

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт геологии и нефтегазовых технологий

УЧЕБНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА:
РАЗДЕЛ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
СКВАЖИН

Учебно–методическое пособие

КАЗАНЬ
2025

УДК 550.3

ББК 26

У91

Печатается по решению учебно–методической комиссии

института геологии и нефтегазовых технологий

Протокол №6 от 17 января 2025 года

Рецензенты:

Начальник управления внедрения новых технологий ОО «ТНГ–Групп»

Михеев М.Л.

Заведующий сектором лаборатории гидродинамических исследований скважин,
отдела ИСКиУ, института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»

Смотриков Н.А.

У91 Учебная геофизическая практика: раздел по геофизическим исследованиям скважин: Учебно–методическое пособие по учебной геофизической практике / Б.М. Насыртдинов, А.И. Усманов, А.В. Фаттахов, Е.А. Ячменёва. – Казань: Казанский федеральный университет, 2025. – 59 с.

Учебно–методическое пособие посвящено проведению занятий в рамках учебной практики по разделу геофизических исследований скважин. В пособии представлено описание оборудования, установленного на учебной контрольно–поверочной скважине «Университетская–1», расположенной во дворе Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета и геофизических приборов, применяемых для проведения занятий. В пособии рассмотрена подготовка к проведению каротажных работ на скважине, в краткой форме представлены основы методов каротажа и методики полевых работ, а также некоторые способы обработки и интерпретации результатов измерений.

Данное учебно–методическое пособие предназначено для учебных занятий при прохождении летней учебной практики по профилю профессиональной деятельности для студентов, обучающихся по направлению 05.03.01 Геология профиль «Геофизика». Может быть использовано при освоении дисциплины «Основы геофизических исследований скважин».

УДК 550.3

ББК 26

© Насыртдинов Б.М., Усманов А.С., Фаттахов А.В., Ячменёва Е.А.

© Казанский федеральный университет, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ЗАНЯТИЕ 1. Научно–исследовательская лаборатория скважинной геофизики.....	5
ЗАНЯТИЕ 2. Скважинное геофизическое оборудование.....	12
ЗАНЯТИЕ 3. Скважинная аппаратура: прибор электрического каротажа «Э35ХС».....	24
ЗАНЯТИЕ 4. Обработка и интерпретация результатов, записанных прибором «Э35ХС».....	29
ЗАНЯТИЕ 5. Скважинная аппаратура: прибор геофизический «ГДИ – 7С».....	40
ЗАНЯТИЕ 6. Обработка и интерпретация результатов, записанных прибором «ГДИ – 7С».....	45
ЗАНЯТИЕ 7. Подготовка отчета.....	52
ЛИТЕРАТУРА.....	54
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Раздел учебной практики по профилю профессиональной деятельности «Геофизические исследования скважин» представляет собой проведение практических занятий на территории научно–исследовательской лаборатории скважинной геофизики.

Целью практики является профессиональная подготовка студентов к проведению геофизических исследований скважин, куда входит ознакомление со скважинным оборудованием, проведение спуско–подъемных операций геофизических приборов в скважине, первичная обработка и интерпретация полученных каротажных материалов.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

1) формируется представление о научно–исследовательской лаборатории скважинной геофизики; о скважине, как об объекте исследования и скважинном оборудовании;

2) проводится занятие по технике безопасности при проведении каротажных работ на скважине;

3) изучается каротажное оборудование;

4) осваиваются правила спуско–подъемных операций;

5) проводится запись каротажного материала с помощью двух приборов (в открытом и обсаженном стволе скважины);

6) приобретаются навыки первичной обработки и интерпретации полученных геофизических материалов.

Актуальность учебной практики по профилю профессиональной деятельности заключается в необходимости подготовки специалистов в области геофизических исследований скважин при растущем количестве эксплуатационных скважин для добычи углеводородов.

Представленный материал является введением в основы проведения каротажных работ на скважине и призван обеспечить студентов необходимыми знаниями и компетенциями для проведения спуско–подъемных операций на скважине в реальных условиях. Данный практический курс позволит освоить следующие компетенции «Способность применять научно–исследовательские и практические навыки решения задач в области геологии, геофизики, гидрогеологии, нефтяной геологии с применением современных методов обработки и интерпретации комплексной геофизической информации с использованием цифровых технологий», что для направления 05.03.01 Геология позволит закрепить практические и теоретические знания полученные в рамках смежных дисциплин.

ЗАНЯТИЕ 1. НАУЧНО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ СКВАЖИННОЙ ГЕОФИЗИКИ

Цель занятия: Знакомство с научно–исследовательской лабораторией скважинной геофизики.

Научно–исследовательская лаборатория скважинной геофизики (далее Лаборатория) предназначена для проведения учебных занятий по дисциплинам, связанным с геофизическими исследованиями скважин. В данной лаборатории студентам предоставляется возможность познакомиться со скважиной, как объектом, добычи углеводородов, изучить ее конструкцию. В лаборатории имеется всё необходимое оборудование для производства геофизических работ: каротажная станция, лебёточная, геофизическая аппаратура. Таким образом, в рамках учебной практики студентами будет произведен полный комплекс геофизических работ на скважине.

Структура лаборатории (рисунок 1):

1. Учебная аудитория (ауд. 128 здания Института геологии и нефтегазовых технологий (далее – ИГиНГТ) Казанского федерального университета (далее – КФУ)) предназначена для проведения учебных занятий для студентов КФУ, а также для проведения геофизических работ на учебной контрольно–поверочной скважине (далее – УКПС) «Университетская – 1». В состав Учебной аудитории входят (рисунок 1а):

- 1) Учебные места для проведения лекционных и семинарских занятий;
- 2) Учебные места для проведения практических и лабораторных работ;
- 3) Каротажная лаборатория (далее – станция) «Вулкан V3», предназначенная для записи каротажных диаграмм с помощью геофизических приборов, спускаемых в скважину.

2. Аппаратная (примыкает к зданию ИГиНГТ КФУ, вход со двора ИГиНГТ, либо из ауд. 128) предназначена для хранения и ремонта скважинных геофизических приборов (рисунок 1б);

3. Лебёточная (примыкает к зданию ИГиНГТ КФУ, вход со двора ИГиНГТ). Данная часть лаборатории предназначена для проведения спуско–подъемных операций (СПО) на УКПС. В состав лебёточной входят (рисунок 1в):

- 1) лебедка ЛГЭП – 0.5Т с геофизическим 7–ми жильным кабелем КГ 7х0.75 – 70 – 150 и кабельным наконечником НКБ 7 – 60;
- 2) кабелеукладчик с датчиком натяжения, датчиком контроля меток кабеля, датчиком глубины;
- 3) геофизический коллектор ГК–Лот – 7/1;

4) дисплей машиниста каротажного подъёмника;

5) пульт управления лебедкой.

4. Учебная контрольно–проверочная скважина «Университетская – 1» (УКПС) расположена во дворе ИГиНГТ КФУ (рисунок 2) и предназначена для проведения каротажных работ по изучению строения геологического разреза и оценки технического состояния обсадной колонны геофизическими методами. В состав УКПС входят:

1) скважина «Университетская – 1»;

2) вспомогательная лебедка, предназначенная для проведения вспомогательных операций на скважине (подъем приборов, весом не более 1 т);

3) мачта буровая установочного бурения УРБ – 2.5А;

4) подвесная система (талевая система), включающая ролик (блок–баланс) направляющий и ролик подвесной, который жестко закреплен на вышке.

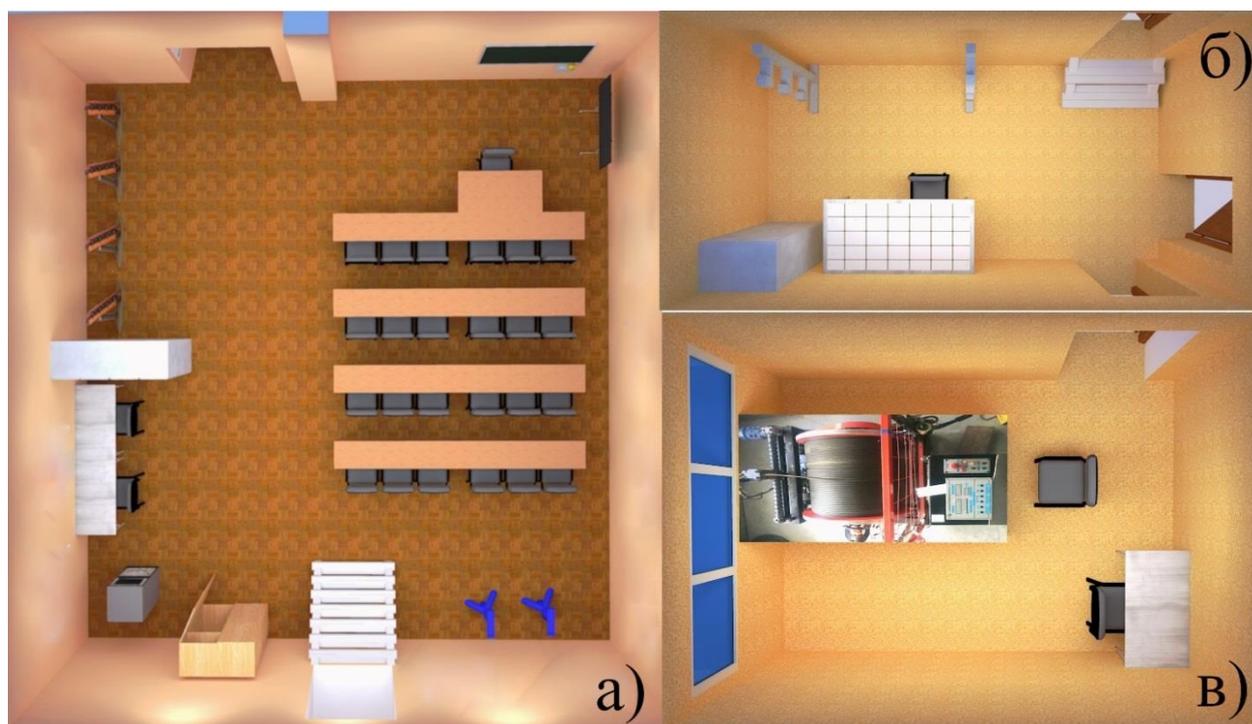


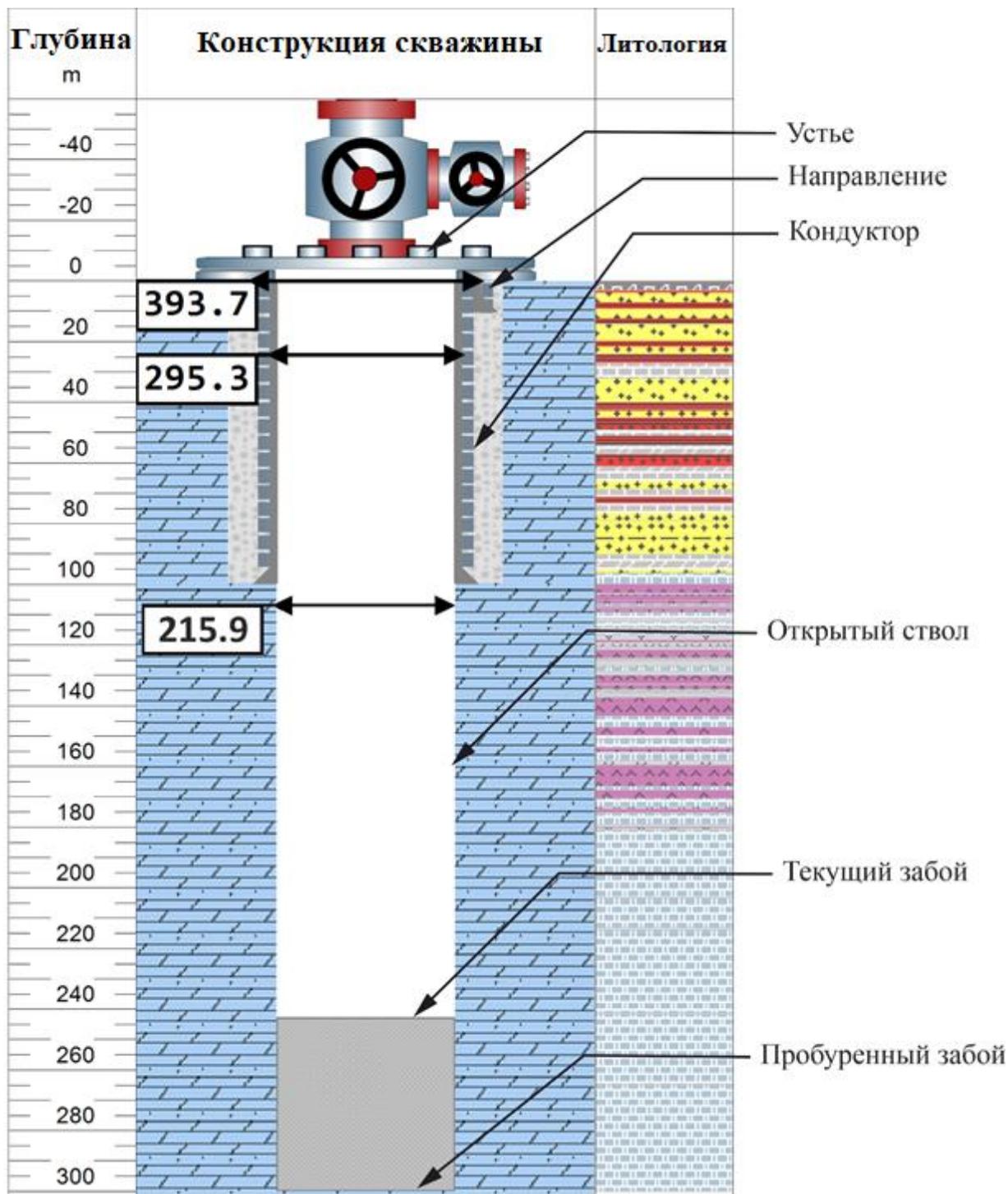
Рис. 1. Структура научно–исследовательской лаборатории скважинной геофизики: а) учебная аудитория; б) аппаратная; в) лебёдочная



Рис. 2. Фотография скважины «Университетская – 1»

Конструкция скважины

Под конструкцией скважины понимается совокупность данных о числе и размерах (диаметр и длина) обсадных колонн, диаметрах ствола скважины под каждую колонну, интервалах цементирования, а также о способах и интервалах соединения скважины с продуктивным пластом. На рисунке 3 представлена конструкция скважины «Университетская – 1».



Условные обозначения

- | | | | |
|--|---|--|---|
| | - Техногенный слой, Щебень | | - Переслаивание песчаников и алевролитов |
| | - Переслаивание песчаников и глинами | | - Песчаник с линзами глин |
| | - Песчаник | | - Переслаивание песчаников, алевролитов, известняков и мергелей |
| | - Глина | | - Доломит |
| | - Известняк | | - Ангидрит |
| | - Глина с прослоями песчаника | | - Гипс |
| | - Переслаивание мергелей и известняков | | - Мергель |
| | - Переслаивание известняков, мергелей с прослоями глин и песчаников | | |

Рис. 3. Конструкция скважины «Университетская – 1»

Сведения о диаметрах, толщинах стенок и марках сталей обсадных труб по интервалам, о типах обсадных труб, оборудовании низа колонны входят в понятие конструкции обсадной колонны.

В скважину спускают обсадные колонны определенного назначения [1]: направление, кондуктор, промежуточные колонны, эксплуатационная колонна.

Основные элементы скважины:

1) Устье – начало скважины, образованное короткой вертикальной зацементированной трубой – направлением.

2) Направление – колонна, спускаемая в скважину для предупреждения размыва и обрушения горных пород вокруг устья при бурении под кондуктор, а также для соединения скважины с системой очистки бурового раствора. Кольцевое пространство за направлением заполняют по всей длине тампонажным раствором или бетоном. Направление спускают на глубину от нескольких метров в устойчивых породах, до десятков метров в болотах и илистых грунтах.

3) Кондуктор – колонна обсадных труб, предназначенных для разобщения верхнего интервала разреза горных пород, изоляции пресноводных горизонтов от загрязнения, монтажа противовыбросового оборудования и подвески последующих обсадных колонн.

4) Техническая колонна – служит для разобщения несовместимых по условиям бурения зон при углублении скважины до намеченных глубин.

