

# Раздел 6: Основы ГИС и корреляция отложений

1. Основы ГИС.
2. Время в геологии.
3. Корреляция отложений.

# 1. Основы ГИС

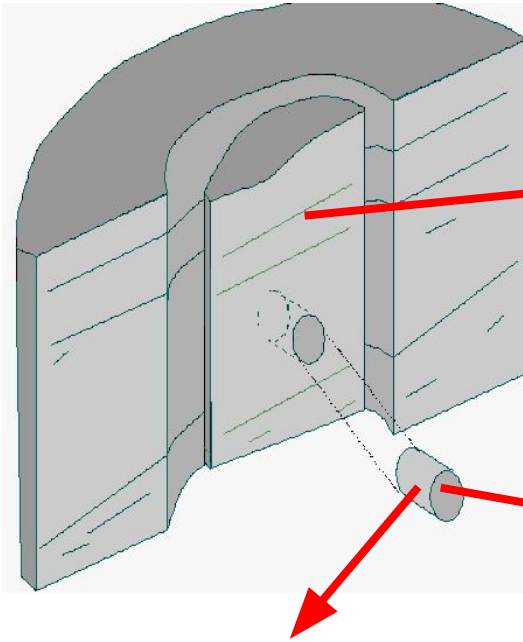
# Геофизические исследования в скважинах (ГИС)

- **Геофизические исследования в скважинах (ГИС)** – совокупность физических методов, предназначенных для изучения горных пород в околоскважинном и межскважинном пространстве
- **Каротаж** – геофизические исследования, предназначенные для изучения горных пород в околоскважинном пространстве
- **Промысловая геофизика** – совокупность методов каротажа применяемых в нефтегазовых скважинах

# Сравнительная характеристика данных по керну и ГИС

Керн	ГИС
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Детальная литолого-минералогическая характеристика</li><li>2. Точное определение физических и фильтрационно-емкостных параметров отдельных типов пород</li><li>3. Точечный отбор и малые размеры образцов</li><li>4. Недостаточная представительность для неоднородных толщ</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Упрощенная литологическая модель геологического разреза</li><li>2. Приближенная оценка физических и фильтрационно-емкостных свойств</li><li>3. Непрерывные измерения по всему стволу скважины</li><li>4. Оценка параметров геологической толщи в целом</li></ol>

# Информация, которую даёт керн



**Геологическая характеристика**  
Литолого-минералогический состав  
Строение породы  
Условия осадконакопления  
Вторичные изменения

**Фильтрационно-емкостные свойства**  
Пористость  
Проницаемость  
Флюидонасыщенность  
Фазовые проницаемости  
Капиллярное давление

**Физические свойства**  
Плотность  
Естественная радиоактивность  
Акустические свойства  
Электрические свойства

# Для чего мы проводим ГИС?

## Каротаж обеспечивает информацию о:

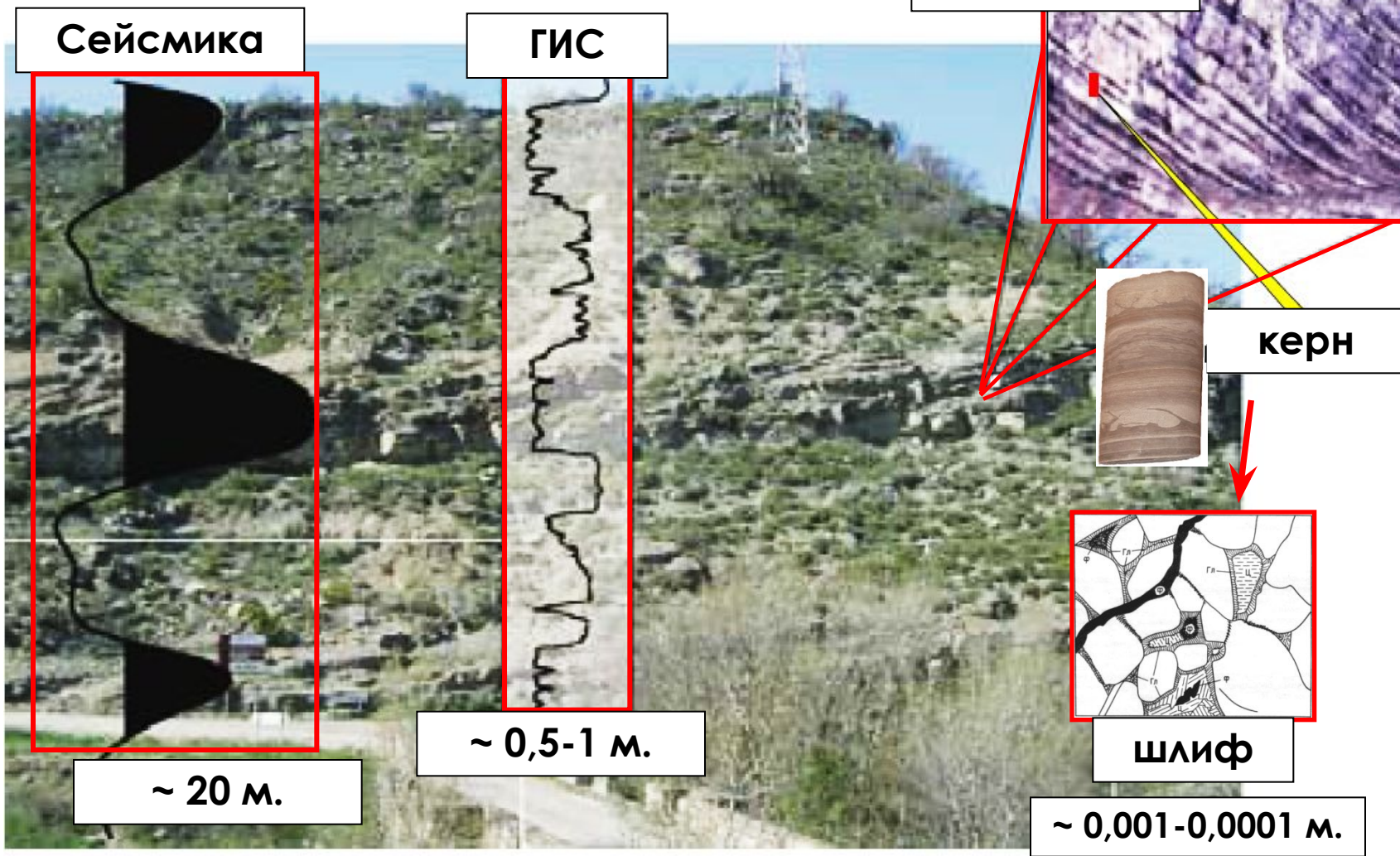
- *глубине залегания пласта*
- *толщине пласта*
- *пористости*
- *температуре*
- *литологических типах пород, слагающих пласт (глина, песчаник, известняк, доломит)*
- *насыщенности пласта*
- *оценке проницаемости*
- *пластовом давлении*
- *качестве сцепления цемента с колонной и породой*
- *количестве и составе потока из различных интервалов эксплуатационной скважины*

# Разрешающая способность методов

Методы	Глубинность, см	Вертикальное разрешение, см
ПС	10-25	1-1.5 м (0,8 м)
ГК	10-15	30-40
НК	15-30	40 – 60
АК	10-15	40– 60
ГГК-П	15-30	20 – 40 / 45-90?
ИК	100-150	1-1.5 м
БК	30-80	30-80
Микрозонды	2.5-5	10

# Разрешающая способность различных типов данных

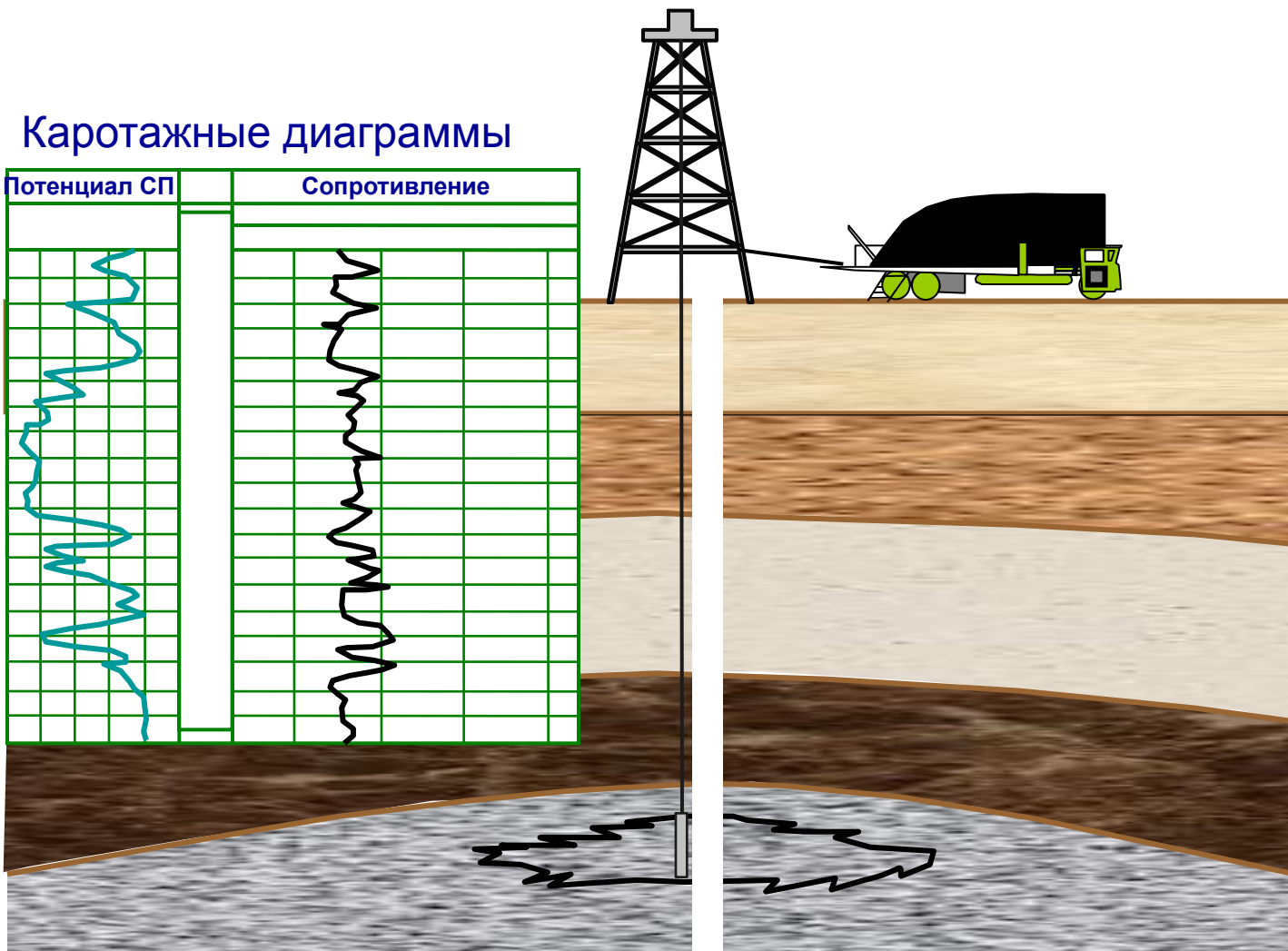
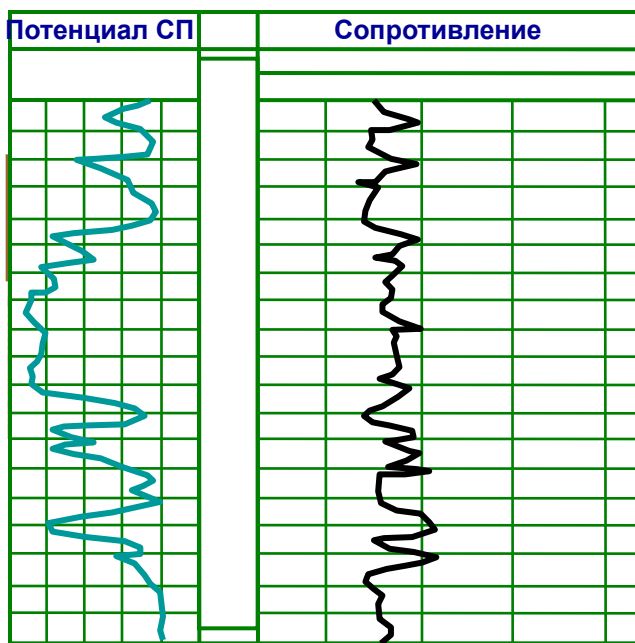
**Геологический объект**



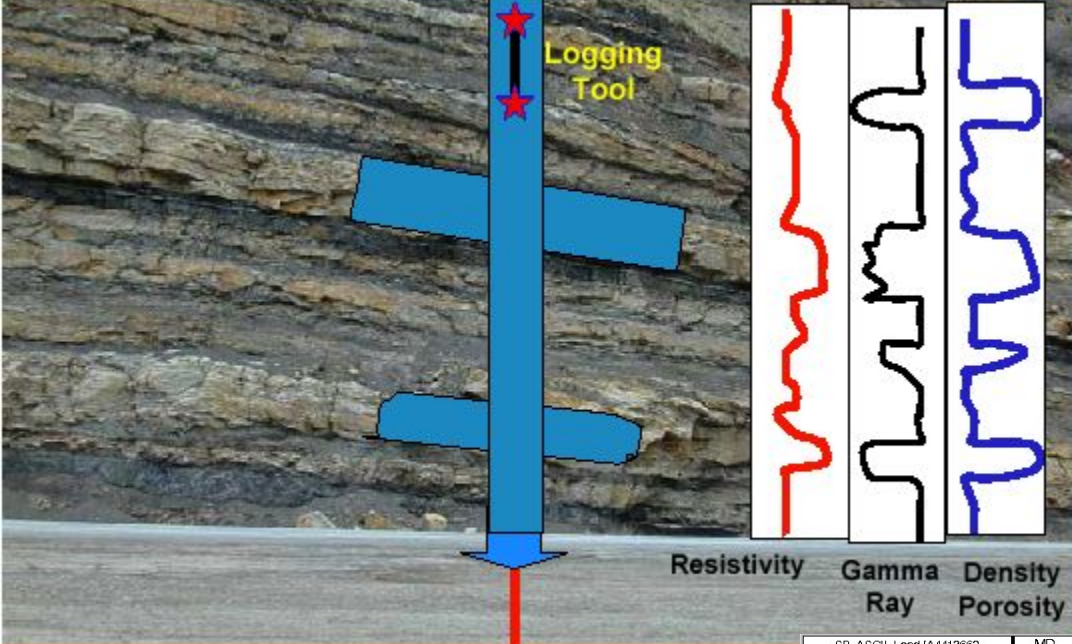


# Схема каротажа необсаженных скважин

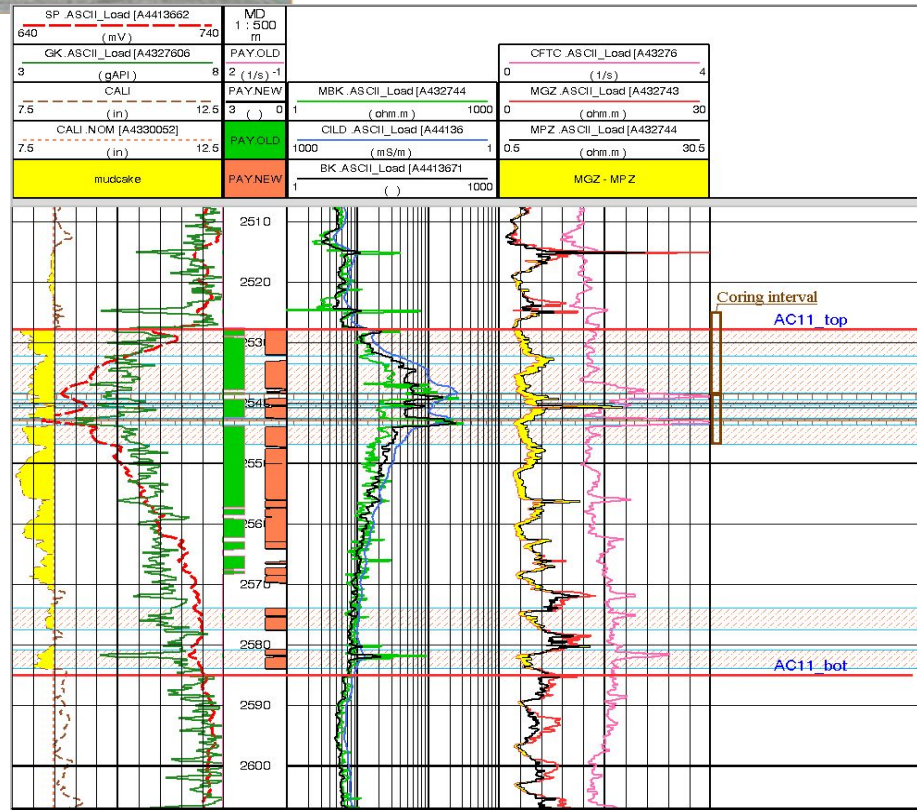
## Каротажные диаграммы



# Сущность каротажа



Приборы двигаются вдоль ствола скважины на кабеле и делают дискретные замеры различных физических сигналов, по величине которых можно судить о параметрах среды (горных пород) на данной глубине.



