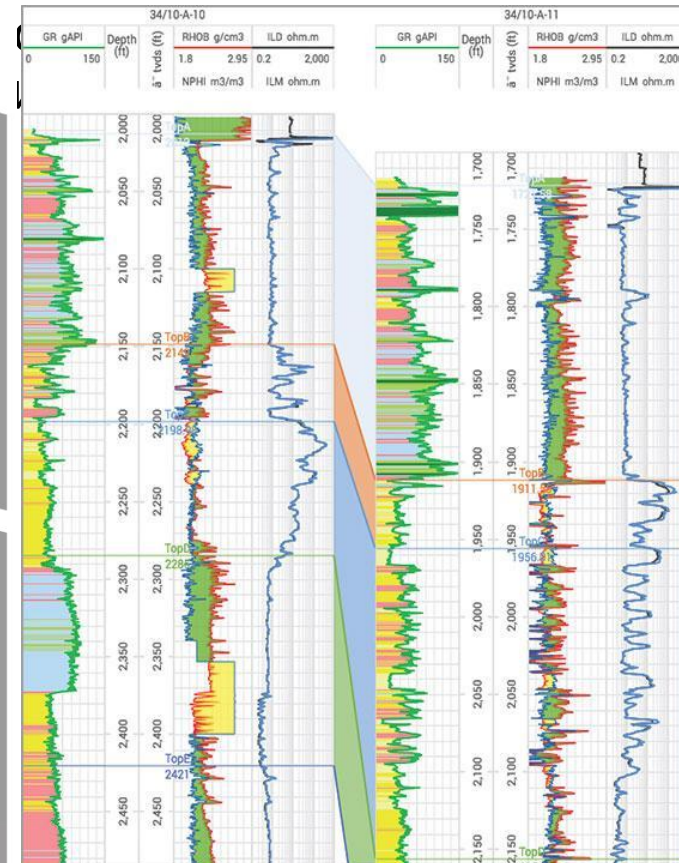
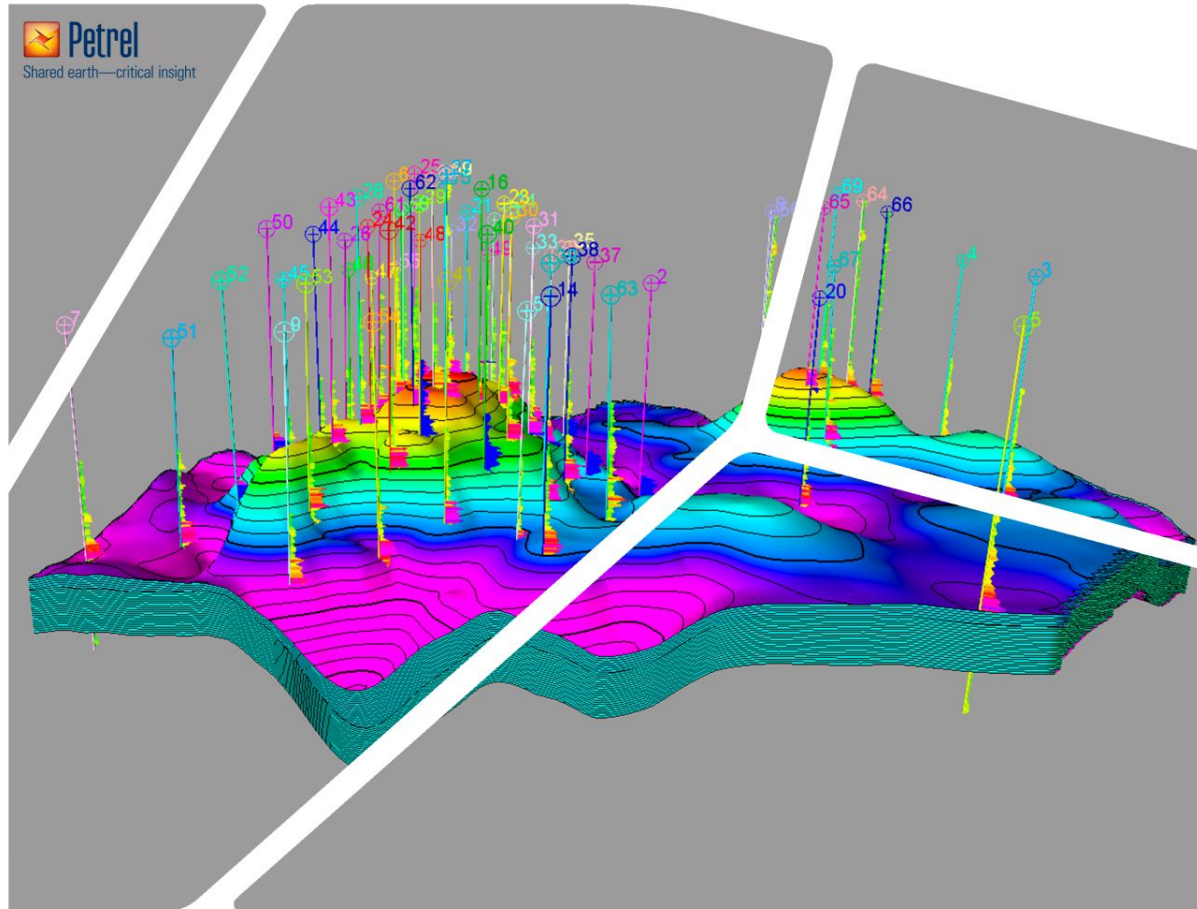


Геологическое моделирование

Основы геофизических исследований скважин

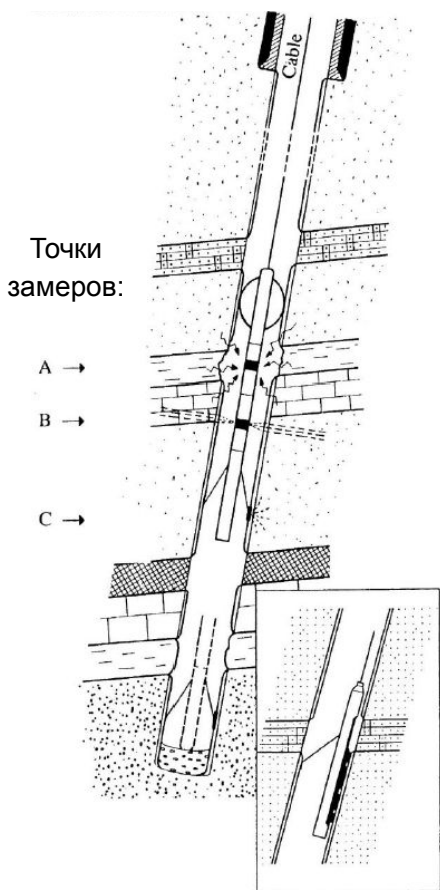
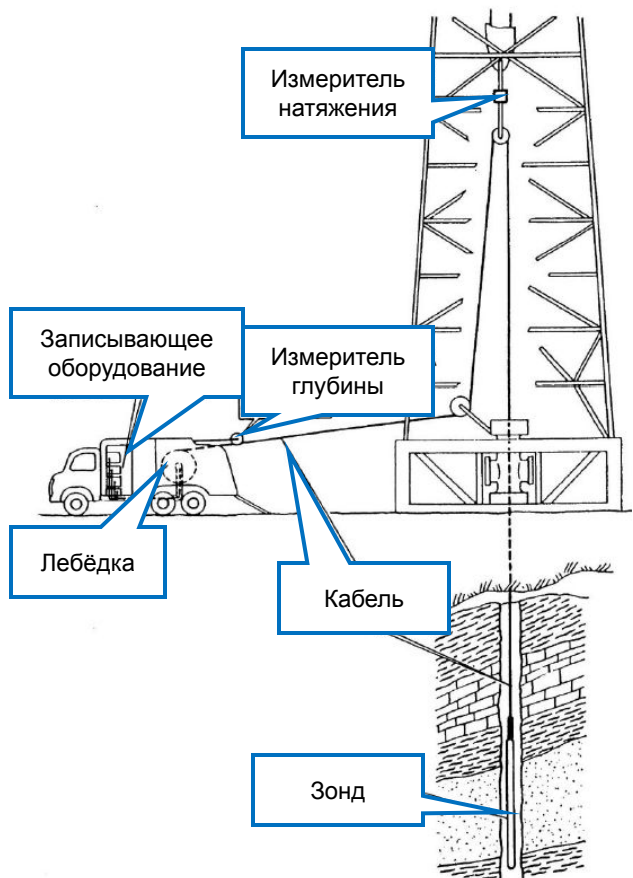


Ст. преподаватель кафедры РЭМТУ, ИГиНГТ КФУ

Огнев Игорь Николаевич

Геофизические исследования скважин

Геофизические исследования *скважин (или Каротаж)* – это проведение непрерывных измерений физических свойств геологического разреза при помощи специальных приборов (каротажных зондов), опускаемых в скважину. Проще говоря, каротаж - это определение геологических свойств физическими методами в скважине.



Характеристики записи каротажа

Шаг дискретизации
10 замеров/м

Вертикальное разрешение
0.5-1 м

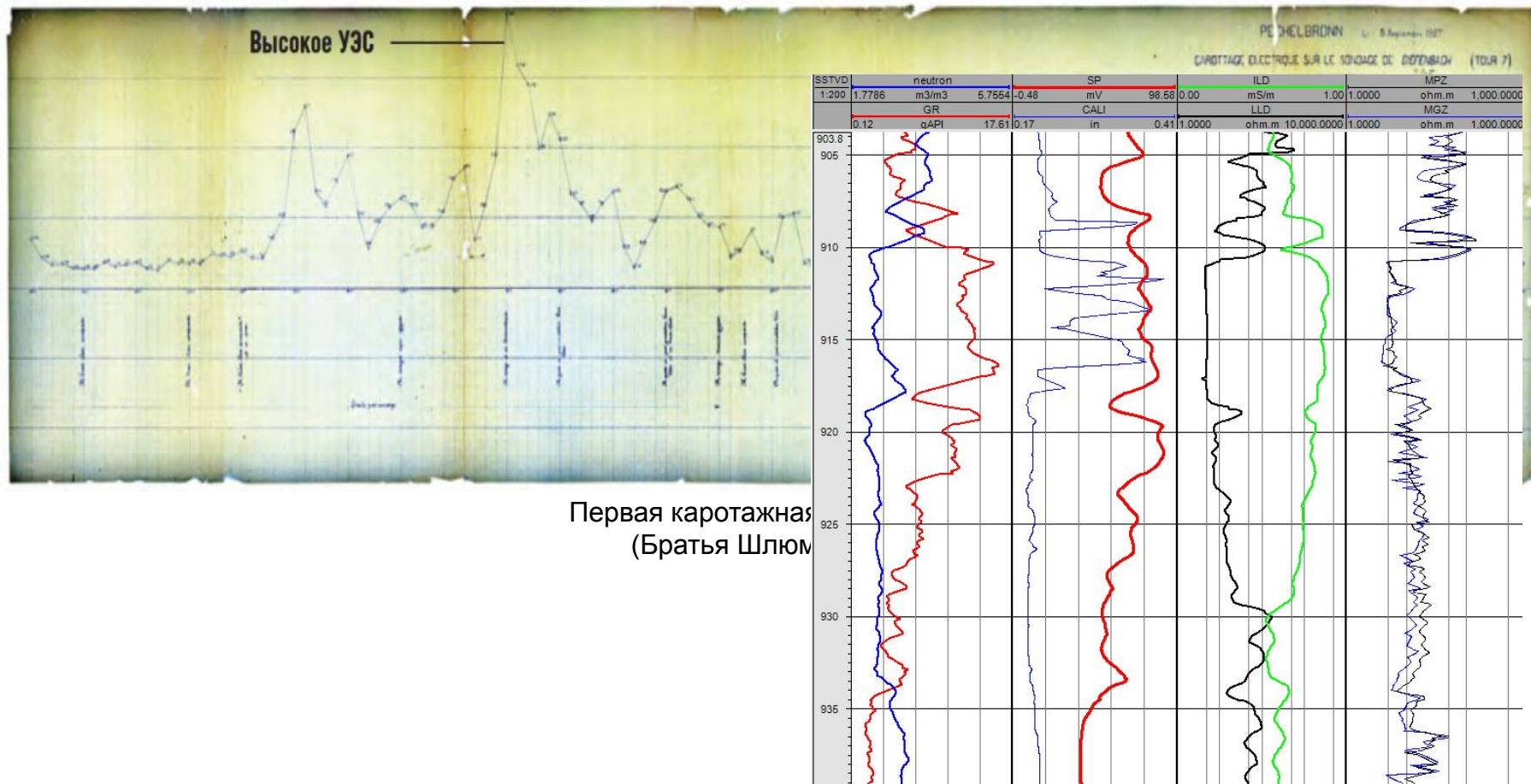
Глубина исследования
20 см – 2 м

Скорость зондирования
550 м/час



Каротажная диаграмма

Каротажная диаграмма – это кривая изменения физических параметров по разрезу скважины;

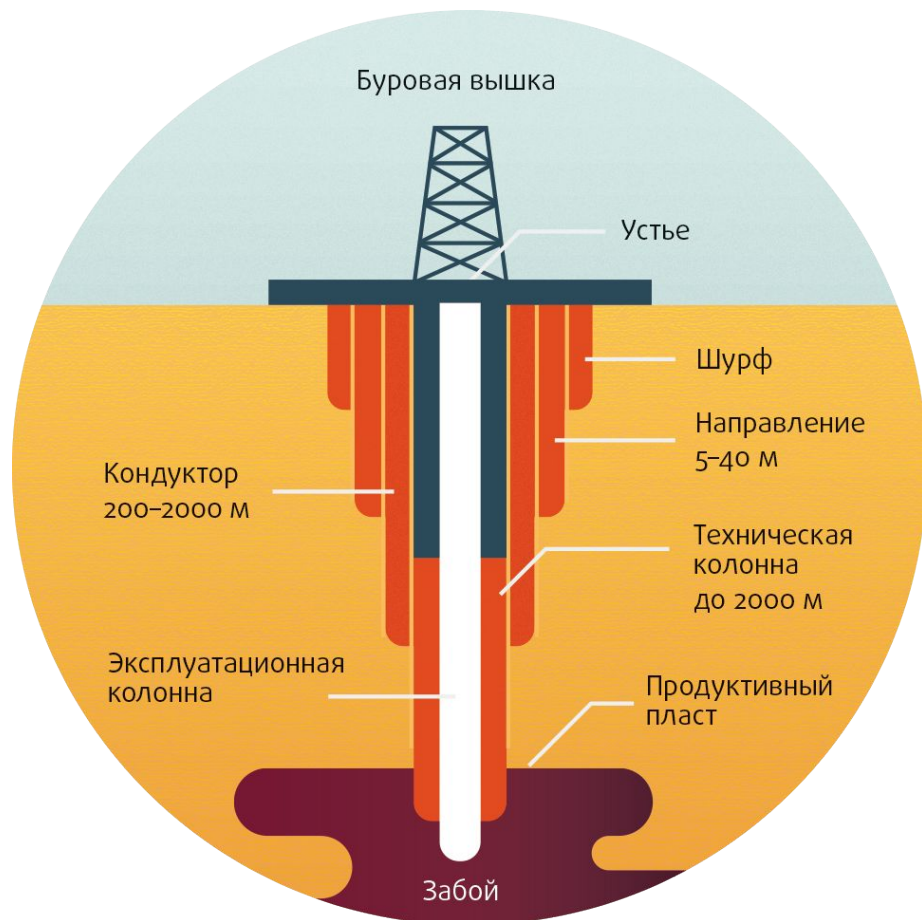


Первая каротажная
(Братья Шлюм)

Примеры каротажных диаграмм

Строение скважины

Скважина – это горная выработка круглого сечения, пробуренная с поверхности земли или с подземной выработки без доступа человека к забою под любым углом к горизонту, диаметр которой много меньше ее глубины.