5) Эксплуатационная колонна – последняя колонна обсадных труб, которой крепят скважину для разобщения продуктивных горизонтов от остальных пород и извлечения из скважины нефти или газа, или для нагнетания в пласты жидкости или газа. Иногда в качестве эксплуатационной колонны может быть использована (частично или полностью) последняя промежуточная колонна.

6) Интервал перфорации – интервал вторичного вскрытия продуктивных пластов для создания каналов от пласта к скважине.

7) Забой – конечная часть скважины.

Основные характеристики конструкции скважины «Университетская–1»:

1. Направление:

- 1) глубина башмака – 10 м;
- 2) внешний диаметр колонны – 393.7 мм;
- 3) внутренний диаметр – 324 мм.

2. Кондуктор:

- 1) глубина башмака – 99.6 м;
- 2) внешний диаметр колонны – 295.3 мм;

- 3) внутренний диаметр – 244.5 мм.
3. Открытый ствол:
 - 1) планируемый забой – 300 м;
 - 2) пробуренный забой – 310 м;
 - 3) текущий забой – 244 м;
 - 4) внутренний диаметр – 215.9 мм.

Литолого–стратиграфическое описание скважины

Скважина «Университетская – 1» была пробурена с выносом кернового материала.

Керн – это образец горной породы, извлеченный из скважины посредством специально предназначенного для этого вида бурения. Обычно представляет собой цилиндрическую колонку (столбик) горной породы достаточно прочной, чтобы сохранять монолитность.

Керн – важный геологический документ, используемый для изучения геологического разреза скважины (литология, стратиграфический возраст, условия залегания горных пород), определения кондиций полезных ископаемых месторождений.

Без предварительного изучения керна интерпретация каротажных диаграмм, записанных в необсаженной скважине затруднительная.

Керн на скважине «Университетская – 1» отбирался в интервале 99,8–300 м. На рисунке 4 представлен один из ящиков кернового материала (рис.4, а) и фотография фрагмента кернового материала (рис.4, б).



Рис. 4. Фотографии керна со скважины «Университетская – 1»:
а) ящик керна; б) 3D модель фрагмента кернового материала, созданная по данным фотограмметрии

Литологически интервал преимущественно представлен 3-мя породами: доломит, гипс, ангидрит, в нижней части интервала выделяется небольшой (0,3 м) пласт доломитового мергеля. Согласно стратиграфическому анализу, полученный керн относится к пермской и каменноугольной системам. В пермской системе породы относятся к сакмарскому и ассельскому ярусу, в каменноугольной – к гжельскому. Описание выделенных пропластков представлено в приложении №1.

Задание для студентов

1. Изучить структуру научно-исследовательской лаборатории скважинной геофизики.

2. Ознакомиться с конструкцией, литологией и стратиграфией скважины «Университетская-1»:

1) зарисовать конструкцию скважины «Университетская-1» на миллиметровке в масштабе 1:1000;

2) нанести на схему литологическое расчленение;

3) описать все элементы конструкции скважины «Университетская-1».

3. Написать и оформить главу отчета I «Структура научно-исследовательская лаборатория скважинной геофизики, оборудование и конструкция УКПС Университетская-1».

ЗАНЯТИЕ 2. СКВАЖИННОЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Цель занятия: Знакомство со скважинным геофизическим оборудованием: кабель геофизический, наконечник кабельный, коллектор геофизический, устройства измерения глубин.

Кабель геофизический

Кабель геофизический – это кабель для исследования вертикальных и наклонных скважин бурящихся и находящихся в эксплуатации. Он состоит из токоведущих жил, электроизоляции и нескольких повивов брони. Назначение кабеля – обеспечить скважинным приборам питание электроэнергией. Кроме того, геофизический грузонесущий кабель служит в качестве информационного канала между скважинной аппаратурой и наземными регистрирующими приборами. С помощью геофизического кабеля производится передача управляющего сигнала на прижимные устройства скважинного прибора. Помимо этого, при помощи геофизических грузонесущих бронированных кабелей производятся спуск и подъем аппаратуры. Геофизический кабель для скважин является многофункциональным, практически универсальным кабелем: его применяют при отборе проб пластовых пород и флюидов, при прострелочно–взрывных работах, для измерения глубины нахождения конкретного оборудования в определенный момент времени, и т.д. Для коррекции измерения глубины на кабель наносятся магнитные метки через 10 метров.

При выборе кабеля геофизического обычно обращают внимание на:

- 1) вид изоляционных и конструкционных материалов;
- 2) характеристику брони;
- 3) массовые и габаритные характеристики как самого кабеля для скважин, так и его элементов;
- 4) максимально допустимую рабочую температуру.

Все геофизические кабели должны отвечать отраслевым требованиям ОСТ 153–39.1–005–00 «Кабели грузонесущие геофизические бронированные. Общие технические условия». М.: Минтопэнерго РФ, 2000 и РД «Техническое описание и инструкция по эксплуатации грузонесущих геофизических бронированных кабелей». М.: Минтопэнерго РФ и МПР РФ, 1998.

Характеристика кабелей состоит из нескольких параметров и имеет вид КГ ХхХХ–ХХ–ХХХ:

- 1) первый показатель в его названии – это его свойства (т.е. кабель с буквами КГ – является грузонесущим);

- 2) второй показатель – это количество токопроводящих жил в кабеле (например, кабель КГ 1 содержит одну жилу);
- 3) третий показатель – сечение медной жилы в мм²;
- 4) четвертый показатель – значение разрывного усилия в Килоньютонах;
- 5) пятый показатель – это максимальная рабочая температура кабеля в градусах °С.

Кабель, используемый в нашей лаборатории, имеет следующую маркировку: КГ 7х0,75 – 70 – 150. Таким образом, по маркировке можно сделать вывод о следующих эксплуатационных характеристиках кабеля: геофизический грузонесущий семижильный кабель, с максимально допустимым разрывным усилием в 70 кН и максимальной температурой рабочей среды до + 150 градусов по Цельсию.

Для геофизических исследований нефтяных и газовых скважин в настоящее время наибольшее распространение получили бронированные кабели. Они позволяют выполнять все виды геофизических работ в самых различных скважинных условиях.

Устройство кабелей показано на рисунках 5 и 6.

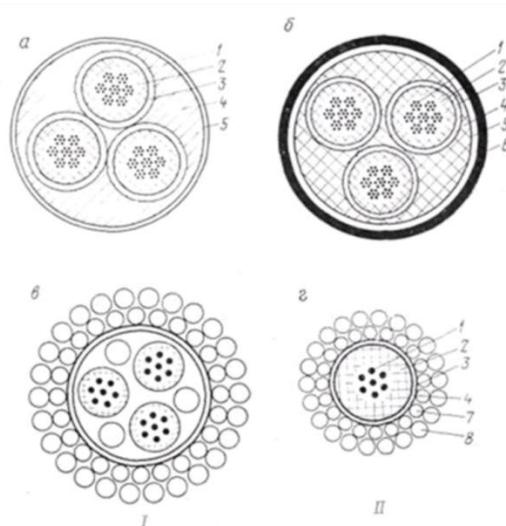


Рис. 5. Устройство оплеточных (а), шланговых (б) и бронированных (в, г) кабелей: I, II – трех- и одножильные бронированные кабеля;

1 – токопроводящая жила; 2 – резиновая изоляция жилы; 3 – внешнее покрытие жилы; 4 – наполнитель; 5 – внешняя оплетка; 6 – внешнее резиновое покрытие; 7 – внутренняя бронированная оплетка; 8 – внешняя бронированная оплетка [2]

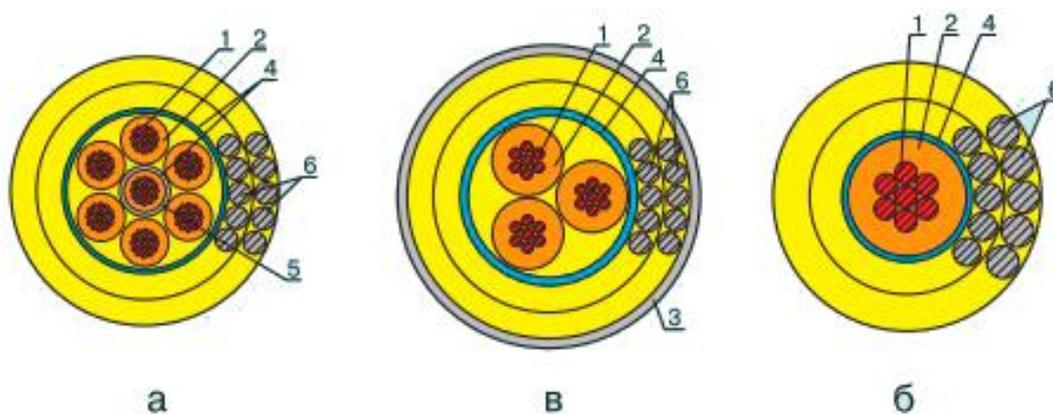


Рис. 6. Типы конструкции грузонесущих геофизических кабелей:
 а – семижильный кабель, б – трехжильный кабель, в – одножильный кабель;
 1 – токопроводящая жила; 2 – изоляция; 3 – оболочка; 4 – обмотка; 5 – внешний проводник (оплетка); 6 – внутренняя и внешняя броня [3]

Наконечник кабельный

Наконечники кабельные каротажные типа НКБ предназначены для механического и электрического соединения грузонесущих геофизических бронированных кабелей со скважинными геофизическими приборами при геофизических работах в вертикальных и наклонных скважинах. Наконечники обеспечивают:

- 1) надежное механическое соединение одно-, трёх- и семижильного геофизического кабеля со скважинным геофизическим прибором с возможностью точной установки усилия отрыва геофизического кабеля;
- 2) максимальное усилие отрыва геофизического кабеля, равное прочности полной заделки двух повивов брони кабеля;
- 3) работу с геофизическим кабелем максимальным внешним диаметром от 6 мм до 36 мм;
- 4) надёжное электрическое соединение токопроводящих жил геофизического кабеля со скважинным прибором;
- 5) надёжную антикоррозионную и диэлектрическую защиту элементов конструкции;
- 6) штатное функционирование при температурах до + 120 °С и в высокотемпературном исполнении до + 200°С;
- 7) штатное функционирование при давлениях до 1000 атм.

В кабельных наконечниках типа НКБ свеча–гермоввод устанавливается в корпус наконечника на уплотнительное резиновое кольцо.

Типы наконечников и их характеристика

Типы наконечников	Диаметр, мм	Рабочее давление, МПа	Рабочая темпер. °С (обычное исполнение)	Длина, мм	Колич. тоководов	Масса, кг
НКБ–1–36	36	100	120	350	1	1.5
НКБ–3–36	36	100	120	350	3	1.5
НКБ–1–60	60	100	120	350	1	3.6
НКБ–3–60	60	100	120	330	3	3.6
НКБ–7–60	60	100	120	330	7	3.7

В научно–исследовательской лаборатории скважинной геофизики ИГиНГТ КФУ используется кабельный наконечник НКБ–7–60.

Коллектор геофизический

Коллектор геофизический устанавливается на геофизическую лебедку. Коллектор служит для соединения токонесущих жил геофизического кабеля и каротажной станции с геофизическим скважинным прибором. Количество контактов может быть –3,–4,–6,–8 жил. Коллектор представляет собой систему подвижных колец и скользящих по ним щеток (рисунок 7). К коллектору предъявляются высокие требования по изоляции и токопроводимости цепи. На практике чаще применяются маслonaполненные коллекторы, в которые заливается обезвоженное трансформаторное масло. Низкая изоляция и изменение сопротивления цепи коллектора могут вызывать значительные искажения измеряемых величин. На лебедке ЛГЭП – 0.5Т установлен коллектор ГК–Лот – 7/1(7 – количество токоведущих жил, 1 – броня кабеля).

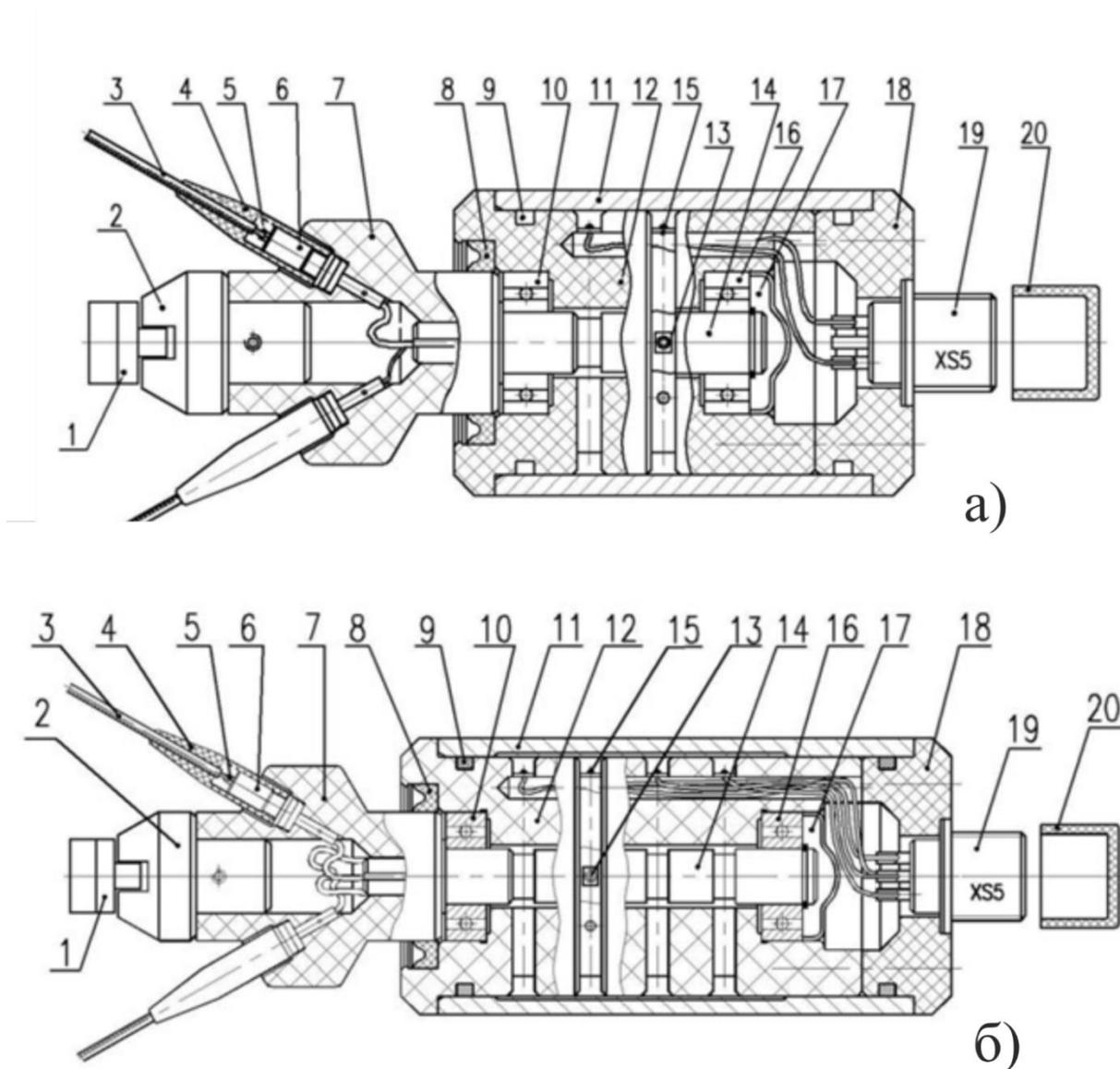


Рис. 7. Конструкция коллекторов: а – КГ-ЛОТ – 1/1; б – КГ-ЛОТ – 3/1;
 1 – крестовина; 2 – пробка; 3 – жила кабеля; 4 – колпачок; 5 – перьевой контакт; 6 – клемма; 7 – якорь; 8 – манжета; 9 – кольцо уплотнительное;
 10 – подшипник; 11 – кожух; 12 – корпус; 13 – щетка;
 14 – токопроводящая пружина; 15 – шина; 16 – кольцо стопорное;
 17 – колпачок; 18 – крышка; 19 – разъем; 20 – защитный колпачок [4]

Устройства измерения глубин

К устройствам измерения глубины относят сельсины или ДГ (датчики глубины), ДМГ (датчик магнитных меток глубины), которые используются в области геофизических исследований скважин для измерения глубины скважины, определения местоположения геофизического скважинного прибора и других устройств, находящихся в скважине, а также для привязки к геологическому разрезу данных скважинных исследований.