---

## ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (ПС)

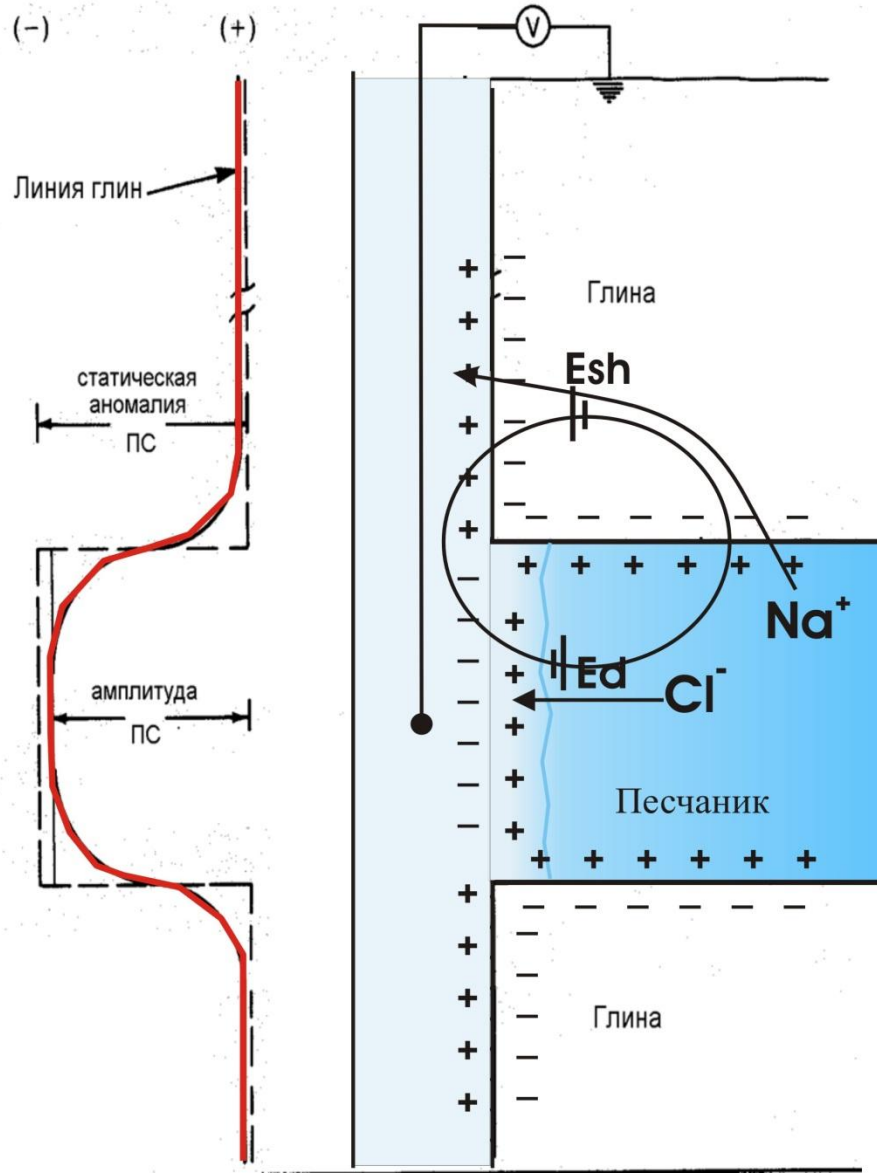
---

Естественные электрические поля в скважинах возникают благодаря протеканию на границе между породой и буровым раствором, а также между пластами различных электрохимических процессов, обусловленных диффузией солей, фильтрацией жидкости и окислительно-восстановительными реакциями.

Эти естественные электрические поля фиксируются электродом при его перемещении в необсаженном стволе скважины и записываются в виде кривой. В связи с этим на кривой ПС могут быть выделены участки, соответствующие развитию высокодисперсных глинистых пород, обладающих высокой адсорбционной способностью, а также участки, характеризующиеся низкой адсорбционной способностью и отвечающие наличию в разрезе низкодисперсных образований -- неглинистых песчаных пород-коллекторов.

Первые отличаются отклонением кривой ПС в сторону положительных (вправо), а вторые - в сторону отрицательных (влево) значений.

# Метод ПС (Собственной Поляризации)



## 1) адсорбционный потенциал

$$E_{ад}$$

Глина пропускает ионы  $Na^+$ , но не пропускает  $Cl^-$

=> поток  $Na^+$  из пласта глины в скважину

## 2) диффузионный потенциал

$$E_{диф}$$

Ионы  $Cl^-$  более подвижны, чем ионы  $Na^+$

=> поток  $Cl^-$  из пласта песчаника в скважину)

# Выводы:

## ПС:

- Регистрирует изменение потенциалов, вызванное электрохимической и электрокинетической активностью
- Выделяет непроницаемые глины, проницаемые песчаники и карбонаты
- Показания в песчаниках отклоняются влево, в глинах - вправо
- По диаграмме можно определить содержание глин

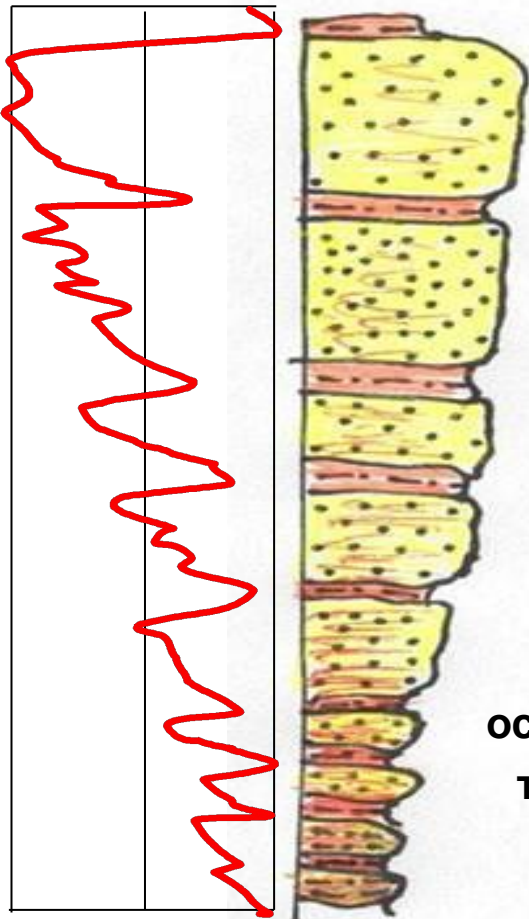
## ГК:

- Естественная гамма-активность связана с содержанием U, Th, K.
- Показания в глинах отклоняются вправо, в песчаниках – влево



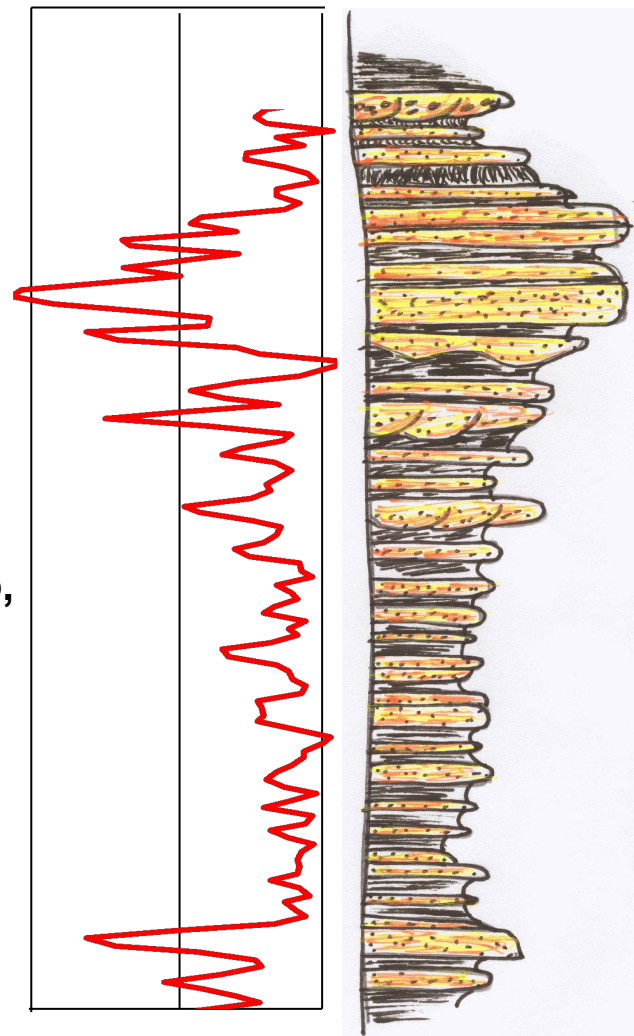
# Связь зернистости песчаных/алевритовых пород и аномалий ГК, ПС

ГК



Чем крупнее зернистость, тем, активнее была обстановка осадконакопления. Следовательно, тем меньше содержание глины в породе

ГК



# ПАЛЕОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ - КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СРЕДЫ СЕДИМЕНТАЦИИ

**1. Очень высокий.** Преобладают песчаники крупно-среднезернистые, неглинистые.

Гранулометрический состав пород:

**Пфр** - 70: 95 %

**Афр** - 5-10 %

**Гфр** - 5-15 %

**Md** > 0,15 мм

Песчаники могут быть в разной степени отсортированы ; в них встречаются зерна гравия, гальки, мелких валунов. Слоистость косая одно- и разнонаправленная, косоволнистая, в основании следы интенсивного размыва.

**2. Высокий.** Преобладают песчаники мелкозернистые. Гранулометрический состав :

**Пфр** - 50-70 %      **Афр** - 5-20 %

**Гфр** - 15-25 %      **Md** = 0,1 - 0,2 мм

Слоистость косая, косоволнистая, волнистая. Серийные швы слабо заметны, в подошве - следы размыва.

# ПАЛЕОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ - КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СРЕДЫ СЕДИМЕНТАЦИИ

**3. Средний.** Наблюдаются смешанные (песчано-алеврито-глинистые) породы.

Гранулометрический состав :

**Пфр** - 20- 50 %    **Афр** - 20-50 %

**Гфр** - 20-50 %    **Md** = 0,03 - 0,1 мм

Слоистость мелкая косая, горизонтально-косая, косоволнистая, линзовидная.

Следы размыва выражены слабо или отсутствуют.

**4. Низкий.** Широко развиты алевролиты и глинисто-алевритовые породы, имеющие следующий гранулометрический состав :

**Пфр** - 0-20 %    **Афр** - 50-85 %

**Гфр** - 15-50 %    **Md** < 0,03 мм

Слоистость горизонтальная, волнистая, линзовидная. Следы размыва отсутствуют.

**5. Очень низкий.** Алеврито-глинистые породы и глины.

Гранулометрический состав : **Пфр** - 0-5 %    **Афр** - 0-20 %    **Гфр** - 50-90 %

**Md** << 0,02 мм. Слоистость горизонтальная или отсутствует.



---

## ***ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФАЦИИ ?***

***Электрометрическая модель фации -***  
*отрезок кривой ПС, образованный одной или несколькими аномалиями, отражающими изменения литофизических свойств пород, обусловленные последовательностью смены палеогидродинамических уровней среды седиментации во времени.*

---

## ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ (1)

---

- 1. Форма аномалии кривой ПС – дает возможность предварительно установить генезис осадков.*
- 2. Кровельная линия – отражает изменение литологического состава пород и палеогидродинамических условий седиментации, существовавших на последних этапах формирования песчаных или глинистых образований и характер контактов с вышележащими отложениями.*

*Горизонтальная кровельная линия – характеризует резкий литологический контакт на границе с покрывающими породами, обусловленный резкой сменой гидродинамики среды накопления осадка;*

*Наклонная кровельная линия – указывает на постепенный литологический переход и в зависимости от характера перехода может быть: а) **прямой** – при постепенном и равномерном изменении литологического состава; б) **волнистой** – отражающей постепенный, но неравномерный переход одних литологических разностей в другие; в) **зубчатая** – резкий переход на фоне общего уменьшения зернистости пород; г) **рассеченная** – указывает на наличие чередующихся прослоев разного литологического состава.*

---

## ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ (2)

---

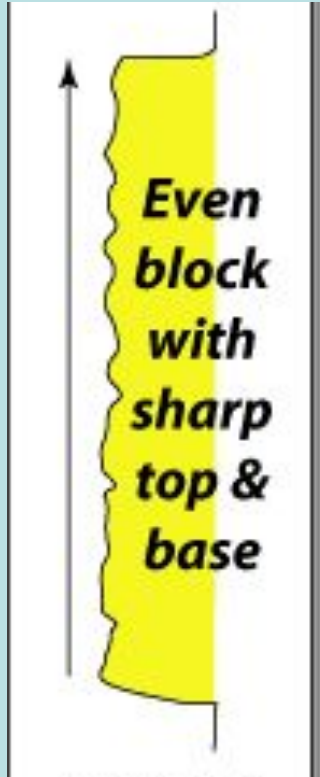
**3. Боковая линия** – отражает палеогидродинамические условия формирования отложений данной фашии, зафиксированные в изменении литологического состава пород по разрезу.

- Прямая линия – показывает однородный состав и постоянство гидродинамических условий в период формирования отложений (осевые части песчаных тел);
- Волнистая боковая линия – отражает чередование пород близкого литологического состава;
- Зубчатая или рассеченная линии – являются показателем непостоянства и резкой смены условий седиментации и характерны для периферийных частей песчаных тел и зон их выклинивания.

**4. Подошвенная линия** – отражает характер перехода или контакта с нижележащими толщами, в сочетании с другими признаками является решающим фактором при определении условий седиментации.

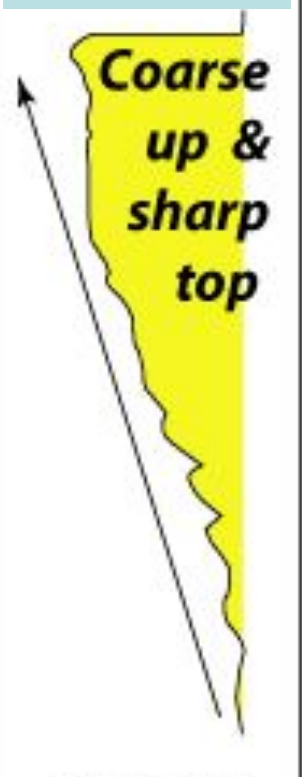
# Типовые формы каротажных кривых ПС, ГК, используемые при седиментологическом анализе

Цилиндрическая



Речные каналы, подводные каньоны

Воронковидная



Устьевые бары, барьерный остров

Колоколовидная



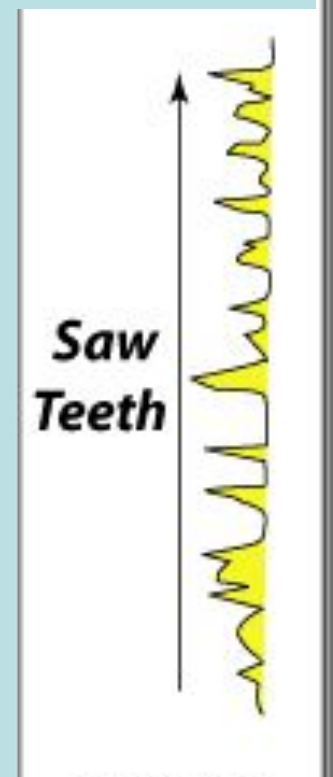
Русловые бары-побочни, трансгрессивные песчаники

Симметричная



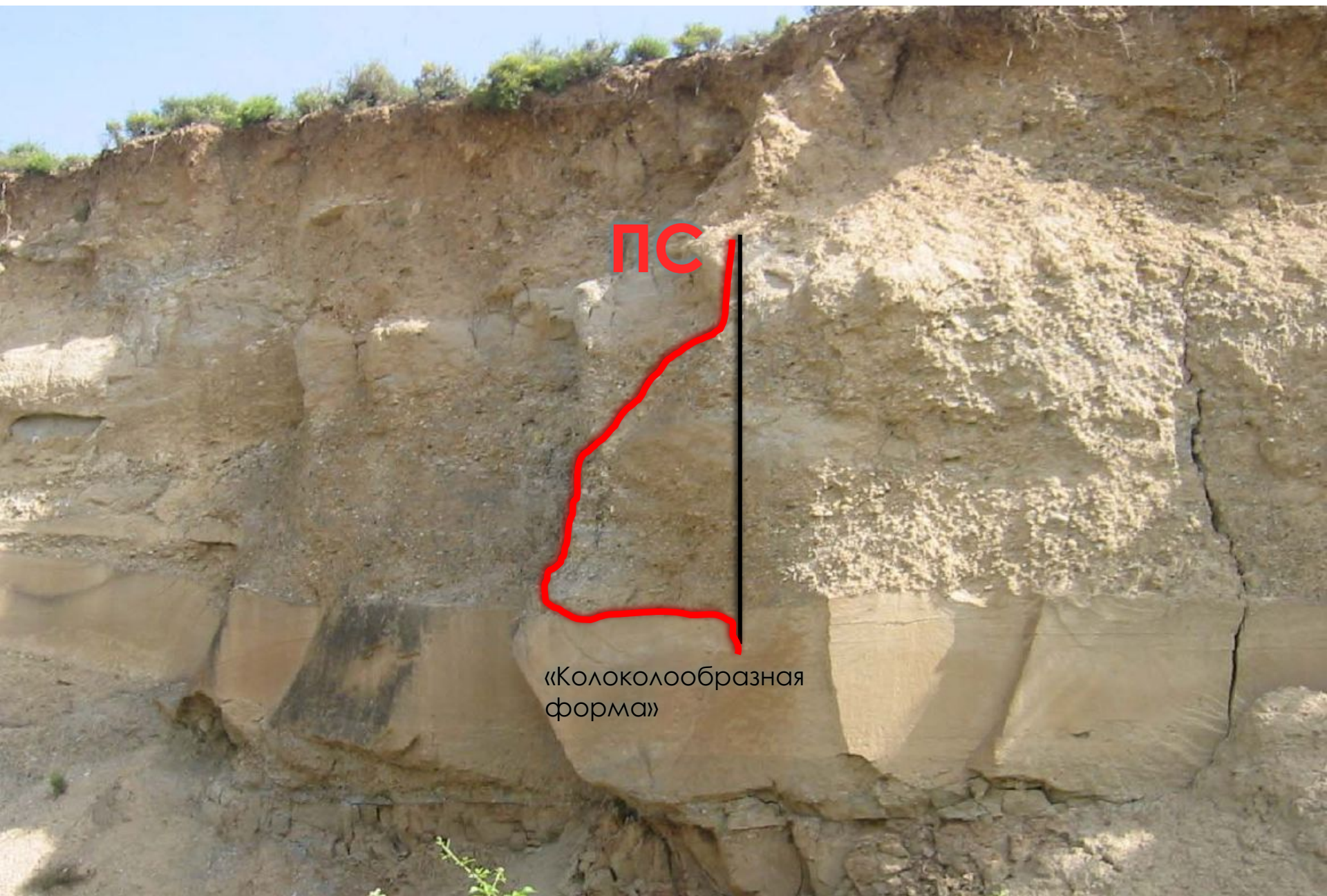
Слившиеся регрессивные и трансгрессивные отложения

