

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность) 21.05.03 Технология геологической разведки  
(Геофизические методы исследования скважин)  
Отделение геологии

### ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
<b>Комплекс геофизических методов исследований скважин для изучения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов Мыльджинского газоконденсатного месторождения (Томская область)</b>

УДК 550.83:553.98(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2281	Ажермачев Руслан Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ислямова А. А.	К.Г.-М.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т. Г.	Канд. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И. И.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Соколов С. В.	К.Г.-М.Н.		

2023 г.

## ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
P1	Применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и инженерные знания в профессиональной деятельности
P2	Анализировать основные тенденции правовых, социальных и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности, демонстрировать компетентность в вопросах здоровья и безопасности жизнедеятельности и понимание экологических последствий профессиональной деятельности
P3	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P4	Идентифицировать, формулировать, решать и оформлять профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий
P5	Разрабатывать технологические процессы на всех стадиях геологической разведки и разработки месторождений полезных ископаемых, внедрять и эксплуатировать высокотехнологическое оборудование
P6	Ответственно использовать инновационные методы, средства, технологии в практической деятельности, следуя принципам эффективности и безопасности технологических процессов в глобальном, экономическом, экологическом и социальном контексте
P7	Применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей документации на проведение геологической разведки и осуществления этих проектов
P8	Определять, систематизировать и получать необходимые данные с использованием современных методов, средств, технологий в инженерной практике
P9	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов на основе современных методов моделирования и компьютерных технологий
P10	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой для решения профессиональных инновационных задач в соответствии с требованиями корпоративной культуры предприятия и толерантности
P11	Проводить маркетинговые исследования и разрабатывать предложения по повышению эффективности использования производственных и природных ресурсов с учетом современных принципов производственного менеджмента, осуществлять контроль технологических процессов геологической разведки и разработки месторождений полезных ископаемых

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 21.05.03 Технология геологической разведки  
 (Геофизические методы исследования скважин)  
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) Соколов С. В.  
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта <small>(дипломного проекта/дипломной работы)</small>
--

Студенту:

Группа	ФИО
2281	Ажермачев Руслан Сергеевич

Тема работы:

Комплекс геофизических методов исследований скважин для изучения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов Мыльджинского газоконденсатного месторождения (Томская область)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 18-6/С от 18.01.2023 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	3.06.2023 г.
--	--------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Геолого-геофизические материалы преддипломной практики (геология, данные работ ГИС, результаты интерпретации, материалы ГИС для специальной главы, опубликованные данные)
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие сведения об объекте исследования.</li> <li>2. Геолого-геофизическая характеристика объекта исследования.</li> <li>3. Анализ основных результатов ранее проведенных геофизических исследований.</li> <li>4. Основные вопросы проектирования.</li> <li>5. Методические вопросы.</li> <li>6. Эффективность ядерно-магнитного каротажа.</li> <li>7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>8. Социальная ответственность.</li> </ol>

<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзорная карта расположения Мыльджинского газоконденсатного месторождения.</li> <li>2. Изученность района месторождения геофизическими работами.</li> <li>3. Сводный литолого-стратиграфический разрез Томской области.</li> <li>4. Тектоническая схема района.</li> <li>5. Схема продуктивных пластов Мыльджинского месторождения.</li> <li>6. Расположение Мыльджинского газоконденсатного месторождения на карте Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.</li> <li>7. Структурная карта и положение водоуглеводородных контактов пласта Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> Мыльджинского месторождения.</li> <li>8. Часть каротажной диаграммы скважины.</li> <li>9. Фрагмент структурной карты с положением запроектированной скважины.</li> <li>10. Физико-геологическая модель.</li> <li>11. Информация о проведенном каротаже на скважине.</li> <li>12. Разделение эффектов приращений по методам сопротивлений, связанных с нефтематеринскими породами, Нормализация АК и сопротивлений.</li> <li>13. Содержание С<sub>орг</sub> по методу Пасси и Айслера одной из скважин.</li> <li>14. Сопоставления пористости по керну и ЯМК (осуществлен подбор граничного значения времени релаксации T<sub>2</sub>).</li> <li>15. Выделение коллекторов по данным кросс-дипольного АК.</li> <li>16. Пример высокоомных включений в интервале Баженовской свиты.</li> <li>17. План светильников с люминесцентными лампами.</li> </ol>
--	---

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
По геологической части	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Рыжакина Т. Г.
Социальная ответственность	Авдеева И. И.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат</b>	
Срок сдачи студентом выполненной работы	03.06.2023 г.
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.03.2023 г.