Сельсины представляют собой особый вид электрических машин переменного тока, обладающих свойством самосинхронизации, в качестве передачи крутящего момента выступают катушки, передающие магнитный момент. Служит сельсин для дистанционной передачи механического угла поворота электрическим путем между устройствами, не имеющими между собой механической связи.

Принцип действия датчика глубины Ясон–ДШК заключается в преобразовании вращательного движения в электрические сигналы (рисунок 8б). ДГ Ясон–ДШК устанавливается на зубчатое колесо мерного ролика (рисунок 8а), обкатываемого геофизическим кабелем. При вращении ролика ДГ Ясон–ДШК выдает электрические сигналы шага глубины (ШГ), а также движения кабеля вниз и движения кабеля вверх, которые передаются по кабелю на каротажную станцию.

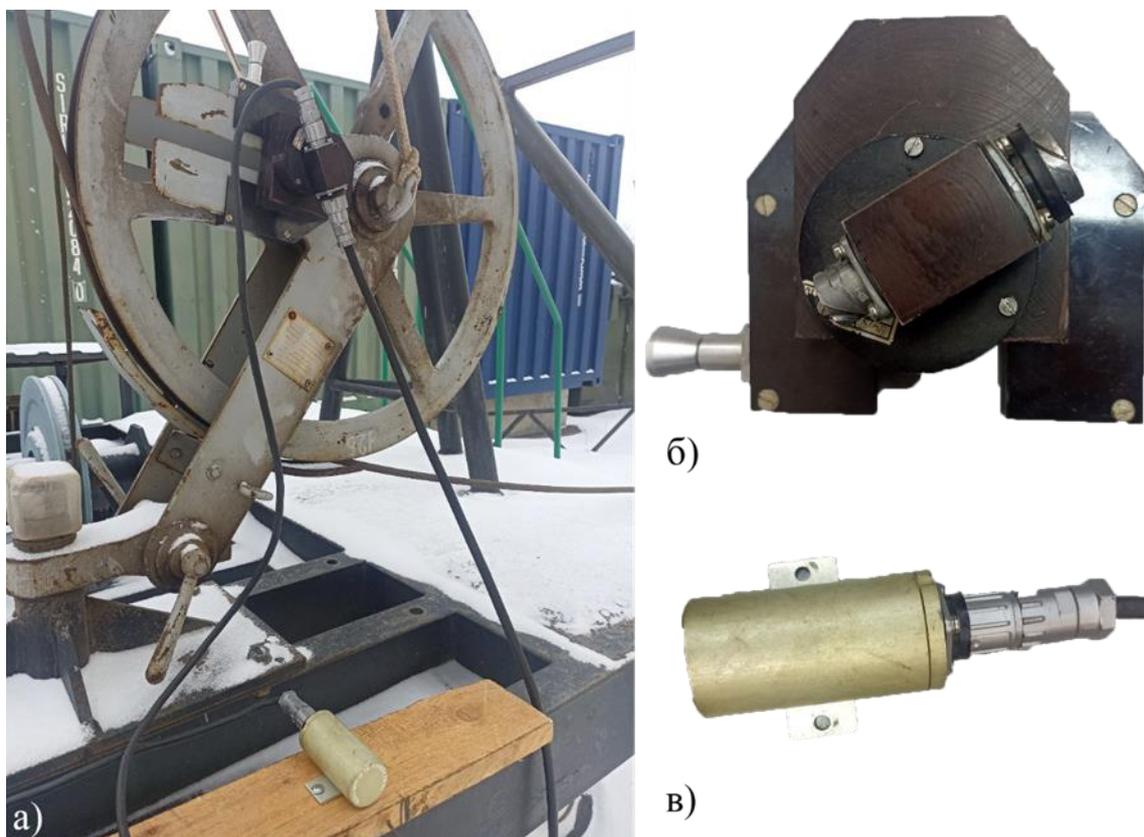


Рис. 8. Расположение датчика глубины и датчика магнитных меток на устье скважины: а) внешний вид датчика глубины и датчика магнитных меток установленных на нижнем блок–балансе скважины; б) датчик глубины Ясон–ДШК; в) датчик магнитных меток Ясон–ММ

Датчик магнитных меток глубины типа ДМГ – 1,2,4; Ясон – ММ (находится в составе станции «Вулкан») предназначен для считывания магнитных

меток, наносимых на геофизический кабель с целью определения глубины в скважинах и рассчитан на применение в автоматических каротажных станциях (рисунок 8в). Датчик магнитных меток измеряет напряженность магнитного поля каротажного кабеля с метками глубины и выдает аналоговый сигнал, пропорциональный напряженности магнитного поля метки, который поступает на каротажную станцию. Датчик состоит из корпуса и кабеля с присоединительным электрическим разъемом. Основным элементом является магнито-модуляционный преобразователь, представляющий собой катушку, содержащую три обмотки: возбуждающую и две вторичные, которые включены встречно и составляют сигнальную обмотку преобразователя.

При осуществлении спуско-подъемных операций применяется два комплекта датчиков глубины. Один комплект устанавливается на консоль лебедки (рисунок 9), что предоставляет машинисту лебедки возможность контролировать глубину спуска геофизического прибора. Данный набор также предполагает возможность передачи информации о текущей глубине прямо на каротажную станцию.

Однако следует отметить, что на каротажную станцию данные о глубине обычно поступают с другого, независимого комплекта датчиков, который размещается на нижнем блок-балансе на устье скважины (рисунок 8). В рамках каротажной лаборатории «Вулкан V3» используется датчик глубины типа Ясон-ДШК (рисунок 9), который соединяется с каротажной станцией посредством отдельного кабеля. Этот кабель традиционно называется сельсин-кабелем, хотя на практике сельсины в ходе каротажных работ почти не применяются.



Рис. 9. Консоль с набором геофизических датчиков: датчик натяжения, датчик магнитных меток, датчик глубины

Лаборатория каротажная «Вулкан V3»

Лаборатория (станция) каротажная «Вулкан V3» предназначена для приема и обработки информационно–измерительных сигналов от скважинных геофизических приборов (рисунок 10). Лаборатория осуществляет:

- 1) питание скважинных геофизических приборов постоянным и переменным током;
- 2) визуальный контроль хода каротажа и результатов оперативной обработки информации;
- 3) прием и оперативную обработку геофизической информации от скважинных приборов;
- 4) прием и обработку технологических параметров от наземных датчиков контроля каротажа;
- 5) документирование результатов в соответствии с принятыми стандартами на бумажном и магнитном носителях, а также на твердотельных накопителях персонального компьютера.

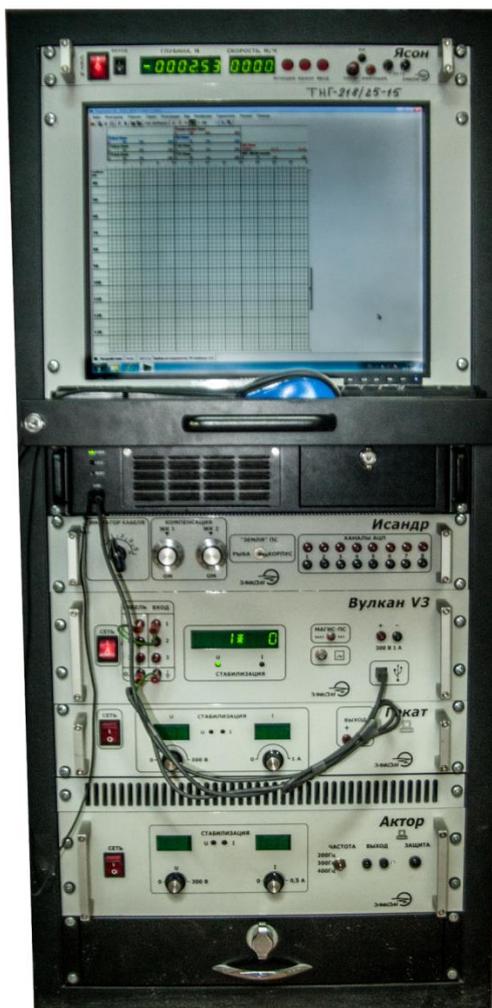


Рис. 10. Лаборатория (станция) каротажная «Вулкан V3»

Лаборатория (станция) каротажная «Вулкан V3» состоит из евростойки, которая включает в себя следующие блоки:

1) **Блок «Ясон»** – предназначен для измерения текущей глубины в скважине, скорости спуско–подъемных операций, контроля прохождения магнитных меток нанесенных на каротажный кабель;

2) **Блок промышленного компьютера, блок монитора и клавиатуры** представляют собой персональный компьютер, предназначенный для управления работой блока каротажного регистратора, визуального контроля хода каротажа и результатов оперативной обработки информации, записи и хранения результатов исследований.

3) **Блок «Исандр»** предназначен для имитации спуско–подъемной операции с помощью геофизического кабеля при работе со скважинными приборами, согласует работу прибора и геофизического регистратора. Так же имеется выход АЦП.

4) **Блок каротажного регистратора «Вулкан V3»** предназначен для питания скважинных приборов по 1, 2, 3 жилам каротажного кабеля, приема информации от скважинной геофизической аппаратуры и преобразования ее в цифровую форму для последующей записи и обработки в персональном компьютере.

5) **Блок «Гекат»** предназначен для питания скважинной аппаратуры постоянным стабилизированным током до 1 Ампер и напряжением 300 Вольт.

6) **Блок «Актор»** предназначен для питания скважинной аппаратуры переменным стабилизированным током до 0.5 Ампер и напряжением 300 Вольт и частотой тока 200,300, 400 Гц.

Полевые станции могут быть доукомплектованы **Блоком термоплоттера** для вывода диаграмм на бумажный носитель; **Блоком бесперебойного питания** для защиты и управления электропитанием; **Модемом** для передачи каротажных диаграмм в центр обработки (контрольный интерпретационный пункт – КИП) записанного материала.

Шаблонировка скважины «Университетская – 1»

Шаблонирование скважины перед геофизическими исследованиями проводится с целью создания беспрепятственного спуска и подъема геофизического прибора и оборудования перед каротажем, чтобы исключить их обрыв. Также шаблонирование может использоваться для отбивки уровня жидкости в скважине, текущего забоя, определения зоны успокоения механических приме-

сей флюида (зумпф). Проводится перед радиоактивным каротажем (РК) и стрелочно-взрывными работами (ПВР) при работе через насосно-компрессорные трубы (НКТ).

В открытом стволе диаметр шаблона должен быть на 20 мм меньше диаметра ствола, в закрытом на 10 мм меньше внутреннего диаметра обсадной колонны. Длина шаблона должна быть не менее длины прибора.

В открытом стволе стоянка прибора не должна превышать 5 минут и нельзя перепускать кабель больше чем на 2–5 м на забое.

В качестве шаблона, как правило, используется чугунная болванка, а при ее отсутствии:

1) При радиоактивном каротаже можно использовать прибор РК без источника.

2) При ПВР шаблоном может являться неснаряженный (отстрелянный) корпус перфоратора.

3) При работе через НКТ используют вышедшие из строя приборы, применяемые при ГИС-контроле в эксплуатационных скважинах.

Порядок действий при шаблонировании скважины «Университетская – 1»

Условные команды в производстве геофизических исследований при спуско-подъемных операциях следующие:

- 1) майна – вниз, спуск;
- 2) вира – вверх, подъем;
- 3) стоп – стоп.

Команды подаются визуально руками или голосом по рации, которые имеются у начальника партии, машиниста каротажного подъемника (КП) и каротажника на устье скважины.

Перед началом работ проверяем целостность уплотнительных колец (отсутствие трещин, срезов) на приборной головке. Смазываем резьбу, кольца смазкой (например «Литолом»). Далее кабельный наконечник НКБ 7 – 60 прикручиваем к ЯМК – 1 (используется в качестве шаблона). Поднимаем–опускаем ЯМК – 1 с помощью каротажной лебедки в скважину. Каротажник на устье выставляет шаблон на отметке 0м: накидная гайка НКБ 7–60 должна быть на уровне верхней муфты кондуктора скважины «Университетская – 1». Машинист на пульте управления и начальник партии на панели «Ясон» сбрасывают «Глубину» на 0 м. После чего каротажник на устье дает команду машинисту КП по рации “Майна”(спуск).

В скважине имеются «критические (экстремальные)» точки, где существует наибольшая вероятность обрыва скважинного прибора, оборудования или кабеля:

- 1) устье скважины;
- 2) башмак колонны;
- 3) межколонные переходы;
- 4) забой.

Здесь скорость спуско–подъемных операций (СПО) должна составлять 250–350 м\ч, по стволу скважины СПО без записи можно производить со скоростью до 5000 м\ч. В процессе записи каротажа скорость должна соответствовать минимальной для метода, который имеется в модульной сборке.

На глубине, примерно, 27 метров на пульте машиниста по датчику натяжения наблюдаем снижение нагрузки, это говорит о том, что шаблон входит в жидкость. В этом месте операцию спуска–подъема выполняем еще два раза (приподнимая прибор на 10–15 метров), чтобы более точно определить уровень жидкости (в данном случае воды) в скважине. Таким образом, мы выполнили одну из **Задач!**

Далее «идем» на забой. На глубине, примерно, 243 метра наблюдаем снижение нагрузки на датчике натяжения пульта машиниста каротажного подъемника. Это «сигнализирует» о том, что шаблон дошел до забоя! Для более точной отбивки спуск–подъем делаем еще два раза, приподняв шаблон на 10–15 м. Вычисляем среднее значение «посадки» шаблона, условно возьмем 243.5 м. **Но!** У шаблона есть «мертвый конец» – это расстояние от приборной головки до конца прибора, которое составляет 2.3 м. Прибавляем это значение к 243.5 м, получаем «Текущий забой» составляет 245.8 метра. Таким образом, выполнена еще одна **Задача!** Попутно можно определить наличие зумпфа.

Далее, начальник партии дает команду «Полный подъем», отрыв от забоя производим со скоростью 350 м\ч, далее с максимальной, которая составляет для нашего каротажного подъемника 2500 м\ч. При подходе к «башмаку колонны» (находится на глубине 100 м) за 30 метров скорость снижаем до 350 м\ч, в колонне скорость увеличиваем.

За 50 метров до выхода шаблона из скважины каротажники выходят к устью встречать шаблон. Руководствуемся командами по рации «Вира», «Майна», «Стоп». ЯМК–1 вынимаем, кладем на подставки, откручиваем НКБ, протираем приборную головку, кабельный наконечник, смазываем смазкой.

Шаблон заносим в «Аппаратную» на стеллаж.

На этом этап летней практики «Шаблонирование скважины «Университетская–1» закончен!

Задание для студентов

1. Изучить структуру скважинного геофизического оборудования. Схематично зарисовать весь путь прохождения полезного сигнала, записанного каротажным прибором, от самого прибора до каротажной станции.

2. Освоить работу с геофизическим кабелем, кабельным наконечником, геофизическим коллектором, устройством измерения глубины. Прозвонить с помощью тестера (мультиметра) все жилы кабеля от входов в НКБ до выходов на геофизическом коллекторе. Выявить нерабочие жилы, записать их номера (согласно схеме НКБ). Вывить утечки на геофизическом кабеле с помощью мегаомметра.

3. Ознакомится со всеми блоками, представленными в лаборатории каротажной «Вулкан V3». Подключить датчики глубины к блоку «Ясон» каротажной станции, проверить их работоспособность.

4. Написать и оформить главу II отчета «Скважинное геофизическое оборудование».

5. Описать ход работы по проведению шаблонирования скважины.

ЗАНЯТИЕ 3. СКВАЖИННАЯ АППАРАТУРА: ПРИБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА «Э35ХС»

Цель занятия: Знакомство с каротажным прибором Э35ХС, предназначенным для проведения электрического каротажа в открытом стволе скважины. Проведение каротажа прибором Э35ХС в не обсаженной части УКПС «Университетская – 1».

Прибор электрического каротажа Э35ХС (рисунок 11) – это комплексный прибор предназначен для проведения геофизических исследований в бурящихся нефтяных и газовых скважинах следующими методами:

- 1) КС – метод кажущегося сопротивления;
- 2) ПС – метод потенциалов собственной поляризации;
- 3) БКЗ – боковое каротажное зондирование;
- 4) БК – боковое электрическое зондирование;
- 5) Р – резистивиметрии;
- 6) ИК – индукционный метод (отдельный модуль в данном приборе).