Неупорядоченная



Пески пойменных разливов

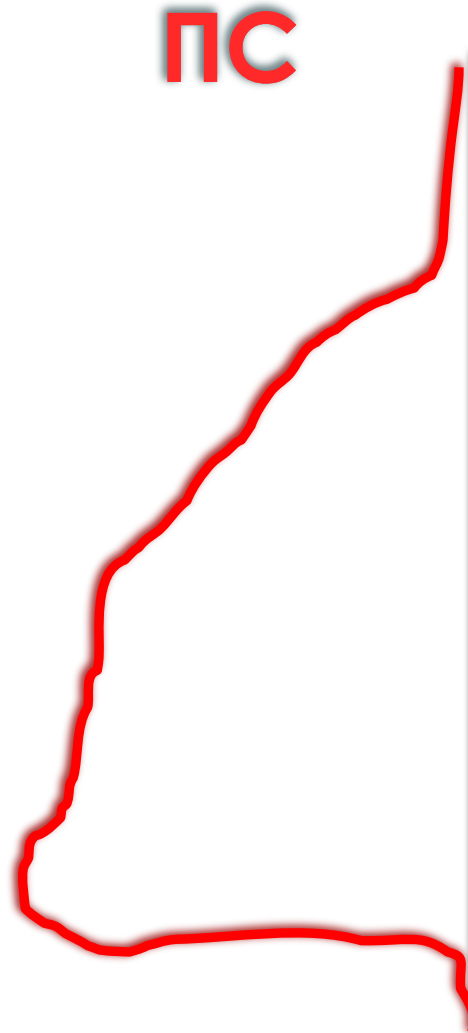
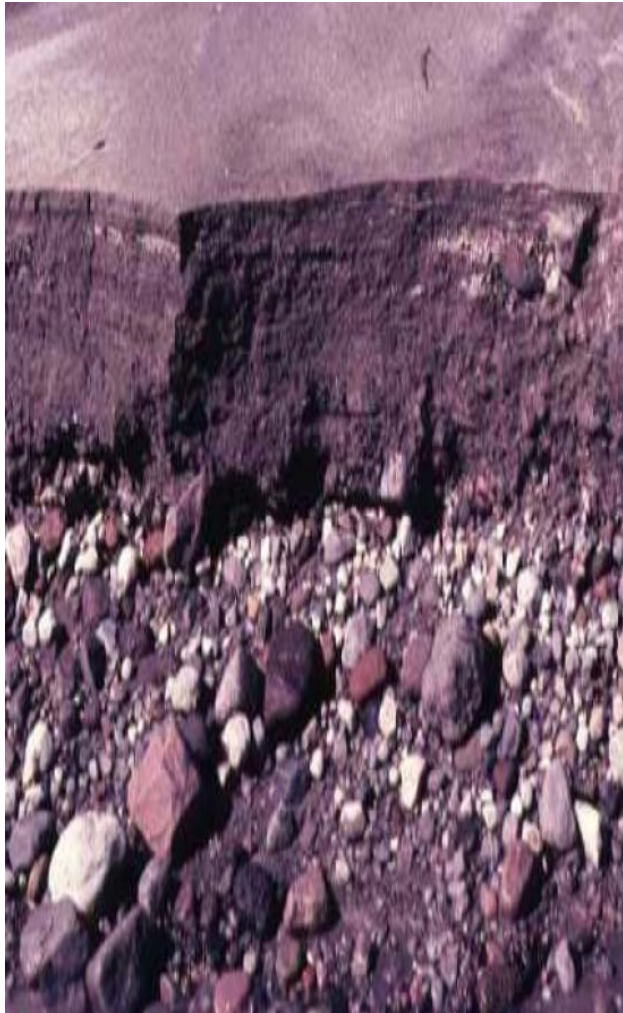




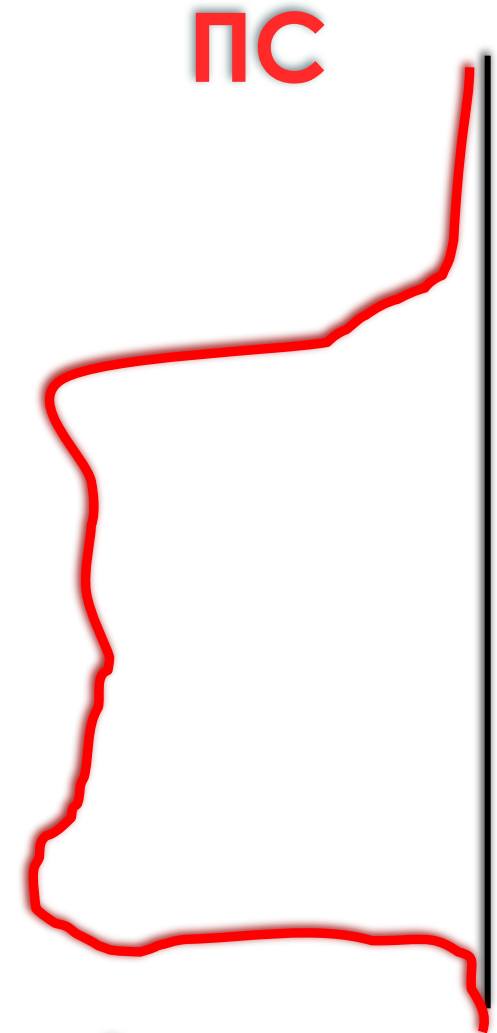
ПС

«Колоколообразная  
форма»

# Применение ГИС: электрометрический анализ и диагностика природы осадочных тел



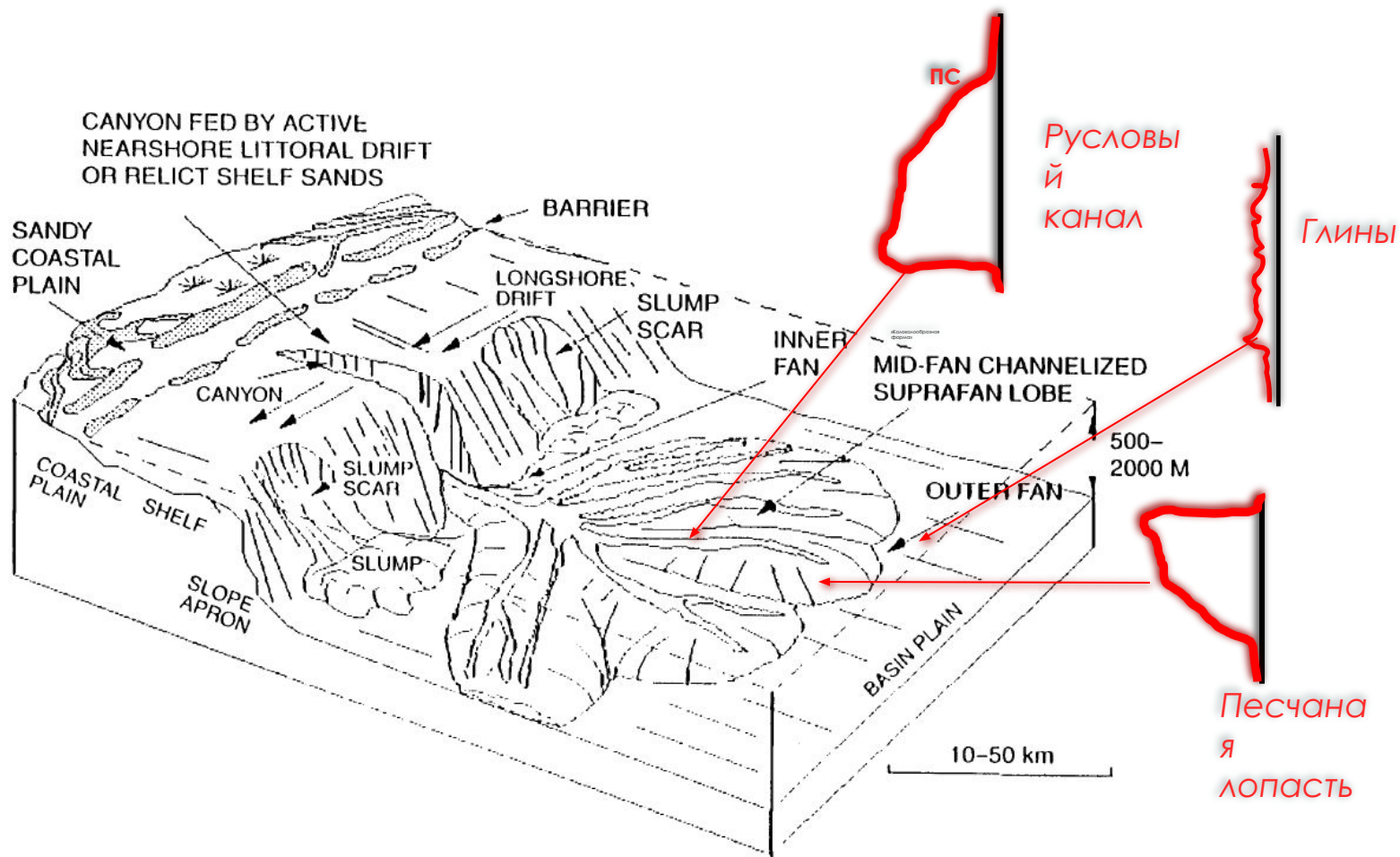
«Колоколообразная форма»



«Сундучная форма»

