

Геофизические исследования скважин

*Составитель: асс. каф. ГФХМР
Данильева Наталья Андреевна*

- Геофизические исследования скважин - область прикладной геофизики, в которой современные физические методы исследования горных пород используются для геологического изучения разрезов, пройденных скважинами, выявления и оценки запасов полезных ископаемых, получения информации о ходе разработки месторождений и о техническом состоянии скважин.
- Геофизические исследования в скважинах, бурящихся на нефть и газ - промысловая геофизика.

История развития ГИС

- *Впервые исследования скважин были проведены в 1906-1913 гг Голубятниковым Д.В. методом термометрии.*
- *Позднее бр. Шлюмберже ввели методы сопротивлений в 1926-1928 гг. во Франции, позднее и в СССР.*
- *1931 г – инклинометрия;*
- *1933 г – газовый каротаж;*
- *1934 г – гамма-каротаж;*
- *1935 г – механический каротаж, НК, кавернометрия;*
- *1948 г – АК, ИК, ДК.*

Скважина как объект исследований

Скважина - горная выработка большой глубины и очень малого диаметра. Сечение скважины – окружность, реже эллипс. Диаметр зависит от горных пород, слагающих скважину.

Напротив глин и угля образуются каверны, напротив пористых пластов – глинистая корка.

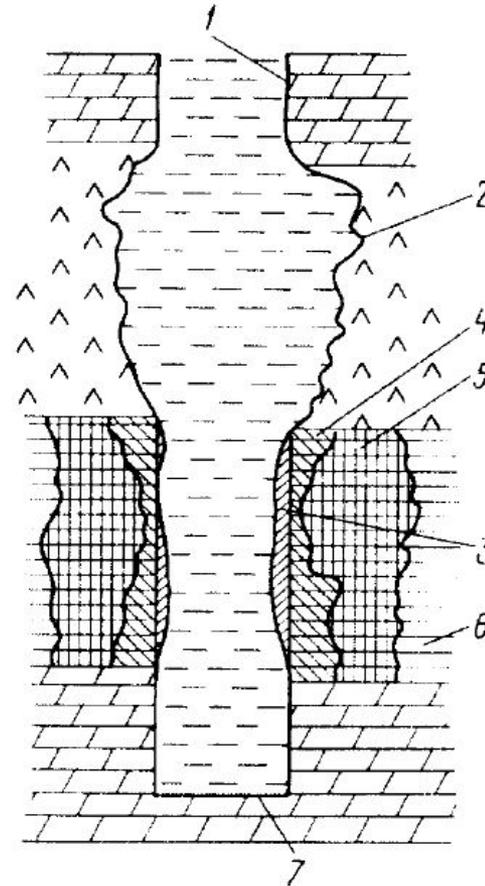
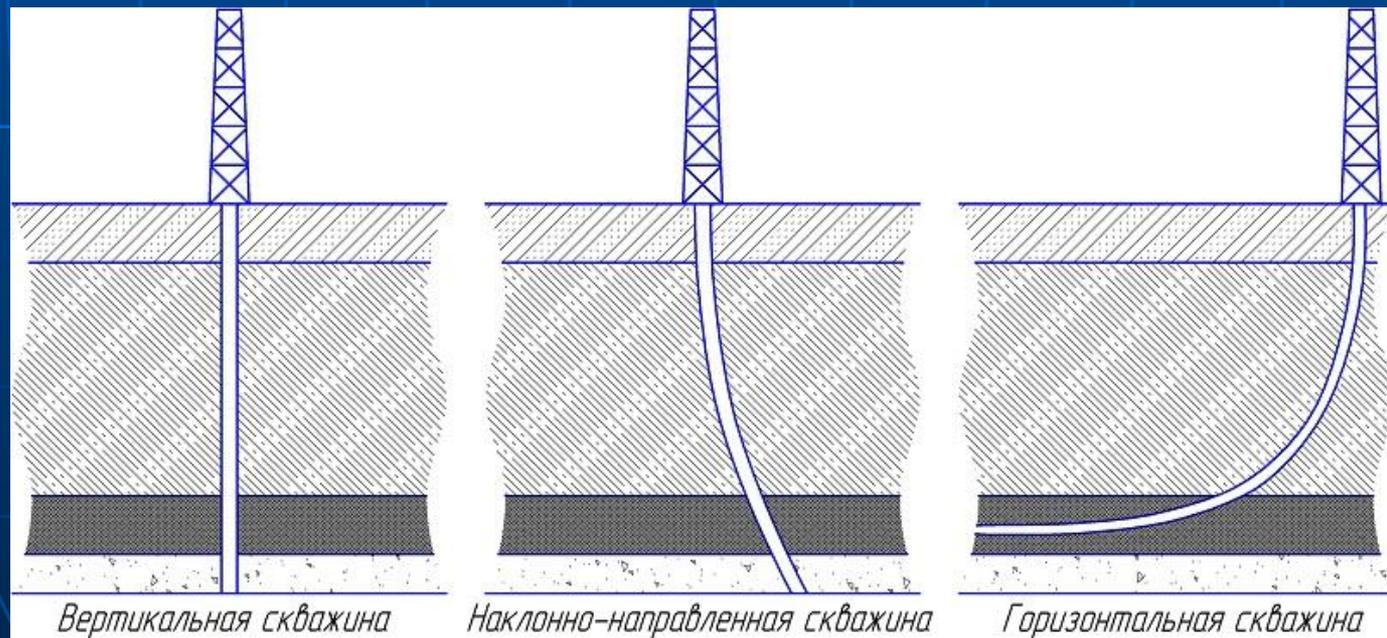
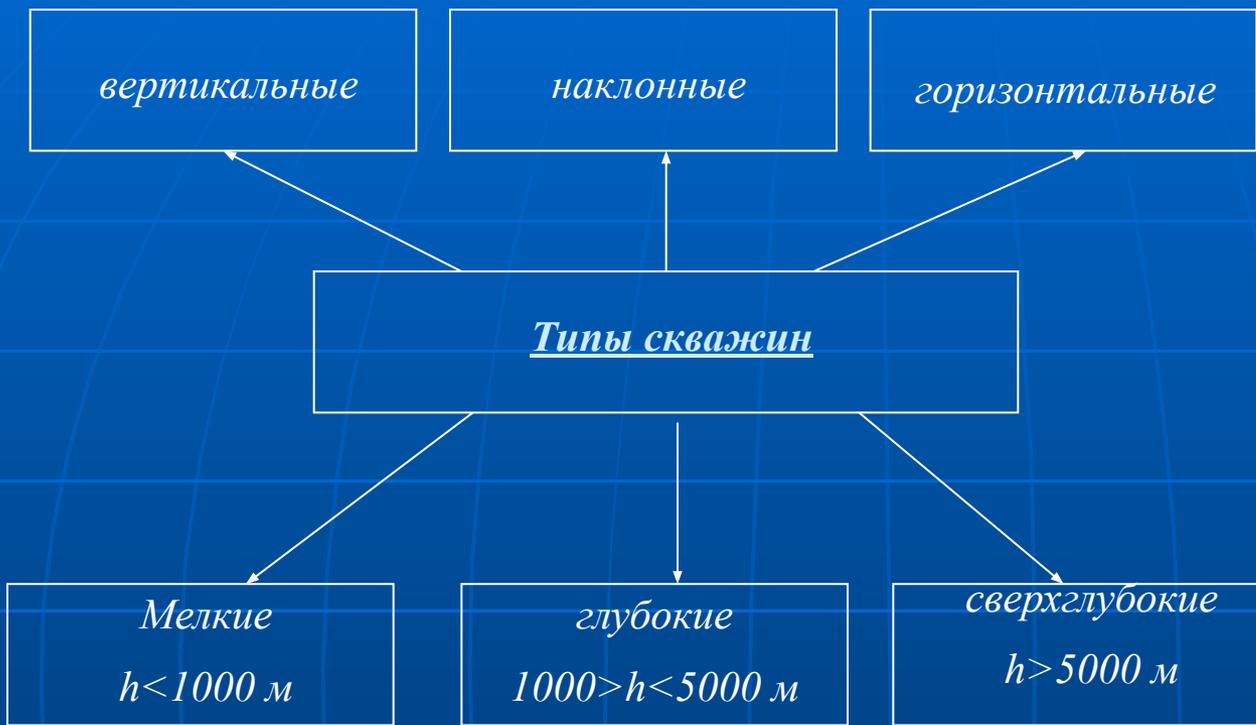
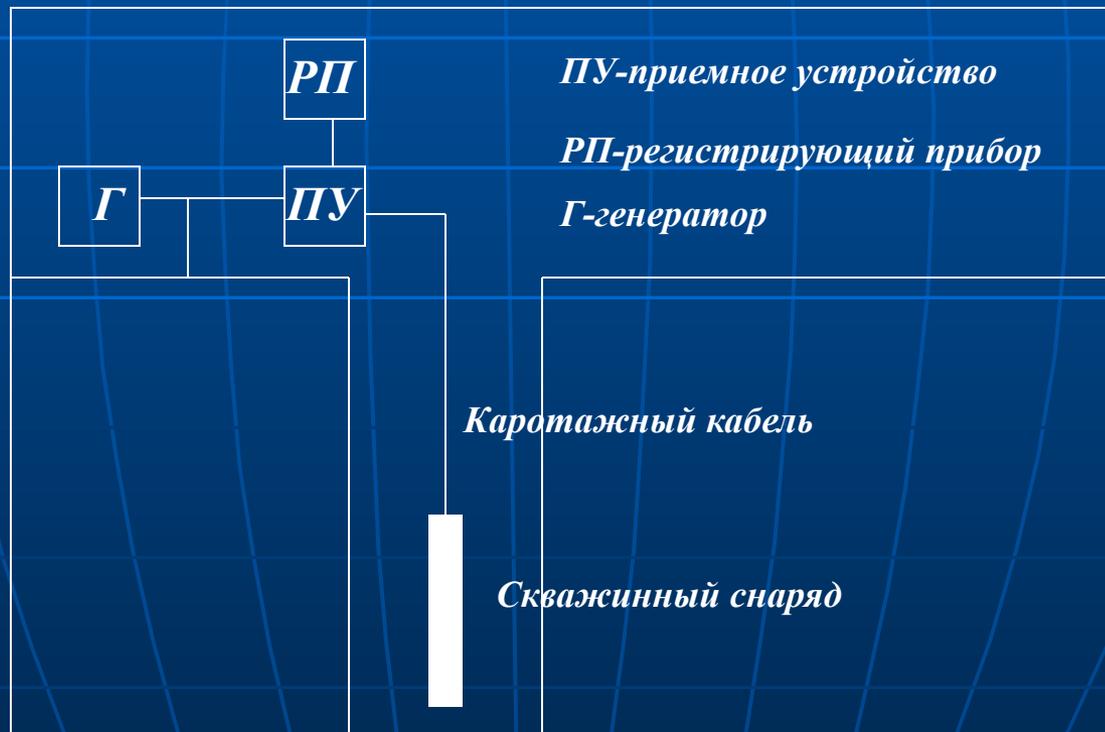


Рис. 1.1. Схема участка разреза горных пород с необсаженной скважиной: 1 – ствол скважины, заполненный промывочной жидкостью; 2 – размывтый ствол (каверна); 3 – глинистая корка против коллектора; 4 – промытая зона пласта; 5 – зона проникновения фильтрата промывочной жидкости; 6 – незатронутая часть пласта-коллектора; 7 – забой скважины



Аппаратура для ГИС

- ❖ Наземная – каротажная лаборатория, лебедка, подъемник;
- ❖ Скважинная – зонд.



Задачи, решаемые ГИС:

- ❖ изучение геологического разреза;*
- ❖ выявление и оценка МПИ;*
- ❖ контроль за разработкой месторождений;*
- ❖ изучение технического состояния скважин;*
- ❖ проведение прострелочных и взрывных работ;*
- ❖ уточнение данных наземной геофизики;*
- ❖ решение экологических задач;*
- ❖ решение инженерно-геологических задач;*
- ❖ решение гидрогеологических задач.*

Классификация методов ГИС

- Электрические методы: КС, ПС, ВП, БК, БКЗ;
- Электромагнитные методы: ИК, ДК, ВИКИЗ, ЯМК;
- Радиоактивные методы: ГК, ГК-С, ГГК, ГГК-П, ГГК-П, ГГК-Ц, ГГК-Д,Т;
- Нейтронные методы: НГК, ННК-Т, ННК-НТ, НГК-С, ИНГК, ИННК-Т, ИНГК-С, СО-каротаж;
- Акустические методы: АК, ВАК, АКЦ, ВСП, АК-сканер, АК-Кав., ШМ, виброакустический каротаж;
- Термические методы: геотермия (естественное поле), термометрия (искусственное поле);
- Прямые методы: ИПТ, ОПК, ГДК;
- Изучение тех.состояния скважин: кавернометрия, профилеметрия, инклинометрия, ГГК-Ц, ГГК-Д,Т, ЛМ, ЭМД;
- Исследования действующих скважин: расходомерия, резистивиметрия, барометрия, ГДК.

Методы технического контроля скважины

- Кавернометрия и профилеметрия – определение диаметра и профиля скважины (площадь поперечного сечения в каждой точке замера);
- Инклинометрия – определение положения скважины в пространстве;
- Термометрия – определение температурного градиента, определение температуры забоя скважины.

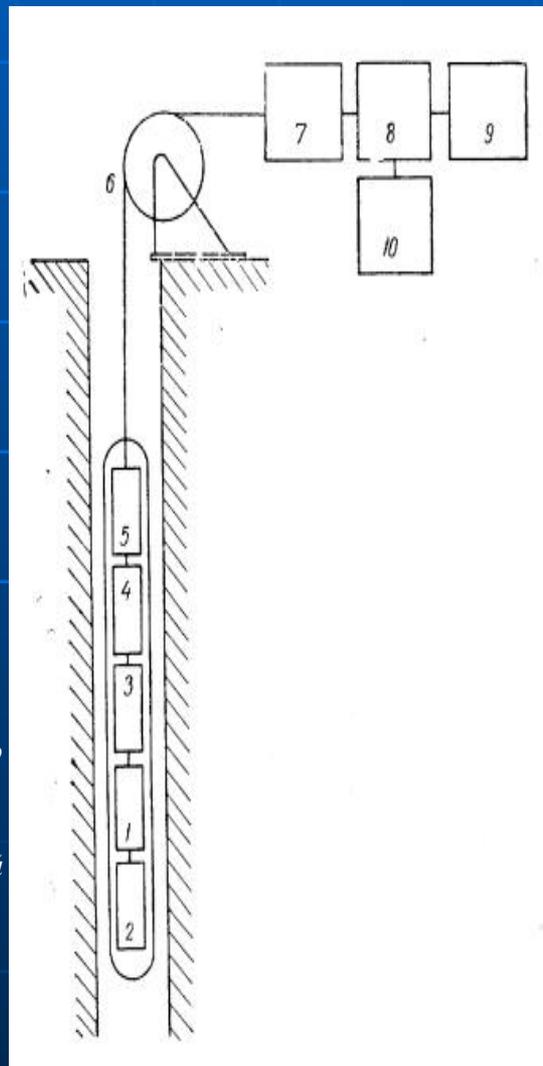
Кавернометрия

- *Кавернометрия - это измерение среднего диаметра скважины.*
- *В результате измерений строится кавернограмма, то есть кривая зависимости диаметра скважины от глубины, отражающая изменения диаметра скважины от номинального (отражает наличие каверн и сужений скважины).*

Виды каверномеров:

Механические и ультразвуковые

Строение стандартного механического каверномера подразумевает наличие трех или четырех рычажных щупов и реостата. Щупы прижаты к стенкам скважины при помощи пружин и связаны с ползунком реостата через толкатели. На поверхности представляется возможным измерение сопротивления реостата, которое является пропорциональным изменению диаметра скважины. Изменяя диаметр скважины на разной глубине, каверномер позволяет составить кривую изменения диаметра скважины от забоя до устья. Управляемое рычажное устройство, ставшее компонентом последних моделей позволяет с поверхности многократно раскрывать и складывать прибор.



Ультразвуковой Каверномер - гидролокационное устройство, представляющее собой скважинный прибор с двумя электроакустическими преобразователями направленного действия, которые работают на прием и передачу ультразвуковых колебаний, закрепленными на противоположных его сторонах. На необходимой глубине излучатели попеременно передают колебания в сторону стенок скважины и принимают отраженный импульс. Время между моментом излучения колебания и получением ответного импульса от стенки скважины позволяет измерить расстояние от каждого из преобразователей до стенок скважины.

Кавернограмма, отражающая структуру скважины, пробуренной долотами различного диаметра

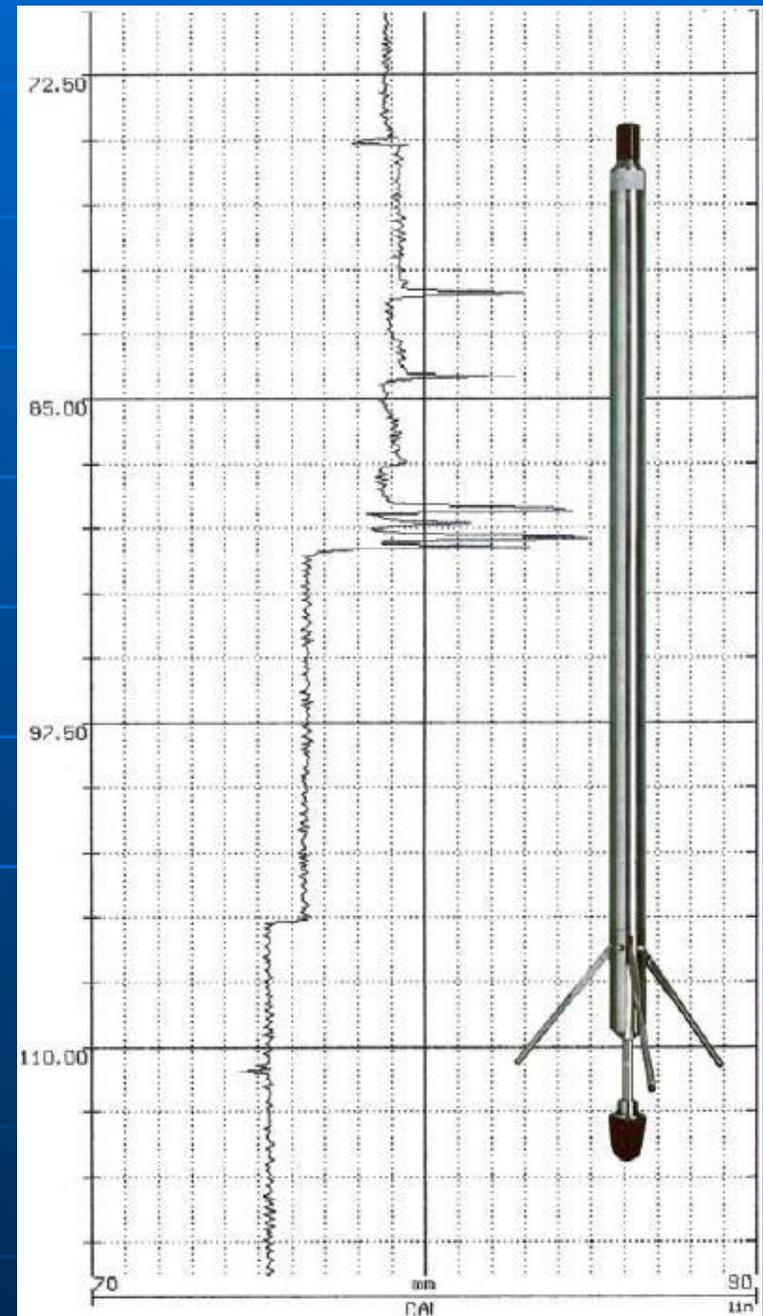
Диаметры скважины:

0-90 м – 78 мм;

90-105 м – 76 мм;

105-150 м – 75 мм.

Сильная кавернозность – 88-90 м.



Определение положения скважины в пространстве

Инклинометрия – область геофизических исследований скважин, предназначенная для определения положения скважины в пространстве путем измерения зенитного угла (отклонения от вертикали) и магнитного азимута (смещение в горизонтальной плоскости относительно устья).

Решаемые задачи

- *Определение положения скважины в пространстве;*
- *Определение глубины забоя;*
- *Определение отклонения скважины от заданной траектории;*
- *Определение мест «скручивания» скважины;*
- *Контроль кривизны нефтяных и газовых скважин;*
- *Прогноз оползневых процессов.*

Инклинометры

- *В настоящее время известны два типа инклинометра:*

- *Гироскопические.*

Применяют при исследовании скважин, обсаженных металлическими трубами. Инклинометр такого типа работает, основываясь на свойстве гироскопа — сохранении оси вращения неизменной в пространстве (маховик устройства вращается от электромотора). Один из двух гироскопов инклинометра служит для измерения азимутов, другой — для измерения углов наклона. Угол наклона измеряется совмещением оси вращения гироскопов и вектора направления скважины через составление специальных электрических схем.)

- *Электрические.*

Применяются для обследования необсаженных скважин. Основа такого прибора — подвешенная в корпусе рамка, расположенная горизонтально по отвесу. По реохордам азимутов и углов наклона скользят стрелка буссоли и указатель наклона, расположенные на рамке. Стрелка буссоли и указатель наклона поочередно подключаются к источнику тока и обеспечивают передачу напряжения с реохордов.

Гироскопические инклинометры (Российских производителей)

Инклинометр гироскопический ИГМ (Ижевск) предназначен для измерения зенитного угла, азимута географического, угла установки отклонителя бурильного инструмента с целью определения пространственного положения оси ствола нефтегазовых и любых других скважин при их бурении, контрольных проверках, ремонте и др.

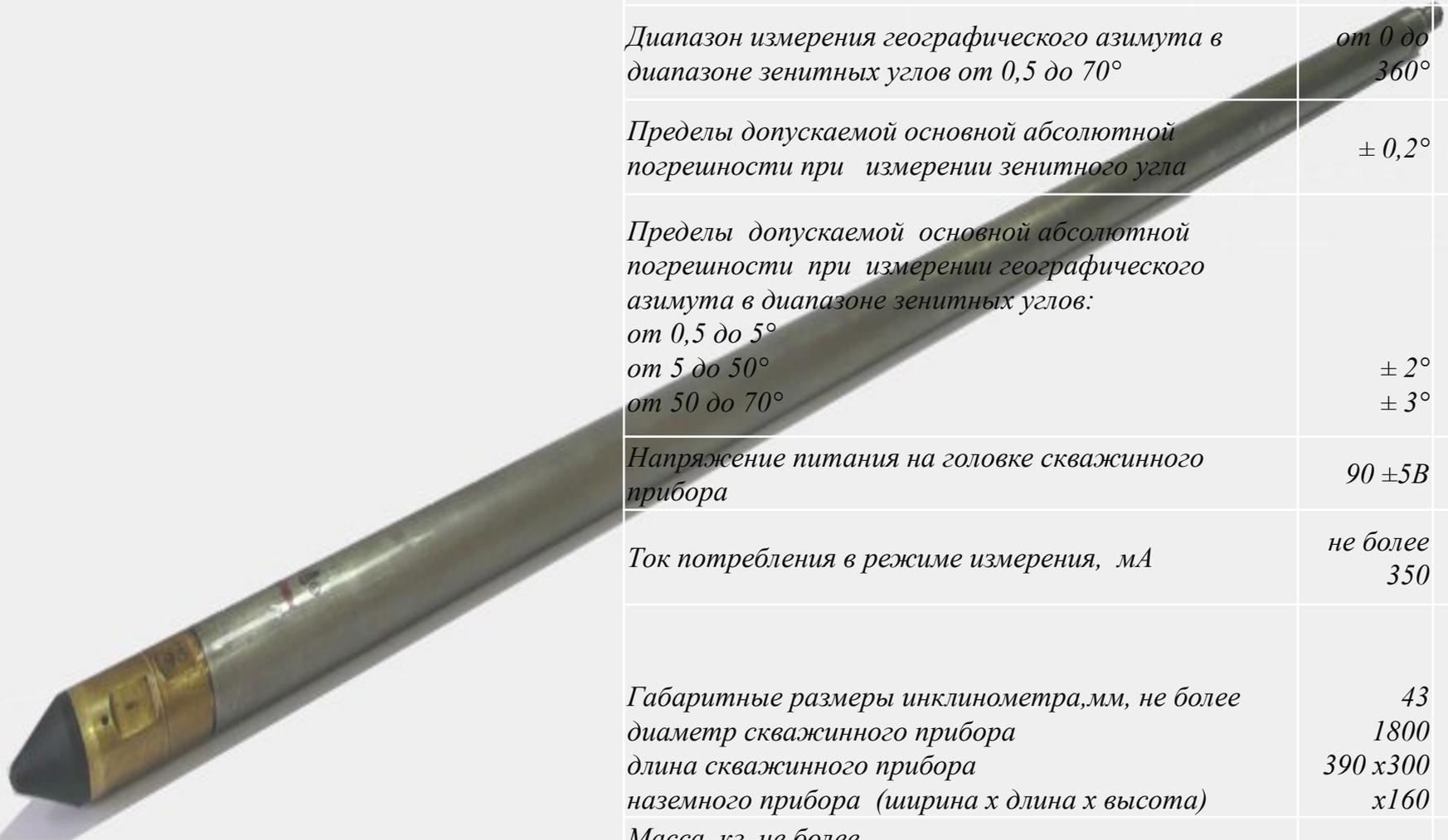
Гироскопический инклинометр может применяться при геофизических исследованиях скважин любого типа: вертикальных, наклонных, наклонно-горизонтальных, горизонтальных, обсаженных, необсаженных; бурящихся скважин, в том числе и в породах с ферромагнитными включениями, а также для определения пространственного положения трубопроводов, проложенных в труднодоступных местах (по дну рек, под водохранилищами), или при строительстве для контроля вертикальности металлоконструкций и азимута их наклона.



