

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

Кафедра геофизики

**«Оперативное выделение продуктивных отложений комплексом ГИС-ГТИ
(на примере Саловского месторождения углеводородов)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Камалетдинова Дмитрия Руслановича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

В.Ю. Шигаев

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2021

Введение. В работе на примере Саловского месторождения (Камско-Бельский авлакоген) рассмотрены результаты выделения продуктивных интервалов разреза в интервале глубин 1534,6 – 1690 м при бурении эксплуатационной скважины №10 по данным геолого-технологических (ГТИ) и геофизических исследований скважин (ГИС). Проектная глубина по стволу скважины – 1690 м, проектный горизонт – визейский ярус.

В представленных ниже материалах основное внимание уделено оперативному выделению продуктивных интервалов разреза. Технологические задачи, решаемые комплексом ГТИ, не вошли в текст работы, что связано со спецификой сбора материала в период подготовки и написания работы.

Комплекс геолого-технологических и геохимических наблюдений в настоящее время являются неотъемлемой частью всего цикла строительства глубоких скважин. Все выполняемые работы полностью автоматизированы, что позволяет оперативно реагировать на изменение геолого-технологической обстановки.

Актуальность работы заключается в том, что выделение продуктивных интервалов геологического разреза, пройденного скважинами, является наиболее важной задачей комплекса ГИС-ГТИ. Однако применение ГТИ сталкивается с рядом трудностей, основной из которых является отсутствие методики количественной интерпретации данных комплекса ГТИ при решении вопросов прогнозирования геологического разреза и выделения продуктивных пластов-коллекторов в масштабе реального времени. Особую важность проблема приобретает при бурении глубоких разведочных скважин в слабо разведанных регионах, где от своевременного выделения и качественного вскрытия сложно-построенных коллекторов во многом зависит открытие новых месторождений углеводородов (УВ).

Что касается ГИС, то данный вид исследований на этапе строительства и эксплуатации скважин применяют для решения геологических и технических задач. К геологическим задачам, в первую очередь, относят литологическое расчленение разрезов, их корреляцию, выявление полезных ископаемых и

определение параметров, необходимых для подсчета запасов. К техническим задачам относят изучение технического состояния скважин, контроль разработки месторождений нефти, газа, проведение прострелочно-взрывных работ.

Эффективное решение геологических и технологических задач возможно только на основе комплексного применения геофизических методов.

Целью выпускной квалификационной работы является выделение продуктивных интервалов по разрезу скважины 10 Саловского месторождения в интервале глубин 1534,6 – 1690 м.

В соответствии с поставленной целью, в работе решались следующие **основные задачи**:

- 1 Изучение геологической характеристики района работ.
- 2 Ознакомление с физико-геологическими основами ГТИ и ГИС.
- 3 Обобщение результатов, полученных на исследуемой площади, и последующий анализ полученных данных с целью выделения продуктивных интервалов разреза.

В структуру выпускной квалификационной работы входит: введение, четыре раздела («Краткая геологическая характеристика района работ», «Физико-геологические основы геолого-геохимических исследований в процессе бурения», «Комплекс методов геофизических исследований скважин, применяемый на месторождении», «Результаты исследований»), заключение и список использованных источников. Материал изложен на 73 страницах, включает 4 таблицы, 24 рисунка и схемы, а также 3 приложения. Список использованных источников содержит 33 наименования.

Автор искренне надеется, что подготовка и написание данной работы будет способствовать закреплению теоретических знаний по направлению подготовки и совершенствованию умений при решении практических задач.

Основное содержание работы. В разделе 1 «Краткая геологическая характеристика района работ» приводятся материалы, позволяющие получить представление об особенностях геологического строения изучаемого района. В

подразделе 1.1. приводится литолого-стратиграфическая характеристика разреза Саловского месторождения, который типичен для республики Удмуртия. Отметим, что изучаемой скважиной №10 вскрыты только породы каменноугольной системы, которые подразделяется на нижний и верхний отделы.