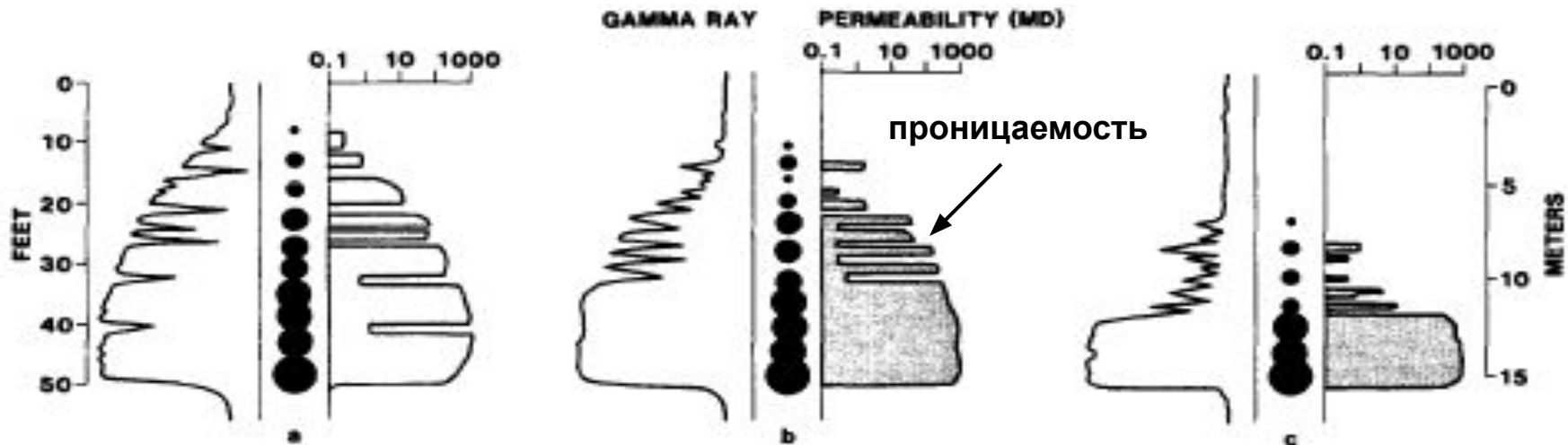


# Типовые кривые ПС турбидитной системы

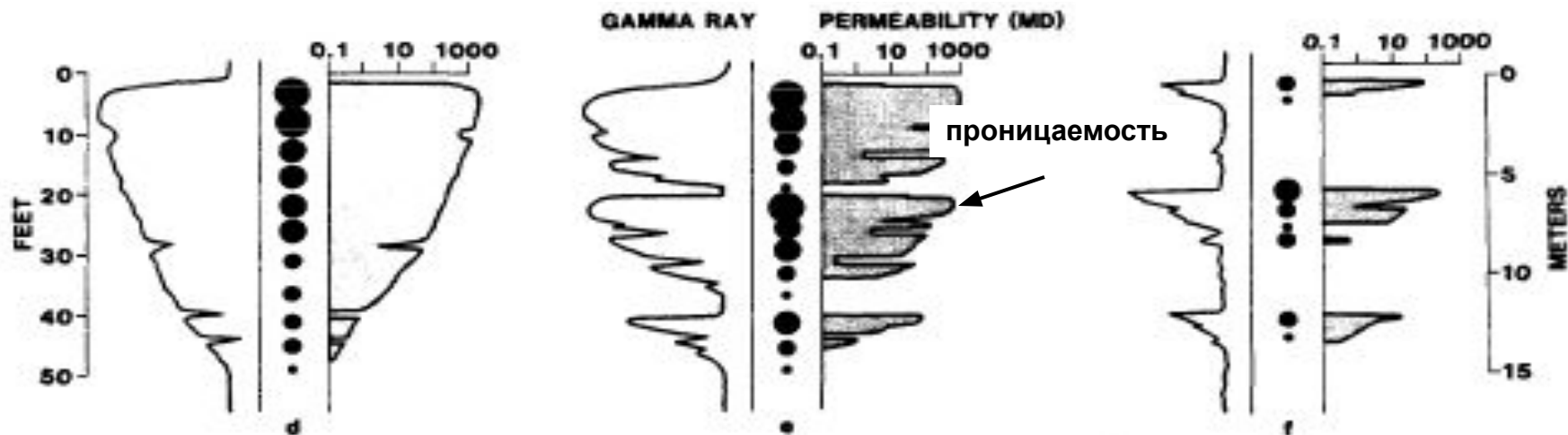


# Промысловые характеристики речных каналов и устьевых баров дельты и форма ГК

## Отложения дельтовых каналов



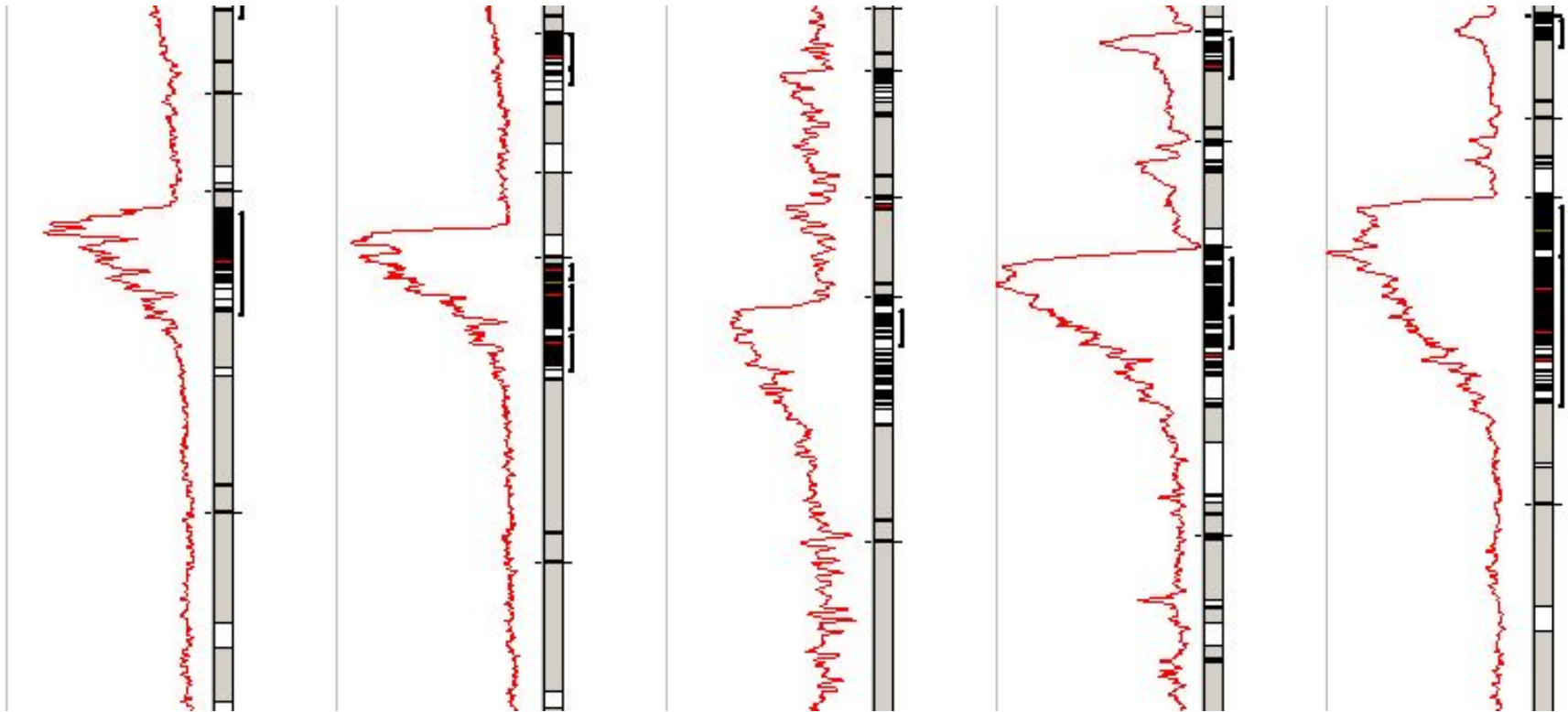
## Отложения устьевых баров



• Размер зерен

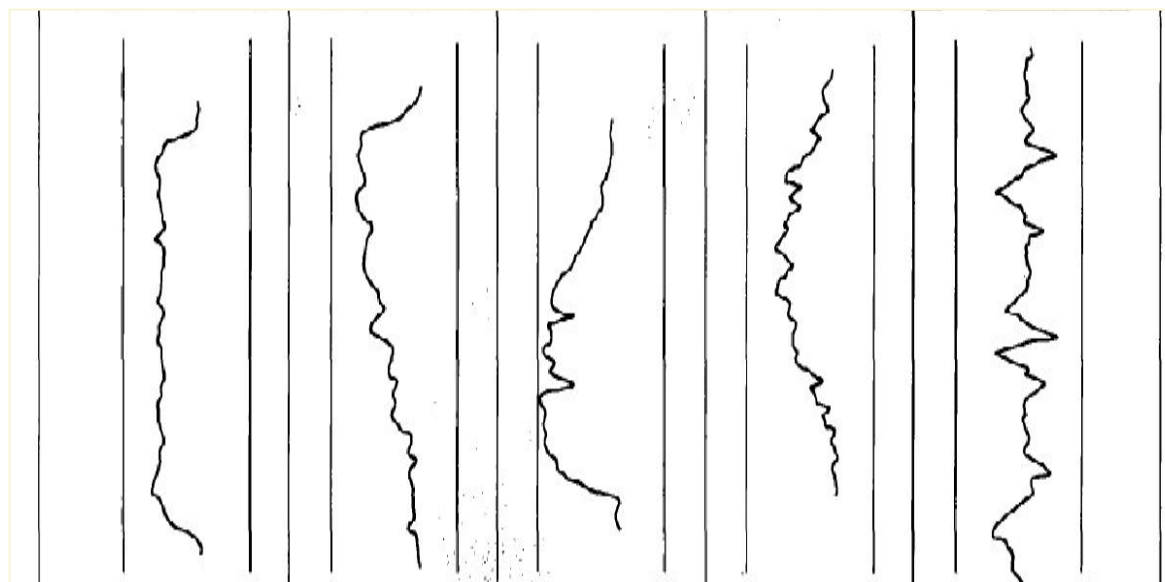


# Пример каротажных кривых скважин, вскрывших баровое тело



# Ограничения электрофациального анализа

1. Речные каналы, выполнение подводных каньонов;
2. Устьевые бары, барьерный остров, подводный конус выноса;
3. Внутрирусловые бары-побочни, приливные бары, подводные каналы, трансгрессивные шельфовые песчаники;
4. Амальгамированные регрессивные и трансгрессивные последовательности;
5. Флювиальная пойма, дистальная часть устьевых баров фронта дельты.



1

2

3

4

5

Цилиндр

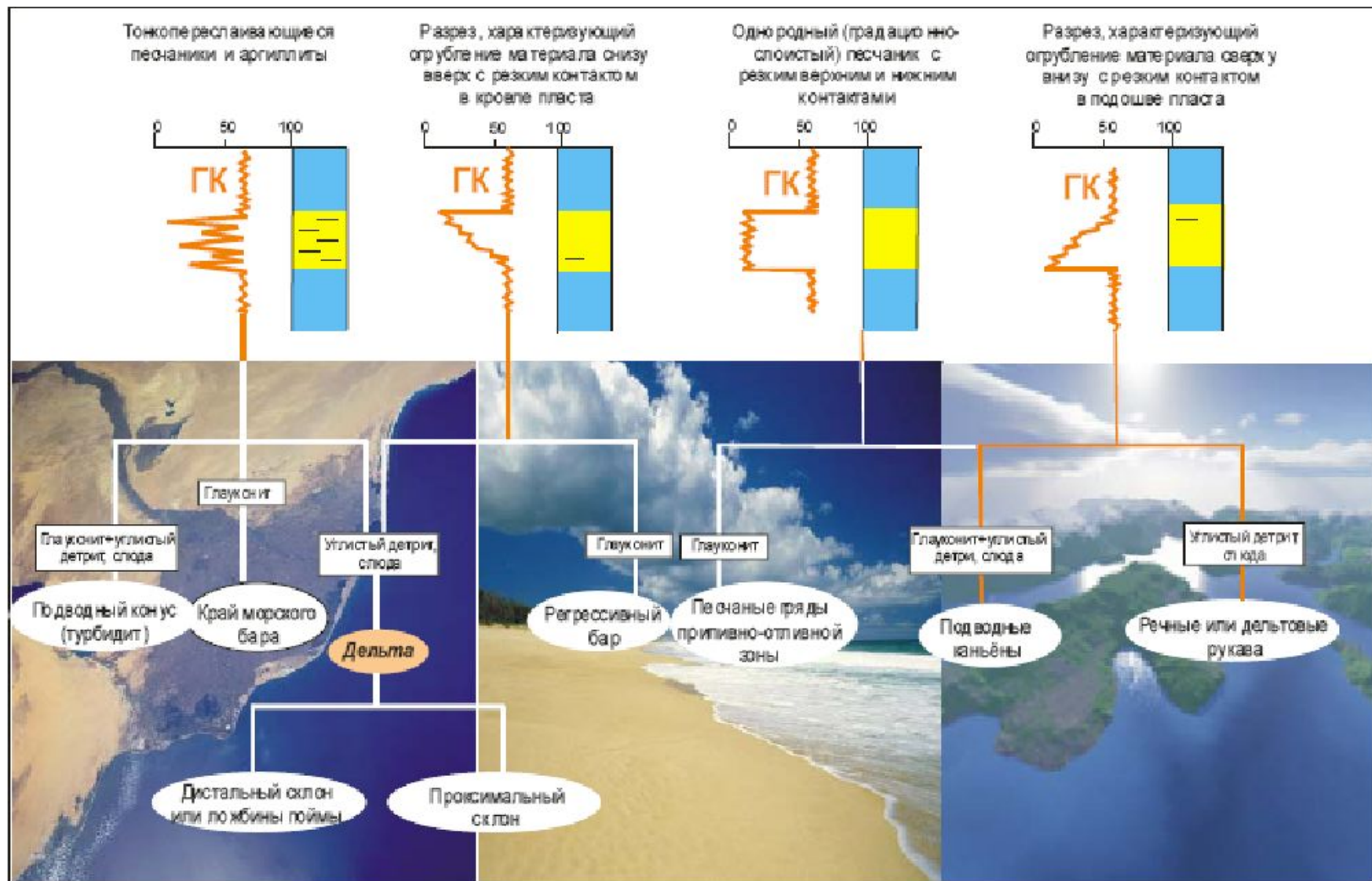
Воронка

Колокол

Симметричная

Неупорядоченная

# Интерпретация каротажных кривых ГК при наличии или отсутствии глауконита или углистого детрита



## **2. Время в геологии**



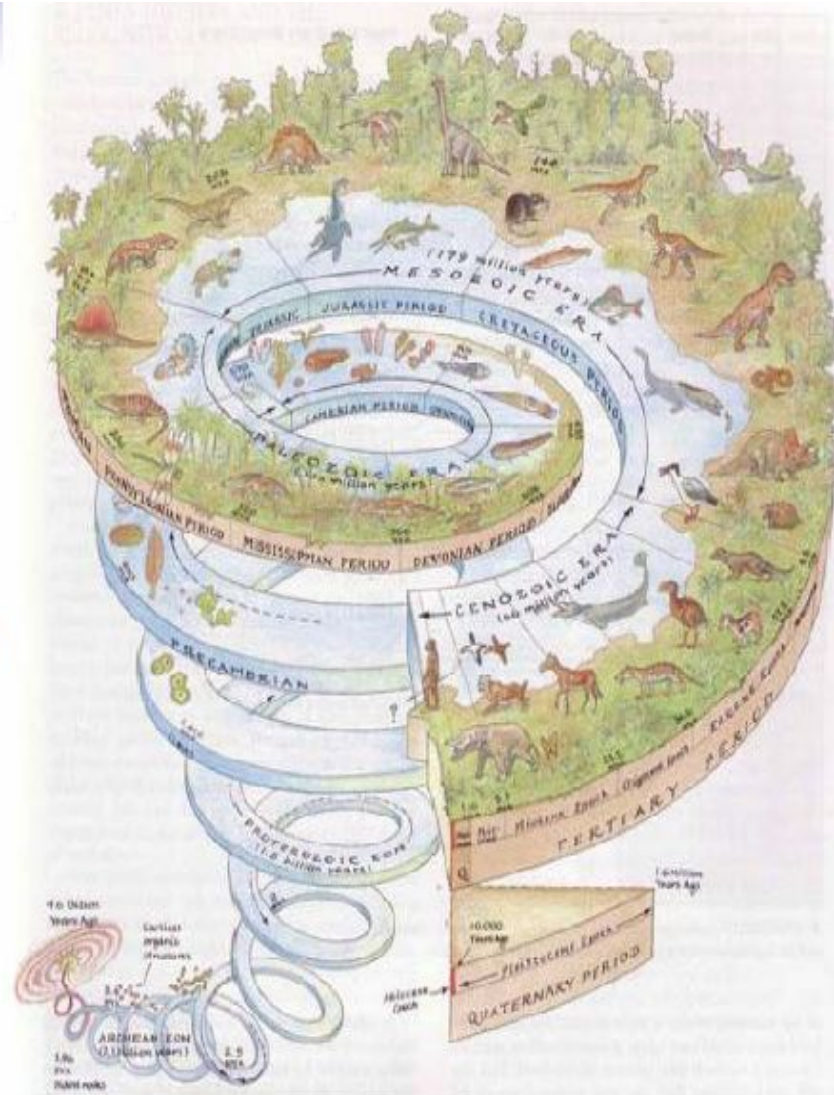
# Геохронология

## Возраст горных пород:

- **Относительный** – определяет относительный возраст пород по принципу: «что древнее и что моложе»
- **Абсолютный (изотопный)** – количество лет (тысяч или миллионов) от образования горной породы до наших дней

---

Предполагаемый возраст Земли – 4.57 (2%) млрд. лет.

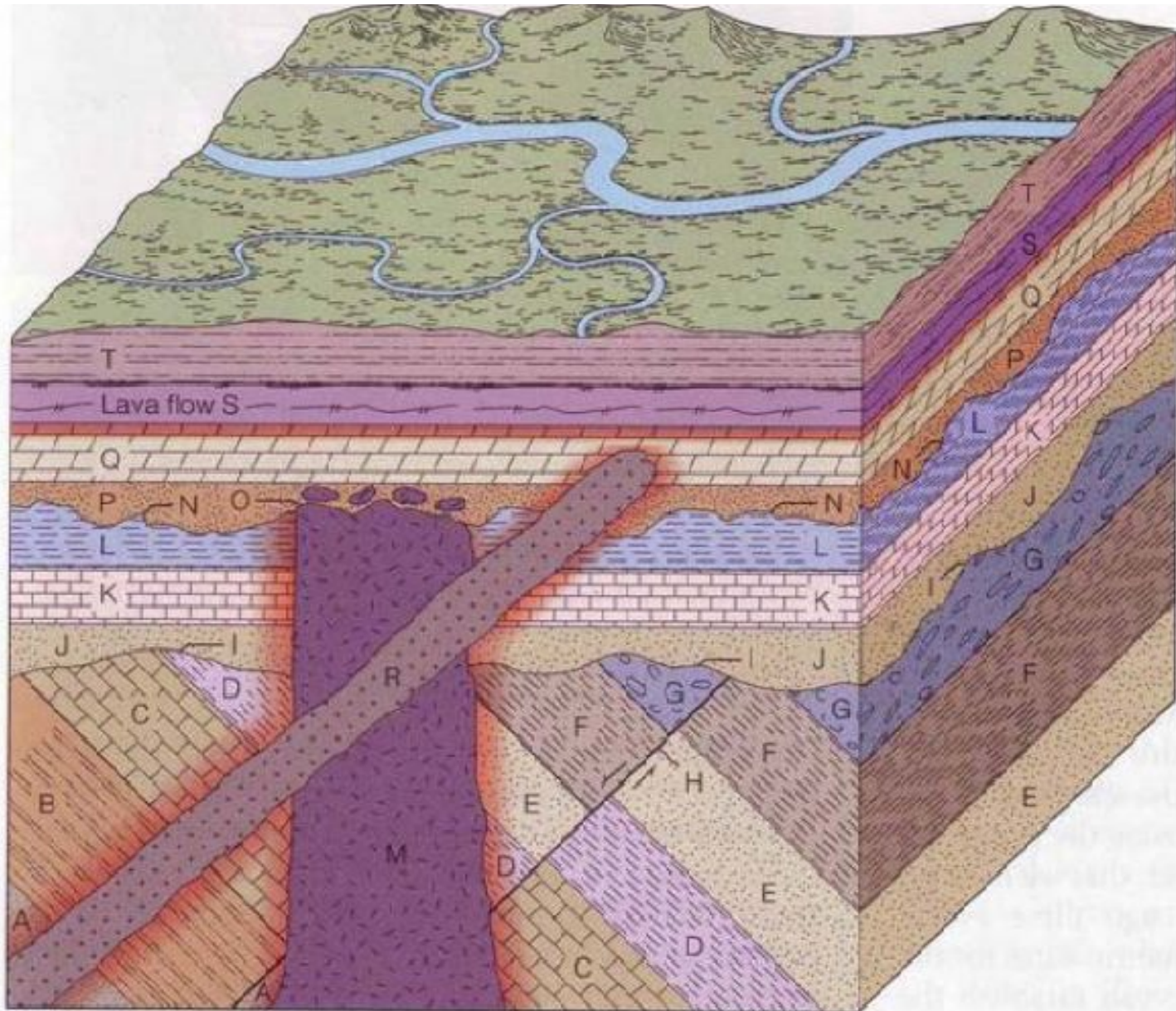


# Методы относительной геохронологии

- **Стратиграфический** (литолого-стратиграфический) метод, базирующийся на законе «последовательности напластования»
- **Палеонтологический** (биостратиграфический) метод, использующий законы эволюции животных и растительных организмов. Понятие о «руководящих ископаемых организмах».
- **Палеомагнитный метод**



# Относительная геохронология



## 2. Абсолютное геологическое время

Методы:

### а) Уран-свинцовый



$$T = 4.468 \text{ млрд. лет}$$

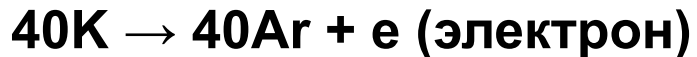


$$T = 0.7038 \text{ млрд. лет}$$



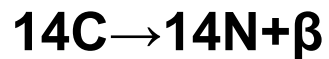
$$T = 14.008 \text{ млрд.лет}$$

### б) Калий – аргоновый



$$T = 1.3 \times 10^9 \text{ лет (1300 млн. лет)}$$

### в) Радиоуглеродный



$$T = 5730 \pm 40 \text{ лет}$$

T – время полураспада



# Международная стратиграфическая шкала (МСШ) – это шкала относительного летоисчисления.

Эра-тема	Система	Отдел/Подотдел	Ярус	Возраст (млн лет)	
Кайнозойская KZ	Четвертичная Q	Голоценовый Q <sub>1</sub>	Неоглюциновый Q <sub>1</sub>	0,01	
		Плейстоценовый Q <sub>2</sub>	Эоплейстоценовый Q <sub>2</sub>	0,8	
			Верхний N <sub>1</sub>	Гептазоний N <sub>1</sub> gr	1,81
	Неогеновая N	Плиоценовый N <sub>3</sub>	Средний N <sub>3</sub>	Палемиценовый N <sub>3</sub> ra	2,58
			Нижний N <sub>3</sub>	Занкловский N <sub>3</sub> dan	
			Мессинский N <sub>3</sub> mes		
	Миоценовый N <sub>2</sub>	Верхний N <sub>2</sub>	Тортонский N <sub>2</sub> tor	5,33	
		Средний N <sub>2</sub>	Серавалло-Мазо N <sub>2</sub> sm	7,25	
		Нижний N <sub>2</sub>	Ливинский N <sub>2</sub> liv	11,61	
	Палеогеновая P	Олигоценый P <sub>3</sub>	Верхний P <sub>3</sub>	Бурдигальский P <sub>3</sub> bur	13,65
			Средний P <sub>3</sub>	Ахитанский P <sub>3</sub> ach	15,97
			Нижний P <sub>3</sub>	Хаттонский P <sub>3</sub> h	20,43
	Эоценовый P <sub>2</sub>	Верхний P <sub>2</sub>	Рюпельский P <sub>2</sub> r	23,03	
		Средний P <sub>2</sub>	Приабисонский P <sub>2</sub> p	28,4	
		Нижний P <sub>2</sub>	Бартонский P <sub>2</sub> b	33,9	
	Палеоценовый P <sub>1</sub>	Верхний P <sub>1</sub>	Литетский P <sub>1</sub> l	37,2	
		Средний P <sub>1</sub>	Ипрский P <sub>1</sub> i	40,4	
		Нижний P <sub>1</sub>	Танетский P <sub>1</sub> t	48,6	
Мезозойская MZ	Меловая K	Верхний K <sub>2</sub>	Маастрихтский K <sub>2</sub> m	65,5	
			Кампанский K <sub>2</sub> cm	70,6	
			Сантапонский K <sub>2</sub> s	83,5	
			Куньяльский K <sub>2</sub> ck	85,8	
			Тулонский K <sub>2</sub> t	89,3	
			Сеноманский K <sub>2</sub> s	93,5	
	Юрская J	Верхний J <sub>3</sub>	Альбоний K <sub>2</sub> a	99,6	
			Аптский K <sub>1</sub> a	112,0	
			Барремский K <sub>1</sub> b	125,0	
			Готервийский K <sub>1</sub> g	130,0	
			Валанжонский K <sub>1</sub> v	136,4	
			Берриаский K <sub>1</sub> b	140,2	
	Триасовая T	Средний J <sub>2</sub>	Титонский J <sub>2</sub> t	145,5	
			Киммериджийский J <sub>2</sub> km	150,8	
			Оксфордский J <sub>2</sub> o	155,7	
			Кембрийский J <sub>2</sub> k	161,2	
			Бельгийский J <sub>2</sub> b	164,7	
			Аргонский J <sub>2</sub> a	167,7	
Кембрийская C	Нижний J <sub>1</sub>	Товарий J <sub>1</sub> t	171,6		
		Пленсбахский J <sub>1</sub> p	175,6		
		Саямский J <sub>1</sub> s	183,0		
		Синьшанский J <sub>1</sub> sh	189,6		
		Гатлинский J <sub>1</sub> g	196,5		
		Ратонский T <sub>1</sub> r	199,6		
Пермская P	Верхний T <sub>3</sub>	Норрийский T <sub>3</sub> n	203,6		
		Карнийский T <sub>3</sub> k	216,5		
		Ладинский T <sub>3</sub> l	228,0		
		Анзисийский T <sub>3</sub> a	237,0		
		Олвенский T <sub>3</sub> o	245,0		
		Индский T <sub>3</sub> i	249,7		
Палеозойская PZ	Пермская P	Нижний T <sub>1</sub>	Индский T <sub>1</sub> i	251,0	
			Томмотский C <sub>1</sub> t		
			Атдабанский C <sub>1</sub> at	517,0	
			Ботомский C <sub>1</sub> b	510,0	
			Амгунский C <sub>1</sub> am	503,0	
			Майский C <sub>1</sub> m	501,0	
	Девонская D	Верхний C <sub>2</sub>	Ашлпиллский O <sub>3</sub> as	488,3	
			Карадокский O <sub>3</sub> k	478,6	
			Планеринский O <sub>3</sub> l	471,8	
			Аренгийский O <sub>3</sub> a	460,9	
			Тремодокский O <sub>3</sub> t	443,7	
			Батурбальский C <sub>2</sub> br	441,2	
	Силурийская S	Средний C <sub>2</sub>	Ашлпиллский O <sub>3</sub> as	418,7	
			Венлокский S <sub>2</sub> v	418,0	
			Лландоверийский S <sub>1</sub> l	412,0	
			Эмский D <sub>1</sub> e	407,2	
			Пражский D <sub>1</sub> p	397,5	
			Живетский D <sub>2</sub> v	385,3	
Кембрийская C	Нижний D <sub>1</sub>	Франский D <sub>1</sub> f	374,5		
		Фаненский D <sub>1</sub> m	359,2		
		Турнейский C <sub>1</sub> t	345,3		
		Вилейский C <sub>1</sub> v	326,4		
		Седлуковский C <sub>1</sub> s	318,1		
		Башкирский C <sub>1</sub> b	311,7		
Силурийская S	Верхний C <sub>1</sub>	Камисский C <sub>1</sub> k	296,0		
		Гильский C <sub>1</sub> g	299,0		
		Ассельский P <sub>1</sub> a	294,6		
		Самарский P <sub>1</sub> s	284,4		
		Артинский P <sub>1</sub> ar	275,6		
		Курский P <sub>1</sub> k	270,0		
Силурийская S	Средний C <sub>1</sub>	Ульский P <sub>1</sub> ul	265,8		
		Калевский P <sub>1</sub> ka	260,0		
		Северодвинский P <sub>1</sub> sd	255,0		
		Ветий P <sub>1</sub> v	250,0		
		Биазмийский P <sub>1</sub> z	225,0		
		Татарский P <sub>1</sub> t	220,0		
Силурийская S	Нижний C <sub>1</sub>	Татарский P <sub>1</sub> t	220,0		
		Биазмийский P <sub>1</sub> z	225,0		
		Северодвинский P <sub>1</sub> sd	255,0		
		Ветий P <sub>1</sub> v	250,0		
		Калевский P <sub>1</sub> ka	260,0		
		Ульский P <sub>1</sub> ul	265,8		

Эра-тема	Зонотема	Эратема	Система	Возраст (млн лет)
Протерозойская PR	Верхнепротерозойская PR <sub>2</sub>	Рифейская RF	Верхнерифейская (Каратавская) RF <sub>3</sub>	570-555
			Среднерифейская (Юрмтинская) RF <sub>2</sub>	1030
			Нижнерифейская (Бурзянская) RF <sub>1</sub>	1350
			Верхнекарельская KR <sub>2</sub>	1650
			Нижнекарельская KR <sub>1</sub>	2100
	Карельская KR (Нижнепротерозойская PR <sub>1</sub> )	Лопийская LP (Верхнеархейская)	Верхнелопийская LP <sub>3</sub>	2500
			Среднелопийская LP <sub>2</sub>	2800
			Нижнелопийская LP <sub>1</sub>	3000
			Саамская SM (Нижнеархейская)	3200
			?	?

**ВОССТВИ**  
 Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского  
**ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА ФАНОЗОЯ (ОСШ)**  
 (Стратиграфический кодекс России, 2006)  
 Геологический возраст – по Шкале геологического времени (Gradstein et al., 2004; официальный сайт  
 Международной Комиссии по стратиграфии: <http://www.stratigraphy.org>)

**ВОССТВИ**  
 Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского  
**ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА ДОКЕМБРИЯ**  
 (Стратиграфический кодекс России, 2006 с уточнениями)

Граница архея  
 2900 млн. лет

палеозоя  
 585 ± 30 млн. лет

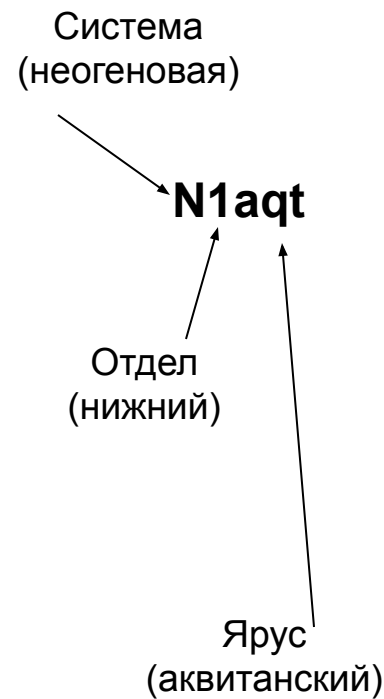
мезозоя  
 240 (235) млн. лет

кайнозоя  
 67 млн.лет

четвертичного периода  
 1,7 млн.лет

Все породы литосферы от самых древних до самых молодых выстроены в единую колонку: внизу – самые древние, а выше - молодые

Эра-тема	Система	Отдел/Подотдел	Ярус	Возраст (млн лет)	
Кайнозойская КЗ	Четвер- тичная Q	Голоценовый Q <sub>n</sub>		0.01	
		Плейстоценовый Q <sub>p</sub>	Неоплейстоцен Q <sub>n</sub>	0.8	
			Эоплейстоцен Q <sub>e</sub>	1.81	
	Неогеновая N	Плиоценовый N <sub>2</sub>	Верхний N <sub>2</sub> <sup>3</sup>	Гелазский N <sub>2</sub> gl	2.58
			Средний N <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Пьяченцкий N <sub>2</sub> pia	
			Нижний N <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Занклский N <sub>2</sub> zan	
		Миоценовый N <sub>1</sub>	Верхний N <sub>1</sub> <sup>3</sup>	Мессинский N <sub>1</sub> mes	5.33
				Тортонский N <sub>1</sub> tor	7.25
			Средний N <sub>1</sub> <sup>2</sup>	Серравальский N <sub>1</sub> sv	11.61
				Лангийский N <sub>1</sub> lan	13.65
				Бурдигальский N <sub>1</sub> bur	15.97
			Нижний N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Аквитанский N <sub>1</sub> aqt	20.43
					23.03
	Палеогеновая P	Олигоценый P <sub>3</sub>	Верхний P <sub>3</sub> <sup>2</sup>	Хаттский P <sub>3</sub> h	28.4
			Нижний P <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Рюпельский P <sub>3</sub> r	33.9
		Эоценовый P <sub>2</sub>	Верхний P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Приабонский P <sub>2</sub> p	37.2
				Бартонский P <sub>2</sub> b	40.4
			Средний P <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Лютетский P <sub>2</sub> l	48.6
				Ипрский P <sub>2</sub> i	55.8
		Палеоценовый P <sub>1</sub>	Верхний P <sub>1</sub> <sup>2</sup>	Танетский P <sub>1</sub> t	58.7
Зеландский P <sub>1</sub> sl				61.7	
Нижний P <sub>1</sub> <sup>1</sup>			Датский P <sub>1</sub> d	65.5	



**Продолжительность:** система - 20-50 млн.лет; отдел – 10-20 млн.лет; ярус – 5-10 млн.лет

## **3. Корреляция отложений**

# Что такое геологическая корреляция?

**Геологическая корреляция** – прослеживание геологических тел в межскважинном пространстве с целью построения модели залежи (месторождения).

От правильности корреляции зависит правильность подсчёта запасов углеводородов, а также выводы о характере гидродинамической связности тел, пересечённых разными скважинами

Корреляция проводится по комплексу ГИС, с привлечением по мере возможности дополнительных данных (сейсмика, керн, данные разработки)

*Корреляцию проводят с учетом условий осадконакопления.*



# Основные принципы, используемые при корреляции разрезов:

- 1. Принцип суперпозиции (последовательности напластования)*
- 2. Принцип первоначального горизонтального залегания*
- 3. Принцип латеральной выдержанности и взаимных переходов*

## 1. Принцип суперпозиции

- Если одна осадочная породная единица лежит выше другой осадочной породной единицы, то вышележащая единица была отложена после нижележащей
- ***Это правило не работает если слои были опрокинуты при тектонических деформациях***

Более молодые



Более древние

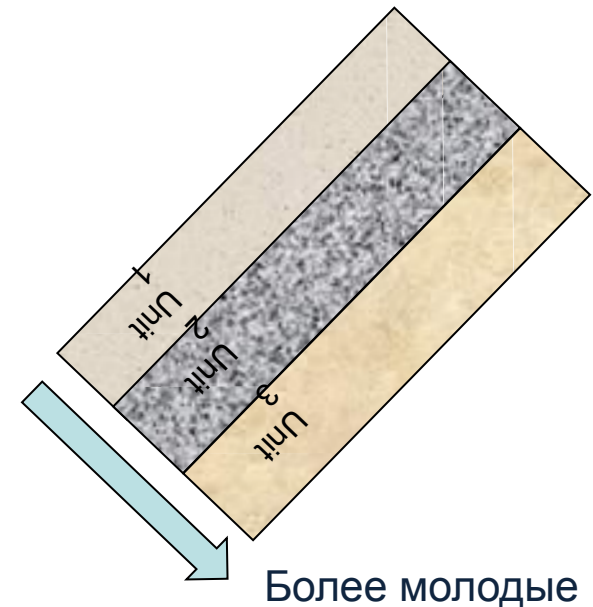
## 2. Принцип первоначального горизонтального залегания

- Слои горных пород были первоначально отложены примерно горизонтально.
- Это определяется геометрией первичной поверхности осадконакопления. Поскольку большинство поверхностей осадконакопления являются почти горизонтальными, то отклонение от горизонтального положения интерпретируется как влияние движений и деформаций.
- ***Наклонные слоистые поверхности, такие как крупномасштабные дельтовые клиноформы, являются исключением из этого правила.***

Более молодые



Более древние

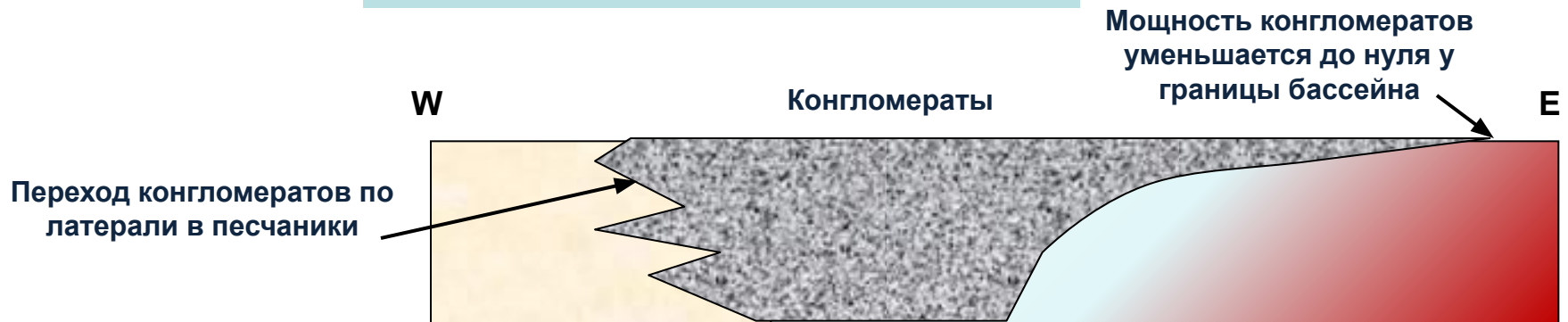


### 3. Принцип латеральной выдержанности и взаимных переходов

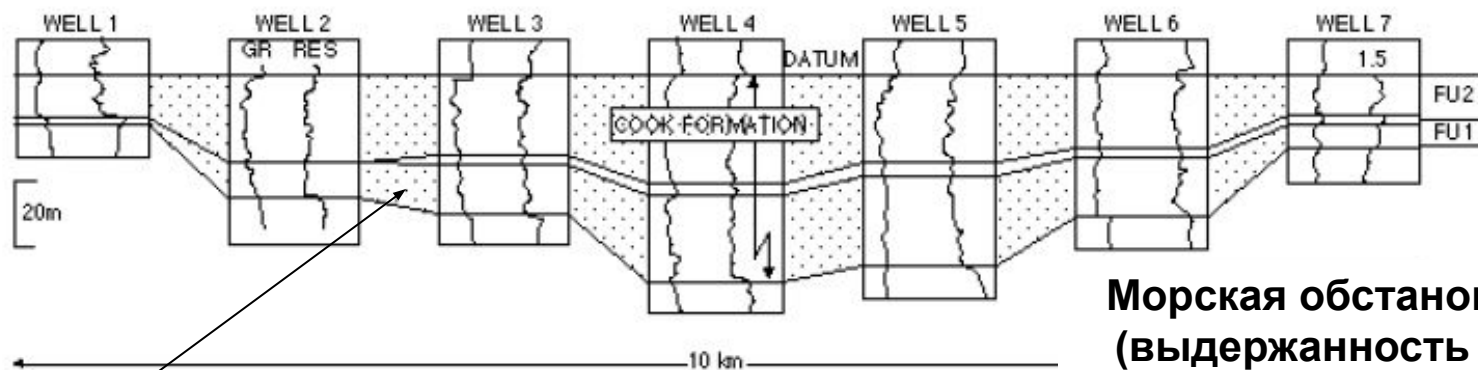
Независимо от современных границ обнажения, слоистое тело, от того места, где оно было первоначально образовано простирается латерально до тех пор пока:

- 1. Ограничится размерами бассейна осадконакопления
- 2. Выклинится до нулевой мощности
- 3. Сменится по латерали другим отложением.

