

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Электромагнитные и акустические методы»
для специальности 21.05.03 Технология геологической разведки

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
КЛАССИФИКАЦИЯ ЗОНДОВ КАРОТАЖА СОПРОТИВЛЕНИЯ	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
ГРАДИЕНТ И ПОТЕНЦИАЛ ЗОНДЫ КС. ФОРМА КРИВЫХ ЗОНДОВ КАРОТАЖА СОПРОТИВЛЕНИЯ	6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ.....	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
ВЫДЕЛЕНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ ПО КОМПЛЕКСУ ГИС-БУРЕНИЕ	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	
РАСЧЛЕНЕНИЕ И КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ВНК.....	30
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7	
УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМОМЕТРОВ	34
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО ГРАДИЕНТА И ГЕОТЕРМИЧЕСКОЙ СТУПЕНИ	38
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО ДИАМЕТРА СКВАЖИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ ДАННЫМ КАВЕРНОМЕРА-ПРОФИЛЕМЕРА	40
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10	
ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКЦИИ СКВАЖИНЫ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ И ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПЛОСКОСТЬ.....	43
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ЗАКОЛОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПО ДАННЫМ АКЦ	47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12	
СКВАЖИННЫЙ АКУСТИЧЕСКИЙ ТЕЛЕВИЗОР	51
СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	55

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗОНДОВ КАРОТАЖА СОПРОТИВЛЕНИЯ

1. Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Изучение принципа классификации, обозначения и устройства обычных зондов каротажа сопротивлений.

2. Теоретическая часть

Простейшим зондом для измерения силы тока, проходящего в буровом растворе и окружающих скважину породах, служит одноэлектродный зонд. В этом виде исследований, называемом токовым каротажом, один электрод заземлен неподвижно, вблизи устья скважины, а второй – закреплен на кабеле (рисунок 1, а). В результате перемещения зонда по скважине регистрируется кривая изменения силы тока.

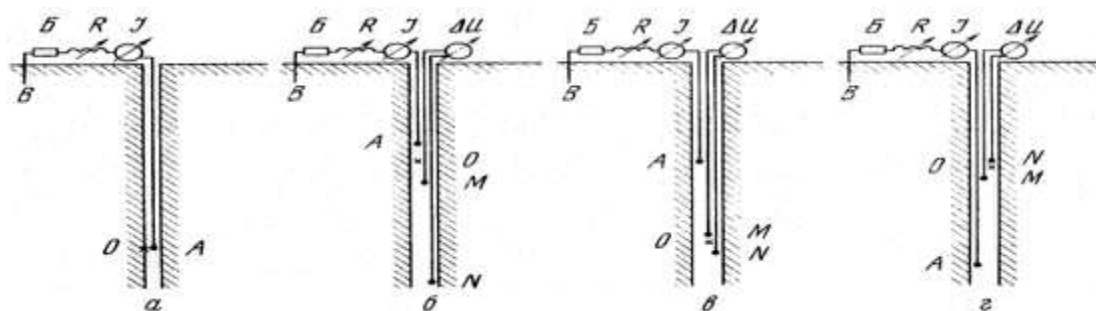


Рисунок 1 – Различные зонды для электрического каротажа скважин:

- А, В – питающие электроды, Б – батарея или другой источник питания, R – реостат для регулировки силы тока, I – прибор, измеряющий силу тока, MN – приемные электроды, О – точка записи, к которой относят результаты замеров;
а – одноэлектродный зонд токового каротажа, б – четырехэлектродный потенциал-зонд, в – четырехэлектродный подошвенный (последовательный) градиент-зонд, г – четырехэлектродный кровельный (обращенный) градиент-зонд

Чаще всего при работах методом кажущегося сопротивления (КС) используются четырехэлектродные зонды, в которых три электрода располагаются в скважине, а четвертый электрод заземляется на поверхности, вблизи от скважины. Через электроды А и В, называемые токовыми (питающими), пропускают ток I, создающий электрическое поле в породе. При помощи электродов М и N, называемых измерительными (приемными), измеряют разность потенциалов ΔU между двумя точками данного электрического поля.

Скважинный трехэлектродный зонд, состоящий из одного питающего А и двух приемных М и N электродов, называется однополюсным (или зондом прямого питания). Трехэлектродный зонд, состоящий из одного приемного М и двух питающих А и В электродов, называется двухполюсным (или зондом взаимного питания). В обоих случаях расчет КС ведется по формуле метода сопротивления:

$$\rho_k = k \cdot \Delta U / I, \quad (1)$$

где k – коэффициент, зависящий от расстояния между электродами в зонде;
 ΔU – разность потенциалов между приемными электродами М и N;
I – сила тока в питающей цепи АВ.

В трехэлектродном зонде:

$$k = 4\pi \cdot AM \cdot AN / MN \text{ или} \\ k = 4\pi \cdot MB \cdot NB / MN \quad (2)$$

где AM, AN, MN, MB, NB – расстояния в метрах между соответствующими электродами.

Для перевода кривой ΔU в кривую ρ_k изменяется лишь масштаб записи с учетом величины коэффициента установки и силы тока.

Название зонда складывается из обозначения электродов, расположенных в скважине сверху вниз и расстояний между ними. Например, в зонде A2M0,5N сверху расположен питающий электрод А, далее в двух метрах – приемный электрод М, а в пятидесяти сантиметрах от последнего – электрод N. Различают потенциал- и градиент-зонды (рисунок 1, рисунок 2).

В потенциал-зонде расстояние между парными MN или АВ электродами превышает расстояние между непарными электродами. Точка записи, к которой относится измеренное кажущееся сопротивление, располагается посередине между сближенными электродами (точка О).

В градиент-зонде расстояние между парными электродами в пять-десять раз меньше расстояния до непарного. Точка записи находится посередине MN (AB), т. е. между сближенными электродами.

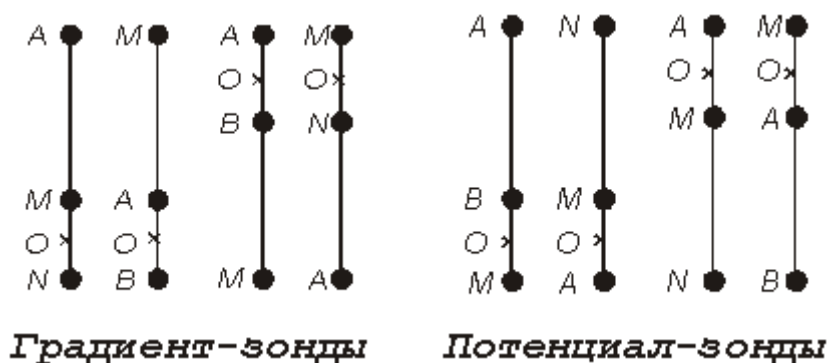


Рисунок 2 – Схемы градиент - и потенциал-зондов:

А и В – токовые электроды, М и N – измерительные электроды, О – точка записи зонда

Если парные электроды располагаются выше непарного, то зонд называется кровельным (или обращенным), а если наоборот, то подошвенным (или последовательным).

«Мертвым» концом зонда называют расстояние от точки записи до нижнего конца груза или скважинного прибора. Равный этому расстоянию интервал, находящийся выше забоя скважины, остается недоступным для исследований данным зондом.

Расстояние от точки записи до первой метки на кабеле, от которой идет отсчет глубин, называется ценой метки установки.

Электроды зонда в расчетах принимают точечными, поэтому их длина не должна превышать 1/10 расстояния между сближенными электродами. Погрешности определения расстояний между электродами и цены метки зонда могут привести к браку в работе. Каждый зонд или прибор имеет свой номер, все данные о размерах зонда после их промера записываются в акт, который передается в интерпретационную партию.

Размер (длина) зонда:

- градиент-зонда – расстояние между удаленным электродом и точкой записи АО, МО, ОМ и ОА (рисунок 2);
- потенциал-зонда – расстояние между сближенными электродами ВМ, МА, АМ и МА.

Обычно размер зонда меняется от 0,5 до 3 м. Радиус исследования пород вокруг скважины примерно равен размеру зонда. Для потенциал-зонда глубинность исследования примерно равна утроенной его длине ВМ, а для градиент-зонда расстоянию АО, т.е. при равных длинах глубинность больше у потенциал-зондов.

3. Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер
2. Каротажные диаграммы электрического каротажа (диаграммы КС).

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Изучить принципы классификации обычных зондов КС.
2. Дать полную характеристику зондов, предложенных преподавателем.
3. Рассчитать коэффициент зондов, предложенных преподавателем.

5.2 Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Принципы и схемы измерения УЭС горных пород в скважине.
2. Полную характеристику зондов КС, предложенных преподавателем.
3. Результаты расчетов.
4. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждение в выполнении законов, объяснение характера кривых.

5. Оформить отчет по лабораторной работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6.Контрольные вопросы

1. Что называется градиент зондом?
2. Что называется потенциал зондом?
3. Кровельный и подошвенный градиент зонд?
4. Отчего зависит радиус исследования зонда?
5. Что оказывает влияние по показания зонда?

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [4], [6], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ГРАДИЕНТ И ПОТЕНЦИАЛ ЗОНДЫ КС. ФОРМА КРИВЫХ ЗОНДОВ КАРОТАЖА СОПРОТИВЛЕНИЯ

1.Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Изучение формы кривых сопротивления, полученных обычными зондами каротажа сопротивлений. Правила отбивки границ пластов.

Научить студентов навыкам работы с диаграммным материалом.

2.Теоретическая часть

В промысловой геофизике результаты измерений в скважинах изображаются в виде диаграмм, представляющих собой графики изменения геофизических параметров (ГП) в функции глубины скважины.

Количественные значения ГП отображаются обычно в арифметическом масштабе. В случае большого разброса изменений параметров методов ГИС используется арифметический масштаб с несколькими диапазонами изменения ГП (обычно кратными 5), либо применяется логарифмическая шкала (рисунок 1).

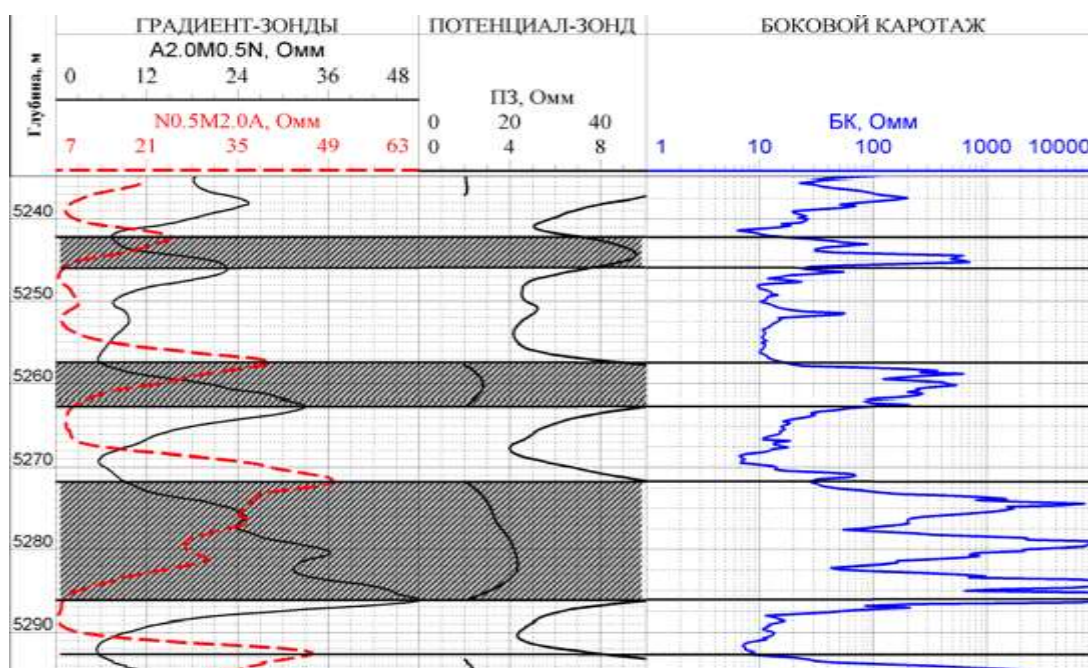


Рисунок 1— Промыслово-геофизическая характеристика методов электрометрии

Глубины представляются на планшетах методов ГИС в масштабах записи: 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000 и др., где первые два масштаба являются детальными.

Особенности отбивки кровли и подошвы пластов регламентируются разновидностью методов ГИС, типом зондовой установки. Различают симметричные (диаграммы метода симметричные относительно середины пласта) и несимметричные зонды. В общей сложности, симметричный зонд-это зонд, отбивающий равным образом кровлю и подошву пласта. Несимметричные зонды отбивают либо кровлю, либо подошву пластов. Потенциал-зонды (ПЗ) являются симметричными, последовательные (подошвенные) и обращенные (кровельные) градиент-зонды (ГЗ) метода КС-несимметричные.

Определение границ пластов по диаграммам кажущегося сопротивления

Диаграммы кажущегося сопротивления служат средством расчленения разрезов исследуемых скважин. Способы определения границ и мощностей пластов по диаграммам рк основаны на знании форм кривых кажущегося сопротивления против одиночных пластов и их пачек.

Величина кажущегося удельного сопротивления, определяющая форму кривой КС, зависит от мощности пласта, типа и размера зонда, его положения относительно границ пласта. На рисунке 2 приведены кривые, полученные в результате экспериментальных и теоретических исследований для обычных зондов против однородных пластов ограниченной мощности и различного удельного сопротивления. Условно принять считать пласт мощным, если его размер превышает размеры зонда, тонким, если его мощность меньше или равна его размерам. Если удельное сопротивление пласта соответственно больше или меньше удельного сопротивления вмещающей среды, то пласт квалифицируют как пласт высокого или низкого сопротивления.

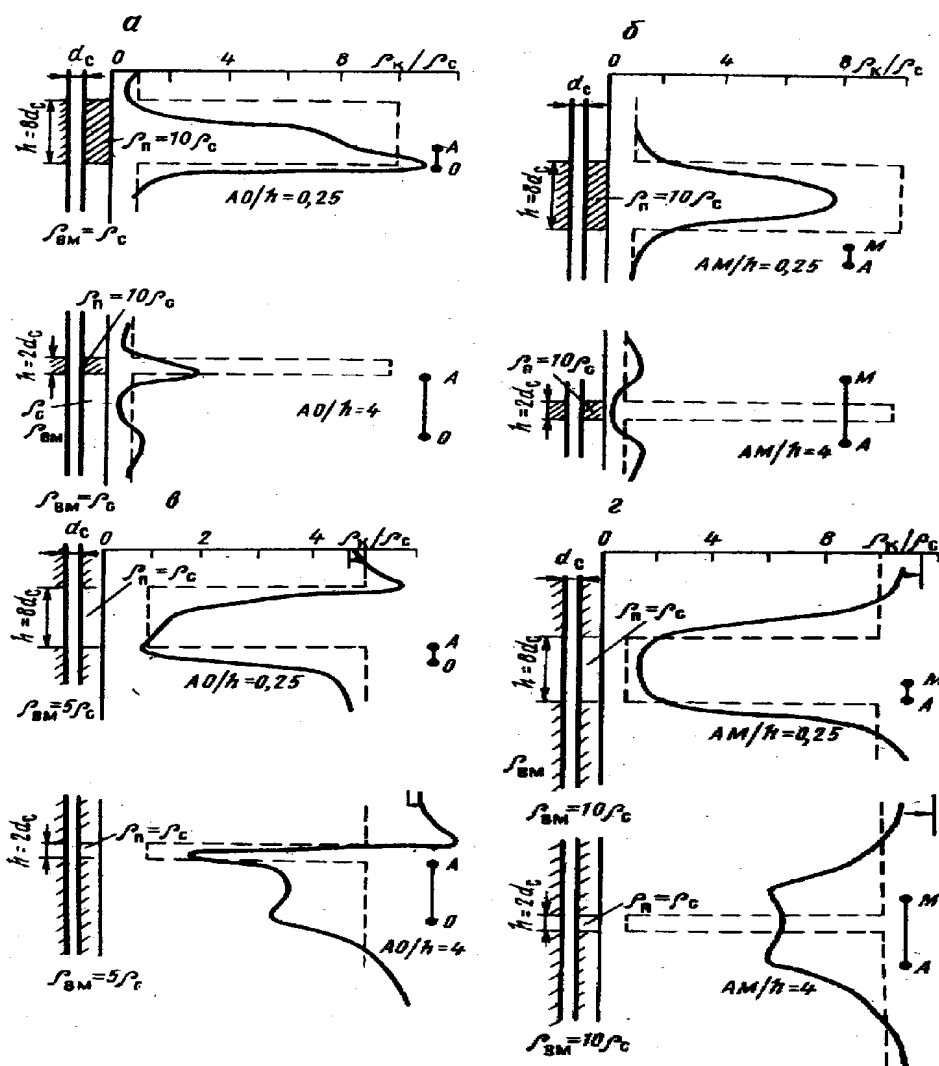


Рисунок 2 – Кривые сопротивления для однородного пласта с большим (а, б) и малым (в, г) сопротивлениями а, в – подошвенный градиент-зонд; б, г – потенциал-зонд

Более подробно рассмотрим лишь правила определения границ пластов высокого сопротивления, так как подошва или кровля пласта низкого сопротивления являются одновременно кровлей или подошвой покрывающего и подстилающего пластов высокого сопротивления.

Мощности пластов в каждом приведенном случае могут быть установлены по известным глубинам границ пластов (подошвы и кровли).

Определение границ пластов по диаграммам потенциал-зондов

На кривых кажущегося сопротивления, записанных потенциал-зондами, пласт ограниченной мощности при малом различии сопротивлений вмещающих пород выделяется аномалией, симметричной относительно середины пласта. В связи с этим правила определения положения кровли и подошвы пласта по кривой r_k потенциал-зонда одинаковы.

Определение границ мощных пластов высокого сопротивления производится по следующим правилам:

1. Если $\rho_{BM} \approx \rho_r$, границы устанавливаются по точкам в которых $\rho_{k,гр} = 4\rho_r$.
2. Если $\rho_{BM} > \rho_r$, $\rho_{k,гр} = (2 \rho_{k,вм} \rho_{k,мах}) / (\rho_{k,вм} + \rho_{k,мах})$ или, если $\rho_{k,мах} \gg \rho_{k,вм}$, $\rho_{k,гр} \approx 2 \rho_{k,вм}$.
3. С достаточной для практических работ точностью можно также пользоваться правилом согласно которому точки кривой r_k потенциалу зонда, соответствующие

границам пласта, смещены на расстояние $AM/2$ от начала крутого подъема кривой относительно оси глубин против пласта в сторону вмещающих пород низкого сопротивления.