Прибор запитывается по жиле 1 и оплетке кабеля (ОК). Запись ПС осуществляется по жиле 3.

Технические характеристики прибора Э35ХС[5]:

- 1) Диаметр прибора – 75 мм;
- 2) Масса прибора в сборе – 120 кг;
- 3) Ток питания прибора панелью «Актор» – 200 мА, частотой 200 Гц;
- 4) Потребляемая мощность прибора не более 20 Вт.

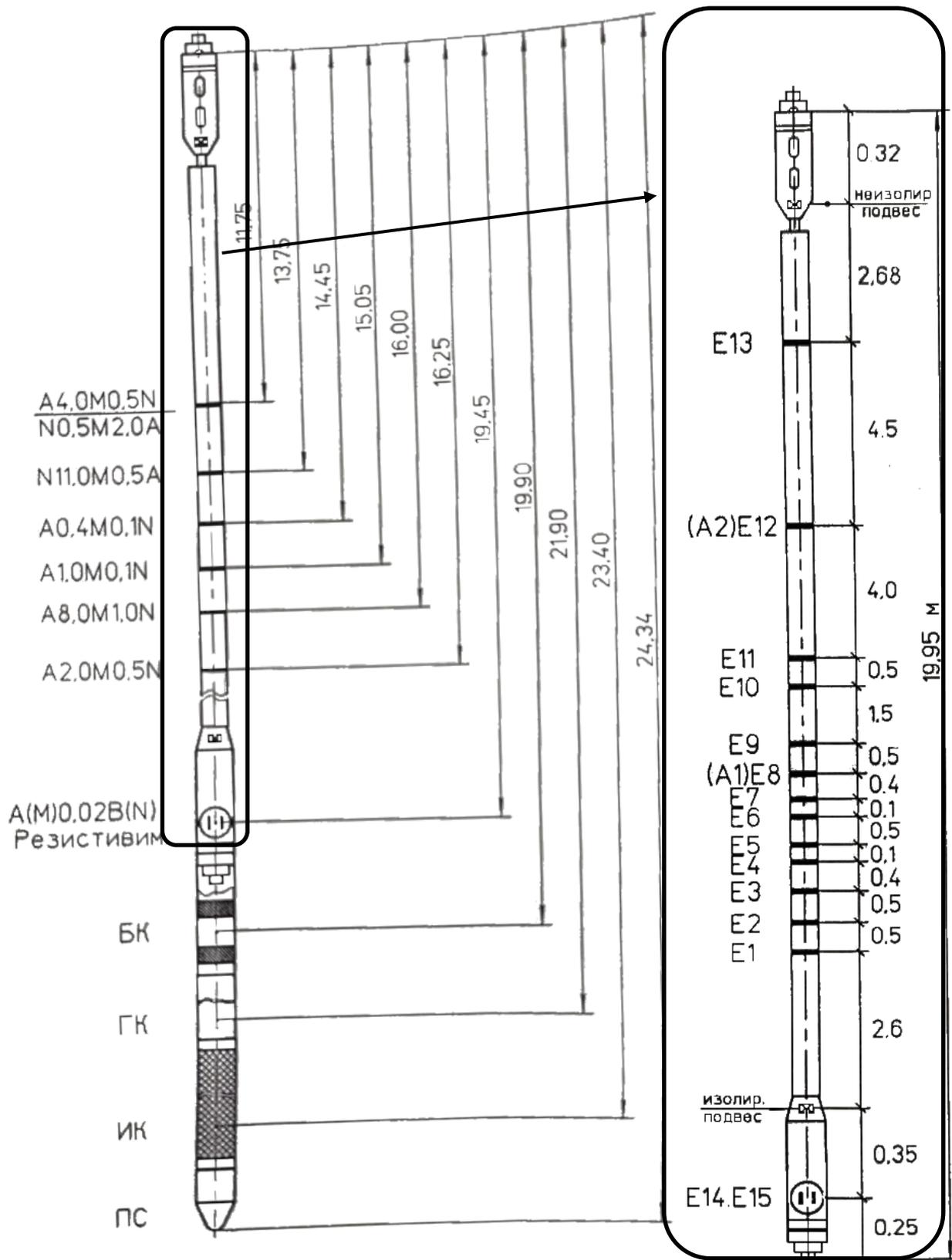


Рис. 11. Прибор электрического каротажа Э35ХС [5].

Подготовка станции и проведение каротажа с помощью прибора «Э35ХС»

Перед началом каротажа на скважине «Университетская – 1» подготавливаем прибор «Э35ХС» на площадке перед скважинной, подсоединяем модуль ИК (индукционный каротаж). На косе находим точки записи для всех зондов (БКЗ, БК, резистивиметр, ИК, ПС), которые пишет прибор Э35ХС (руководствуясь «Техническим описанием каротажного прибора Э35ХС» [5]), записываем полученные данные в дневник. Затем приступаем к каротажным работам.

Последовательность действий при подготовке к началу спуско–подъемной операции. Включаем лабораторию каротажную «Вулкан V3» и выполняем следующие пункты:

- 1) Все выключатели «Сеть» установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**.
- 2) Подключить интерфейсный кабель между блоком Вулкан V3 и промышленным компьютером.
- 3) На скважине установить на нижний блок–баланс датчик глубин (ДГ или сельсин) ДШК Ясон, к нему подсоединить датчик магнитных меток Ясон–ММ. К ДГ подсоединить сельсиновый кабель.
- 4) Перед подсоединением скважинного прибора «прозвонить» мегаомметром геофизический кабель на утечку через контакты 1 – ОК «Кабель» блока «ВулканV3» или кабельный наконечник жила 1 (ЦЖК) – ОК (**Внимание!!! При этом на блоке «ВулканV3» в контактах «Кабель – «Вход» не должно быть перемычек!**). Сопротивление жилы должно быть не менее 15 МОм!
- 5) К кабельному наконечнику подсоединить прибор Э35ХС, предварительно проверить резиновые уплотнительные кольца на приборной головке, смазать их и соединительную резьбу. Вставить перьевой контакт (семечку, штырек) в первую жилу (ЦЖК).
- 6) На блоке «Вулкан V3» выходы «Кабель» на контактах 1 – ОК тестером (мультиметром) проверить наличие цепи с прибором (звониться должен так – меняя концы тестера показания будут одинаковые). Втыкаем перемычки на панели «ВулканV3» – «Кабель» – «Вход» 1 – 1 и ОК – ОК.
- 7) Вставить сетевой шнур в розетку. Включить блок «Ясон», монитор, промышленный компьютер, блок «Вулкан V3».
- 8) Запустить программу Registration 3.0.
- 9) В левой части экрана выбрать кнопку с желтой папкой «Открыть планшет», выбрать вкладку – Краснодар – СЭЛКА – ОК – Э35ХС – ОК. Произойдет загрузка планшета для выбранного прибора.
- 10) Зайти во вкладку «Регистратор», поставить галочку Вулкан–3.

11) Зайти во вкладку «Планшет», выбрать «Номер прибора» – 311.

12) Выбрать вкладку «Регистратор», команда – «Подключить регистратор». Произойдет загрузка драйвер Регистратора. Команда старт записи (иконка повернутого треугольника) должна стать активной (окрасится в зелёный цвет). Питание прибора будет осуществляться от блока «Актор».

13) Геофизической лебедкой установить прибор по «Нулям» на устье скважины (кабельный наконечник должен быть на уровне верхней муфты кондуктора). Использовать команды для машиниста каротажного подъемника при установке прибора на устье «Стоп!», «Вира!», «Майна!» по рации и жестами.

Внимание!!!: Включение прибора Э35ХС производить только после входа в раствор скважины на глубине 40 – 50м (статический уровень жидкости в нашей скважине примерно 27 метров!!!)

Действия Оператора на каротажной станции:

1) Включить «Старт» – зелёный треугольник «Старт записи» (Запись делаем от забоя + 20 м в колонне). Дать машинисту команду по рации «Майна на забой» и указать скорость спуска прибора (например, 1500 м/ч)

2) На глубине 80 м дать команду машинисту снизить скорость до 250 м/ч, т.к. будет выход из колонны (башмак кондуктора на глубине 100 м). На глубине 120 м увеличить скорость до 1500 м/ч.

3) На глубине 230 м дать команду «Стоп!» Нажать команду «Старт записи!» Включить питание прибора Э35ХС. Для этого включить блок «Актор», установить частоту 200 Гц, сделать 3–4 оборота резистора U (напряжение), резистором I (ток) набрать 0.2 А, прибор запустится. На планшете будут фиксироваться изменения параметров электрического поля.

4) Дать команду «Вира запись!» с указанием скорости (например, 1200 м/ч). Контролировать подъем прибора по глубине. За 20 м при входе в кондуктор (100 м – башмак) уменьшить скорость подъема до 250 м/ч, на глубине 70 м команда «Стоп!». Нажать «Стоп записи». Дать команду «Полный подъём».

5) За 20 м до выхода прибора из скважины дать команду машинисту уменьшить скорость до 250 м/ч, дать команду бригаде встречать прибор на устье скважины.

6) При встрече прибора на устье скважины, использовать команды для машиниста каротажного подъемника «Стоп!», «Вира!», «Майна!» по рации и жестами.

Последовательность действия при завершении спуско–подъемной операции должна быть следующей:

- 1) Вынуть прибор из скважины, отсоединить кабельный наконечник, протереть ветошью и закрыть устье скважины.
- 2) Выключить блок «Ясон», блок «Вулкан V3», снять ДШК Ясон и Ясон – ММ, смотать сельсиновый кабель, каротажный кабель.
- 3) Провести первичный анализ качества записанного материала, который находится папке Intervals или вкладке «Вход» – «Просмотр интервала».
- 4) Выйти из программы, выключить компьютер, вынуть сетевой шнур.

Задание для студентов.

1. Изучить конструкцию прибора «Э35ХС».
2. Освоить принципы проведения спуско–подъемной операции прибором предназначенным для изучения открытого ствола скважин.
3. Ознакомится с правилами проведения спуско–подъемной операцией на скважине.
4. Разбиться на бригады не более 6 человек. В каждой бригаде выбрать бригадира, который будет исполнять роль оператора.
5. Самостоятельно провести спуско–подъемную операцию прибора Э35ХС с записью материала.
6. Провести анализ качества каротажных диаграмм.
7. Начать оформлять главу III отчета «Каротажные работы в открытом стволе скважины».

ЗАНЯТИЕ 4. ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ, ЗАПИСАННЫХ ПРИБОРОМ «Э35ХС»

Цель занятия: Обработка материалов, полученных при регистрации прибором Э35ХС.

Краткая теоретическая подготовка по методам электрического каротажа

В настоящий момент времени существует большое количество электрических методов исследования скважин. С помощью этих методов идет изучение электрического сопротивления, проводимости, естественной и искусственно-вызванной электрохимической активности горных пород.

Для определения электрических свойств пластов в скважину опускают установку (зонд). В основном зонд представляет собой набор электродов или катушек, расположенных вдоль оси скважины по одной линии. В зависимости от расположения электродов выделяют следующие виды электрического каротажа: ПС; КС: градиент-зондами (ГЗ) или потенциал зондами (ПЗ); БК; ИК; Резистивиметрия.

В зависимости от горной породы величина сопротивления пласта может варьировать достаточно в широком диапазоне. На рисунке 12 представлены основные типы горных пород и величина сопротивления:

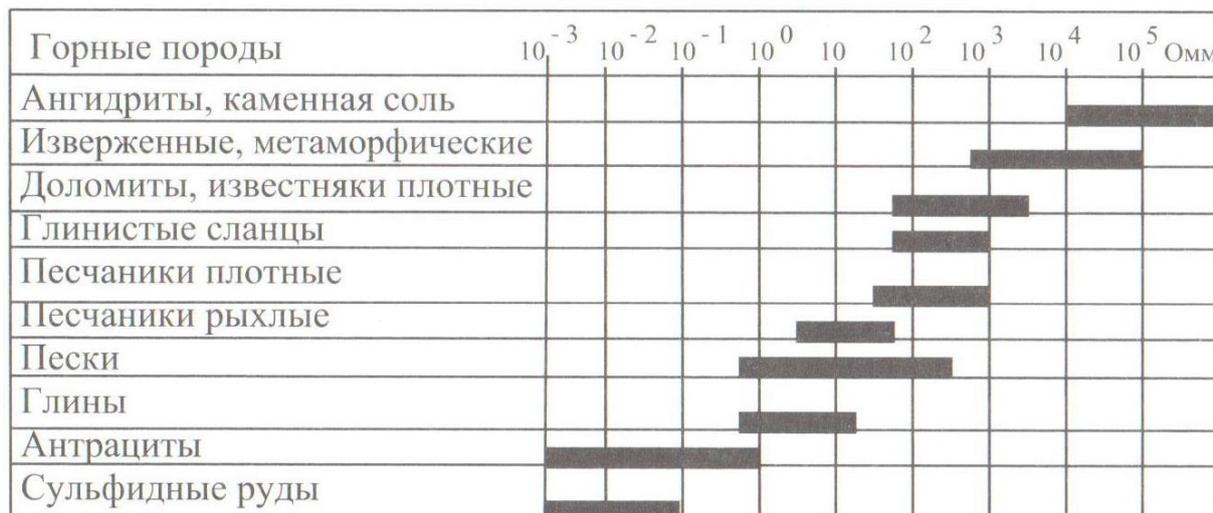


Рис. 12. Удельные электрические сопротивления некоторых горных пород [1].

Метод самопроизвольной поляризации (ПС)

Метод ПС позволяет изучить естественное электрическое поле, которое возникает в скважине и породах в результате следующих процессов:

- 1) Физико–химических процессов диффузии солей в растворах электролитов;
- 2) Фильтрации жидкости;
- 3) Окислительно–восстановительных реакций.

Основную роль в формировании естественных электрических полей играет диффузионные потенциалы.

Зонд представляет собой два электрода: электрод М располагается на поверхности вблизи скважины (удален на бесконечность), а электрод N находится в скважине. Производится измерение разности потенциалов между электродами М и N.

Диаграммы ПС используют для решения следующих задач (рисунок 13, 14):

- 1) Литологическое расчленение разреза скважин;
- 2) Определение минерализации пластовой воды в пластах чистого песчаника или чистой карбонатной породы;

3) Выделение пластов коллекторов в терригенном разрезе по критическим значениям абсолютной E_s или относительной $\alpha_{ПС}$ статистической амплитуды $\Delta U_{ПС}$.