#### Разрез седиментационного бассейна

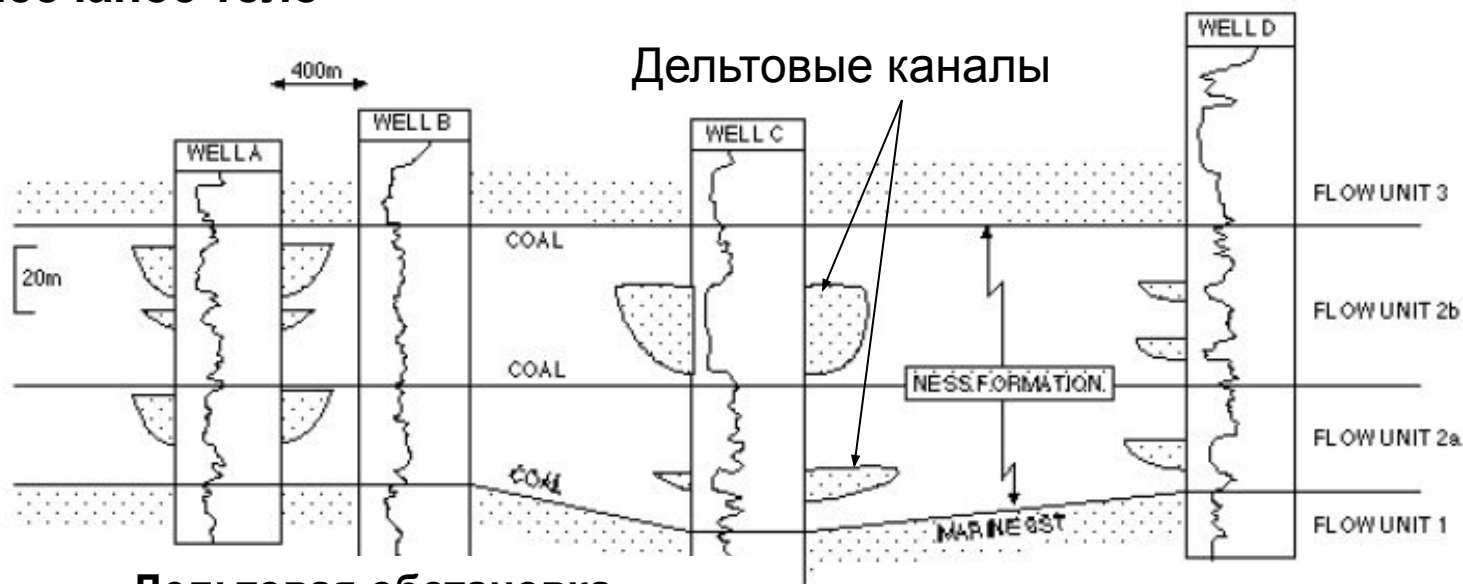


# Протяжённость и форма геологических тел тесно связаны с обстановкой осадконакопления



Песчаное тело

Морская обстановка  
(выдержанность по простиранию)



Дельтовые каналы

Дельтовая обстановка  
(прерывистость по простиранию)

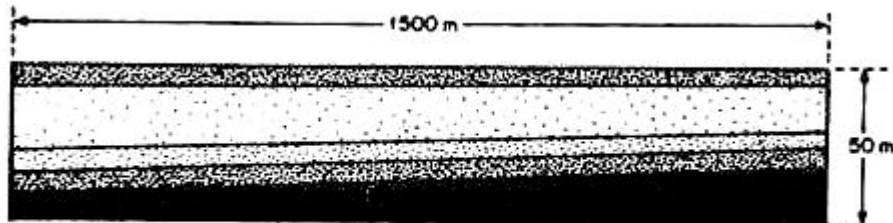


# Классификация песчаных тел по архитектуре

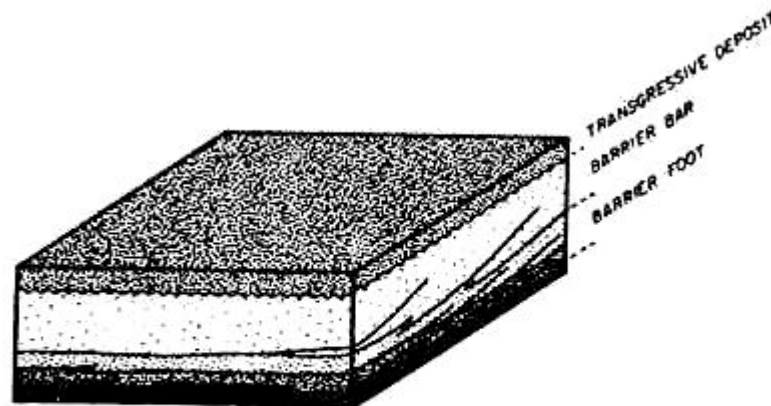
В основе данной классификации лежит степень связности коллекторов в межскважинном пространстве  
(=> также и гидродинамической связности)

Выделено два крайних случая  
(наилучшей и наихудшей связности)  
и один промежуточный

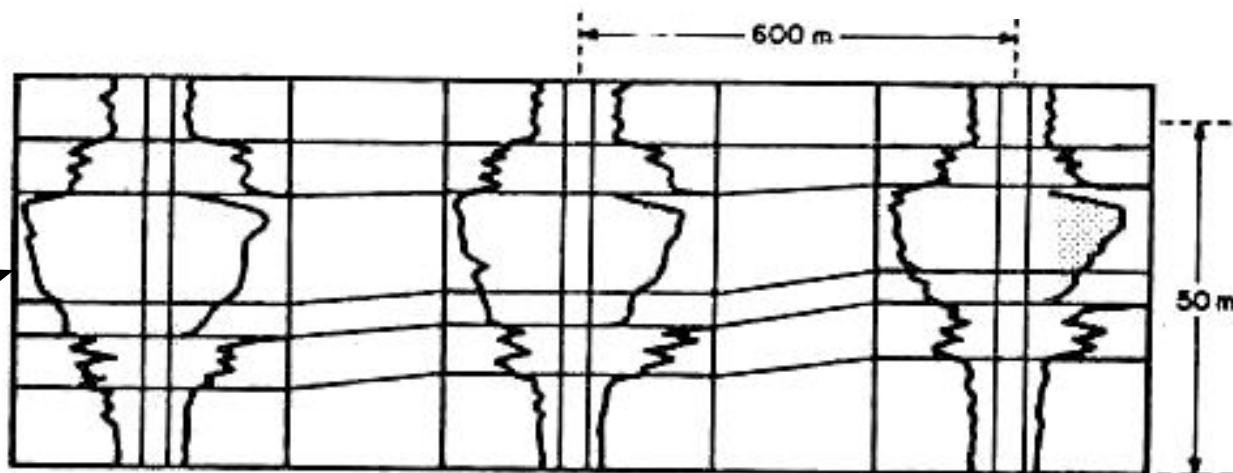
# 1. «Слоёный пирог» (наилучшая связность) – характерна для морских прибрежных отложений



Отчетливая пластовость и непрерывность с постепенным изменением мощности

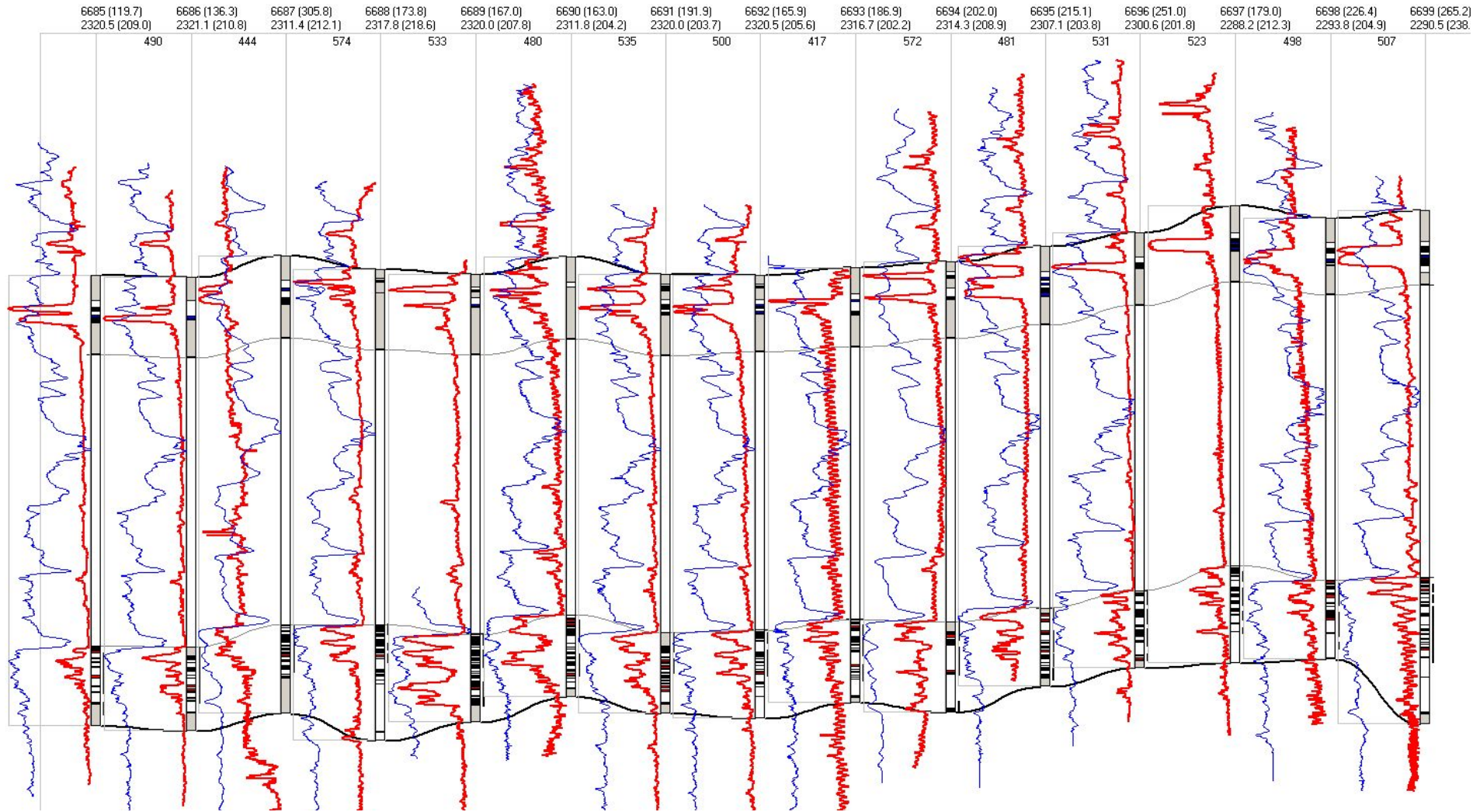


Слои представлены песчаником, отложившимся в одинаковой обстановке

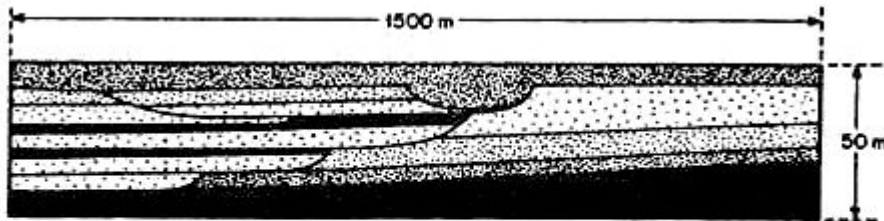


Превосходная корреляция по каротажам, демонстрирующая постепенное изменение мощности и свойств

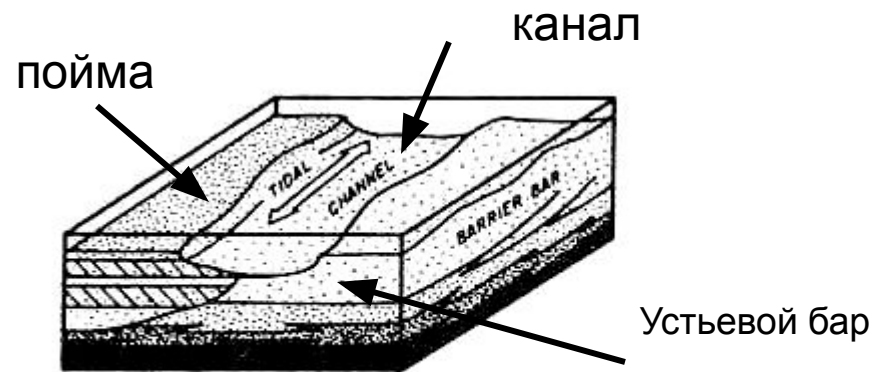
# Пример корреляции («слоёный пирог») Приразломное месторождение



## 2. «Картинка-загадка» (промежуточный) – характерна для дельтовых отложений

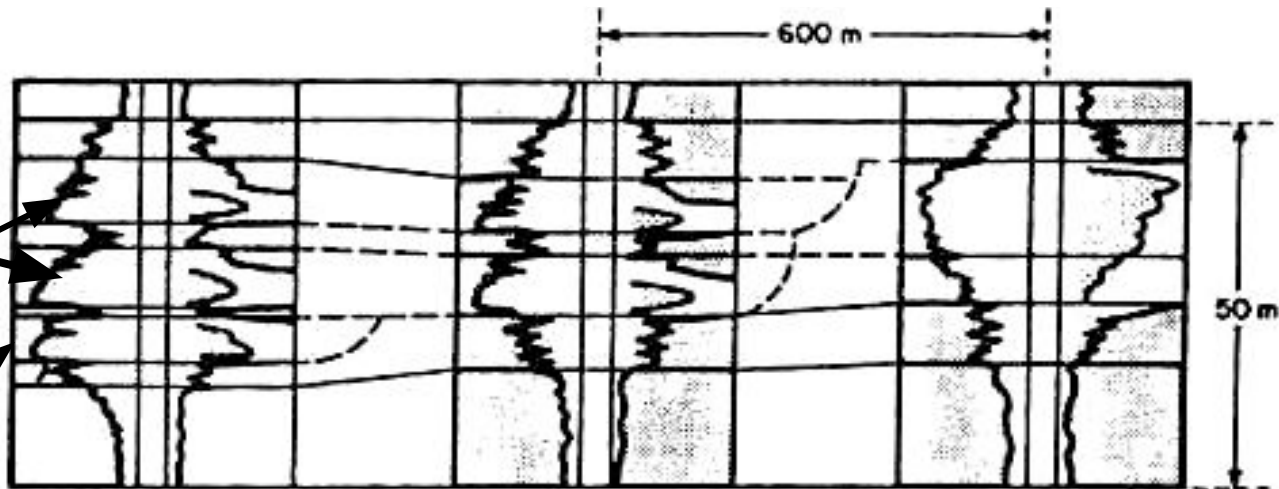


Различные песчаные тела залегающие вместе без перерывов. Иногда низкопроницаемые зоны могут встречаться локально между соседними или наслаивающимися песчаными телами



Определение архитектуры коллектора требует детального седиментологического анализа

Распределительные дельтовые каналы

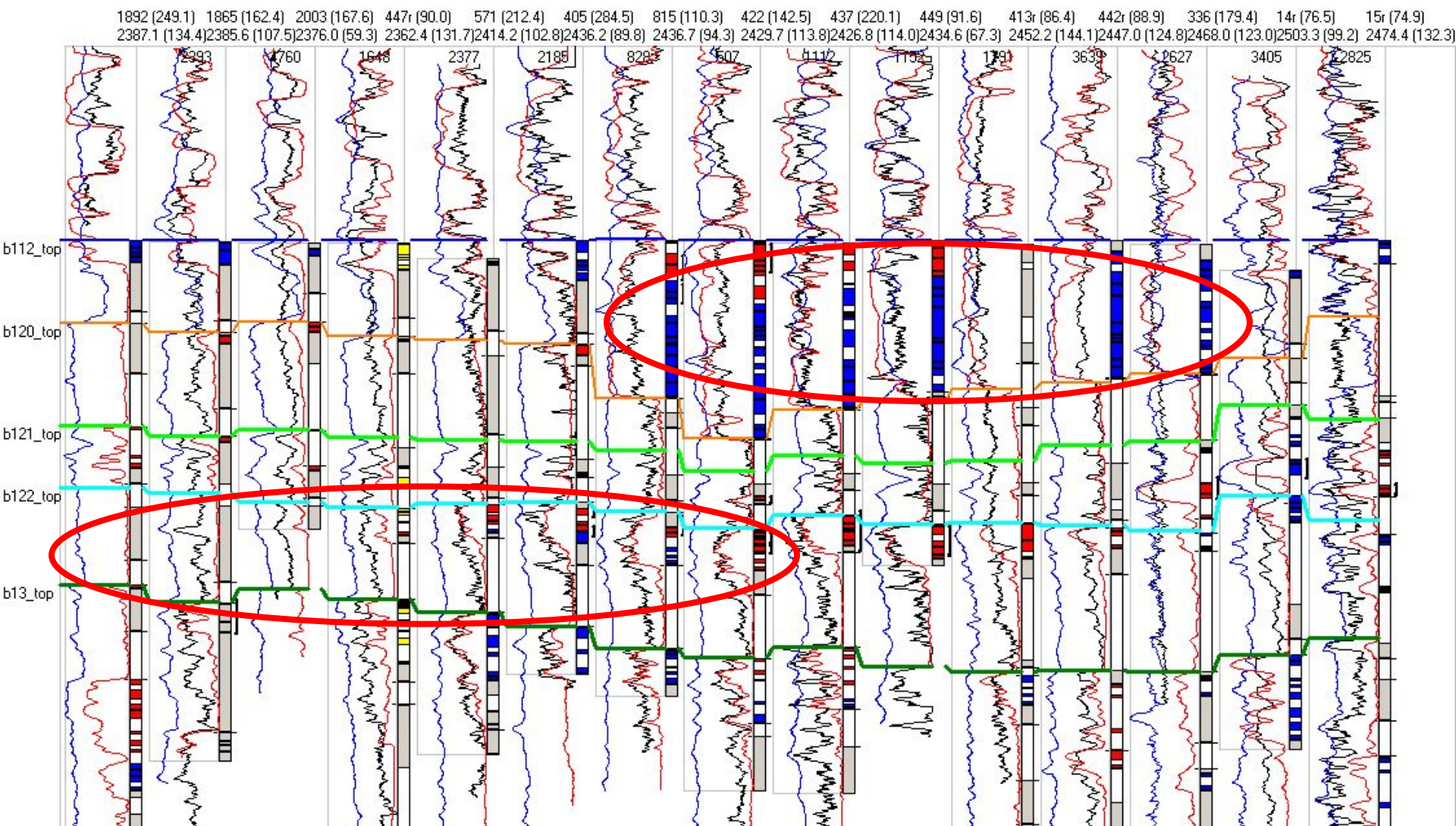


Устьевой бар

Несмотря на то, что отношение песок/глина является высоким, корреляция может быть затруднена без детальной седиментологической интерпретации

