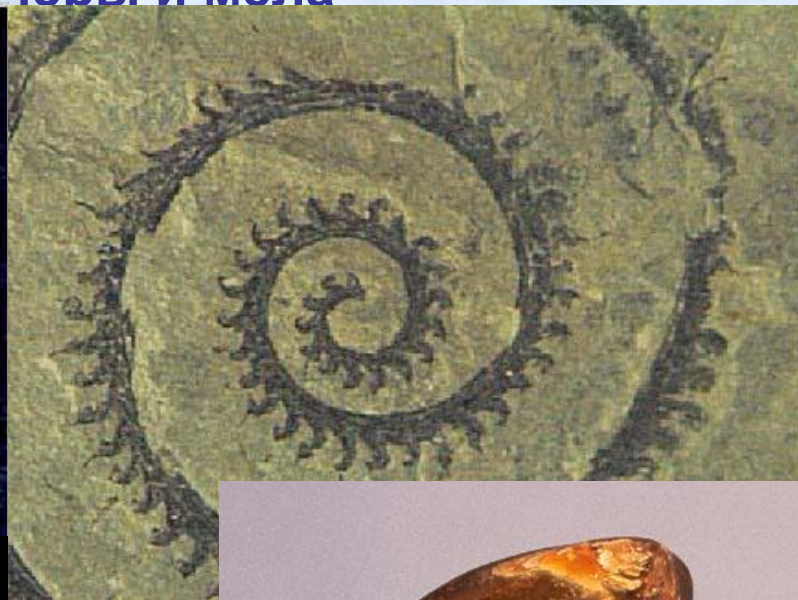


Метод руководящих ископаемых

- Органические остатки, существовавшие в 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,