Технические характеристики

	ИГМ 73 М	ИГМ 42
Диапазон измерения азимутального угла, град.	0...360	
Погрешность измерения азимутального угла, град.	±2,0	±3,0
Диапазон измерения зенитных углов, град.	0...180	
Погрешность измерения зенитных углов, град.	±0,1	±0,25
Наружный диаметр СП, мм	73	42
Длина СП без центраторов, мм, не более	2 165	2 250
Диапазон температур эксплуатации НПО, °С	+10...+45	
Максимальная рабочая температура окружающей среды СП, °С	+120	+ 85
Максимальное рабочее давление СП, МПа	60	
Напряжение питания, В	220 ±10%	
Частота питающей сети, Гц	50 ±1	
Потребляемая мощность общая, Вт, не более	100	
Потребляемая мощность СП, Вт, не более	30	
Масса СП, кг	30	15
Масса НПО, кг	6	
Тип интерфейса с компьютером	RS-232C	
Операционная система для ПО	WinXP, Win2000	
Максимальная длина каротажного кабеля, м	6 000	

Инклинометр МИГ-42 (Уфа)



Диапазон измерения зенитного угла	от 0 до 120°
Диапазон измерения географического азимута в диапазоне зенитных углов от 0,5 до 70°	от 0 до 360°
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении зенитного угла	± 0,2°
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении географического азимута в диапазоне зенитных углов: от 0,5 до 5° от 5 до 50° от 50 до 70°	± 2° ± 3°
Напряжение питания на головке скважинного прибора	90 ± 5В
Ток потребления в режиме измерения, мА	не более 350
Габаритные размеры инклинометра, мм, не более диаметр скважинного прибора длина скважинного прибора наземного прибора (ширина x длина x высота)	43 1800 390 x 300 x 160
Масса, кг, не более скважинного прибора наземного прибора	9,5 7,5

Инклинометр ИММН-42

(Башкирия)

Прибор предназначен для измерения азимута и зенитного угла эксплуатируемых необсаженных скважин, бурящихся на руду, нефть и газ, глубиной до 5000м, а также новых скважин, забуренных из скважин старого фонда.



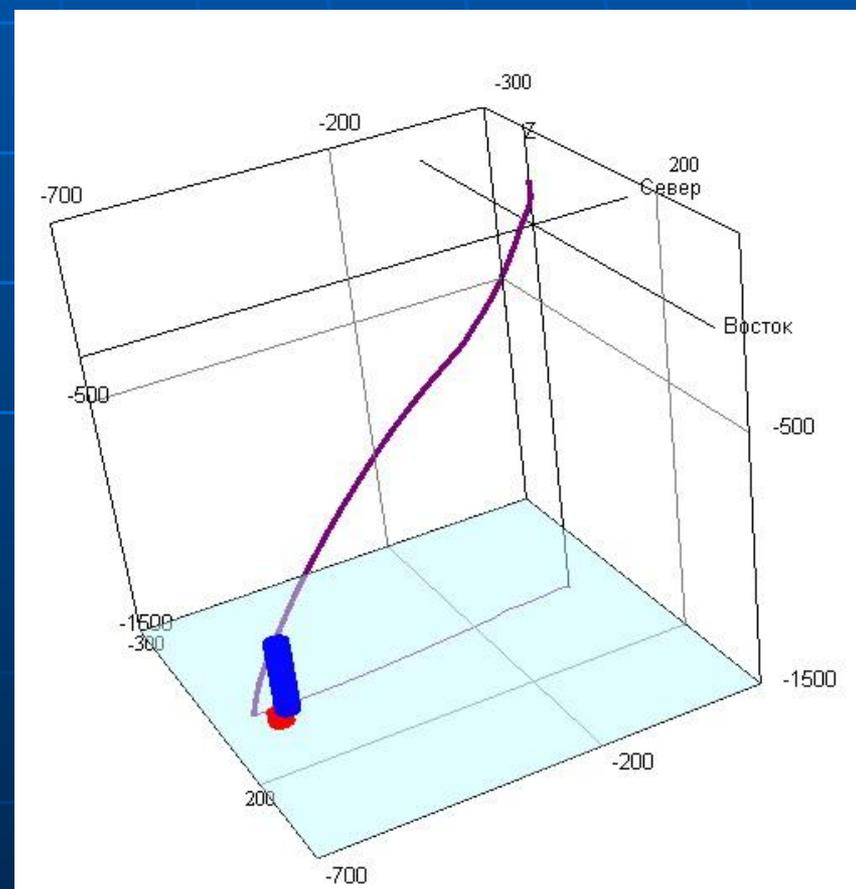
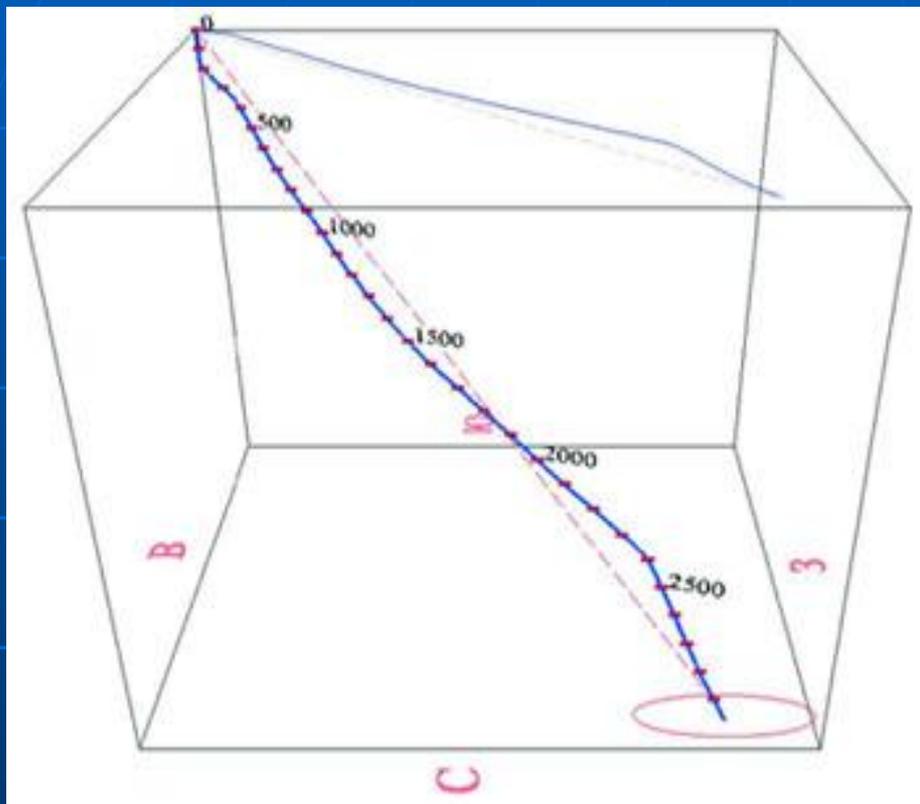
Диапазон измерения зенитного угла, град.	0-180
Диапазон измерения азимута, град	0-360
Предел основной абсолютной погрешности измерений зенитного угла, град	не более +- 0,2
Пределы основной абсолютной погрешности измерений в диапазоне зенитных углов, град., не более	
3-7	+ -3
7-173	+ -1,5
173-177	+ -3
Диапазон рабочих температур, оС	-10... +80
Максимальное гидростатическое давление, МПа	25
Диаметр прибора, мм	42
Длина, мм	2200
Вес прибора, кг	15

Reflex Gyro



Современный гироскопический инклинометр Reflex Gyro, произведенный австралийской компанией REFLEX введен в эксплуатацию на буровом участке УГСЭ в подземном руднике Вадимо-Александровского месторождения. Reflex Gyro позволяет осуществлять надежную инклинометрическую съемку скважин во всех направлениях, в любом окружении, магнитном и немагнитном. Reflex GYRO является самой простой в использовании, самой технически передовой, миниатюрной цифровой гироскопической системой и обеспечивает возможность получать данные наиболее высокого качества.

Иклинометры скважин



Инклинометрия в программном пакете Gintel

Выполняется в специализированном модуле.

Особенности:

Ввод и отображение проектного и фактического ствола, основных и повторных измерений, боковых врезок, любого числа проектных данных (например, на кровлю пластов и на забой)

Автоматическая сшивка интервалов измерений при наращивании глубины скважины

Контроль корректности исходных данных, автоматическая интерполяция «плохих» участков

Аппроксимация вертикального участка ненулевым удлинением при нулевых координатах X и Y

Различные алгоритмы расчета координат ствола

Особый алгоритм расчета пересечения ствола и круга допуска для скважин с горизонтальным заканчиванием

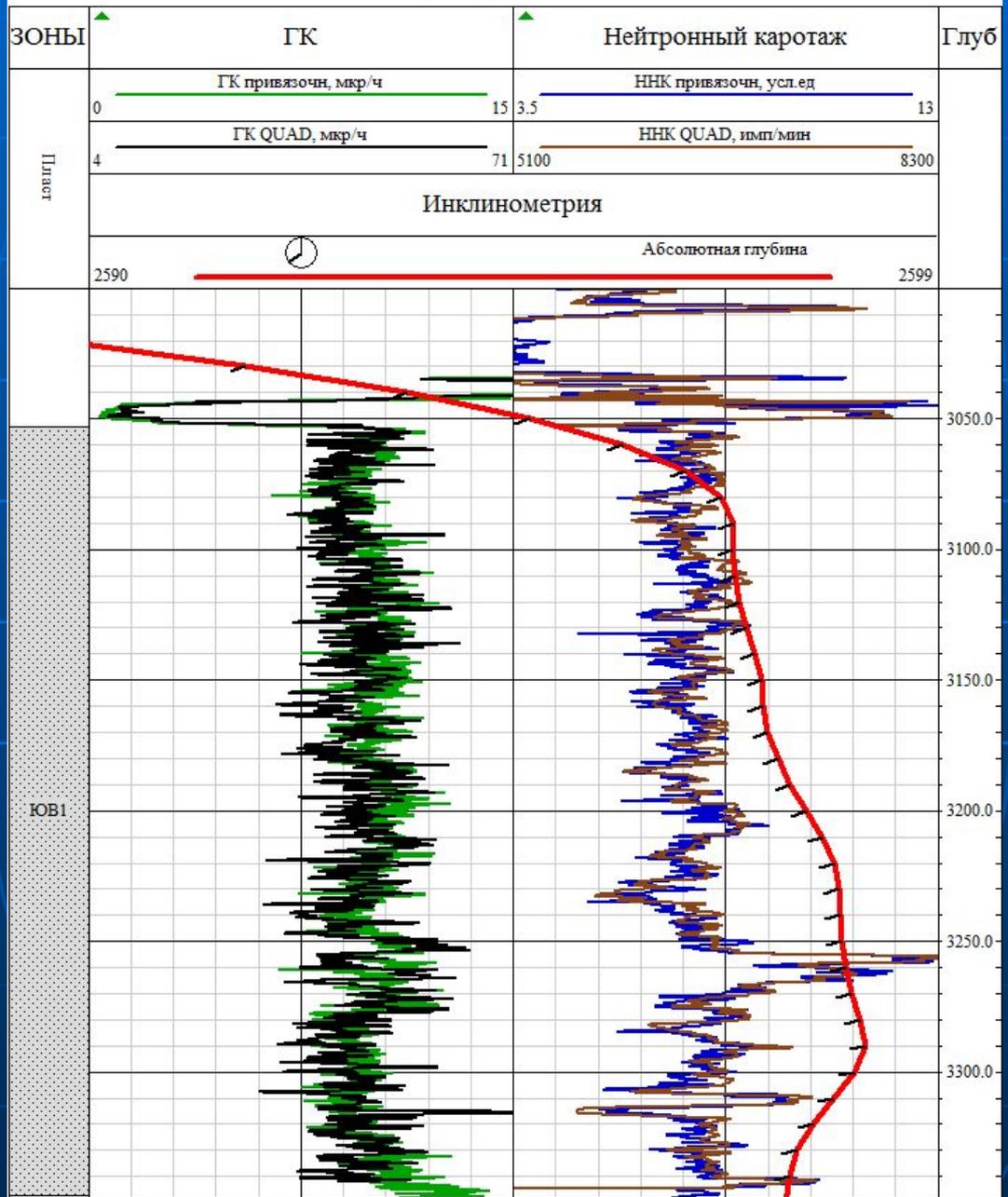
Анализ пересечения стволов

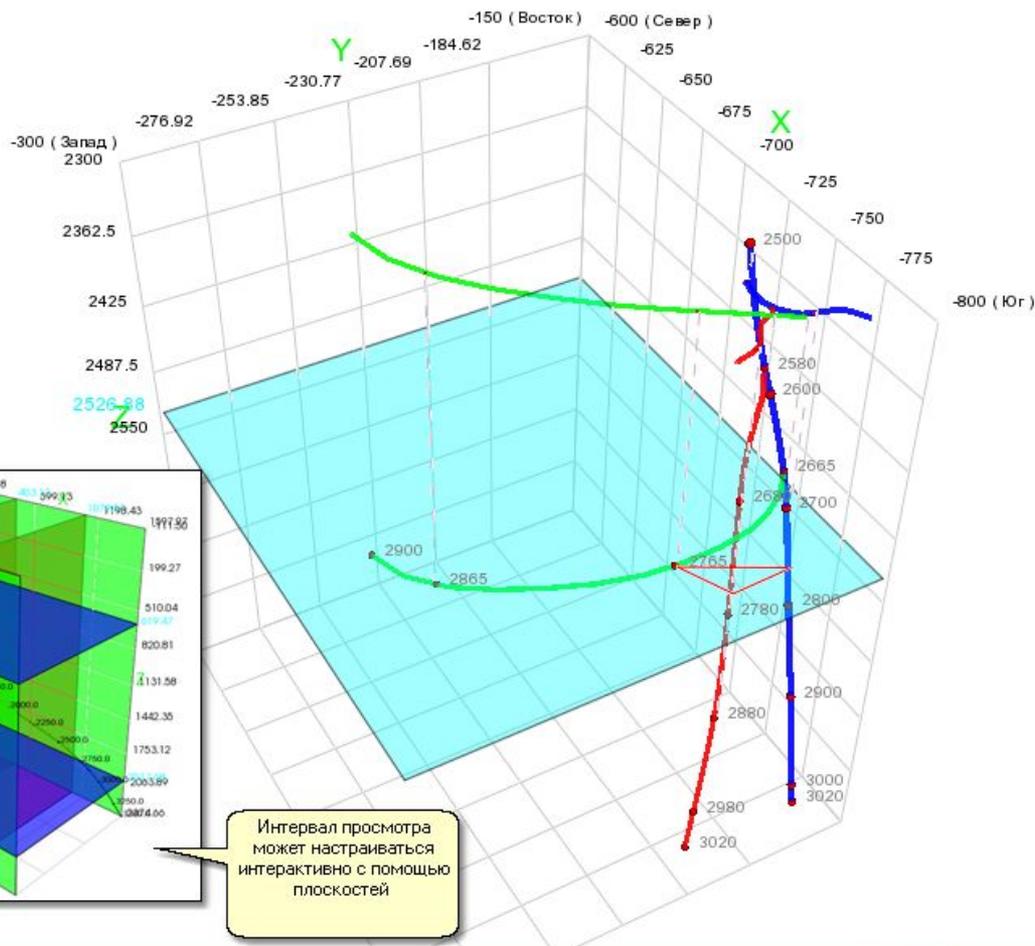
Экспорт данных в формат БД Лукойл-ЗС

Экспорт полновесного протокола в Excel с векторной качественной графикой для всех стволов и врезок одновременно.

Планшет данных

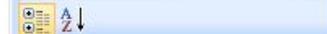
Скважина 1 Примерное 3000.0 - 3348.2 м





Панель Свойств

Well 3 Ствол V02



Отображать

- Точки
- Глубины
- Ствол
- Круг
- Заливка
- Точки перес
- Пласт
- Только целое
- Подпись пла
- Точки пласт
- Проекция сте

Параметры

Шаг	100
Верх	2 665
Низ	2 900
Толщина ств	4
Размер точки	-9 999

Цвета

- Ствол ■ WebGreen
- Точки ■ WebRed
- Точки пласт ■ WebBlack
- Точки перес ■ WebBlack

Панель инклинометрии

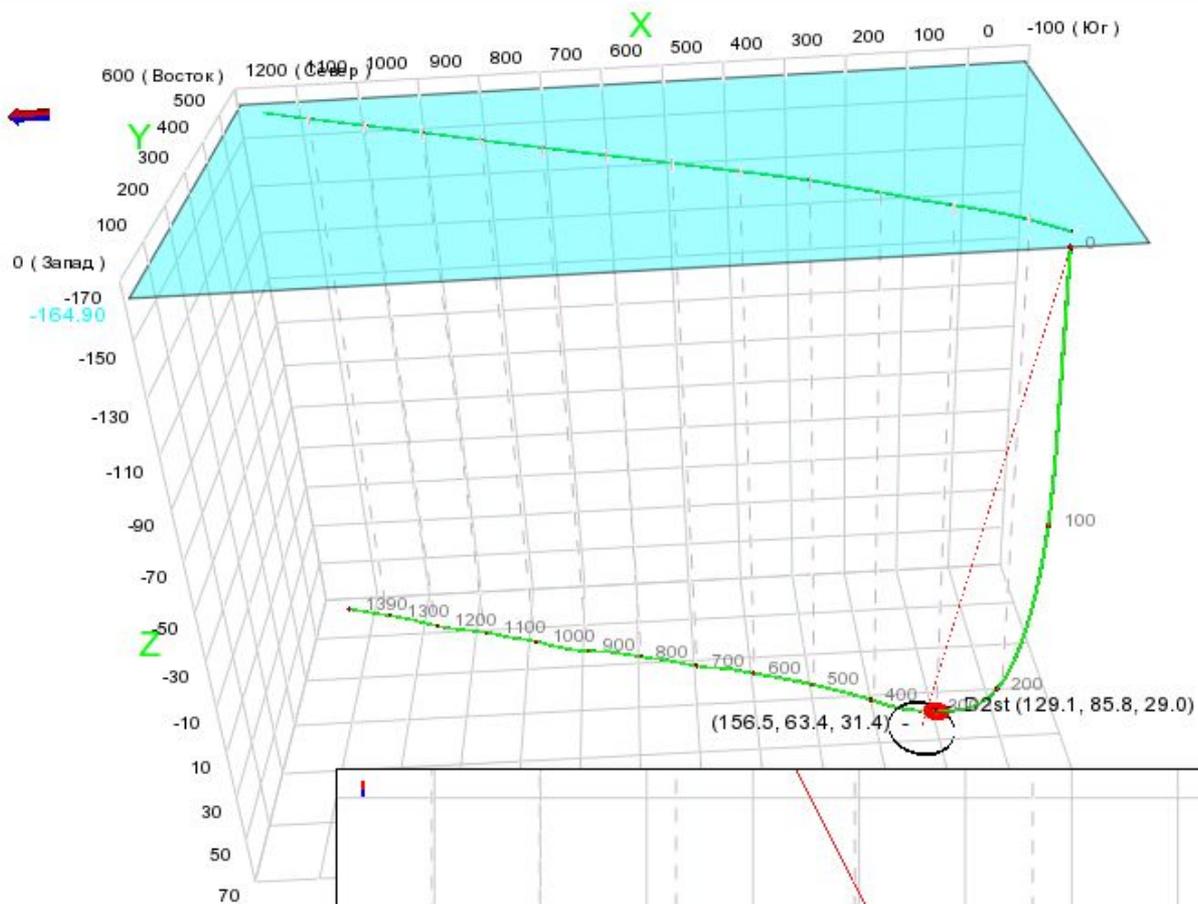
Глубина (м)	Угол (град)	Азимут маг...	Удлинение ...	Z (м)	X (м)	Y (м)	Смещение ...	Азимут
0.00	0.33	181.00	0.00	-90.10	0.00	0.00	0.00	
20.00	0.33	181.00	0.00	-70.10	-0.11	-0.04	0.12	
40.00	0.50	181.00	0.00	-50.10	-0.24	-0.09	0.26	

Панель данных

Well[0] Осн. ствол - Well[1] Ствол V01 = 20.03
 Well[0] Осн. ствол - Well[2] Ствол V02 = 33.47
 Well[1] Ствол V01 - Well[2] Ствол V02 = 21.07

Осн. ствол Ствол V01 Ствол V02

Толщина ствола



Панель Свойств

Дополнительные возможности

Зона выделения

Отображать	<input type="checkbox"/>
X Min	-0.615987
X Max	1 137.52
Y Min	0
Y Max	510.974
Z Min	-164.9
Z Max	57.7461

Инструменты

Плоскость	<input checked="" type="checkbox"/>
Глубина	-164.9
Точки	<input checked="" type="checkbox"/>
Глубины	<input checked="" type="checkbox"/>
Ствол	<input checked="" type="checkbox"/>
Круг	<input checked="" type="checkbox"/>
Заливка	<input type="checkbox"/>
Точки перес	<input checked="" type="checkbox"/>
Пласт	<input checked="" type="checkbox"/>

Панель инклинометрии

Глубина (м)	Угол (град)	Азимут маг
0.00	0.00	0
57.90	1.27	120
62.90	1.35	111

Осн. ствол



Grey-40
WebBlack
WebRed

Обработка данных гироскопической инклинометрии

Месторождение: Примерное
Скважина: 1 Куст: 1а

Обработал:
Дата:

Проектные данные

Забой	-9999.0		м
Направление	0	0	м/мм
Кондуктор	-9999	0	м/мм
Тех. Колонна	0	0	м/мм
Колонна	0	0	м/мм
Географ. аз. смещен	85.08		град
Смещение на кровлю пласта	372.60		м
Абс. глубина вскрытия пласта	2418.600098		м
Радиус допуска	50		м

Данные по скважине

Альтитуда, м	125.8
Магнит. склонение	20.82
Сближение меридианов	0

Текущие данные

Текущий забой, м	3145
Посл. точка изм-я, м	3140
Дирекцион. аз. смещения	79.15
Смещение, м	639.24

Кровля вскрытия пласта D3dzr

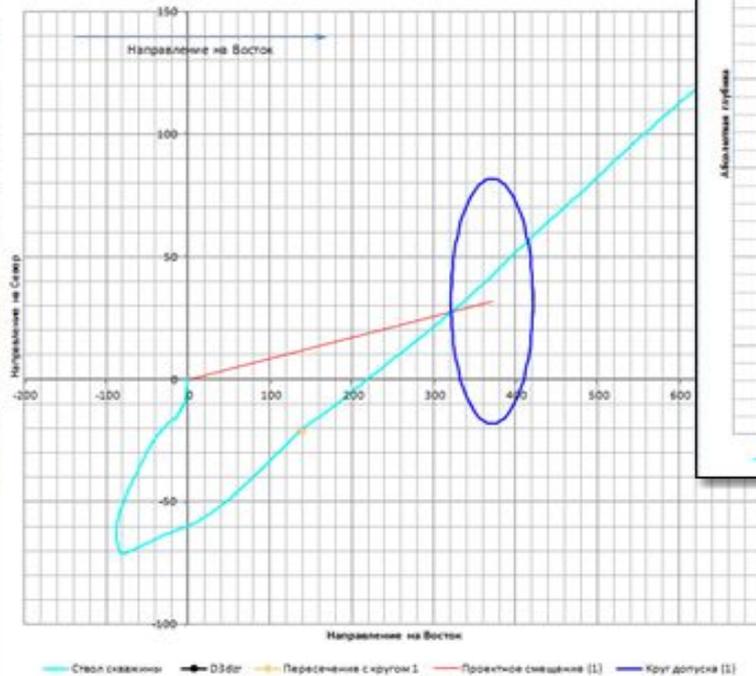
Абс. глубина, м	2418.60
Дирекцион. аз. смещения	98.65
Смещение, м	138.72