В подразделе 1.2. отмечаются тектонические сведения об участке исследований, который находится в пределах центральной части Камско-Бельского авлакогена и граничит с Татарским сводом на западе и юго-востоке, Кудырмакской моноклиналью на северо-востоке территории.

Промышленная нефтеносность Саловского месторождения (подраздел 1.3) установлена в нижнекаменноугольных отложениях - Бобриковского и Тульского горизонтов. Отложения исследуемой структуры принадлежат к визейскому и визейско-башкирскому нефтегазоносным комплексам. Пласты-коллекторы сложены пористо-кавернозными известняками и доломитами, а также органогенно-детритовыми известняками.

Раздел 2 посвящен физико-геологическим основам геолого-геохимических исследований, проводимых в процессе бурения. В подразделе 2.1. рассмотрены общие сведения об УВ, которые в нефтегазовых залежах находятся в виде нефти, природных газов (метана, этана, пропана, бутана, пентана, гексана и д.р.), а также газогидрата.

Механизм поступления газа в буровой раствор описан в подразделе 2.2. на основе анализа ряда научных публикаций. При этом выделяются три их основных вида: при разбурировании горных пород, который является основным при проведении газового каротажа; в ходе фильтрации; в процессе диффузии.

В подразделе 2.3. рассмотрены теоретические основы газового каротажа в процессе бурения, который представляет собой прямой метод выделения в разрезе скважины продуктивных пластов, содержащих УВ. Метод основан на изучении количественного и качественного состава УВ газа, попавшего в промывочную жидкость в процессе разбурирования горных пород при проводке скважин. Информативными газами для выделения продуктивных пластов

являются предельные УВ от метана до гексана (C_1 — C_6). Газы, извлекаемые из промывочной жидкости, могут быть природными газами, газами, растворенными в нефти или в виде газоконденсата. Подраздел содержит важную информацию по дегазации промывочной жидкости (пункт 2.3.1.), методике регистрации отдельных компонентов в газовой смеси (пункт 2.3.2.), а также выделению в разрезе пластов с аномальным газосодержанием (пункт 2.3.3. По кривой суммарного газосодержания, регистрируемой непрерывно в функции времени, выделяются аномальные участки, где газопоказания превышают фоновые в 1,5 раза и более.

Подраздел 2.4. «Литологическая диагностика шламовых смесей и методы построения литологической колонки исследуемого разреза» посвящен получению литологической характеристики проб шлама, выделению в смеси шлама основной породы и литологическое расчленение разреза посредством составления литологической колонки.

Подраздел 2.5. содержит сведения о люминесцентно-битуминологическом анализе (ЛБА), как полуколичественном методе определения содержания и состава рассеянных в породе битуминозных веществ, основанном на наблюдении их люминесценции, а также раскрывает круг решаемых данным методом задач. ЛБА включает: капельный анализ (подраздел 2.5.1.), эталонный и капиллярный анализы (подраздел 2.5.2.), а также ЛБА шлама (подраздел 2.5.3.).

Аппаратура и оборудование партий геолого-технологических исследований описаны в подразделе 2.6. При этом основное внимание уделено используемой в работе станции для проведения ГТИ «СНГС -100».

Комплекс методов геофизических исследований скважин, применяемый на месторождении изложен в разделе 3. Для исследования скважины №10 Саловского месторождения использовали следующие методы ГИС: гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК), каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС), а также каротаж кажущегося удельного сопротивления (КС) методом градиент зонда (ГЗ). Физико-геологические

основы этих методов приводятся на основе анализа научной и учебной литературы.