Конструкция скважины

Типы скважин по направлению:

- 1) Вертикальная (угол отклонения от вертикали $< 5^\circ$);
- 2) Наклонно-направленная (угол отклонения от вертикали $> 5^\circ$);
- 3) Горизонтальная (угол отклонения ствола от вертикали составляет $80-90^\circ$);
- 4) Многоствольная.

Типы скважин по назначению:

- 1) Опорная;
- 2) Параметрическая;
- 3) Структурная;
- 4) Поисковая;
- 5) Разведочная;
- 6) Эксплуатационная;
- 7) Оценочная;
- 8) Нагнетательная;
- 9) Наблюдательная;
- 10) Специальная.



Задачи геофизических исследований скважин

Задачи общего характера:

- Стратиграфическое расчленение разрезов;
- Определение и уточнение геологического возраста горных пород;
- Расчленение разреза скважин по литологии;
- Определение границ и мощностей пластов;
- Выделение коллекторов;
- Определение насыщения;
- Изучение структуры геологических объектов, характера их фациальной изменчивости в горизонтальном и вертикальном направлениях;
- Корреляция разрезов скважин;
- Изучение строения месторождений по данным обобщающей интерпретации результатов ГИС.

Задачи детального исследования :

Количественное определение:

- коэффициента глинистости;
- коэффициента пористости;
- коэффициента проницаемости;
- коэффициента нефте- и газонасыщенности.



Роль геофизических исследований скважин в геологическом моделировании

- Корреляция разрезов скважин;
- Задание отбивок пластов по скважинам;
- Выделение фаций;
- Построение синтетических кривых для геонавигации;
- Построение кубов пористости, проницаемости и насыщения;
- Построение синтетической сейсмограммы.

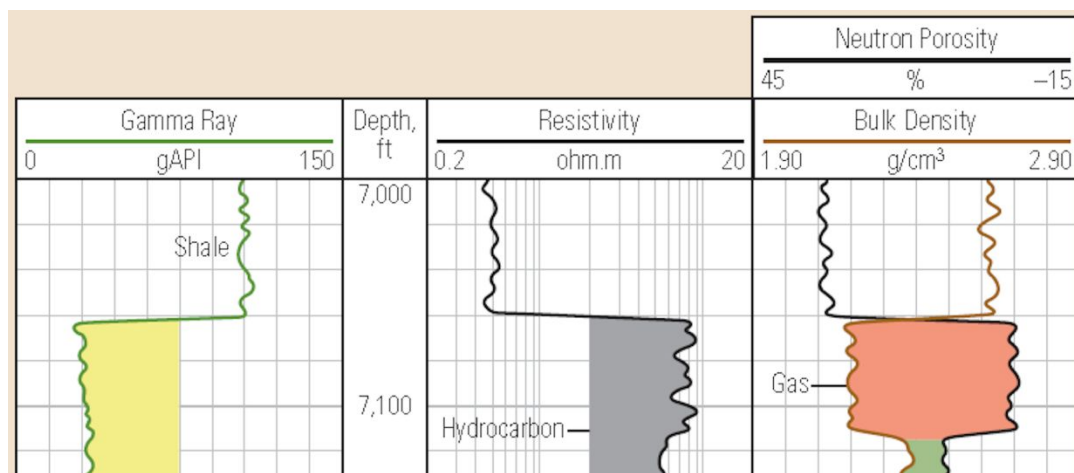


Классификация геофизических методов исследований скважин

- 1) **Электрический каротаж** – изучение электрических свойств горных пород;
- 2) **Радиоактивный каротаж** – исследование радиоактивных свойств элементов, слагающих горные породы;
- 3) **Акустический каротаж** – изучение скорости распространения и затухания упругих колебаний в горных породах;
- 4) **Ядерно-магнитный каротаж** – исследование магнитных свойств элементов горных пород;
- 5) **Термокаротаж** – тепловое поле и термические свойства пород;
- 6) **Механический каротаж** – к нему относятся: измерение диаметра скважины, скорости бурения;
- 7) **Прямые методы исследования скважин** – опробования.

Радиоактивный каротаж

Радиоактивный каротаж – исследование радиоактивных свойств пород, вскрытых скважиной.

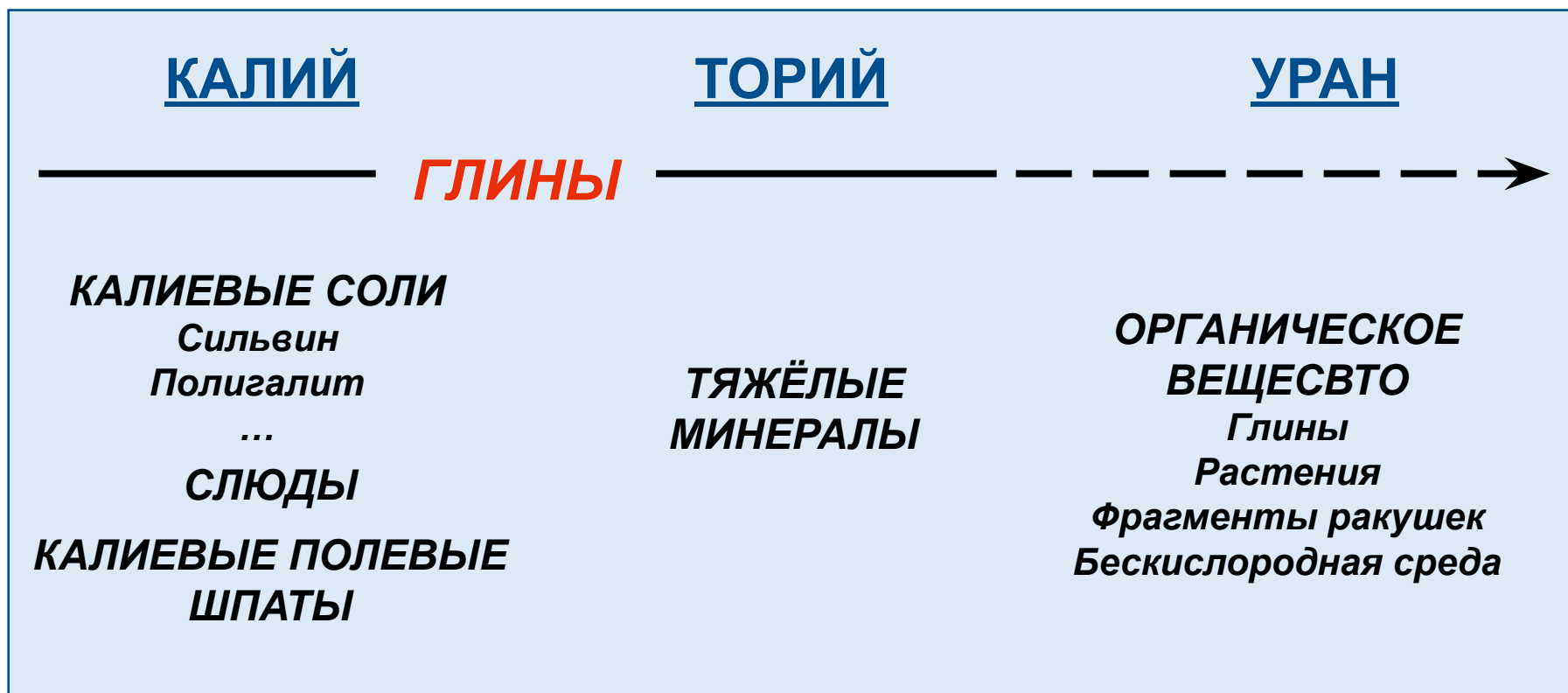


Методы радиоактивного каротажа:

- 1) Гамма-каротаж (ГК);
- 2) Гамма-гамма каротаж плотностной (ГГК-п);
- 3) Нейтронный гамма каротаж (НГК);
- 4) Нейтрон-нейтронный каротаж (ННК);
- 5) Импульсный нейтронный каротаж (ИНК).

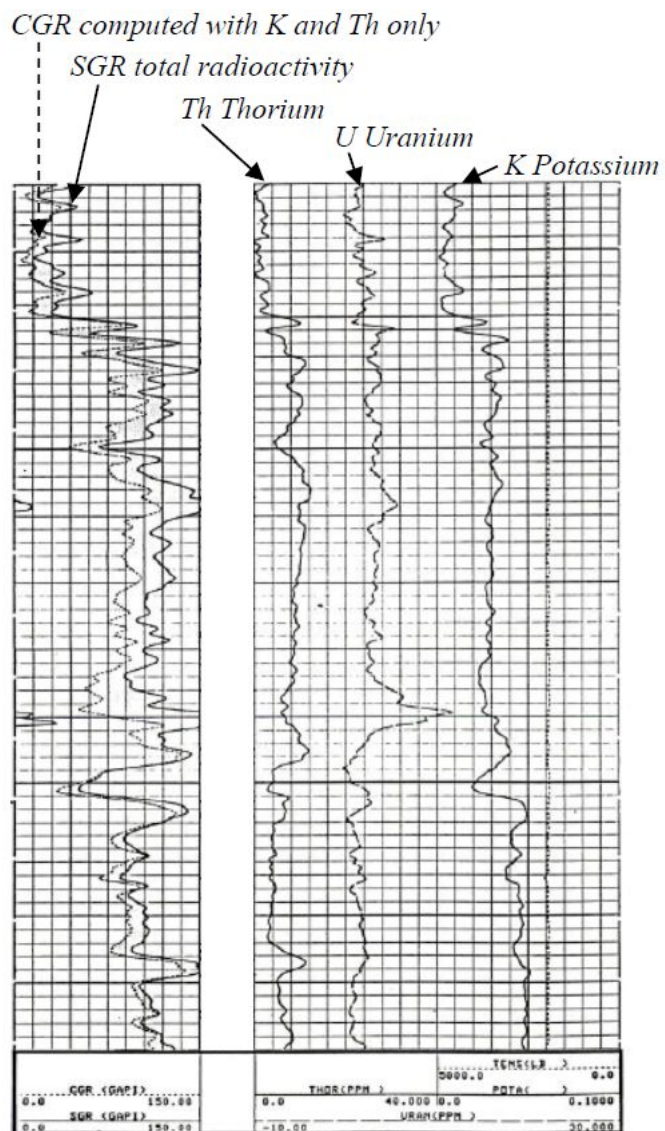
Гамма-каротаж

Гамма-каротаж основан на естественной радиоактивности горных пород. Естественная радиоактивность горных пород обусловлена главным образом присутствием изотопов ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U и продуктов их распада.





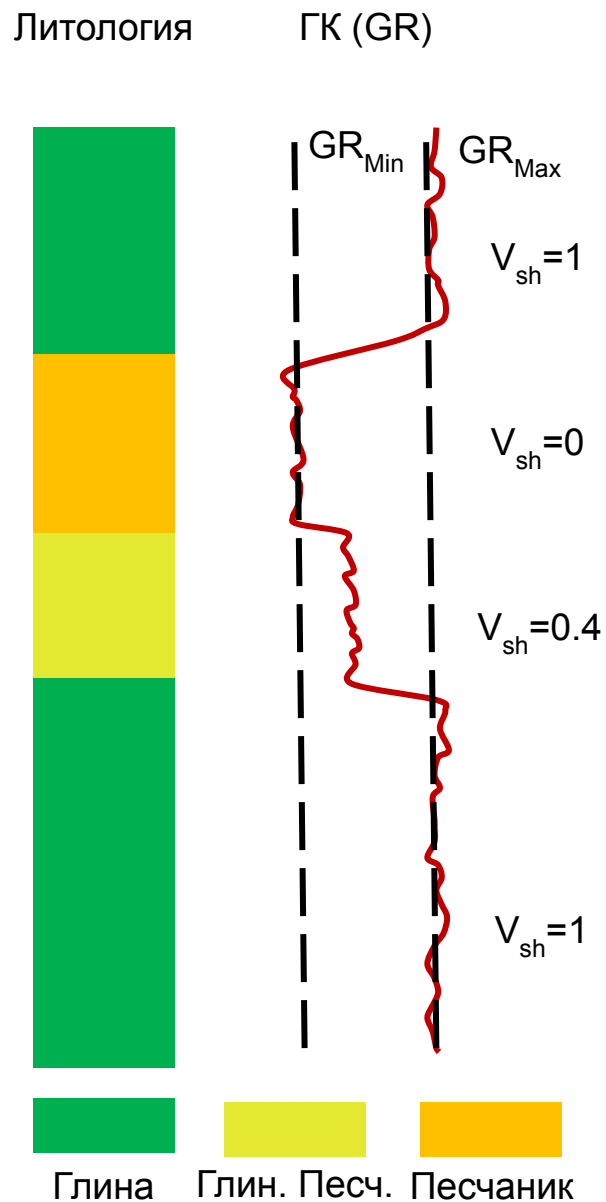
Гамма-каротаж



Спектрометрический Гамма каротаж позволяет выделить кривые ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U .