При определении границ пластов малой и средней толщины диаграммы потенциал-зондов используются редко.

Пример

Найти границы пласта высокого сопротивления по диаграмме r_k потенциал-зондов, приведенным на рисунке 3. Диаграммы записаны зондами И7,5А0,75М и В2А2,5М. Удельное сопротивление глинистого раствора $\rho_p = 1,4 \text{ Ом}\cdot\text{м}$; $\rho_{\text{вм}} = 4,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Так как $\rho_{\text{вм}} > \rho_p$, следует воспользоваться правилами, изложенными выше. Точками $r_{k.\text{гр}}$, соответствующие границам пласта, отмечены на диаграмме крестиками. Заштрихованная область-пласт высокого сопротивления.

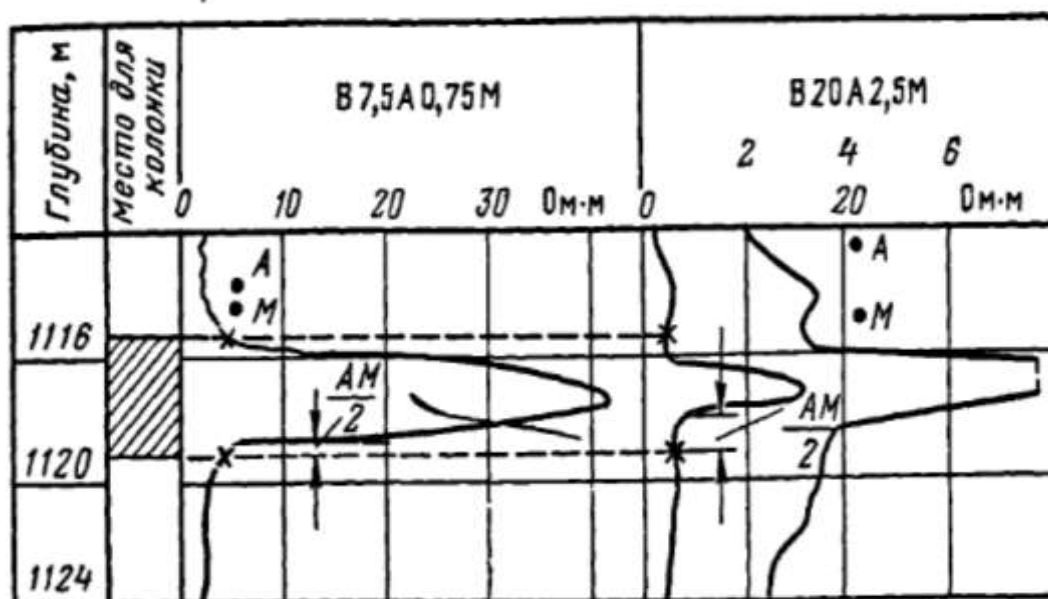


Рисунок 3 – Пример определения границ пласта высокого сопротивления по диаграммам потенциал-зондов

Определение границ пластов по диаграммам градиент-зондов

На диаграммах кажущего сопротивления, записанных градиент-зондами, в большинстве случаев границы пластов совпадают с экстремальными значениями r_k .

Пласты большой и средней толщины ($AO < h > d_c$)

1. На диаграммах r_k последовательных градиент-зондов подошва и кровля пласта большой и средней толщины высокого сопротивления находится по точкам, расположенным на расстояниях $MN/2$ (или $AB/2$) ниже точек $r_{k.\text{max}}$ и $r_{k.\text{min}}$.

Если расстояние не велико и в данном масштабе глубин диаграммы это смещение не имеет значения, то подошва и кровля пласта определяются по точкам $r_{k.\text{max}}$ и $r_{k.\text{min}}$. Если размер зонда велик и во много раз превышает диаметр скважины, то на кривой r_k вблизи кровли пласта высокого сопротивления наблюдается участок с пониженным кажущим сопротивлением, а точка $r_{k.\text{min}}$ в кровле пласта практически не отмечается. В этом случае кровля находится на расстоянии, равном размеру зонда, выше точки a (рисунок 4).

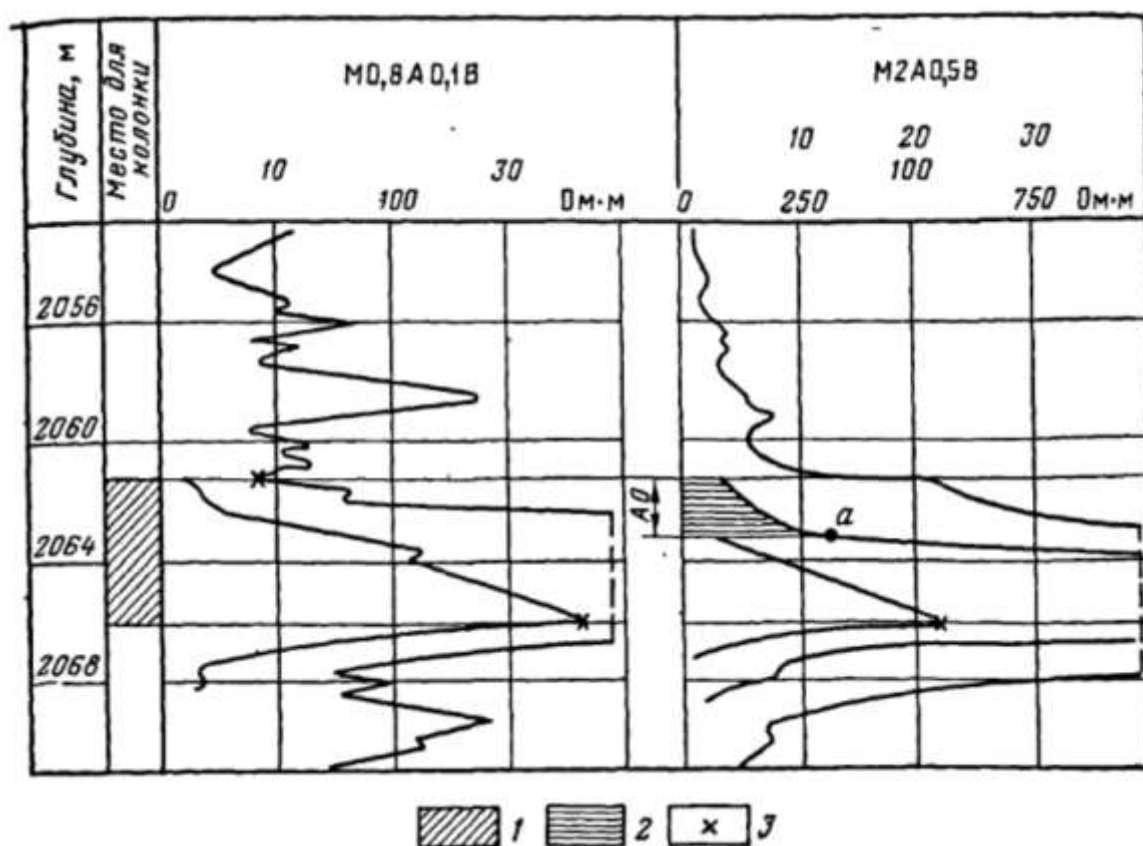


Рисунок 4 – Пример определения границ пластов высокого сопротивления по диаграммам градиент - зондов:

1-пласт высокого сопротивления, 2 –зона пониженного кажущегося сопротивления, 3 – границы пласта.

2. На диаграммах r_k обращенных градиент зондов подошва и кровля пласта высокого сопротивления находятся по точкам, смещённым на $MN/(AB/2)$ вверх от точек $r_{k_{max}}$ и $r_{k_{min}}$. Это смещение учитывается лишь при крупных масштабах глубин или больших MN . При использовании зондов больших размеров подошва пласта устанавливается способом, аналогичным изложенному в п.1 для кровли пласта.

Пласты малой мощности ($h \leq AO$)

Для определения границ тонких пластов по диаграммам градиент-зондов больших размеров имеются лишь приближенные способы. В данном случае выделение границ пластов, лучше производить по диаграммам микрозондов, экранированного зонда, а иногда и каверномера.

Изложенные выше правила справедливы для границ однородных пластов. Если границы пластов нечеткие и имеет место постепенное изменение литологических и физических свойств при переходе от одного пласта к другому, формы кривых KC и способы определения границ усложняются. В этих случаях следует выделять переходные зоны.

При выделении пластов и составлении разреза важно учитывать известные формы кривых r_k для разных пластов и зондов, влияние эффектов экранирования одного пласта другим и уметь находить интервалы, где кажущееся сопротивление в значительной мере искажено влиянием соседних пластов. В этих интервалах кривая r_k не отражает распределение истинных удельных сопротивлений пластов в разрезе.

Интервалы, где наблюдается экранирование, по возможности следует исключать из рассмотрения или выбирать диаграммы таких зондов, на которых данный участок разреза не попадает в интервал экранирования.

Пример

Найти границы пластов высокого и низкого сопротивления по диаграммам градиент – зонда (рисунок 4). Отметить интервалы, где кажущееся сопротивление особенно сильно отличается от истинного в результате влияния соседнего пласта. Диаграммы зарегистрированы последовательным градиент-зондами М0,8А0,1В и М2А0,5В.

Границы пластов находят по точкам $\rho_{k\max}$ и $\rho_{k\min}$. Величина поправки АВ/ для первого зонда ничтожно мала, а для второго при масштабе глубин диаграммы 1:200 она составляет 1,25мм. Интервал резкого снижения кажущегося сопротивления на диаграмме большого зонда равен длине зонда и расположен со стороны минимума ρ_k в кровле пласта (рисунок 4).

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер
2. Каротажные диаграммы электрического каротажа (диаграммы КС).

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Изучить примеры определения границ однородных пластов высокого и низкого сопротивления.
2. Найти границы и выделить пласты высокого и низкого сопротивления по диаграммам ρ_k градиент и потенциал зондов. Диаграмма выдается преподавателем.
3. Найти границы и определить мощность пластов высокого и низкого сопротивления по диаграммам ρ_k . Диаграмма выдается преподавателем.

5.2 Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Примеры определения границ однородных пластов высокого и низкого сопротивления.

2. Таблицу (в таблицу внести интервалы выделенных пластов, их толщины).
3. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждение в выполнении законов, объяснение характера кривых.
4. Оформить отчет по работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6.Контрольные вопросы

1. Отчего зависит зарегистрированная величина кажущегося удельного сопротивления пород?
2. Какие зонды являются симметричными?
3. Как кровельный градиент зонд отбивает границы однородных пластов высокого сопротивления?
4. Как потенциал зонд отбивает границы однородных пластов низкого сопротивления?

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [4], [6], [7], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

1.Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Получение значений УЭС водонасыщенных и продуктивных коллекторов.

2.Теоретическая часть

Электропроводность и удельное электрическое сопротивление осадочных горных пород определяется наличием в поровом пространстве породы природной воды. Поскольку твердая часть пород – главные породообразующие минералы – практически не проводит ток, УЭС пород при прочих равных условиях пропорционально удельному сопротивлению поровой воды или пластовой воды ρ_v .

Пластовые воды нефтяных и газовых месторождений представляют собой сложные растворы электролитов. Наиболее распространенными солями, встречающимися в пластовых водах, являются хлориды натрия, кальция и магния.

Химический состав вод изображается в весовой ионной форме – исходя из предположения, что все соли, растворенные в воде, полностью диссоциируют на ионы.

Определение характера насыщения по УЭС пород

Оценка УЭС водонасыщенных коллекторов

В общем виде сопротивление водоносного пласта можно записать:

$$\rho_{вп} = P_{п} \cdot \rho_v, \quad (1)$$

где P_n – относительное сопротивление или параметр пористости породы, зависящий от пористости k_n и типа порового пространства – извилистости поровых каналов или степени цементации породы.

$$P_n = \frac{a}{k_n^m}, \quad (2)$$

где a, m – константы для конкретного типа пород.

Для разных типов отложений константа a изменяется в пределах $0,4 - 1,0$ ($1,4$), $m = 1,3 \div 2,2$. Структурный показатель (фактор уплотнения) – m , зависит от степени цементации и ряда других факторов, связанных с изменением типа, возраста и условий залегания горных пород и учитывает усложнение структуры емкостного пространства при уплотнении породы.

На величину УЭС породы оказывает влияние присутствие в ней глинистого материала, особенно сильно влияние при насыщении породы слабоминерализованной или пресной водой. С увеличением в породе глинистого материала возрастает удельная поверхность и адсорбционная способность пород, а, следовательно, увеличивается и их поверхностная проводимость. Для оценки влияния поверхностной проводимости на величину удельного сопротивления породы используют коэффициент поверхностной проводимости – Π . В качестве параметра поверхностной проводимости условно принимается отношение параметра пористости насыщенного низкоминерализованной водой к параметру пористости при заполнении пор насыщенным раствором (высокоминерализованной водой):

$$\Pi = \frac{P_n}{P_n^*}, \quad (3)$$

где P_n – параметр пористости породы, насыщенный низкоминерализованной водой;

P_n^* – параметр пористости породы, насыщенный высокоминерализованной водой.

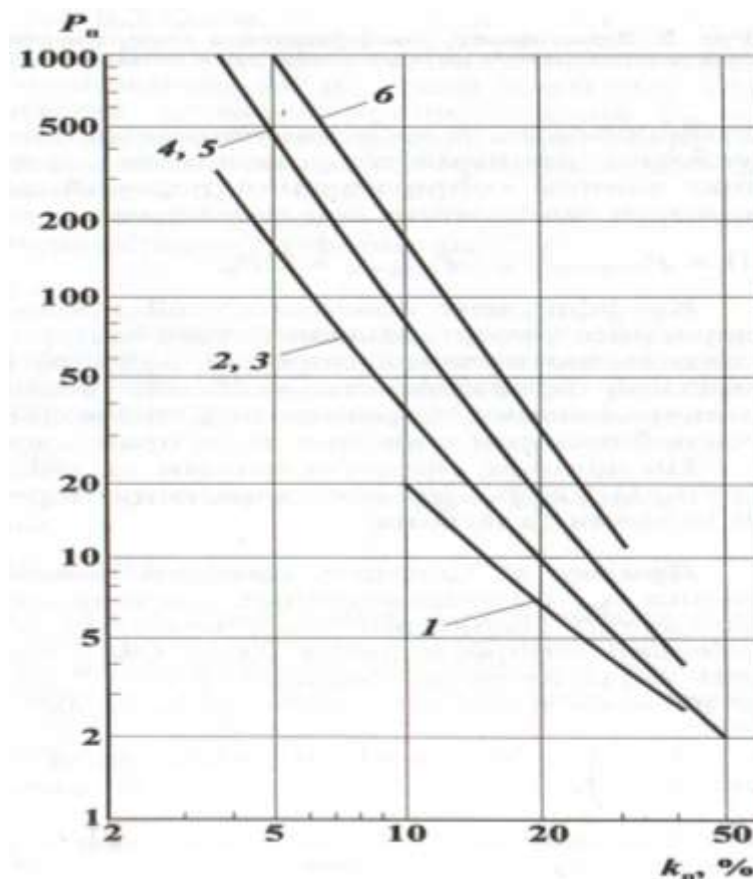


Рисунок 1— Зависимость параметра пористости $P_n = \rho_{вп}/\rho_v$ от коэффициента пористости k_n для терригенных и карбонатных пород: 1 – пески; 2 – слабосцементированные песчаники; 3 – ракушники и глинистые известняки; 4 – среднесцементированные песчаники; 5 – известняки и доломиты крупнокристаллические средней уплотненности; 6 – известняки и доломиты плотные, тонкокристаллические

Коэффициент поверхностной проводимости Π зависит от содержания и состава глинистого материала в породе $C_{гл}$ и удельного сопротивления поровой воды ρ_v (рисунок 3).

Влияние поверхностной проводимости особенно значительно при уменьшении минерализации поровых вод, поскольку концентрация ионов в адсорбционном слое при этом практически не изменяется.

С учетом выражений (1) и (3) удельное сопротивление водонасыщенной породы $\rho_{вп}$:

$$\rho_{вп} = \Pi \cdot P_n \cdot \rho_v. \quad (4)$$

По данным, представленным на рисунках 1 и 2, можно оценить величины удельного сопротивления породы, если известны ее тип и условия залегания.

Бурение нефтяных и газовых скважин ведется, как правило, на промысловых жидкостях, представляющих собой суспензию твердых глинистых частиц в водном растворе. Под действием избыточного давления в породы проницаемых пластов проникает фильтрат бурового раствора, сопротивление которого ρ_f зависит от сопротивления и температуры промысловой жидкости. Т.е. различают удельное сопротивление глинистого раствора ρ_r (или ρ_c), находящегося в скважине, и удельное сопротивление его фильтрата ρ_f в зоне проникновения. Обычно удельное сопротивление последнего отличается от сопротивления раствора.

Для нахождения ρ_{ϕ} по ρ_r используют график, приведенный на рисунке 4, если плотность раствора не превышает $1,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$:

В случае утяжеленных растворов следует использовать график, представленный на рисунке 5.