Выполненные исследования

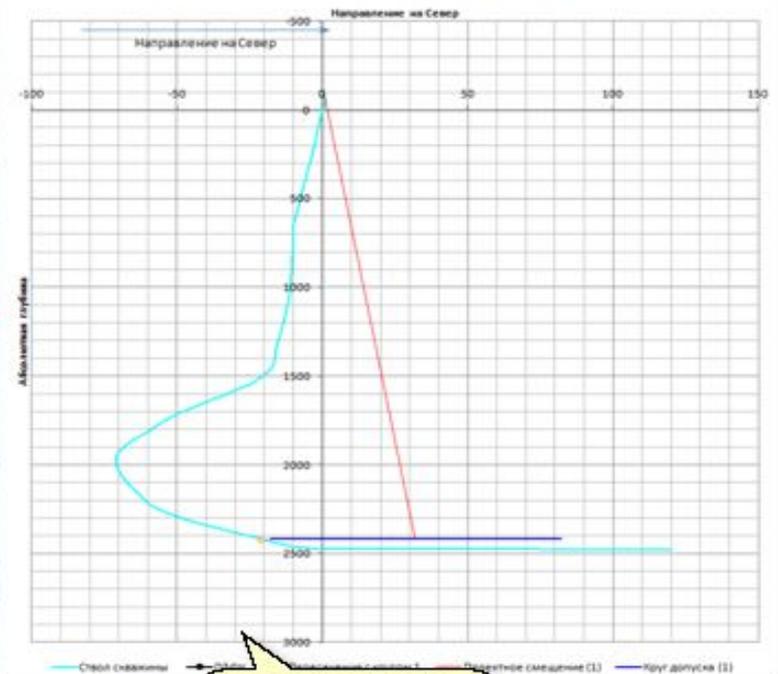
№	Интервал, м	Дата	Исполнитель	Оператор	Тип ствола
1	0 2820	29.10.2011	ОАО "Коминьфтехгеофи"	Мурлина	Открытый
1	2820 3120	29.11.2011	Weatherford	Мурлина	Открытый

№ г/п	Глубина, м	Зенит. угол, град
1.00	0.00	0.0
2.00	0.00	0.7
3.00	10.00	0.5
4.00	20.00	0.4
5.00	30.00	0.6
6.00	40.00	0.8
7.00	50.00	0.9
8.00	60.00	0.9
9.00	70.00	0.9
10.00	80.00	1.0
11.00	90.00	1.0
12.00	100.00	1.0
13.00	110.00	1.0
14.00	120.00	1.0
15.00	130.00	1.0
16.00	140.00	1.0
17.00	150.00	0.9
18.00	160.00	0.8
19.00	170.00	0.8
20.00	180.00	0.8

Горизонтальная проекция



Вертикальная проекция по направлению С-Ю



Это стандартная диаграмма Excel - ее можно редактировать

Электрические методы каротажа

Методы естественного
поля

Методы искусственного
поля

Каротаж потенциалов
самопроизвольной
поляризации (ПС)

Каротаж
вызванной
поляризации
(ВП)

Каротаж
сопротивлений
(КС)

Боковой
каротаж (БК)
БКЗ, МБК

Потенциалы собственной поляризации пород
обусловлены следующими физико-
химическими процессами:

- ❖ *диффузией солей и пластовых вод в промывочную жидкость и наоборот, а также адсорбцией ионов на поверхности минеральных частиц ГП;*
- ❖ *фильтрацией вод из промывочной жидкости в породы и пластовых вод в скважину;*
- ❖ *окислительно-восстановительными реакциями, происходящими в породах и на контакте их с промывочной жидкостью и металлами.*

Решаемые задачи:

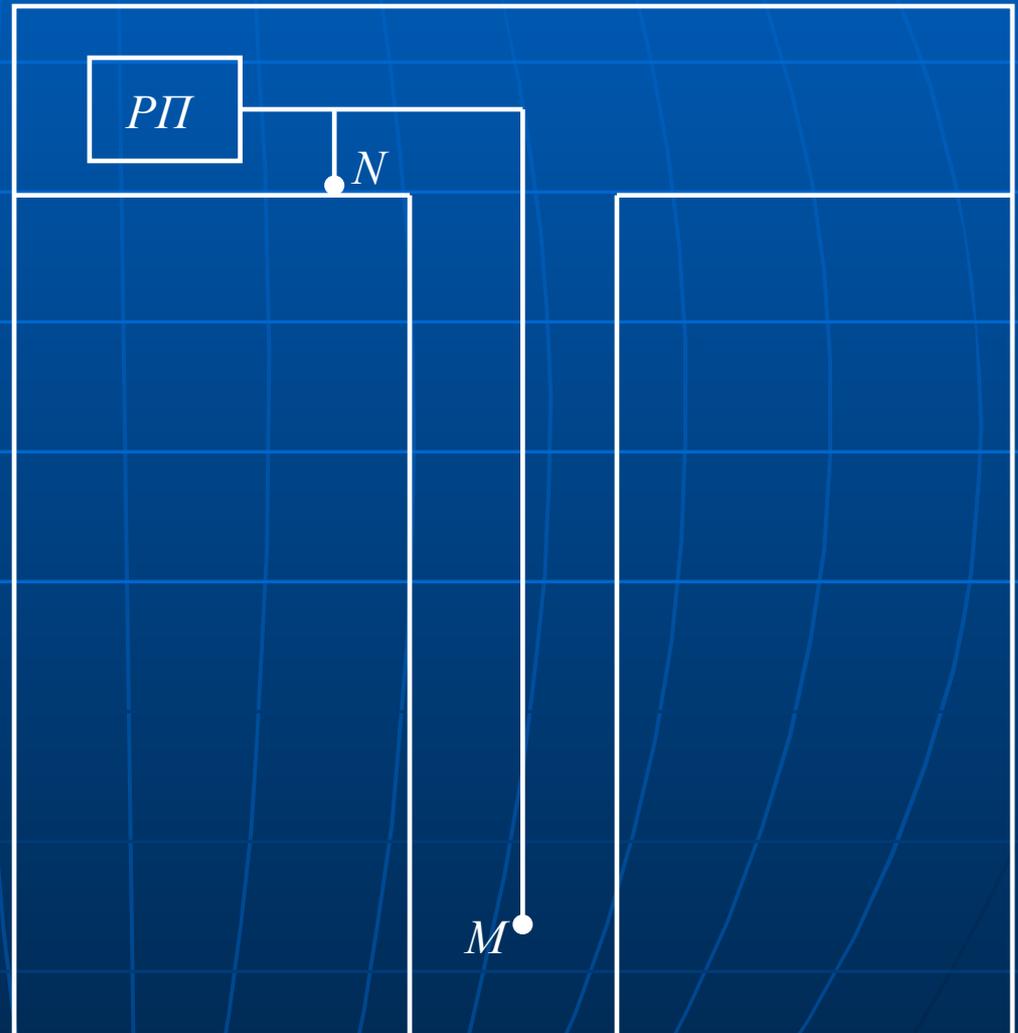
- ❖ *литологическое расчленение разреза;*
- ❖ *выделение нефтегазоносных и водоносных коллекторов;*
- ❖ *определение минерализации пластовых вод.*

В группу методов ПС входят :

- *обычный метод потенциалов СП;*
- *метод градиента СП;*
- *метод селективированных зондов СП;*
- *метод квазистатических потенциалов СП;*
- *метод специальных зондов СП.*

Обычный метод потенциалов СП

- *РП – регистрирующий прибор*
- *N – заземляемый электрод*
- *M – приемный электрод*



Метод градиента СП

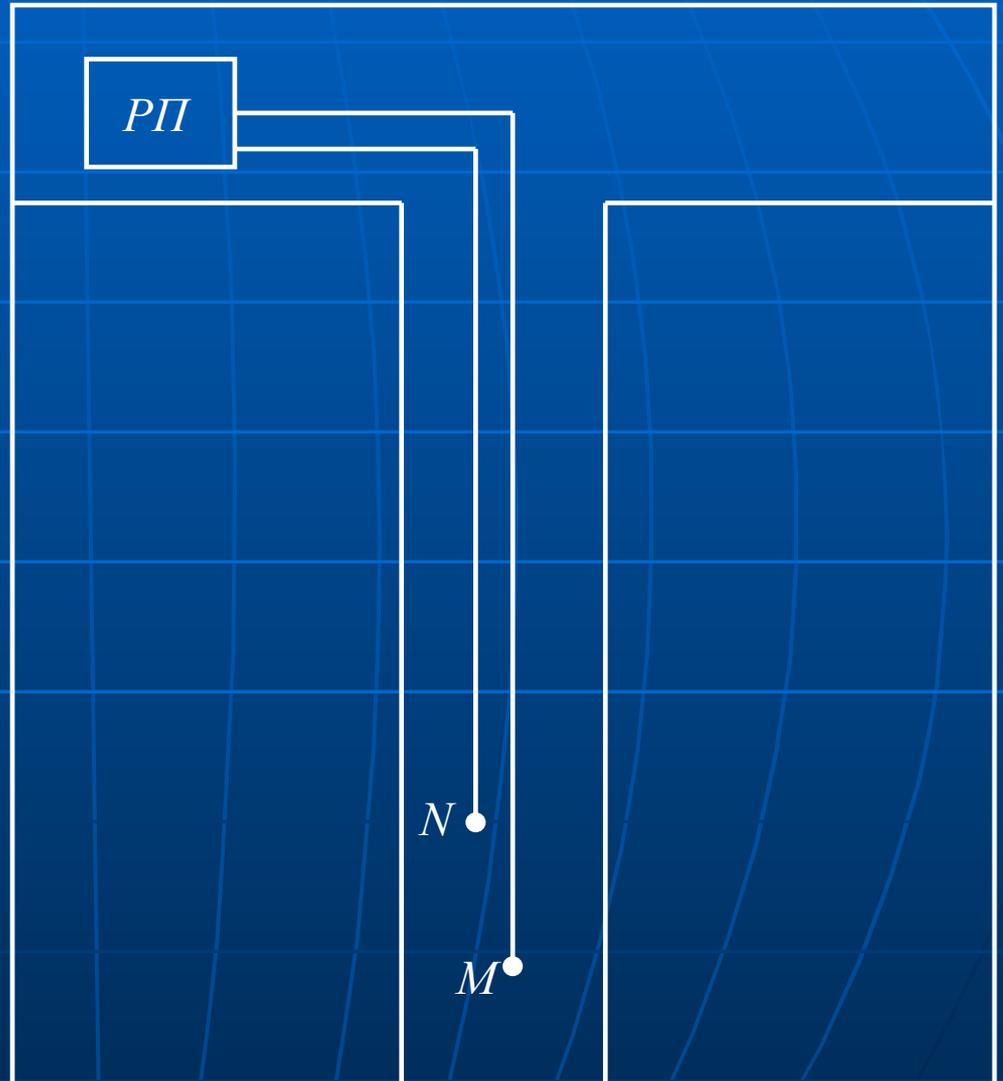


Схема скважинного прибора для
ПС

Метод селективированных зондов СП

- *В этом методе искусственно создаются условия, уменьшающие влияние ограниченной мощности пласта и сопротивления вмещающих пород на величину напряжения. Этот метод позволяет выделить в разрезах скважин проницаемые и глинистые пласты, залегающие среди пород высокого электросопротивления (карбонатов).*

Метод квазистатических потенциалов СП

- *При обработке данных обычного метода СП и метода градиента потенциала СП, полученных против пластов ограниченной мощности высокого удельного сопротивления, с помощью палеток вносят соответствующие поправки за влияние мощности и удельного сопротивления пласта, удельного сопротивления вмещающих пород и зоны проникновения, диаметров скважины. Исправленные значения разности потенциалов СП называют квазистатическими.*

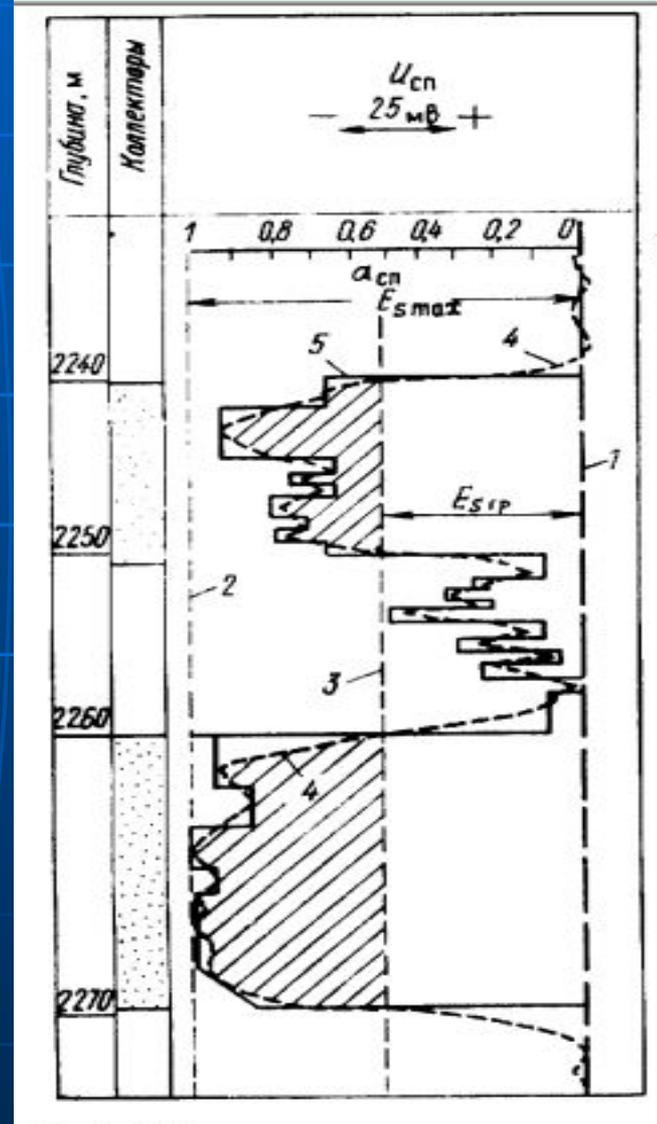
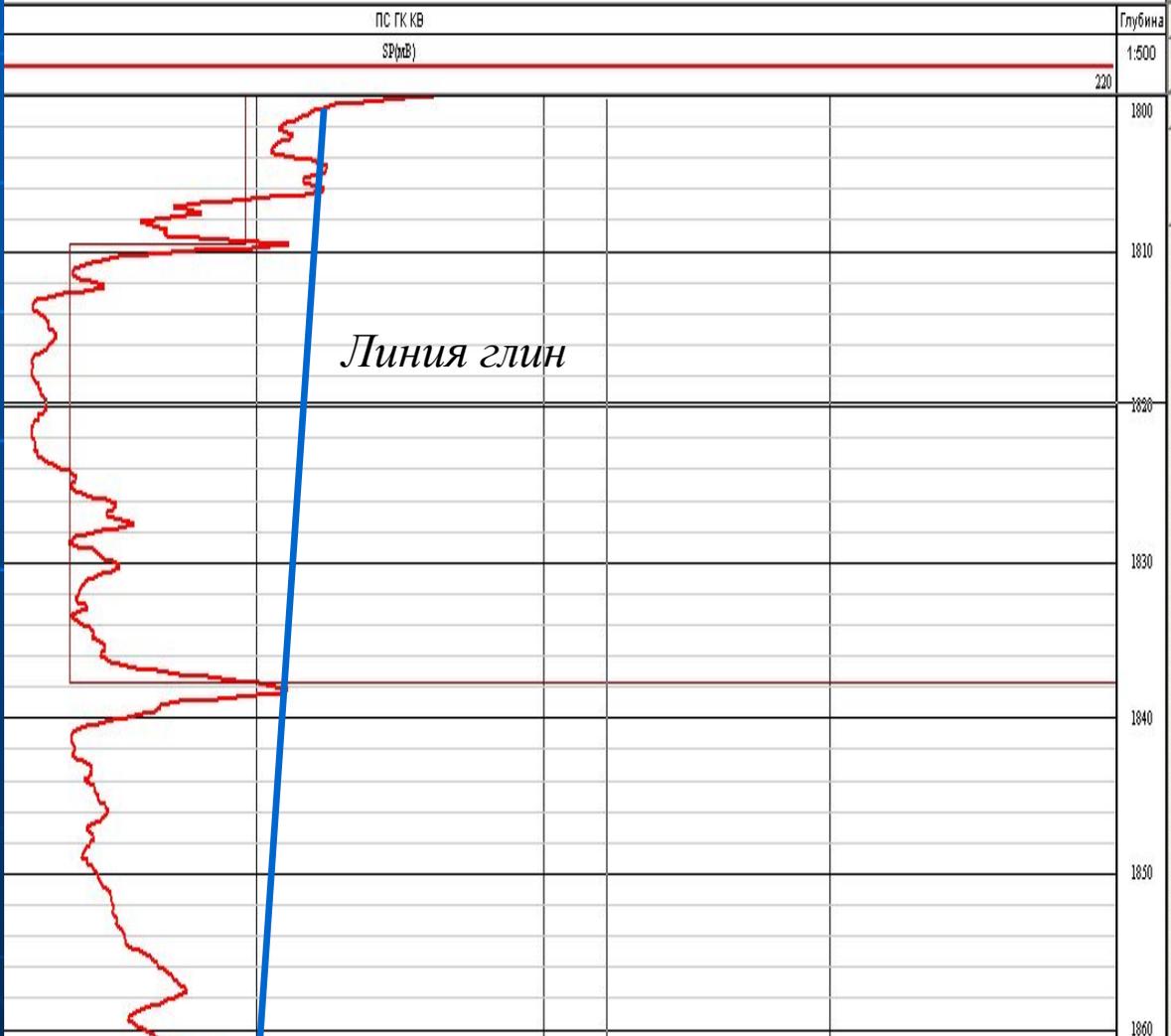
Метод специальных зондов СП

- *В тех случаях, когда по тем или иным причинам невозможно записать кривую СП обычным способом из-за сильных блуждающих промышленных или теллурических токов, применяют специальные зонды (стабильный зонд, трехэлектродный зонд Дахнова – Дьяконова, экранный зонд).*

Способ с контрольным замером потенциалов СП.

Кривая ПС. Линия глин.

ПЛАНШЕТ ДАННЫХ ГИС ПО СКВАЖИНЕ
Скважина 101 Амурская 1800.0-2462.0 м



Каротаж потенциалов вызванной поляризации

- В основе явления ВП лежат сложные физические и электрохимические процессы. Электрохимические процессы характерны для пород с электронной и ионной проводимостями.
- У пород с электронной проводимостью (сульфиды, окислы, графит, антрацит) вызванная поляризация возникает главным образом вследствие окислительно-восстановительных процессов между проводящими ток минералами и соприкасающимися с ними растворами солей.
- У пород с ионной проводимостью — в результате как деформации ДЭС, так и в результате диффузии ионов ДЭС из участков с повышенной их концентрацией в зоны пониженной концентрации из-за чередования широких и узких капилляров.

Решаемые задачи

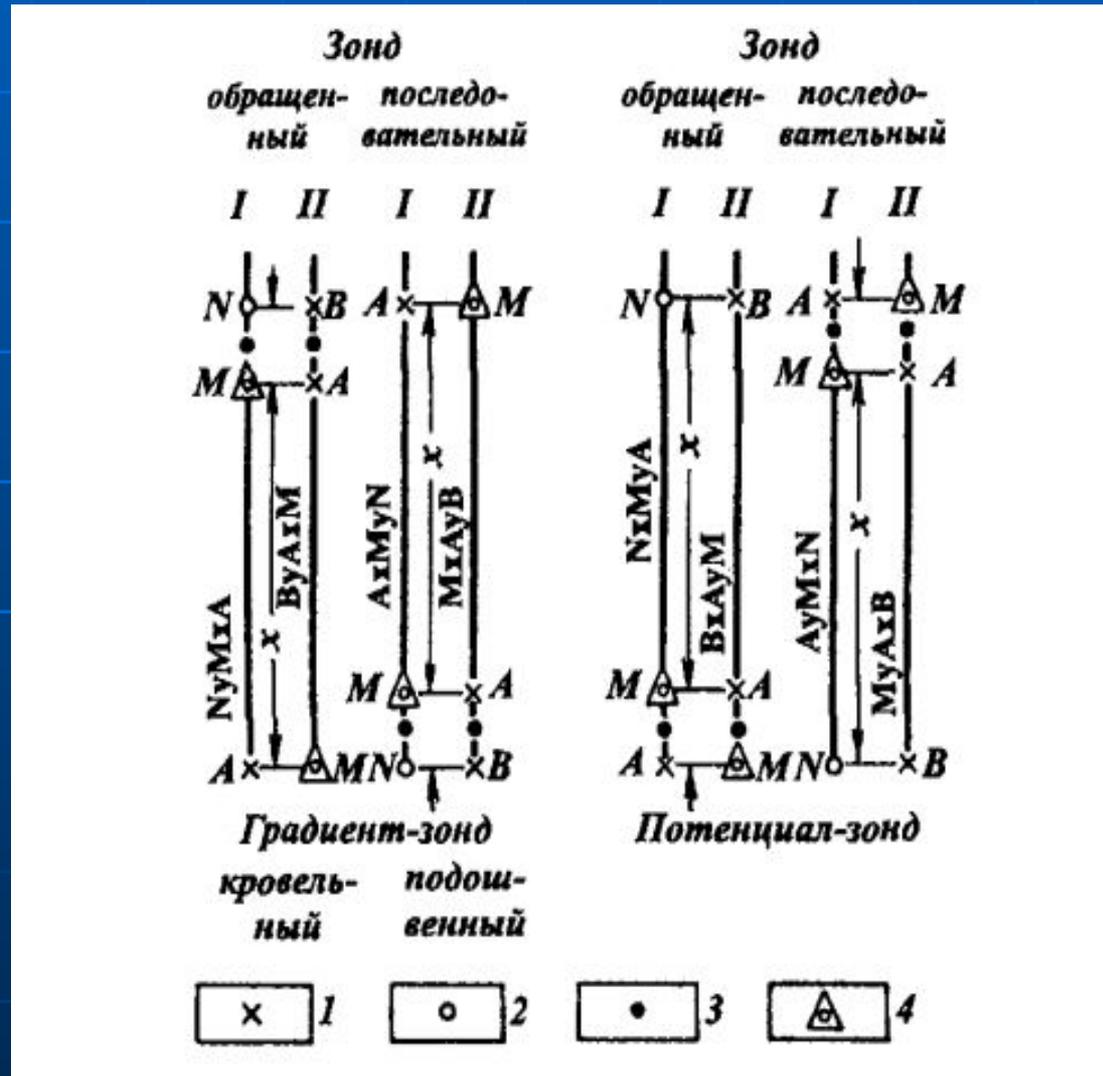
- *Высокие значения поляризуемостей рудных электропроводящих минералов (сульфиды железа, меди, никеля), а также магнетита и графита определяют основную область применения метода ВП.*
- *Даже редкая вкрапленность таких минералов, занимающая несколько процентов объема породы, обуславливает высокие значения поляризуемости породы η_K (10-20 %).*
- *Против глин, а также чистых очень пористых или сильно кавернозных известняков и доломитов показания ВП характеризуются наименьшими значениями. Значение ВП против названных разностей пород принимают за условный нуль и относят к ним все замеренные значения вызванных потенциалов.*
- *Он может быть использован для литологического расчленения пород (преимущественно песчано-глинистых), выделения водоупоров и хорошо промытых разностей песков.*

Каротаж сопротивлений

- Каротаж Сопротивления (K_c) — основной метод электрического каротажа скважин, в основе которого лежит различное удельное электрическое сопротивление г. п. и полезных ископаемых. Измерения кажущегося удельного сопротивления (r_k) производятся при помощи зонда, опускаемого в скважину на каротажном кабеле. Зонд состоит из двух сближенных и одного удаленного электрода; четвертый электрод заземляется на поверхности. Через два питающих электрода пропускается электрический ток, с помощью двух др. приемных электродов измеряется разность потенциалов ΔU .
- При поддержании постоянной силы тока I и постоянном коэф. зонда K , зависящего от его размера и типа, регистрируемое ΔU пропорционально кажущемуся удельному сопротивлению r_k .