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ислямова А. А.	К.Г-М.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2281	Ажермачев Руслан Сергеевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
2281		Ажермачев Руслан Сергеевич	
<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Специалитет	<b>Направление/специальность</b>	21.05.03 Технология геологической разведки

### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений	
2. Матрица SWOT	
3. Альтернативы проведения НИ	
4. График проведения и бюджет НИ	
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2023

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2281	Ажермачев Руслан Сергеевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
2281		Ажермачев Руслан Сергеевич	
<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Специалитет	<b>Направление/специальность</b>	21.05.03 Технология геологической разведки

Тема ВКР:

**Комплекс геофизических методов исследований скважин для изучения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов Мыльджинского газоконденсатного месторождения (Томская область)**

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

**Введение**

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения;
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации.

**Объект исследования** комплекс геофизических методов исследований скважин для изучения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов Мыльджинского газоконденсатного месторождения

**Область применения** нефтяные месторождения юго-востока Западной Сибири. Климат района континентальный – умеренная зона (III климатическая зона).

**Рабочая зона:** полевые условия.

**Количество и наименование оборудования рабочей зоны:** геофизическая станция (подъемник), геофизическое оборудование.

**Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:**

для использования оборудования при геофизических исследованиях скважин в полевых условиях на открытом воздухе необходимо установить подъемник в безопасном месте, заземлить его и ограничить доступ посторонним лицам.

Спуск скважинных приборов на кабеле в скважину контролируется по параметрам скорости и натяжения

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

**1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:**

- Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

РД 153-39.0-072-01. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах. ПБНГП №534. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 г № 534. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности.

ТК РФ Статья 147. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. ТК РФ Статья 168.1. Возмещение расходов, связанных со служебными поездками работников, постоянная работа которых осуществляется в пути или имеет разъездной характер, а также с работой в полевых условиях, работами экспедиционного характера.

ТК РФ Статья 221. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты.

ГОСТ 12.2.034-78. Система стандартов безопасности труда. Аппаратура скважинная геофизическая с источниками ионизирующих излучений. Общие требования радиационной безопасности.

ПБ 08-37-2005. Правила безопасности при геологоразведочных работах.

<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов;</li> <li>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора.</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы</b> – электрический ток; неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов; движущиеся твердые объекты.</p> <p><b>Вредные факторы</b> – недостаточная освещенность; превышение уровней шума и вибрации; психофизиологические факторы, связанные с тяжестью и напряженностью физического труда; монотонность труда; вред, нанесенный насекомыми и животными; отклонения показаний климата.</p> <p><b>Требуемые средства индивидуальной и коллективной защиты</b> – специальная рабочая одежда и обувь, каска, защитные очки и перчатки.</p> <p>Будет произведён расчёт системы искусственного освещения.</p>	
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Указать, какое воздействия на селитебную зону, атмосферу, гидросферу и литосферу оказывает процесс эксплуатации проектного решения.</li> </ul>	<p><b>Воздействие на селитебную зону</b> – отсутствует, так как рабочая зона удалена на 30 км от объекта исследования, в следствие этого, воздействия на неё нет.</p> <p><b>Воздействие на литосферу</b> – загрязнение почвы различными химическими нефтепродуктами, нарушение почвенного слоя, засорение почвы твёрдыми бытовыми отходами, утилизация отработавшего оборудования и макулатуры.</p> <p><b>Воздействие на гидросферу</b> – загрязнение стоками технологическими и хозяйственно-бытовыми отходами.</p> <p><b>Воздействие на атмосферу</b> – выброс загрязняющих веществ в атмосферу от рабочей техники.</p>	
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Перечислить возможные ЧС при эксплуатации;</li> <li>– Указать наиболее типичную ЧС из выше перечисленных.</li> </ul>	<p><b>Возможные ЧС</b> – Техногенные аварии (газонефтеводопроявления (ГНВП) и пожар); Природные катастрофы (ураган, наводнение, землетрясения и т.д.);</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС</b> – Пожар.</p>	
<p><b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b></p>		<p>01.03.2023</p>

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2281	Ажермачев Руслан Сергеевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 103 страницы, 17 рисунков, 22 таблицы, 38 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: комплекс геофизических исследований, Мыльджинское месторождение, физико-геологическая модель, фильтрационно-емкостные свойства, коллектор, газоконденсатное месторождение.

Объектом исследования выступает скважина, проектируемая на Мыльджинском газоконденсатном месторождении, целевой горизонт исследования – продуктивные пласты горизонта Ю<sub>1</sub>.

Цель работы заключается в разработке комплекса геофизических исследований запроектированной скважины для определения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов Мыльджинского месторождения.