Сопротивление участка пласта, поры которого полностью насыщены фильтратом промывочной жидкости, т.е промывочной части пласта, определяется по формуле:

$$\rho_{\text{вп}} = \Pi \cdot P_{\Pi} \cdot \rho_{\text{вф}} \quad (5)$$

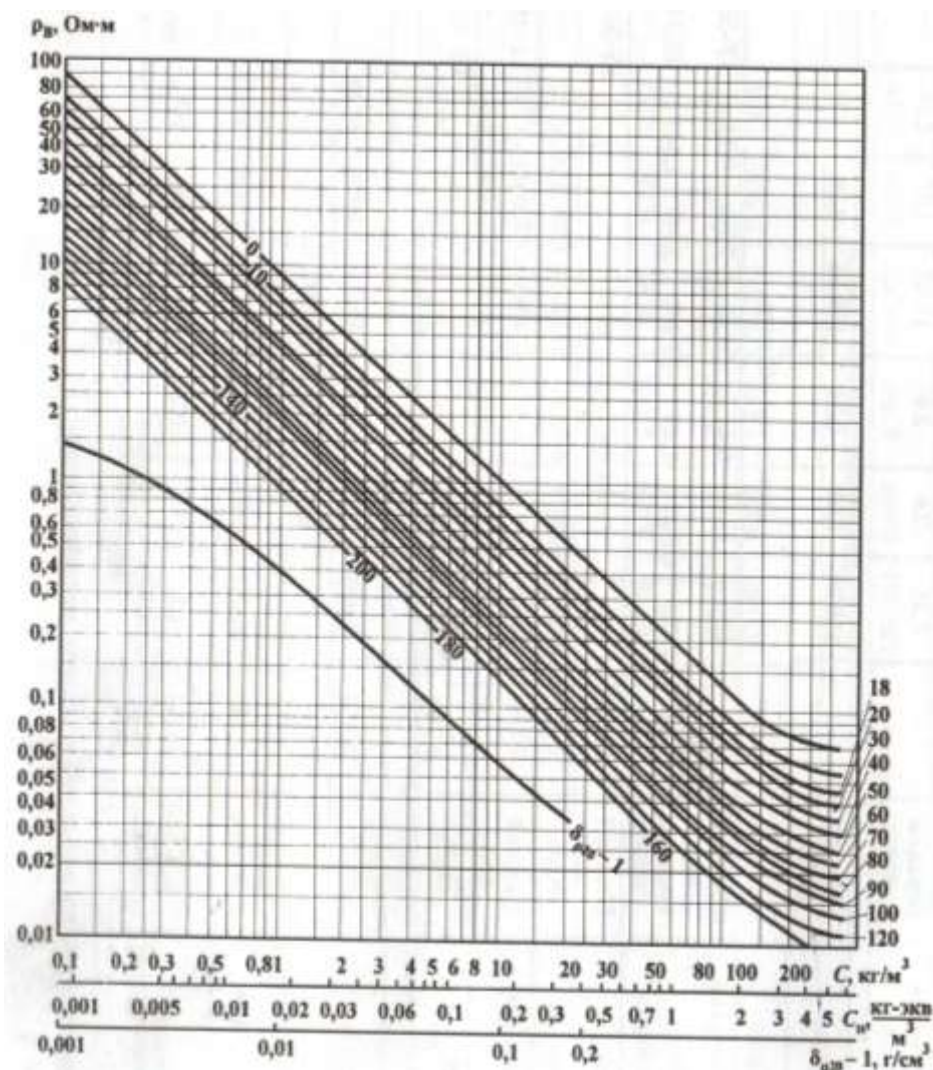


Рисунок 2 – Зависимость удельного электрического сопротивления пластовых вод от концентрации и плотности раствора NaCl. Шифр кривых – $t, ^\circ\text{C}$

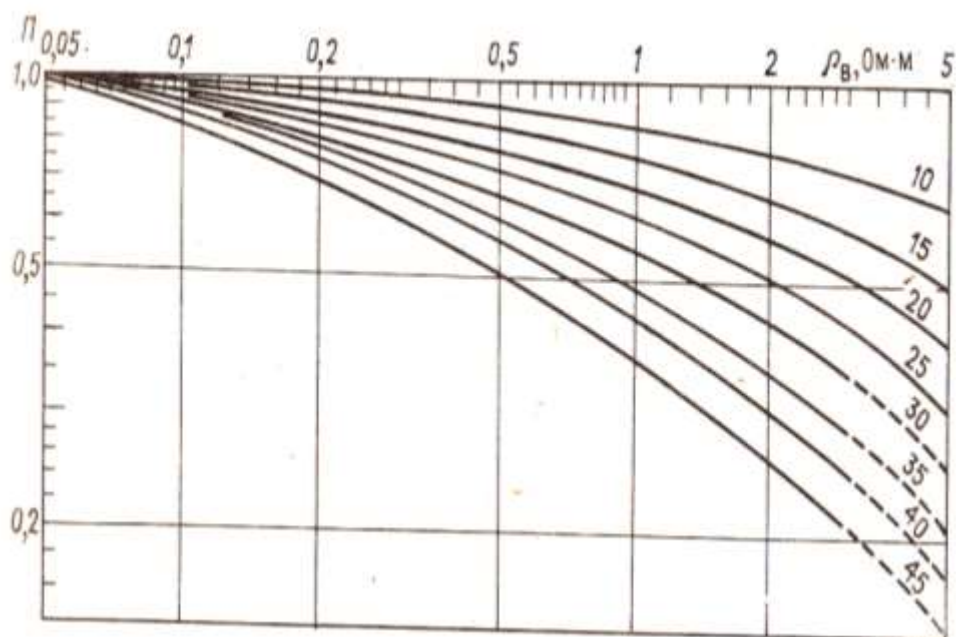


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента поверхностной проводимости Π от удельного сопротивления поровых вод ρ_v и глинистости $C_{г\text{л}}$, % (шифр кривых)

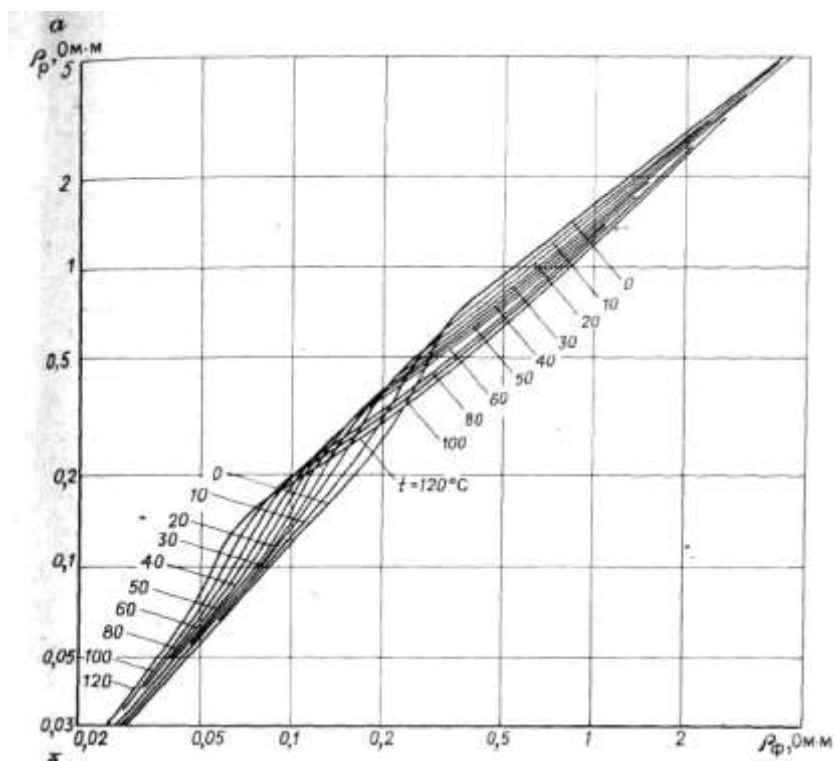


Рисунок 4 – Зависимость $\rho_{\text{ф}}$ от $\rho_{\text{р}}$ и t при $\delta_{\text{р}} < 1,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

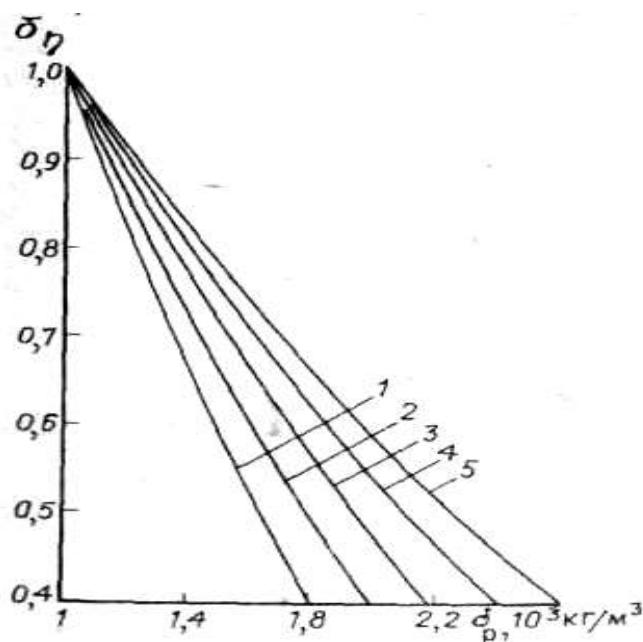


Рисунок 5 – $\delta_p = f(\eta = \rho_f/\rho_p)$ для тяжелых растворов: 1 - чистая глина; 2 - то же, +20% барита или 23 % гематита; 3 - то же, + 40 % барита или 46 % гематита; 4 - то же, +60% барита или 70% гематита; 5 - то же, +90% барит

Определение УЭС нефтегазонасыщенной породы

В породах-коллекторах часть объема пор может быть насыщена нефтью или газом. Поскольку нефть и газ практически не проводят электрический ток, УЭС нефтегазонасыщенной породы возрастает. Это является физической основой применения электрических методов для вычисления коэффициента нефтегазонасыщенности.

Удельное электрическое сопротивление нефтегазонасыщенной породы $\rho_{нг}$ превышает удельное сопротивление этой же породы, насыщенной пластовой водой $\rho_{вп}$ в R_n раз, R_n – коэффициент увеличения сопротивления или параметра насыщения:

$$R_n = \frac{\rho_{нг}}{\rho_{вп}}, \quad (6)$$

Таким образом, сопротивление продуктивного пласта:

$$\rho_{нг} = R_n \cdot P_{п} \cdot \rho_{в} \quad (7)$$

Для глинистого продуктивного пласта:

$$\rho_{нг} = R_n \cdot P_{п} \cdot P_{п} \cdot \rho_{в} \quad (8)$$

В прискважинной зоне поры породы продуктивного пласта заполнены фильтратом промывочной жидкости и частично углеводородами (остаточная нефтегазонасыщенность). Поэтому сопротивление промытой части пласта определится по формуле:

$$\rho_{нг} = R_n \cdot P_{п} \cdot P_{п} \cdot \rho_{ф} \quad (9)$$

R_n связан с коэффициентом водонасыщенности породы K_v эмпирическим соотношением:

$$P_n = f(K_e) = \frac{a_n}{K_e^n} \quad (10)$$

где a_n и n – эмпирические постоянные, величины которых зависят от структуры порового пространства, глинистости пород и избирательной смачиваемости поверхности пор водой и углеводородами.

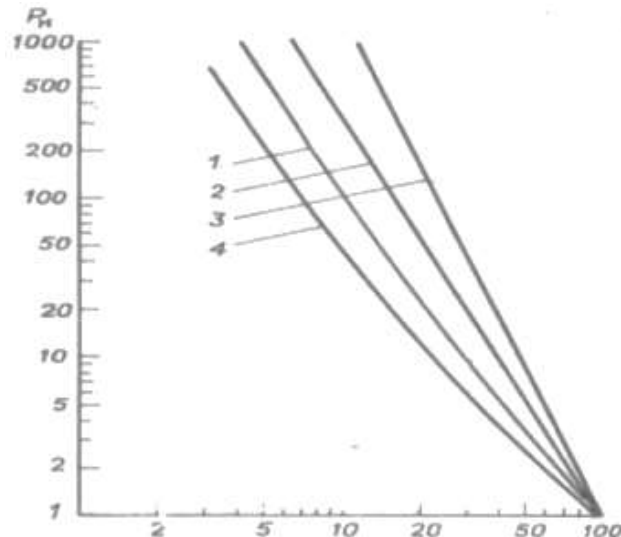


Рисунок 6 – Зависимости параметра насыщения $P_n = \rho_{нп}/\rho_{вп}$ от коэффициента водонасыщения K_v порового пространства: кривые для коллекторов: 1 — гидрофильных, 2, 3 — слабогидрофобных и гидрофобных песчано-глинистых соответственно; 4 — карбонатные породы

Для чистых межзерновых гидрофильных коллекторов $n = 1,8 \div 2$, для глинистых гидрофильных $n < 1,6$, причем, чем выше глинистость, тем меньше n и тем ниже, чем ниже минерализация воды C_v . Для частично гидрофобных межзерновых коллекторов, часть поверхности пор которых смачивается углеводородами, $n > 2$ и достигает значений 3-10, причем чем больше степень гидрофобизации поверхности, тем выше n .

$$K_{нг} + K_v = 1, \quad (11)$$

где $K_{нг}$ и K_v – коэффициенты нефтегазонасыщенности и водонасыщенности.

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер
2. Номограммы и палетки для определения УЭС коллекторов.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.

4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.

5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Вычислить сопротивление среднесцементированного песчаника, если $K_p=22\%$, минерализация пластовой воды 200кг/м^3 , температура пласта 60°C .

2. Вычислить сопротивление известняка крупнокристаллического средней уплотнённости, если $K_p=9\%$, минерализация пластовой воды 150г/л , температура пласта 120°C .

3. Вычислить удельное сопротивление водоносного пласта $r_{вп}$ и его промытой части $r_{пп}$, если он представлен известняком крупнокристаллическим, средней плотности с $K_p=12\%$, $r_v=0,05\text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\rho_c=1,1\text{ Ом}\cdot\text{м}$, температура пласта 60°C (плотность раствора $\delta_p < 1,3 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3$).

4. Определить пределы измерения параметра поверхностной проводимости P , если глинистость изменяется от 10 до 25%, а сопротивление воды - от 0,3 до 3 $\text{Ом}\cdot\text{м}$.

5. Вычислите сопротивление газонасыщенного доломита средней уплотненности, если пористости 14%, сопротивление пластовой воды $0,05\text{ Ом}\cdot\text{м}$, газонасыщенность 95%.

6. Какое сопротивление может иметь песчаник, продуктивный, среднесцементированный, гидрофильный, если пористость его 18%, сопротивление пластовой воды от $0,03\text{ Ом}\cdot\text{м}$, газонасыщенность 50%.

5.3 Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформит отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Результаты расчётов.
2. Палетки и номограммы, используемые при расчётах .
3. Данные расчётов, занесенные в таблице.
4. Выводы по результатам работы.
5. Оформить отчет по лабораторной работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6.Контрольные вопросы

1. От чего зависит электропроводность и удельное электрическое сопротивление осадочных горных пород?
2. Является ли нефть проводником электрического тока?
3. Как наличие глинистости влияет на сопротивление пород в целом?
4. Оценка сопротивления воднасыщенного коллектора?
5. Параметр поверхностной проводимости?

6. Оценка сопротивления нефтенасыщенного коллектора?

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [10].

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ВЫДЕЛЕНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ ПО КОМПЛЕКСУ ГИС-БУРЕНИЕ**

1. Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Приобретение навыков выделения коллекторов по качественным признакам на диаграммах ГИС и количественным критериям геолого - геофизических параметров в карбонатном и песчано-глинистом разрезах.

2. Теоретическая часть

Коллекторы это горные породы, которые содержат пластовый флюид и которые способны отдавать последний при разработке. Методика выделения порово-проницаемых коллекторов по данным промысловой геофизики основана на использовании качественных признаков и количественных критериев.

Прямым качественным признаком наличия коллектора является проникновение фильтрата бурового раствора в пласт, которое фиксируется методами ГИС, способными реагировать на наличие глинистой или шламовой корки на стенке скважины. Такими методами являются МКЗ, КВ, ПС. При этом также учитывают пониженное значение показаний на кривой ГК, среднее значение на кривой НГК и повышенные показания на кривой АК.

Признаками проникновения фильтрата в пласт являются следующие характеристики:

- сужение диаметра скважины, зафиксированное на кривой кавернометрии и происходящее из-за образования глинистой или шламовой корки;
- разница показаний микрозондов (превышением показаний МПЗ над МГЗ), измеряющих физические характеристики на разной глубине (в плотных породах значения МКЗ и МБК высокие, приращение МПЗ над МГЗ отсутствует, в глинах показания МКЗ и МБК низкие).

Разноглубинные методы электрометрии (многозондовый БК и ИК, БКЗ, ВИКИЗ) также отмечают наличие зоны проникновения. Например, при понижающем проникновении фильтрата бурового раствора показания меньшего по размеру зонда будет меньше чем большего.

Однако в интервалах с увеличенным диаметром скважин, например, против рыхлых или сильно трещиноватых и, особенно, кавернозных выкрашивающихся при проходке пород, судить о наличии корки практически невозможно.

Глинистая или шламовая корка может не образоваться при вскрытии продуктивных пластов на равновесии, когда репрессия на пласт близка к нулю. Отсутствие глинистой корки при наличии других прямых и косвенных свидетельств присутствия коллектора не является основанием для отнесения пласта к неколлекторам.

Косвенные качественные признаки обычно сопутствуют прямым и характеризуют породы, которые по своим ёмкостным свойствам и чистоте минерального скелета могут принадлежать к коллекторам. К этим признакам относятся:

- аномалии на кривой ПС;
- низкие показания на кривой гамма-каротажа (ГК);
- показания ядерно-магнитного каротажа (ЯМК), превышающие фоновые;
- затухание упругих волн, создаваемое трещинами и кавернами, при акустическом каротаже (АК).

Известны факты отсутствия прямых признаков проникновения фильтрата против высокопроницаемых коллекторов в длительно бурящихся скважинах вследствие кольтматации пластов. То же самое происходит в случае применения утяжелённых буровых растворов. Кольтматация пластов с ухудшенными свойствами происходит медленнее и они дольше сохраняют признаки коллекторов.

Использование количественных критериев продуктивных коллекторов заключается в выделении коллекторов по значениям коэффициентов пористости и геофизических параметров, превышающих граничные значения, установленные экспериментально. Нижние значения геофизических параметров устанавливаются индивидуально в каждом конкретном случае.

Выделение коллекторов

Терригенные коллекторы отличаются от карбонатных отложений по составу, структуре порового пространства, параметрам, способам выделения.

Ниже приводится промыслово-геофизическая характеристика терригенных и карбонатных коллекторов.

Терригенные коллекторы

По гранулометрическим фракциям выделяют: псаммитовые породы с размером зерен $>0,1$ мм, псаммитовые породы с размером зерен $>0,1$ мм, глинистые породы с размером $<0,01$ мм.

Породы с размером зерен $>0,1$ мм являются песчаниками, а при отсутствии в них пелитовой фракции чистыми от глин коллекторами.

Промыслово-геофизическая характеристика песчаников следующая. На фоне глинистых пород песчаники выделяются:

- низкими значениями показаний ПС, ГК;
- средними показаниями метода НГК (между известняков и глиной);
- наличием глинистой корки против проницаемых коллекторов;
- положительным расхождением МКЗ.

На рисунке 1 приведен комплекс ГИС и определение коллекторов.

Штриховкой на рисунке показаны выделенные коллекторы.