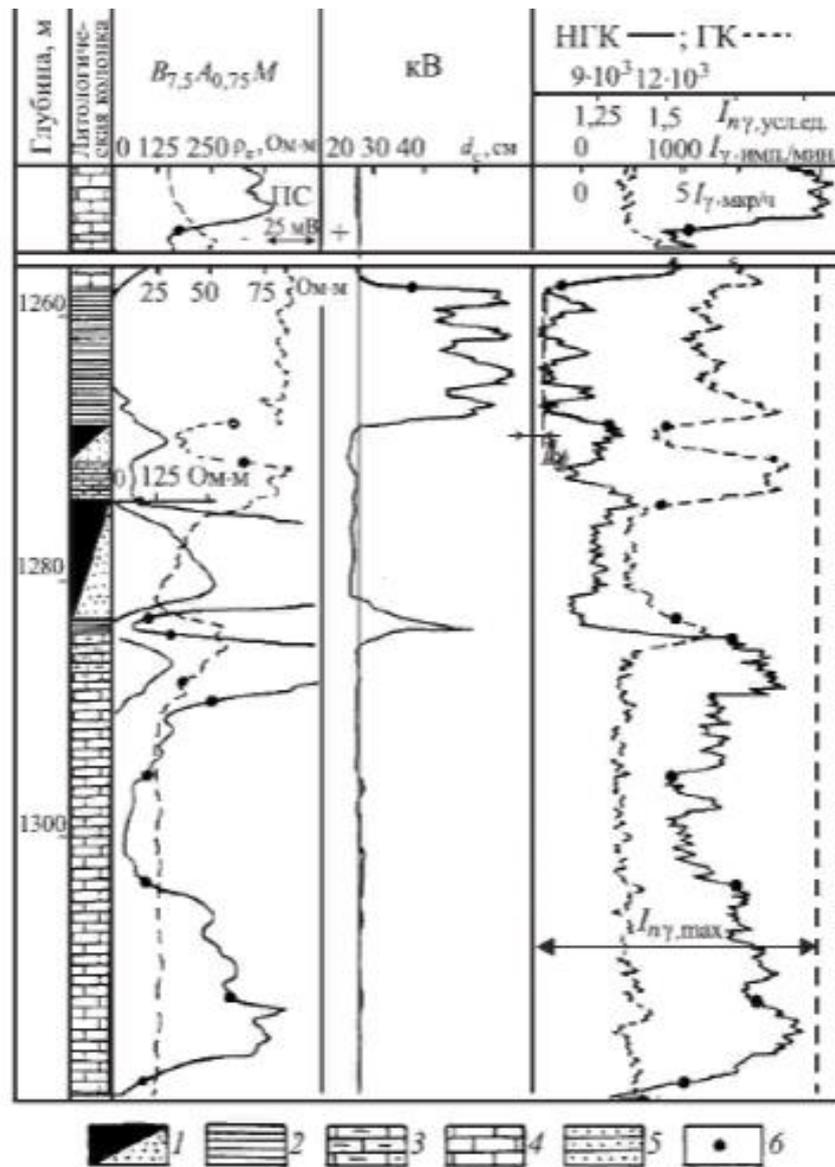
ГК рассмотрен в подразделе 3.1. Метод основан на анализе естественного γ -излучения горных пород, по интенсивности которого судят об их литологическом составе.

НГК представлен в подразделе 3.2. При этом изучаются характеристики нейтронного и γ -излучений, возникающих при облучении горных пород источником нейтронов. Различают стационарные и импульсные нейтронные методы исследования скважин. К числу стационарных методов относят НГК. Отметим, что для разделения водо- и нефтенасыщенных пластов по кривым НГК важным является водородосодержание и хлорсодержание пластового флюида.

Подраздел 3.3 посвящен каротажу поля самопроизвольной поляризации в скважине, которое возникает преимущественно благодаря процессу диффузии. Кривые ПС используют при расчленении разрезов скважин и выделении коллекторов, для определения минерализации пластовых вод, оценки глинистости пород и определения коллекторских свойств продуктивных пластов.

Метод кажущихся сопротивлений – один из основных методов скважинных геофизических исследований представлен в подразделе 3.4 в разновидности каротажа градиент зондами. Он основан на изучении искусственно стационарного и квазистационарного (относительно медленно меняющихся) электрических полей в горных породах. Как правило, кажущееся удельное сопротивление среды определяется по наблюдаемым значениям разности потенциалов ΔU , созданным источником силы тока I .