На основании анализа ранее проведенных геолого-геофизических исследований на данном участке работ была построена физико-геологическая модель для Мыльджинского разреза, определен оптимальный комплекс электрических, радиоактивных и акустических методов. Рассмотрена методика проведения работ, выбрана аппаратура для проведения запроектированного комплекса геофизических исследований, предложены приемы интерпретации геофизических данных для расчёта фильтрационно-емкостных свойств.

Специальная часть рассматривает изучение коллекторов баженовской свиты методами гис, особенности интерпретации.

Финансовый раздел проекта содержит расчёт стоимости ресурсов данного научного исследования.

Раздел “Социальная ответственность” содержит анализ вредных и опасных производственных факторов на жизнь человека и окружающую среду, а также предлагает мероприятия по их устранению.

## ESSAY

Final qualifying work 103 pages, 17 figures, 22 tables, 38 sources, 3 appendices.

Keywords: complex of geophysical studies, Myldzhinskoye field, physico-geological model, filtration and capacitance properties, collector, gas condensate field.

The object of the study is a well designed at the Myldzhinskoye gas condensate field, the target horizon of the study is the productive layers of the J<sub>1</sub> horizon.

The purpose of the work is to develop a complex of geophysical studies of the designed well to determine the porosity and reservoir properties of the reservoirs of the Myldzhinskoye field.

Based on the analysis of previous geological and geophysical studies in this area of work, a physical and geological model was built for the Myldzhinsky field, an optimal set of electrical, radioactive and acoustic methods was determined. The method of carrying out the work is considered, the equipment for carrying out the designed complex of geophysical surveys is selected, methods of interpreting geophysical data for calculating reservoir properties are proposed.

The special part considers the study of reservoirs of the Bazhenov formation by well logging methods, features of interpretation.

The financial section of the project contains the calculation of the cost of the resources of this scientific research.

The section “Social Responsibility” contains an analysis of harmful and dangerous production factors on human life and the environment, and also suggests measures to eliminate them.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- АК – Акустический каротаж;
- БК – Боковой каротаж;
- БКЗ – Боковое каротажное зондирование;
- ВИКИЗ – Высокочастотное индукционное каротажное  
изопараметрическое зондирование;
- ВНК – Водонефтяной контакт;
- ГВК – Газоводяной контакт;
- ГГК-П – Гамма-гамма каротаж плотностной;
- ГГР – Геологоразведочные работы;
- ГИС – Геофизические исследования скважин;
- ГК – Гамма каротаж;
- ГКМ – Газоконденсатное месторождение;
- ГНК – Газонефтяной контакт;
- ИК – Индукционный каротаж;
- КС – Каротаж сопротивлений;
- МГЗ – Микроградиент зонд;
- МКЗ – Микрокаротажное зондирование;
- МОВ – Метод отражённых волн;
- МОГТ – Метод общей глубинной точки;
- МПЗ – Микропотенциал зонд;
- НГГЗК – Нефтегазоносный горизонт зоны контакта;
- НГК – Нефтегазоносный комплекс;
- ННК-Т – нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым нейтронам;
- ПС – Каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации;
- РК – радиоактивный каротаж;
- УВ – углеводороды;
- УЭС – Удельное электрическое сопротивление;
- ФЕС – фильтрационно-емкостные свойства.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
1 Общая часть	14
1.1 Географо-экономический очерк.....	14
1.2 Краткая геолого-геофизическая изученность.....	15
2 ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ	19
2.1 Литолого-стратиграфический разрез.....	19
2.2 Тектоника .....	26
2.3 Нефтегазоносность .....	28
2.4 Петрофизическая характеристика разреза .....	33
3 АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАННЕЕ ПРОВЕДЁННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	36
4 ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	38
4.1 Задачи геофизических исследований .....	38
4.2 Обоснование объекта исследований.....	38
4.3 Физико-геологическая модель объекта исследования .....	39
5 МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ	41
5.1 Методика проектных геофизических работ .....	41
5.2 Интерпретация геофизических данных.....	42
6 изучение коллекторов баженовской свиты методами гис, особенности интерпретации	46
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	58
7.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	58
7.2 Анализ конкурентных технических решений .....	58
7.3 SWOT-анализ .....	60
7.4 Планирование научно-исследовательских работ .....	63
7.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	69
7.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	74
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	77
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	77
8.2 Производственная безопасность .....	79
8.3 Экологическая безопасность .....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	97

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нефтяная промышленность является одной из ключевых составляющих в топливной отрасли, которая, в свою очередь, является необходимым условием функционирования и условием развития экономики. Большое количество эксплуатационных скважин прямым образом указывает на качественное развитие данной отрасли.