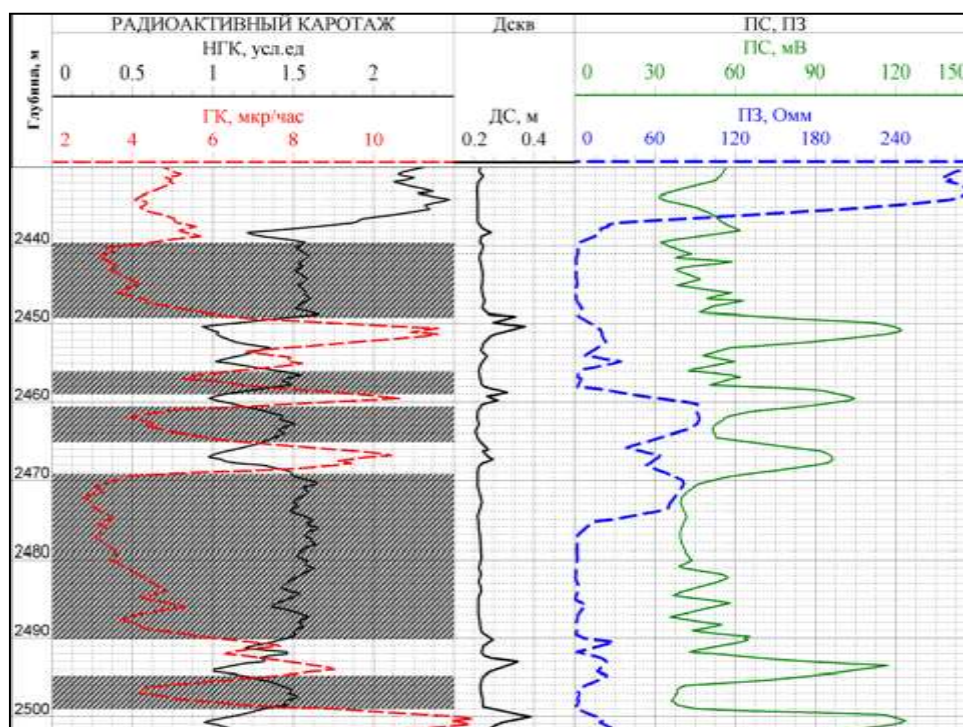


Рисунок 1 – Выделение коллекторов в песчано-глинистом разрезе

Карбонатные коллекторы

Карбонатные коллекторы (известняки, доломиты) подразделяются на межгранулярные (порово-проницаемые), трещинные, смешанные (порово - каверно-трещинные или трещинно-каверново-поровые). Рассмотрим выделение порового-проницаемых коллекторов. Задача выделения порово-проницаемых коллекторов (смешанный тип карбонатных коллекторов по своим геофизическим свойствам близки к порово-проницаемым коллекторам) в карбонатном массиве сводится к дифференциации их от плотных, непроницаемых и глинистых пород.

По нижнему пределу пористости $K_p \geq 6\%$ (для ОНГКМ – Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение) выделяем все пористые пласты (у которых $K_p \geq 6\%$). Среди поровых пород по данным МКЗ, МБК определяем проницаемые коллекторы (рисунок 2). Штриховкой на диаграмме НГК выделены породы с пористостью 6 % и более, штриховкой на диаграмме МБК выделены порово-проницаемые коллекторы. По ГК, КВ дифференцируем глинистые породы, которые не являются коллекторами, от коллекторов.

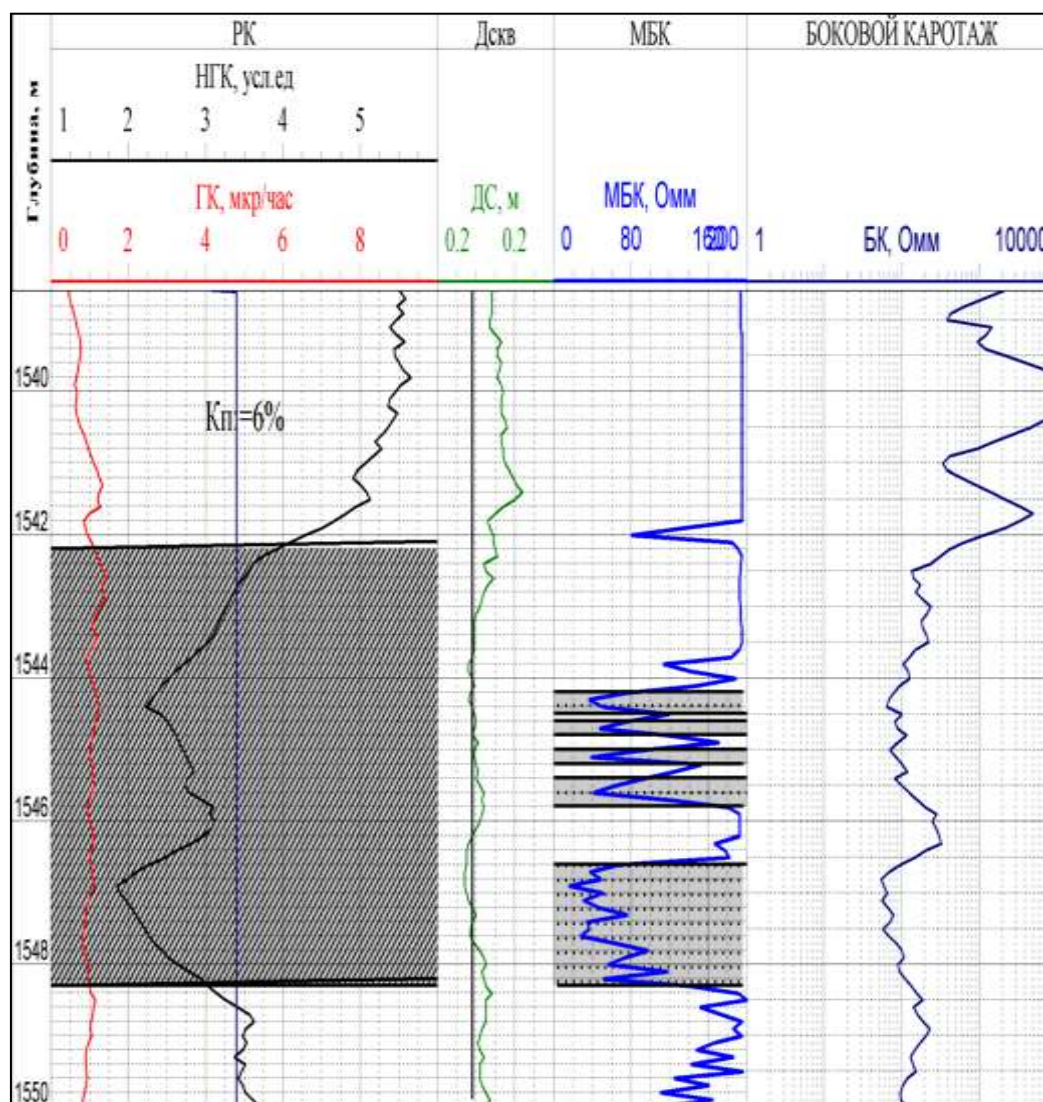


Рисунок 2 – Выделение коллекторов в карбонатном разрезе

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер
2. Комплексные каротажные диаграммы ГИС открытого ствола.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. По комплексу промыслово-геофизических методов, представленных преподавателем, выделить коллекторы в терригенном разрезе.Заштриховать интервалы коллекторов простым карандашом.
2. По комплексу промыслово-геофизических методов, предоставленных преподавателем, выделить коллекторы в карбонатном разрезе. Отметить штриховкой выделенные коллекторы.

5.2Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформит отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Критерии выделения коллекторов по прямым и косвенным качественным признакам.
2. Таблицы, в которые внесены интервалы коллекторов, их эффективные толщины, параметры коллекторов.
3. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждение в выполнении законов, объяснение характера кривых.
4. Оформить отчет по лабораторной работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6.Контрольные вопросы

1. Что такое коллектор?

2. Виды коллекторов?
3. Терригенный коллектор?
4. Прямые качественные признаки наличия коллектора?
5. Косвенные качественные признаки наличия коллектора

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [4], [5], [6], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 РАСЧЛЕНЕНИЕ И КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАНЫМ

1. Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Приобретение навыков расчленения и корреляции геологических разрезов.

2. Теоретическая часть

Геологический разрез, вскрываемый посредством бурения скважин, подвергается детальному изучению с целью определения последовательности и глубины залегания пластов, их литологических и коллекторских свойств, нефтегазонасыщенности и водоносности. Эти данные также используются для изучения геологического строения месторождений, подсчета запасов месторождений и т.п.

Изучение разрезов скважин осуществляется как по керну (если скважина проходится с извлечением керна) или шламу (бескерновое бурение), так и путем исследования геофизическими методами. В зависимости от характера слагающих разрез пород проводят электрическим, радиоактивным, акустическим, термическим и другими видами каротажа.

Электрический каротаж включает в себя такие методы как БКЗ, ИК, БК, стандартный каротаж, ВИКИЗ и др.

Наиболее широко используется для корреляции геологических разрезов стандартные зонды КС и метод ПС. Электрический каротаж скважин является стандартной операцией, которая проводится во всех без исключения скважинах.

Корреляция разрезов скважин

Корреляцией (увязкой) разрезов скважин называется сопоставление одновозрастных пород, вскрытых этими скважинами.

Наилучшие результаты при корреляции разрезов скважин достигаются благодаря комплексной увязке геофизических материалов с данными изучения образцов керна и шлама.

Различают следующие виды корреляции: общую локальную, общую региональную и детальную.

Общая локальная корреляция представляет собой сопоставление всего разреза скважин в пределах одной разведочной площади или месторождения. Цель ее — выделить и проследить по площади опорные реперы, одновозрастные стратиграфические комплексы пород, продуктивные толщи и внутри последних — продуктивные горизонты и пласты.

Общая региональная или межплощадная корреляция выполняется по всему разрезу скважин для прослеживания указанных выше подразделений разреза в пределах зон нефтегазонакопления, нефтегазоносных областей и т.

Перед детальной корреляцией стоит задача выделения и прослеживания в разрезе продуктивной толщи или продуктивного горизонта одновозрастных реперов, проницаемых пластов и прослоев, непроницаемых прослоев, установления их изменения вследствие выклинивания, литолого-фациального замещения по площади и разрезу с целью детального изучения геологического строения залежей нефти и газа.

Корреляцию разрезов близлежащих скважин начинают с предварительной увязки опорных реперов, отчетливо прослеживаемых по данным керна и каротажа.

Опорные пласты (репера), или каротажные репера резко отличаются от остальных совокупностью геофизических признаков. Такие пласты характеризуются сравнительным постоянством мощности, физических свойств, формы каротажных кривых (например, пласты глин, угля, известняков и т.д.) и часто прослеживаются на больших расстояниях.

В терригенном разрезе в качестве опорных пластов могут служить карбонатные породы и пласты глин, реже песчано – алевролиты – глинистые пачки.

В карбонатных разрезах в качестве опорных пластов могут служить терригенные породы, глинистые известняки и интервалы смены карбонатных пород глинистыми.

Целесообразнее сравнивать между собой диаграммы по скважинам, расположенным по простиранию пород. Это связано с тем, что физические свойства пород по простиранию не так резко изменяются. Таким образом, результаты сопоставления каротажных диаграмм позволяют устанавливать последовательность залегания пород и их возраст, обнаруживать тектонические нарушения, облегчают интерпретацию геофизических материалов при бескерновом бурении.

Корреляцию разрезов соседних скважин лучше всего начинать с отождествления во всех обследуемых разрезах одного или нескольких опорных горизонтов, отчетливо прослеживающихся по диаграммам ГИС. После того как разрезы скважин в первом приближении сопоставлены, приступают к их детальной корреляции. Задачей сравнения является выделение тех же слоев, пачек и горизонтов, которые были установлены ранее в первой скважине. Пласты, слои и пачки прослеживаются по сходству конфигураций диаграмм ГИС.

На корреляционной диаграмме (рисунок 1), для более удобного сопоставления разрезов один из пластов в верхней части сравниваемого комплекса отложений принимается за горизонтальную плоскость, которая на чертеже изображается горизонтальной линией (линией сопоставления).

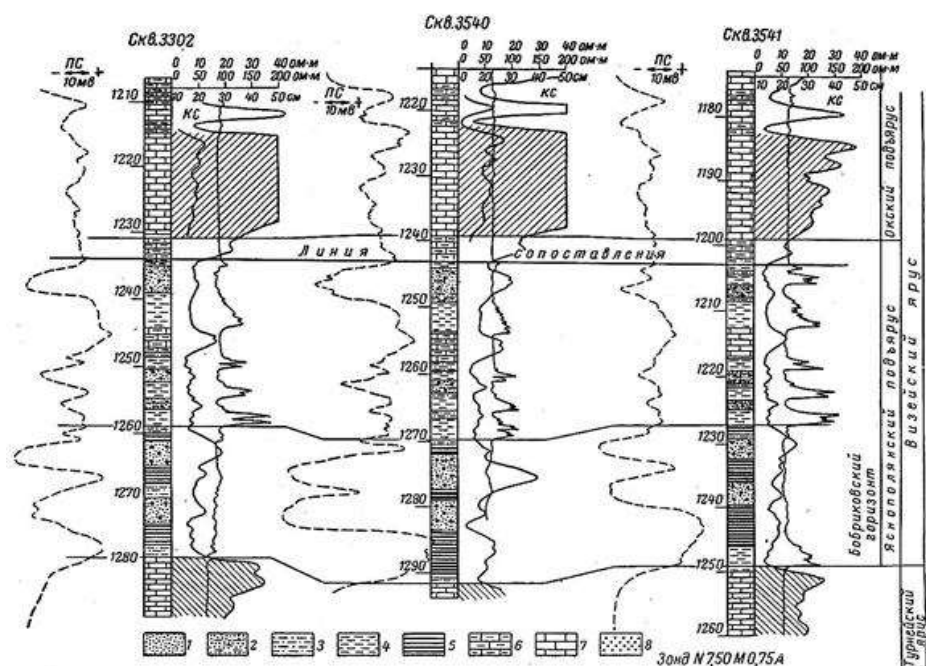


Рисунок 1 – Пример сопоставления геолого-геофизических разрезов терригенной толщи нижнего карбона (подошва тульского горизонта в скв.3302 находится на глубине 1248 м, в скв.3540 – 1258м, в скв.3541 – 1217 м): 1 – песчаники; 2 – песчаники глинистые; 3 – алевролиты; 4 – аргиллиты; 5 – аргиллиты с прослоями угля; 6 – известняки глинистые; 7 – известняки, 8 – нефтеносность

Разрезы всех скважин выравниваются по этому пласту, в связи, с чем все изменения мощности нижележащей толщи пород становятся легко заметными. Границы разновозрастных слоев, прослеженные в разных скважинах, соединяются прямыми линиями. Для более удобного чтения корреляционной схемы на одной из колонок какой-либо скважины обычно изображают литологический состав разреза. Весьма важным моментом при составлении корреляционной схемы является выбор опорного пласта (горизонта), по которому проводится сопоставление всех разрезов скважин, участвующих в корреляции.

Стандартный каротаж

Одним из свойств горных пород является их способность проводить электрический ток или оказывать сопротивление прохождению тока. За величину, характеризующую способность пород пропускать электрический ток, принято удельное электрическое сопротивление ρ . Величина, обратная ей, получила название удельной электрической проводимости ($\sigma = 1/\rho$), которая характеризует способность пород проводить электрический ток. Электрический ток горные породы проводят в основном из-за насыщенности их порового пространства растворами электролитов. Отсюда следует, что рыхлые не литифицированные высокопористые породы будут обладать пониженными значениями удельного электрического сопротивления, а плотные массивные нетрещиноватые породы, наоборот повышенными.

Для замера сопротивления пород в скважинах, обычно используют четырехэлектродный каротажный зонд. Три его электрода присоединяют к концам кабеля и спускают в скважину, а четвертый электрод (заземление) устанавливают на поверхности вблизи устья скважины (рисунок 2).

Через электроды А и В (токовые) пропускают ток I , создающий электрическое поле в породе, а с помощью электродов М и N (измерительных) измеряют разность потенциалов ΔU между двумя точками данного электрического поля.

При перемещении зонда по стволу скважин получают непрерывную информацию о кажущихся сопротивлениях вскрытого ею разреза горных пород.

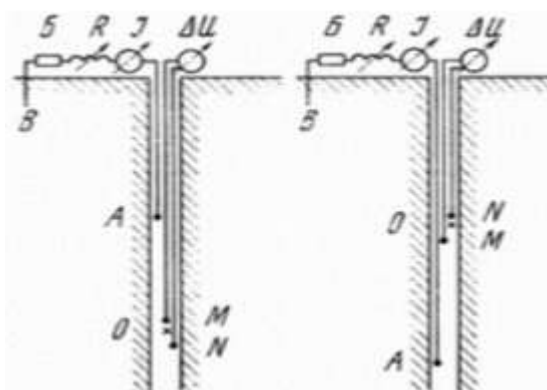


Рисунок 2 – Различные зонды для электрического каротажа скважин:

А, В – питающие электроды, Б – батарея или другой источник питания, R – реостат для регулировки силы тока, I – прибор, измеряющий силу тока, MN – приемные электроды, О – точка записи, к которой относят результаты замеров

При стандартном каротаже кажущееся удельное сопротивление измеряют с помощью стандартного зонда КС, размеры которого для каждого района подбирают экспериментальным путем. Обычно для исследования нефтяных и газовых скважин в качестве стандартного используют градиент-зонд длиной около 2,5 м или потенциал-зонд длиной 0,5 м. Зонды большего размера применяются реже.

Одна из задач стандартного каротажа это - корреляции геологических разрезов. Данный каротаж скважин является стандартной операцией, которая проводится во всех без исключения скважинах, и данные каротажа являются опорными, к нему привязываются все последующие методы.

Метод самопроизвольной поляризации ПС (естественных потенциалов)

Измерение потенциалов естественного поля $U_{пс}$ заключается в замере разности естественных потенциалов между электродом, перемещаемым по скважине, М и электродом, размещаемым на поверхности около устья скважины, N (рисунок 3).