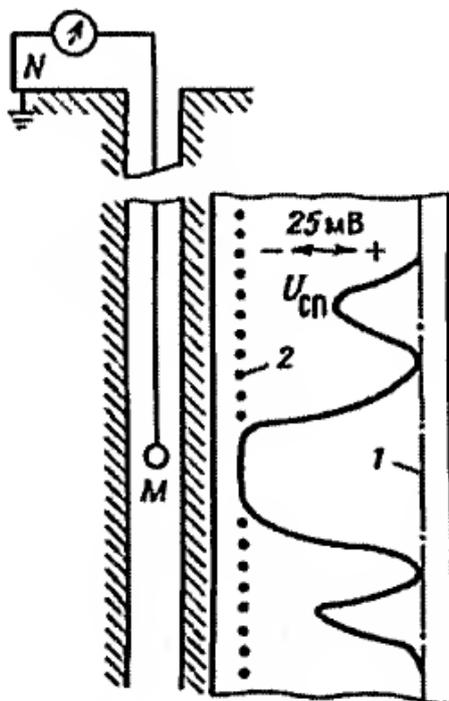


Рис. 13. Схема регистрации $\Delta U_{ПС}$ с диаграммой [1]

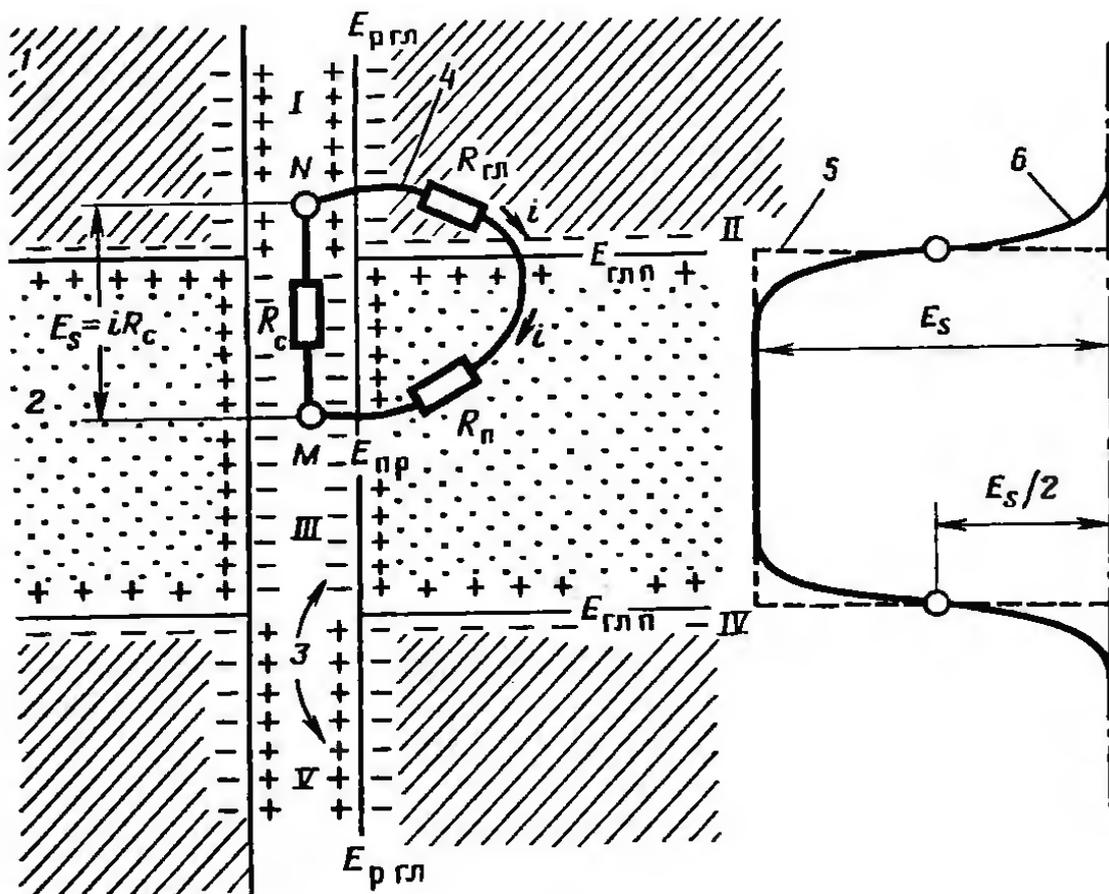


Рис. 14. Естественное электрическое поле диффузионного происхождения в пласте песчаника, залегающего в глинах [7]

Метод кажущего сопротивления (КС)

Измерения удельного электрического сопротивления горных пород в скважине используют измерительную установку, состоящую из трех электродов (рисунок 15). Как правило, в скважинной электрометрии принято следующее обозначение электродов: А, В – токовые электроды, которые используются в качестве источника электрического тока; М, N – приемные электроды, которые используются для измерения. В зависимости от соотношения расстояния между электродами А, М, N измеряемое сопротивление будет связано с разным составляющим электрического поля: потенциалом или градиентом. Из-за чего выделяют два типа установок для измерения кажущего сопротивления: градиент-зонд и потенциал-зонд. Помимо этого разделения зонды кажущего сопротивления делят на зонды прямого (однополюсные) и взаимного питания (двухполюсные), оно происходит по количеству приемных и токовых электродов. Так зондами прямого питания называют зонды, у которых присутствует один токовый и два приемных электрода, а зондами взаимного питания называют зонды с двумя токовыми и одним приемным электродам.

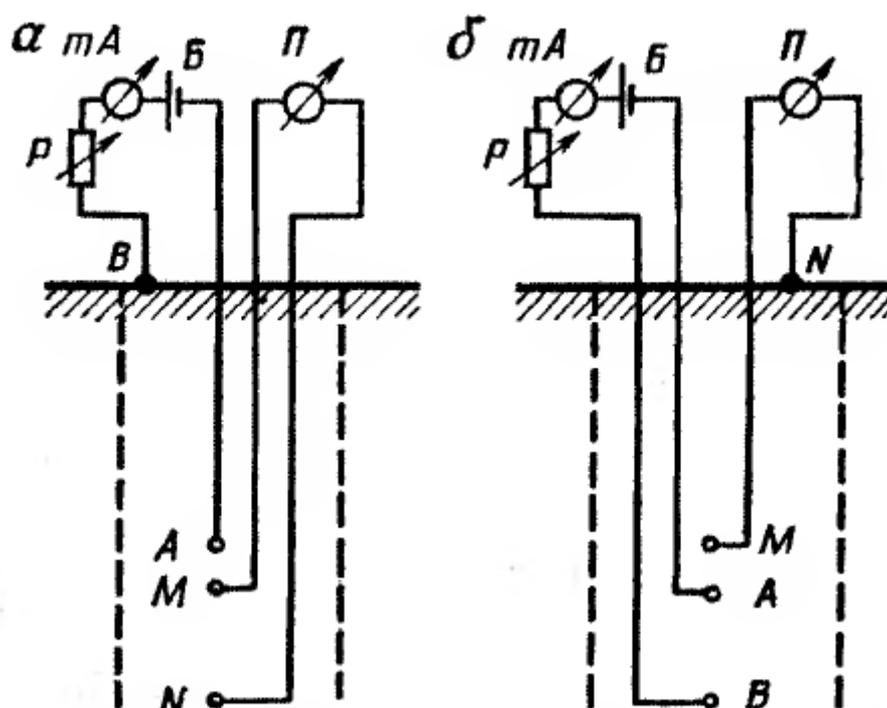


Рис. 15. Принципиальная схема измерения кажущегося сопротивления горных пород в скважине; а – с зондом прямого питания; б – с зондом взаимного питания; Б – источник постоянного тока; Р – реостат; П – прибор для измерения разности потенциалов; мА – миллиамперметр [8]

Градиент зондом называется установка, у которой сопротивление пропорционально градиенту потенциала электрического поля в точке, расположенной между измерительными электродами М и N. Исходя из вышеописанного градиент зондом является зонд, у которого расстояние между парными электродами (токовыми А, В или приемными М, N) меньше, чем расстоянием между не парными электродами (рисунок 16).

Потенциал зондом можно назвать установку, у которой сопротивление пропорционально потенциалу, измеренному на электроде М, оно формируется за счет удаления электрода N на ∞ . Из чего следует, что потенциал-зондом называют зонд, у которого расстояние между парными электродами (токовыми А, В или приемными М, N) больше, чем расстоянием между не парными электродами (рисунок 16).

Глубинность метода кажущего сопротивления зависит от длины зонда. Для потенциал-зондов глубинность равна двум длинам зонда, а для градиент-зонда равна длине зонда (рисунок 16). Длина зондов определяется следующим образом:

1) Для потенциал-зонда расстоянием между токовым электродом А и приемным электродом М (точки записи), то есть расстоянием между не парными электродами;

2) Для градиент-зонда расстоянием между не парным электродом А и серединой О (точки записи) между парными электродами М и N.

Маркировка зондов производится путем буквенного и цифрного обозначения. Например, градиент-зонд А4.0М1.0N, показывает расстояние между всеми электродами, в частности расстояние между электродами А и М равно 4 метра, а между электродами М и N равно 1 м, а для потенциал-зонда М11.0N0.5А расстояние между электродами М и N равно 11 м, а между электродами N и А 0.5 м. Последовательность букв показывает последовательность электродов сверху вниз [1].

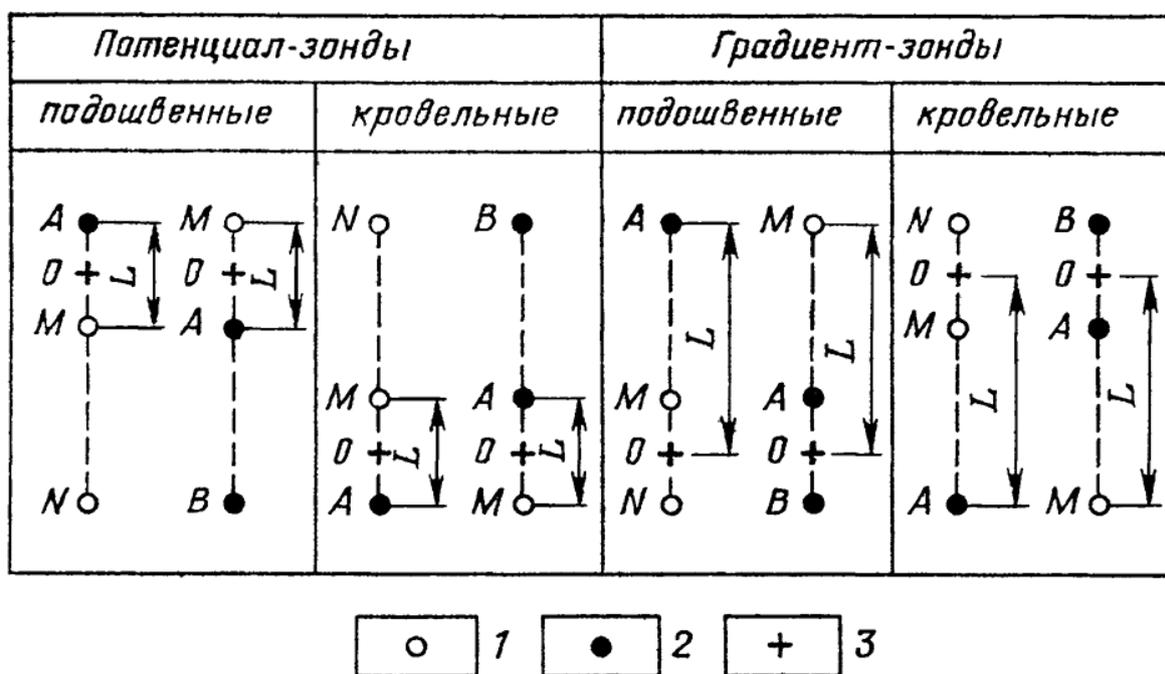


Рис. 16. Положение электродов в зависимости от типа установки метода кажущего сопротивления [8]: 1 – измерительные электроды; 2 – токовые (питающие) электроды; 3 – точка измерения; L – длина зонда

Формы результирующих кривых, полученные с помощью градиент и потенциал зондов, будут отличаться из-за геометрии расположения электродов. На рисунке 17 представлены теоретические формы кривых для высокоомных пластов большой мощности. Форма результирующей кривой будет зависеть от ряда факторов: от диаметра скважины, диаметра зоны проникновения фильтра бурового раствора, удельного электрического сопротивления (УЭС) бурового раствора, неизменной части пласта, вмещающих пород и мощности пла-

ста. Форма кривых градиент-зонтов будут ассиметричными, а кривые для потенциал-зондов симметричные.

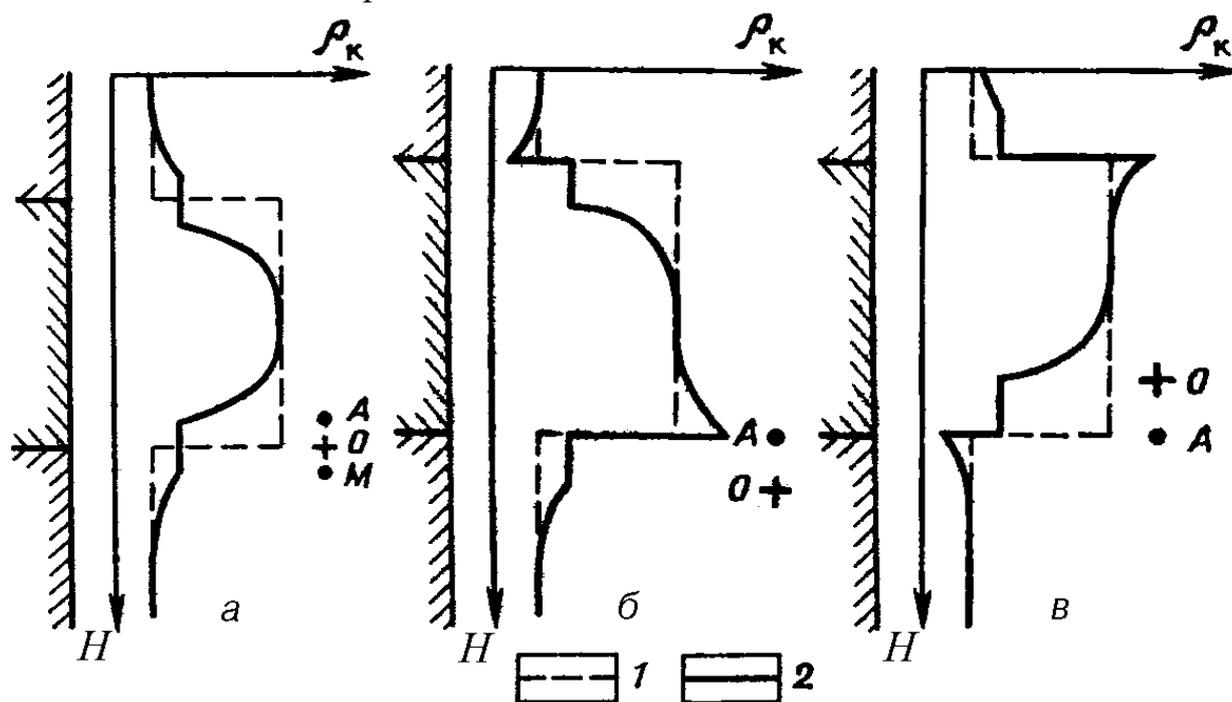


Рис. 17. Форма результирующей кривой зарегистрированные разными зондами кажущего сопротивления в пласте большой мощности.

а – кривые потенциал-зонда, б – подошвенного градиент-зонда; в – кровельного градиент-зонда; 1 – истинное сопротивление пласта $\rho_{п}$; 2 – кажущее сопротивление пласта $\rho_{к}$. [8]

Боковое каротажное зондирование (БКЗ).

На основе особенностей, связанных с глубиной у градиент-зондов, выделяют методику изучения ствола скважины с помощью набора из нескольких градиент-зондов разной длины. Данный метод получил название бокового электрического зондирования (БКЗ). Изучение разреза скважины с помощью нескольких (пять-семь) градиент-зондов позволяет учесть влияние бурового раствора, установить наличие проникновения бурового раствора в пласт, вычислить величину УЭС пласта в зоне проникновения и неизменённой части пласта.

Для прибора «Э35ХС» применяются следующие маркировки градиент-зондов:

- 1) Первый градиент зонд (Г31) – А0.4М0.1N;
- 2) Второй градиент зонд (Г32) – А1.0М0.1N;
- 3) Третий градиент зонд (Г33) – А2.0М0.5N;
- 4) Четвертый градиент зонд (Г34) – А4.0М0.5N;
- 5) Пятый градиент зонд (Г35) – А8.0М1.0N;

б) Кровельный градиент зонд (ГЗК) – N0.5M2.0A, кровельный зонд служит для уточнения границы пластов.

Боковой каротаж (БК)

Исследование электрического сопротивления тонких пластов, мощностью до 2 метров, вскрытых на высокоминерализованном буровом растворе, с помощью трехэлектродных зондов КС – малоэффективно. Для этих целей были разработаны экранированные зонды с фокусировкой тока направленную в глубь породы, впоследствии метод получил название боковой каротаж (БК).

В настоящий момент времени выделяют следующие модификации БК (рисунок 18):

- 1) Трехэлектродный (рисунок 16а);
- 2) Семиэлектродный (рисунок 16б);
- 3) Девятиэлектродный (рисунок 16в).