В данной работе будет рассмотрено месторождение Западной Сибири, являющейся одной из крупнейших территорий Российской Федерации по добычи нефти. Огромными запасами природного газа и нефти обладает Мыльджинское газоконденсатное месторождение.

Целью работы будет являться построение комплекса геофизических исследований скважин, с их помощью будет детально построен геологический разрез, а также определены фильтрационно-емкостные свойства и характер насыщения пластов-коллекторов.

В данном проекте будет запроектирована скважина в южной части Мыльджинского поднятия, с целью определения ФЕС коллекторов при помощи методов ГИС на основе результатов прошлых геофизических исследований.

«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» - раздел, в котором будет рассчитана стоимость затраченных ресурсов в данном исследовании.

«Социальная ответственность» - раздел, в котором будут рассмотрены чрезвычайные ситуации, потенциально относящиеся к исследуемой работе, их устранение, а также вредные и опасные производственные факторы, отрицательно влияющие на жизнь и здоровье человека и окружающую среду.

### 3 АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАНЕЕ ПРОВЕДЁННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу анализа ранее проведенных работ с целью исследований взят разрез скважины №qqq (рис. 8). Данный разрез хорошо изучен геофизическими методами.

Продуктивный интервал скважины исследован в интервале от 2728,0 до 2853,0 м (см. приложение 2). В комплекс ГИС для данной скважины входили следующие методы: ГК, ПС, ИК, БК, БКЗ, ВИКИЗ, НКТ, ГГК-П, АК, резистивиметрия и кавернометрия. Стоит отметить, что метод ПС при данных исследованиях был не информативен из-за применения промывочной жидкости полимерного состава, тем не менее данный метод будет рассмотрен для случая использования не полимерного раствора.

Поставленный выше комплекс методов позволяет решить геологические задачи, которые выступают перед исследованием скважин.

К задачам относятся литолого-стратиграфическое расчленение разреза и выделение пластов коллекторов, для их решения использовалась большая совокупность методов, включающие в себя радиоактивные, электрические методы, акустический каротаж и кавернометрию.

Также основной задачей является определение фильтрационно-емкостные свойства коллекторов. К ним относятся коэффициенты пористости –  $K_{п}$ , проницаемости –  $K_{пр}$ , глинистости –  $K_{гл}$ . Данные свойства горных пород определяются расчетным путем и по результатам интерпретации полученных данных.

Оценка характера насыщения коллекторов осуществляется при помощи применения следующих методов: БК, ИК, ВИКИЗ, АК, а также методами сопротивлений.

Последней одной из ключевых задач является определение водонефтяного, газонефтяного и газоводяного контактов. Они осуществляются при помощи методов БК, БКЗ, ИК, АК и НК-Т.