аммониты – юры и мела

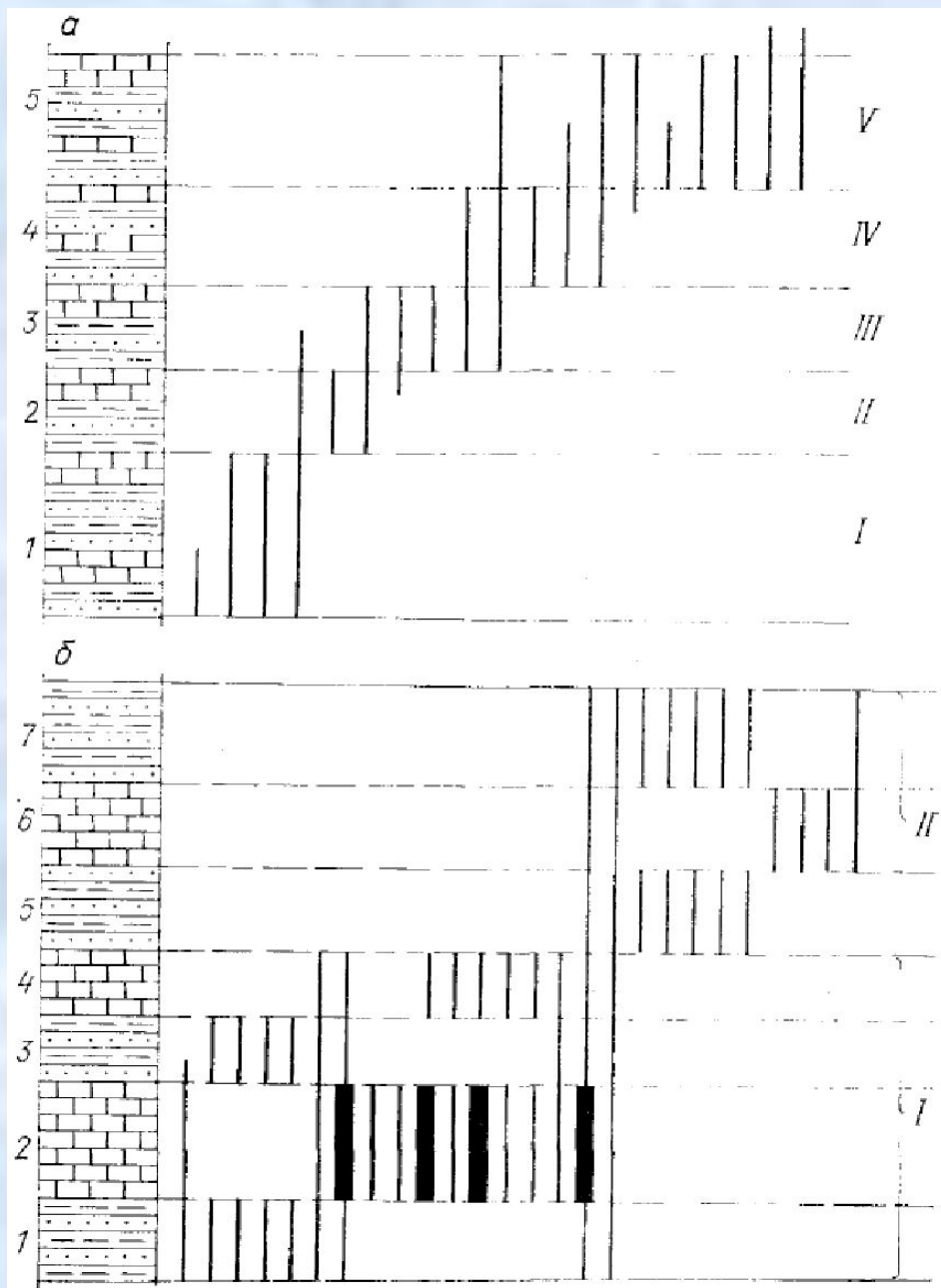


- В настоящее время этот метод применяют только с учетом **рекуррентии фауны и флоры** – при неоднократных перемещениях береговой линии (трансгрессиях и регрессиях) возможен