

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**«Литологическое расчленение разреза по данным комплекса ГИС  
(на примере Ромашкинского месторождения Республики Татарстан)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы очной формы обучения  
геологического факультета  
по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Геолого-геофизический сервис  
нефтегазовых скважин»  
Аль-Хафаджи Мустафа Мохаммед

Научный руководитель

кандидат геол.-мин.наук, доцент

\_\_\_\_\_

М.В. Калининкова

подпись, дата

Зав. кафедрой

кандидат геол.-мин.наук, доцент

\_\_\_\_\_

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2020

**Введение.** Актуальность темы данной выпускной квалификационной работы определяется тем, что литологическое расчленение разрезов скважин – наиболее важная и исторически первая задача, для решения которой зародилась промысловая геофизика и которая решается на первом этапе комплексной интерпретации материалов геофизических исследований скважин (ГИС).

При бурении каждой скважины необходимо изучить ее геологический разрез: определить последовательность залегания и литолого-петрографическую характеристику горных пород, выявить наличие в них полезных ископаемых и оценить их содержание. Для этого в процессе бурения отбирают керн и шлам. Однако получаемые образцы пород не дают полного представления о геологическом разрезе.

Геофизические исследования разрезов скважин выполняются широким комплексом, включающим электрические, магнитные, радиоактивные, термические, механические и физико-химические методы для решения геофизических и геологических задач.

Методы интерпретации результатов геофизических исследований скважин разработаны большим коллективом российских и зарубежных специалистов. Исследованиями Л. М. Альпина и С. Г. Комарова были созданы способы определения удельного электрического сопротивления пород по данным боковых электрических зондирований. В.И. Дахновым, Б.Ю. Вендельштейном, В.М. Добрынином, В.Н. Кобрановой, Д.А. Кожевниковым, М.Г. Латышевой, М.Д. Шварцманом и другими была создана методика определения пористости и нефтенасыщения пород по удельному электрическому сопротивлению, разработаны способы интерпретации диаграмм электрометрии скважин методом кажущихся сопротивлений в пластах ограниченной мощности, диаграмм потенциалов собственной поляризации и данных термометрии. На рубеже вопросами интерпретации результатов геофизических исследований скважин занимаются Э. Г. Урманов, А. В. Габнасыров, А. С. Некрасов, В. И. Дворкин и другие.

Литологическое расчленение разрезов скважин осуществляется по диаграммам комплекса методов ГИС, это дает более полную и точную картину о разрезах скважин. Поэтому следует изучать типы литологических разрезов скважин по комплексу методов ГИС. В данной выпускной квалификационной работе дано описание стандартного комплекса методов ГИС, типов литологических разрезов, приведены основные признаки выделения пород этих разрезов, а также приведена интерпретация диаграмм методов ГИС.

**Целью** работы являлось проведение литологического расчленения разреза нефтегазовой скважины по данным стандартного комплекса ГИС.

Исходя из этого, задачами данной работы являются:

- изучить геолого-геофизическую характеристику Ромашкинского месторождения республики Татарстан;
- дать описание комплексов ГИС, применяемых в поисковых и разведочных скважинах;
- рассмотреть наиболее часто встречающиеся на территории исследования типы разрезов;
- описать основные признаки выделения пород на диаграммах методов ГИС;
- провести интерпретацию диаграмм стандартного комплекса ГИС на примере скважины № 99 Ромашкинской (Учебной) площади.

Данная работа включает в себя введение, 4 раздела, заключение, список используемых источников, 1 приложение. Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика территории исследования», Раздел 2 «Методика литологического расчленения разрезов скважин», Раздел 3 «Физические основы методов ГИС, входящих в комплекс стандартного каротажа», В третьем разделе «Результаты исследования».

**Основное содержание работы.** Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика территории исследования» содержит четыре подраздела. Подраздел 1.1 «Общие сведения о территории исследования». Содержит общие сведения о территории исследования. В административном отношении район работ Ромашкинское месторождение находится в юго-

восточной части Татарстана и расположено к северо-западу от города и железнодорожной станции Бугульма. Во втором подразделе 1.2 «Литолого-стратиграфическая характеристика района работ», приведено описание литолого-стратиграфического разреза Ромашкинского месторождения. В подразделе 1.3 «Тектоника» приведены данные о структурном плане изучаемой площади. На территории Татарстана фундамент и покрывающие его образуют терригенные отложения девона несколько крупных положительных и отрицательных тектонических структур, связанных своим происхождением с глыбовыми движениями и вертикальными разломами в теле фундамента. Подраздел 1.4. «Нефтегазоносность» содержит информацию о нефтегазоносности района, в котором расположено исследуемое месторождение. В продуктивной толще Ромашкинского месторождения, в северо-восточной части расположены разрабатываемые площади НГДУ «Джалильнефть». В строении месторождения принимают участие мощные толщи осадочных отложений девонской, каменноугольной, пермской и четвертичной систем.