Гамма-каротаж



Определение глинистости
по гамма-каротажу:

$$V_{sh} = \frac{GR - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

GR_{min} – для $V_{sh}=0\%$;

GR_{max} – для $V_{sh}=100\%$



Задачи и ограничения гамма-каротажа

Глубинность метода ГК составляет до 0.3 м.

Решаемые задачи методом гамма-каротажа:

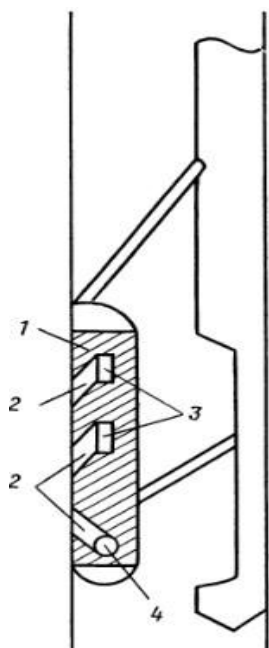
- 1) Литологическое расчленение разреза;
- 2) Корреляции разрезов скважин;
- 3) Определение коэффициента глинистости.

Ограничения метода ГК:

- 1) Повышенные значения ГК даёт небольшое содержание радиоактивных металлов в породе;
- 2) Невысокая скорость записи.

Гамма-каротаж плотностной

Гамма-каротаж плотностной (ГГК-п) основан на измерении интенсивности искусственного гамма-излучения, рассеянного породообразующими элементами в процессе их облучения потоком гамма-квантов посредством комптоновского эффекта.



Устройство скважинного

прибора ГГК-п

1 – экран,

2 - коллимационные
отверстия, 3 – детекторы, 4 –

источник гамма-квантов

Средние плотности основных типов горных пород:

Песчаник	2.65 г/см ³
Известняк	2.71 г/см ³
Доломит	2.87 г/см ³

Связь электронной и объёмной плотностей:

$$\rho_e = 2\rho_{bulk} \cdot \frac{Z}{A}$$

Связь глинистости, пористости и объёмной плотности:

$$\rho_b = (1 - V_{sh} - \varphi) \cdot \rho_{ma} + V_{sh} \cdot \rho_{sh} + \varphi \cdot \rho_f$$

ρ_{ma} – плотность скелета;

ρ_{sh} – плотность глин;

ρ_f – плотность флюида;

V_{sh} – объём глин



Задачи и ограничения плотностного гамма-каротажа

Глубинность метода ГГК-п составляет до 0.1-0.15 м.

Решаемые задачи методом ГГК-п:

- 1) Определение плотности горных пород;
- 2) Оценка пористости пластов;
- 3) Литологическое расчленение разреза;
- 4) Построение синтетических сейсмограмм.

Ограничения метода ГГК-п:

- 1) Малая глубинность;
- 2) Невысокая скорость записи.



Нейтронный каротаж

Нейтронный каротаж основан на регистрации нейтронов или гамма-квантов возникших в результате воздействия нейтронами на породу.

Нейтрон - это тяжёлая элементарная частица, не имеющая электрического заряда.

Классификация нейтронов по энергии:

- холодные (0.0001 эВ);
- тепловые (0.025 эВ);
- надтепловые (более 0.025 эВ);
- быстрые (более 10^5 эВ).



Нейтронный каротаж

Классификация методов нейтронного каротажа:





Классификация методов нейтронного каротажа

Нейтронный гамма-каротаж

- Основан на облучении породы быстрыми нейтронами и регистрации гамма квантов, образующихся при их захвате.

Нейтрон-нейтронный каротаж

- Основан на облучении породы быстрыми нейтронами и регистрации многократно рассеянных медленных (надтепловых или тепловых) нейтронов.

Модификации метода:

1. Нейтрон-нейтронный каротаж по надтепловым нейтронам (**ННКнт**);
2. Нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым нейтронам (**ННКт**).

Импульсный нейтронный каротаж

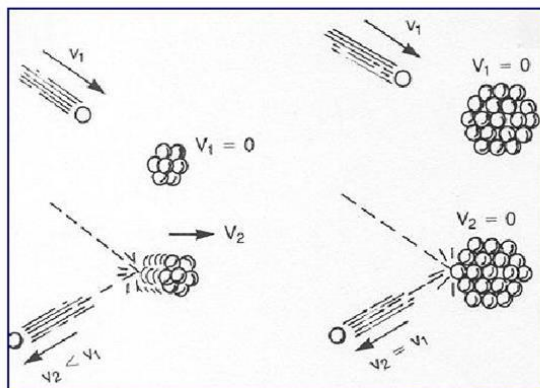
- Основан на облучении породы краткосрочными интенсивными импульсами быстрых нейтронов и позволяет оценить влияние горной породы и скважины отдельно.



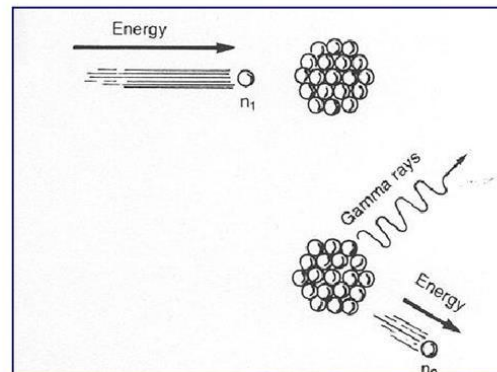
Нейтронный каротаж

Виды взаимодействия нейтронов с веществом:

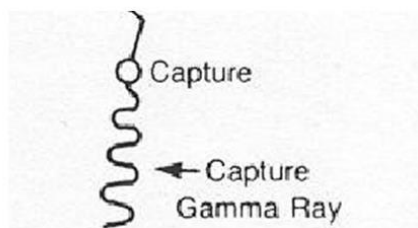
Упругое соударение



Неупругое соударение



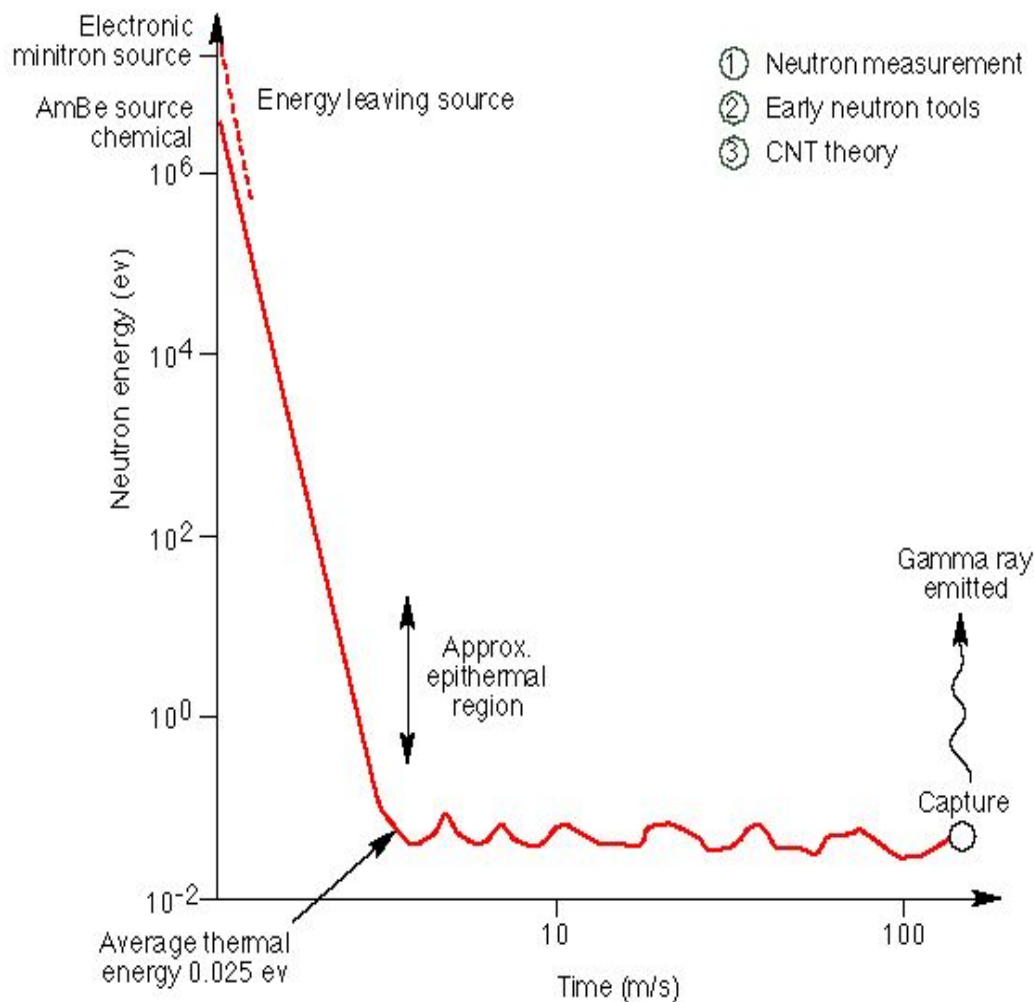
Захват нейтрона ядром



Водород – аномальный замедлитель нейтронов

Хлор, бор, кадмий, литий – аномальные поглотители нейтронов

Нейтронный каротаж



Из источника испускаются **быстрые нейтроны**.

В среде они быстро **теряют энергию** в результате столкновений с атомами породы.

Наибольшие потери происходят при столкновении с атомами **водорода**.

После того, как электрон становится тепловым он **поглощается ядром (Cl)**, которое переходит в возбуждённое состояние

Поведение быстрого нейтрона в горной породе



Нейтронный каротаж

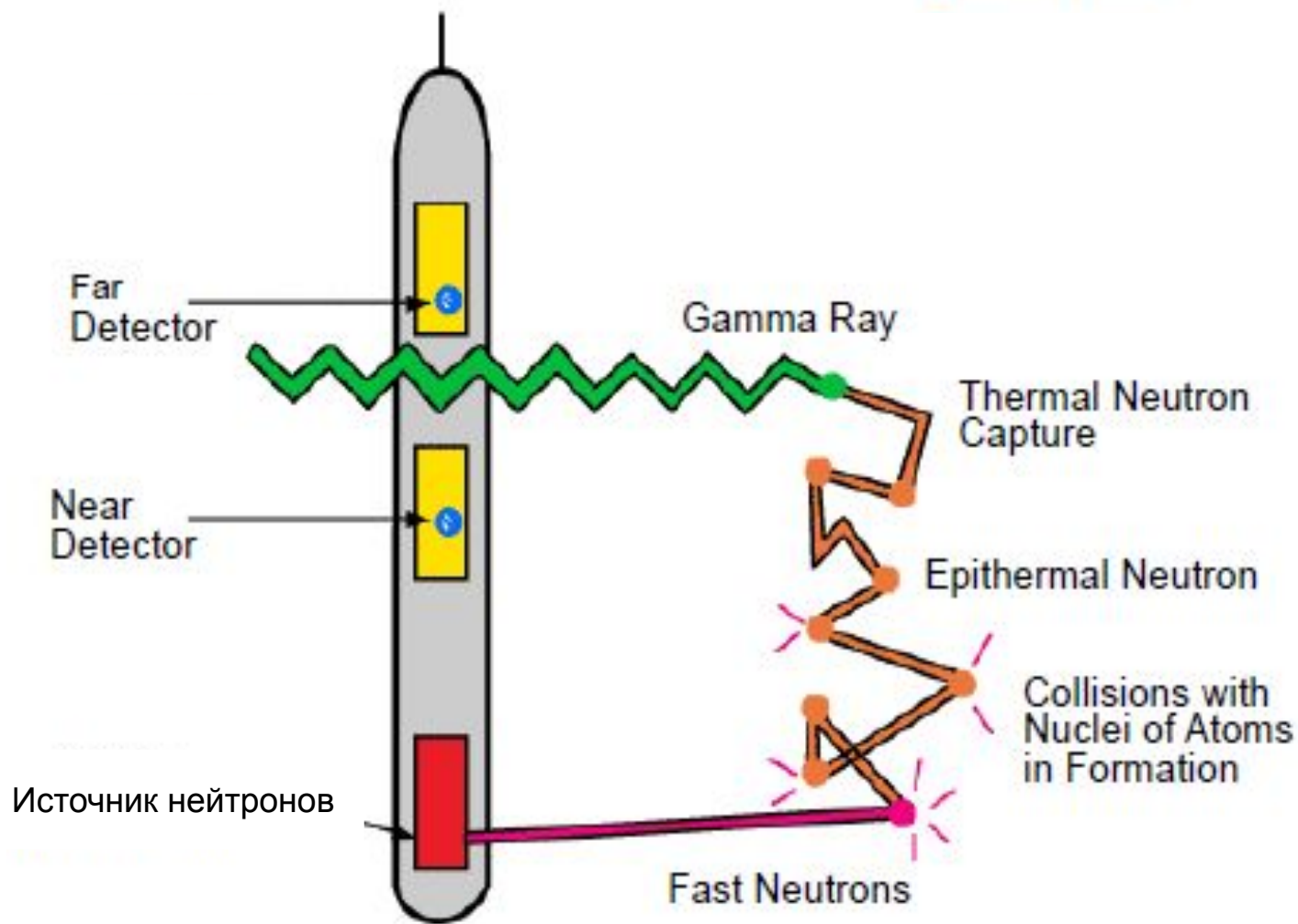
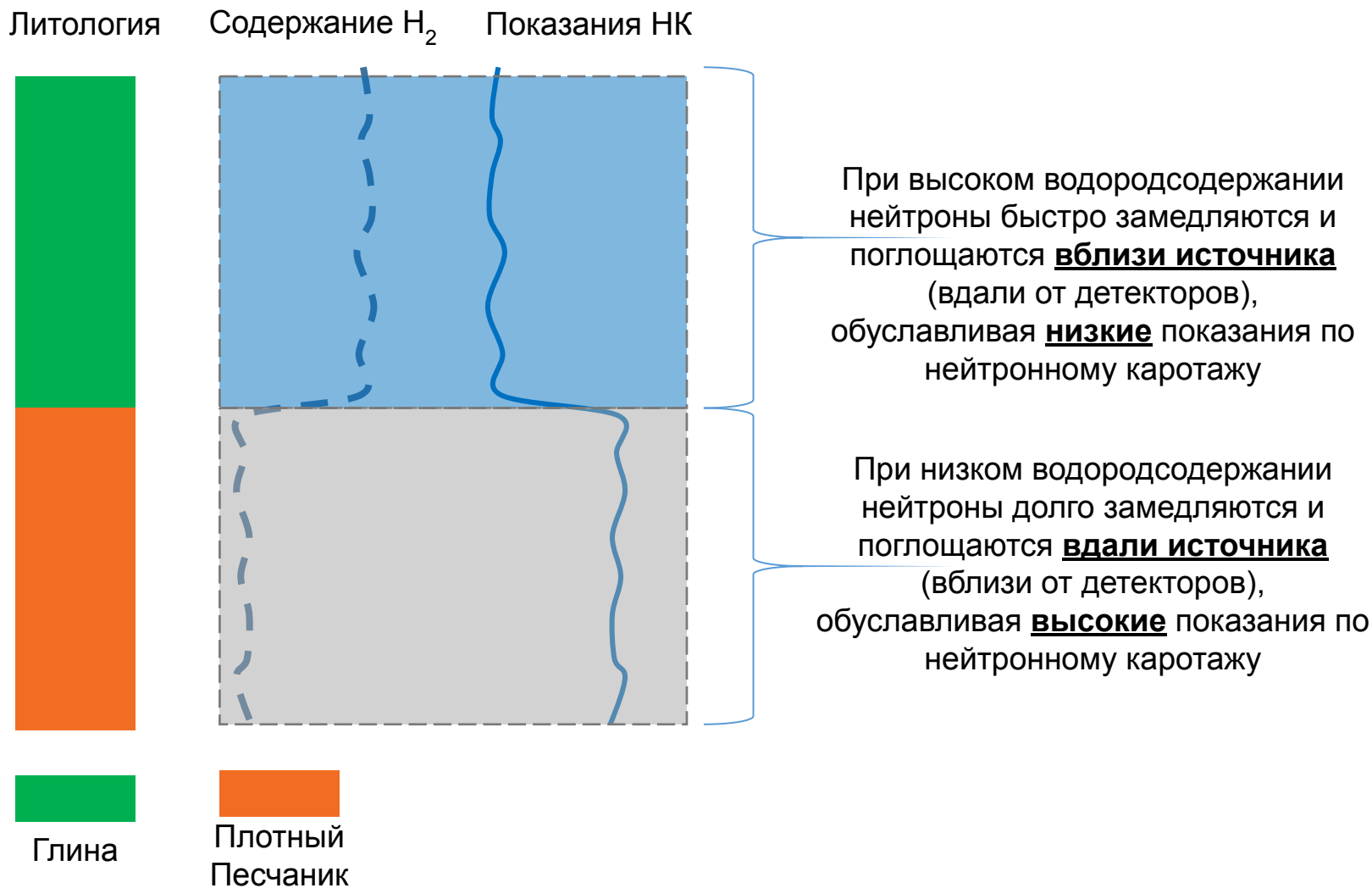