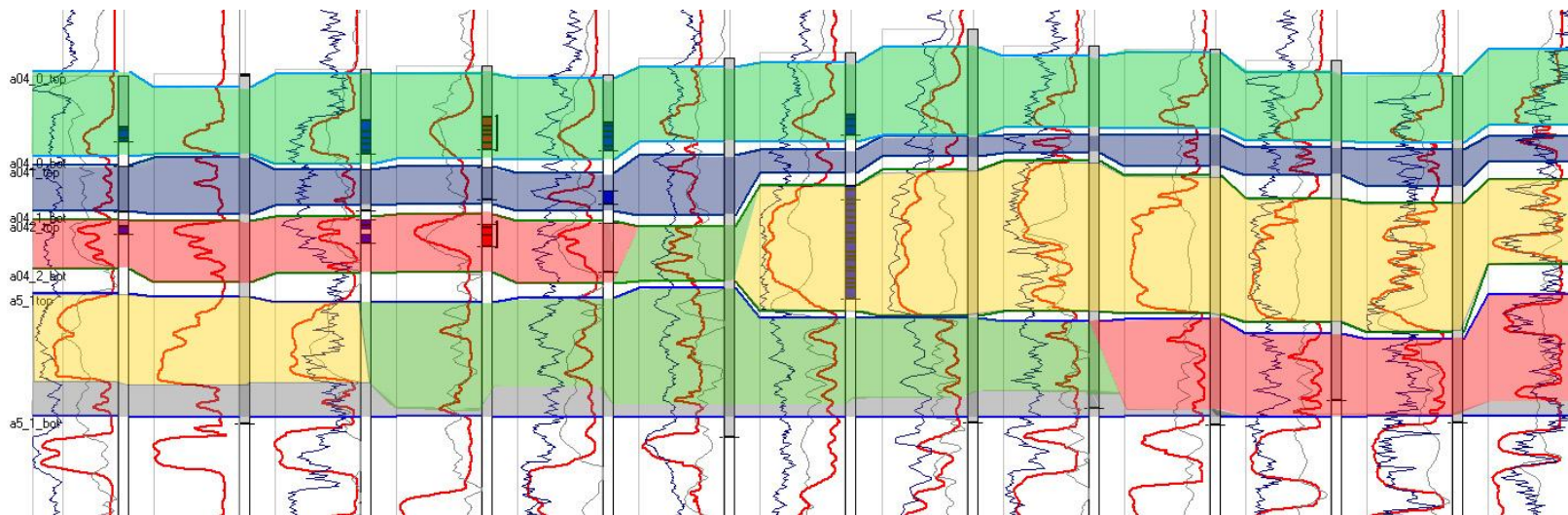
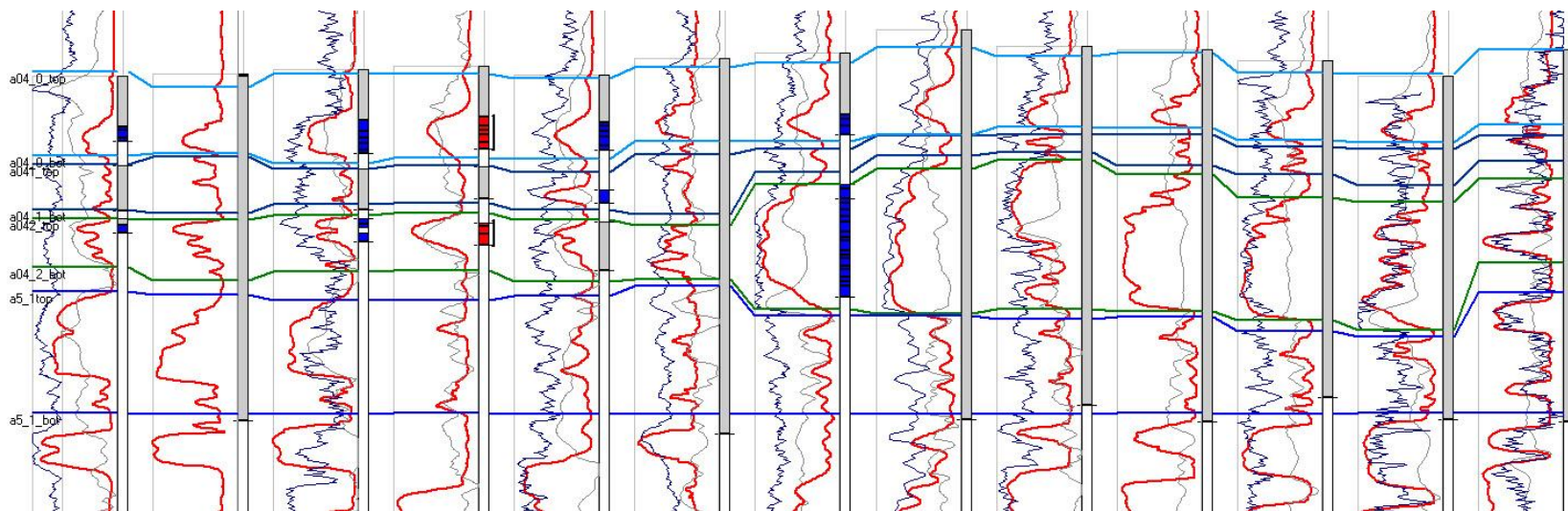


# Пример канальных и баровых отложений дельты (Барсуковское месторождение)

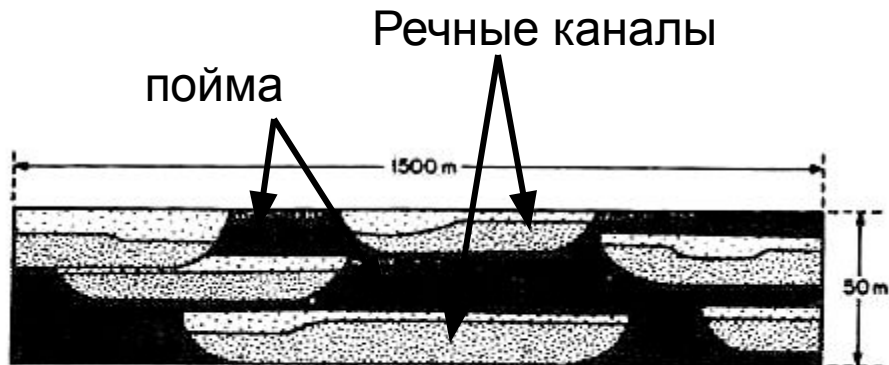




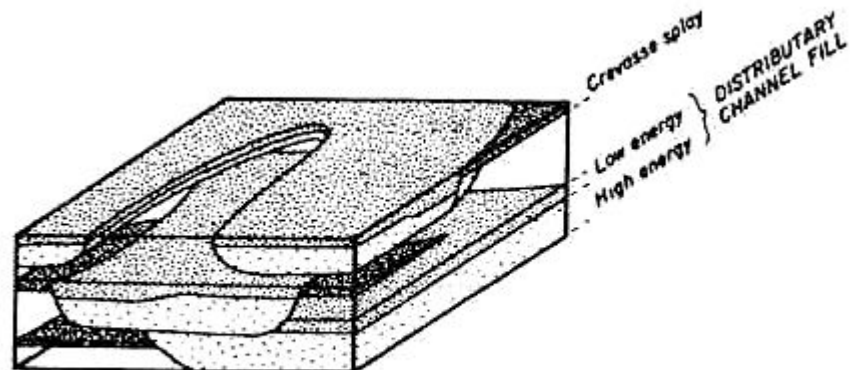
# Пример корреляции с учетом фациальной природы песчаных тел



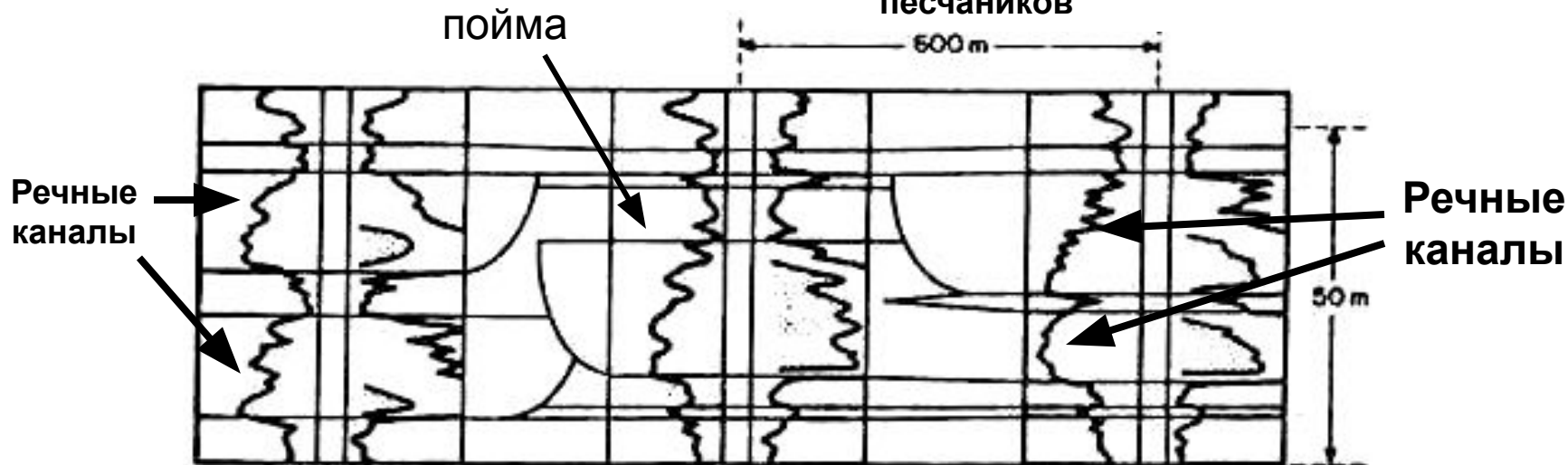
### 3. «Лабиринт» (наихудшая связность) – характерна для речных отложений



Сложное сочетание песчаных линз часто проявляющих несогласия (врезания) в разрезах



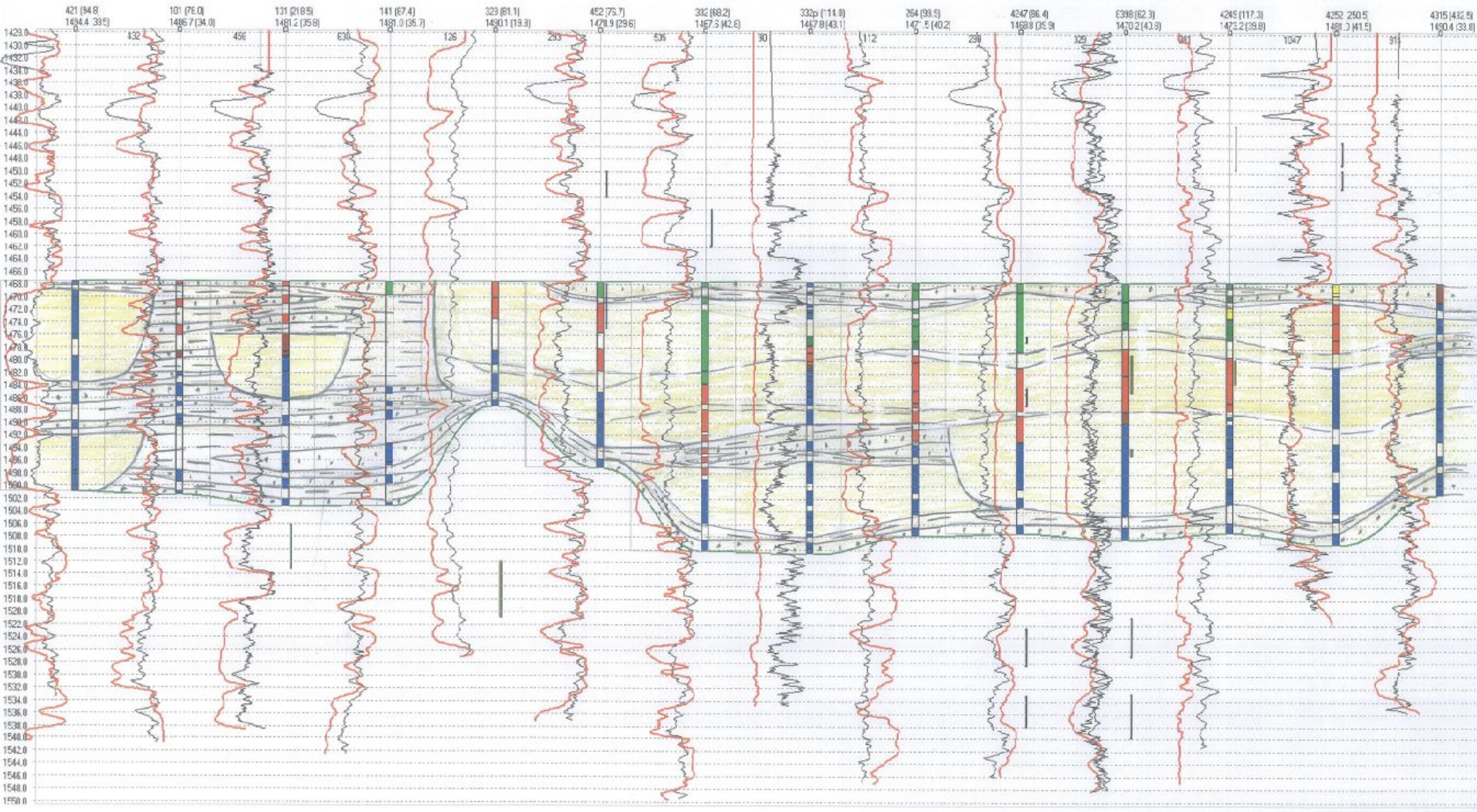
В трехмерном пространстве образуют локальные тела, разобщенные тонкими низкопроницаемыми покровами песчаников



Трудности корреляции по ГИС даже когда расстояние между скважинами 400-600 м



# Пример корреляции речных канальных песчаников и пойменных песчаников



# Методы корреляции

**1. Литостратиграфический** – корреляция разреза производится на основе литологического подобия пород (пригоден не для всех случаев)

**2. Хроностратиграфический** – расчленение и корреляция осадочного разреза производится с учетом возрастного соответствия пород и выделения коррелятивных изохронных поверхностей (используют фаунистические данные и сейсмику)



**Реперный (маркирующий) горизонт** – характерный пласт или изменение физических свойств породы, фиксируемое литологическими характеристиками, каротажными диаграммами, сейсмическими профилями и т.д., позволяющими сопоставлять геологические разрезы или прослеживать какие-либо геофизические границы

### **Хорошие реперы:**

- Резкие изменения в литологии (Баженовская свита)
- Платформенные известняки
- Угольные пласты в дельтовой последовательности
- Отличный маркер – вулканический пепел



## ДЕТАЛЬНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН (основные положения, учитываемые при детальной корреляции)

По корреляционной значимости реперные пласты разделяют на категории.

К *I категории* относят реперы, фиксируемые на каротажных диаграммах всех пробуренных скважин.

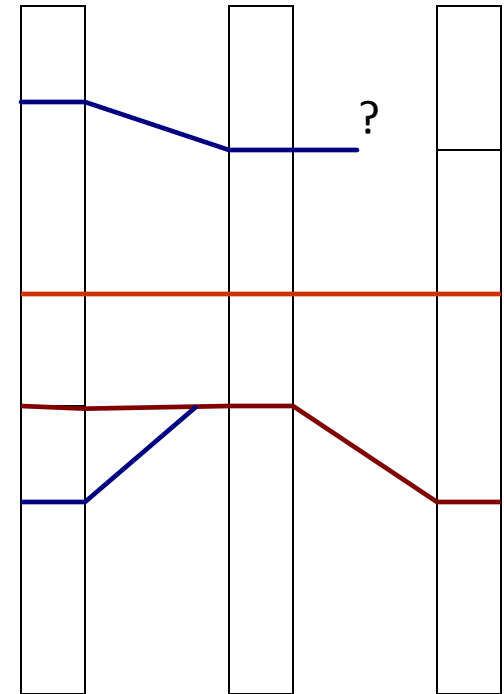
К *II категории* относят реперные пласты, которые хотя и повсеместно распространены, но из-за литолого-фациальной изменчивости выделяются по геофизическим данным менее уверенно.

При детальной корреляции следует широко пользоваться реперами *III категории*, каждый из которых может быть выделен только в части скважин. Обычно к ним относят прослой небольшой толщины, которые фиксируются на каротажных диаграммах по какой-либо характерной конфигурации кривых

# 1. Литостратиграфическая корреляция

- Считается, что разобщенные породные единицы, имеющие близкие литологические свойства, являются эквивалентными и, следовательно, могут быть скоррелированы как одновозрастные образования.
- Проведение корреляции предполагает трассирование литологически одинаковых толщ от одного пункта к другому.

**Примечание:** литостратиграфическая корреляция не доказывает возрастную эквивалентность толщ. В основе корреляции лежит только литологический состав пород.



Три вертикальных разреза осадочных пород с различной литологией. Линии показывают литостратиграфическую корреляцию и являются возможными границами между толщами.