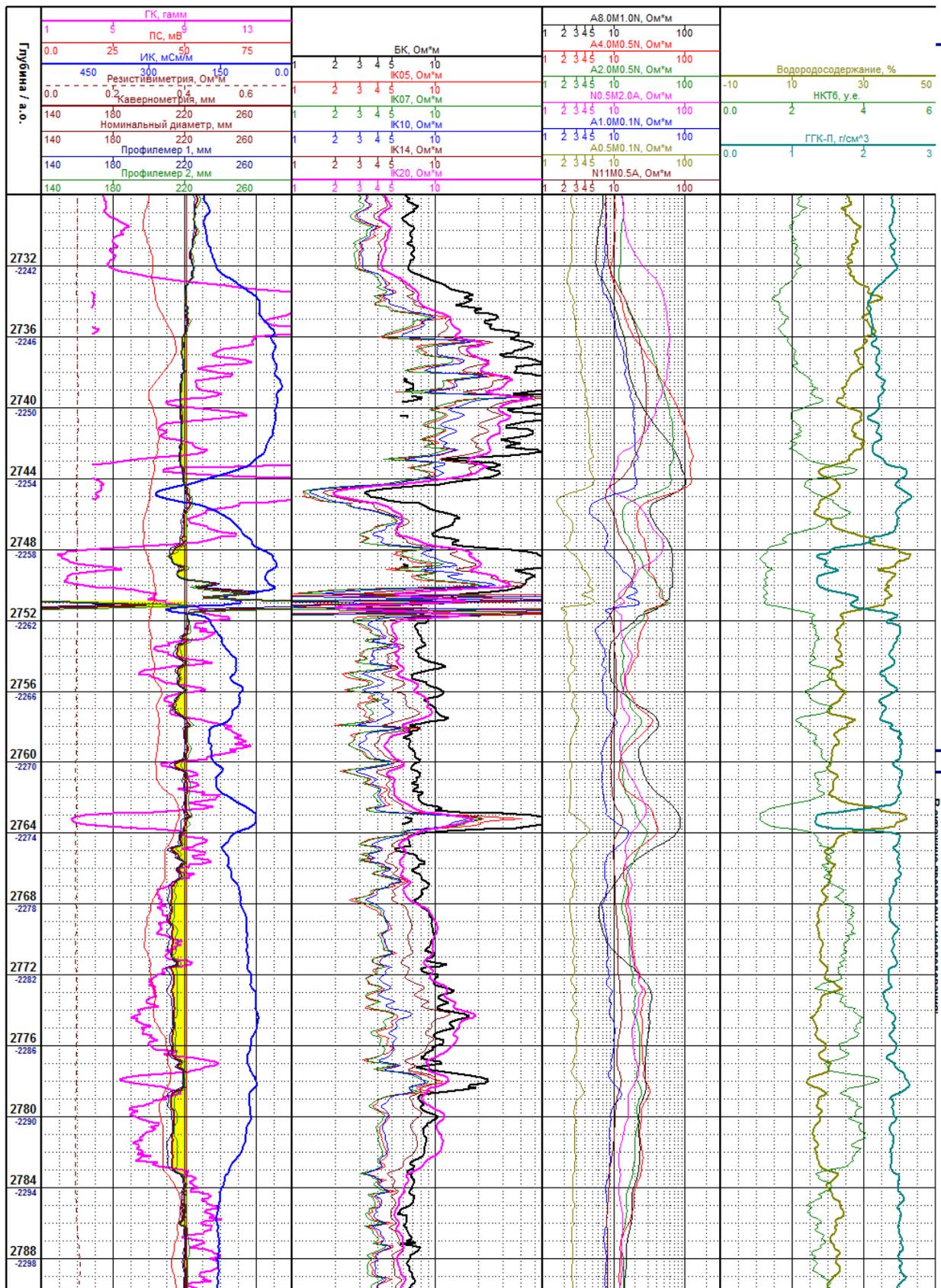


Рисунок 1 – Часть каротажной диаграммы скважины №999.

## 4 ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 4.1 Задачи геофизических исследований

Благодаря ранее проведенным ГИС и буровым работам, месторождение характеризуется своей высокой изученностью. Данная изученность указывает на пласт Ю<sub>1</sub>, который содержит в себе основные запасы газоконденсата и является относительно однородным.

На запроектированном участке работ перед ГИС планируется следующие геологические задачи: литологическое и стратиграфическое расчленение разреза; выделение пластов коллекторов; оценка фильтрационно-емкостных свойств коллекторов и характера насыщения; определение коэффициентов насыщения.

### 4.2 Обоснование объекта исследований

Объектом исследования будет Пласт Ю<sub>1</sub>, приуроченный к Мыльджинскому куполовидному поднятию. Данное поднятие может служить причиной формирования хорошей ловушки и дальнейшего образования нефтенасыщенных пластов. Данное предположение является хорошим обоснованием для проектирования скважины. Также одной из причин выбора участка работ является тот факт, что рядом со скважиной находится малое количество близлежащих скважин.

Учитывая все исследования, проведенные на данном участке работ, запроектирована скважина № 250 между скважинами № 15 и № 29 (рис.9). Целью исследования будет являться определение фильтрационно-емкостных свойств коллекторов запроектированной скважины. Красным маркером отмечена проектируемая скважина.



понимать, какие процессы происходят в земной коре, и как они влияют на геофизические данные, получаемые различными методами исследования, которые используют на объекте. Это помогает получить первичные данные об исследуемом объекте, а также предупредить и снизить возможные риски и осложнения, которые могут возникнуть в процессе проведения работ.

По результатам проведённой интерпретации данных геофизических исследований построена физико-геологическая модель (ФГМ) продуктивной части горизонта ( $Ю_1$ ) для Мыльдзинского газоконденсатного месторождения (рис. 10).