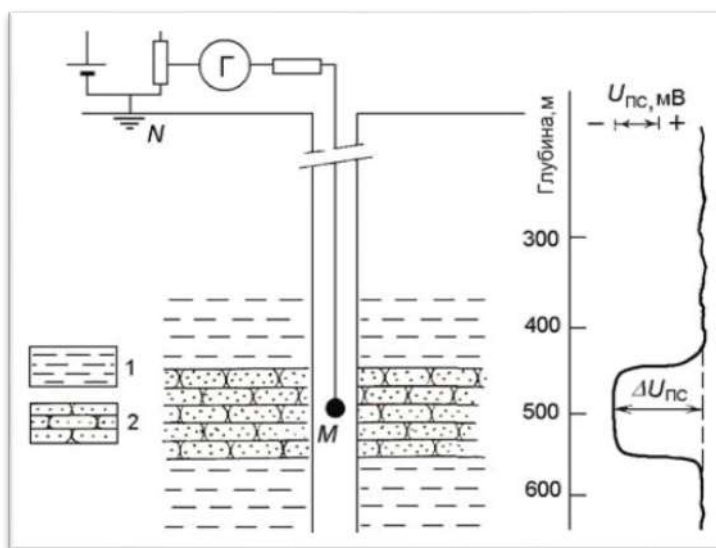


Рисунок 3 – Принципиальная схема измерения ПС: 1 – глина; 2 – песчаник; 3 – регистрирующий прибор

Разность потенциалов между этими электродами указывает на изменение электрического потенциала вдоль скважины. Результаты измерения регистрируются (записываются) одновременно с результатами измерения КС в виде графика или кривой естественных потенциалов $U_{пс}$.

Наилучшие результаты дает метод ПС на песчано-глинистых разрезах, породы которых обладают различной адсорбционной активностью.

Пески, песчаники, алевроиты и алевролиты легко отличаются по кривой ПС от глин. При $r_{\phi} > r_v$ песчано-алевритовые пласты отмечаются минимумами потенциала. С увеличением в песчаном пласте количества глинистого материала возрастает коэффициент диффузионно-адсорбционного потенциала (его диффузионно-адсорбционная активность), а, следовательно, уменьшается отклонение кривой ПС против него. Наибольшей адсорбционной активностью обладают глинистый и лимонитовый цементы породы, значительно меньшей — карбонатный и наименьшей — силикатный. Адсорбционная емкость скелетной фракции песчано-глинистой породы (диаметр зерен больше 0,01 мм) во много раз меньше адсорбционной емкости наиболее распространенных разновидностей цемента и не играет существенной роли в формировании величины диффузионно-адсорбционной активности породы.

В карбонатном разрезе основные причины возникновения аномалии ПС те же, что и в песчано-глинистом. Отрицательными аномалиями на кривой ПС отмечаются чаще всего чистые (неглинистые) карбонатные пласты (известняки, доломиты), как крупно- и среднезернистые, так и мелкозернистые, в том числе малопористые и плотные. Карбонатные пласты (мергели, глинистые известняки, глинистые доломиты и т. д.), содержащие глинистый материал, сосредоточенный в порах или в рассеянном виде, по всей толще породы отмечаются малыми отклонениями кривой ПС от линии глин.

Расчленение разреза и выделение границ пластов по кривой ПС в высокоомном разрезе затруднительно. Это существенно ограничивает использование кривой ПС, записанной в карбонатном разрезе, для качественной и количественной интерпретации.

Границы мощного пласта ($h/d_c > 4$) отмечаются в точках, соответствующих половине амплитуды отклонения кривой ПС (рисунок 4); границы тонких пластов смещены относительно половинной амплитуды отклонения кривой ПС к максимальному отклонению, и выделение границ тонких пластов по кривой ПС затруднено.

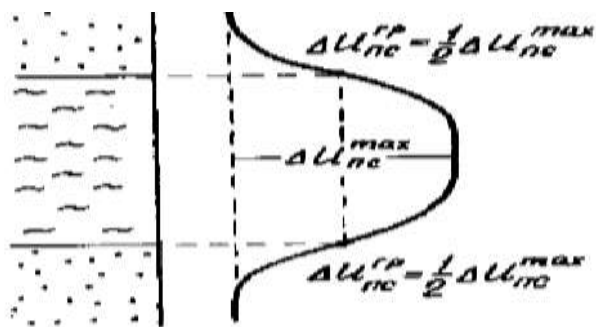


Рисунок 4 – Определение контактов пластов (мощный пласт) по диаграмме ПС

Метод ПС является одним из важнейших в комплексе промыслово-геофизических исследований скважин. Он применяется широко для расчленения разрезов и их корреляции.

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер
2. Каротажные диаграммы ГИС (в масштабе глубин 1:500) открытого ствола для корреляции разреза.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Сопоставить разрез изучаемой скважины с разрезом опорной скважины (скважина прошедшая первичную обработку, с расчлененным разрезом), с целью выявления характерных интервалов, в пределах которых конфигурация кривых не претерпевает существенных изменений от скважины к скважине.
2. После завершения сопоставления разрезов и выделения основных опорных пластов, приступить к построению в заданном направлении корреляционной схемы. Диаграммы выдаются преподавателем.

5.2Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Характеристику основных видов корреляции скважин.
2. Критерии выделения опорных горизонтов.
3. Каротажные диаграммы с результатами корреляции.
4. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждение в выполнении законов, объяснение характера кривых.
5. Оформить отчет по лабораторной работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6.Контрольные вопросы

1. Что такое корреляция разрезов скважин?
2. Основные виды корреляций скважин?
3. Опорные пласты (репера) или каротажные репера?
4. Электрические методы ГИС, применяемые для детальной корреляции разрезов.

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [4], [5], [6], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ВНК

1. Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Выделение первоначального ВНК по комплексу методов ГИС.

2. Теоретическая часть

Выделение первоначального ВНК применяется для оценки эффективной мощности продуктивного горизонта, для последующей оценки объема запаса флюида. В процессе разработки месторождения, полученные данные при определении первоначального ВНК помогают следить за положением текущего ВНК.

За водонефтяной контакт (ВНК) большинство исследователей принимают некоторую условную поверхность, выше которой пласт отдает безводную нефть, а ниже до подошвы переходной зоны — нефть с водой. Преимущество такого представления о ВНК состоит в том, что в данном случае граница раздела нефти, и воды может быть однозначно установлена по данным электрометрии в бурящихся скважинах.

Наиболее уверенно эта задача решается в высокопористых коллекторах гранулярного типа. Пласты, насыщенные нефтью или газом, имеют более высокое удельное сопротивление по сравнению с нижезалегающей водонасыщенной частью пласта. Поэтому нижняя граница залежи определяется как подошва пласта высокого удельного сопротивления. Выделяется она по показаниям последовательного градиент-зонда большого размера (рисунок 1.а), а также по данным экранированного или индукционного зонда.

При наличии в пласте переходной зоны, в которой происходит постепенное увеличение нефтенасыщенности, залежь четкой нижней границы не имеет. В результате на диаграммах электрических методов регистрируется плавное увеличение сопротивлений, отражающее изменение коэффициента нефтенасыщенности. В этих условиях ВНК проводится на глубине, начиная с которой пласт дает промышленный приток нефти или газа. Эта граница обычно располагается на 1—1,5 м выше глубины, на которой отмечается начало переходной зоны (рисунок 1.б).

Если пласт неоднородный и в нем имеются тонкие плотные пропластки высокого сопротивления, то кривая кажущегося сопротивления, зарегистрированная большим градиент-зондом, будет экранирована и уточнить по ней положение контакта не всегда возможно. Для повышения достоверности интерпретации необходимо привлекать диаграммы микрометодов (микрозондов или микроэкранированных зондов), по которым выделяются плотные пропластки. Положение ВНК уточняется по диаграмме экранированного зонда.

Выбор методики и метода исследования скважин зависит от геологического строения нефтегазовых объектов, коллекторских свойств пластов и применяемых методов измерений.

Трудности оценки начального положения ВНК возникают при бурении скважин на участках месторождения, заводненных пресными водами, а также в условиях сложнопостроенных объектов. К последним относятся интервалы разреза скважин, оценка положения ВНК в которых традиционными методами ГИС затруднена или невозможна.

В карбонатных разрезах к таким объектам относятся низкопористые породы ($K_p < 10\%$), которые трудно выделяются и осваиваются при испытаниях. Оценка характера насыщенности пластов методами электрометрии при бурении на водных растворах оказывается неэффективной при низкой их нефтегазонасыщенности (менее 50—60%), а также из-за того, что изменение удельного сопротивления обуславливается колебаниями трещиноватости, а не насыщенностью. Из всех возможных вариантов таких исследований более простыми являются повторные измерения методами электрометрии (боковой, боковой микрометод, боковое электрическое зондирование) при заполнении скважины промывочной жидкостью с постоянными свойствами, поскольку в данном случае не требуется проводить какие-либо технологические операции для подготовки скважин к исследованиям.

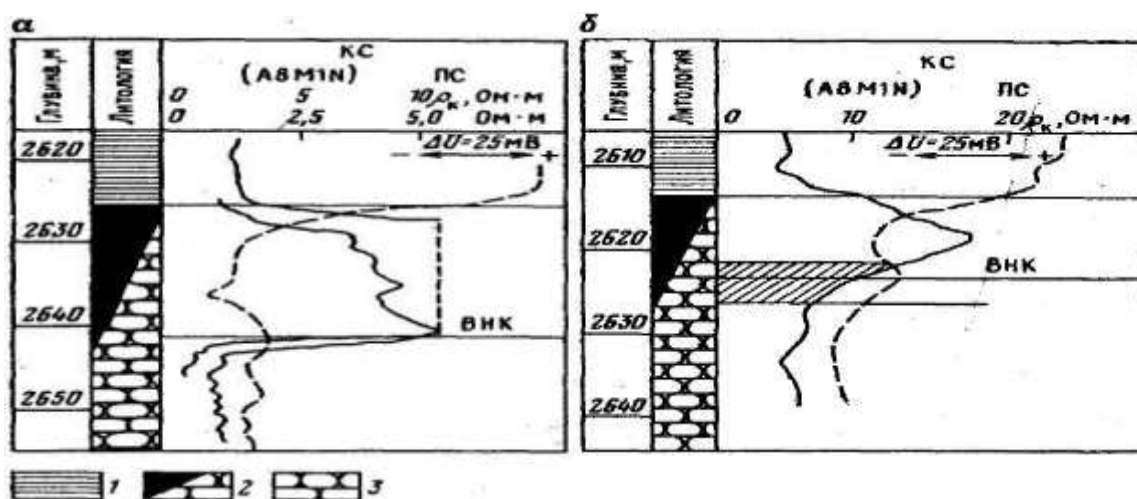


Рисунок 1 -Выделение контакта нефть—вода по данным последовательного градиент-зонда в высокопористых коллекторах гранулярного типа:
а — при отсутствии переходной зоны; б—при наличии переходной зоны; 1—глина; песчаник: 2 — нефтеносный, 3 —водоносный

Положение ГНК по диаграммам электрических методов установить нельзя, так как и газ, и нефть имеют высокое удельное сопротивление. Более благоприятные условия для определения ГНК создаются при исследовании обсаженных, но не перфорированных скважин. Так как газ по сравнению с жидкостью имеет значительно меньшую плотность, то водородосодержание газонасыщенного пласта меньше, чем нефтеносного. В обсаженной скважине, которая значительное время простаивала, зона проникновения расформировалась, и к стенкам подошел пластовый флюид. В результате против газонасыщенной части пласта показания НГМ возрастают.

Примеры определения газонефтяного контакта методом ННМ-Т в процессе расформирования зоны проникновения и методом НГМ при отсутствии этой зоны показаны на рисунке 2. Здесь граница раздела газ — нефть по пласту устанавливается визуально по значительному превышению показаний нейтронных методов против газоносной части разреза по сравнению с нефтеносной.

Эффективность выделения ГНК снижается в глинистых коллекторах, газоносных пластах, содержащих нефть, а также в разрезе скважин со значительным проникновением фильтрата промывочной жидкости и небольшой остаточной газонасыщенность в этой зоне. Определение ГНК в таких условиях описанными выше методами затрудняется в связи с низкими значениями показаний нейтронных методов против как газоносных, так и нефтеносных пластов.

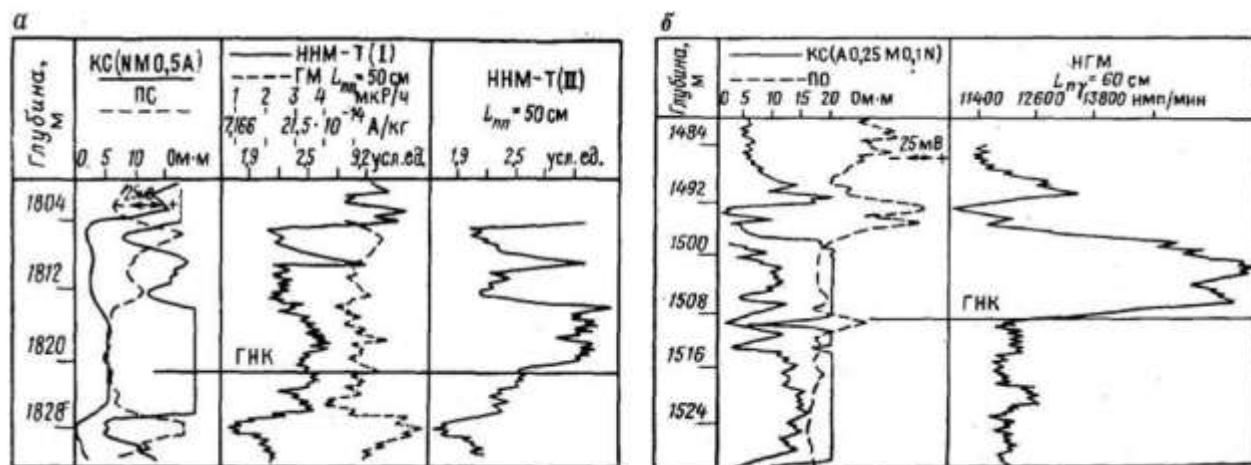


Рисунок 2- Определение ГНК нейтронными методами.

а - Самотлорское месторождение (сква. 10288); замеры ННМ-Т: I — первый, II — второй, выполненный через 2,5 мес. после первого; б — Анастасиевско-Троицкое месторождение

Поверхности водонефтяных и газонефтяных контактов на объектах не являются плоскостями, а имеют довольно сложные формы. Разница гипсометрического положения контактов по отдельным скважинам достигает десятков метров и более. Изучение общих закономерностей и деталей поверхностей водонефтяного и газонефтяного контактов имеет важное значение при подсчете запасов, проектировании и контроле разработки нефтяных и нефтегазовых объектов.

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер.
2. Комплексные каротажные диаграммы.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.

5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. По комплексу промыслово-геофизических методов, представленных преподавателем, определить первоначальное положение ГНК и ВНК.

2. По комплексу промыслово-геофизических методов, представленных преподавателем, определить текущее положение ГНК и ВНК.

5.2 Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Основные критерии выделения ГНК и ВНК по методам ГИС.
2. На каротажной диаграмме отметить положение первоначального и текущего контакта ГНК и ВНК, результаты интерпретации свести в таблицу 1.

Таблица 1

Площадь № скв.	Метод определения ВНК	Наличие переходной зоны	Тип коллектора	Начальный ВНК	Текущий ВНК

3. Оформить отчет по работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6. Контрольные вопросы

1. С помощью, каких методов производится выделение первоначального ВНК.
2. Почему принципиально важно при выделение первоначального ВНК, использование методов ЭК.
3. Для чего следует проводить выделение первоначального ВНК.

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [4], [5], [6], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМОМЕТРОВ

1. Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Изучение физических основ метода термометрии, принципа действия и устройства аппаратуры термометрии.

2. Теоретическая часть

Термометрия изучает тепловые поля в скважинах с целью решения задач региональной геологии и геотермии, разведки месторождений полезных ископаемых, контроля за эксплуатацией продуктивных пластов и определения технического состояния скважин. Измерение температуры по стволу скважины производят в целях изучения: естественного теплового поля Земли; местных (локальных) тепловых полей, наблюдаемых в скважине в процессе бурения и эксплуатации; искусственных тепловых полей, вызванных наличием в скважине промывочной жидкости и цементного раствора в затрубном пространстве.

По происхождению тепловые поля делятся на естественные, связанные с воздействием природных факторов, и искусственные, формирующиеся при строительстве и эксплуатации скважин. По темпу изменения температуры по времени различают стационарные и нестационарные поля. Нестационарное поле называют квазистационарным, если с точностью, необходимой для решения конкретной задачи интерпретации, его температуру можно считать постоянной по времени.

Для измерения температуры в скважинах применяют в основном: электрические термометры сопротивления, опускаемые в скважину на одножильном или трехжильном кабеле (рисунок 1). Действие электрического термометра (термометра сопротивления) основано на свойстве металлического проводника изменять сопротивление R изменением температуры среды, в которой он находится:

$$R=R_0[1+\alpha (T-T_0)] \quad (1)$$

где T_0 – начальная температура среды (температура равновесия моста), обычно равная 21°C ; R_0 — сопротивление проводника при температуре T_0 (в Ом); T – температура среды (в $^\circ\text{C}$); α – температурный коэффициент, характеризующий изменение сопротивления Ом) проводника, т. е. чувствительного элемента термометра (резистора) при изменении температуры на 1°C . В качестве чувствительного элемента термометра сопротивления служит металлический или полупроводниковый резистор с большим температурным коэффициентом. Такой термометр воспринимает температуру окружающей среды достаточно быстро и дает возможность измерять температуру непрерывным перемещением термометра вдоль ствола скважины. Различают несколько типов термометров, отличающихся по способу измерения сопротивления чувствительного элемента. Для измерения температуры в нефтяных и газовых скважинах наиболее широкое применение получили электронные термометры, рассчитанные на работу с одножильным кабелем.

1.1 Электронный термометр ТЭГ-60 на одножильном кабеле

Принципиальная электрическая схема измерений электронным термометром ТЭГ-60 на одножильном кабеле (рисунок 1,б), состоит из наземного пульта 1, устанавливаемого в каротажной лаборатории, и скважинного прибора 2. Скважинный прибор снабжен электронным RC- генератором G , управление частотой которого осуществляется цепью RC, содержащей термочувствительные резисторы R_T и

термостатированные емкости С. Резистор R_T с большим температурным коэффициентом является плечом мостовой схемы, расположенной в скважинном приборе и питаемой переменным током.