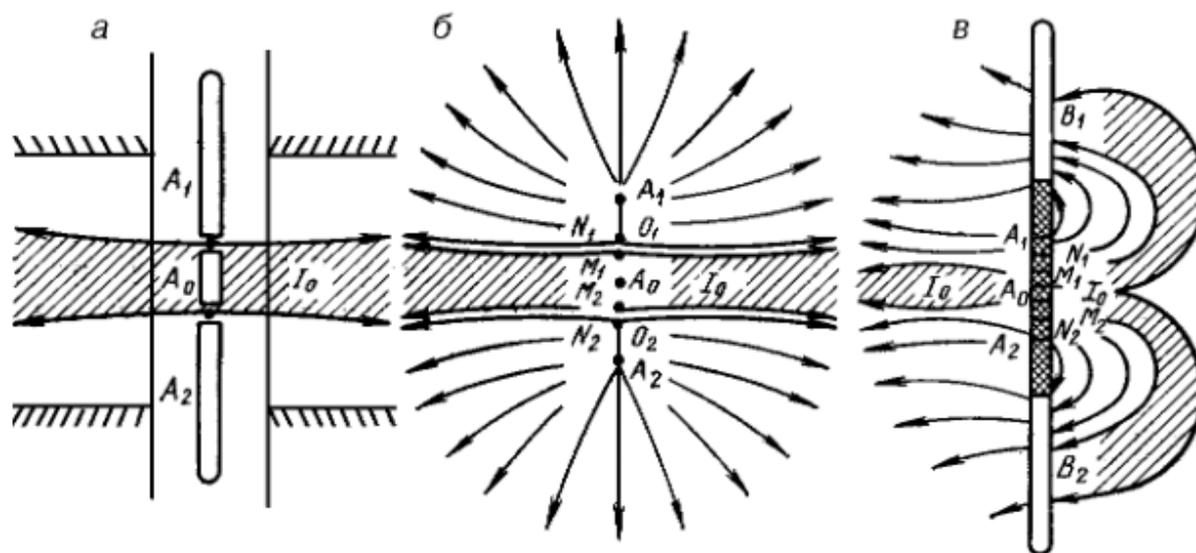


Рис. 18. Принципиальная схема измерения кажущегося сопротивления горных пород в скважине с помощью метода БК:

- а) трехэлектродный (БК–3), б) семиэлектродный (БК–5), в) девятиэлектродный (БК – 7) [8]

Трехэлектродный зонд БК состоит из трех однополярных электродов (A_0 , A_1 , A_2), через которые подается электрический ток одной полярности. Подача тока происходит таким образом, чтобы, через центральный электрод A_0 и фокусирующие (экранирующие) электроды A_1 и A_2 поступал неизменный ток I_0 , вне зависимости от сопротивления горной породы и бурового раствора. Разность потенциалов (ΔU) измеряется между электродом A_0 . В модификациях семи-

электродного и девятиэлектродного БК к токовым электродам (A_0, A_1, A_2) добавляют одну или две пары измерительных электродов (М и N).

Результат измерения относят к середине электрода A_0 . Кажущееся удельное сопротивление определяют по формуле

$$\rho_k = \frac{k \Delta U}{I_0}, \quad (1)$$

где k – коэффициент зонда, зависящий от его геометрических характеристик, ΔU – разность потенциалов между одним из измерительных электродов (М или N) и удаленным электродом N, I_0 – сила тока, текущий через центральный электрод A_0 .

Глубинность метода БК равна трехкратной длине зонда.

На рисунке 19 показаны форма кривой для зондов БК с учетом влияния толщины пластов на величину аномалии удельного электрического сопротивления (ρ_k).

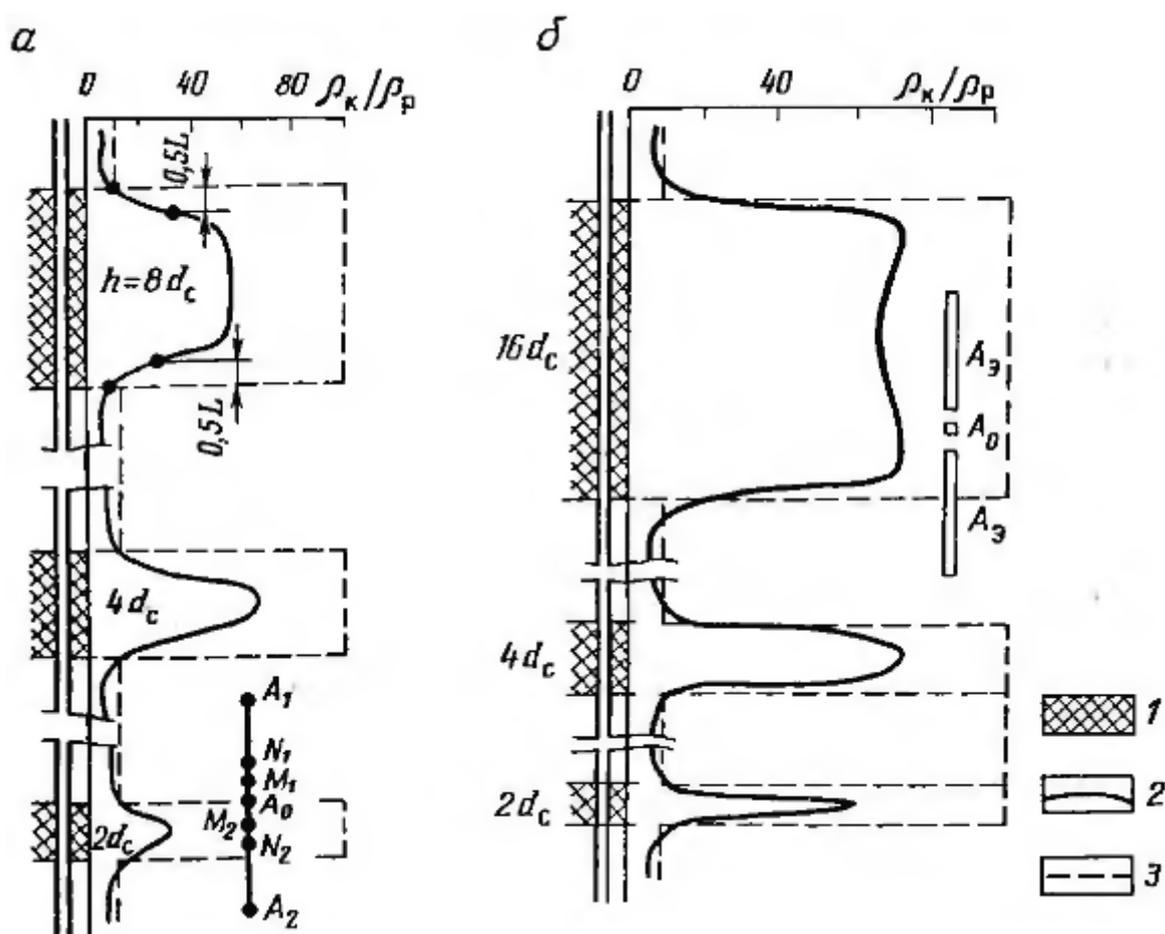


Рис. 19. Форма результирующей кривой кажущегося сопротивления горных пород в скважине с помощью метода БК:

а) Семиэлектродный (БК – 7), б) трехэлектродный (БК – 3);

1 – пласт, 2 – ρ_k/ρ_p , 3 – ρ_n/ρ_p [8]

Обработка результатов регистрации прибором Э35ХС.

По окончании каротажа прибором Э35ХС материал сохраняется в Las–формате. Las–формат представляет собой текстовый документ, состоящий из нескольких разделов (секций). Аббревиатура LAS является сокращением от Log ASCII Standard (ASCII – American Standard Code for Information Interchange). Формат Las был разработан под руководством специального комитета Канадского общества каротажников (Canadian Well Logging Society's Floppy Disk Committee) [12]. После чего данный скважинный материал переносится в специализированные программные пакеты для их визуализации и дальнейшей обработки полученных данных. На рисунке 20 представлен пример каротажного планшета с кривыми, записанными с помощью Э35ХС.

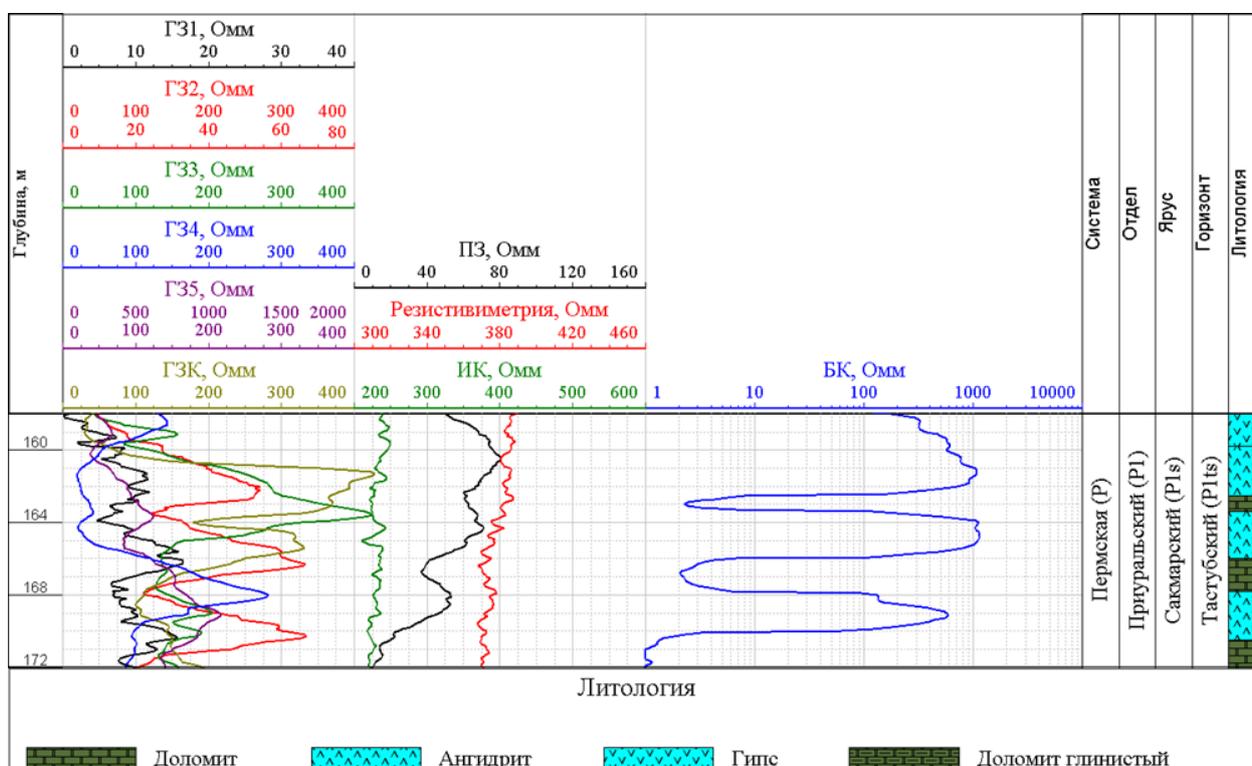


Рис. 20. Пример планшета с кривыми электрометрии, записанными с помощью прибора Э35ХС, скважина «Университетская – 1», гр. 03–605 в 2018 г.

Для проведения интерпретации материала электрометрии необходимо провести сопоставление результирующего планшета кривых электрометрии с литолого–стратиграфическим описанием скважины. На планшете строятся колонки со стратиграфической шкалой и с литологическим описанием. В результате будут выделены пласты, характеризующиеся разным электрическим сопротивлением. После чего в данных пластах снимается значение сопротивления по каждому из методов ГИС и значения вносятся в таблицу 2. Снятие отчетов

УЭС пластов проводится в зависимости от типа кривой (симметричный, не симметричный) [13].

Для симметричных кривых в пластах больше минимальной толщины, отсчеты снимаются в зависимости от количества экстремумов: за отсчет берется среднее из экстремальных значений без учета значений на границах пластов; при плавном изменении амплитуды отсчетом является среднее значение в интервале пласта.

Для не симметричных кривых величина выбирается в зависимости от длины зонда (L) и мощности пласта (h) [13]: при $h \geq 1.2 \cdot L$ отсчет равен среднему значению в интервале пласта, уменьшенном со стороны кровли (для подошвенных зондов) или со стороны подошвы (для кровельных зондов) на длину зонда L.

Во всех остальных пластах, толщина которых меньше $1.2 \cdot L$, отыскивается экстремальное значение в подошве пласта для подошвенного зонда и в кровле для кровельного зонда.

Таблица 2

Среднее значение УЭС пластов в скважине «Университетская–1»

№ пласта	Глубина		Мощность пласта, м	УЭС, Ом·м									Литология	
	Кровля, м	Подошва, м		ГЗ1	ГЗ2	ГЗ3	ГЗ4	ГЗ5	ГЗК	БК	ИК	ПЗ		
1														

Вследствие несовпадения границы пласта с экстремумом на больших зондах, а также возможной неувязки кривых БКЗ между собой и из-за смещения экстремума в наклонных скважинах экстремум отыскивается на некотором расстоянии от подошвы пласта вверх для подошвенных зондов и от кровли вниз для кровельного зонда. Эти величины следующие: 0.2 м для зондов БКЗ с

длиной $L < 1.1; 0.4$ м – для зондов длиной $4.5 > L > 2.2; 0.5$ м для зондов длиной > 7 м.

Задание для студентов.

1. Изучить теоретические основы электрических методов ГИС.
2. Провести литологическое расчленение разреза по самостоятельно записанному с помощью прибора Э35ХС материалу.
3. Снять отсчеты значений сопротивления по каждому из методов ГИС и внести значения в таблицу 2. Описать полученные результаты. Заполнить таблицу 2 у себя по расчлененному разрезу.
4. Построить гистограмму распределения электрических характеристик пластов для каждого записанного, с помощью прибора Э35ХС метода.
5. Написать и оформить главу III отчета «Каротажные работы в открытом стволе скважины».

ЗАНЯТИЕ 5. СКВАЖИННАЯ АППАРАТУРА: ПРИБОР ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ «ГДИ – 7С»

Цель занятия: Знакомство с каротажным прибором ГДИ – 7С, предназначенным для проведения каротажа в закрытом стволе скважины. Проведение каротажа прибором ГДИ–7С в обсаженной части УКПС «Университетская – 1».

Прибор геофизический «ГДИ – 7С» – комплексный программно–управляемый скважинный прибор модульного типа ГДИ – 7С (рисунок 21) предназначен для гидродинамических исследований нагнетательных и эксплуатационных скважин при контроле за разработкой нефтегазовых месторождений методами ЛМ (локатор муфт), ГК (гамма–каротаж), Т (термометрия), СТИ (скважинный термоиндикатор), Р (барометрия), РГД (расходомерия механическая). Прибор запитывается по жиле 1 и ОК. Прибор имеет базовый модуль и может дополняться дополнительными модулями (методами), например, резистивиметрия, ШМ (шумометрия широкополосная).

Технические характеристики прибора ГДИ – 7С

- 1) Габаритные размеры кожуха базового модуля прибора: L–1340 мм; диаметр 36 мм.
- 2) Масса – 7 кг.
- 3) Напряжение – 27 Вольт.
- 4) Ток питания – 200 мА.
- 5) Максимальная потребляемая мощность – 7 Вт.
- 6) Диапазон измерения давления – 60 МПа.
- 7) Максимальное рабочее давление 60 МПа.
- 8) Диапазон рабочих температур от – 10 С° до + 120 С°.

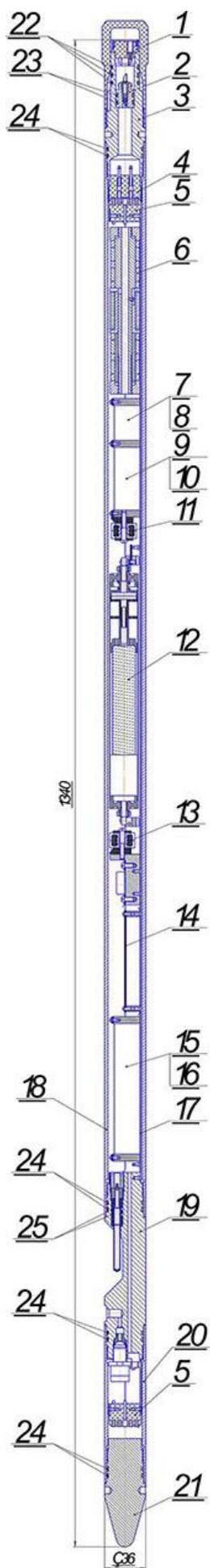


Рис. 21. Комплексный программно–управляемый скважинный прибор модульного типа ГДИ – 7С [6].