Расчленение разрезов по водородосодержанию пород по диаграммам ГК, НГК и электрометрии представлено на рисунке 1.



Условные обозначения:

1 – песчаник нефтеносный;
 2 – глина; 3 – известняк глинистый; 4 – известняк; 5 – алевролит глинистый; 6 – точки, соответствующие границам пластов на кривых ГИС

Рисунок 1- Расчленение разрезов по водородосодержанию пород по диаграммам ГК, НГК и электрометрии

Отметим, что все замеры в скважине №10 были выполнены с помощью прибора АМК-Горизонт-90-К4 (подраздел 3.5.).

Результаты выполненных исследований методами ГТИ и ГИС представлены в разделе 4. Наибольший интерес представляет интервал глубин 1534,6 – 1690 м, где выделены продуктивные коллектора.

По результатам геолого-геохимических исследований в разрезе скважины №10 зарегистрированы следующие фоновые показания: - средний уровень газопоказаний по данным частичной дегазации бурового раствора 0,02% абс; - удельная газонасыщенность образцов шлама $0,1\text{см}^3 / \text{дм}^3$; - люминесценция хлороформных вытяжек шлама 3 балла, беловато-желтого цвета, маслянистые битумоиды.

Полученные результаты рассмотрим на примере интервала глубин 1606-1614,8 метров, включающего как коллектор (1606-1609,6 м) так и флюидоупор (1610-1614,8 м), распределение данных ГТИ и ГИС, для которого является наиболее типичным для исследуемой скважины. Интервал 1606-1609,6 метров представлен песчаником и является продуктивным, об этом говорят следующие данные: уровень газопоказаний по материалам частичной дегазации бурового раствора изменяется от 0,0164 до 0,0394% абс; состав газа по C_1 возрастает от 16,5 до 26,74%, C_2 -8,98-13,27%, C_3 - 13,77-19,51%, C_4 - 18,68-25,38%, а C_5 -19,92-32,34%; удельная газонасыщенность образцов шлама равна $0,095\text{ см}^3/\text{дм}^3$; люминесценция хлороформных вытяжек шлама 4 балла, беловато-желтого цвета, маслянистые битумоиды, по данным карбонаметрии величина нерастворимого остатка равняется 100 %. Аномалии (2-кратное увеличение газосодержания БПЖ по сравнению с не продуктивными пластами) приурочены к вскрытию терригенных коллекторов визейского возраста, насыщенных нефтью. Признаком продуктивности является повышение удельного газосодержания шлама, изменение относительного состава газа, в сравнении с непродуктивными пластами.

Интервал 1610-1614,8 м является флюидоупором и представлен глинами, алевролитами и аргиллитами. Он характеризуется следующими данными: газопоказаний по материалам частичной дегазации бурового раствора не превышает 0,04% абс; люминесценция хлороформных вытяжек шлама 4 балла, беловато-желтого цвета, маслянистые битумоиды, по данным карбонаметрии величина нерастворимого остатка равняется 100 %. Интервал изображен на рисунке 2.