Схема измерения по нейтронному каротажу
(Schlumberger, 2010)



Нейтронный каротаж



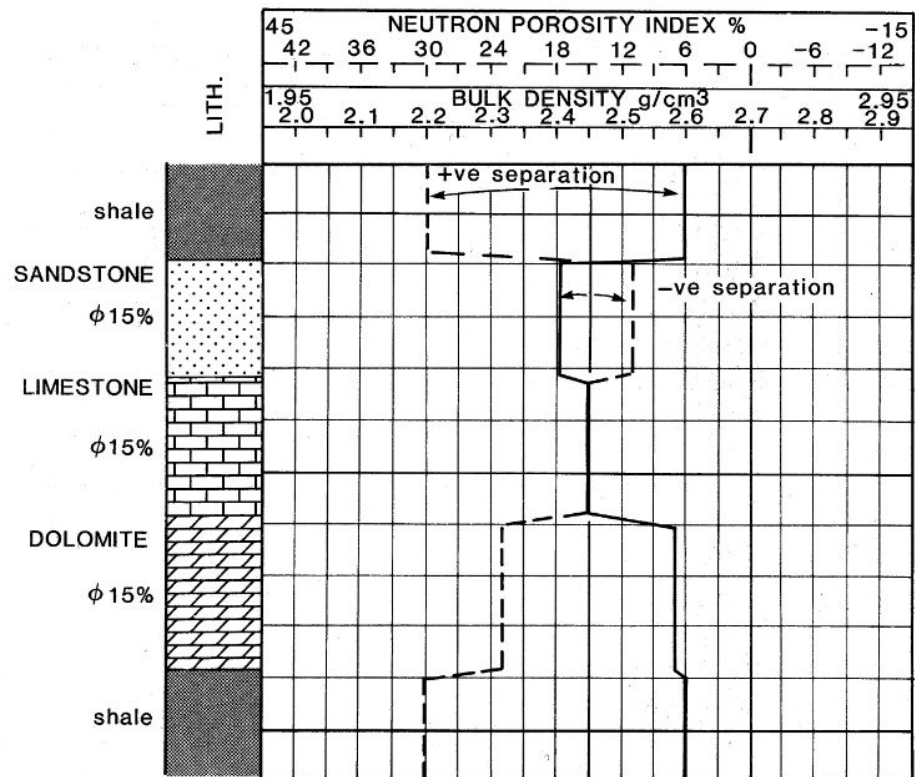
Влияние типа горной породы
на показания нейтронного каротажа



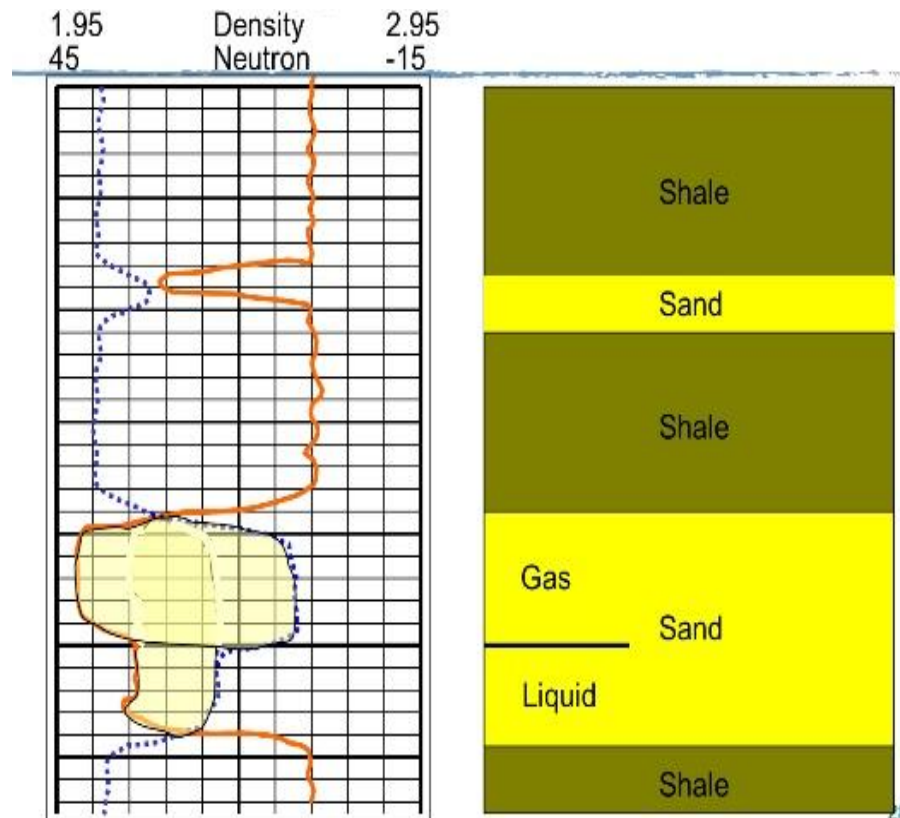
Нейтронный каротаж

- Нейтронный каротаж показывает водородосодержащие в горных породах;
- При высоком водородосодержании в пласте наблюдаются **низкие** показания нейтронного каротажа, так как замедление и поглощение нейтронов происходит уже на значительном расстоянии от приёмника;
- Нейтронный-нейтронные каротажи свободны от влияния естественной радиоактивности в отличие от нейтронного гамма-каротажа;
- Импульсный нейтронный каротаж позволяет отделить высокоминерализованную пластовую воды от нефти.

Связь нейтронного и плотностного каротажей



Поведение кривых нейтронного и плотностного каротажей в разных породах



Поведение кривых нейтронного и плотностного каротажей в терригенном разрезе с различным насыщением



Задачи и ограничения нейтронного каротажа

Глубинность метода нейтронного каротажа составляет около 0.2 м.

Решаемые задачи методом нейтронного каротажа:

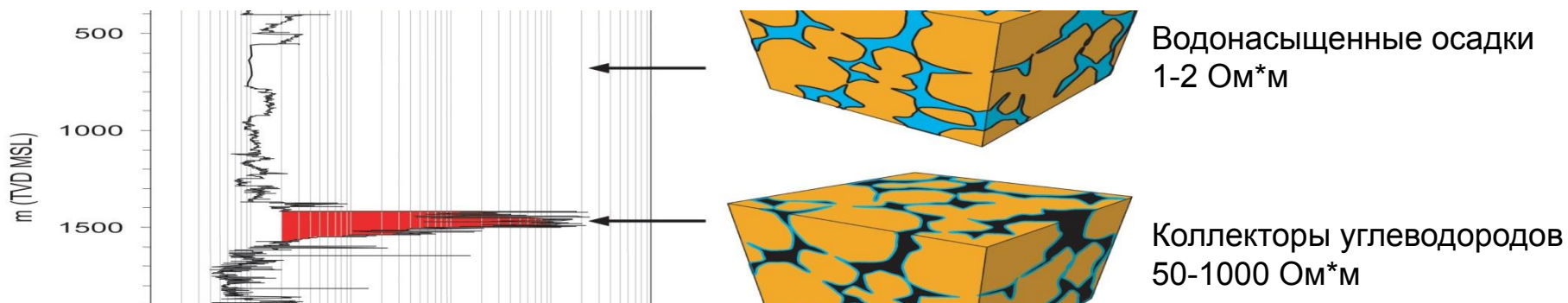
- 1) Количественное определение пористости и других коллекторских свойств горной породы;
- 2) Корреляция разрезов скважин;
- 3) Выявление положения водонефтяного контакта.

Ограничения метода НК:

- 1) Малая глубинность;
- 2) Невысокая скорость записи;
- 3) Нейтроны реагируют на водород, содержащийся в кристаллической решетке (Гипс)
- 4) Необходимость введения множества поправок (скважина, температура, давление, минерализация и пр).

Электрический каротаж

Электрический каротаж – исследование электрического поля (естественного и искусственного) в скважине с целью изучения геологического разреза.



Методы электрического каротажа:

- 1) Метод потенциала самопроизвольной поляризации (ПС);
- 2) Метод кажущегося сопротивления (КС);
- 3) Боковой каротаж (БК);
- 4) Индукционный каротаж (ИК);
- 5) Высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ);
- 6) Микрокаротаж (МГЗ и МПЗ).

Метод потенциала самопроизвольной поляризации

Метод потенциала самопроизвольной поляризации (ПС) основан на измерении естественных потенциалов в скважине.

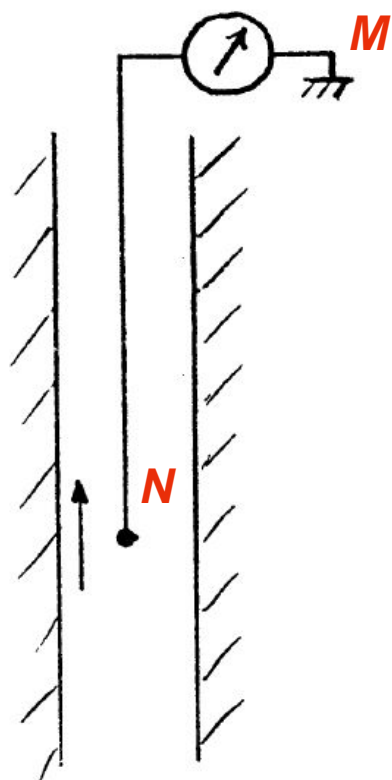
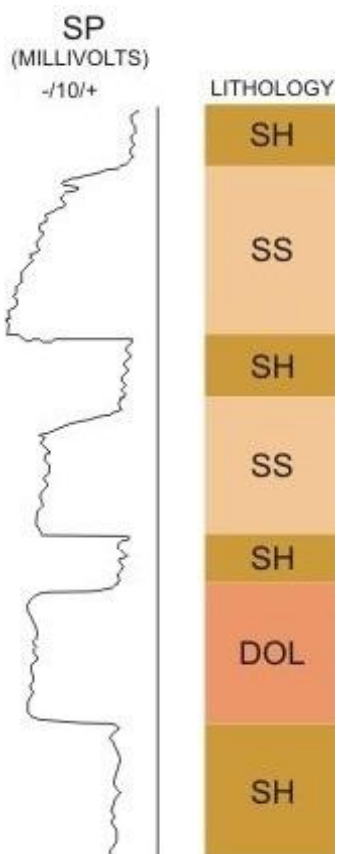