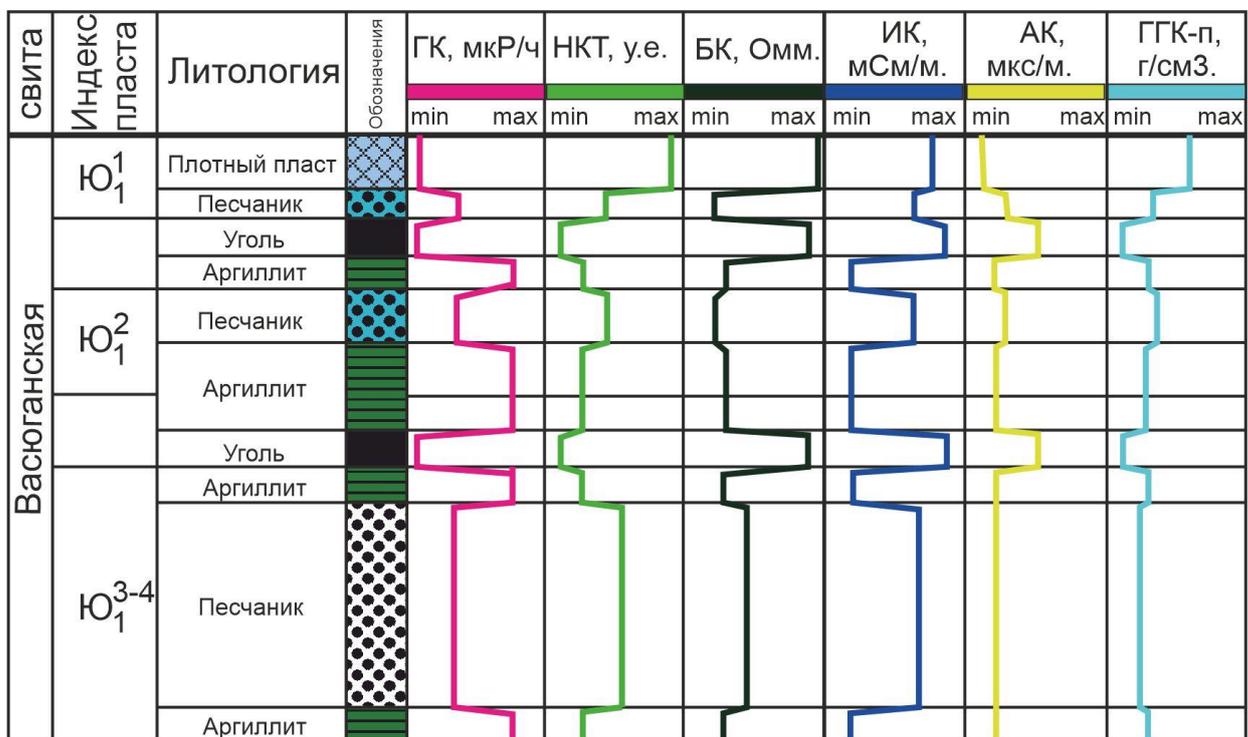


Рисунок 3 – Физико-геологическая модель.

Как уже обговаривалось ранее, разрез месторождения представляет из себя терригенные породы, такие как песчаники и глины, также отмечаются прослой углей и плотных пород. Можно также отметить встречающееся переслаивание представленных пород, но значения параметров являются примерно равномерными.

## 5 МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

### 5.1 Методика проектных геофизических работ

Выбор методов исследования скважин опирается на несколько факторов: ФГМ, исследования работ прошлых лет. Методы, вошедшие в комплекс ГИС в данном исследовании, считаются стандартными для исследований на Мыльджинском месторождении.

Работы, входящие в комплекс ГИС, предусматривают выезды на скважины, подготовку к работам на ней с последующим проведением геофизических работ, которые включают в себе спуск и подъем различной геофизической аппаратуры.

Приборы, которыми осуществлялась запись методов, их масштаб записи и скорость спуска представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Характеристики применяемых методов.

Методы	Масштаб	Скорость, м/ч	Прибор
ПС, ИК, БК, БКЗ	1:200	1900	К1А-723
ГК, НКТ	1:200	400	РК5-76
АК	1:200	1000	АКВ-1
ВИКИЗ, ПС	1:200	2000	ВИКИЗ
Инклинометрия	1:200	600	ИОН-1
Кавернометрия	1:200	980	СКПД

В работе будет применяться подъемник ПКС-2Г. С его помощью происходят спуско-подъемные операции скважинных приборов. Также в работе будет задействована каротажная станция КЕДР-02 для регистрации и обработки информационных сигналов.

Вся аппаратура и методы исследования были выбраны, опираясь на работы прошлых лет.

## **5.2 Интерпретация геофизических данных**

Интерпретация геофизических данных позволяет решать основные геологические задачи: литологическое расчленение разреза; выделение коллекторов; определение их фильтрационно-емкостных свойств; определение характера насыщения пластов и решение других задач исследования.

### **Литологическое расчленение**

Литологическое расчленение терригенных отложений осуществляется по кривым ПС, ГК и кавернограмме. Терригенные отложения представляют собой песчанистые и глинистые породы.