возврат прежней фауны и флоры, тогда в разрезе повторяются сходные руководящие комплексы.

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.

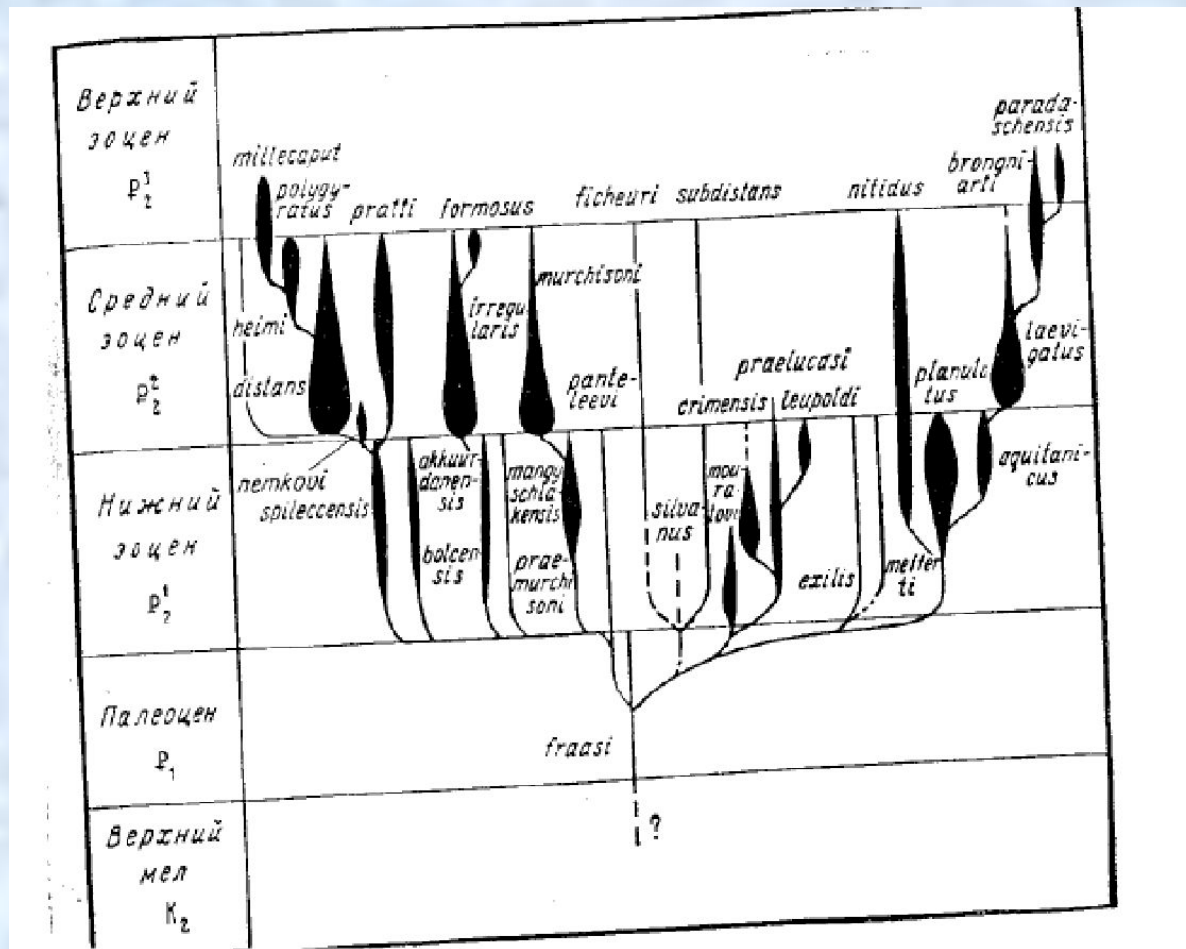
Выделение разновозрастных палеонтологических комплексов