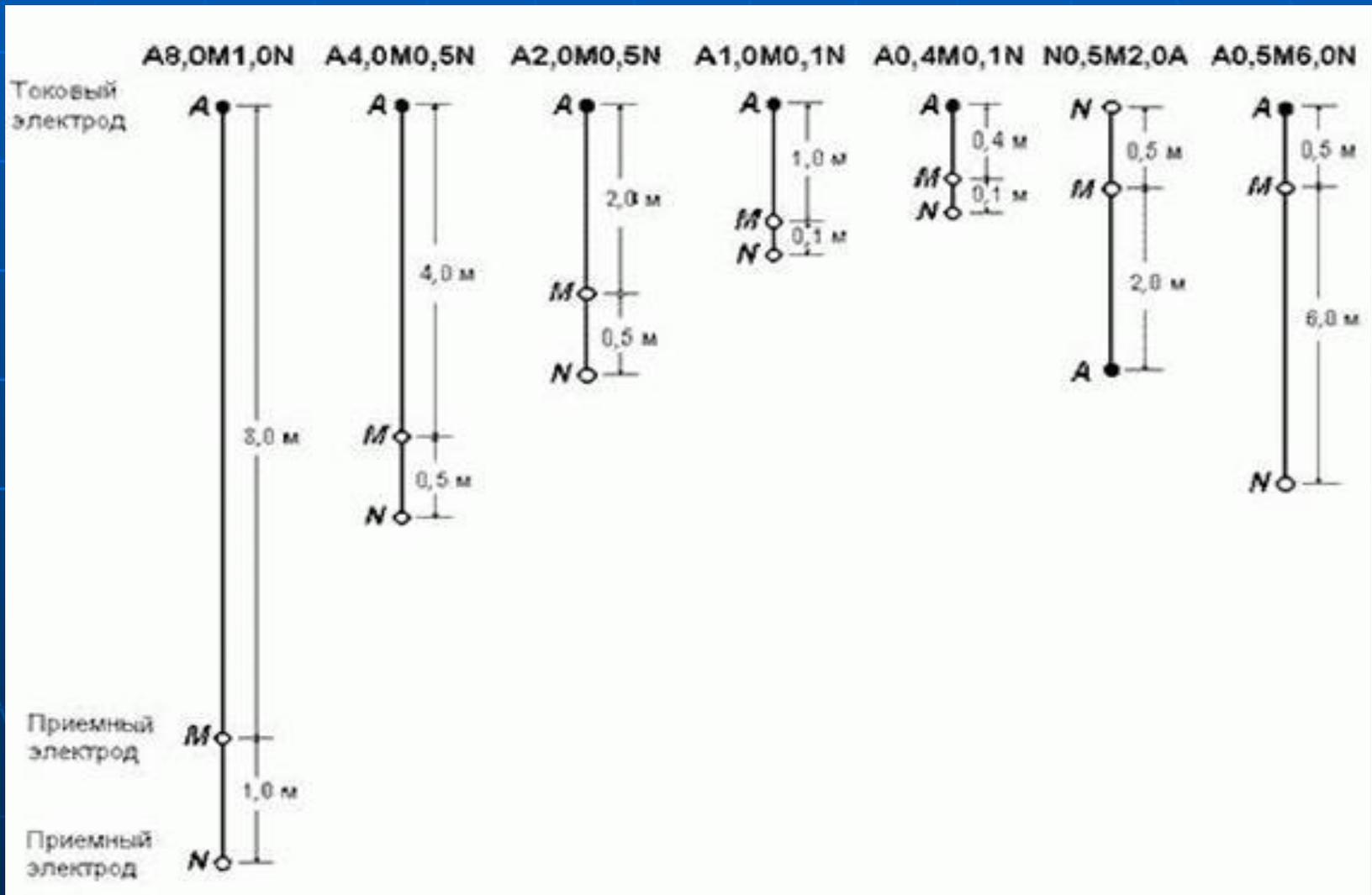
Зонды, применяемые в КС

- В зависимости от удельного сопротивления пластов, их мощности и диаметра скважин применяются зонды разл. размеров (от 0,3 до 4 м реже более) и типов:
 - 1) потенциал-зонды (сближены электроды разного назначения — питающий и приемный); r_k пропорционально потенциалу электрического поля; используются гл. обр. при коротаже хорошо проводящих полезных ископаемых;
 - 2) градиент-зонды (сближены электроды одинакового назначения); r_k пропорционально градиенту потенциала электрического поля; применяются для выделения пластов полезных ископаемых с высоким сопротивлением.



Наиболее распространенные зонды

КС



- *Скважинный зонд КПС-43/48 предназначен для исследования неглубоких скважин методами КС и ПС.*

- *Находится в распоряжении кафедры ГФХМР на базе малоуглубинной каротажной станции.*

Скважинный прибор электрического каротажа КСП-43/48

Предназначен для измерения кажущегося электрического удельного сопротивления (КС) и потенциалов естественного поля (ПС) в скважинах различного назначения.

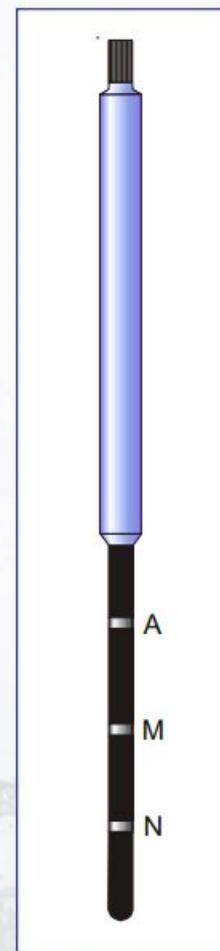
Особенности и преимущества

- ❖ повышенная точность измерения благодаря использованию многозарядного АЦП и цифровой обработке сигнала;
- ❖ автоматический выбор пределов измерения.

Технические характеристики

Формула зонда	A1,0M0,1N
Диапазон измерения кажущегося электрического удельного сопротивления, Ом·м	1+50000
Диапазон измерения спонтанных потенциалов, мВ	-2500+2500
Основная относительная погрешности измерения, %	5
Напряжение питания, В	40-50
Способ передачи данных	Код «Манчестер-2»
Скорость передачи данных, кБод	21
Максимальное гидростатическое давление в зоне исследований, МПа	22
Максимальная рабочая температура в зоне исследований, °С	45
Габаритные размеры скважинного прибора без косы, мм:	
диаметр	43/48
длина	3000
Вес скважинного прибора, кг	10

Эксплуатируется с одножильным и трехжильным кабелем.



Решаемые задачи

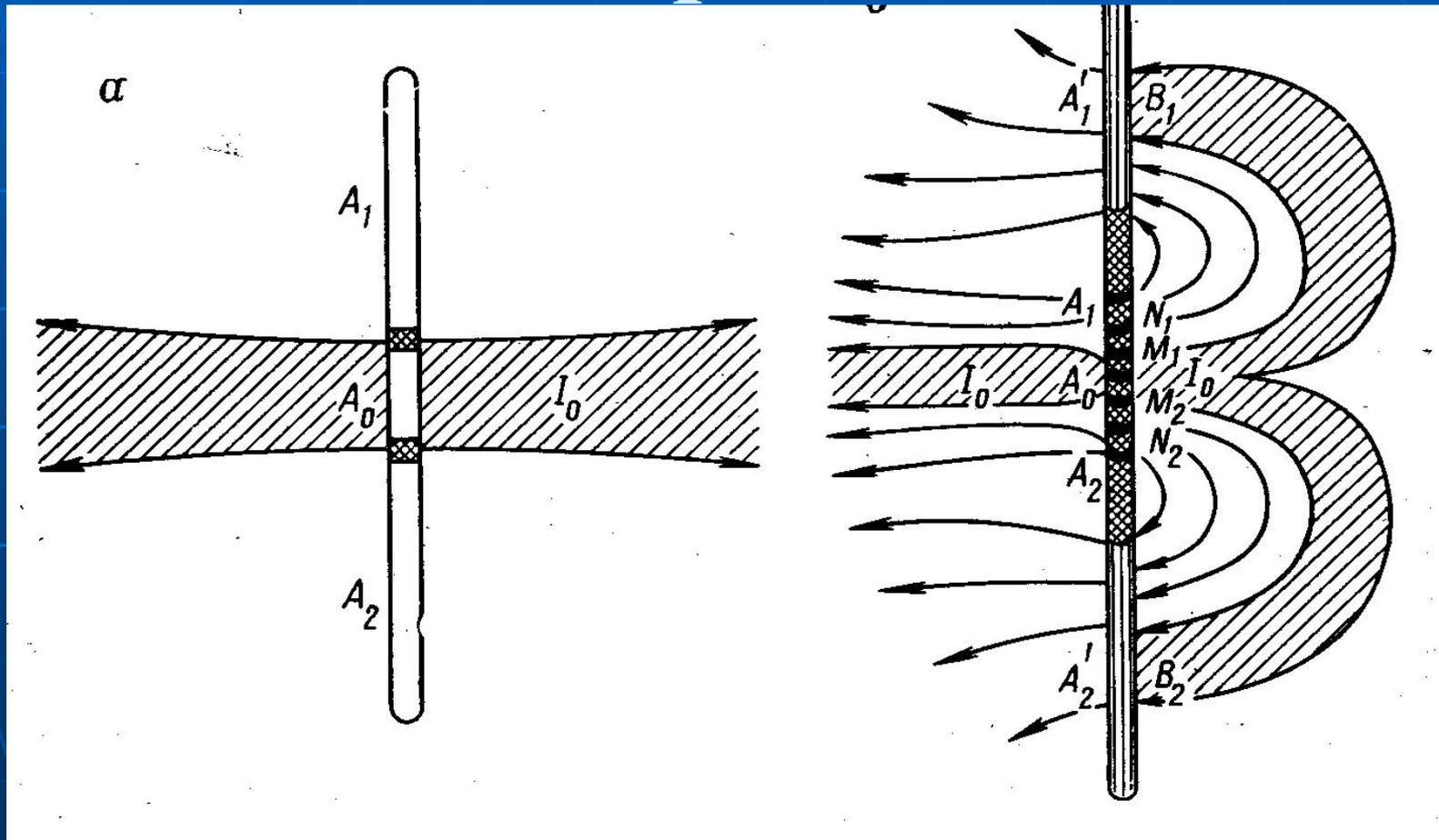
- *расчленение разреза на пласты с различными электрическими свойствами,*
- *определение удельного электрического сопротивления горных пород,*
- *изучение распределения удельного сопротивления в промытой зоне, зоне проникновения и в не затронутой проникновением фильтрата части пласта,*
- *количественно оценивать коллекторские свойства пласта и т. д.*

Боковое каротажное зондирование

Боковое каротажное зондирование (БКЗ) (lateral logging sounding) - каротаж сопротивления, предусматривающий использование приборов одностипных зондов разной длины (в том числе стандартного зонда КС).

При очень малом размере (длине) зонда L , по отношению к диаметру скважины D , измеренное r_k близко по значению к удельному сопротивлению бурового раствора r_0 , с увеличением L возрастает радиус проникновения тока и усиливается влияние удельного сопротивления пластов g . п. (полезных ископаемых), r_p возрастает на величину r_k . При $L > D$ наблюдается асимптотическое приближение r_k к r_p . По диаграммам БКЗ (серии диаграмм КС) строятся практические кривые БКЗ для каждого пласта в виде зависимости r_k от L , в двойном логарифмическом масштабе. Последнее позволяет их легко сопоставлять с теоретическими кривыми — палетками БКЗ, МКЗ и ПКМ, рассчитанными для разл. геол. условий. Наблюдаются двухслойные кривые БКЗ — при отсутствии проникновения в пласт бурового раствора и трехслойные — при его проникновении. В результате интерпретации БКЗ определяется удельное сопротивление пласта; зоны проникновения бурового раствора и ее диаметр. БКЗ проводится преимущественно в скважинах, бурящихся с целью поисков и разведки нефти и газа в пределах нефте- и газоперспективных горизонтов разреза. Величина является одним из критериев при выделении нефте- и газоносных пластов; наличие зоны проникновения бурового раствора свидетельствует об их повышенных коллекторских свойствах.

Боковое каротажное зондирование



Распределение токовых линий для трехэлектродного и девятиэлектродного зонда БКЗ

Боковое каротажное зондирование

Схема трехэлектродного зонда:

а – схема с автокомпенсатором, б – схема с резистором.

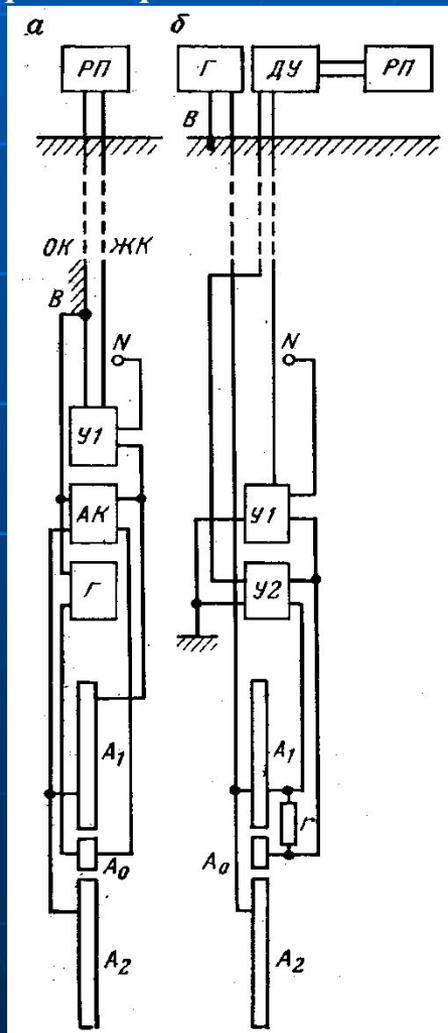
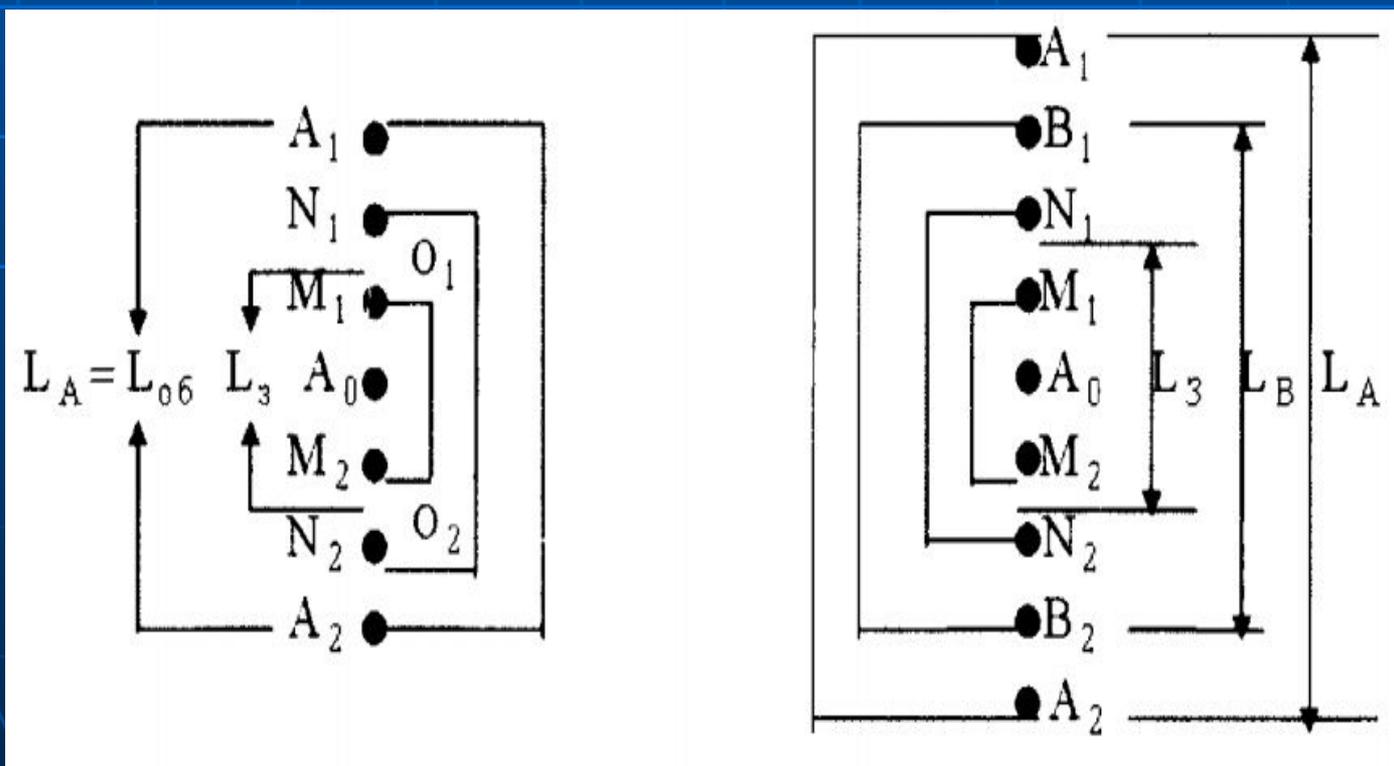
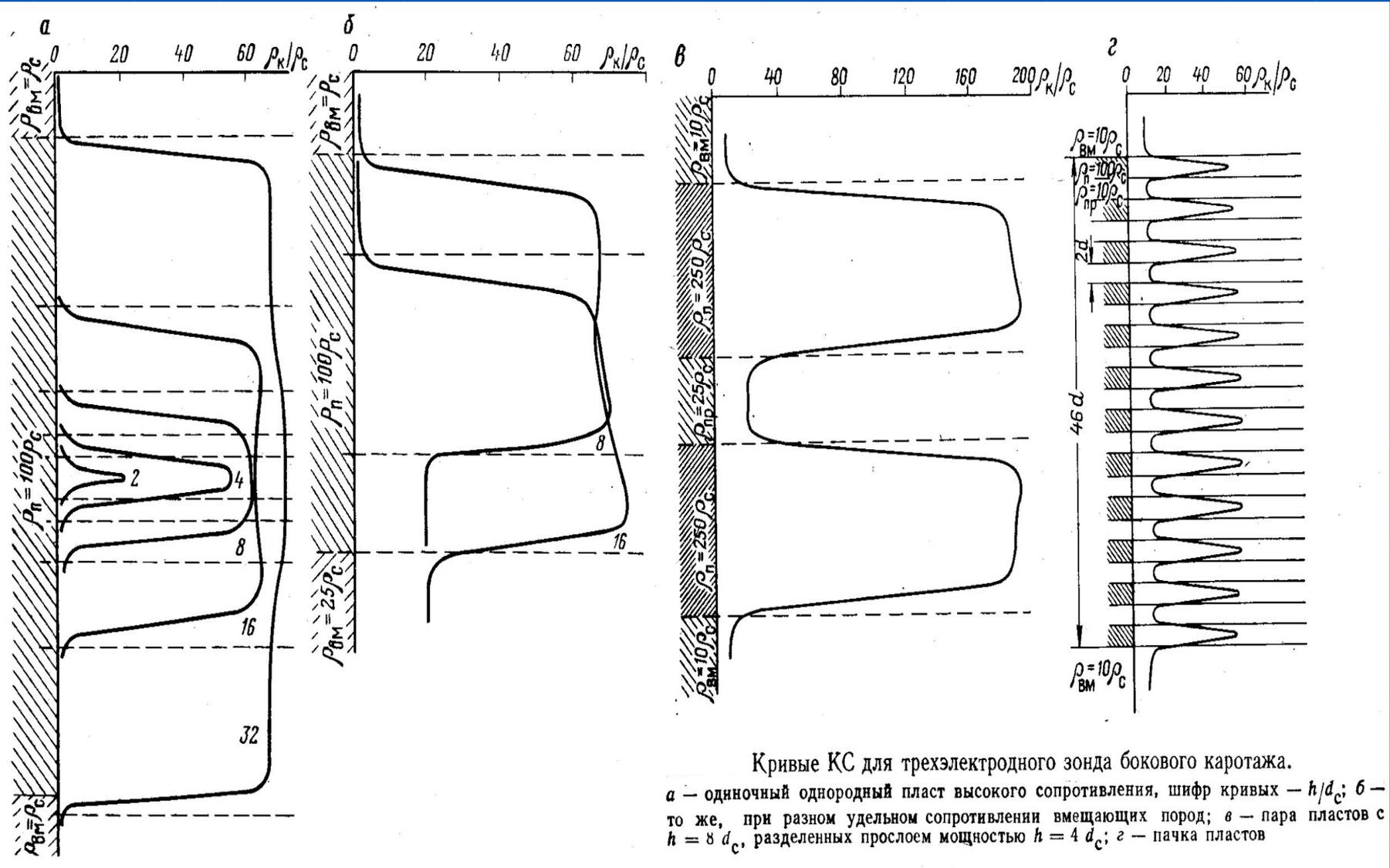