**Раздел 2 «Методика литологического расчленения разрезов скважин»** содержит 2 подраздела.

Подраздел 2.1 «Комплексы геофизических исследований разрезов скважин, бурящиеся на нефть и газ» содержит определение, описание и задачи, которые выполняет различные комплексы геофизических исследований разрезов скважин. Состав комплекса обуславливается назначением скважины (геологическими задачами, поставленными перед бурением), геолого-геофизической характеристикой изучаемого разреза, условиями измерений и технологией проводки скважины (типом промывочной жидкости: пресная, соленая, непроводящая). Комплексы геофизических исследований скважин, бурящиеся на нефть и газ рассчитаны на изучение геологического разреза скважин.

В зависимости от своего назначения комплексы подразделяются на типовые и обязательные. Данные комплексы распространяются на поисковые, разведочные и эксплуатационные скважины.

Типовые комплексы включают основные и дополнительные методы. К основным отнесен минимальный набор геофизических исследований, обеспечивающий в обычных условиях решение геологических задач, и выполняются в обязательном порядке. Дополнительные исследования применяют с учетом специфики конкретных районов при сложных геолого-технических условиях, когда основные методы не обеспечивают выполнение поставленных задач.

На основе типовых комплексов в новых нефте- и газоносных регионах разрабатываются комплексы, подлежащие безусловному выполнению всеми геофизическими предприятиями. Невыполнение отдельных видов исследований допускается в исключительных случаях по согласованному решению геологической и геофизической служб, которое оформляется двусторонним актом с указанием причин невозможности проведения исследований полным комплексом, и доводится до сведения вышестоящих организаций.

В нефтегазовых скважинах республики Татарстан, выполняют стандартный комплекс ГИС, обязательный для решения поисковых и разведочных задач.

Подраздел 2.2 «Литологическое расчленение терригенного и карбонатного разрезов скважин». Исследования разрезов скважин по материалам ГИС базируются на различии физических свойств пород, Методика литологического расчленения наиболее типичных разрезов – терригенного и карбонатного – имеет некоторые различия.

Терригенный разрез. Литологическое расчленение разреза, согласно сведениям, ГИС выполняется в два этапа: сначала разделяют породы на коллекторы и неколлекторы, а потом из числа коллекторов и неколлекторов выделяют отдельные литологические разности. В терригенном разрезе неколлекторы делятся на глинистые и на все прочие вмещающие породы. По данным ГИС безошибочно можно определить только группу глинистых

пород (собственно глины, аргиллиты, глинистые сланцы). Все без исключения данные породы характеризуются увеличением диаметра скважины (КВ) по сравнению с номинальным, низким кажущимся удельным электрическим сопротивлением (КС), наиболее высокими показаниями ПС и ГК, низкими показаниями НГК и микрозондов, наиболее высокими значениями  $\Delta t$  (АК). К основному классу принадлежат песчаники и алевролиты, характеризующиеся наиболее невысокой пористостью и наиболее высокой глинистостью. Второй класс составляют глины, содержащие песчаный, алевритовый или карбонатный материал, для которых характерны показания методов ГИС, типичных для глин.

Карбонатный разрез. При расчленении карбонатного разреза на диаграммах ГИС сначала выделяются межзерновые коллекторы, а в остальной части разреза проводят литологическое расчленение с выделением сложных коллекторов. Глины хорошо выделяются по качественным признакам на диаграммах ГИС, как и в терригенном разрезе. Мергели отмечаются повышенными значениями КС, наиболее значительными, чем глины, но меньшими, чем известняки и доломиты. Низкопористые известняки и доломиты расчленяют на классы неколлекторов и кавернозно-трещинных коллекторов по фильтрационным свойствам и на классы известняков, доломитов и промежуточных литологических разностей по минеральному составу скелета.

**Раздел 3 «Физические основы методов ГИС, входящих в комплекс стандартного каротажа»** содержит 4 подраздела.

В подразделе 3.1 «Метод кажущегося сопротивления» рассмотрены теоретические основы метода. Метод кажущегося сопротивления основан на изучении распределения искусственного стационарного и квазистационарного электрических полей в горных породах. Измерения проводят с помощью зондов, включающих в себя электроды АВМН. Электроды зонда, включенные в одну цепь, токовую или измерительную называются парными, а третий электрод, включенный в одну цепь с электродом находящимся на поверхности – непарным. Для измерения  $\rho_k$

пород при каротаже сопротивлений применяют два типа зондов: градиент зонд (ГЗ) и потенциал зонд (ПЗ).