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.

Схема филогенетических взаимоотношений видов нуммулитов, род *Nummulites*



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.

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 процессе эволюции биоты в данном районе

- Конвергенция;
- Замедленные темпы эволюции;
- Параллелизм

Результат: эндемизм, рекурренция, суперститовые формы

Конвергенция: ихтиозавр и акула



Параллелизм млекопитающих: сумчатый и плацентарный саблезубые тигры



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 Dalm.</i>	<i>Atrypa uralica Nal.</i>	+	+	
5			<i>Anatrypa Nal.</i>	<i>Anatrypa sigasa Nal.</i>	+		
6			<i>Cyrtospirifer Nal.</i>	<i>Cyrtospirifer schelonius Nal.</i>	+		
7				<i>Cyrtospirifer tentaculum (Vern.)</i>	+	+	
8				<i>Cyrtina Dav.</i>	<i>Cyrtina demarlu (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			Pteria	<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>				+		

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

- 1. Синхронные перенос – до или во время захоронения.
- 2. Асинхронный перенос – переотложение окаменелостей из более древних отложений

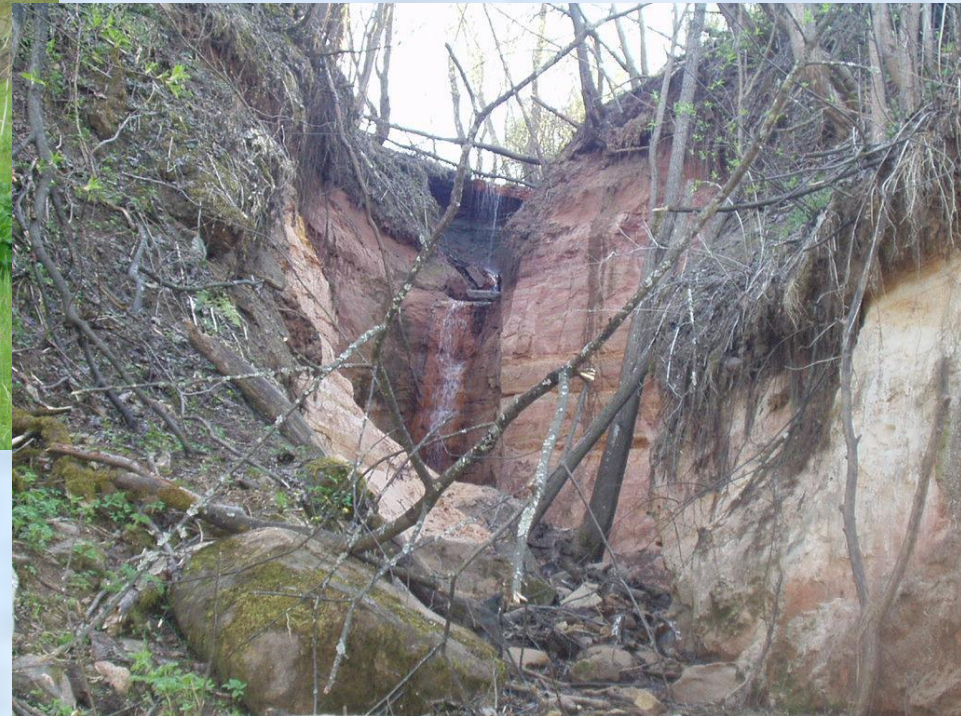
Непалеонтологические методы

- 1. Литологические
- 2. Геофизические
- 3. Общегеологические
- 4. Ритмостратиграфический
- 5. Климатостратиграфический.