- 1 – розетка;
- 2 – изолятор (свеча);
- 3 – головка приборная;
- 4 – щеткодержатель;
- 5 – коллектор;
- 6 – локатор муфт;
- 7 – плата локатора муфт;
- 8 – плата СТИ;
- 9 – плата питания ФЭУ;
- 10 – умножитель напряжения питания ГК;
- 11, 13 – трансформатор;
- 12 – блок детектора ГК;
- 14 – плата питания;
- 15 – плата преобразования и передачи сигнала;
- 16 – плата аналоговых сигналов;
- 17, 20 – шасси;
- 18 – охранный кожух;
- 19 – блок датчиков;
- 21 – заглушка;
- 22 – кольцо 021–025–25 (3 шт.);
- 23 – кольцо 012–016–25 (2 шт.);
- 24 – кольцо 028–032–25 (8 шт.);
- 25 – кольцо 007–010–19 (2 шт.).

Подготовка станции и проведение каротажа с помощью прибора «ГДИ – 7С»

Последовательность действий при подготовке к началу спуско–подъемной операции. Включаем лабораторию каротажную «Вулкан V3» и выполняем следующие пункты:

- 1) Все выключатели «Сеть» установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**.
- 2) Подключить интерфейсный кабель между блоком Вулкан V3 и промышленным компьютером, мышь и клавиатуру.
- 3) Установить на нижний блок–баланс датчик глубин (ДГ или сельсин) ДШК Ясон, к нему подсоединить датчик магнитных меток Ясон – ММ. К ДГ подсоединить сельсиновый кабель.
- 4) Перед подсоединением скважинного прибора «прозвонить» мегаомметром геофизический кабель на утечку через контакты 1 – ОК «Кабель» блока «ВулканV3» или кабельный наконечник жила 1 (ЦЖК) – ОК (**Внимание!!! При этом на блоке «ВулканV3» в контактах «Кабель – «Вход» не должно быть перемычек!!!**). Сопротивление жилы должно быть не менее 15 МОм!
- 5) К кабельному наконечнику подсоединить прибор ГДИ–7С, предварительно проверить резиновые уплотнительные кольца на приборной головке, смазать их и соединительную резьбу. Вставить перьевой контакт (семечку, штырек) в первую жилу (ЦЖК).
- 6) На блоке «Вулкан V3» выходы «Кабель» на контактах 1 – ОК тестером (мультиметром) проверить наличие цепи с прибором (звониться должен через диод – т.е. меняя концы тестера показания будут разные). Воткнуть перемычки на панели «ВулканV3» – «Кабель»– «Вход» 1 – 1 и ОК – ОК.
- 7) Вставить сетевой шнур в розетку. Включить блок «Ясон», монитор, промышленный компьютер, блок «Вулкан V3».
- 8) Запустить программу Registration 3.0.
- 9) С левой стороны нажать желтую паку «Открыть планшет», выбрать папку (например, для нашего прибора ГДИ – 7С) – КФУ – ОК – прибор ГДИ – 7С –ОК. Произойдет загрузка планшета для выбранного прибора.
- 10) Выбрать вкладку «Регистратор», поставить галочку Вулкан–3.
- 11) Выбрать вкладку «Планшет», выбрать «Номер прибора» – 23.
- 12) Выбрать вкладку «Регистратор», команда – «Подключить регистратор». Произойдет загрузка драйвер регистратора. Команда старт записи (иконка повернутого треугольника) должна стать активной (окрасится в зелёный цвет). Окно с предупреждением «Выключить «Актор» и «Выключить «Гекат», необхо-

димо для избегания конфликта в питании прибора ГДИ – 7С т.к. питание прибора будет осуществляться от блока питания «Вулкан V3».

13) Во вкладке «Регистратор» или через кнопку быстрого доступа «Питание прибора» указать питание – 27 В, ток – 200 мА. По нажатию кнопки «Установить» прибор запустится. Ниже можно наблюдать ток и напряжение, которое потребляет прибор (аналогичные ток и напряжение будут на блоке питания «Вулкан V3»), а также можно наблюдать изменение показаний прибора на планшете. Необходимо проверить реагирование датчиков на приборе ЛМ, Т, СТИ, ВГД, РГД на устье скважины.

14) Геофизической лебедкой установить прибор по «Нулям» на устье скважины (кабельный наконечник должен быть на уровне верхней муфты кондуктора). Используем команды для машиниста каротажного подъемника при установке прибора на устье «Стоп!», «Вира!» (подъем), «Майна!» (спуск) по радиации и жестами.

Действия Оператора на каротажной станции:

1) Включить «Старт» – зеленый треугольник «Старт записи» (Запись делаем сверху вниз!). Дать машинисту команду по радиации «Майна запись» и скорость проведения каротажа (например, 500 м/ч).

2) На глубине 230 м (фактический забой) дать команду «Стоп!» Нажать кнопку «Стоп записи!» Отключить питание прибора ГДИ – 7С через вкладку «Регистратор», команда «Питание прибора» или через кнопку быстрого доступа. Нажать команду «Отключить регистратор».

3) Дать команду «Полный подъем!» с указанием скорости (например, 1500 м/ч). Контролировать подъем прибора по панели «Ясон». За 20 м при входе в кондуктор (100 м башмак) уменьшить скорость подъема до 250 м/ч, на глубине 90 м увеличить скорость (например, 1500 м/ч).

4) За 20 м до выхода прибора из скважины дать команду машинисту уменьшить скорость до 250 м/ч, дать команду бригаде встречать прибор на устье скважины.

5) При «встрече» прибора на устье скважины использовать команды для машиниста каротажного подъемника «Стоп!», «Вира!», «Майна!» по радиации и жестами.

6) Извлечь прибор из скважины, отсоединить кабельный наконечник, протереть ветошью и закрыть устье скважины!

7) Выключить блок «Ясон», блок «Вулкан V3», снять ДШК Ясон и Ясон–ММ, смотать сельсиновый кабель, каротажный кабель.

8) Провести первичный анализ качества полученного материала (находится в папке Intervals или вкладка «Вход» – «Просмотр интервала»).

9) Выйти из программы, выключить компьютер, вынуть сетевой шнур.

Задание для студентов.

1. Изучить конструкцию прибора «ГДИ–7С».

2. Освоить принципы проведения спуско–подъемной операции прибором, предназначенным для изучения обсаженных скважин. Самостоятельно провести спуско–подъемную операцию прибора ГДИ–7С с записью материала в бригаде не более 6 человек.

3. Провести анализ качества каротажных диаграмм.

4. Начать оформлять главу IV отчета «Каротажные работы в обсаженном стволе скважины».

ЗАНЯТИЕ 6. ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ, ЗАПИСАННЫХ ПРИБОРОМ «ГДИ – 7С»

Цель занятия: Обработка материалов, полученных при регистрации прибором ГДИ – 7С.

Краткая теоретическая подготовка по методам ГИС контроля технического состояния скважины и состава притока

Резистивиметрия

Метод резистивиметрии основан на изучении удельного электрического сопротивления жидкости расположенной в стволе скважины. Резистивиметрию разделяют на два типа токовая и индукционная [7, 9, 10].

Токовая резистивиметрия основана на изучении удельного электрического сопротивления с помощью градиент зондов малой длины. К недостаткам таких датчиков следует отнести, прежде всего, влияние контактных разностей потенциалов на границе «датчик – среда» и окисной либо нефтяной пленки на результат измерения проводимости среды, что существенно ограничило применение метода в современной отечественной аппаратуре.

Индукционная резистивиметрия основана на изучении удельной электрической проводимости с помощью вихревых токов. Ограничения метода связаны с одновременным влиянием на показания индукционного резистивиметра водосодержания, минерализации воды, гидрофильного и гидрофобного типов водонефтяной смеси, температуры среды. Для гидрофобной смеси показания близки к нулевым значениям удельной электрической проводимости.

На рисунке 22 представлены примеры кривых электрической проводимости в зависимости от типа жидкости в стволе скважины.

Влагометрия

Диэлектрическая влагометрия основана на изучении относительной диэлектрической проницаемости жидкости расположенной в стволе скважины.

Глубинные влагомеры представляют собой RC и LC–генераторы, в колебательный контур которых включен измерительный конденсатор проточного типа. Между обкладками конденсатора протекает водонефтяная, газоводяная или многокомпонентная смесь, изменяющая емкость датчика с последующим преобразованием изменения емкости в сигналы разной частоты. В результате преобразования электрического сигнала от конденсатора с помощью RC–

генератора мы получим величину частоты, которая напрямую будет зависеть от диэлектрической проницаемости скважинной жидкости [10].

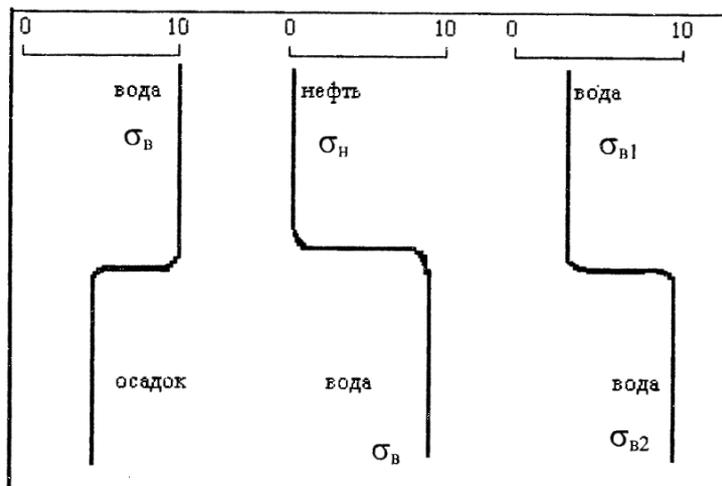


Рис. 22. Форма результирующей кривой удельной электрической проводимости в зависимости от типа жидкости в стволе скважины [10]

Как правило, датчик влагометрии используется, как индикатор и не предназначен для количественных измерений. Это связано с трудностями калибровки датчика на эталонных жидкостях с заранее заданным влагосодержанием и значительным влиянием загрязнения датчика на результат измерения. При использовании датчиком влагометрии следует иметь в виду, что он является локальным датчиком и характеризует только ту область флюида, которая находится в чувствительной зоне датчика – между центральным электродом и корпусом прибора. Состав флюида, находящегося вне рабочей зоны, не оказывает влияния на величину выходного сигнала [6].

На рисунке 23 представлены типичные кривые влагометрии в зависимости от типов жидкости, в которой находится прибор.

Барометрия

Скважинная барометрия основана на изучении давления в точке или распределения давления по всему столбу в разных режимах работы скважины. Для определения давления используются тензодатчики. Давление в любой точке скважины определяется как мера силы, приходящаяся на единицу площади поверхности [1, 11].

Принципиальная схема работы датчиков барометрии основана на тензоэффекте. Чувствительный элемент является мембрана, соединённая с тензорезистом. Под внешним воздействием упругая мембрана изменяет свою форму,

при этом тензорезистор также начинает деформироваться и менять величину своего сопротивления, что приводит к разбалансу моста Уитстона, который линейно связан с приложенным давлением [1, 11].

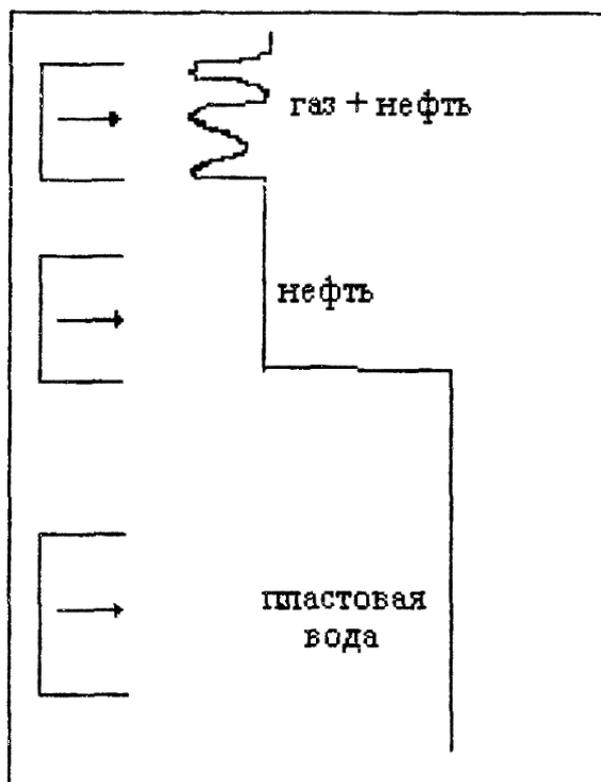


Рис. 23. Форма кривых скважинной влагометрии в зависимости от типа флюида [11]

На рисунке 24 представлена кривая давления в зависимости от типа жидкости заполняющая ствол скважины.

Скважинная дебитометрия, расходомерия

Дебитометрия, расходомерия – метод, изучающий скорость потока жидкости или газа поступающих или закачиваемых в пласты. Выделяют две разновидности приборов для проведения дебитометрии, расходомерии: механическая (РГД) и термокондуктивная (СТИ/СТД) [1].

Чувствительным элементом механической дебитометрии, расходомерии является многолопастная турбинка, обороты которой считываются с помощью индукционных датчиков.

Для термокондуктивной дебитометрии, расходомерии используют терморезистор, нагреваемый электрическим током до температуры, превышающей температуры среды.

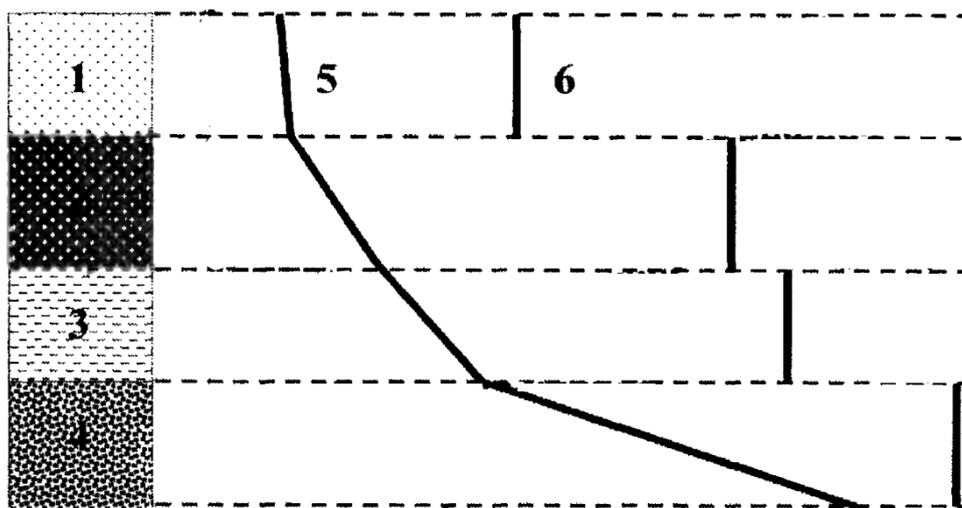


Рис. 24. Форма кривых барометрии в зависимости от жидкости:
 1 – интервалы ствола, заполненные газом; 2 – интервалы ствола заполненные нефтью; 3 – интервалы ствола заполненные водой; 4 – интервалы ствола заполненные осадком бурового раствора; 5 – кривая давления;
 6 – кривая градиента давления [1]

В результате замеров дебитомерами, расходомерами рассчитывают скорость потока в скважине. На практике у каждого типа датчиков присутствуют свои положительные и отрицательные особенности. Для механических датчиков ограничения связаны с минимальной и максимальной величиной скорости потока. Для термокондуктивных датчиков состав флюида оказывает сильное влияние на показания. В качестве положительных особенностей для термокондуктивных датчиков можно выделить большую чувствительность к скорости потока жидкости без ограничений, а для механических отсутствие зависимости от типа флюида. По этой причине в скважине применяют оба дебитомера, расходомера. Следует отметить, что для количественной оценки применяется только механические датчики. Измерения термокондуктивными датчиками используется только на качественном уровне из-за большого количества факторов, влияющих на показания. Количественная оценка зависит от точного состава флюида, направления движения потока (радиальная составляющая потока), температуры среды и мощности нагревателя [10].

Термометрия

Термометрия основана на изучении естественных и искусственных тепловых полей в скважине. В качестве чувствительного элемента используют

терморезистор [7, 11]. С помощью регистрации решается большое количество задач:

1. В перфорированных пластах:
 - 1) выделение интервалов притока (приемистости);
 - 2) выделение отдающих (поглощающих) пластов;
 - 3) установление интервалов обводнения.
2. В неперфорированных пластах:
 - 1) прослеживание местоположения температурного фронта закачиваемых вод.
3. При контроле технического состояния скважин:
 - 1) выявление затрубных циркуляций;
 - 2) определение мест негерметичности обсадной колонны.
4. Для выбора оптимального режима работы технологического оборудования на скважине:
 - 1) определение глубины и интервалов разгазирования нефти;
 - 2) установление уровня жидкости в скважине.