Группа глинистых пород, которая включает в себя глины, аргиллиты и глинистые сланцы. Рассматриваемая группа характеризуется низким кажущимся удельным электрическим сопротивлением (КС), высокими значениями естественной поляризации (ПС) и естественной радиоактивности (ГК); в глинистых породах диаметр скважины обычно увеличивается, а иногда образуются даже большие каверны.

На диаграммах микрозондов высокопористые и проницаемые пески и песчаники характеризуются высокими значениями КС. Глинистые, уплотненные и малопроницаемые пески и песчаники на диаграммах микрозондов отмечаются небольшими значениями КС. Характерное для песков и песчаников уменьшение величины ПС по сравнению со значениями того же параметра для глин называют отрицательной аномалией. На кавернограммах против песчаных пластов увеличение диаметра обычно не наблюдается.

Песчаники имеют низкие значения по естественной радиоактивности (в отличие от глинистых пород) и интенсивности естественного гамма-излучения  $I_\gamma$ , отрицательные аномалии  $\Delta U_{ПС}$  и номинальный или несколько уменьшенный диаметр скважины. С увеличением глинистости величина  $\Delta U_{ПС}$  уменьшается, а интенсивность  $I_\gamma$  увеличивается.

## Выделение коллекторов

Существует несколько признаков для выделения коллекторов. Они делятся на количественные и качественные. К первым относятся отрицательные аномалии кривых собственной поляризации, изменение сопротивления пласта, высокие показания микроградиент – зонда, низкие значения гамма – активности, наличие глинистой корки по данным кавернограммы. А ко второму типу относятся значения удельного электрического сопротивления УЭС и нижние кондиционные пределы коэффициентов пористости  $K_p$ , нефтенасыщенности  $K_n$  и проницаемости  $K_{пр}$ .

## Определение коллекторских свойств пластов

К коллекторским свойствам пластов относят такие параметры, как глинистость, пористость, проницаемость, нефтенасыщенность. При проведении ранее проведенных геофизических работ и их анализе данные параметры были определены при интерпретации материалов ГИС Мыльджинского месторождения.

**Глинистость** определяется по разработанным для мыльджинских коллекторов уравнениям и зависимостям, которые были определены при помощи метода потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС), а также Гамма-каротажа (ГК).

По методу ПС:

$$K_{гл} = 0,4346 - 0,3846 \cdot \alpha_{пс}, \quad \text{доли ед.}, \quad \text{где } \alpha_{пс} = \frac{\Delta U_{пс}}{\Delta U_{пс}^{max}}$$

Методом ГК:

$$K_{гл} = 1,055 - (1,14 - 1,111 \cdot \Delta J_{\gamma})^{0.5}, \quad \text{доли ед.}$$

где  $\Delta J_{\gamma}$  - двойной разностный параметр ГК.

**Определение коэффициента пористости ( $K_{пр}$ )** осуществляется методами сопротивлений, методом потенциала самопроизвольной поляризации, ННК-Т и акустическим каротажем. Данный коэффициент является довольно значительным параметром, который характеризует емкостные свойства горной

породы, опираясь на разницу физических свойств флюидов, заполняющих поры, и скелета горной породы.

Для методов ПС, ННК-Т и АК используются известные петрофизические уравнения для коллекторов месторождения:

По методу ПС:  $K_{\Pi} = 0,08392 + 0,1196 \cdot \alpha_{\text{ПС}}$ , доли ед.

По методу ННК-Т:  $K_{\Pi} = K_{\Pi}^{\text{общ}} - K_{\text{ГЛ}} \cdot \omega_{\text{СВ}}$ , доли ед,

где  $K_{\Pi}^{\text{общ}}$  – общая пористость;  $\omega_{\text{СВ}}$  – водородосодержание связанной воды ( $\omega_{\text{СВ}} = 0,18$ ).

По методу АК:  $K_{\Pi} = 0,196 \cdot \Delta T - 33,9$ , %.

Методами сопротивлений пористость находится по уравнению Арчи-Дахнова, зависимости между коэффициентом пористости и параметром пористости. Само значение параметра пористости зависит от множества факторов, таких как сама пористость, особенности структуры породы, характер расположения пор, степень цементации частиц и другие.

Для коллекторов Мыльджинского месторождения формула параметра пористости имеет вид:  $P_{\Pi} = 0,767 \cdot K_{\Pi}^{-1,923}$

**Коэффициент проницаемости** определяется при помощи методов сопротивлений и метода ПС.

Данный коэффициент не относится к подсчётным, тем не менее является достаточно важным и предоставляет информацию о продуктивных пластах месторождения, которая используется при разработке и проектировании работ на месторождении.