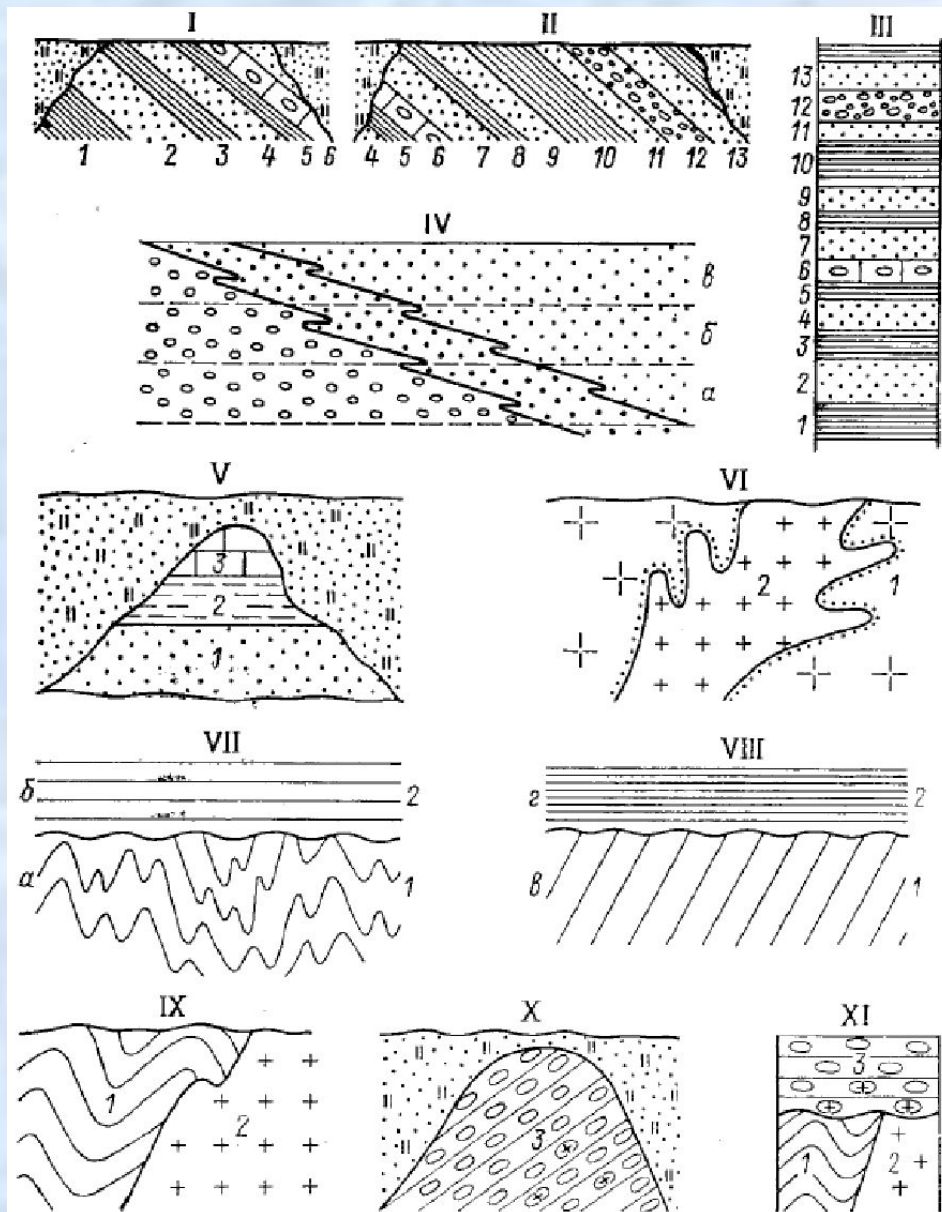
Литологические методы

- 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 при определении последовательности образования пород.

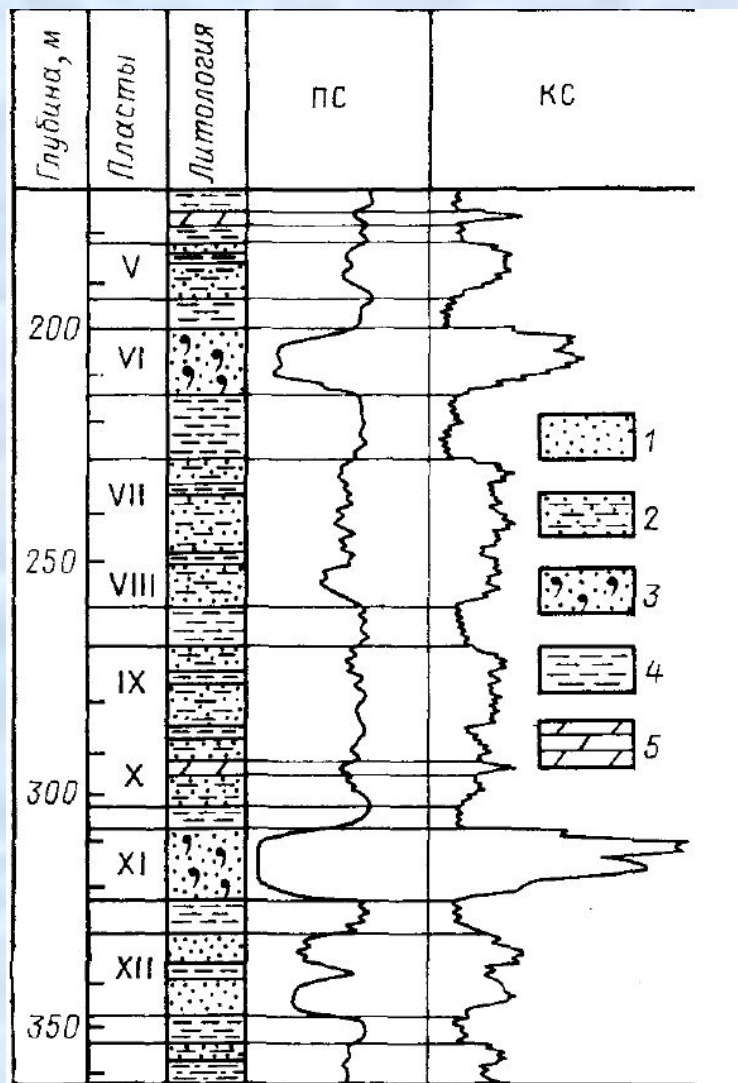


- Условные обозначения:
I—III—маркирующий горизонт—слой б;
- IV—изменение возраста слоя при перемещении береговой линии (а, б, в—разновозрастные уровни);
- V—верхний слой моложе нижнего;
- VI — интрузия 2 моложе вмещающей интрузии 1;
- VII, VIII — выделение структурных этажей 1, 2 (а — гнейсы, б — песчаники, 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)