Изменение сопротивления чувствительного плеча R_j воздействует на RC-генератор, изменяя его частоту пропорционально сопротивлению резистора R_T . В результате период автоколебаний генератора RC находится в линейной зависимости от величины сопротивления R_T и, следовательно, от температуры среды, окружающей скважинный термометр. Переменный ток с выхода генератора передается по кабелю на поверхность и преобразуется специальной схемой-периодометром П в напряжение, пропорциональное температуре. Полученное напряжение поступает на регистратор РК, где записывается в виде термограммы. Питание скважинного прибора постоянным током с напряжением 250 В осуществляется выпрямителем В через нагрузочное сопротивление R. Электронная схема скважинного прибора заключена в стальной герметизированный кожух. В нижней части скважинного прибора в медных трубках размещены термочувствительные сопротивления R_T , контактирующие с промысловой жидкостью.

2.1 Электронный термометр на трехжильном кабеле

Схема электрического термометра для измерения на трехжильном кабеле представляет собой мостик сопротивления, содержащий четыре резистора (рисунок 1, а). Одно из них R_1 (или два R_1 и R_3 , включены в противоположные плечи мостика) изготовлено из материала с высоким температурным коэффициентом и служит чувствительным элементом; три или два других выполнены из материала с малым температурным коэффициентом, например, из манганина или константана, которые практически нечувствительны к изменениям температуры внешней среды. Плечи АВ мостика питают постоянным током через одну из жил кабеля и землю и определяют разность потенциалов, возникающую в плече MN и линейно зависящую от температуры среды.

При работе с электрическими термометрами масштаб температурной кривой обычно выбирают равным 0,25; 0,5 или 1 °С на 1 см. Глубину замера температуры определяют так же, как и при электрическом каротаже. Перед спуском термометра в скважину он подвергается опробованию на поверхности. Для этого сверяют показания температуры окружающей среды, замеренные одновременно термометрами сопротивления и ртутными. Расхождения показаний не должны превышать 0,5°С. Температурную кривую регистрируют во время спуска прибора в скважину и этим исключают погрешность, связанную с перемешиванием промысловой жидкости. Термометр обладает тепловой инерцией и воспринимает температуру среды, в которую он помещен, не мгновенно, а в течение некоторого времени согласно формуле:

$$T = T_c + (T_n - T_c) \cdot \exp(-t/\tau_t) \quad (2)$$

где T – измеренная температура; τ_t – постоянная времени термометра, равная времени, в течение которого термометр воспринимает приблизительно 0,63 разности температуры среды T_c и начальной температуры термометра T_n помещения его в данную среду; τ_t для разных типов электрических термометров изменяется от 0,5 до 3 с.

Точность измерения термометра зависит от скорости его перемещения в скважине. Чем меньше τ_t тем больше допустимая скорость. При обычных измерениях (регистрирующий масштаб 0,5...1 °С на 1 см) скорость регистрации не должна превышать 3000/ τ_t (в м /ч), а при более детальной записи в масштабе 0,125 °С/см скорость должна быть снижена в 1,5–2 раза.

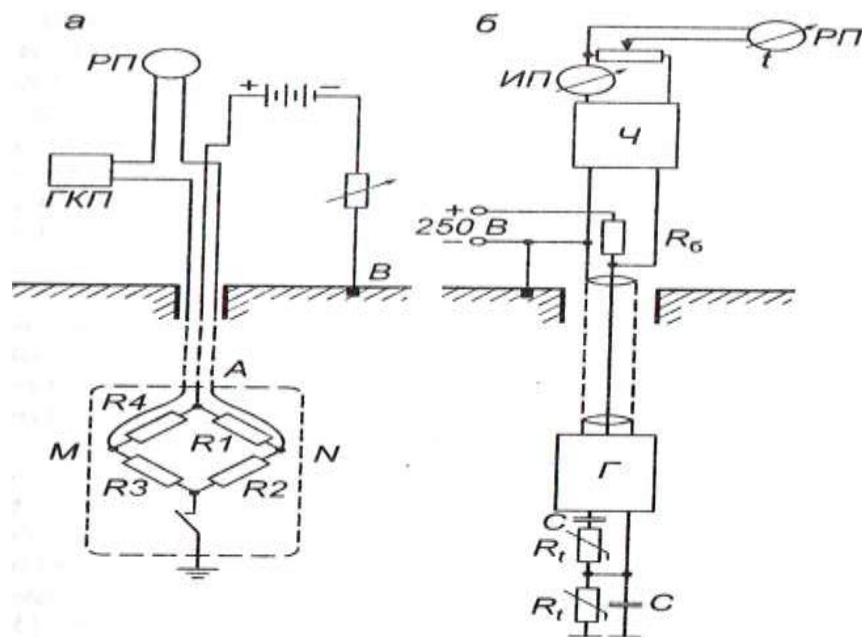


Рисунок 1- Принципиальная схема измерения температуры электротермометром на трехжильном кабеле (а) и электротермометром ТЭГ (б)

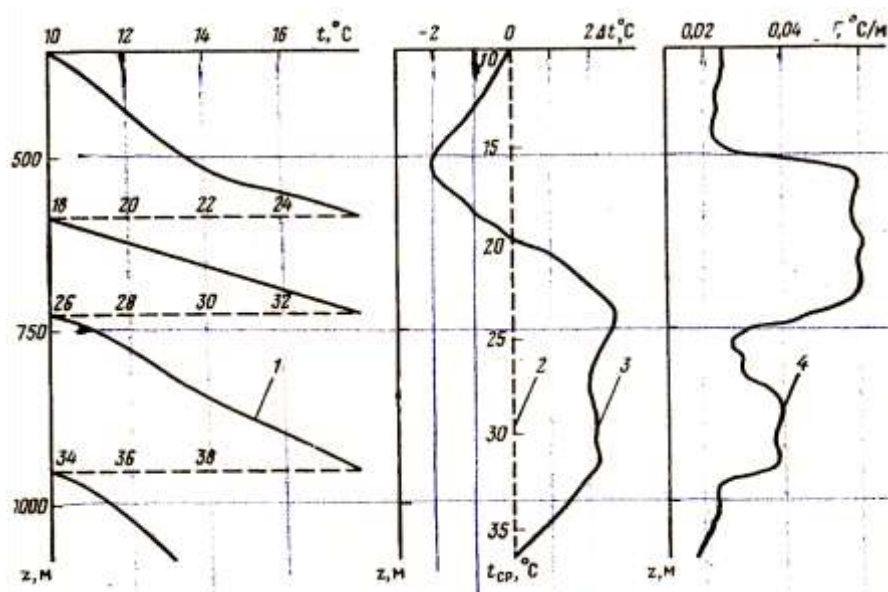


Рисунок 2 – Диаграммы термометрии скважин

1 – действительное распределение температуры в стволе скважины; 2 – термограмма, соответствующая среднему градиенту температуры; 3 – аномалий – термограмма с компенсацией среднего градиента температуры; 4 – градиент – термограмма

Температурную кривую регистрируют при спуске прибора в скважину, чтобы избежать искажений из-за перемешивания раствора.

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер.
2. Каротажные диаграммы по методу термометрии.
3. Схема скважинного прибора.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Изучить физические основы термометрии скважин.
2. Изучить блок схему, назначение и принцип действия прибора.
3. Изучить методику проведения измерений термометрами в скважине.

5.2 Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Основы метода термометрии, устройство и принцип действия скважинных термометров.
2. Оформить отчет по работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6. Контрольные вопросы

1. Основные задачи, решаемые термометрией?
2. Электронные термометры на одножильном кабеле?
3. Электронные термометры на трехжильном кабеле?

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [6], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО ГРАДИЕНТА И ГЕОТЕРМИЧЕСКОЙ СТУПЕНИ

1. Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Изучение физических основ термометрии, тепловых свойств горных пород (теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости), естественного теплового поля Земли, темпа восстановления температуры в стволе скважины.

2. Теоретическая часть

По происхождению тепловые поля делятся на естественные, связанные с воздействием природных факторов, и искусственные, формирующиеся при строительстве и эксплуатации скважин.

Геотермическими исследованиями скважин установлено, что на континентах температура пород до глубин 10—40 м подвержена периодическим (суточным, сезонным и годовым) колебаниям, связанным с изменением интенсивности солнечного излучения.

Слои, в которых колебания суточных и годовых температур становятся незначительными, не поддающимися изменению, названы слоями постоянных суточных и годовых температур или нейтральным слоем. Температура, нейтрального слоя принимается равной среднегодовой температуре поверхности Земли T . Ниже этого слоя повсеместно наблюдается закономерное возрастание температуры с глубиной, определяемое внутренним теплом Земли. Основным источником тепловой энергии в недрах Земли принято считать энергию, возникающую при распаде радиоактивных элементов; дополнительными источниками могут явиться кристаллизационные полиморфические превращения, физико-химические и другие процессы, протекающие внутри Земли.

Исследования методом естественного теплового поля проводятся в скважинах с практически установившимся тепловым режимом, для чего скважина должна находиться в состоянии покоя такое время, после которого разница между измеряемой температурой и температурой пород в любой точке скважины будет очень мала и по термограмме можно определять естественную температуру пород, изучать распределение естественного теплового поля Земли по разрезу и по площади. По значению геотермического градиента и геотермической ступени можно рассчитать удельное тепловое сопротивление пород слагающих разрез скважины.

Интенсивность нарастания температуры с глубиной характеризуется геотермическим градиентом Γ . За величину геотермического градиента в практической работе принимают изменение температуры Земли в градусах Цельсия на 100 м глубины.

Градиент рассчитывают по формуле:

$$\Gamma_{100} = 100 \frac{(T_2 - T_1)}{H_2 - H_1} \quad (1)$$

Для характеристики прироста температур с глубиной часто используют величину, обратную геотермическому градиенту, геотермическую ступень G , указывающую разность глубин, которая соответствует изменению температуры на 1 °С:

$$G = \frac{(H_2 - H_1)}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

Геотермический градиент $\Gamma = q \cdot \zeta$ пропорционален тепловому сопротивлению ζ породы, которое отражает литологические особенности горных пород, слагающих разрезы скважин (q — плотность теплового потока). Этим вызваны изменения значений геотермического градиента при пересечении скважиной различных пород, что отмечается изменением угла наклона термограммы по отношению к вертикали. При постоянной плотности q диаграммы геотермического градиента можно рассматривать как диаграммы теплового сопротивления или обратной величины - теплопроводности ($\zeta = 1/\lambda$).

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер.
2. Каротажные диаграммы.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Определить значение геотермического градиента на заданной глубине по диаграмме термометрии.
2. Определить значение геотермической ступени на заданной глубине по диаграмме термометрии. Диаграмма выдается преподавателем.

5.2Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Основы метода термометрии.
2. Интервалы локальных температурных аномалий и их характеристику.
3. Таблицу с расчетами геотермического градиента и геотермической ступени.
4. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждение в выполнении законов, объяснение характера кривых.

5. Оформить отчет по работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6.Контрольные вопросы

1. Причины изменения естественного теплового поля Земли?
2. Причины возникновения локальных тепловых аномалий?
3. Геологические и технические задачи, решаемые с помощью термометрии?

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [6], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО ДИАМЕТРА СКВАЖИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ ДАННЫМ КАВЕРНОМЕРА- ПРОФИЛЕМЕРА

1. Цель и содержание работы

Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Изучение назначения, принципа действия и устройства каверномера и профилемера, их градуировка и регистрация диаграмм. Определение фактического диаметра скважины и определение формы сечения данным каверномера-профилемера.

2.Теоретическая часть

При бурении скважины фактический средний диаметр ее d_c изменяются по стволу, и отличается от диаметра долота (коронки) d_s , которым она бурится. При этом наблюдается как уменьшение диаметра скважины, так и увеличение его, иногда весьма значительно, за счет образования глинистой корки и каверн. Поперечное сечение скважины за счет образования желобов может существенно отличаться от круга. Так называемые желоба образуются вследствие многочисленных спускоподъемных операций бурильного инструмента и геофизической аппаратуры. Эти желоба создают опасность "прихвата" бурового снаряда или скважинного прибора при их подъеме.

Кавернометрия (КВ) заключается в измерении среднего диаметра буровой скважины.

Профилеметрия – это измерение сразу нескольких диаметров в одном поперечном сечении скважины.

Различают вертикальную профилеметрию, при которой производится регистрация изменение формы и размера поперечного сечения скважины по ее стволу, и горизонтальную профилеметрию (профилографию), при которой фиксируются данные о форме и размерах одного поперечного сечения скважины на определенной глубине.

Чаще всего, при вертикальной профилеметрии, измеряют 2 взаимно перпендикулярных диаметра с помощью 2 пар рычагов, каждый из которых управляет своим реостатным (или индуктивным) преобразователем, вырабатывающим электрический сигнал, пропорциональный отклонению рычагов от корпуса скважинного прибора (СП).

На рисунке 1 показаны две диаграммы (профилеграммы), последовательно зарегистрированные вертикальным профилемером на одном и том же интервале скважины

Эти диаграммы наглядно иллюстрируют информативность измерений вертикальным профилемером для определения формы и размеров ствола скважины. Из профилеграммы «I» видно, что на интервале выше 1559 и ниже 1604 м диаметры d_1 и d_2 близки и поэтому на профилеграмме «II», полученной при повторном измерении на этих интервалах наблюдается наихудшая повторяемость профилеграмм.

На интервале 1560 – 1598, м, где $d_1 > d_2$ воспроизводимость профилеграмм значительно лучше.

Фактический объём скважины по данным такой профилеграммы подсчитывают по формуле:

$$V_c = \frac{\pi}{4} 10^{-4} \sum_{i=1}^{i=n} d_{cp}^2 h_i \quad (1)$$

где V_c – в метрах кубических, n – число интервалов скважины, характеризующихся постоянством (с заданной погрешностью) величины d_{cp} , d_{cp} – в см, h_i – мощность каждого интервала в м.

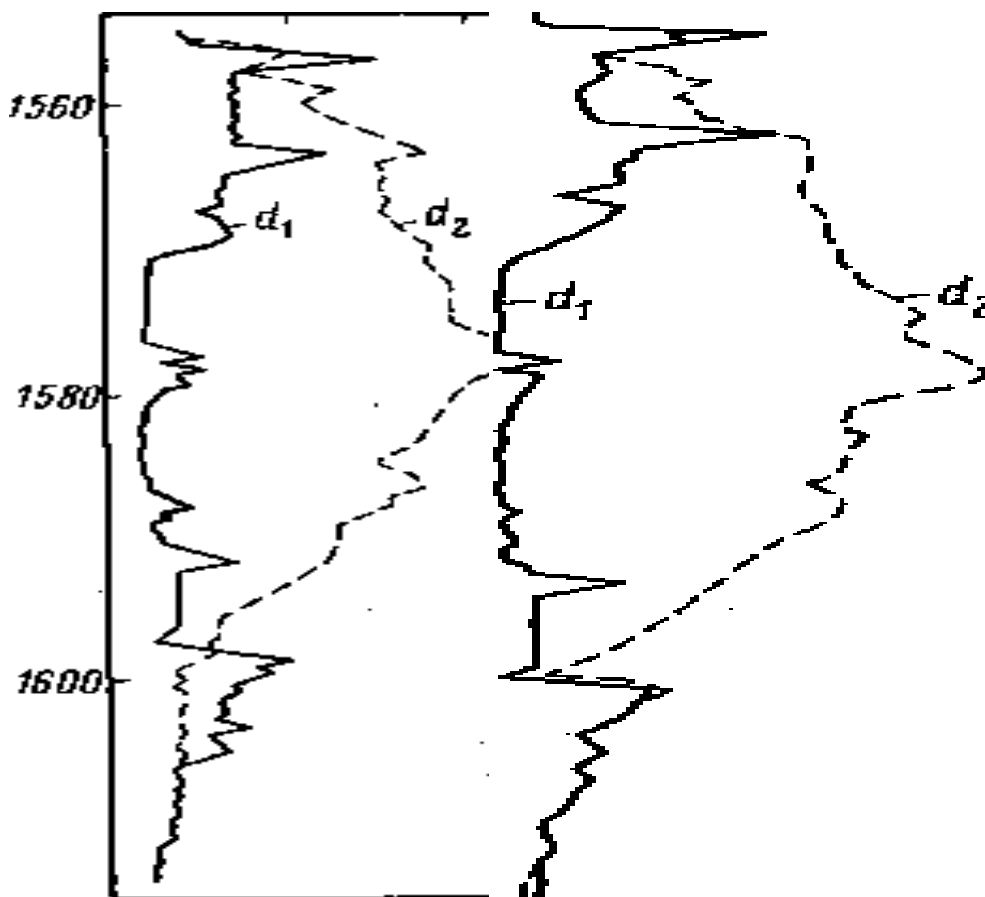


Рисунок 1 – Воспроизводимость вертикальных профилеграмм на интервале с протяжённым жёлобом

Диаграммы, полученные с помощью вертикального профилемера, дают лишь ориентировочное представление о форме поперечного сечения скважины, особенно если оно неправильной формы. Для более точного определения формы поперечного сечения скважины производят измерения с помощью горизонтального профилемера.

Площадь поперечного сечения S_c (в см. квадратных) можно определить по формуле:

$$S_c = \frac{\pi}{8} \sum_{i=1}^{i=8} Ri \quad (2)$$

где Ri – в см.

По диаграмме, зарегистрированной вертикальным профилемером, выбирают точки разреза скважины с сечением неправильной формы, где величины d_1 и d_2 существенно отличаются друг от друга и от предыдущих значений, на этих точках производят измерения горизонтальным профилемером и строят для них соответствующие сечения разреза скважины. Накладывают эти сечения одно на другое и проверяют возможность спуска обсадной колонны и прихватопасность желоба.

По данным измерений горизонтальным профилемером можно более точно, чем по формуле (1), подсчитать объем скважины:

$$V_c = 10^{-4} \sum_{i=1}^{i=n} S_{ci} h_i \quad (3)$$

где V_c – в m^3 ; S_{ci} – определяется по формуле (2) в cm^2 ; h_i – мощность интервала между двумя смежными сечениями в м.

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер
2. Каротажные диаграммы.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Изучить назначения каверномера и профилемера.
2. Изучить методику определения фактического диаметра скважины и определения формы сечения данным каверномера-профилемера.

5.2 Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Характеристику и решаемые задачи каверномерами-профилемерами.
2. Первичную обработку кавернограммы-профилеграммы.
3. Фактические сечения ствола скважины.
4. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждение в выполнении законов, объяснение характера кривых.
5. Оформить отчет по работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6. Контрольные вопросы

1. Как выделяются желоба на профилеграмме?
2. Какие геологические задачи решают по данным профилометрии?