Схема проведения
метода ПС



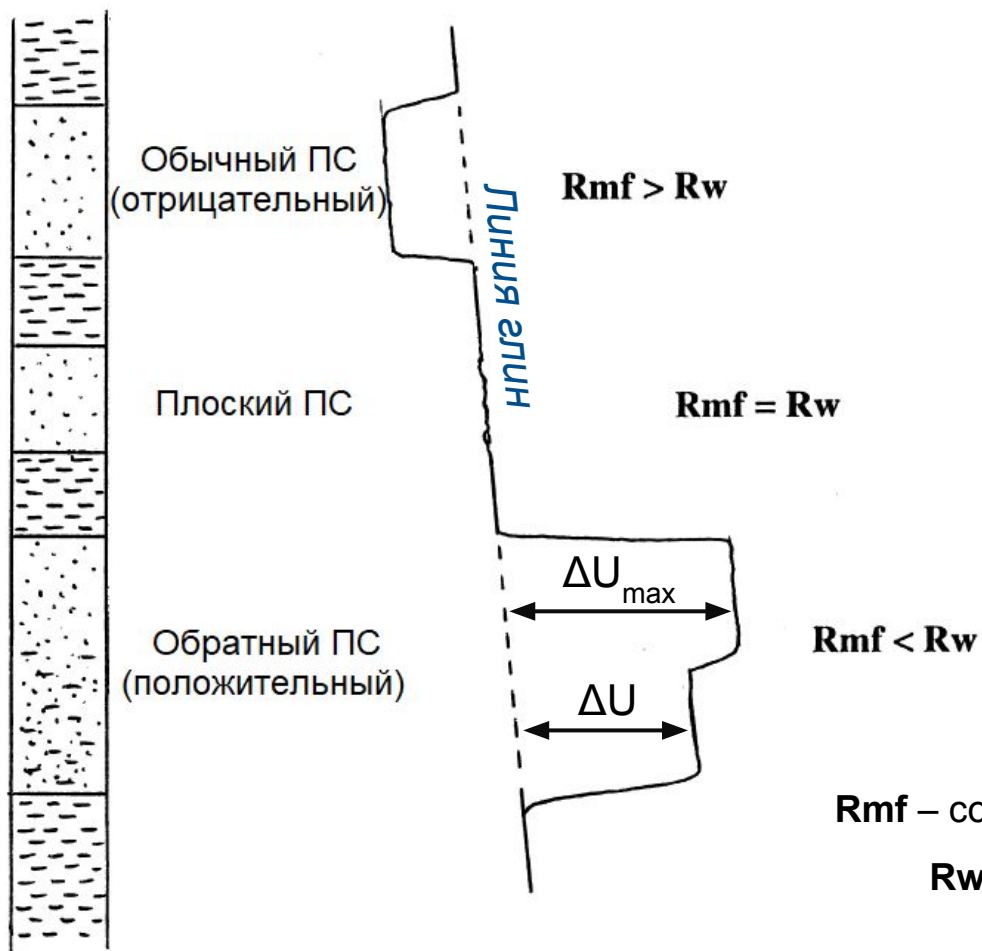
Пример кривой ПС

Типы естественных потенциалов:

- 1) Диффузионно-адсорбционный;
- 2) Фильтрационный;
- 3) Окислительно-восстановительный.



Метод потенциала самопроизвольной поляризации



$$\alpha_{ПС} = \frac{\Delta U}{\Delta U_{max}}$$

$$V_{sh} = 1 - \alpha$$

R_{mf} – сопротивление фильтра бурового раствора

R_w – сопротивление пластового флюида

Зависимость ПС от сопротивления фильтра бурового раствора и сопротивления пластового флюида



Задачи и ограничения метода потенциала самопроизвольной поляризации

Решаемые задачи методом ПС:

- 1) Расчленение разреза скважин;
- 2) Выделение в разрезе тонкодисперсных (глинистых) пород и коллекторов;
- 3) Определение минерализации пластовых вод;
- 4) Оценка пористости коллекторов, в случае установления чёткой взаимосвязи между пористостью и глинистостью.

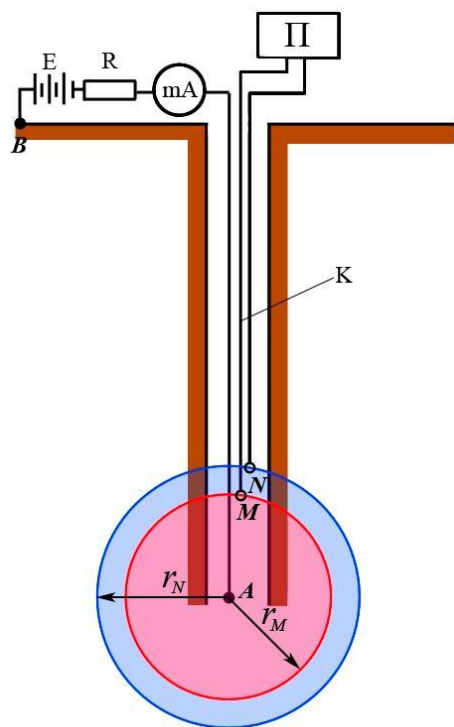
Ограничения метода ПС:

- 1) Только открытый ствол;
- 2) Необходима разница в концентрации солей между пластом и буровым раствором;
- 3) Неточен в карбонатном разрезе..

Электрокаротаж обычными зондами кажущегося сопротивления

Электрокаротаж обычными зондами кажущегося сопротивления (КС)

– это каротаж стандартными градиент- и потенциал-зондами с целью определения сопротивления горных пород.



Электроды А, В – питающие;
Электроды М, N – приёмные.

Парные электроды – выполняют одну функцию (А, В);
Нeparные электроды – выполняют разные функции (А, М).

$$U_M = \frac{\rho I}{4\pi r_M}$$

$$U_N = \frac{\rho I}{4\pi r_N}$$

$$\Delta U = U_M - U_N = \frac{\rho I}{4\pi} \frac{MN}{AM * AN}$$

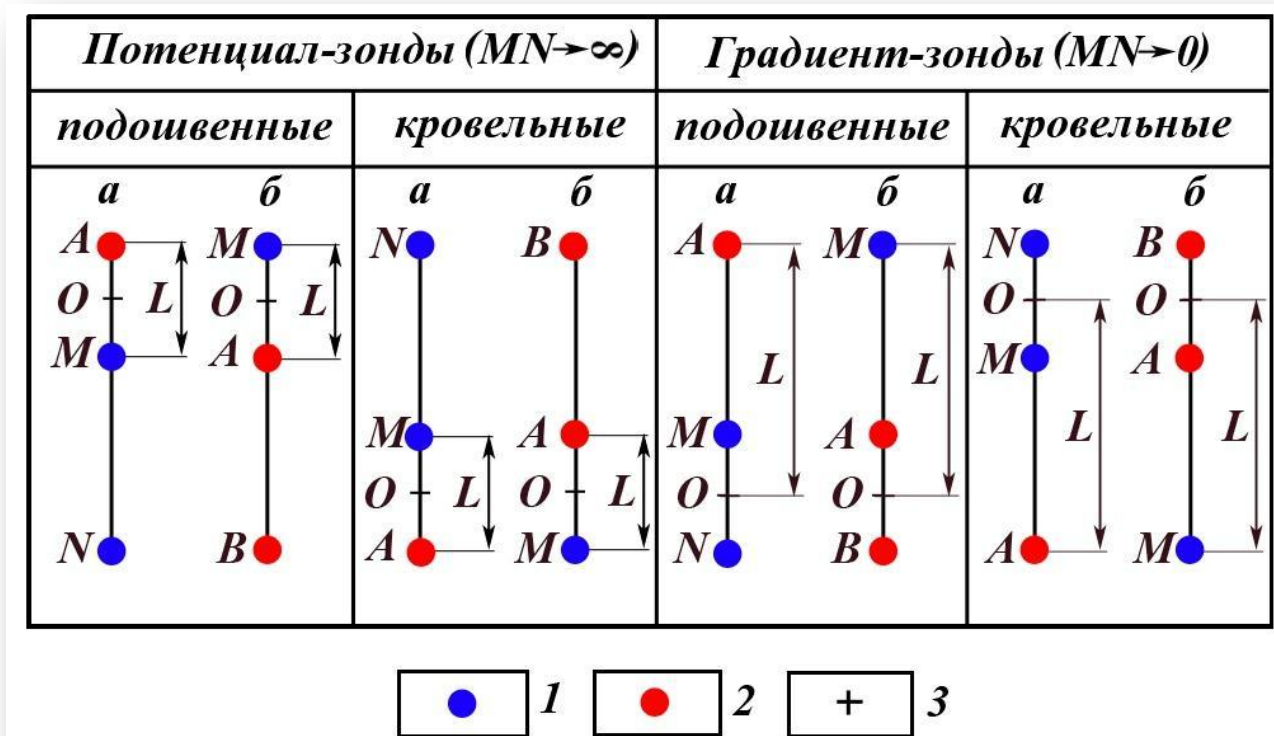
$$\rho = K \frac{\Delta U}{I}$$

Схема измерения кажущегося
удельного электрического
сопротивления

Типы зондов в методе КС

Потенциал-зонды (ПЗ) – это зонды, у которых расстояние между непарными электродами AM мало по сравнению с расстоянием между парными MN или AB .

Градиент-зонды (ПЗ) – это зонды, у которых расстояние между парными электродами мало по сравнению с расстоянием от парного до ближайшего непарного.

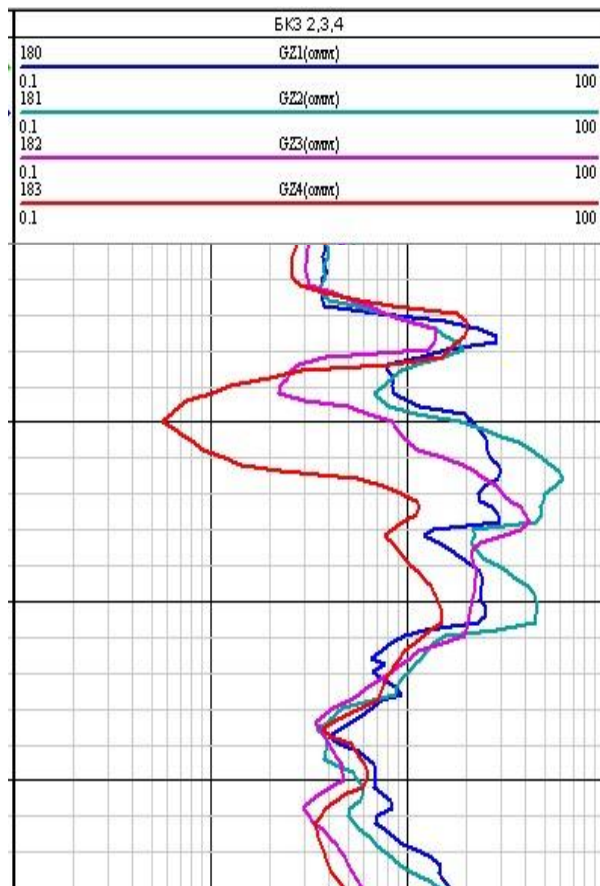


Электроды: 1 – измерительный; 2 – питающий; 3 – точка записи.

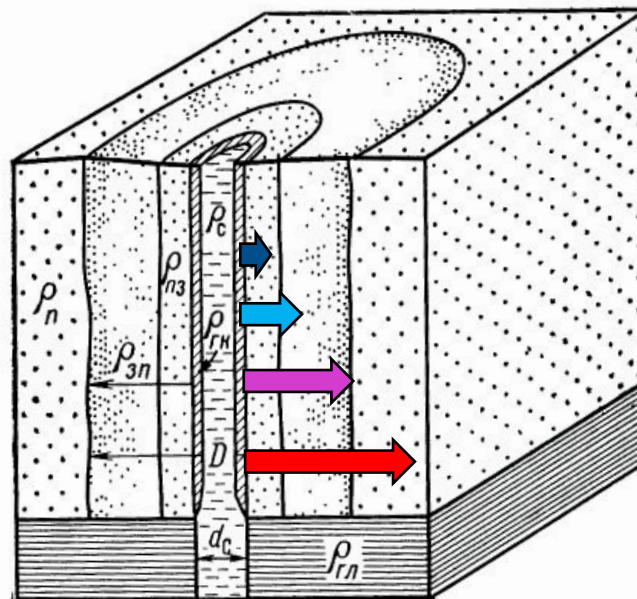
Зонды: а – однополюсные; б – двухполюсные.

Боковое каротажное зондирование

Боковое каротажное зондирование (БКЗ) – метод КС, основанный на изучении искусственного электрического поля в горных породах, создаваемого набором градиент-зондов.



Пример кривой БКЗ



Электрическая модель пласта

- ГК** – глинистая корка;
- ПЗ** – промытая зона;
- ЗП** – зона проникновения бурового раствора в пласт;
- П** – неизменённый пласт.

Повышающее проникновение – проникновение пресного фильтрата (или фильтрата раствора на нефтяной основе) в пласт, насыщенный солёной водой.

Понижающее проникновение – проникновение солёного фильтрата в пласт, насыщенный пресной водой или углеводородами.



Задачи и ограничения электрокаротажа методом кажущихся сопротивлений

Глубинность метода КС зависит от размера зонда.

Глубинность градиент-зонда примерно соответствует размеру зонда.

Глубинность потенциал-зонда примерно соответствует двум размерам зонда

Решаемые задачи методом КС:

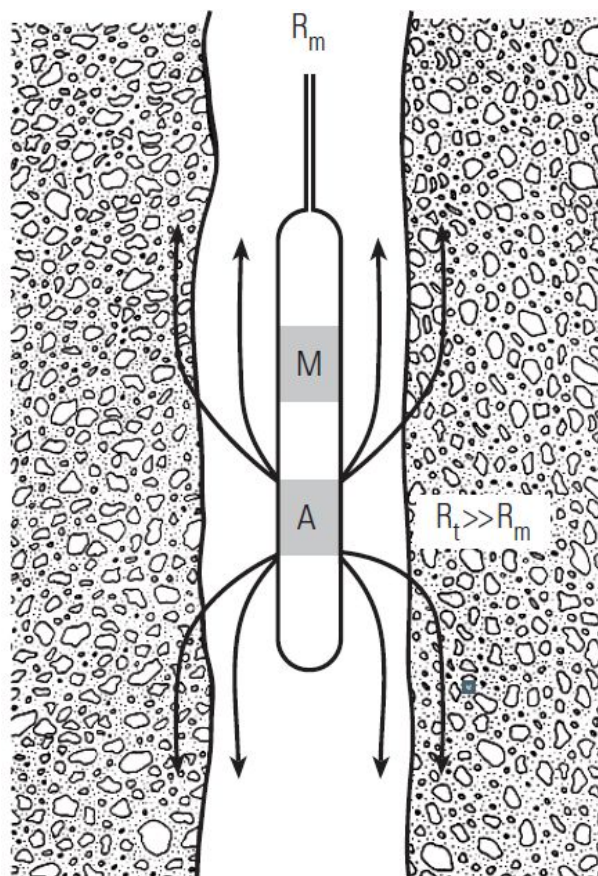
- 1) Оценка характера насыщения коллектора и установление его промышленной газоносности;
- 2) Определение кажущегося сопротивления породы;
- 3) Оценка пористости (в некоторых случаях);
- 4) Расчленение разреза.