Геофизические методы

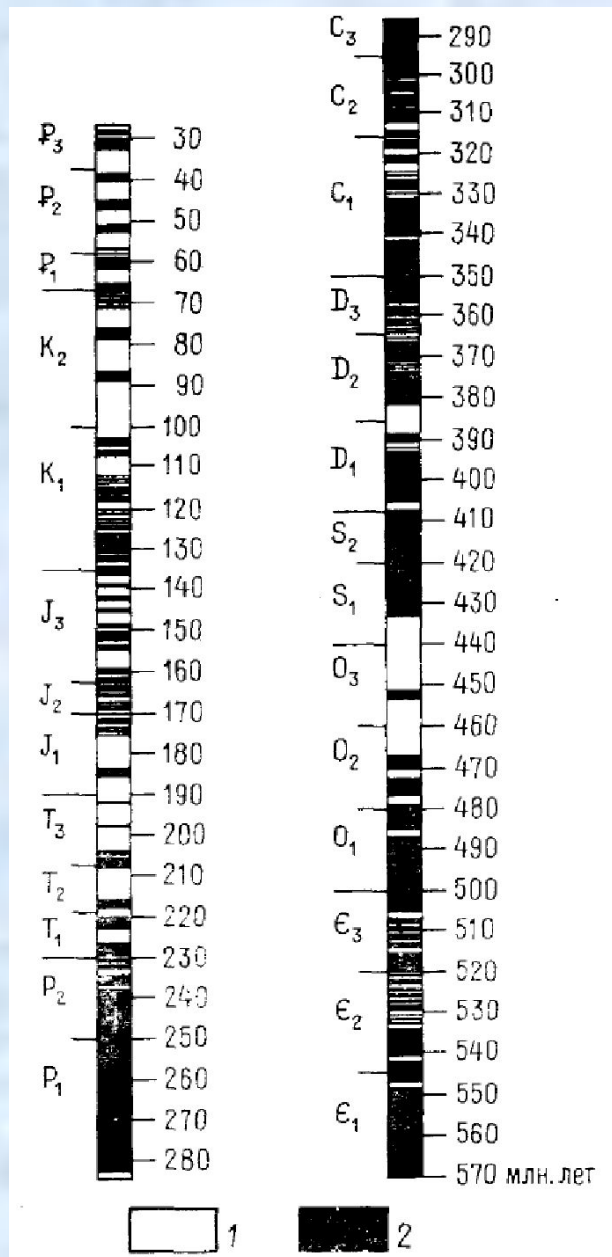
- Основаны на сравнении пород по их физическим свойствам. Они применяются для корреляции разрезов между собой и с *опорным разрезом*, возраст отложений которого определен другими методами.
- Широко используется *анализ результатов каротажа (геофизических исследований скважин)*. Наиболее распространен *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*. Магнитное поле, существовавшее в геологическом прошлом, зафиксировано в горных породах. 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