В подразделе 3.2 рассмотрен «Метод самопроизвольной поляризации». Естественное поле, возникающее в скважине и около нее, называют самопроизвольной поляризацией, а измеряемую величину поля самопроизвольным потенциалом и сокращенно обозначают ПС. В результате электрохимической активности горных пород, находящихся в условиях естественного залегания, возникает естественное электрическое поле. Основной причиной возникновения ПС в осадочных породах является наличие процессов диффузии.

В подразделе 3.3 рассмотрен «Метод кавернометрии». Кавернометрия (КВ) заключается в измерении среднего диаметра буровой скважины. Измерение диаметра скважины происходит: на хрупких породах; в зонах дробления; в глинистых пластах из-за размывания глин в процессе бурения; против пластов-коллекторов.

Знание диаметра скважины необходимо для решения технических и геологических задач. Технические задачи: правильно установить обсадную трубу в скважине; рассчитать объем цемента, необходимого для закрепления обсадных колонн; правильно выбрать скважинные приборы для каротажа. Геологические задачи: количественная интерпретация результатов методов ГИС; литологическое расчленение разреза и др.

Приборы для измерения диаметра скважины называются каверномерами. Они бывают рычажными и фонарными. В них имеется следящий механизм, скользящий по стенке скважины и преобразователь положения этого механизма в электрический сигнал. Перед спуском каверномера в скважину его рычаги прижимаются к корпусу и удерживаются в этом состоянии с помощью специального чашеобразного замка, который по достижении снарядом забоя раскрывают с помощью специального электромагнита, на который подают питание с поверхности.

В подразделе 3.4 рассмотрено «Определение границ пластов по методам ГИС». Роль кажущегося сопротивления, измеренное в скважине, находится в зависимости от удельного сопротивления изучаемого пласта.

Кроме того, кажущееся сопротивление зависит от удельных сопротивлений вмещающих пласт пород, бурового раствора и зоны его проникновения, от мощности пласта, диаметра скважины, глубины проникновения раствора, а также от типа и размера применяемого зонда. Границы мощного пласта на кривой потенциал-зонда отмечаются по точкам кривой, в которых начинается наиболее интенсивный рост кажущегося сопротивления.

**В третьем разделе «Результаты исследования»** приводятся данные об интервале исследования Учебной скважины №99 Ромашкинского месторождения. Исходными данными для литологического разреза являются результаты проведения стандартного комплекса методов ГИС (КС, ПС, КВ).

На диаграммах электрического каротажа видно, что, в целом, разрез является низкоомным, что дает основание для отнесения его к терригенному, однако встречаются пласты высокого сопротивления, что говорит о наличии в разрезе плотных карбонатных пород достаточно большой мощности. Описание разреза, которое представлено ниже, проводится от устья скважины к ее забою (сверху вниз).

1) На глубине 1920-1931,75 м залегают плотные карбонатные породы (известняки). Данный вывод сделан на основе следующих фактов: на диаграмме КС данный слой отличается максимальными значениями; на диаграмме ПС имеет средние значения; кавернометрия показывает, что диаметр скважины в этом пласте близок к номинальному; Мощность данного пласта составляет 11, 75 м.

2) Следующий пласт представлен глинами и расположен в интервале глубин 1931,75 – 1938 м. На диаграммах КС данный пласт отличается низкими значениями, но не минимальными; по измерениям карвернометрии видно, что диаметр скважины в данном интервале увеличивается. Наиболее четко этот пласт выделяется на диаграмме ПС – здесь этот пласт отличается максимальными значениями и кривая достигает «линии глин». Мощность пласта глин составляет 6,25 м.

3) Песчано-глинистая пачка, т.е. тонкое переслаивание глинистого и песчаного материала, выделена на интервале глубин 1938 – 1939,25 м. Данный пласт выделен по априорным данным (кern и шлам). Мощность пачки составляет 1,25 м.

4) Песчаник выделен на интервалах глубин 1939,25 – 1940,25 м. На диаграммах ГИС из-за небольшой мощности и большой скорости каротажа пласт песчаника не достигает характерных для него значений и в основном имеет средние значения, однако он четко выделяется установившимся минимумом на диаграммах КС и ПС, также наблюдается увеличение диаметра скважины. Мощность его составляет 1 м.

5) Тонкое переслаивание глинистого и песчаного материала (песчано-глинистая пачка) установлено на интервале глубин 1940,25 – 1947 м. Количество просплавков установить не удалось, однако на некоторых диаграммах, особенно на диаграммах ПС видно, что в основании залегают глины. Мощность пачки составляет 6,75 м.