Ограничения метода КС:

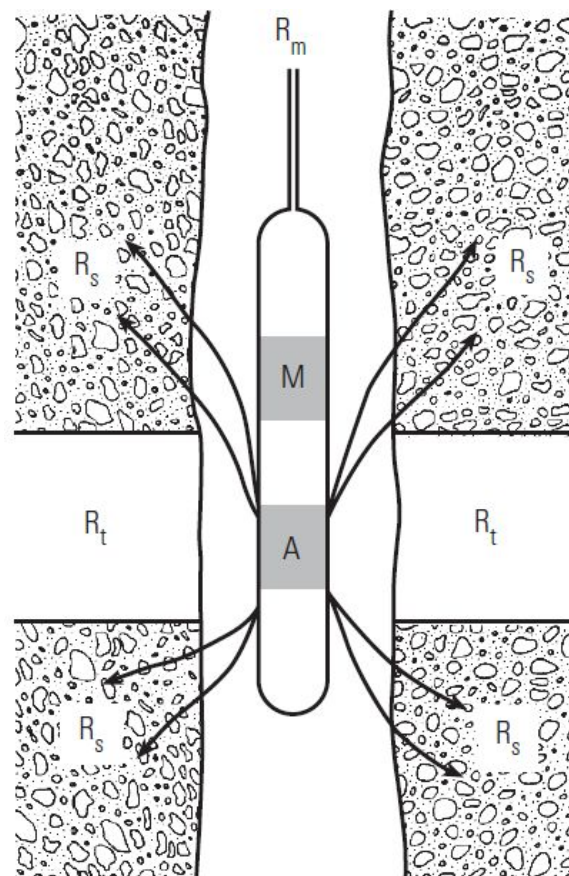
- 1) Неприменим в обсаженной скважине;
- 2) Неприменим при непроводящих ток растворах;
- 3) Имеет большие помехи в случае сильно-проводящих растворов и в высокоомных разрезах из-за утечек тока;
- 4) С увеличением размера зонда увеличивается глубинность и уменьшается разрешающая способность.

Боковой каротаж фокусными зондами

Боковой каротаж (БК) – это измерения кажущегося сопротивления по стволу скважины зондом бокового каротажа с автоматической фокусировкой тока



Идеализированные линии тока в сильно проводящем буровом растворе

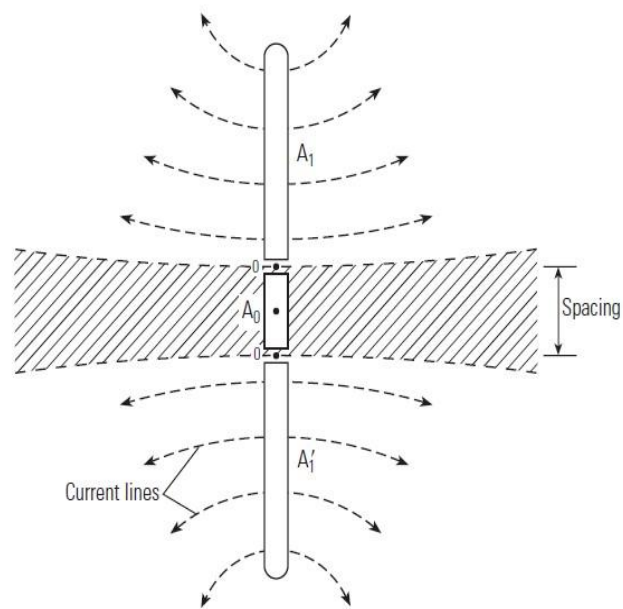


Идеализированные линии тока напротив тонкого высокоомного пласта

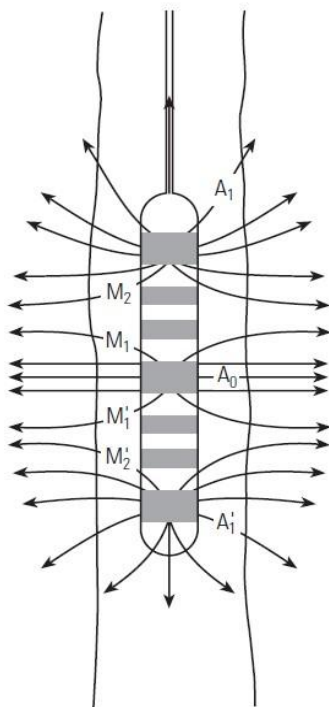


Зонды бокового каротажа

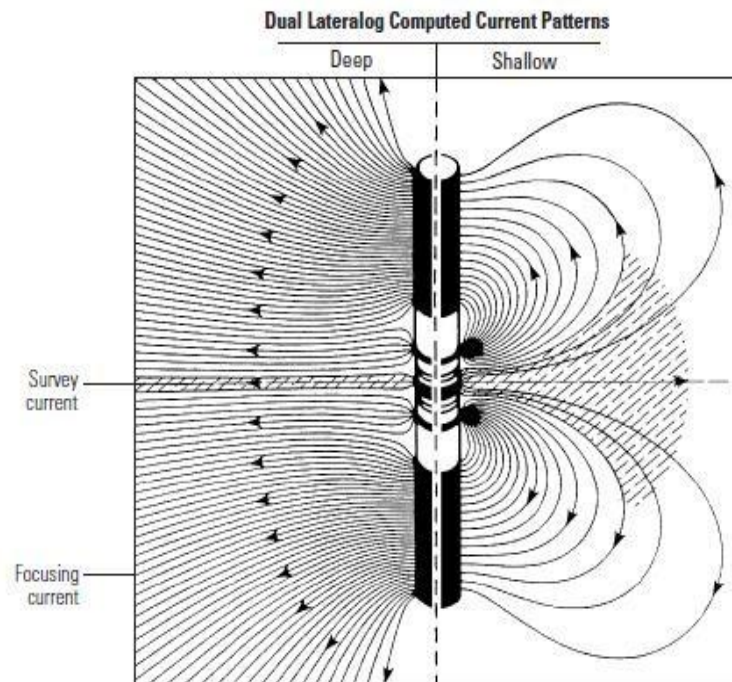
Боковой каротаж (БК) – это измерения кажущегося сопротивления по стволу скважины зондом бокового каротажа с автоматической фокусировкой тока



Трёхэлектродный зонд



Семиэлектродный зонд



Девятиэлектродный зонд



Задачи и ограничения бокового каротажа

Решаемые задачи методом БК:

- 1) Выделение тонких пропластков;
- 2) Определение сопротивления горных пород;
- 3) Определение нефтегазонасыщения пород;
- 4) Корреляция разрезов скважин.

Ограничения метода БК:

- 1) Неприменим в обсаженной скважине;
- 2) Неприменим при непроводящих ток растворах.

Индукционный каротаж

Индукционный каротаж (ИК) – основан на возбуждении тока в горных породах при помощи индукционной катушки и измерении вторичного сигнала приёмной катушкой.

Создан для работы в условиях непроводящей промывочной жидкости.

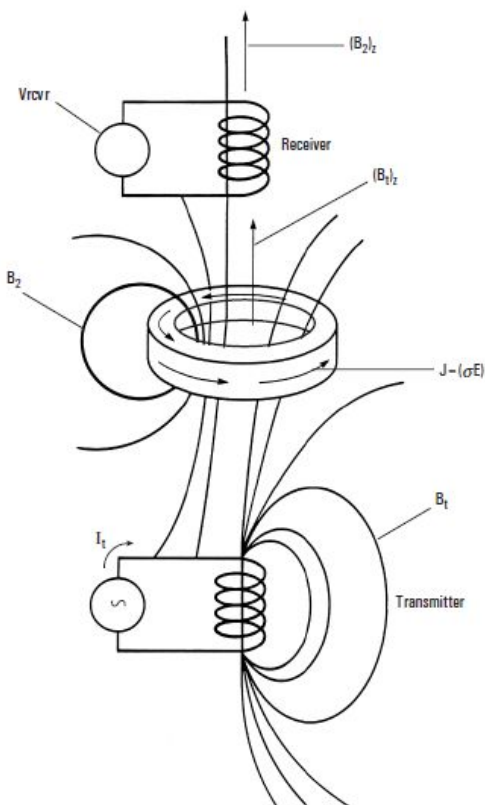
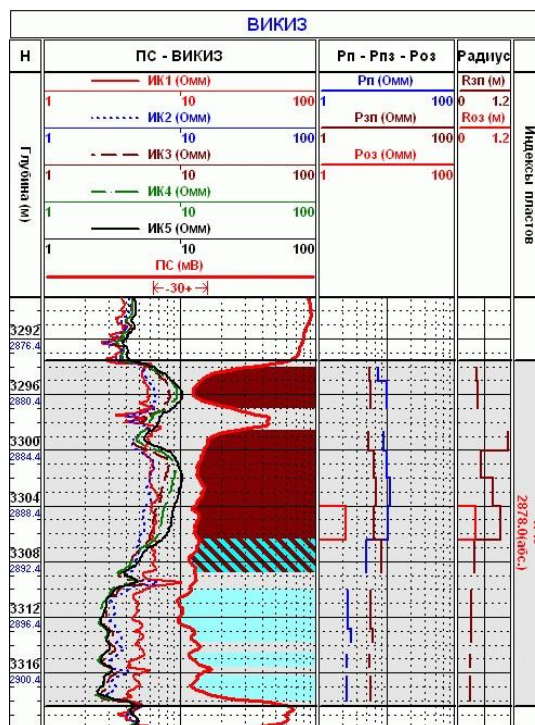


Схема измерения индукционный каротажом



Высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование

Высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ) – метод, основанный на измерении относительных фазовых характеристик высокочастотного электромагнитного поля, создаваемого генераторными катушками и принимаемого измерительными катушками.



Пример каротажных диаграмм
ВИКИЗ



Задачи и ограничения индукционного каротажа

Глубинность метода ИК зависит как от размера зонда (с увеличением расстояния между генераторной и приёмной катушками глубинность растёт), так и от частоты применяемого электромагнитного поля (с увеличением частоты глубинность уменьшается).

Решаемые задачи методом ИК:

- 1) Определение кажущейся проводимости;
- 2) Выявление нефтенасыщенных зон;
- 3) Выявление уровней флюидов (ВНК, ГВК);
- 4) Корреляция.

Ограничения метода ИК:

- 1) Неприменим в стальной обсадочной колонне;
- 2) Малая разрешающая способность в высокоомных разрезах.

Микрозондирование

Микрозондирование (МГЗ, МПЗ) – метод, основанный на детальном исследовании кажущегося сопротивления прискважинной части разреза зондами очень малой длины — микрозондами.

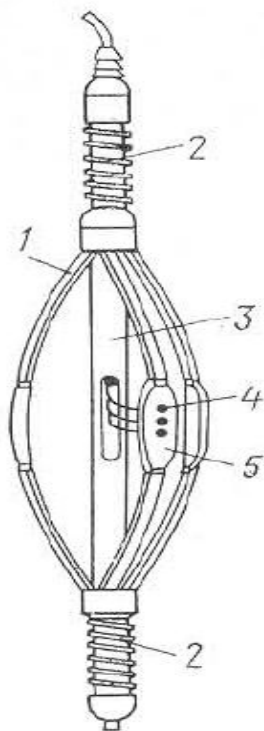
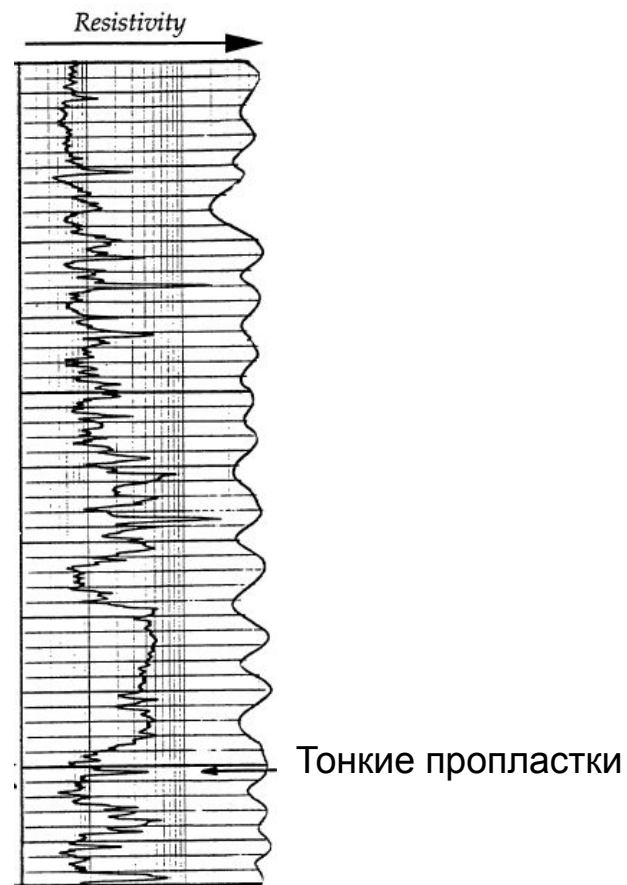


Схема конструкции микрозонда с рессорными прижимными устройствами.
1 – рессора; 2 – пружина; 3 – штанга;
4 – электроды; 5 – башмак.



Пример кривой МКЗ



Задачи и ограничения микрозондирования

Глубинность градиент-микрозонда приблизительно равна его длине (3,75 см);

Глубинность потенциал-микрозонда в 2,0–2,5 раза больше его длины, т. е. 10—12 см.