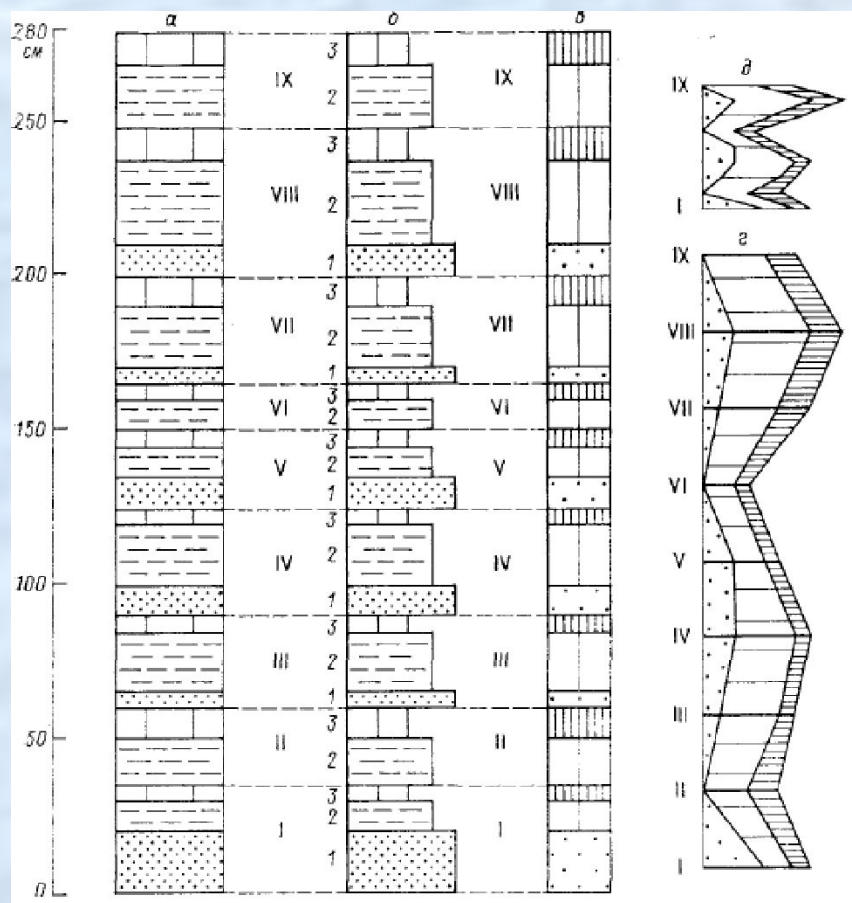


- В геологической истории Земли не оставалось постоянным и расположение крупных блоков земной коры. В течение геологической истории геомагнитное поле претерпело множество инверсий (обращений полярности), в результате чего в разрезах осадочных и вулканических образований чередуются зоны прямой (совпадающей с современной) и обратной намагниченности. **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).

Ритмостратиграфия (циклостратиграфия)

- Изучение чередования различных пород в разрезах. Определяются наборы (ритмы) чередующихся пород и их границы. В ритмично построенных разрезах выделяют ритмы, по характерным особенностям которых сравнивают разрезы. Мощность элементарных ритмов различна; от нескольких миллиметров до нескольких метров. Ритмичность бывает разных порядков.

Построение ритмограммы



- **а** —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)