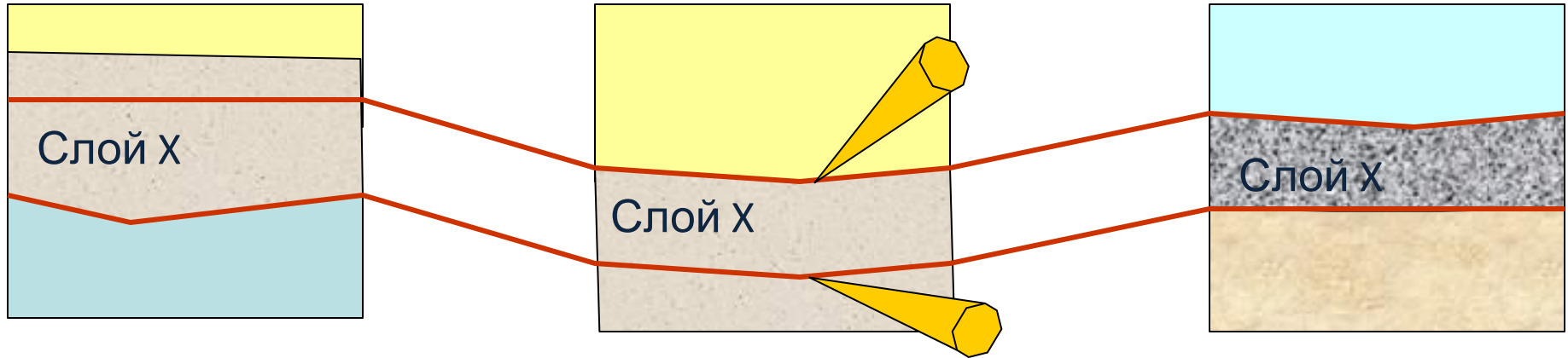
## 2. Хроностратиграфическая корреляция

Три различные последовательности слоев в далеко отстоящих пунктах

Пункт А

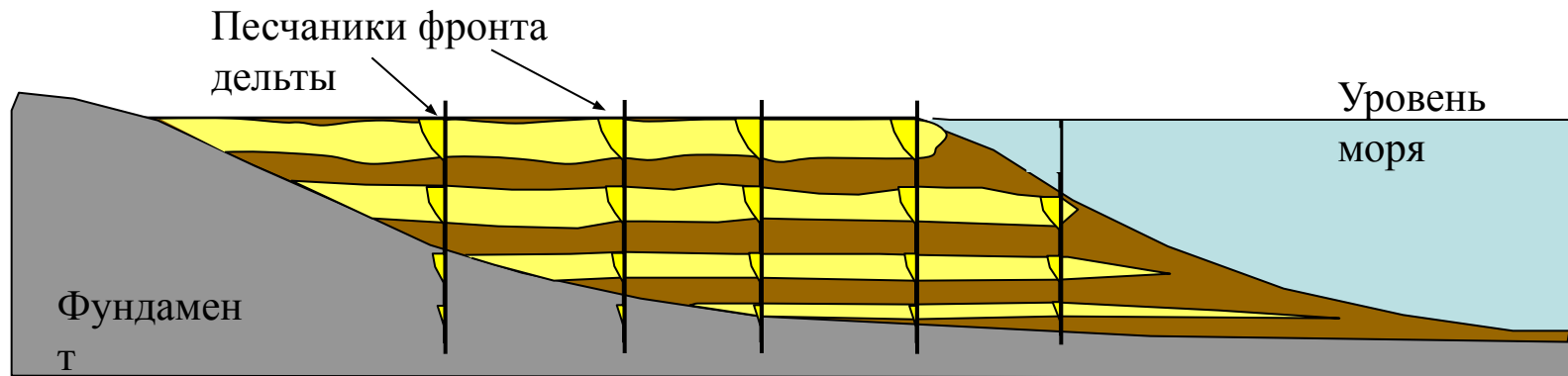
Пункт В

Пункт С



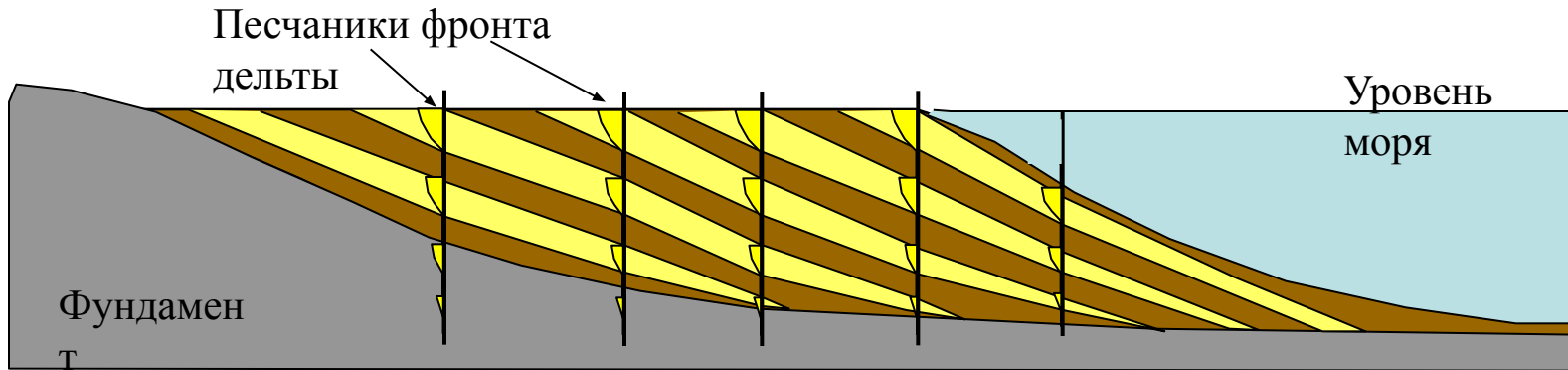
- Слой X является хроностратиграфической единицей
- Он имеет различный состав в разных пунктах, но одинаковый возраст
- Пункт В является опорным разрезом
- “Желтые клинья” располагаются на границах кровли и подошвы слоя X, маркируя международно согласованное положение изохронных границ в слое.
- Разрезы в пунктах А и С могут быть сопоставлены с опорным разрезом В на основе фаунистических остатков и таким образом установлены границы слоя X.

# Пример литостратиграфической корреляции



Пример корреляции, основанной на подобии форм кривой каротажа и литологии пород

# Пример хроностратиграфической корреляции (на основе изохронных пластов)



Корреляция того же разреза на основе изучения керна,  
каротажа, *сейсмических профилей, фаунистических  
остатков*



# Проградация волновой дельты

Аллювиальная/ Дельтовая долина

Уровень моря

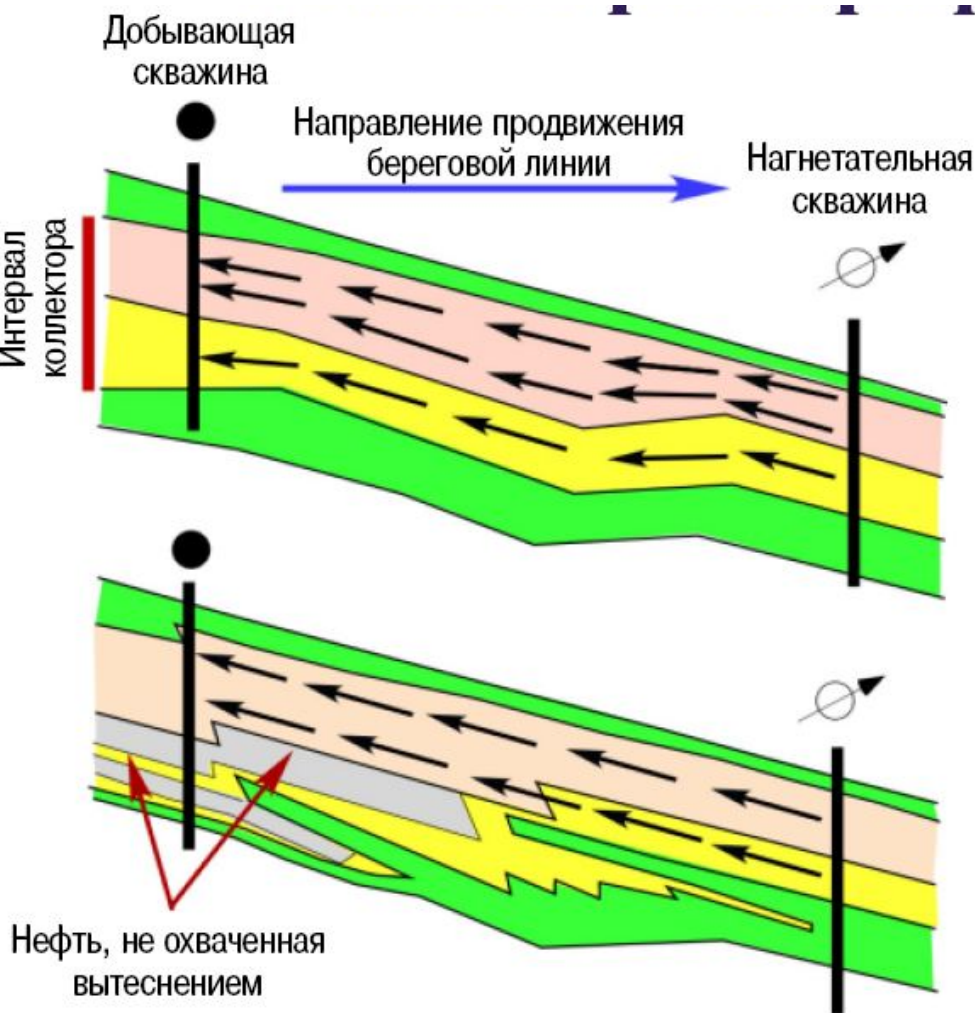
Фронт дельты/вдольбереговой бар

Временные линзы

Продельта/шельф



# Хроностратиграфическая и литостратиграфическая модели



## Литостратиграфическая

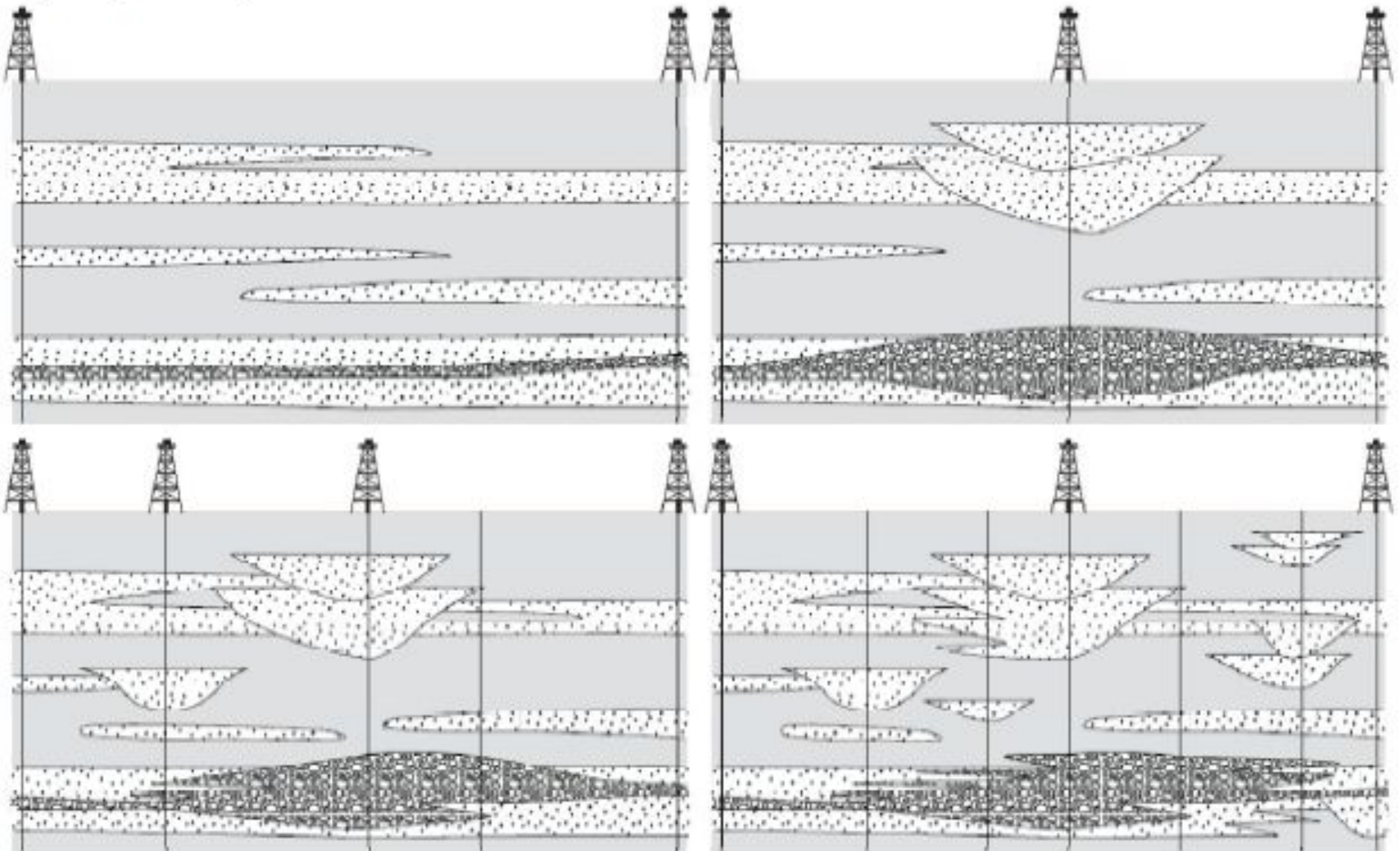
- Коэффициент извлечения 55%
- Модельные слои параллельны границам формаций
- Систематических изменений  $Kh$  по слоям не наблюдается
- Слишком оптимистические прогнозы эффективности вытеснения

## Хроностратиграфическая

- Коэффициент извлечения 49%
- Модельные слои параллельны клиноформам
- Наблюдаются систематические изменения  $Kh$  по слоям
- Прогнозирует нефть, не охваченную вытеснением

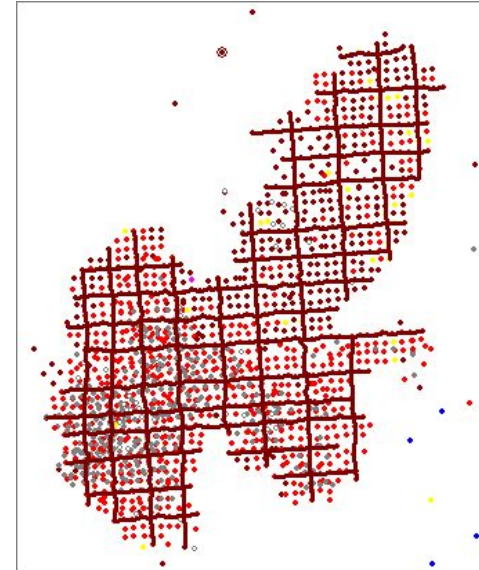
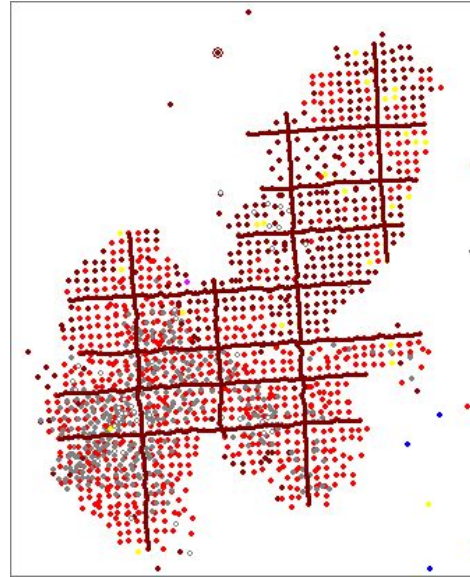
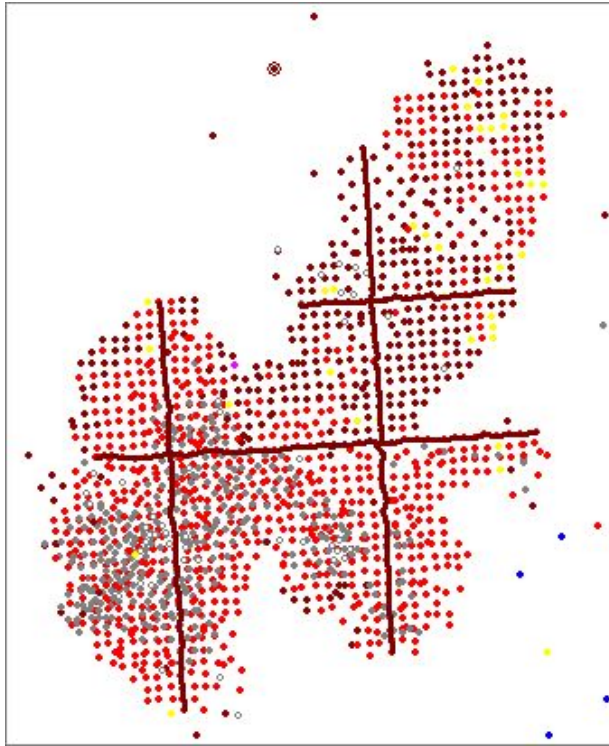
# Корреляция

Практически всегда изменяется с дополнительной информацией





# Выбор направления профилей корреляции



***Корреляция проводится по пересекающимся профилям, состоящим из скважин, составленным в перпендикулярных направлениях. Именно так можно оценить характер изменчивости песчаных тел, слагающих природный резервуар. Детальная корреляция для построения геологической модели предполагает построение многочисленных взаимно пересекающихся профилей.***

# КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СХЕМЫ

## *отображение стратиграфических соотношений в разрезах скважин.*

- *На корреляционной схеме фиксируются глубины залегания и мощности стратиграфических подразделений во всех пробуренных скважинах. Вертикальный масштаб схем выбирают 1:2000; 1:1000; 1:500; 1:200.*
- *Схемы строят: в соответствии с размещением скважин по структуре; по порядку номеров скважин;*
- *Одним из основных элементов корреляционных схем является линия сопоставления, которую проводят для более наглядного показа изменения мощности коррелируемых отложений. Линией сопоставления могут служить кровля или подошва пласта, принятые за горизонтальную поверхность.*
- *Нельзя в качестве такой линии принимать поверхность несогласия, лучше брать пласт, залегающий ниже или выше этой поверхности.*
- *Разрезы всех скважин выравнивают по линии сопоставления. Границы одновозрастных слоев соединяют прямыми линиями, границы перерывов — волнистыми.*



# Последовательность проведения корреляции по ГИС

1. Задаются направления профилей корреляции
2. В разрезах скважин находятся региональные и локальные реперы и выделяются пласты-коллекторы и непроницаемые разделы между ними. В качестве реперов принимаются выдержанные в разрезе глинистые толщи.
3. Профили выравняются на различные поверхности одного из основных реперов, называемые линиями сопоставления или выравнивания
4. Оцениваются формы каротажных кривых ПС и ГК и выделяются (с учетом керна) типы разрезов по их принадлежности к тем или иным седиментационным системам
5. Производится геометризация песчаных тел, принадлежащих различным обстановкам осадконакопления

# ПРИМЕР корреляции канальных и баровых отложений дельты