Решаемые задачи методом микрозондирования:

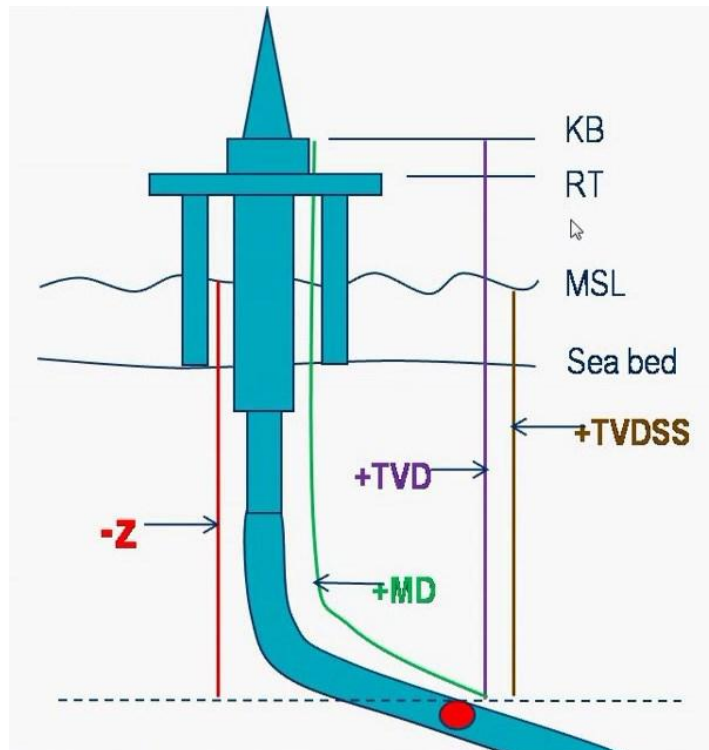
- 1) Расчленение разреза с высокой точностью;
- 2) Выделение коллекторов;
- 3) Определение удельного электрического сопротивления промытой зоны;
- 4) Оценка сопротивления промывочной жидкости в интервале каверн.

Ограничения метода микрозондирования :

- 1) Существенное изменение диаметра и формы сечения ствола скважины;
- 2) Наличие раствора в скважине с удельным электрическим сопротивлением менее 0.05 Ом*м;
- 3) Неприменим в обсадной колонне.

Инклинометрия

Инклинометрия – определение пространственного положения ствола бурящейся скважины путём непрерывного измерения инклинометрами.



Альтитуда (KB) – расстояние от устья скважины до уровня моря.

Уровень моря (MSL) – средний уровень Балтийского моря (принят за основу в геодезической съёмке в России)

Кабельная глубина (MD) – длина скважины, измеренная по кабелю при спуске каротажного прибора. Как правило, именно кабельная глубина указывается на каротажных диаграммах.

Абсолютная глубина (Z) – расстояние по вертикали от уровня моря до точки в скважине. Как правило, ниже уровня моря значения отрицательные, выше уровня – положительные.

Основные параметры для задания геометрии скважины:

Угол – это угол отклонения скважины от вертикали;

Азимут – это угол между направлением скважины и направлением на магнитный север;

Глубина – это, как правило, кабельная глубина.



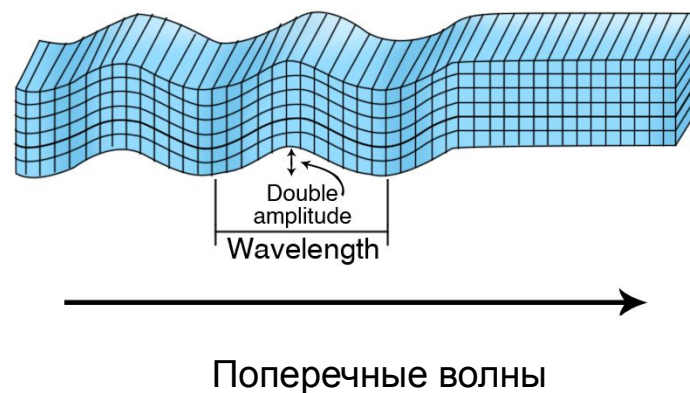
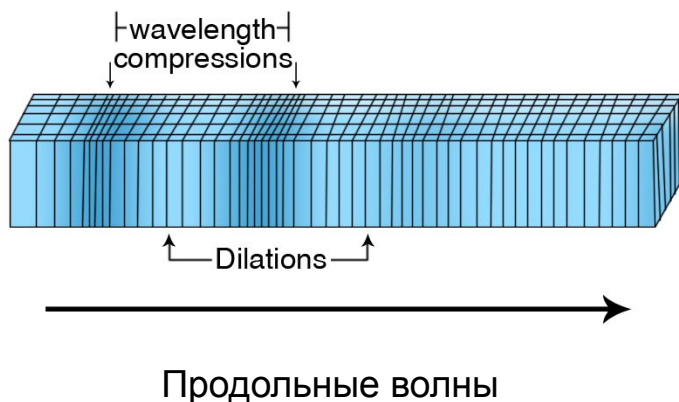
Акустический каротаж

Акустический каротаж (АК) – изучение скорости распространения и затухания упругих колебаний в горных породах

Методы акустического каротажа:

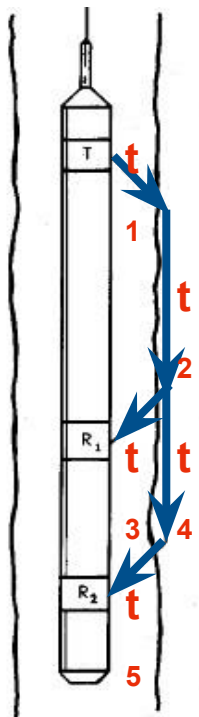
- 1) Каротаж по скорости;
- 2) Каротаж по затуханию;
- 3) Многоволновый акустический каротаж;
- 4) Акустическое сканирование.

Виды акустических волн:



Акустический каротаж

Акустический каротаж (АК) по скорости – основан на изучении распространения упругих волн в горных породах, вскрываемых скважинами, путем измерения интервального времени (Δt).



$$T_1 = t_1 + t_2 + t_3$$

$$T_2 = t_1 + t_2 + t_4 + t_5$$

$$\Delta t = T_1 - T_2 = t_4$$

Δt зависит от литологии, пористости пород, плотности, характеристик флюидов

Схематическое изображение прибора АК

Т – источник упругих колебаний;
 R_1 и R_2 – приёмники упругих колебаний

Акустический каротаж (АК) по затуханию – основан на изучении характеристик затухания упругих волн в породах. .

Параметр затухания:

$$\alpha = \ln \left(\frac{A_1}{A_2} \right) / S$$

где A_1, A_2 – амплитуды колебаний;

S – расстояние между приёмниками;

α – коэффициент поглощения энергии.

Причины затухания:

- Поглощение из-за неидеально упругой среды;
- Расхождение энергии во все больший объем среды;
- Рассеяние и дифракция волн

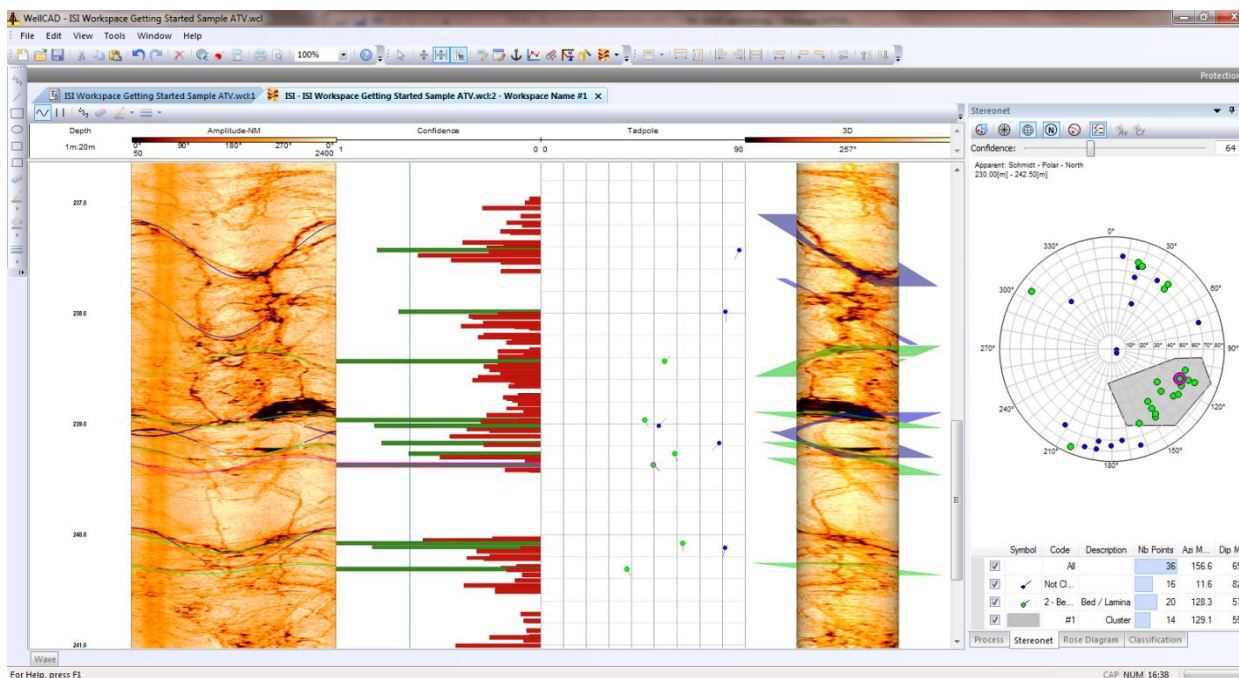
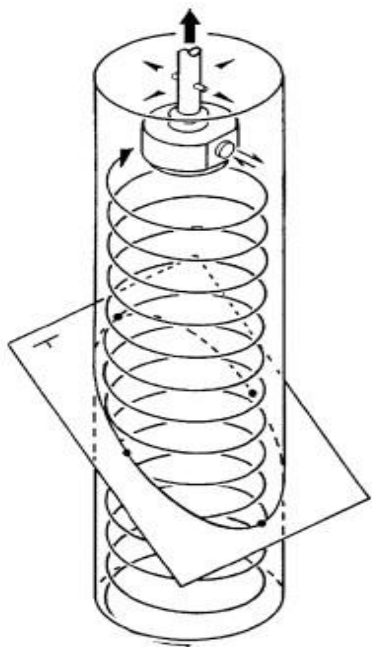
Затухание зависит от:

Глинистости, характера насыщения, трещиноватости, кавернозности пород.

Акустическое сканирование

Скважинное акустическое сканирование основано на изучении свойств отраженной от стенки скважины волны.

По времени прихода волны можно судить о диаметре скважины, а по амплитуде пришедшей волны – о свойствах породы. Более плотные участки имеют высокоамплитудные отклики (волна хорошо отражается от плотных пород). Отражения в области трещин и каверн имеют низкие амплитуды.



Интерпретация данных скважинного акустического сканирования



Задачи и ограничения акустического каротажа

Глубинность метода акустического каротажа составляет до 0.6 м.

Решаемые задачи методом акустического каротажа:

- 1) Литологическое расчленение разреза;
- 2) Стратиграфическая привязка отложений;
- 3) Выделение пластов коллекторов;
- 4) Определение характера насыщения пластов;
- 5) Оценка коэффициента пористости пород;
- 6) Определения положения водонефтяного и газожидкостных контактов;
- 7) Построение синтетических сейсмограмм.

Ограничения метода АК:

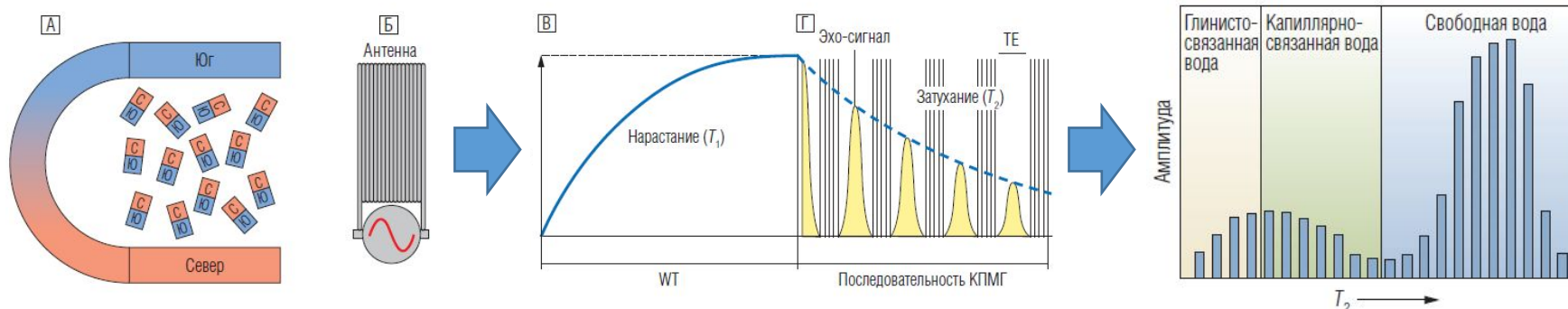
- 1) Невысокая скорость записи;
- 2) Высокий газовый фактор.

Ядерно-магнитный каротаж

Ядерно-магнитный каротаж (ЯМК) – основан на изучении **искусственного электромагнитного поля**, образующегося в результате взаимодействия магнитного и механического моментов ядер химических элементов с импульсным внешним магнитным полем.

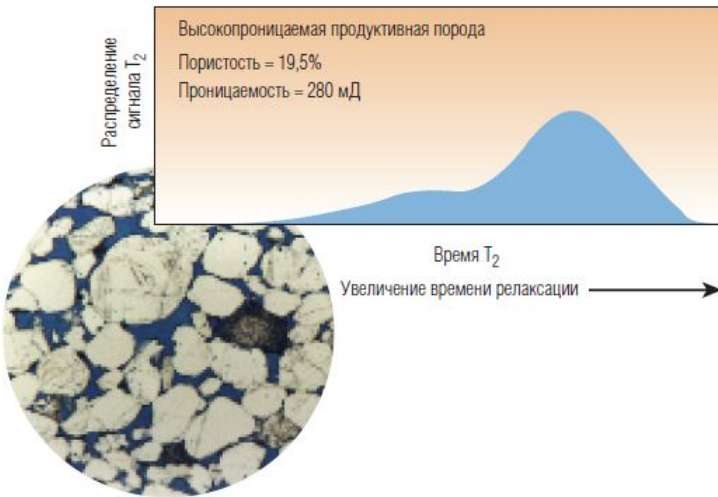
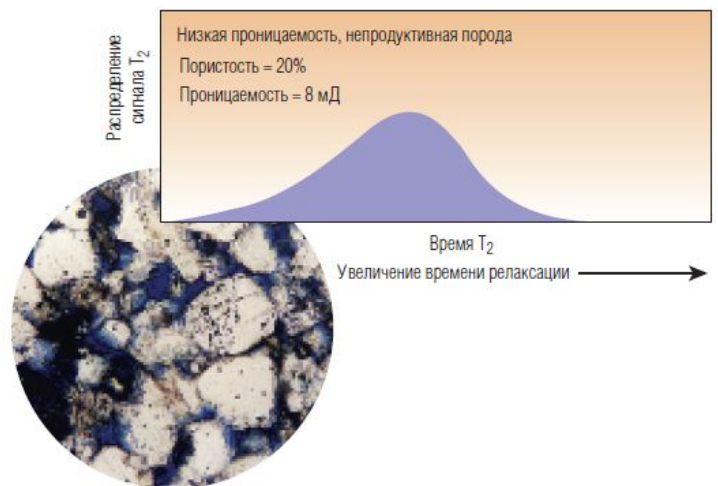
Виды ЯМК:

- 1) ЯМК в слабом поле – использует магнитное поле Земли и перпендикулярное ему искусственное магнитное поле;
- 2) ЯМК в сильном поле - использует 2 взаимно перпендикулярных магнитных поля. .