Схема семиэлектродного и девятиэлектродного зонда БКЗ



Боковое каротажное зондирование

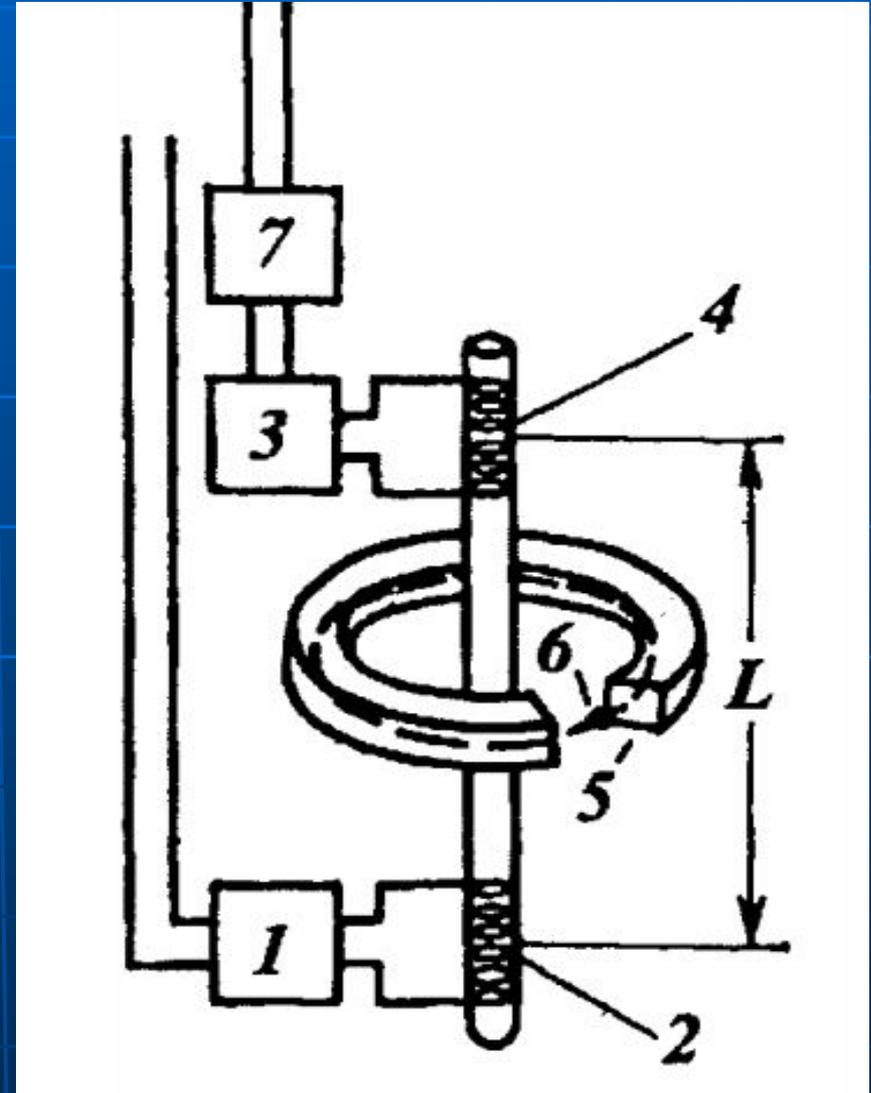


Индукционный каротаж

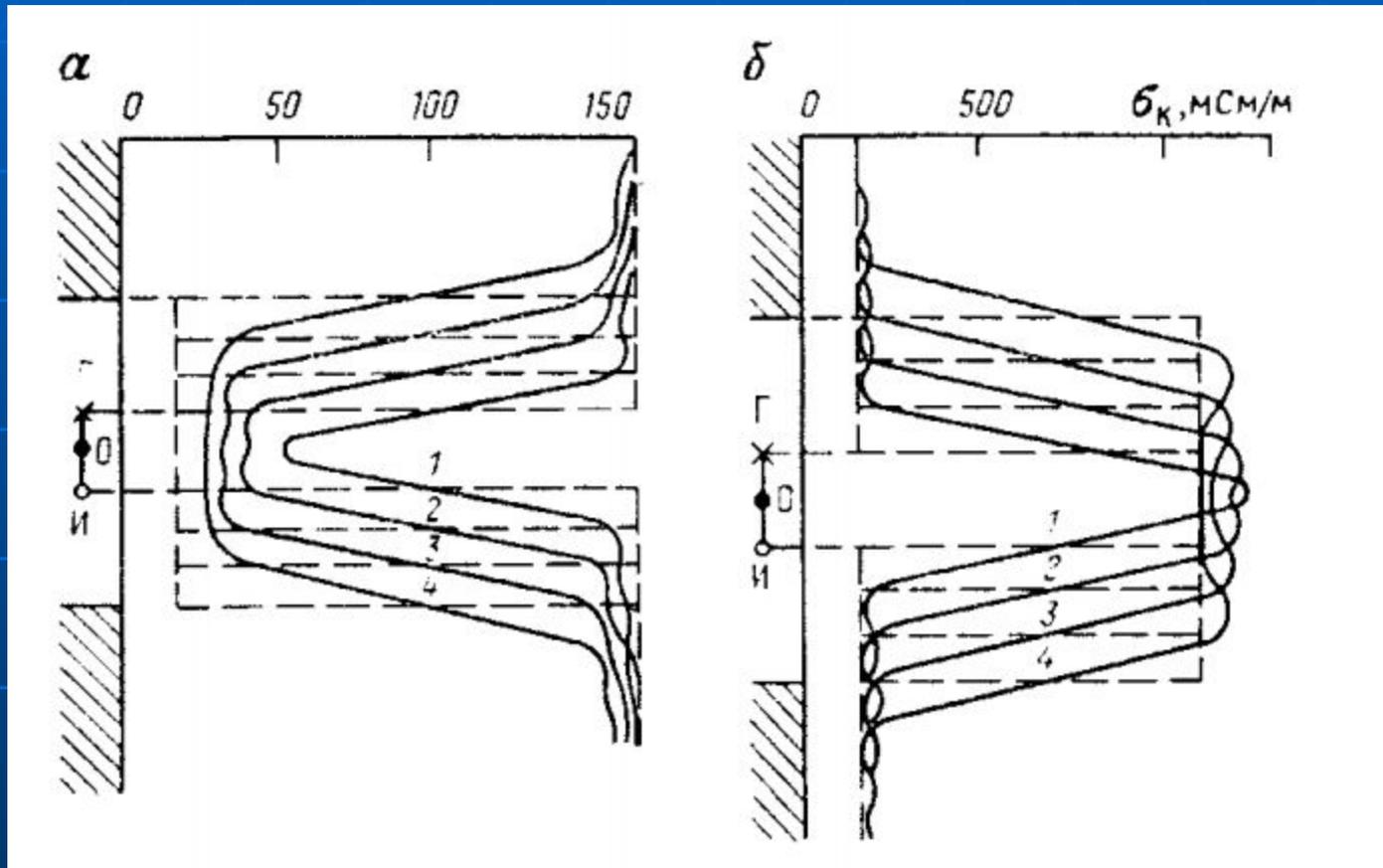
- *ИК изучает удельную электропроводность горных пород. Метод основан на измерении напряженности переменного магнитного поля вихревых токов, возбужденных в породах источником переменного магнитного поля.*
- *Особенности:*
 - *- не требует контакта с окружающей средой;*
 - *- не используются электроды;*
 - *- токовые линии – кольцевые окружности с центром на оси скважины.*

Индукционный каротаж

- *Схема зонда ИК:*
- *1 – генератор;*
- *2 – генераторная катушка;*
- *3 – усилитель;*
- *4 – измерительная катушка;*
- *5 – кольцевая зона пласта;*
- *6 – токовая линия;*
- *7 – преобразователь.*



Индукционный каротаж



Кривые кажущейся проводимости зонда ИК:

а – пласт высокого сопротивления; б – пласт низкого сопротивления. О – точка записи, Г – генераторная катушка, И – измерительная катушка

ВИКИЗ

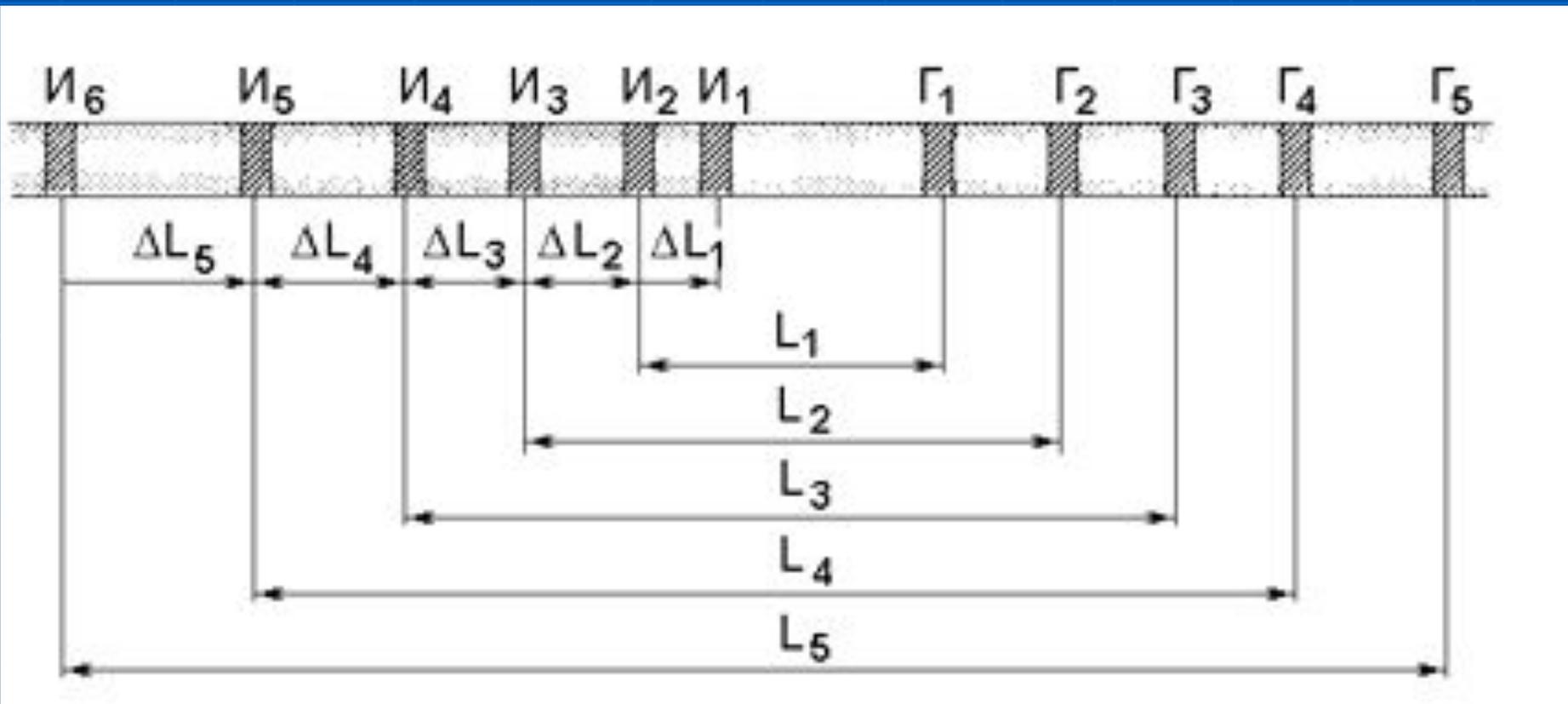
- *ВИКИЗ – Высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование представляет собой измерение параметров магнитного поля трехкатушечными зондами, обладающими геометрическим и электродинамическим подобием. Каждый зонд состоит из одной генераторной и двух приемных катушек. За одну спускоподъемную операцию регистрируются показания пяти разноглубинных зондов индукционного каротажа и потенциала самопроизвольной поляризации (СП) пород.*
- *При пропускании через генераторную катушку переменного тока с частотой 20-50 кГц (в зависимости от типа аппаратуры). Генераторная катушка питается током, постоянным по амплитуде, частотой 20-50 кГц. Переменный ток, протекающий по генераторной катушке, создает переменное магнитное поле (прямое или первичное), индуцирующее вихревые токи в окружающей зонд среде, которые тем больше, чем больше проводимость г.п. При малых расстояниях и проводимости вихревые токи сдвинуты по фазе относительно тока в генераторной катушке на угол $\pi/2$, в противном случае фаза отличается от $\pi/2$. Вихревые токи в породах, в свою очередь, создают вторичное магнитное поле. Прямое и вторичное поля индуцируют ЭДС в измерительной катушке. ЭДС, индуцированная прямым полем, компенсируется путем введения равной и противоположной по фазе ЭДС с помощью дополнительных катушек. Остающаяся в измерительной цепи ЭДС усиливается и подается на фазочувствительный элемент.*

- *Фазочувствительный элемент регулируется так, чтобы сигнал на выходе прибора был прямо пропорционален электропроводности среды. Однако при большой проводимости выходной сигнал увеличивается медленнее, чем электропроводность среды, что связано со взаимодействием вихревых токов и обычно называется скин-эффектом.*
- *Глубина исследования достигается за счет увеличения длины зонда и уменьшения частоты электромагнитного поля.*
- *Зонды отличаются радиальной глубиной исследования. Это позволяет по данным ВИКИЗ обнаруживать радиальный градиент сопротивления и выделять по этому признаку пласты, в которые происходит проникновение промысловой жидкости (коллекторы), определять удельное электрическое сопротивление частей пластов, незатронутых проникновением, зон проникновения и окаймляющих их зон с одновременной оценкой глубины измененной части пласта. По данным об удельном электрическом сопротивлении (УЭС) пластов также определяют характер насыщения пород и положение флюидальных контактов и протяженности переходных зон.*

Зонд ВИКИЗ

Аппаратура состоит из 5 трехкатушечных (1 генераторная и 2 измерительные) зондов разной длины.

Изопараметричность – сохранение одинаковых показаний всех зондов в одной и той же однородной среде с постоянным значением электропроводности.



ВИКИЗ

Благоприятные условия:

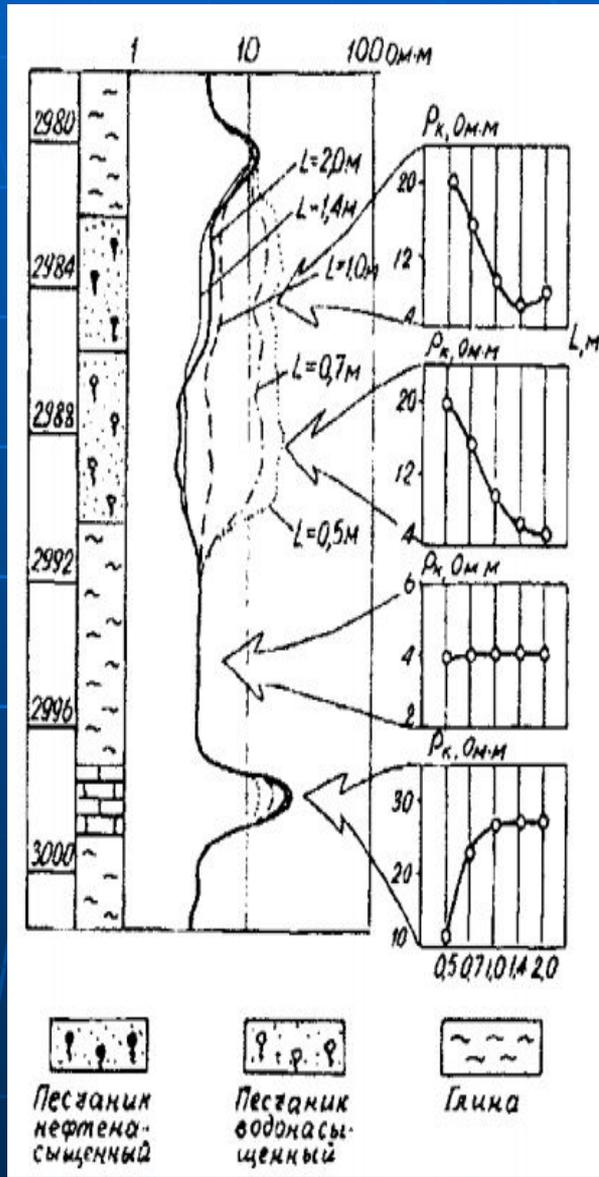
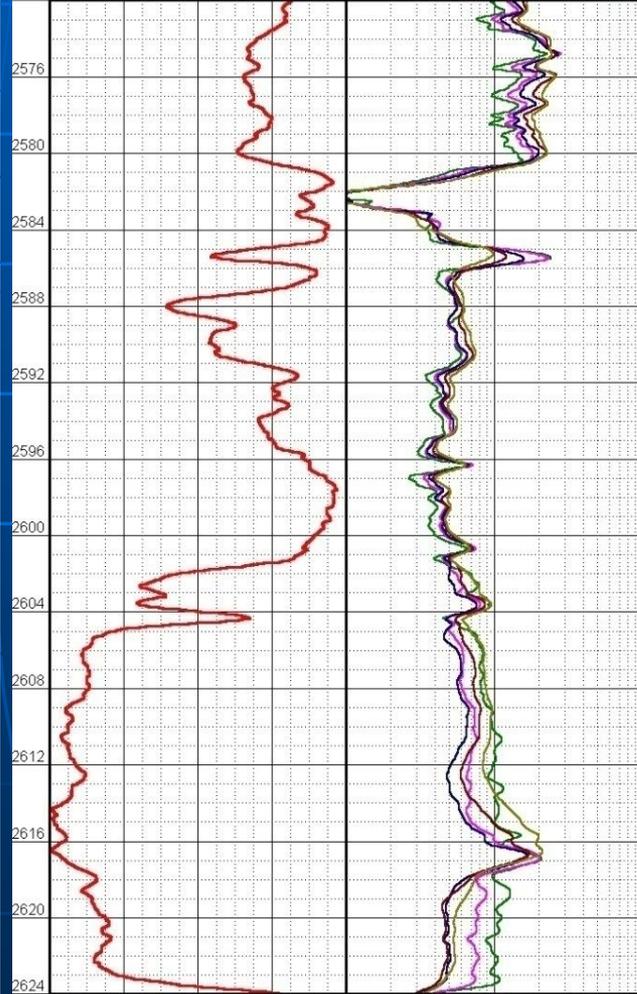
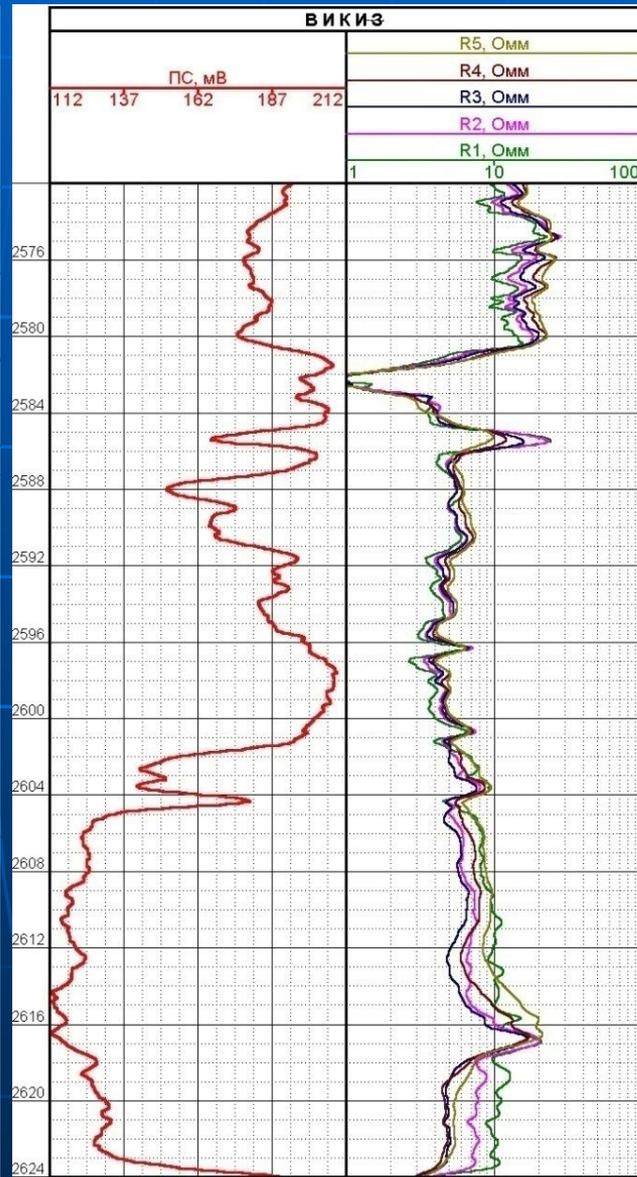
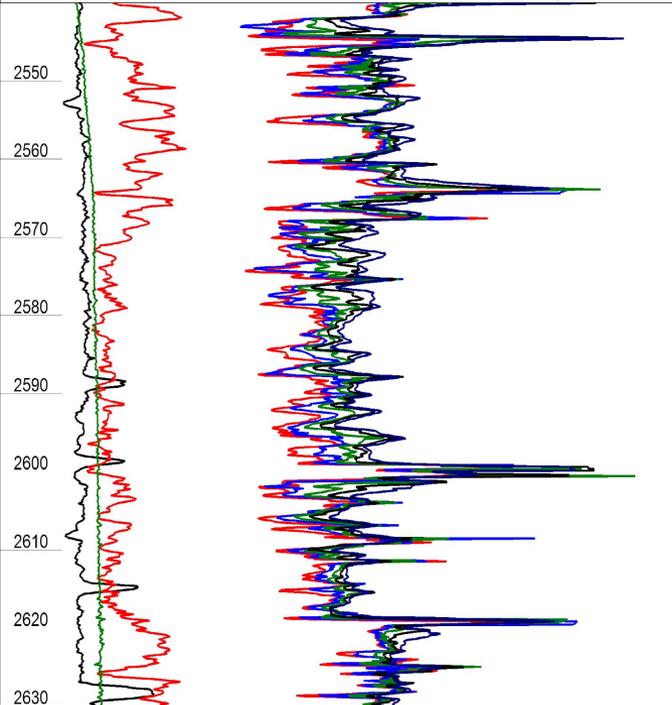
- пресная ПЖ;
- УЭС пластов не более 100 Омм.

Неблагоприятные условия:

- высокоомные породы;
- низкоомный буровой раствор ($< 0,01$ Омм).

Кривые ВИКИЗ

		ВИКИЗ			
		0.1	1	10	100
		ОНММ			
		IVR5			
		0.1	1	10	100 0.1
		ОНММ			
		IVR1			
ГК	4.8 11.2 17.6 0.1	1	10	100	0.1
		ОНММ			
		IVR2			
UR/H	43 63 83 0.1	1	10	100	0.1
		ОНММ			
		IVR3			
град	2 19 36.1 0.1	1	10	100	0.1
		ОНММ			
		IVR4			
НКТ	2 19 36.1 0.1	1	10	100	0.1
		ОНММ			
уе		ОНММ			



Диэлектрический каротаж (ДК)

Предназначен для изучения диэлектрической проницаемости горных пород в разрезе скважин. Измеряются характеристики высокочастотного магнитного поля, вызванного зондом ДК.

Решаемые задачи:

- детальное расчленение разреза;*
- выявление мест прорыва пресной воды;*
- исследование водоносных пресных пластов;*
- определение диэлектрической проницаемости пород;*
- изучение обводненности залежи;*
- контроль положения ВНК.*

Недостатки:

Малый радиус исследования – 0,4-0,6 м.

Зонды ДК

Зонд ДК представляет собой трехкатушечный зонд (аналогичен зонду ВИКИЗ), в котором находятся одна генераторная катушка и две сближенные приемные катушки. (ДК1-713 – 1985 г.)

Длина зонда L обычно составляет 0,8-1,0 м.

База зонда «дельта L » = 0,2-0,3 м.

Рабочая частота 40-60 МГц.

Благоприятные условия для применения ДК:

- *Открытый ствол;*
- *Скважина обсажена
стеклопластиковыми трубами;*
- *Пресный буровой раствор;*
- *РНО.*

Микрокаротаж

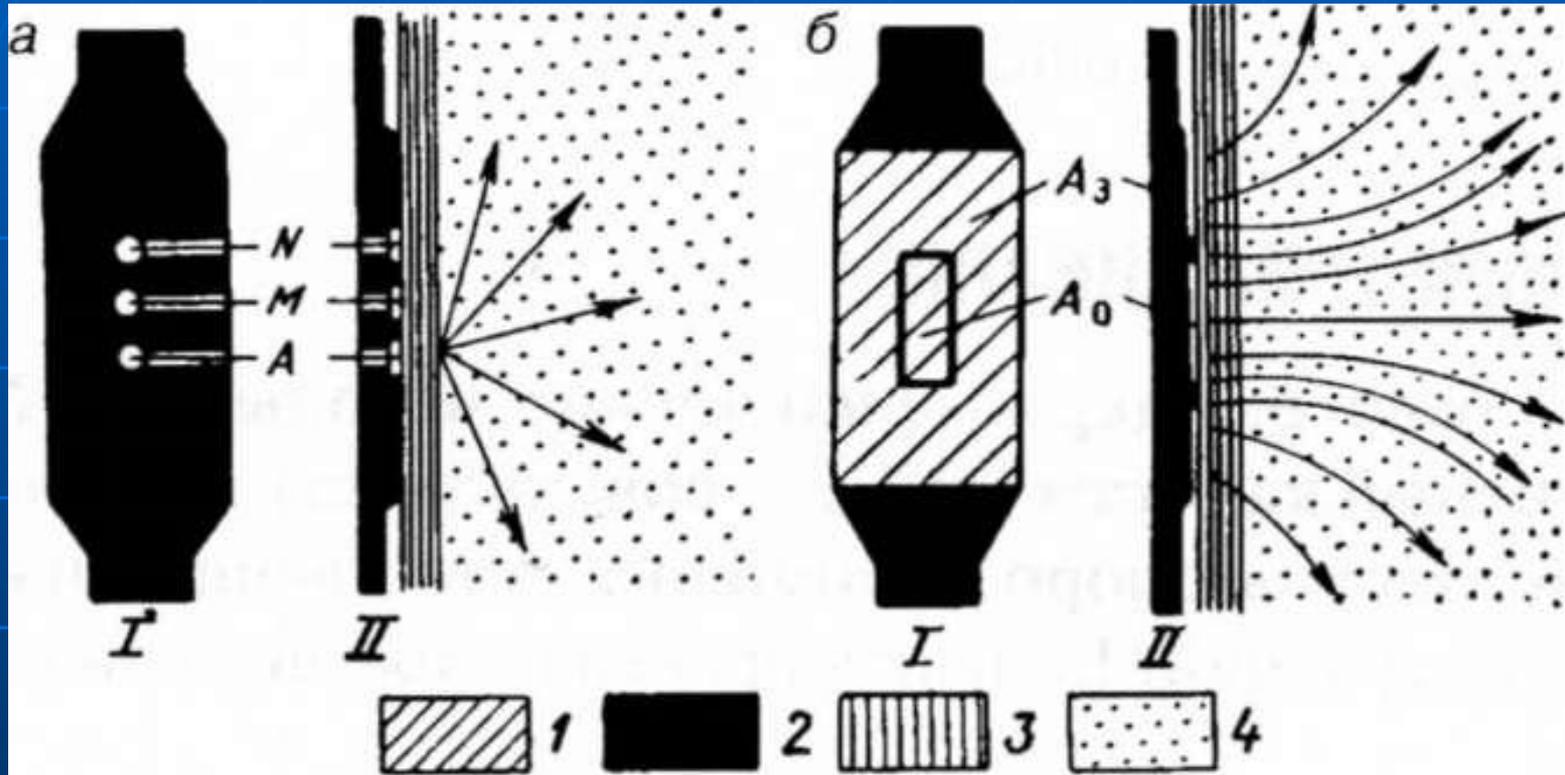
Предназначен для измерения удельного сопротивления части пласта, прилегающего к стенке скважины.