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [6], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10 ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКЦИИ СКВАЖИНЫ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ И ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПЛОСКОСТЬ

1. Цель и содержание работы

Изучение способов изображения результатов измерения искривления скважин; построение горизонтальной и вертикальной проекций осей скважин.

2. Теоретическая часть

По ряду причин геологического и технического характера скважина отклоняется от намеченного направления: вертикальная скважина отходит от вертикали, а наклонно-направленная – от намеченного для неё положения. Такими причинами могут служить вес бурильной колонны, столкновение долота с более твердыми и т.д.

В искривленных скважинах обычно отмечают следующие закономерности: 1 при очень пологом залегании пластов, т.е. при угле падения до 8° , не наблюдается каких – либо преимущественных направлений искривления; 2 при угле падения пластов в пределах от 8° до 45° преобладает направление отклонения от вертикали в вверх по восстановлению пластов (перпендикулярно пласту); 3 при углах падения больше 60° преобладает направление отклонения вниз по падению пластов, т.е. ось скважины стремится занять параллельное положение напластования. Отклонение оси скважины от вертикального положения называется наклоном скважины.

В общем случае отклонение оси скважины от заданного направления называется искривлением скважины. В процессе бурения скважины необходимо

периодически контролировать положение оси скважины — определять наклон скважины.

Зенитный угол δ — это угол между осью скважины и вертикалью. Иногда прибегают к такому термину как угол наклона скважины — это угол, дополняющий зенитный до 90° .

Дирекционным углом называют угол между северным концом осевого меридиана (среднего меридиана данной полосы или осью x географической координатной сетки данной зоны) и заданным направлением; его отсчитывают от северного конца меридиана по ходу часовой стрелки.

Если в результате измерений получен магнитный азимут φ , то дирекционный угол:

$$\alpha = \varphi + \gamma \pm D, \quad (1)$$

где γ — угол сближения — угол между осевым меридианом и меридианом в данной точке; D — магнитное склонение (восточное со знаком «+», западное со знаком «—»).

Дирекционный угол α может быть и положительным, и отрицательным. Значение $\gamma \pm D$ обычно указывают на картах.

При измерении гироскопическим инклинометром дирекционный угол α можно определить из формулы:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_2 \cos \delta, \quad (2)$$

где α_2 и δ — углы, непосредственно измеряемые инклинометром.

Определение искривления скважины сводится к замерам положения в пространстве оси скважины, следующим один за другим. Причем в пределах каждого отрезка ось скважины отождествляют с прямой линией. Измерения в скважинах выполняют по точкам. В вертикальных скважинах расстояние между точками наблюдения 1 (шаг измерения) принимают равным 25 м, в наклонно-направленных — 5 м. При определении проекции ствола скважины условно принимают, что углы δ и φ , полученные в нижней точке интервала исследования, остаются постоянными до следующей точки измерения.

Проекцию интервалов ствола скважины на вертикальную плоскость (рисунок 1, а) определяют как:

$$l_{\text{вер}} = l_i \cos \delta_i, \quad (1)$$

Для определения истинной глубины залегания i -го пласта необходимо просуммировать все вертикальные проекции отдельных элементарных участков ствола скважины.

Горизонтальную проекцию i -го интервала разреза скважины определяют из выражения:

$$l_{\text{гор}} = l_i \sin \delta_i. \quad (2)$$

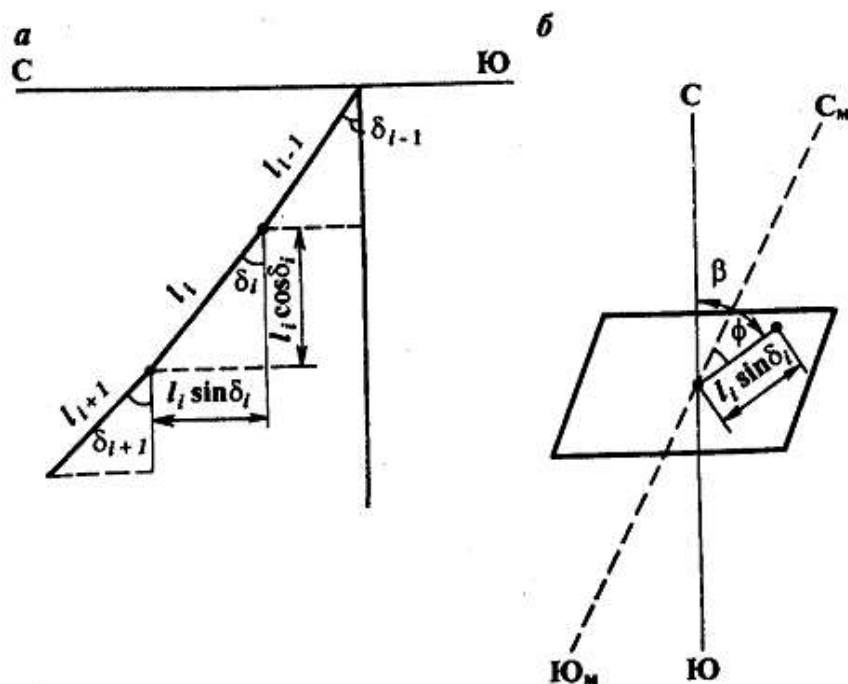


Рисунок 1 – Проекция интервалов ствола наклонно направленной скважины на вертикальную (а) и горизонтальную (б) плоскости.

По данным измеренных углов и вычисленных значений горизонтальных проекций строят инклинограмму – проекцию оси скважины на горизонтальную плоскость в виде ломанной кривой (рисунок 2). Инклинограмму получают путем последовательного построения всех вычисленных значений Δl_i , начиная с начальной.

Пусть O – горизонтальная проекция начальной точки скважины; Ю-С – направление юг-север (рисунок 2). Определив по формуле (2) горизонтальную проекцию первого интервала, откладываем ее в масштабе от точки O по направлению, составляющему с направлением Ю-С угол α_1 , отсчитываемый по ходу часовой стрелки. Конечная точка O_1 этого отрезка является начальной точкой горизонтальной проекции второго интервала. Далее откладываем величину проекции $l_2 \sin \delta_2$ под углом α_2 от направления Ю-С и получаем начальную точку O_2 горизонтальной проекции третьего интервала и т.д. Таким образом, наносятся все интервалы исследованного участка скважины. Соединив начальную точку первого интервала с конечной точкой последнего, получают общее смещение оси скважины от вертикали на исследуемом участке. Величину смещения и его направление указывают на плане. Инклинограммы строят, как правило, в масштабе 1:200.

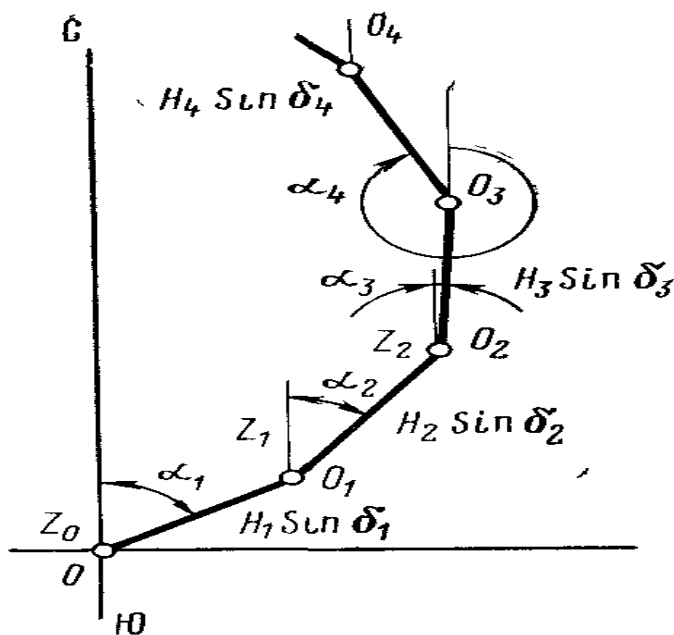


Рисунок 2 – Пример построения инклинограммы – горизонтальной проекции ствола скважины

3. Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер
2. Таблица с результатами записи инклинометров в открытом стволе.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Изучить способы изображения результатов измерения искривления скважин.
2. Изучить методику построения горизонтальной и вертикальной проекций осей скважин.
3. Построить фактические горизонтальную и вертикальную проекции осей скважин.

5.2Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформит отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1.Краткое описание методики построения проекции ствола скважины на вертикальную и горизонтальную плоскости;

2. Результаты измерения наклона скважины представляют в виде таблицы значений зенитного угла δ наклона скважины, магнитного азимута ϕ , дирекционного угла α направления наклона скважины и глубины.

3. Результаты построения фактических горизонтальных и вертикальных проекций осей скважин.

4. Оформить отчет по работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствие с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

6.Контрольные вопросы

1. Какие задачи решают с помощью инклинометров при строительстве скважины?

2. Что называется зенитным, азимутальным и дирекционным углом?

3. Алгоритм построения горизонтальной проекции?

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [6], [8], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ЗАКОЛОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПО ДАННЫМ АКЦ

1. Цель и содержание работы

Изучение физических основ применения ГИС для определения качества цементирования скважин. Получение навыков интерпретации методом АКЦ (акустический цементомер).

2.Теоретическая часть

Эксплуатационные скважины на нефтяных и газовых месторождениях по окончании бурения обсаживают стальными колоннами, пространство между колонной и стенкой скважины заполняют цементом высоких марок и только после этого вскрывают продуктивные пласты с помощью перфораторов, чтобы открыть доступ нефти (или газа) из пласта в скважину.

Цементирование ОК необходимо для предотвращения затрубных перетоков подземных вод из ниже- и вышележащих пластов в продуктивные горизонты.

Качество цементирования характеризуется:

- высотой подъема цемента в затрубном пространстве;
- полнотой и равномерностью заполнения затрубного пространства цементом;
- степенью сцепления цементного камня (ЦК) с колонной и с породой.

Оценка качества цементирования

Изучение степени сцепления цемента с колонной и с горной породой определяется только по данным акустической цементометрии (АКЦ). Если колонна труб не имеет сцепления с цементом, свободна, то упругие колебания, возбужденные в ОК, не передаются цементному камню, и упругая волна распространяется по колонне со скоростью 5200 м/с при относительно небольшом ослаблении.

В случае качественной заливки и при хорошем сцеплении, между колонной и цементом имеется акустический контакт, упругие колебания в колонне возбуждают такие же колебания в цементном камне, в связи с чем, большая часть их энергии рассеивается на пути между источником и приемником. Приемник регистрирует значительное ослабление и быстрое затухание этих колебаний.

Хорошее сцепление цемента со стенкой скважины проявляется повышенным временем T пробега волны со значительной амплитудой колебаний A_p , т.к. в этом случае большая часть энергии упругих колебаний распространяется по горной породе с характерной для этой породы скоростью. Для большинства осадочных горных пород эта скорость меньше, чем скорость в стальных трубах. Исключение составляют только крепкие, окремненные известняки, для которых V_p достигает 7000 м/с. Таким образом, совместное рассмотрение кривых A_k и T позволяет определить высоту подъема цемента в затрубном пространстве (ЗТП), полноту заполнения ЗТП цементом, качество сцепления цемента с колонной, а при благоприятных условиях - и с горной породой.

В качестве цементирования основную информацию несут параметры A_k и t_p . Если $A_k < 0,2 A_k^{\max}$, то хорошее сцепление цементного камня с колонной, а если $A_k > 0,8 A_k^{\max}$, то сцепление цементного камня отсутствует

Акустические цементомеры, как правило, представляют собой двухэлементный акустический зонд с кольцевым магнитострикционным излучателем и кольцевым пьезоэлектрическим приемником. Длина зонда - около 2,5 м. Источник и приемник изолированы друг от друга акустически - резиновыми поглотителями колебаний. Источник вырабатывает пачки ультразвуковых импульсов с частотой 25 кГц. Частота следования пачек - 12,5 Гц.

Упругие ультразвуковые импульсы, распространяясь по промывочной жидкости, колонне, цементному кольцу и горной породе, воздействуют на приемник. Первой достигает приемника продольная преломленная (головная) волна P_{010} , распространяющаяся как волна сжатия на всем пути от излучателя до приемника. Ее обозначение P_{010} расшифровывается как продольная волна P_0 на пути от излучателя к стенке скважины, продольная волна P_{01} в породе после преломления на стенке скважины и продольная волна P_{010} (рисунок 1) после второго преломления на пути от стенки скважины к приемнику.

Сигналы с приемника усиливаются и передаются на поверхность, где обрабатываются и фиксируются в виде трех диаграмм: A_k - амплитуды волны, пришедшей по колонне, A_p - амплитуды волны, пришедшей по породе и T — времени прихода волны с наибольшей амплитудой. Кроме того, предусмотрена возможность регистрации волновых картин с определенным шагом дискретизации. Имеются программы для обработки и интерпретации данных АКЦ на ЭВМ.



Рисунок 1 – Волновые картины в плотных (а) $P_0P_1P_0$ – головная продольная волна; $P_0S_1P_0$ – поперечная волна; St, L – волны Стоунли и Лэмба, P_0P_0 – отраженная волна

При оценки качества цементатжа возможны следующие случаи:

- цемент в затрубном пространстве отсутствует (рисунок 2, I);
- в затрубном пространстве есть цемент, связь его с колонной и породой является совершенной (цементатж качественный) (рисунок 2, II);
- цемент в затрубном пространстве присутствует, но имеет плохую связь с колонной или породой (рисунок 2, III).

В первом случае колонна свободна, энергия и, следовательно, амплитуда A_p продольной волны максимальны, а затухание – минимальное (рисунок 2). Упругие колебания, возбужденные в обсадной колонне, не передаются цементному камню, и упругая волна распространяется по колонне со скоростью 5200 м/с при относительно небольшом ослаблении.

Во втором случае большая часть энергии упругих колебаний поглощается цементом и породой, поэтому регистрируются минимальная амплитуда и максимальное затухание колебаний продольной волны.

При плохой связи цемента степень поглощения энергии продольной волны средняя, поэтому регистрируются средние значения амплитуды A и затухания α колебаний (рисунок 2).

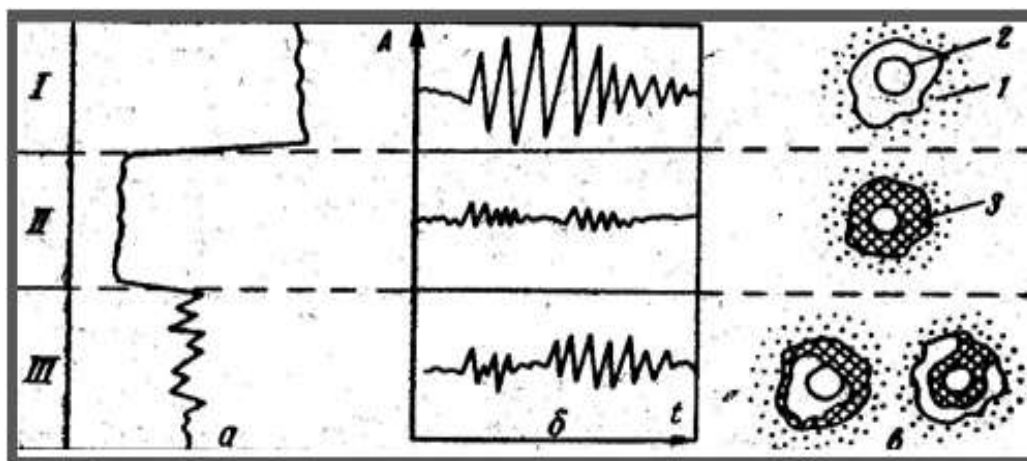


Рисунок 2 – Определение качества цементирования по данным АКЦ. а – кривая A_p продольной волны; б – волновая картина для различных случаев; I – цемент за колонной отсутствует; II – сцепление хорошее; III – сцепление частично; 1 – порода; 2 – колонна; 3 – цемент

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер
2. Каротажные диаграммы по методу АКЦ.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Изучить основы метода АКЦ.
2. Изучить методику определения качества цементирувания по кривым АКЦ и по ФКД.

5.2 Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Характеристику основных критерий при выделении различных случаев сцепления цементного камня с колонной и с породой.
2. Таблицу, в которую внести интервалы различного сцепления цементного камня с колонной и с породой по градации: хорошее, частичное, отсутствие.

Таблица 1 - Качество сцепления цементного камня с колонной и породой

№ п/п	Интервал, м	Толщина, м	Качество сцепления цементного камня с колонной	Качество сцепления цементного камня с породой
1				
2				

4. Оформить отчет по работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.

5. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждение в выполнении законов, объяснение характера кривых.

6. Контрольные вопросы

1. Основные задачи АКЦ?
2. Что такое ФКД?
3. Как характеризуется хорошее, частичное и отсутствие сцепление цемента с колонной по кривым АКЦ совместно с ФКД?
4. Как оценивается качество сцепления цементного камня с породой по данным АКЦ?

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [9], [10].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12 СКВАЖИННЫЙ АКУСТИЧЕСКИЙ ТЕЛЕВИЗОР

1. Цель и содержание работы

Изучение скважинного акустического телевизора (САТ), с помощью которого определяется техническое состояние колонн скважины.

2. Теоретическая часть

Скважинный акустический телевизор (САТ) представлен на рисунке 1 ниже.