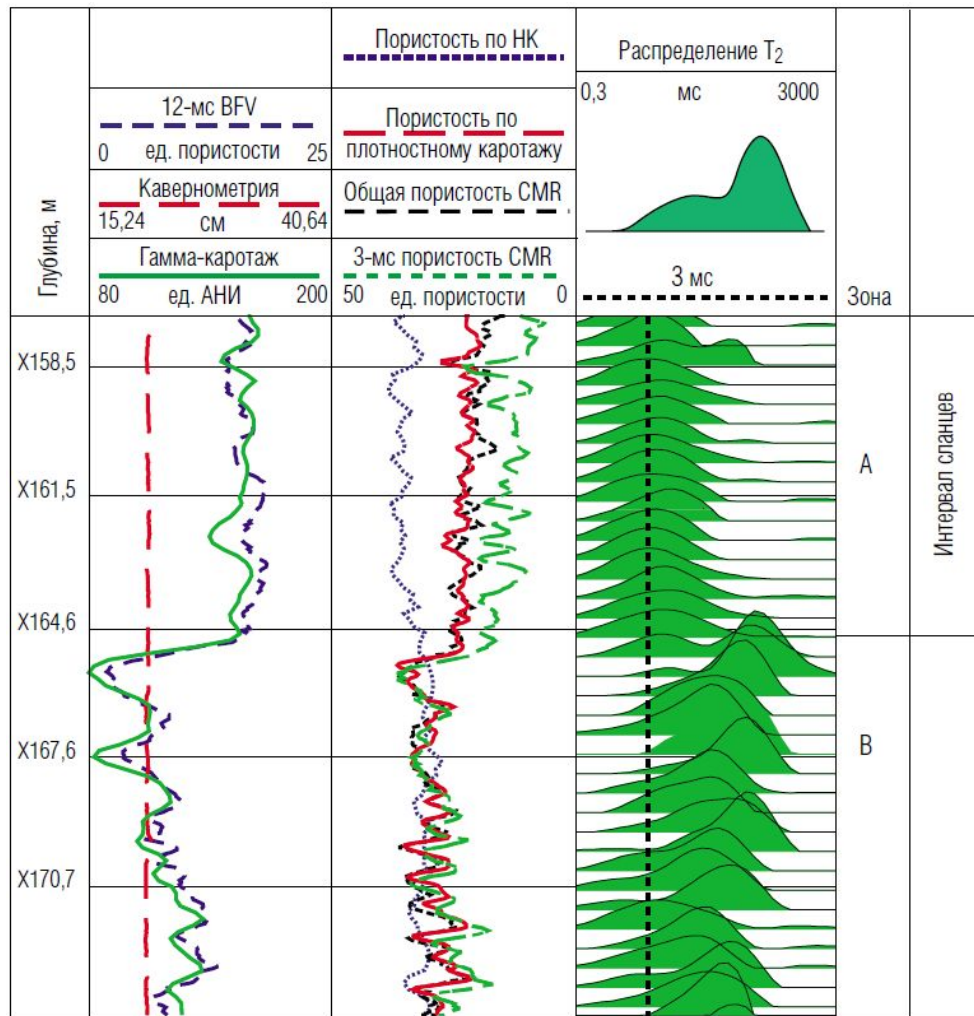


Основы теории ЯМК

Ядерно-магнитный каротаж



Распределение T_2 в низкопроницаемой и высокопроницаемой породах



Использование ЯМК в сильном поле для выделения сланцев



Задачи и ограничения ядерно-магнитного каротажа

Глубинность метода ЯМК составляет 0.1-0.15 м.

Решаемые задачи методом ЯМК:

- 1) Выделение коллекторов и оценка их коллекторских свойств;
- 2) Оценка характера насыщения коллектора;
- 3) Определение эффективной пористости;

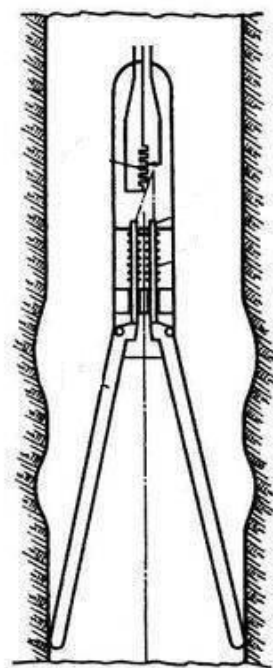
Ограничения метода ЯМК:

- 1) Малая глубинность;
- 2) Невысокая скорость записи;
- 3) Магнитные и парамагнитные минералы в породе могут вносить помехи при измерении;
- 4) Чувствителен к неровностям стенки скважины.

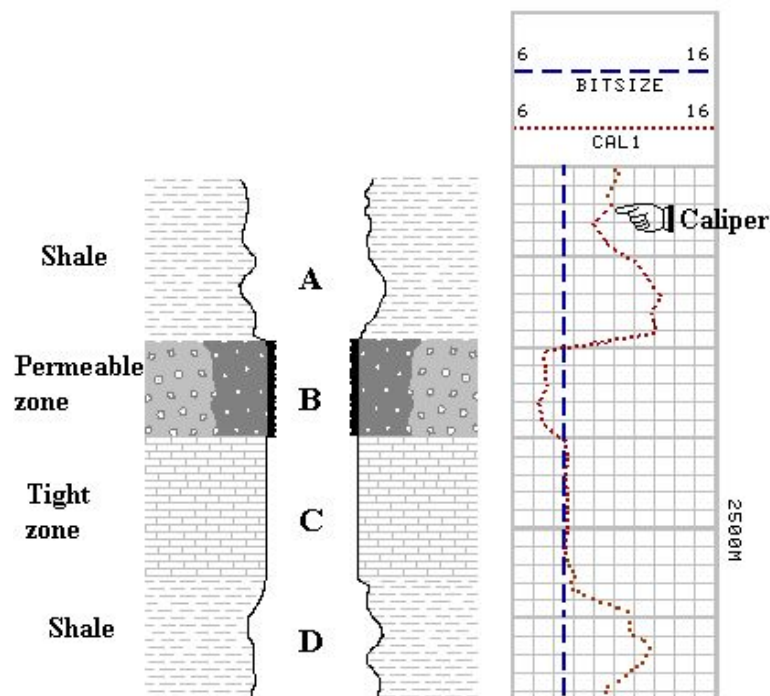
Кавернометрия и профилометрия

Кавернометрия – измерения, в результате которых получают кривую изменения диаметра бурящейся скважины с глубиной — кавернограмму. Иногда кавернометрию называют методом измерения диаметра скважины (**ДС**).

Профилометрия – отличается большим количеством ножек у прибора, что позволяет получать более детальную картину внутреннего диаметра скважины.



Прибор
кавернометрии



Влияние различных типов пород на
показания каверномера



Задачи кавернометрии и профилеметрии

Глубинность отсутствует.

Решаемые задачи методом ДС:

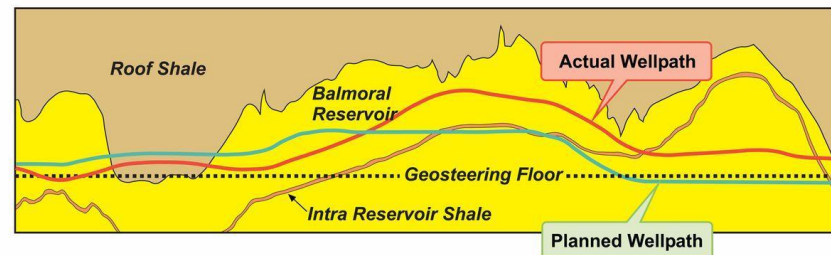
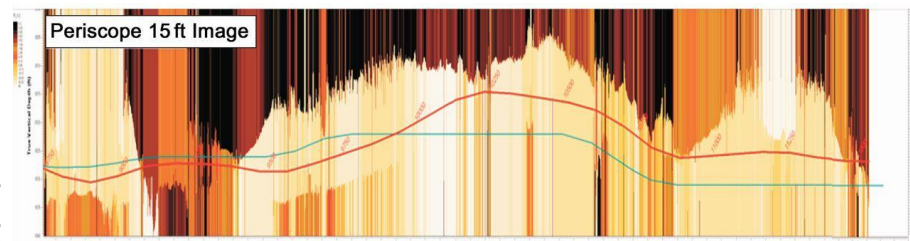
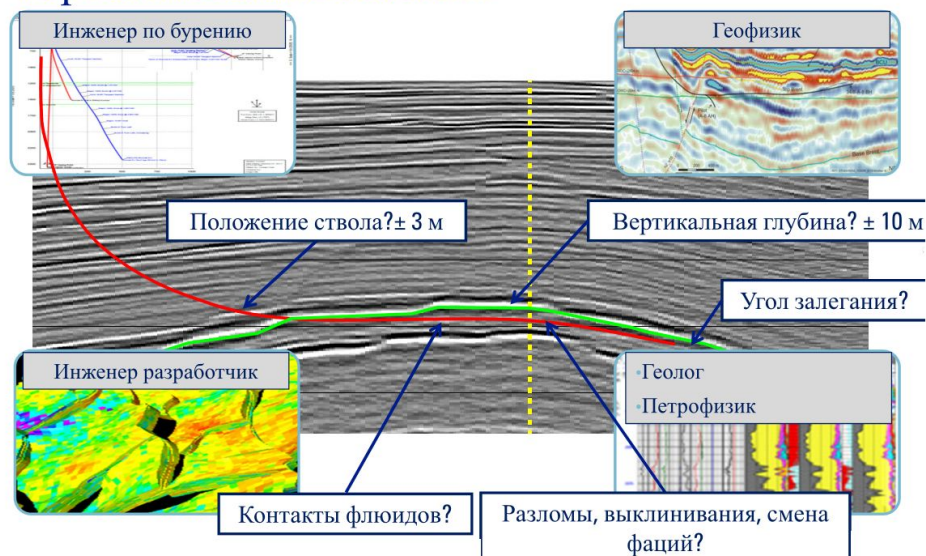
- 1) Расчёт объема затрубного пространства при определении количества цемента, требующегося для цементирования обсадных колонн;
- 2) Выявление наиболее благоприятных участков скважин для установки башмака колонны, фильтров или испытателя пластов;
- 3) Контроль состояния ствола скважины в процессе бурения;
- 4) Введение поправок в методы ГИС (БЭЗ, нейтронных и др.);
- 5) Уточнение геологического разреза скважины (определение литологии, выделение коллекторов и др.).

Каротаж в процессе бурения

Каротаж в процессе бурения – проведение геофизических исследований непосредственно в процессе строительства скважины.

Одной из важнейших задач является **геонавигация** – корректировка направления бурения скважины. Эту задачу можно решить путём измерения инклинометрии и геофизического параметра в процессе бурения.

Неопределенности при бурении горизонтальных скважин



Роль геонавигации при бурении скважины



Задачи и ограничения каротажа в процессе бурения

Глубинность зависит от используемого метода

Решаемые задачи методом акустического каротажа:

- 1) Оперативное определение свойств бурящегося пласта;
- 2) Измерение свойств пластов до образования в них зон проникновения;
- 3) Геонавигация.

Ограничения каротажа в процессе бурения:

- 1) Высокая стоимость.



Спасибо за внимание!

Контакты:

Огнев Игорь Николаевич – ассистент кафедры разработки и эксплуатации трудноизвлекаемых углеводородов.

Ауд. 518 б.

E-mail: ognev.igor94@gmail.com



Список литературы

- 1) Геологический словарь: в 2-х томах. — М.: Недра. Под редакцией К. Н. Паффенгольца и др.. 1978.
- 2) Электронно-образовательный портал <http://dic.academic.ru>;
- 3) Абабков К.В., Сулейманов Д.Д., Султанов Ш.Х., Котенев Ю.А., Варламов Д.И. Основы трёхмерного цифрового геологического моделирования: Учебное пособие. – Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2010. – 199 с.
- 4) Трёхмерное геологическое моделирование при разработке нефтяных и газовых месторождений: учеб.-метод. пособие / И.С. Путилов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 72 с.
- 5) Тиаб Джю, Доналдсон Эрл Ч. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств пород и движения пластовых флюидов / Перевод с английского. – М.: ООО«Премиум Инжиниринг», 2009. – 868 с., ил. – (Промышленный инжиниринг).
- 6) Petrel manual. Version 3.3. Technoguide, 2011, 822 pages.
- 7) Cannon S. Reservoir Modelling: A Practical Guide. Wiley Balckwell, 2018. — 319 p. — ISBN 9781119313465.
- 8) Nichols, Gary. Sedimentology and stratigraphy / Gary Nichols. – 2nd ed. p. cm. Includes bibliographical references and index.
- 9) Закревский К.Е. «Геологическое 3D моделирование». М.: ООО «ИПЦ "Маска"», 2009 - 376 с. ISBN 978-5-91146-279-6
- 10) Zakrevsky K.E. Geological 3D Modelling. *EAGE Publications bv* , 2011. — 261 p. — ISBN-10 : 9073781965
- 11) Olivier Lerat et al. RESERVOIR CHARACTERIZATION & MODELING. IPF Training, 2017.