Различают:

-  *Микрозондирование (МЗК);*
-  *боковой микрокаротаж (МБК);*
-  *Резистивиметрия (Rez).*

Микрозонд представляет собой установку небольшого размера. Она состоит из башмака, выполненного из изоляционного материала (например, резины). На внешней стороне башмака расположены три точечных электрода — N , M и A , расстояние между которыми обычно выбирают равным 2,5 см. Внешняя сторона башмака специальной пружиной (рессорой), соединенной с металлическим корпусом прибора, прижимается к стенке скважины, обеспечивая экранирование зонда от бурового раствора и снижение влияния скважины на результаты измерений.

Зонд микрокаротажа



Схемы микрозондов и распространение у них токовых линий в промытой зоне: а — обычный зонд, сочетающий потенциал- (МПЗ) и градиент- (МГЗ) зонды; б — боковой двухэлектродный зонд (МБК); I — вид спереди; II вид сбоку; 1 — электроды; 2 — изоляционный башмак; 3 — глинистая корка; 4 — порода

Резистивиметрия

В наиболее простом случае резистивиметр представляет собой центрированный (не прижатый к стенке скважины) микроградиент-зонд с кольцевыми электродами А, М и N, образующими градиент-микрозонд малой длины.

Значения ρ_c используются для интерпретации данных электрического каротажа, других методов ГИС.

При контроле технического состояния скважины резистивиметрия позволяет выделить интервалы притока пластового флюида или поглощения бурового раствора путем понижения или повышения давления на пласт.

Решаемые задачи:

- *Детальное расчленение разреза;*
- *определение остаточной нефтегазонасыщенности в промытой зоне;*
- *Оценка наклона пласта.*

Скважинный прибор – пластовый наклономер - содержит обычно несколько расположенных по окружности прижимных устройств, на каждом из которых размещают зонд БМК или ИК небольшой длины. По вертикальному сдвигу диаграмм зондов находят наклон пласта, а по показаниям встроенного, также в скважинный прибор, инклинометра - азимут угла падения пласта.

Ядерно-магнитный каротаж

основан на измерении ядерной намагниченности горных пород в разрезе скважины. Благодаря наличию механического и магнитного моментов, ядра атомов многих элементов подобно намагниченному волчку ориентированы и вращаются (прецессируют) вокруг направления магнитного поля Земли.

Принцип ЯМК заключается в следующем:

- на породы воздействуют постоянным магнитным полем, под его влиянием магнитные моменты ядер элементов пород меняют свою ориентацию;
 - после снятия поляризующего поля ядерные магнитные моменты, возвращаясь к исходной ориентации, свободно прецессируют, создавая своё, затухающее во времени электромагнитное поле, напряженность которого измеряется.
- Индукцированная полем в катушке зонда ЭДС является сигналом свободной прецессии.

-  Амплитуда сигнала зависит только от количества ядер водорода, находящихся в составе подвижной жидкости, заключенной в порах породы.
-  Сигнал свободной прецессии от ядер других элементов, входящих в состав твердой фазы породы и вязкого вещества ее пор, а также от ядер водорода кристаллизационной и связанной воды скважинной аппаратурой не регистрируется.
-  Для характеристики амплитуды сигнала свободной прецессии в ЯМК используется индекс свободного флюида (ИСФ) — отношение начальных амплитуд сигналов, наблюдаемых при ЯМК и в дистиллированной воде.

Решаемые задачи:

- *определения эффективной пористости пород (ИСФ ~ K_p),*
- *выделения коллекторов (неколлекторы на диаграммах не выделяются и ИСФ = 0),*
- *выяснения характера насыщения пластов,*
- *определения эффективной мощности продуктивных коллекторов.*

Ядерно-магнитные свойства флюидов и насыщенных ими горных пород при 20°C

Порода, флюиды	ИСФ, %	T_2 , мс	T_p , мс	
			Сильное поле (300 Гс)	Слабое поле (0,5 Гс)
Вода дистиллированная, содержащая растворённый воздух	100	500-1500	2300	2300
Вода, содержащая в 1 л: 200 г NaCl	92	500-1500	1700	1650
0,4 г CuSO ₄	100	50-100	180	180
Нефть	5-100	250-1200	250-1200	250-1200
Конденсат	100	500-1500	до 3500	До 3500
Песчаник водонасыщенный	0-40	30-100	100-1500	150-1500
Песчаник нефтенасыщенный	0-40	30-200	250-1200	250-1200
Известняк водонасыщенный	0-40	30-200	до 2000	до 2000
Известняк нефтенасыщенный	0-40	30-200	250-1200	250-1200
Глина	0	<20	-	-

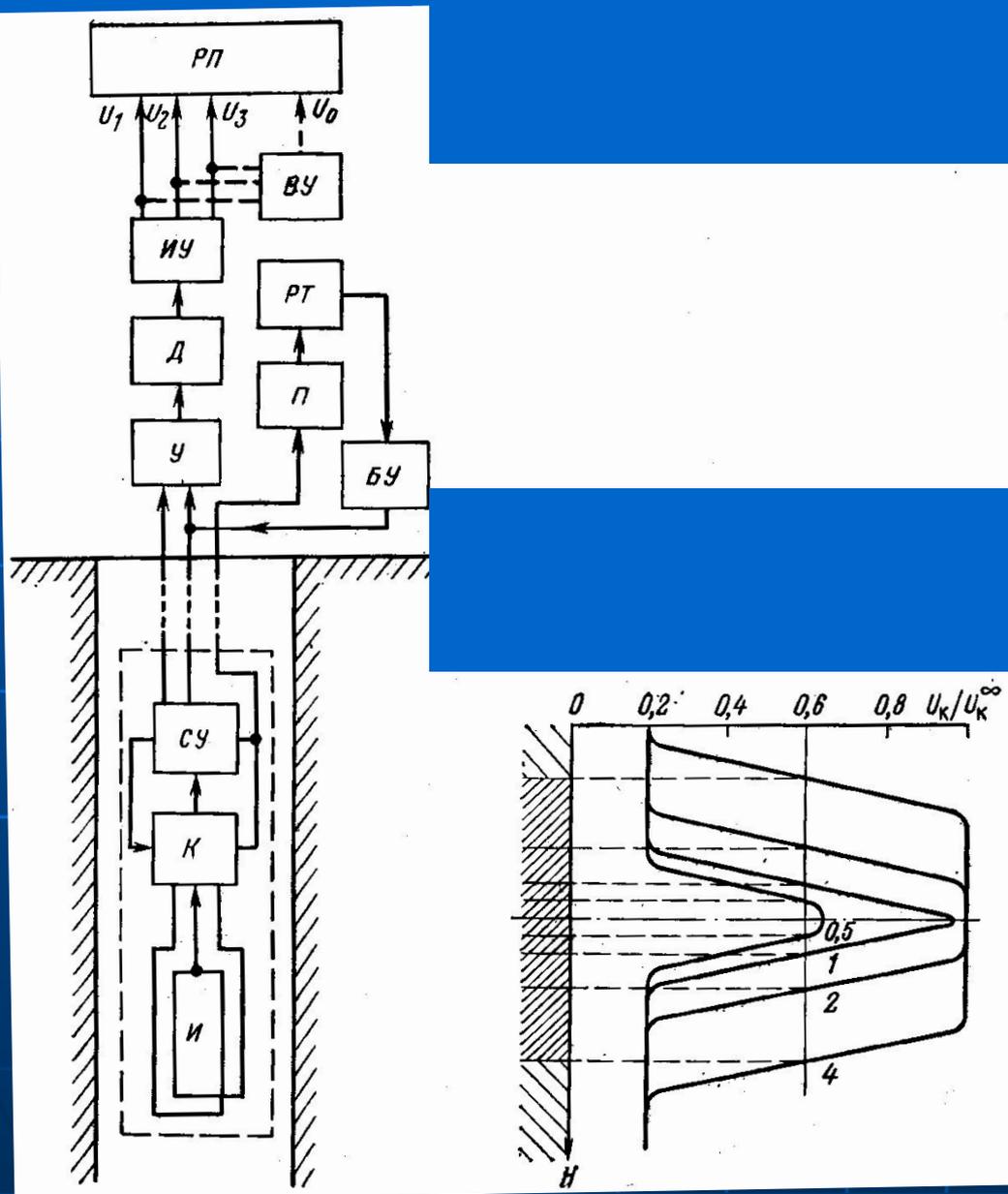
Зонд ЯМК состоит из катушки и коммутатора, попеременно подключающего ее к источнику постоянного тока силой 2-3 А.

Ось катушки перпендикулярна оси скважины. При подключении катушка создает в окружающем пространстве поляризующее постоянное магнитное поле в направлении, перпендикулярном оси скважины, т. е. в случае вертикальной скважины практически перпендикулярном вектору магнитного поля Земли (Т).

В этой связи метод ЯМК затруднительно применять в наклонных и горизонтальных скважинах.

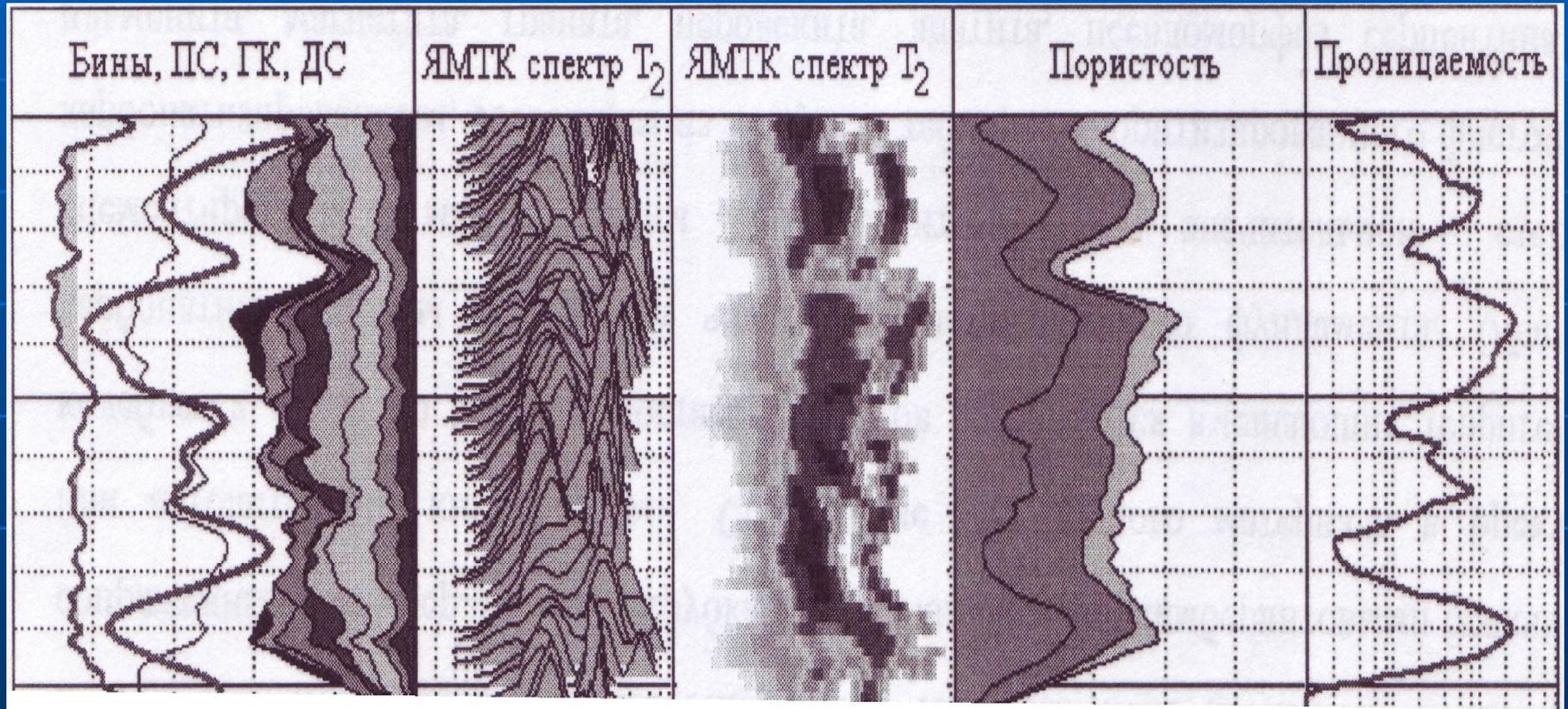
Величина поляризующего поля примерно в 100 раз больше поля Земли. Ток пропускают, пока не закончится продольная релаксация (не более 2-3 с).

После выключения поляризующего поля, спустя мертвое время ($t_M = 25-30$ мс), в катушке регистрируют наведенную ЭДС.



- *РП – реле остаточного тока;*
- *К – коммутатор;*
- *СУ – скважинный усилитель;*
- *У – усилитель;*
- *ИУ – измерительное устройство;*
- *П – источник тока поляризации;*
- *БУ – блок управления;*
- *Д – детектор;*
- *РП – регистрирующий прибор;*
- *ВУ – вычислительное устройство.*

Кривые ЯМК



Пример реализации ядерно-магнитного метода в сильном магнитном поле

Радиоактивный каротаж

Гамма-каротаж

*ГК – изучение
естественного
гамма-излучения*

*ГГК – изучение
искусственного
гамма-излучения*

*ГК-И
Интегральный
гамма-каротаж*

*ГК-С
Спектрометрический
гамма-каротаж*

*ГГК-С
(селективный)
- изучение
эффективного
атомного номера
 $Z_{эфф}$*

*ГГК-П
(плотностной)
- изучение
плотности*

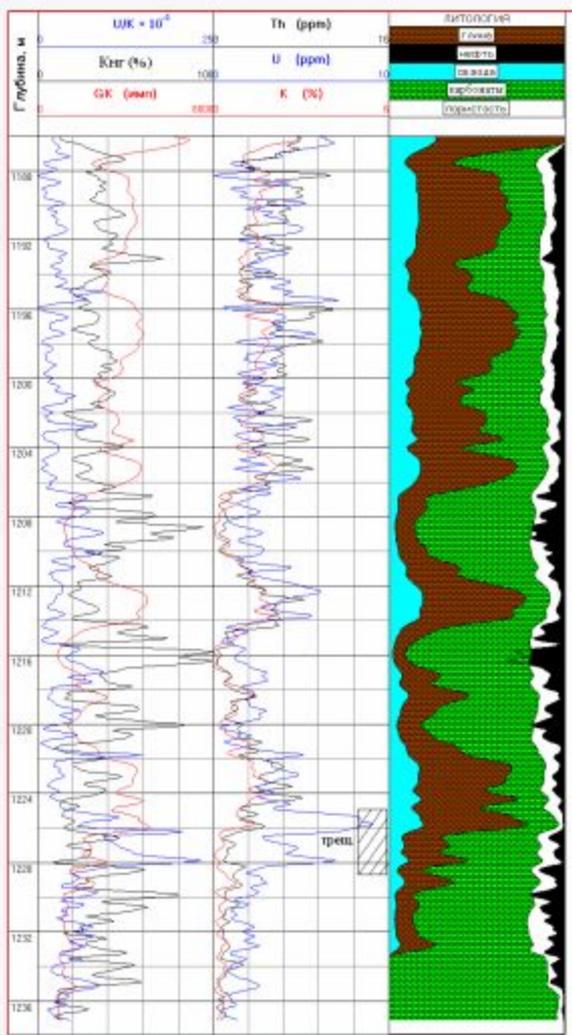
Радиоактивность

Среди других радиометрических методов исследования скважин наиболее распространенным является метод естественной радиоактивности горных пород или, как его чаще называют, гамма – метод. В его основе лежит изучение закономерностей изменения естественной радиоактивности горных пород, обусловленной присутствием главным образом урана и тория с продуктами распада, а также радиоактивного изотопа калия K^{40} . остальные радиоактивные элементы (Rb^{87} , Zr^{96} , La^{138} , Sm^{147} и т.д.) имеют столь большие периоды полураспада, что при существующей распространенности в земной коре заметного вклада в суммарную радиоактивность внести не могут.

Радиоактивностью основных минералов, входящих в состав осадочных горных пород, колеблется в весьма широких пределах – от сотых долей до нескольких тысяч пг-экв Ra/g . Все эти минералы по радиоактивности могут быть разбиты на четыре группы.

Соотношение вклада радиоактивных элементов в общую гамма-активность пород различно. Основной вклад в гамма-активность известняков и особенно доломитов дают Ra (соответственно 64% и 75%), вклад Ra , Th , K в радиоактивность песчаников примерно одинаков (Ra 23-26%, Th 40%, K 35%). В связи с этим спектр естественного гамма-излучения терригенных и карбонатных пород различен.

Аппаратура



Цифровые скважинные приборы спектрометрического гамма-каротажа ЦСП-ГК-С-43/48/60/90

предназначен для количественного определения содержаний естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ): урана U, тория Th, калия K, в горных породах в процессе исследования скважин различного назначения.

Особенности и преимущества

- ♦ поинтервальное накопление полных гамма-спектров в скважинном приборе с последующей передачей информации в цифровом коде по телеметрической линии связи;
- ♦ повышенная точность определения урана, тория, калия;
- ♦ аналитический учет влияния конструкции скважины (диаметра, обсадной колонны, цементного кольца);
- ♦ безреперная стабилизация и калибровка энергетической шкалы и управление коэффициентом усиления.

Технические характеристики

Диапазоны измерений массового содержания, %	
калия	0,1-20
урана	(1-100) • 10 ⁻⁴
тория	(1-100) • 10 ⁻⁴
Диапазон энергий регистрируемых гамма-квантов, МэВ	
	0,06±3
Основная относительная погрешность измерения, %	
	не более 5
Тип сцинтилляционного детектора	
	CsJ(Na), NaJ(П), BGO
Энергетическое разрешение по гамма-линии 660 КэВ, %	
	не более 12
Количество энергетических каналов	
	256
Скорость передачи данных (код "Манчестер-2"), кБод	
	42
Напряжение питания, В	
	50-75
Ток потребления, мА	
	не более 100
Максимальное гидростатическое давление, МПа	
	20-60
Максимальная рабочая температура, °С	
	75-120

Габаритные размеры скважинного прибора, мм:	
диаметр	43/48/60/90
длина	не более 1200
Вес скважинного прибора, кг	не более 6/8/10/15

Скважинный прибор содержит электронный блок регистрации и обработки, телесистему и сцинтилляционный детектор гамма-излучения с фотоэлектронным умножителем. Имеет интерпретационное обеспечение для работы в открытых и обсаженных скважинах, полное программное обеспечение для регистраторов "Вулкан", "Гектор".



- *Условно считают, что эффективный радиус действия установки гамма – каротажа (радиус сферы, из которой исходит 90% излучений, воспринимаемых индикатором) соответствует приблизительно 30 см; излучение от более удаленных участков породы поглощается окружающей средой, не достигнув индикатора. Увеличение d_s из-за размыва стенки скважины и образования каверн (обычно в глинистых породах) сопровождается уменьшением показаний гамма – каротажа. Цементное кольцо в большинстве случаев также влияет на величину регистрируемого g -излучения, уменьшая ее. Для определения g -активности пласта при количественной интерпретации данные гамма – каротажа приводят к стандартным условиям.*
- *Интенсивность радиоактивного излучения пород в скважине измеряют при помощи индикатора g -излучения, расположенного в глубинном приборе. Регистрация осуществляется в процессе взаимодействия гамма – излучения с атомами и молекулами вещества, наполняющего индикатор. В качестве индикатора используют счетчики Гейгера – Мюллера или более эффективные, лучше расчленяющие разрез сцинтилляционные счетчики.*

Гамма-каротаж спектрометрический

- *Определяет суммарную естественную радиоактивность пород и оценивают содержание в породе U, Th, K.*
- *Аппаратура имеет три окна регистрации энергии квантов радиоактивных изотопов.*
- *Строят кривые процентного содержания радиоактивных элементов.*

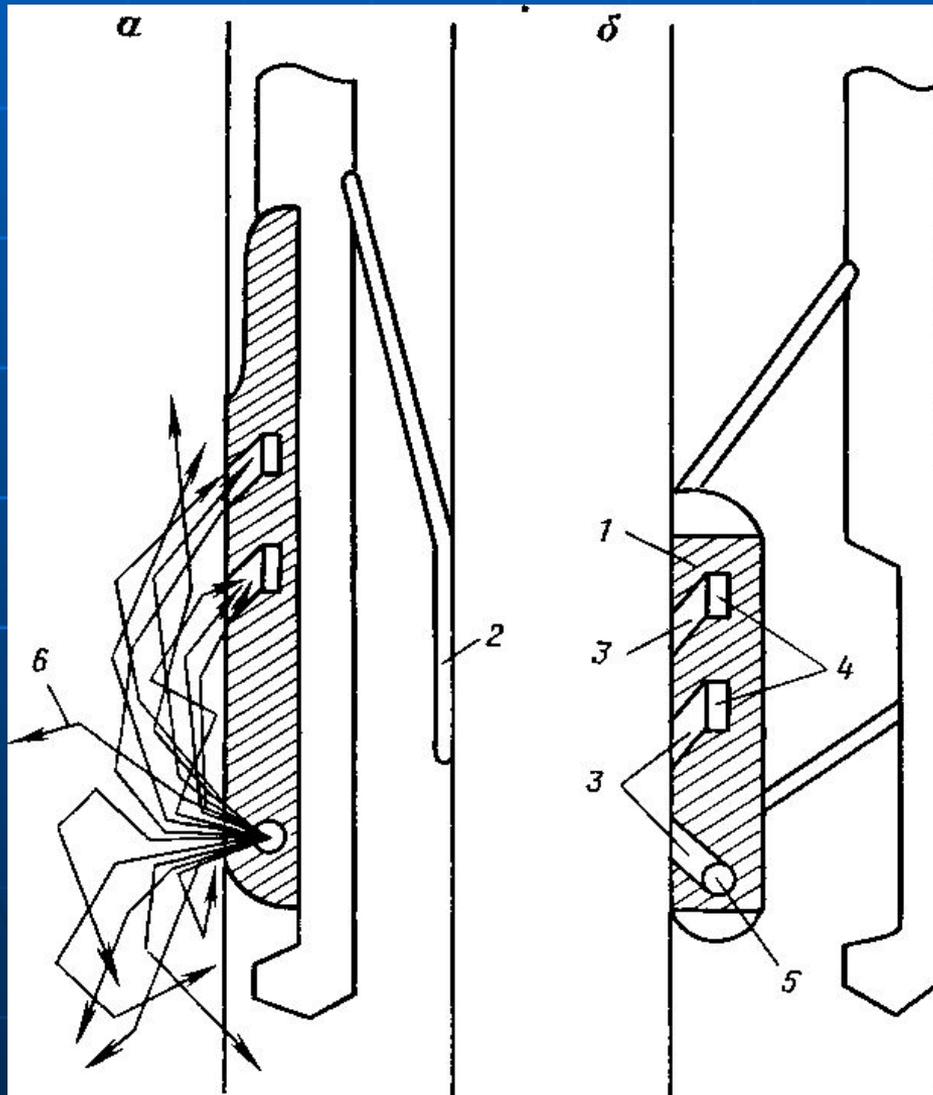
Решаемые задачи

- *Литологическое расчленение разреза;*
- *Детальная корреляция;*
- *Оценка минералогической и гранулометрической глинистости;*
- *Определение мин.состава глин;*
- *Определение пористости коллекторов в комплексе с ГГК, ННК, АК.*
- *Выделение зон трещиноватости.*

Гамма-гамма каротаж

- *Метод заключается в облучении породы гамма-квантами с последующей регистрацией гамма-квантов, достигших детектора.*
- *Существует 2 модификации:*
 - 📧 *Плотностной;*
 - 📧 *Селективный.*

Аппаратура



Конструкция зонда ГГК:

а – с прижимным устройством;

б – с выносным зондом

Зонд состоит из стационарного источника гамма-квантов и двух детекторов. Соответственно в аппаратуре реализована двухзондовая установка малой длины (15-25 см) и большой длины (35-45 см).