Метод электромагнитной локации муфт (ЛМ)

Метод электромагнитной локации муфт (ЛМ) основан на изучении электромагнитных волн и их взаимодействия в проводниках электрического тока. Метод применяется для привязки каротажного материала по глубине по положению муфтовых соединений колонны и НКТ; для отбивки глубины забоя; определения положений башмака колонны и низа НКТ; определения положения интервалов перфорации [7, 9, 10].

Датчик локатора муфт представляет собой магнитную систему, которая состоит из многослойной катушки с сердечником и двумя постоянными магнитами. С помощью магнитов создается магнитное поле вокруг датчика и по мере изменения магнитного поля можно судить о наличии муфтовых соединений, наличие коррозии в металлической колонне, наличие отверстий в металлическом колонне.

Обработка и интерпретация результатов, записанных прибором «ГДИ – 7С»

По окончании каротажа прибором ГДИ – 7С материал сохраняется в Las-формате. Скважинный материал загружают в специализированные программные пакеты для их визуализации и дальнейшей обработке полученных данных.

На рисунке 25 представлен пример каротажного планшета с кривыми, записанными с помощью ГДИ – 7С.

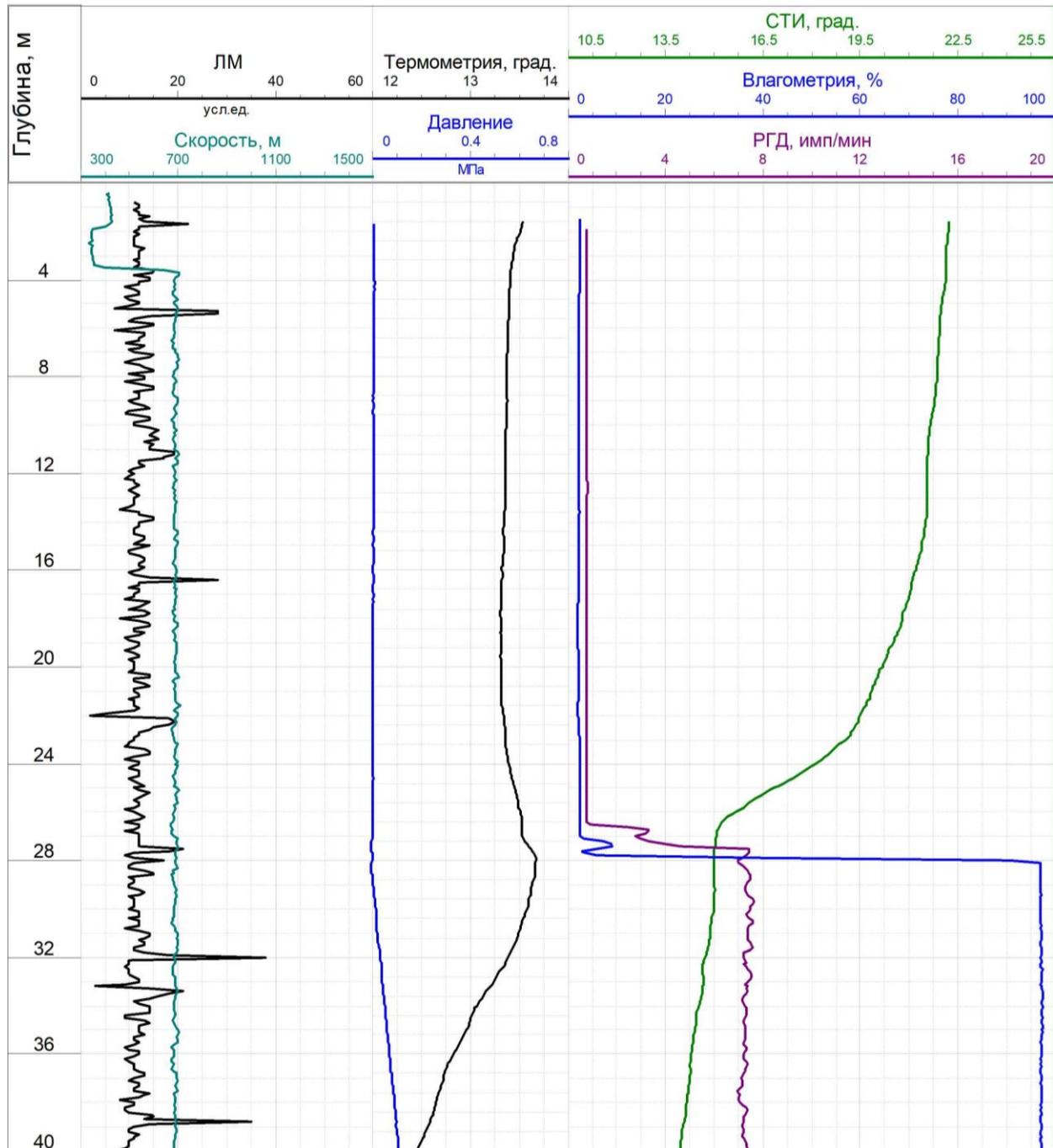


Рис. 25. Пример планшета с кривыми, зарегистрированными с помощью прибора ГДИ – 7С на подъёме; скважины «Университетская – 1», гр. 03–105 в 2023 г

По результирующему планшету можно определить положение зеркала воды в скважине, состав скважинного флюида, температуру и давление столба жидкости. По кривой ЛМ определить количество и длину спущенных обсадных труб в колонне (занести результат в таблицу 3). При наличии аномалий на кри-

вых РГД или СТИ указать интервалы аномалий и объяснить возможные причины их возникновения.

Таблица 3

Количество и длина обсадных труб в колонне

№ трубы	1	...	N
L, длина(м)			

Задание для студентов.

1. Изучить теоретические основы методов геофизических исследований в обсаженной скважине.

2. Определить на какой глубине находится уровень жидкости в скважине на момент исследования. Определить температуру, давление и влажность на устье скважины, на глубине уровня жидкости в скважине и на текущем забое скважины.

3. Оценить количество и длину спущенных обсадных труб в колонне и заполнить таблицу 3.

4. Выявить аномалии в поведении температуры и давления в скважине «Университетская–1», указать глубины этих аномалий. Сделать предположения о причинах возникновения выявленных аномалий.

5. Написать и оформить главу IV отчета «Каротажные работы в обсаженном стволе скважины».

ЗАНЯТИЕ 7. ПОДГОТОВКА ОТЧЕТА

Цель занятия: подготовить отчет по результатам работ учебной геофизической практики по части геофизические исследования скважин.

Результаты учебной практики оформляются в виде отчета, который должен содержать исчерпывающие сведения о проведенных работах.

План отчета следующий:

- 1) Введение
- 2) Глава I. Структура научно–исследовательская лаборатория скважинной геофизики, оборудование и конструкция скважины Университетская – 1.
- 3) Глава II. Скважинное геофизическое оборудование.
- 4) Глава III. Каротажные работы в открытом стволе скважины.
- 5) Глава IV. Каротажные работы в обсаженном стволе скважины.
- 6) Заключение.

Во Введении должны быть представлены сведения о целевом назначении учебной практики, место прохождения практики, о составе бригады с указанием личного вклада каждого участника бригады при выполнении работ и составлении отчета.

В главе I описывается структура научно–исследовательской лаборатории скважинной геофизики, оборудование и конструкция УКПС «Университетская – 1».

В главе II кратко описываются принцип устройства геофизического кабеля, кабельного наконечника, геофизического коллектора, устройства измерения глубины и каротажной станции. Какие используются марки оборудования на скважине «Университетская – 1» и их технические характеристики, назначение.

В главе III делается детальное описание проведения спуско–подъемной операции (СПО) прибором Э35ХС, приводятся технические характеристики прибора, последовательность действий и используемые параметры при проведении СПО. Проводится обработка и интерпретация каротажного материала с письменным пояснением и указаниями на планшете конкретных параметров по кровле, подошве, сопротивлению пластов.

В главе IV делается детальное описание проведения спуско–подъемной операции (СПО) прибором ГДИ – 7С. Проводится обработка и интерпретация каротажного материала с письменным пояснением и указаниями на планшетах температура и давление в стволе скважины. В конце главы необходимо сделать предположение о природе выявленных аномалий температуры и давления.

В заключении делаются выводы о проделанной работе и приобретении новых знаний и компетенций во время прохождения практики.

Задание для студентов.

1. Составить полный отчет согласно плану, приведенному в занятии 7 данного учебно–методического пособия. Использовать для общих правил оформления отчета учебно–методическое пособие «Методическое пособие по подготовке и оформлению курсовой работы (уровень бакалавриата) по направлению 05.03.01 Геология» [14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Геофизические исследования скважин: справочник мастера по промысловой геофизике / под. общ. ред. В.Г. Мартынова, Н.Е. Лазуткиной, М.С. Хохловой. – М: Инфра-инженерия, 2009. – 960 с.
2. *Косков В.Н.* Промысловая геофизика: учеб. пособие / В.Н. Косков. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 279 с.
3. Тепловые процессы при работе погружных кабелей. URL: <https://pue8.ru/kabelnye-linii/629-teplovye-protsessy-pri-rabote-pogruzhnykh-kabelej.html> (дата обращения: 03.12.2024).
4. Коллекторы геофизические типа КГ-ЛОТ1. URL: [https://www.deltalot.ru/production/kollektory-geofizicheskie-kg-lot/#:~:text=Коллектор%20состоит%20из%204-х,и%20металлического%20кожуха%20\(11\)](https://www.deltalot.ru/production/kollektory-geofizicheskie-kg-lot/#:~:text=Коллектор%20состоит%20из%204-х,и%20металлического%20кожуха%20(11)) (дата обращения: 03.12.2024).
5. Паспорт (Руководство по эксплуатации). Прибор электрического каротажа Э35ХС. – г. Краснодар: Геосканер, 2012. – 18 с.
6. Паспорт и руководство по эксплуатации. Комплексный программно-управляемый скважинный прибор модульного типа ГДИ-7С. – г. Бугульма: ООО «ТНГ-Универсал», 2011 – 35 с.
7. Промысловая геофизика: Учеб. для вузов / В.М. Добрынин, Б.Ю. Вендельштейн, Р.А. Резванов и др. – М.: ФГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. – 400 с.
8. Геофизика: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения / под редакцией В.К. Хмелевского. – М.: «КДУ», «Добросвет», 2018. – 978-5-7913-1031-6
9. Геофизические методы исследования скважин. Справочник геофизика / Под ред. В. М. Запорожца. – М.: Недра, 1983. – 591 с.
10. *Ипатов А.И.* Геофизический и гидродинамический контроль разработки месторождений углеводородов. // А.И. Ипатов, М.И. Кременецкий. – М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006. – 780 с.
11. Геофизические исследования и работы в скважинах: в 7 т. / Сост.: Р.А. Валиуллин, Р.К. Яруллин. – Уфа: Информреклама, 2010. – Т. 3. Исследования действующих скважин. – 172 с, ил.
12. Стандарт хранения данных каротажа las (версии 1.2 и 2.0): учебное пособие / В.Е. Косарев, Л.Р. Косарева, Б.М. Насыртдинов и др. – Казань: Казанский университет, 2020. – 22 с.

13. «Прайм». Обработка данных открытого ствола. Руководство пользователя. – Уфа, 2023. – 163 с.

14. Методическое пособие по подготовке и оформлению курсовой работы (уровень бакалавриата) по направлению 05.03.01 Геология: учеб.-метод. пособие/ А.С. Борисов, Е.В. Ячменева, Н.Н. Равилова, С.Е. Валеева, Э.В. Утемов. - Казань: КФУ, 2019. – 28 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Стратиграфия				Литология			
Горизонт	Ярус	Отдел	Система	Мощность	Кровля	Подошва	Порода
Стерлитамакский (P1st)	Сакмарский (P1s)	Приуральский (P1)	Пермская (P)	0.1	99.8	99.9	Доломит
				3	99.9	102.9	Ангидрит
				0.3	102.9	103.2	Доломит
				2	103.2	105.2	Ангидрит
				0.1	105.2	105.3	Доломит
				0.9	105.3	106.2	Ангидрит
				0.7	106.2	106.9	Доломит
				0.3	106.9	107.2	Ангидрит
				0.3	107.2	107.5	Доломит
				0.6	107.5	108.1	Ангидрит
				0.2	108.1	108.3	Доломит
				0.9	108.3	109.2	Ангидрит
				1.7	109.2	110.9	Доломит
				1.3	110.9	112.2	Гипс
				1.8	112.2	114	Доломит
				0.9	114	114.9	Гипс
				1.8	114.9	116.7	Доломит
				1.6	116.7	118.3	Гипс
				0.9	118.3	119.2	Ангидрит
				0.7	119.2	119.9	Гипс
				0.1	119.9	120	Доломит
				0.4	120	120.4	Гипс
				0.3	120.4	120.7	Доломит
				0.2	120.7	120.9	Гипс
				0.7	120.9	121.6	Доломит
				2.5	121.6	124.1	Ангидрит
				0.3	124.1	124.4	Гипс
				0.2	124.4	124.6	Доломит
				0.2	124.6	124.8	Гипс
				0.3	124.8	125.1	Доломит
				2	125.1	127.1	Гипс
				1.6	127.1	128.7	Доломит
1.1	128.7	129.8	Гипс				
2.9	129.8	132.7	Ангидрит				
0.3	132.7	133	Доломит				
1.6	133	134.6	Ангидрит				
0.4	134.6	135	Гипс				

Стратиграфия				Литология			
Горизонт	Ярус	Отдел	Система	Мощность	Кровля	Подошва	Порода
Стерлитамакский (P1st)	Сакмарский (P1s)	Приуральский (P1)	Пермская (P)	0.4	135	135.4	Доломит
				0.1	135.4	135.5	Гипс
				0.3	135.5	135.8	Доломит
				0.8	135.8	136.6	Гипс
				0.4	136.6	137	Ангидрит
				0.1	137	137.1	Гипс
				6.2	137.1	143.3	Ангидрит
Тастубский (P1ts)				3.7	143.3	147	Доломит
				2.7	147	149.7	Ангидрит
				1.4	149.7	151.1	Доломит
				0.2	151.1	151.3	Гипс
				2.6	151.3	153.9	Доломит
				1.3	153.9	155.2	Ангидрит
				0.2	155.2	155.4	Доломит
				0.3	155.4	155.7	Ангидрит
				0.7	155.7	156.4	Гипс
				1.6	156.4	158	Доломит
				1.8	158	159.8	Гипс
				6.8	159.8	166.6	Ангидрит
				1.2	166.6	167.8	Доломит
				2.7	167.8	170.5	Ангидрит
				2.7	170.5	173.2	Доломит
				0.7	173.2	173.9	Гипс
				1.2	173.9	175.1	Ангидрит
				0.4	175.1	175.5	Гипс
				3.6	175.5	179.1	Доломит
				0.2	179.1	179.3	Гипс
				Шихан-ский (P1sh)	Ассельский (P1a)	0.4	179.3
0.1	179.7	179.8	Гипс				
0.5	179.8	180.3	Ангидрит				
0.5	180.3	180.8	Гипс				
22.4	180.8	203.2	Доломит				
0.3	203.2	203.5	Гипс				
7.5	203.5	211	Доломит				

Стратиграфия				Литология			
Горизонт	Ярус	Отдел	Система	Мощность	Кровля	Подшва	Порода
Мелеховский (С3mlh)	Гжельский (С3g)	Верхний (С3)	Каменноугольная (С)	0.2	211	211.2	Гипс
				1.8	211.2	213	Доломит
				0.2	213	213.2	Гипс
				0.6	213.2	213.8	Доломит
				0.2	213.8	214	Гипс
				27.3	214	241.3	Доломит
Ногинский (С3ng)				0.3	241.3	241.6	Гипс
				23.2	241.6	264.8	Доломит
				0.3	264.8	265.1	Доломитовый мергель
Павлово-садский (С3pp)						34.9	265.1

Учебно–методическое пособие

Насыртдинов Булат Мансурович

Усманов Анатолий Искандерович

Фаттахов Артур Вилданович

Ячменёва Екатерина Анатольевна

**УЧЕБНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА:
РАЗДЕЛ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
СКВАЖИН**