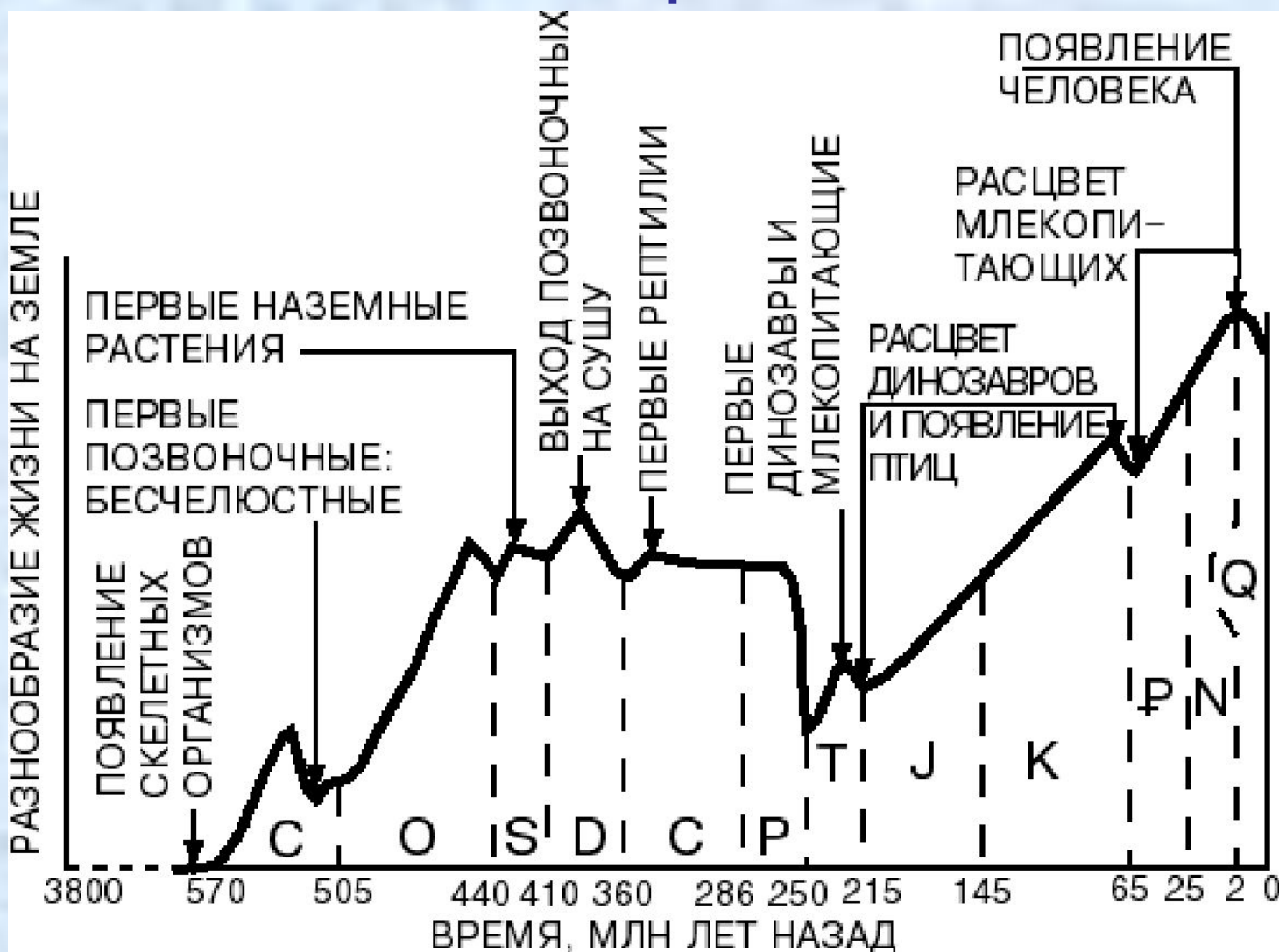
Секвентная стратиграфия

- **Секвенция** – стратиграфическая единица, сложенная согласной последовательностью генетически взаимосвязанных слоев и, ограниченная в кровле и подошве несогласиями, либо соответствующими им согласными поверхностями.
- Секвенция состоит из трансгрессивной, регрессивной и др. частей, которых называют «**трактами**». В латеральном направлении в составе секвенции могут быть выделены
- сейсмофации: например, шельфовая, континентального подножия и т.п.

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.

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



- Кроме этого она 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.

- Одним из примеров *современных геологических событий* можно считать катастрофическое землетрясение 26 декабря 2004 года в Индонезии и землетрясение 11 марта 2011 года в Японии, вызвавшие гигантские цунами.



- Крупные метеориты при столкновении с Землей оставляют не только ударные кратеры.
- Взрывная волна разбрасывает от места падения космического тела его обломки и частицы пород разрушенной земной
- поверхности, в которую ударил астероид, что приводит к формированию горизонтов со специфическими горными породами, прослеживающихся на большом расстоянии.

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 литолого-фациальных и палеонтологических комплексов. В настоящее время метод используется и в дочетвертичной стратиграфии.
- Например, с его помощью проведена нижняя граница венда по подошве лапландских тиллитов, свидетельствующих об оледенении.