Точка записи – середина расстояния между детекторами.

Методика проведения

Двухзондовая аппаратура ГГК-П "ПАРК-1" с электроприжимным устройством

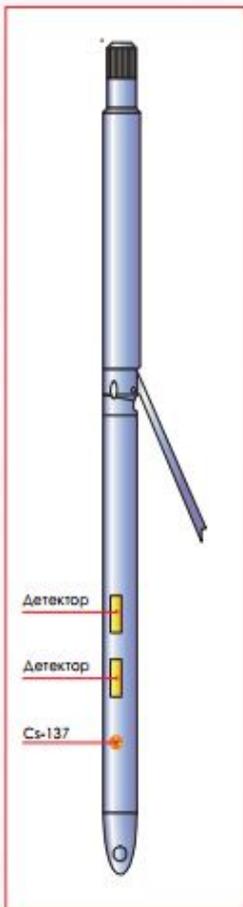
предназначена для измерения объемной плотности горных пород в разрезах нефтебитумных, рудных и угольных скважин диаметром 76-400 мм и глубиной до 5000 м.

Особенности и преимущества

- ❖ измерение рассеянного гамма-излучения на двух расстояниях от источника;
- ❖ прижатие зонда к стенке скважины во время проведения измерений с помощью прижимной системы, управляемой с поверхности;
- ❖ широкий диапазон измеряемой плотности;
- ❖ отсутствие влияния плотности бурового раствора и глинистой корки на показания прибора;
- ❖ возможность измерения в обсаженных скважинах.

Технические характеристики

Диапазон измерения плотности, $\text{кг}/\text{м}^3$	$1 \cdot 10^3 + 4,5 \cdot 10^3$
Погрешность измерения плотности, %	± 2
Рабочий диапазон температуры, $^{\circ}\text{C}$	$-30 + 120$
Предельное рабочее давление, МПа	60
Источник гамма-излучения	Cs-137
Активность источника, мг-экв радия	20 - 40
Габаритные размеры, мм:	
диаметр при сложенных рычагах	48
длина	1700
Максимальное раскрытие рычага, мм	400
Масса, кг	25



- Наземный пульт регистрирует интенсивность излучения от малого и большого зондов. С целью обеспечения безопасности персонала источник гамма-квантов выносится из защитного экрана аппаратуры на глубину.
- Для регистрации используются коллимационные каналы, заполненные заглушками из полиэтилена, препятствующие попаданию ПЖ в прибор и позволяющие легко регистрировать гамма-кванты. Между излучателем и детектором располагается экран, выполненный из свинца, а между детекторами – из вольфрама.

Достоинства и недостатки

ГГК-II

- Малая глубина исследования (10-15 см);*
- Сильное влияние ПЖ, глинистой корки и обсадки скважины.*

Селективный ГГК

- *Аппаратура идентична.*
- *Оценивает атомный номер химического элемента.*
- *Основан на регистрации гамма-квантов «фотоэффекта».*
- *Источники: Se (175), Tm (170) – мягкое излучение.*

Решаемые задачи

ГГК-II

- *Определение плотности горных пород;*
- *Литологическое расчленение геологического разреза;*
- *Определение коэффициента пористости.*

ГГК-С

- *Определение содержание свинца, ртути, сурьмы, железа;*
- *Определение зольности углей.*

ЦИФРОВАЯ АППАРАТУРА ЛИТОПЛОТНОСТНОГО КАРОТАЖА ЛПК-Ц

Технические характеристики

Диапазоны измерения:

плотности горных пород, г/см³ 1,5-3

эффективного атомного номера,
ед 10-20

Погрешность измерения:

плотности, % ±2

эффективного атомного номера,
ед ±0,25

Количество уровней
квантования спектрометра 128

Максимальная рабочая
температура, °С 120

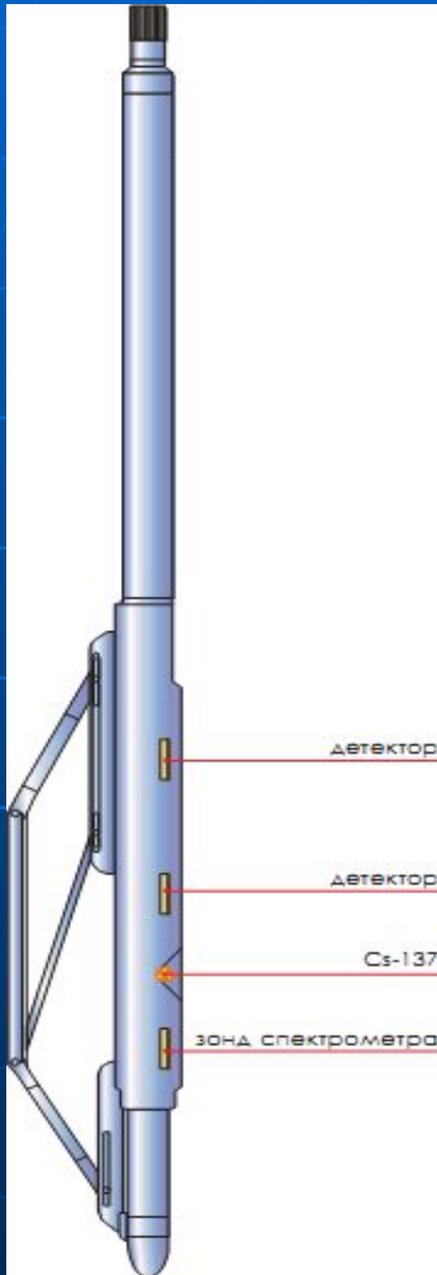
Максимальное рабочее давление,
МПа 80

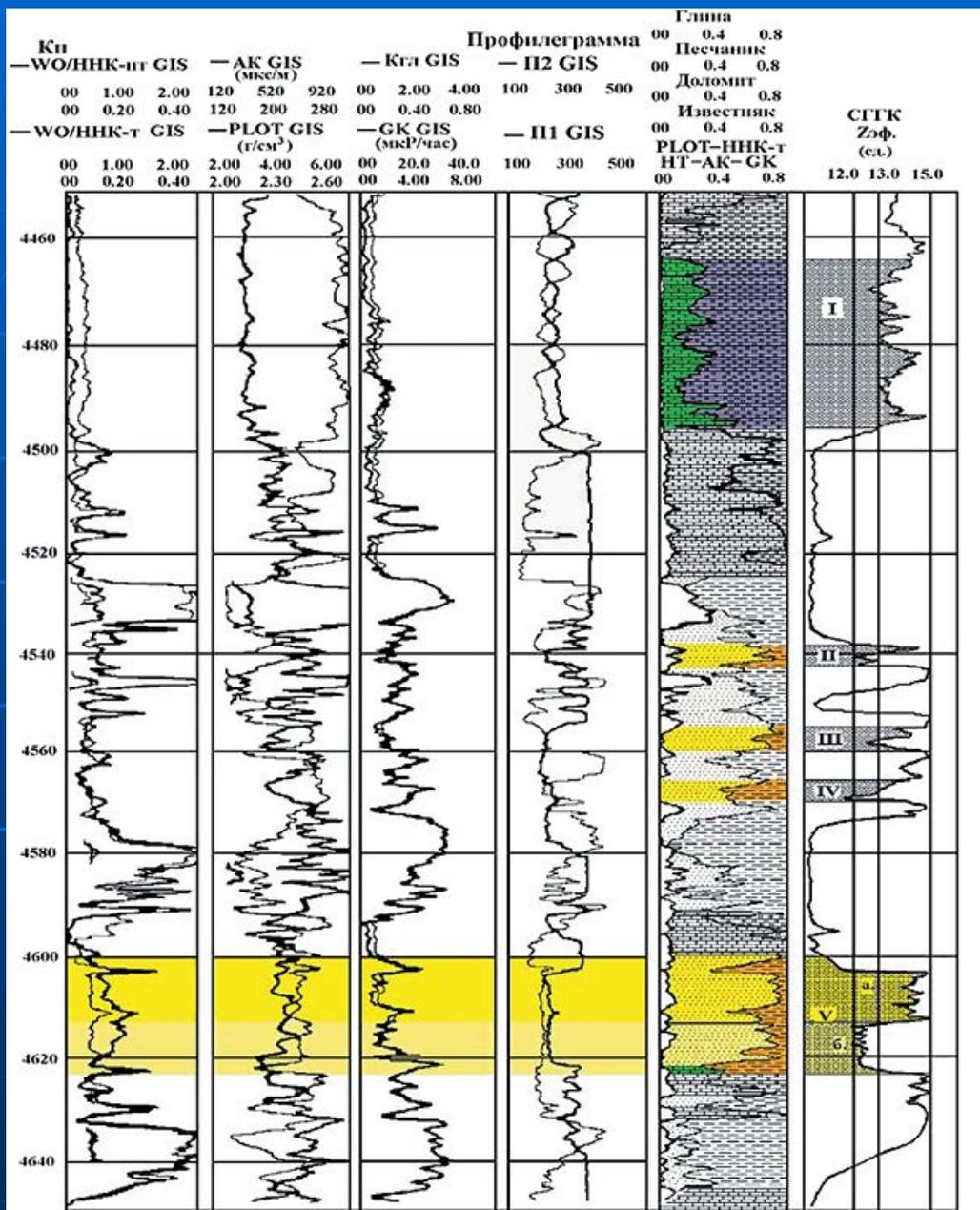
Габаритные размеры
скважинного прибора, мм

диаметр 48, 90

длина 1500, 2500

Вес скважинного прибора, кг 70





- одновременное определение плотности ρ и эффективного атомного номера $Z_{эфф.}$;
- повышенная точность определения ρ и $Z_{эфф.}$ за счет анализа полного спектра рассеянного гамма-излучения при определении $Z_{эфф}$

Условные обозначения: ■ - известняк ■ - доломит ■ - песчаник ■ - глина

Интервалы: (I) 4454-4486м.- известково-доломитистые отложения
 (II-IV) 4550-4544м., 4554-4556м., 4568-4572м., 4600-4624м.- терригенные отложения
 (V) 4600-4614м.- полимиктовый песчаник (а), 4614-4624м.- песчаник кварцевый (б)

Нейтронный каротаж

- *Метод, основанный на измерении интенсивности вторичного излучения надтепловых и тепловых нейтронов или гамма-квантов, облученных стационарным потоком быстрых нейтронов.*

Методика проведения

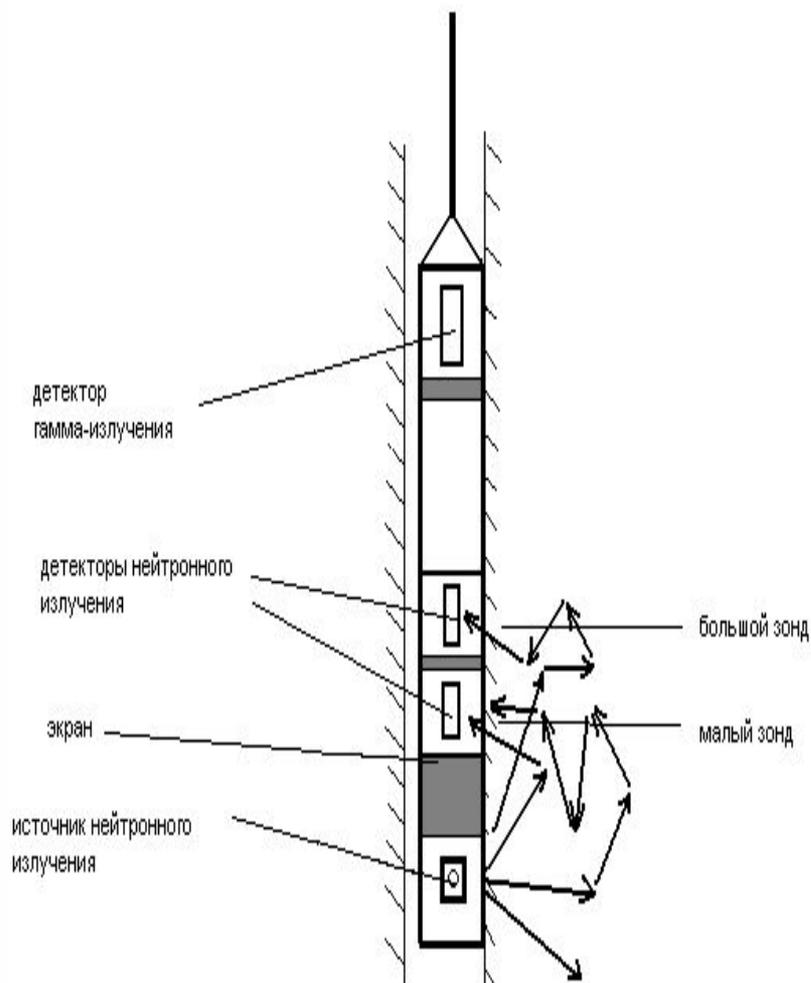
В зависимости от регистрируемого излучения различают: нейтронный каротаж по надтепловым нейтронам – ННК-НТ; нейтронный каротаж по тепловым нейтронам - ННК-Т; нейтронный гамма-каротаж – НГК.

Первые два вида исследований выполняют, как правило, с помощью компенсированных измерительных зондов, содержащих два детектора нейтронов.

НГК – однозондовыми или двухзондовыми приборами, содержащими источник нейтронов и один или два детектора гамма-излучения.

Аппаратура ННК

СХЕМА ПРИБОРА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ННК



Скважинные приборы двухзондового нейтрон-нейтронного каротажа 2ННК-43/60

предназначены для количественного определения эффективной пористости пластов и литологического расчленения разрезов в условиях скважин различного назначения.

Особенности и преимущества

- ❖ малый диаметр скважинных приборов;
- ❖ исключение просчетов импульсов вследствие коррекции мертвого времени регистрирующих трактов, в том числе для приборов с аналоговой передачей сигналов разнополярными импульсами длительностью 10+20 мкс, за счет использования схем статистического выравнивания;
- ❖ применение высокоэффективных счетчиков нейтронов с гелиевым наполнением.

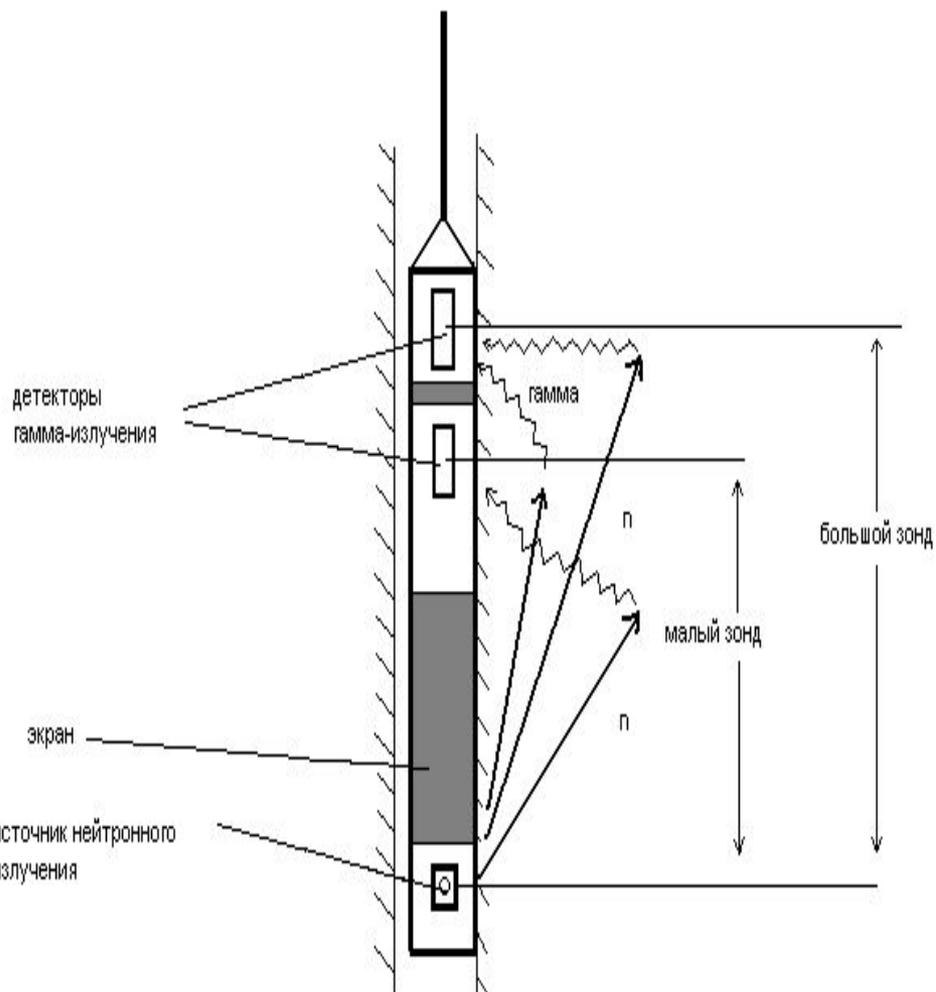
Технические характеристики

Диапазон измерения водонасыщенной пористости, %	1-40
Относительная погрешность измерений, %	5
Длины зондов (малый / большой), мм	300/600
Возможность изменения длины зондов, мм	3/100
Способ передачи данных	разнополярные импульсы
Напряжение питания прибора, В	50-60
Максимальный выход источника нейтронов, н/сек	2*10 ⁹
Максимальная рабочая температура, °С	120
Максимальное гидростатическое давление, МПа	100
Габаритные размеры, мм:	
диаметр	43/60
длина	1600
Вес скважинного прибора, кг	12/18



Аппаратура НГК

СХЕМА ПРИБОРА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ НГК



Скважинные приборы двухзондового нейтронного гамма-каротажа 2НГК-43/60

предназначены для определения водонасыщенной пористости в скважинах различного назначения.

Технические характеристики

Диапазон измерения водонасыщенной пористости W , %	1-40
Основная относительная погрешность измерений, %	5
Длины зондов (малый / большой), мм	300/600
Напряжение питания скважинного прибора, В	50-60
Максимальный выход источника нейтронов, н/сек	5×10^6
Максимальная рабочая температура, °С	120
Максимальное гидростатическое давление, МПа	100
Габаритные размеры скважинного прибора, мм:	
диаметр	43/60
длина	1200/1600
Вес скважинного прибора, кг	12/18

Эксплуатируется с одножильным и трехжильным кабелем.



Физические основы

- *Источник испускает быстрые нейтроны с энергией более 100 КэВ, обычно 3,0-3,5 МэВ.*
- *Нейтроны с энергией 0,5 эВ – тепловые, с энергией 0,3-10 эВ – надтепловые.*
- *Процесс замедления – приобретение нейтроном тепловой энергии с момента вылета из источника.*
- *Водород – аномальный источник замедления.*
- *Тепловые нейтроны участвуют в тепловом движении атомов и молекул, не теряя энергии (диффузия). Нейтроны поглощаются ядром. Процесс поглощения связан с испусканием гамма-квантов (ГИРЗ). Наибольшая вероятность ГИРЗ – хлор.*

Ядерно-физические свойства

- При взаимодействии нейтронов с природными объектами разделяют два основных процесса: 1) замедление быстрых нейтронов; 2) диффузия тепловых нейтронов. Эти процессы разделяются во времени.



Влияние длины зонда на показания НК

- Доинверсионные зонды: показания НК-НТ растут;
- Заинверсионный зонды: показания НК-НТ уменьшаются.

На практике применяют заинверсионные зонды, длиной 40 см (более чувствительны к содержанию водорода, больший радиус исследования).

НК-Т применяют заинверсионные зонды длиной 40-50 см.

Аномальные поглотители: хлор, бор, кадмий, литий, марганец, а показания влияют: минерализация ПЖ уменьшает значения.

НГК

- *Показания прибора зависят от количества гамма-квантов, образовавшихся в результате захвате нейтронов атомами и достигающих детектора.*
- *Колво пропорционально числу поглощенных нейтронов и числу гамма-квантов, возникших при захвате одного теплового нейтрона.*
- *Показания определяются содержанием водорода в породе.*
- *Используются заинверсионные зонды длиной 50-70 см.*
- *С увеличением в породе элементов, аномально поглощающих тепловые нейтроны показания НГК растут. Содержание хлора в породе приведет к росту показаний НГК.*

ЦИФРОВОЙ ПРИБОР СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО НЕЙТРОННОГО ГАММА-КАРОТАЖА ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ СНГК-Ш-2



- Диапазоны измеряемых энергий, МэВ:
- спектр ГК 0,06-3,0
- спектр СНГК-Ш 0,03-9,0
- Энергетическое разрешение, % не более 12
- Нестабильность энергетической шкалы, % не более 1
- Мертвое время спектрометрического тракта, мкс 4
- Максимальная длина кабеля, м 5000
- Максимально допустимое давление, МПа 40; 100*
- Диапазон рабочих температур, °С от -5 до +120
- Габаритные размеры, мм:
- диаметр 90
- длина 2950
- Масса прибора, кг 55; 85*
- * в зависимости от материала кожуха

Решаемые задачи:

ННК, НГК:

- *Оценка водородосодержания;*
- *Определение пористости коллекторов;*
- *Мониторинг ВНК и ГЖК при высокой минерализации пластовых вод.*

СНГК:

Выделение и оценка содержания железа, никеля, хрома, титана, хлора, марганца, меди, серы, ртути.

Импульсный нейтронный каротаж.