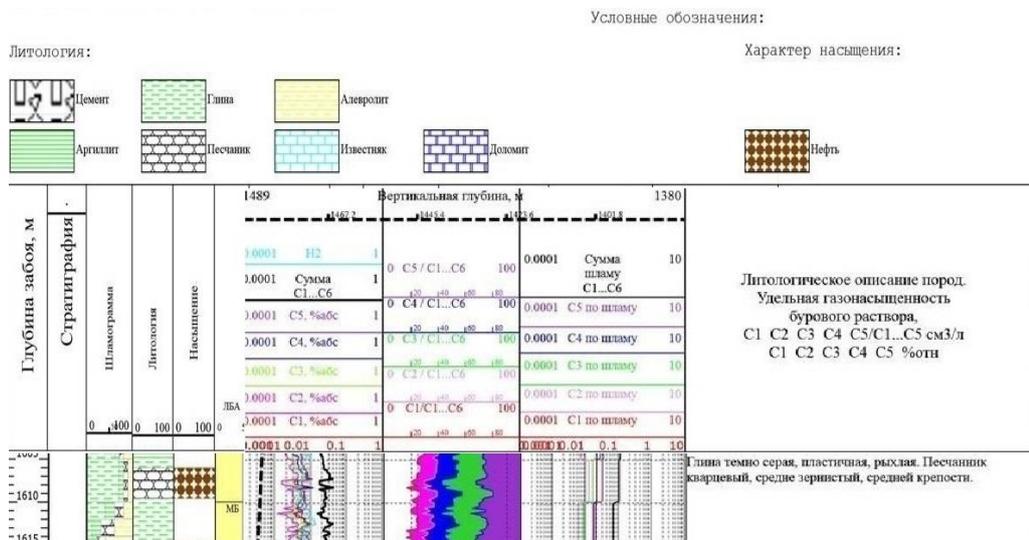


Рисунок 2- Планшет геолого-геохимических исследований. Интервал 1606-1614,8 м

Для интервала 1606-1609,6 м, значение УЭС равняется 9,1 Ом* м. Интервал представлен песчано-алевритовыми породами. Средние значения по ГК 4 мкР/час, по НГК 1,4 имп/мин, по ПС 85 мВ.

Интервал 1610-1614,8 представлен глиной и является флюидоупором. Значения ГК возрастают от 8 до 11 мкР/час и падают ближе к подошве пласта до 4 мкР/час. По НГК значения равны 1,2 имп/мин. По ПС значения в среднем равны 85,5 м В. Интервал изображен на рисунке 3.

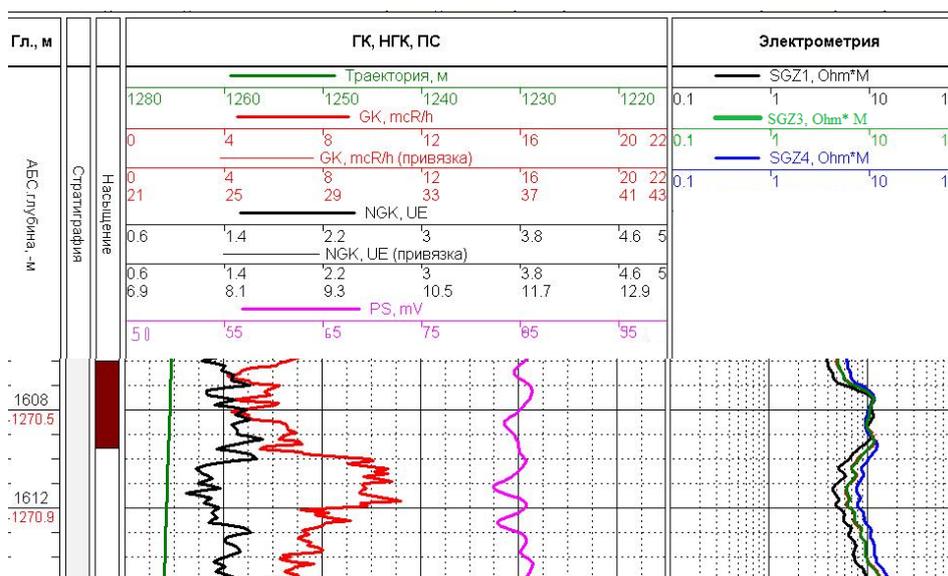


Рисунок 3- Планшет ГИС. Интервал 1606-1614,8 м

Информация о литологии разбуренных пород, их карбонатометрии, люминесцентно-битуминологических анализах капиллярных вытяжек, макроописание по данным исследований шлама обобщена в таблице 1.