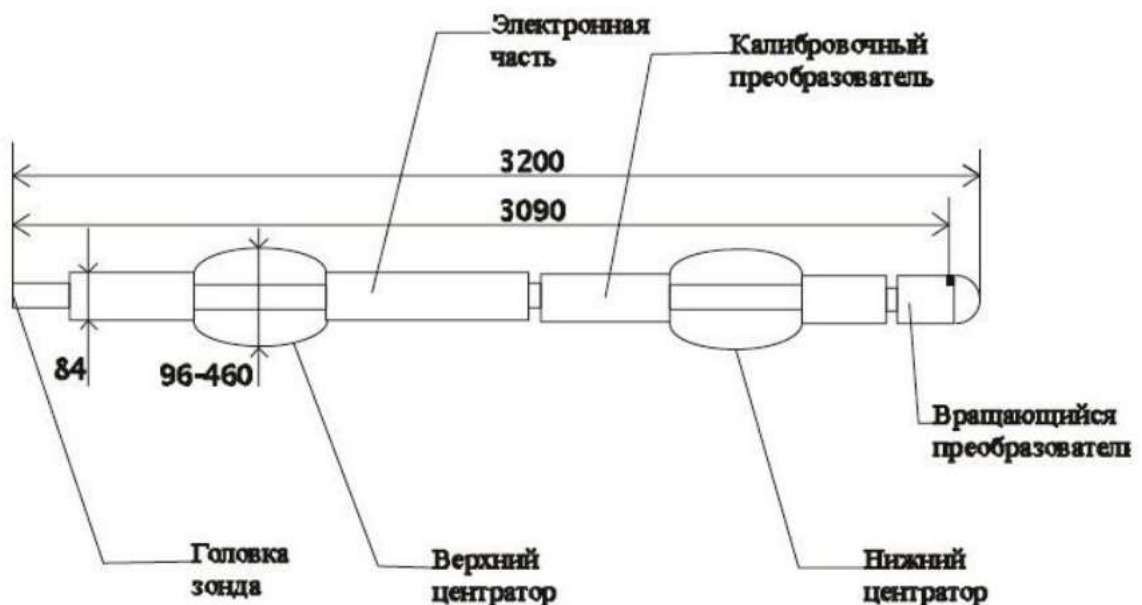


Рисунок 1 – Общий вид прибора

CAT (ABF) – это скважинный прибор, с помощью которого получают картинку развертки внутренней стенки скважины (как открытого ствола, так и обсадной колонны), зависящую от параметров отраженного акустического сигнала. Это изображение в некотором роде соответствует фотографии развертки внутренней стенки скважины.

В основе метода скважинного акустического телевидения лежит метод улавливания импульсов, представленных в виде амплитуды или времени распространения звуковых импульсов. Аппаратура может использоваться в скважинах, заполненных промысловой жидкостью, как в открытом стволе, так и в обсадной колонне.

В обсадной колонне могут распознаваться трещины, перфорационные отверстия, коррозионные повреждения, порывы, смятия, страгивания по резьбам муфтовых соединений и другие повреждения. Глубину коррозионных повреждений устанавливают путем особых отображений в разрезах.

При использовании скважинного прибора в открытом стволе могут быть выявлены расселены, пласты и их наклоны.

Скважинный акустический телевизор состоит из зонда центрирующегося в скважине и наземной аппаратуры (наземной панели), соединяющегося с зондом посредством трехжильного каротажного кабеля. Наземная панель подключается к персональному компьютеру через интерфейсную плату. Информация о глубинах поставляется с датчика импульсов глубины (электрического сельсина) и подается на наземную панель. Скважинный прибор содержит вращающийся пьезоэлектрический преобразователь (частота вращения 6 об/сек), который излучает с частотой ≈ 680 Гц ультразвуковые импульсы с собственной частотой 800 КГц и снова принимает отраженный от стенки скважины сигнал. Магнитная система ориентации в скважинном приборе отвечает за то, чтобы развертка стенки скважины в наземном устройстве была представлена только в направлении “север – север”, при этом направление должно совпадать с направлением вращения преобразователя. Создаваемая внутри системы обсадных труб ориентация не совпадает с магнитным полем земли. Одновременно САТ ведет запись амплитудных и временных величин измеренных по глубине. Запись измеренных величин ведется на жесткий диск наземного устройства. Расширение файла зарегистрированных данных - *.dat. При помощи развертки стенка скважины представляется в виде переходов цвета и яркости, рисунок 2.

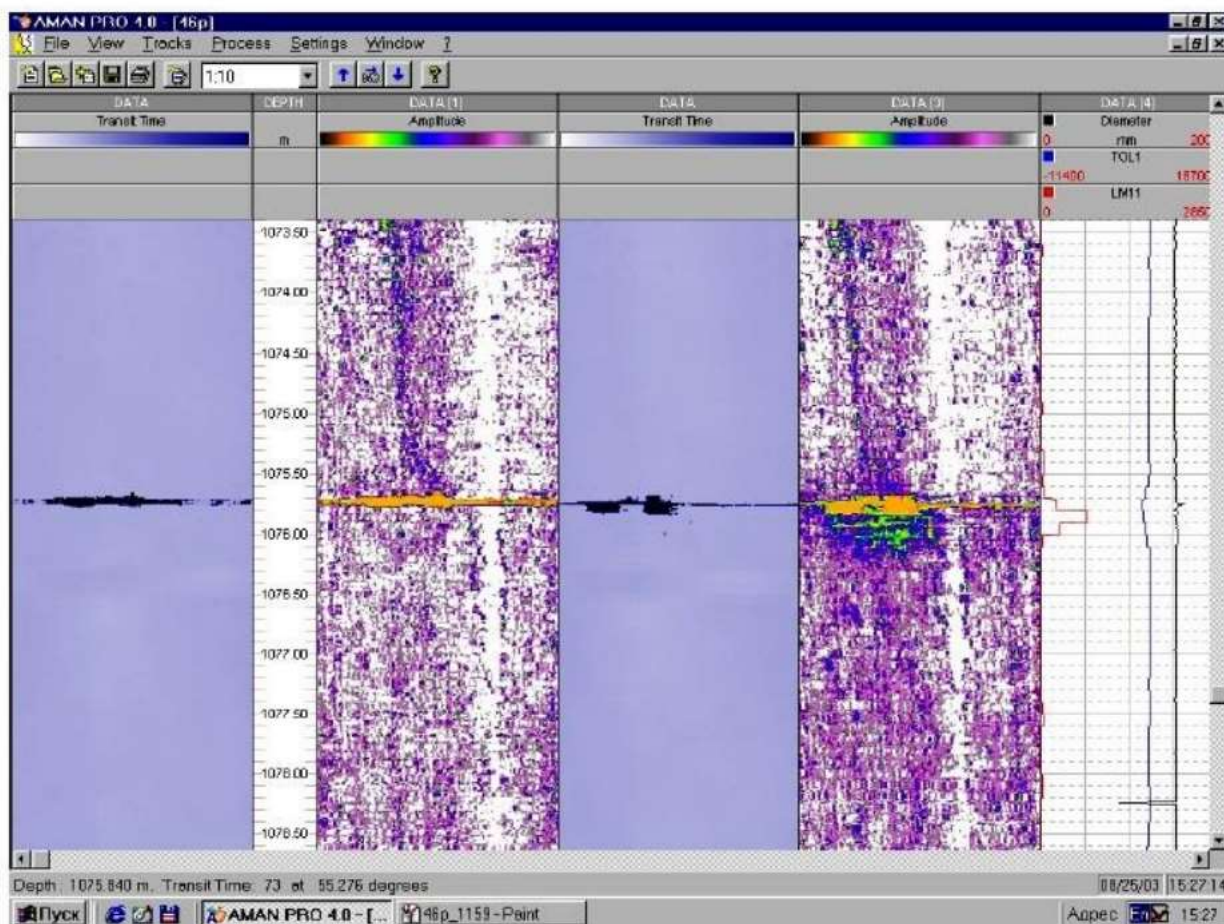


Рисунок 2 – Визуализация данных, зарегистрированных прибором ABF

Основные части зонда: – электронная часть с верхним центратором, – нижняя часть зонда, вращающаяся с нижним рессорным центратором. Во вращающейся части скважинного прибора находится акустический преобразователь, который работает как излучатель и приемник. В целях безопасности в определенных условиях зонд фиксируется в скважине двумя рессорными центраторами. Электронная часть зонда выполняет следующие задачи:

- генерация напряжения излучателя;
- редактирование амплитуды поступающего сигнала; создание опоры для временной точки излучения (время распространения);
- подготовка информации о направлении с отрицательно полярной катушки;
- передача информации по каротажному кабелю в наземную панель.

Обеспечение питания током зонда происходит переменным напряжением частотой 50 Гц и напряжением от 220 до 270В (максимум 0.6А).

3.Оборудование и материалы

1. Персональный компьютер.
2. Каротажные диаграммы по методу, комплексные диаграммы для оценки технического состояния колонн.
3. Схема скважинного прибора.

4. Указания по технике безопасности

1. Перед включением ПЭВМ пользователь должен проверить:
 - отсутствие посторонних предметов на клавиатуре;
 - нет ли влаги на клавиатуре.
2. Включение ПЭВМ производится на мониторе, а затем на системном блоке.
3. ЭВМ подключается в трех полюсную розетку электрической сети 220 В.
4. Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях с ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения с использованием светильников местного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне рабочего документа должна быть 300 - 500 лк.
5. При возгорании ПЭВМ и его периферийных устройств их надлежит немедленно отключить от розетки. Тушение ПЭВМ осуществляется только с помощью углекислого или порошкового огнетушителей.

5. Указания по порядку выполнения работ

5.1 Задание к лабораторной работе

1. Изучить блок схему, назначение и принцип действия прибора ABF-14 (САТ).
2. Изучить технические характеристики скважинного прибора.

5.2 Содержание, форма и правила оформления отчета по лабораторной работе

Каждый студент выполнивший работу, должен оформить отчет, и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

1. Результаты изучения теории метода - краткое содержание теории метода САТ, решаемые геологические и технологические задачи.
2. Оформить отчет по работе, поместив титульный лист на первой странице. Титульный лист заполнить в соответствии с наименованием работ, фамилией авторов и прочее.
3. Выводы по результатам работы, в которых должна быть дана оценка исследуемых явлений, подтверждение в выполнении законов, объяснение характера кривых.

6. Контрольные вопросы

1. Предназначение и принцип действия прибора САТ.
2. Форма представления данных записанных с помощью САТ.
3. Технические характеристики скважинного прибора САТ.
4. Задачи, выполняемые электронной частью зонда САТ.

7. Список литературы и ссылки на интернет-ресурсы, содержащие информацию по теме:

приведены в конце методических указаний к выполнению лабораторных работ, под номером [1], [2], [3], [9], [10].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданович, Н. Н., Десяткин, А. С., Добрынин В. М. Геофизические исследования скважин: справочник мастера по промышленной геофизике / Н. Н. Богданович и др., М.: Инфра-Инженерия, 2009. – 958 с.
2. Геофизические исследования скважин / Под редакцией В. М. Добрынина, Б. Ю. Вендельштейна, Р. А. Резванова, А. Н. Африкяна. Учебное пособие для ВУЗа – М.: «Нефть и газ», РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. – 400 с.
3. Горбачев, Ю.И. Геофизические исследования скважин: учебник для вузов / под ред. Е.В. Каруса. – М.: Недра, 1990. – 398 с.
4. Жданов, М. С. Геофизическая электромагнитная теория и методы. – М. С. Жданов. Монография. – М.: Науч. мир, 2012. – 679 с.
5. Итенберг, С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 375 с.
6. Косков, В.Н. Геофизические исследования скважин: учебное пособие / В.Н. Косков. – Пермь: Пермский государственный технический университет, 2004. – 122 с.
7. Латышова, М.Г. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС: учебное пособие для вузов / Под редакцией М.Г. Латышовой, В.Г. Мартынова, Т.Ф. Соколовой. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – 327 с.
8. Лукьянов, Э. Е. Геолого-технологические исследования и геофизические исследования в процессе бурения / Э. Е. Лукьянов, – Новосибирск: Издательский дом «Историческое наследие Сибири», 2009. – 752 с.
9. Практикум по освоению технологий ГИС. Акустические методы: рабочее пособие для стажера. – Мегион: Тюменьпромгеофизика, 2003.
10. Стрельченко, В.В. Геофизические исследования скважин: учебник для вузов / В.В. Стрельченко. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 551 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению самостоятельной работы
по дисциплине «Электромагнитные и акустические методы»
для специальности 21.05.03 Технология геологической разведки

Ставрополь
2026

Содержание

Пояснительная записка

Технологическая карта самостоятельной работы студента

Методические рекомендации по выполнению заданий

Список литературы, рекомендуемый к использованию в самостоятельной работе студентов

Пояснительная записка

Наряду с аудиторной работой одной из форм учебного процесса, его существенной частью является самостоятельная работа студентов (СРС).

Задачами СРС являются:

- развитие и привитие навыков самостоятельной учебной работы и формирование знаний;
- освоение, углубление содержания и основных положений курса, выносимых на самостоятельное изучение студента; в ходе составления опорного конспекта, в ходе подготовки к лекционным занятиям
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий при подготовке и написании докладов, рефератов, для эффективной подготовки к итоговому контролю.

Самостоятельная работа студентов может осуществляться как в аудитории, так и вне ее, обычно это в основном внеаудиторная деятельность студента. Для активного владения знаниями в процессе аудиторной работы необходимо не только понимание учебного материала, но и творческое его восприятие.

Основные формы реализации самостоятельной работы и контроля знаний являются:

Комплект разноуровневых задач и заданий – индивидуальное решение репродуктивных, реконструктивных и творческих заданий, позволяющих оценивать и диагностировать уровень обученности, уровень умений и навыков студентов по темам дисциплины. Процедура проведения этой формы учебной деятельности студента включает в себя письменное выполнение заданий трех уровней и защиту их на практическом занятии. При проверке задания, оцениваются полнота и самостоятельность выполнения заданий, оригинальность решения.

Опорный конспект темы – письменный текст, в котором кратко и последовательно изложено содержание основного источника информации. Конспектировать – значит приводить к некоему порядку сведения, почерпнутые из оригинала. В основе процесса лежит систематизация прочитанного или услышанного. Записи могут делаться как в виде точных выдержек, цитат, так и в форме свободной подачи смысла. Данный вид самостоятельной работы направлен на формирование представлений о конфликтах.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Их содержание должно сформировать умение анализировать философско-методологические и научные тексты, обосновывать своё отношение к изложенным в них оценкам, составлять краткие конспекты, тезисы прочитанного, умение применять полученные знания для постановки и решения исследовательских задач, связанных с изучением студентами той или иной области природы и культуры. Разнообразие заданий позволяет учитывать индивидуальные особенности студентов при организации самостоятельной работы.

Четкое выполнение самостоятельной работы студентами обеспечит своевременную подготовку к занятию, высокое качество усвоения материала, возможность применения теоретических знаний на практике.

Технологическая карта самостоятельной работы студента

Код реализуемой компетенции	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов
7 семестр				
ПК-1	Изучение литературы по темам № 3– 6	Конспект	Собеседование	10
ПК-1	Подготовка к лекциям	Конспект	Опрос	10
ПК-1	Подготовка к лабораторным работам	Индивидуальные задания	Защита индивидуальных заданий	10
ПК-1	Подготовка к экзамену	Вопросы и задачи	Экзамен	24
Итого за 7 семестр				54
Итого				54

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам и тестам. Умение студентов быстро и правильно подобрать литературу, необходимую для выполнения учебных заданий и научной работы, является залогом успешного обучения. Самостоятельный подбор литературы осуществляется при подготовке к семинарским, лабораторным занятиям, при написании курсовых работ, научных рефератов.

Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет студентам усваивать изучаемый материал более глубоко, меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении заданий. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

При подготовке к лекциям-беседам тема сообщается студентам заранее. Участники дискуссии делятся на группы по 8 человек, в течение 10—15 мин подготавливают свой вариант решения проблемы. Следующим этапом дискуссии является выступление представителей от каждой группы из 8 человек и защиты своего варианта решения. В конце общего обсуждения ведущий подводит итоги дискуссии, дает оценку совместно найденного варианта решения.

Методические рекомендации по организации работы с литературой

Изучение и анализ литературных источников является обязательным видом самостоятельной работы студентов. Изучение литературы по избранной теме имеет своей задачей проследить характер постановки и решения определенной проблемы различными авторами, аргументацию их выводов и обобщений, провести анализ и систематизировать полученный материал на основе собственного осмысления с целью выяснения современного состояния вопроса.

Проработка отобранного материала обязательно должна идти с одновременным ведением записей прочитанного и своих замечаний. Запись может иметь как форму конспекта, так и выписок, а также картотеку положений, тезисов, идей, методик, что в дальнейшем облегчит классификацию и систематизацию полученного материала. Такого

рода записи являются лучшим способом накопления и первичной обработки материал, одной из обязательных форм организации умственного труда.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Аннотация – краткое изложение содержания – дает общее представление о работе.

Резюме кратко характеризует выводы, главные итоги источника.

Конспект является наиболее распространенной формой ведения записей. Основную ткань конспекта составляют тезисы, дополненные доказательствами и рассуждениями. Конспект может быть текстуальным, свободным или тематическим. Текстуальный представляет собой цитатник с сохранение логики работы и структуры текста. Свободный конспект основан на изложении материала в том порядке, который более удобен автору. В этом смысле конспект представляет собирание воедино мыслей, разбросанных по всей книге. Тематический конспект может быть составлен по нескольким источникам, где за основу берется тема, интерпретируемая по-разному.

Экономия времени дает использование при записях различного рода сокращений, аббревиатуры и т.д. многие используют для регистрации исследуемых тем систему карточек. Преимущество карточек в том, что тема там излагается очень сжато, и они очень удобны в использовании, т.к. их можно разложить на столе, перегруппировать и без труда найти искомую тему.

Список литературы, рекомендуемый к использованию в самостоятельной работе студентов

11. Богданович, Н. Н., Десяткин, А. С., Добрынин В. М. Геофизические исследования скважин: справочник мастера по промысловой геофизике / Н. Н. Богданович и др., М.: Инфра-Инженерия, 2009. – 958 с.

12. Геофизические исследования скважин / Под редакцией В. М. Добрынина, Б. Ю. Вендельштейна, Р. А. Резванова, А. Н. Африкяна. Учебное пособие для ВУЗа – М.: «Нефть и газ», РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. – 400 с.

13. Горбачев, Ю.И. Геофизические исследования скважин: учебник для вузов / под ред. Е.В. Каруса. – М.: Недра, 1990. – 398 с.

14. Жданов, М. С. Геофизическая электромагнитная теория и методы. – М. С. Жданов. Монография. – М.: Науч. мир, 2012. – 679 с.

15. Итенберг, С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 375 с.

16. Косков, В.Н. Геофизические исследования скважин: учебное пособие / В.Н. Косков. – Пермь: Пермский государственный технический университет, 2004. – 122 с.

17. Латышова, М.Г. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС:

учебное пособие для вузов / Под редакцией М.Г. Латышовой, В.Г. Мартынова, Т.Ф. Соколовой. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – 327 с.

18. Лукьянов, Э. Е. Геолого-технологические исследования и геофизические исследования в процессе бурения / Э. Е. Лукьянов, – Новосибирск: Издательский дом «Историческое наследие Сибири», 2009. – 752 с.

19. Практикум по освоению технологий ГИС. Акустические методы: рабочее пособие для стажера. – Мегион: Тюменьпромгеофизика, 2003.

20. Стрельченко, В.В. Геофизические исследования скважин: учебник для вузов / В.В. Стрельченко. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 551 с.