6) В интервале глубин 1947,25 – 1950,5 м выделена песчано-глинистая пачка мощностью 3,5 м. Для данного пласта характерны средние значения на всех диаграммах ГИС, на кривых выделяются локальные минимумы и максимумы. При выделении пласта использовались данные керны и шлама.

7) Нефтенасыщенный коллектор выделен на глубине 1950,5 – 1953 м. На диаграмме КС описываемый пласт отличается высокими значениями, что говорит о его нефтенасыщенности; на кавернограмме наблюдается небольшое уменьшение диаметра скважины, что дает основание предположить, что коллектор представлен песчаником. Также данный вывод подтверждают минимальные значения на диаграммах ПС. Мощность пласта составляет 2,5 м.

8) Толща глин мощностью 14,25 м наблюдается на глубине 1953 – 1967,25 м. Глина имеет следующие характеристики: на диаграммах КС, НГК, БК данная толща выделяется самыми низкими аномалиями;  $\rho_k^{МГЗ} \approx \rho_k^{МПЗ}$  и имеет также низкие значения на диаграмме микрозондового каротажа;

максимальные значения наблюдаются на диаграммах ПС, ГК, ИК и АК; также характеризуется увеличением фактического диаметра скважины против номинального. Мощность пласта глин равна 14,25 м.

9) Следующий пласт представлен глинистым песчаником, нефтенасыщенным коллектором, он выделен на интервале глубин 1967,25 – 1972,5 м. На диаграммах данный пласт отличается промежуточными значениями между глинами и песчаниками, кроме диаграммы КС: здесь пласт отличается достаточно высокими значениями, что дает основание предположить, что глинистый песчаник является нефтенасыщенным. Мощность данного пласта составляет 5,25 м.

10) Мощный пласт глин прослеживается на глубинах 1972,5 – 1990,25 м. На диаграммах КС пласт отличается минимальными значениями; на диаграммах ПС пласт отличается высокими аномалиями, по данным кавернометрии здесь установлено увеличение диаметра скважины. Мощность пласта составляет 17,75 м.

11) На глубине 1990,25 – 1992,75 м залегают плотные карбонатные породы. Данный вывод основан на том что, на диаграммах ПС, КС наблюдаются максимальные значения. На диаграмме микорозондового каротажа кривая имеет изрезистую форму, в среднем, с максимальными значениями. Диаметр скважины примерно равен минимальному. Мощность данного пласта составляет 2,5 м.

12) Следующий пласт представлен тонким переслаиванием глинистого и песчаного материала (песчано-глинистая пачка) и расположен в интервале глубин 1992,75 – 1995,75 м. Мощность песчано-глинистой пачки составляет 3 м.

13) Пласт глин выделен на интервале глубин 1995,75 – 1998,25 м. Данный пласт имеет мощность равную 2,5 м.

14) Песчано-глинистая пачка установлена в интервале глубин 1998,25 – 2004,5 м, имеет промежуточные значения на диаграммах ГИС. Мощность – 6,25 м.

15) В основании разреза на всех диаграммах ГИС прослеживается пласт большой мощности – песчаник-коллектор. Средними значениями данный пласт отличается на диаграмме КС и низкие – на диаграмме ПС. Данные кавернометрии показывают, что в данном интервале глубин диаметр скважины уменьшается. Мощность его составляет ~23,5 м.

**Заключение.** В результате проведенной работы можно сделать вывод, что литологическое расчленение разрезов скважин в настоящее время осуществляются в основном геофизическими методами.

В работе показано, что наиболее часто встречающиеся типы литологических разрезов в геолого-геофизических условиях Ромашкинского месторождения республики Татарстан представлены терригенными и карбонатными отложениями. В работе дана краткая характеристика этих разрезов с точки зрения литологии, а также указаны основные методы ГИС, по которым удобно расчленять эти разрезы.

Для достижения цели, поставленной в выпускной квалификационной работе, для построения литологического разреза исследуемой скважины №99, были использована совокупность диаграмм стандартного комплекса геофизических методов (КС, ПС, КВ). Для установления границ и мощностей пластов использовались способы, принятые для решения задач геофизической интерпретации диаграмм отдельных методов. Литологическая характеристика пород оценивается по сумме признаков, выявленных на диаграммах различных методов ГИС, чем больше число признаков, характеризующих породу, установлено, тем точнее она может быть определена.

На практическом примере качественной интерпретации диаграмм ГИС, для реального разреза скважины № 99 Ромашкинской было выделено 15 пластов и определена их литология. Исследуемый разрез практически полностью представлен терригенными породами, так как, в целом, является низкоомным, однако имеются высокоомные пласты большой мощности, что говорит о наличии в разрезе плотных карбонатных пород.