- *Породу облучают нестационарным потоком быстрых нейтронов с помощью импульсных излучателей.*
- *Различают интегральную и спектрометрическую аппаратуру.*
- *Интегральной аппаратурой регистрируют процесс спада плотности тепловых нейтронов (ИННК) или ГИРЗ (ИНГК).*
- *Спектрометрической аппаратурой регистрируют спектры ГИНР и ГИРЗ (СИНГК).*

ИННК и ИНГК

- *Источник прибора испускает быстрые нейтроны в течении коротких интервалов времени (100-100 мкс) с частотой (10-1 000 Гц), то есть через каждые 1 000-100 000 мкс.*
- *Длина зонда – 30-40 см. Точка записи – середина между детектором и источником.*

СИНГК

- *Используется высокочастотный источник быстрых нейтронов ($>10^9$ нейтронов/сек) с частотой запуска импульсов 10-20 кГц, то есть через каждые 50-100 мкс.*
- *Модификация СИНГК – С/О каротаж.*

Решаемые задачи:

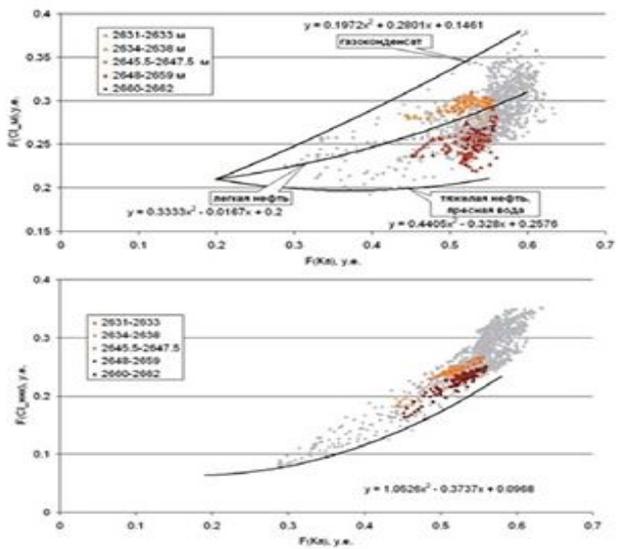
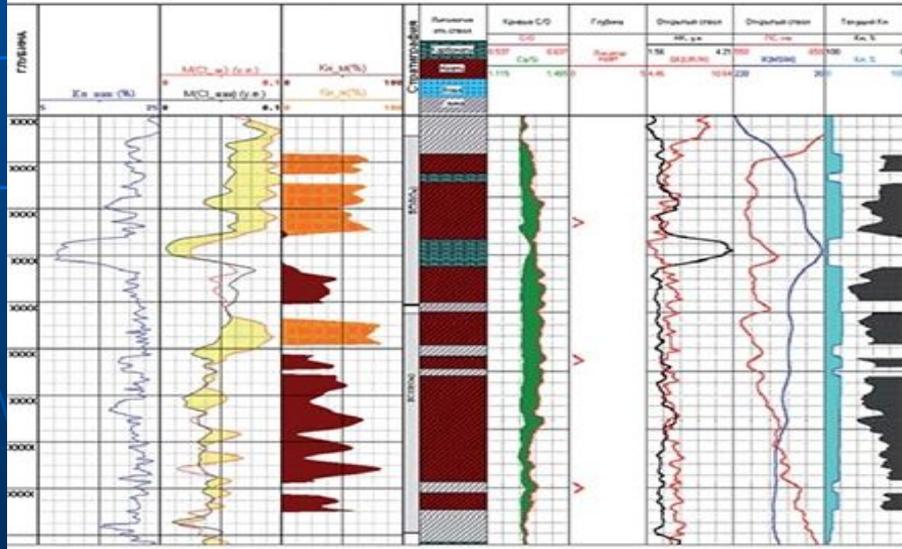
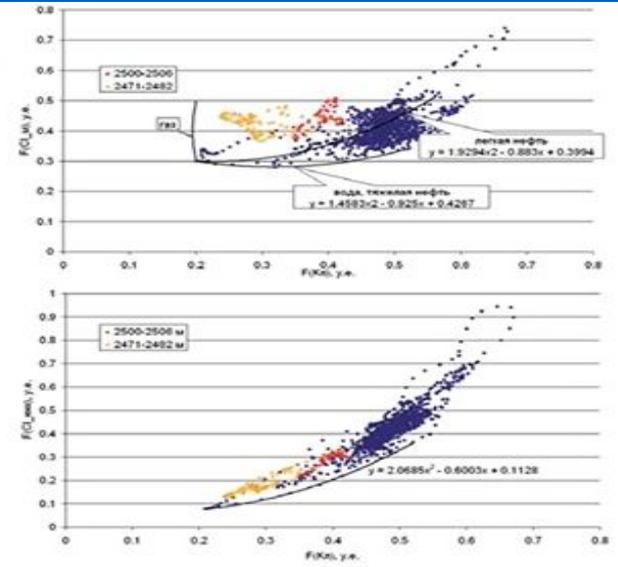
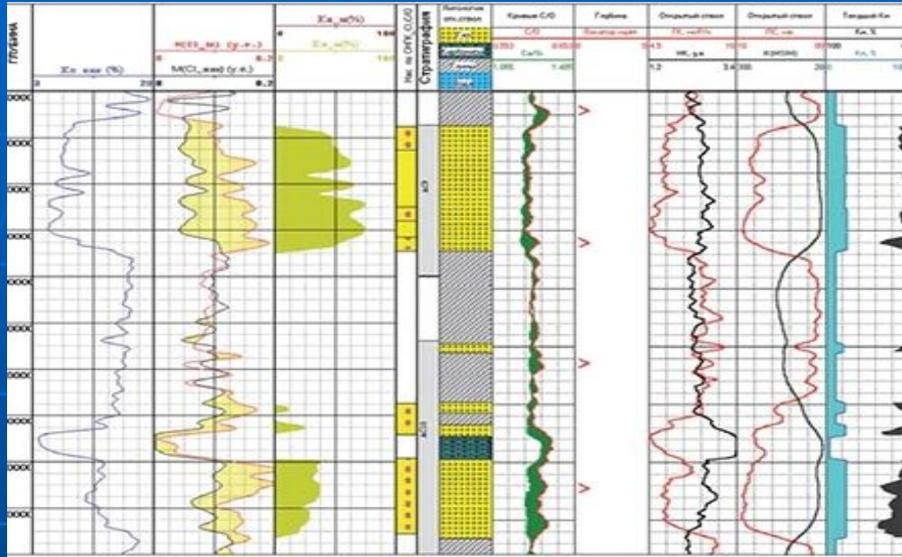
ИННК, ИНГК:

-  *Оценка водородосодержания;*
-  *Определение пористости коллекторов;*
-  *Более точное определение количества водорода в породах по сравнению с НГК.*

СИНГК:

-  *Определение содержания углерода, кислорода, водорода, кремния, кальция, железа, хлора;*
-  *Оценка пористости, литологического состава и нефтегазонасыщенности пород.*

Определение характера насыщения и состава углеводородов в коллекторе по комплексу методов СНГК-С1, 2 НКТ и С/О каротажа



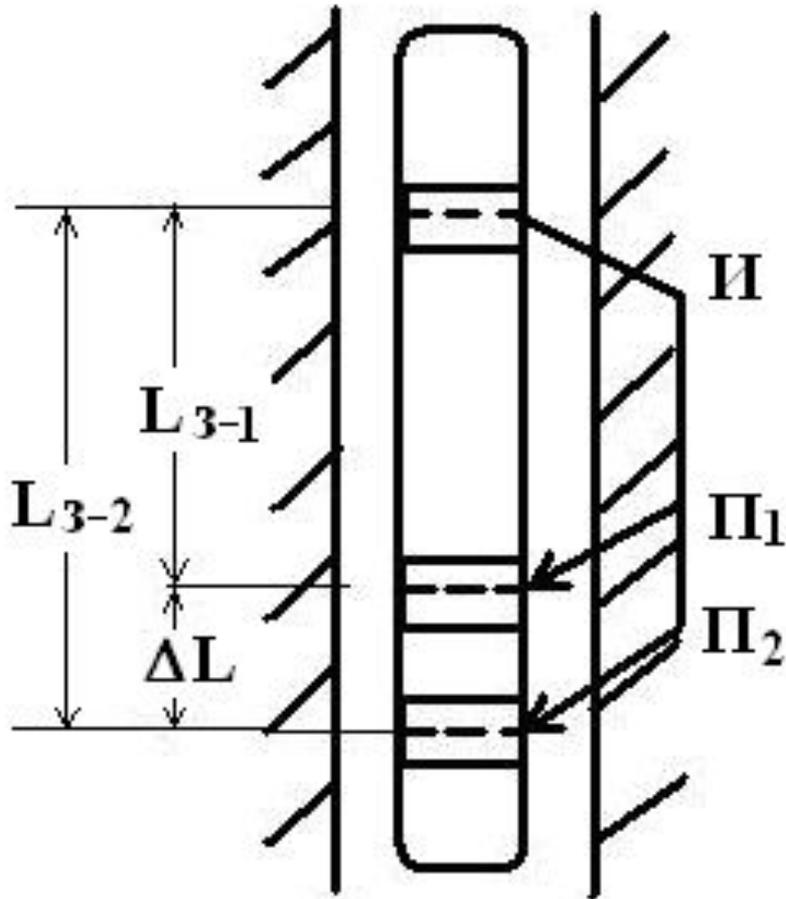
Условные обозначения

- нефтесыщенный
- легкая нефть
- газоконденсат
- газонасыщенный

Акустический каротаж (АК)

- *Акустический каротаж (АК) основан на изучении характеристик упругих волн ультразвукового и звукового диапазона в горных породах. При АК в скважине возбуждаются упругие колебания, которые распространяются в ней и в окружающих породах и воспринимаются приемниками, расположенными в той же скважине.*

Аппаратура



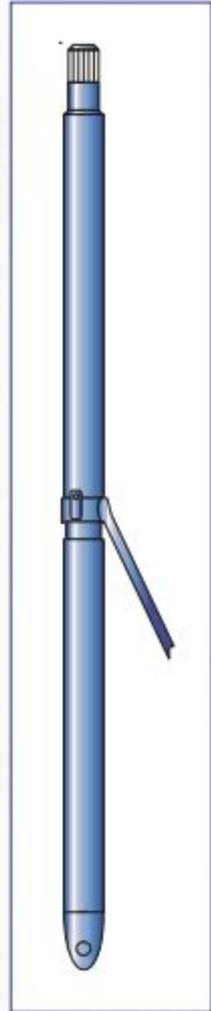
Скважинная сейсмическая трехкомпонентная термостойкая аппаратура АСПУ-ТС1-48Т

Особенности и преимущества

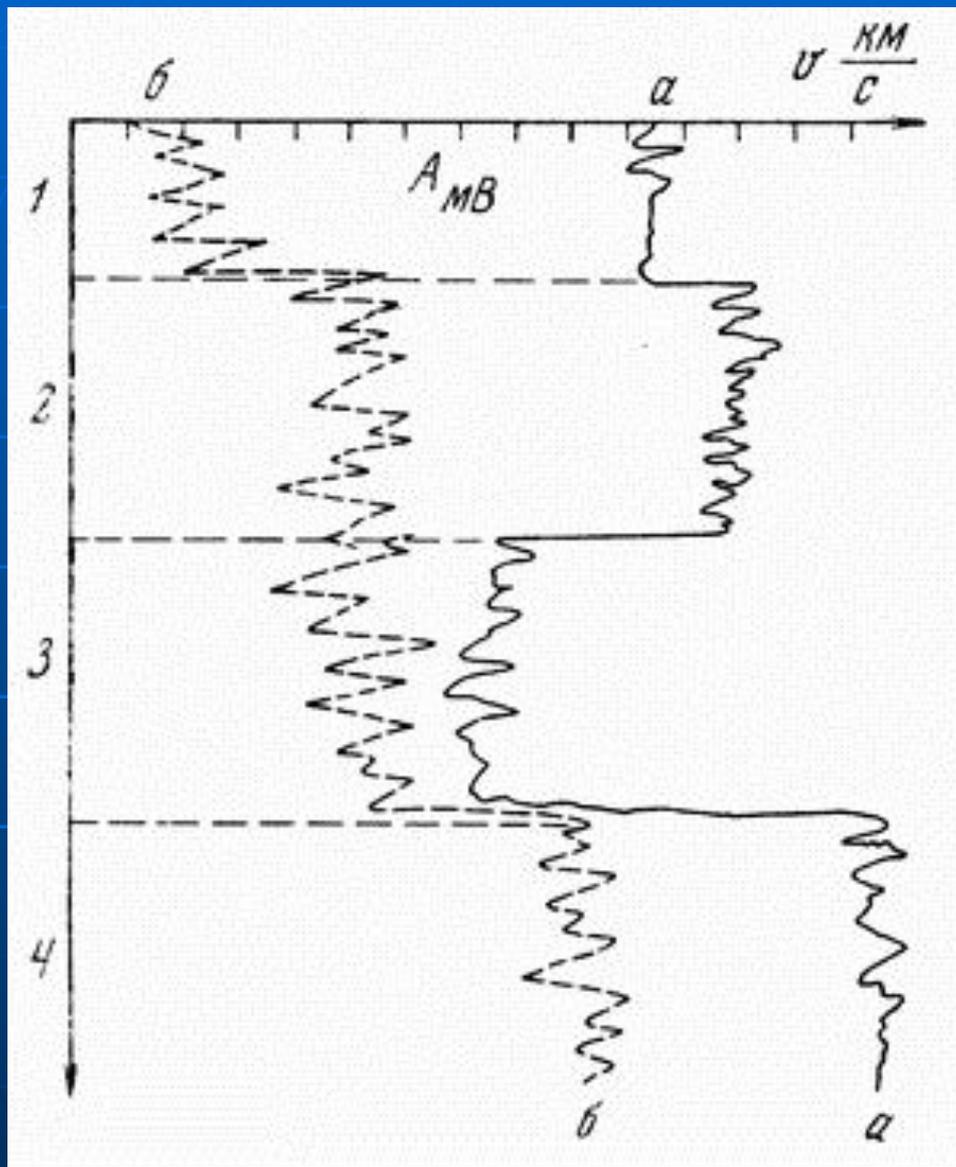
- ♦ оригинальность конструкции управляемого прижимного устройства и малогабаритность скважинных приборов обеспечивают существенное превышение усилия прижима прибора к стенке скважины над его весом;
- ♦ аппаратура рассчитана на работу с любыми сейсмостанциями, включая программно-управляемые, и применяется с трехжильным бронированным геофизическим кабелем.

Технические характеристики

Число сейсмических каналов	3
Частотный диапазон, Гц	5-300
Максимальная рабочая температура, °С	160
Максимальное рабочее гидростатическое давление, МПа	80-100
Максимальное усилие прижима, Н	800
Диаметр исследуемых скважин, мм	59 - 320
Габаритные размеры скважинного прибора, мм:	
диаметр	48
длина	до 1200
Масса скважинного прибора, кг	до 10



- Установка акустического каротажа (трехэлементный зонд)
- И – излучатель, П1 и П2 – приемники, ΔL – длина базы зонда



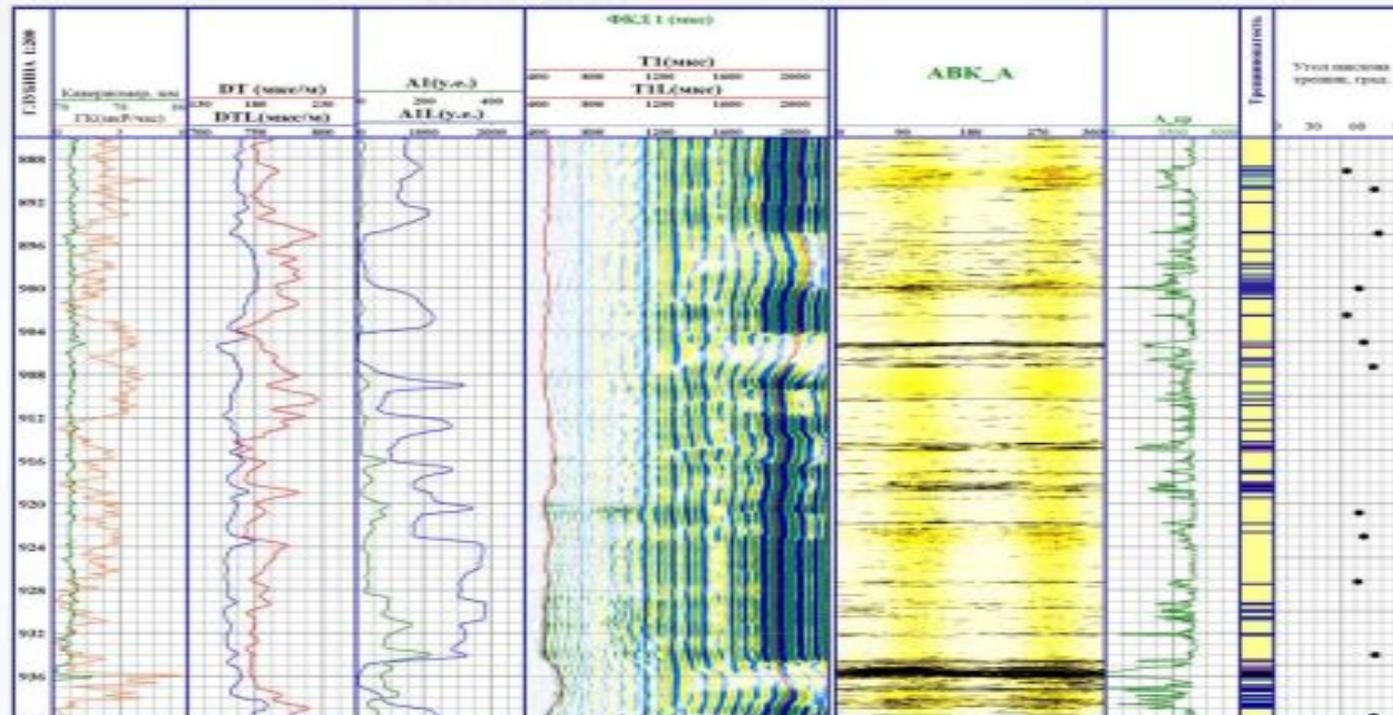
- *Общий вид диаграммы скорости (а) и амплитуды (б) при акустическом каротаже: 1 - породы средней пористости, сухие; 2 - породы средней пористости, влажные; 3 - породы высокой пористости; 4 - породы низкой пористости, плотные*

Решаемые задачи

- Оценка пористости и типа порового пространства;*
- Оценка характера насыщения ($V_n=1300$ м/с, $V_2=490$ м/с);*
- Оценка прочностных свойств пород;*
- Уточнение данных наземной сейсморазведки;*
- Изучение техсостояния скважины.*

Результаты измерений акустическим телевизором АВК-42М

Исследование трещиноватых интервалов



Углы наклона некоторых трещин



Глубина 894,9 метра, $\alpha=67,6^\circ$

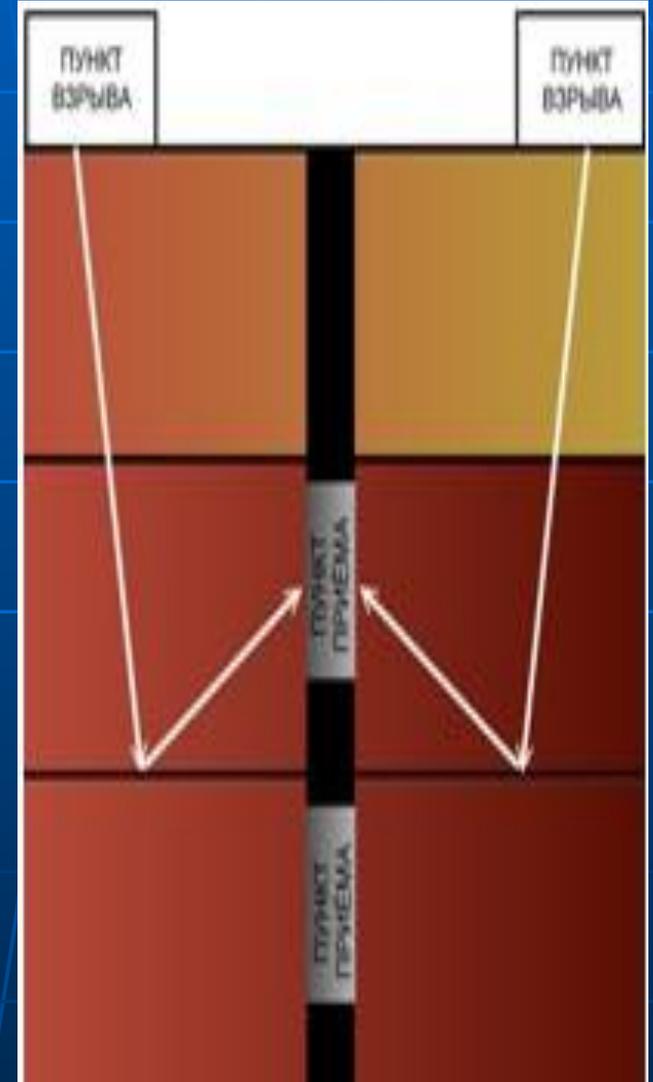
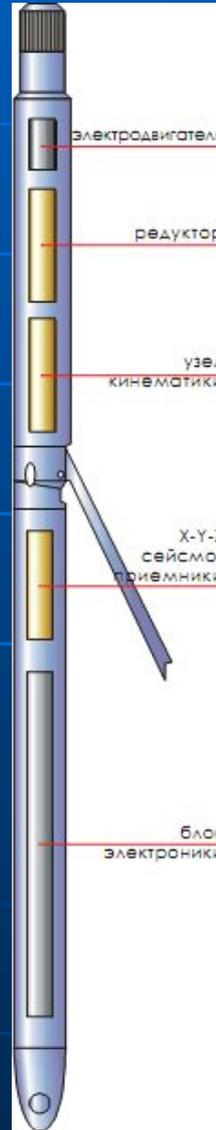


Глубина 905,2 метра, $\alpha=66,5^\circ$

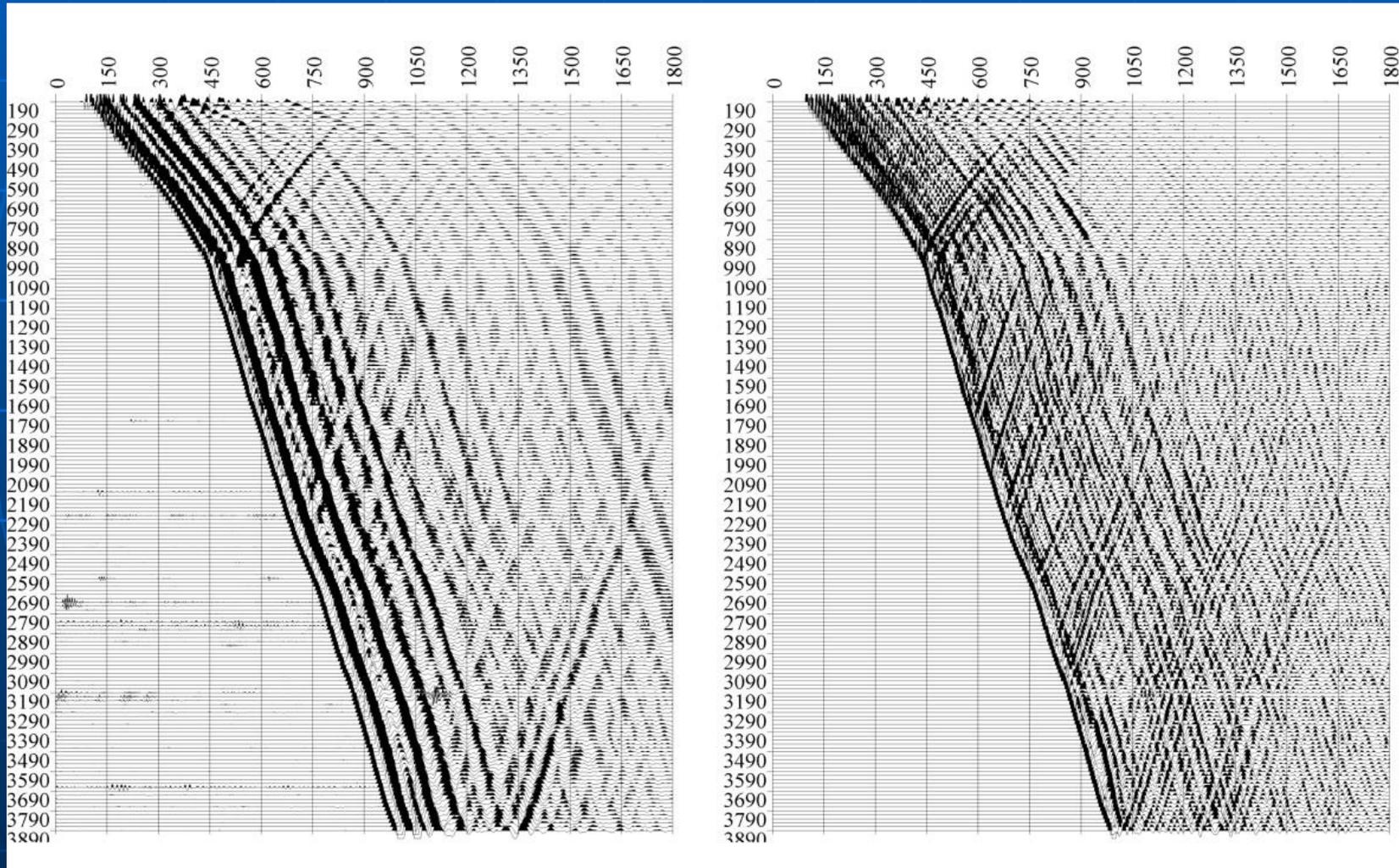
ВСП

- *Вертикальное сейсмическое профилирование позволяет изучать геологическое строение и физические свойства околоскважинного пространства с использованием волн различных типов - продольных, поперечных, обменных, на основе анализа характеристик этих волн, скоростей их распространения, затухания, пространственной поляризации, характера анизотропии горных пород.*

Аппаратура и методика



Получаемые данные



Область применения:

- *Изучение скоростной характеристики разреза;*
- *Стратиграфическая привязка волнового поля отраженных волн к опорным горизонтам и продуктивным пластам во вскрытом геологическом разрезе;*
- *Выявление разрывных нарушений (в том числе малоамплитудных) и латеральных изменений литолого-фациальных свойств пластов;*
- *Уточнение структурных характеристик целевых интервалов разреза в околоскважинном пространстве.*
- *Прогнозирование геологического строения ниже забоя скважины;*
- *Прогнозирование зон аномально высоких пластовых давлений.*

Достоинства

- *практически полностью устранено влияние на сейсмограмму поверхностных волн, так как сейсмоприемники обычно расположены ниже области их регистрации;*
- *первые вступления на сейсмограмме дают первое приближение истинной кинематической модели среды;*
- *сигнал от возбуждения наблюдается в среде, а не на поверхности, что позволяет оценить и учесть его форму;*
- *возможность точной увязки данных ГИС с данными наземной сейморазведки.*

■

Спасибо за внимание