Таблица 1 - Ведомость шлама для интервала 1606-1614,8 м

| Глубина отбора проб (м) | Содержание пород % | | | | | | | | | | Литологическая характеристика пород (макроописание) | По основной породе | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|------------|----------|-------|-----------|---------|----------|---------|----------|------|---|---|-----|------|------|--------------------|-------------------------------------|------|
| | граниты | алевролиты | аргиллит | глина | известняк | доломит | песчаник | мергель | ангидрит | гипс | | цемент | ЛБА | | | Карбонатометрия | | |
| | | | | | | | | | | | | | тип | балл | цвет | Ca CO ₃ | CaMg(CO ₃) ₂ | Н.О. |
| 1606 | | 10 | 10 | 70 | | | 10 | | | | | Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости.Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости. Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |
| 1607 | | 10 | 10 | 70 | | | 10 | | | | | Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости.Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости. Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |
| 1608 | | 10 | 10 | 70 | | | 10 | | | | | Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости.Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости. Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |
| 1609 | | 10 | 10 | 70 | | | 10 | | | | | Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости.Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости. Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |
| 1610 | | 20 | 20 | 40 | | | 20 | | | | | .Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости.Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |
| 1611 | | 20 | 20 | 40 | | | 20 | | | | | .Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости.Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |
| 1612 | | 40 | 20 | 10 | | | 30 | | | | | Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости.Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости. Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |
| 1613 | | 40 | 20 | 10 | | | 30 | | | | | Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости.Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости. Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |
| 1614 | | 60 | 10 | 10 | | | 20 | | | | | Алевролит серый,на глинистом цементе, мелко- скрыто зернистый, средней крепости.Песчаник кварцевый, средне зернистый, средней крепости. Глина темно серая, пластичная, рыхлая.Аргиллит темно серый, средней крепости,плотный. | МБ | 4 | БЖ | 0 | 0 | 100 |

Представленные материалы однозначно, на взгляд автора, раскрывают возможности комплекса ГИС – геолого-геохимические исследования при выделении пород коллекторов по прямым качественным признакам. Материалы логично дополняют друг друга и повышают информативность выполненных работ при решении задач нефтяной геологии.

Заключение. Данные ГИС - одни из основных видов геологической документации разрезов нефтегазовых скважин. Совместно с результатами геолого-технологических исследований эти материалы служат главным источником информации, позволяющим осуществить оперативное выделение продуктивных интервалов геологического разреза. В рамках выполненных исследований по данным ГТИ в изучаемой скважине выделены продуктивные

песчаники визейского возраста в интервале глубин 1534,6-1540 м, 1606-1609,6 м, 1614,8-1690 м, которые характеризуются повышенными газопоказаниями от 0,0037 до 0,1431% абс., люминесценция хлороформных вытяжек шлама 4 балла, оранжево-желтого цвета, беловато-желтого цвета, оранжево-коричневого цвета, светло-коричневого цвета. Флюидоупорами служат глины, алевролиты и алевролиты в которых показания значительно ниже и составляют от 0,02 до 0,04% абс., люминесценция хлороформных вытяжек шлама 4 балла, беловато-желтого и оранжево-жёлтого цвета.

По данным ГИС особого внимания заслуживают продуктивные песчаники визейского возраста, насыщенные водой или нефтью в интервале глубин 1534,6-1540 м, 1540-1544,8 м, 1559-1561,9 м, 1606-1609,6 м, 1614,8-1690 м, которые характеризуются максимальными значениями НГК 1,6 имп/мин и УЭС до 67,5 Ом* м (для нефтенасыщенных пород), а также минимальными значениями ГК 2 мкР/час и ПС до 55 мВ.

В ходе написания выпускной квалификационной работы автор изучил краткую геологическую характеристику Саловского месторождения, ознакомился с физико-геологическими основами геолого-геохимических исследований и ГИС, а также совместно с сотрудниками ООО «Нефтегазсервис Саратов» провёл обобщение результатов, полученных на скважине 10 изучаемой площади, и выделил продуктивные интервалы разреза.

Написание выпускной квалификационной работы позволило систематизировать, закрепить и углубить теоретические знания и умения по направлению подготовки и применить их для решения конкретных практических задач, связанных с проведением ГТИ, и ГИС на Саловском месторождении. Приведенные материалы позволяют считать достигнутой цель работы, а задачи, стоящие перед автором в ходе ее написания – решенными.