Методом ПС коэффициент проницаемости определяется посредством уравнения коллекторов:  $K_{\text{пр}} = 10^{\left(\left(\frac{\alpha_{\text{ПС}}}{0,75}\right)^{2,27}\right)}$ .

В методе сопротивлений же определение проницаемости:

Коэффициент нефтегазонасыщенности:  $K_{\text{Н}} = 1 - K_{\text{В}}$ ,

где  $K_{\text{В}}$  – коэффициент водонасыщенности, который для коллекторов Мыльджинского месторождения равен:

$$K_{\text{В}} = 0,95 \cdot P_{\text{Н}}^{-0,75},$$

где  $R_H$  – параметр насыщения.

Значения удельных сопротивлений нефтегазонасыщенных пород определяют помощи методов электрических методов или метода ВИКИЗ, чаще используется последний в силу большой эффективности данного метода в терригенном разрезе. Удельное электрическое сопротивление пласта при полном заполнении его пор пластовой водой  $\rho_{ВП}$  рассчитывают по формуле:

$$\rho_{ВП} = R_{п} \cdot \rho_{В}$$

**Определение характера насыщения коллекторов** осуществляется электрическими методами и акустическим каротажем.

В электрических методах (БК, ИК и ВИКИЗ) оценка насыщения сводится к сопоставлению сопротивлений коллекторов. Так нефтегазовым коллекторам свойственно высокое сопротивление, поскольку нефть и газ, заполняющие поры породы, являются диэлектриками, а водонасыщенные коллектора наоборот – имеют низкие сопротивления. Дополнительными признаками являются расхождения показаний методов микробокового каротажа и бокового каротажа: при насыщении нефтью или газом показания метода БК больше показаний МКБ, при насыщении водой – наоборот.

Насыщение также может быть определено при помощи акустического каротажа (АК). Данный метод опирается на изменение скорости и затухания упругих волн в флюиде. Газоносные коллекторы отмечаются наибольшими затуханиями упругих волн, а нефтеносные коллектора меньшими скоростями, по сравнению с водоносными.

В таблице 3 представлены посчитанные критерии для месторождения.

Таблица 2 – Критерии коллектора Мыльджинского газоконденсатного месторождения.

	$\alpha_{ПС}$	$K_{П}$ , доли ед.	$K_{ПР}$ , мкм <sup>2</sup>	$\rho_{П}$ , Ом*м
Газ	более 0,30	0,120	$0,5 \cdot 10^{-3}$	более 11,0
Нефть	более 0,43	0,135	$1,92 \cdot 10^{-3}$	более 5,2
Вода	-	-	-	менее 4,3

## 6 ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ МЕТОДАМИ ГИС, ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

В настоящее время встает острым вопрос об истощаемости легкодоступных углеводородов на нефтегазоконденсатных месторождениях Западной Сибири. Наибольшую привлекательность в разведке и последующей добыче все чаще занимают трудноизвлекаемые запасы (ТриЗ), характеризующиеся низкой проницаемостью (0,001-0,03 мкм<sup>2</sup>), аномально высоким пластовым давлением (АВПД) и пр.

К таким объектам относится баженовская свита, которая является нефтематеринской породой для большинства месторождений Западной Сибири, к которым относится Мыльджинское месторождение. В настоящий момент Мыльджинское газоконденсатное месторождение находится на стадии разработки, происходит обводнение горизонтов и уменьшается объём добычи.

Баженовская свита изучается с 1960-х годов, но до сих пор остается недостаточно изученной. Актуальность заключается и в распространении горных пород на территории Западной Сибири - нефтематеринская порода зафиксирована на территории одного миллиона квадратных километров (рис. 11).



Рисунок 4 - Карта распространения баженовской свиты на территории Западной Сибири.

В связи с последующей необходимостью доставки приборов в горизонтальные участки следует рассмотреть существующие способы, позволяющие провести данные работы и выделить наиболее подходящие из них.

### **Геологическая характеристика баженовской свиты**

Мощность баженовской свиты варьируется от 10 до 40 м, хорошо выдерживается на обширных площадях, залегает в основании вернеюрских-нижнемеловых отложений, являясь региональной покрывкой юрского нефтегазоносного комплекса. Накопление осадков баженовской свиты происходило в глубоководном нормально-морском бассейне. Залегание свиты варьируется от 2000 до 4000 м в зависимости от положения исследуемого месторождения. Внешний вид свиты типовой и однообразный, прослеживаются буровато-черные, от тонкоплитчатых до массивных (характерны преимущественно до карбонатных разностей) битуминозные аргиллиты. Выделяются 10 типов пород [10].

Битуминозные породы имеют отличительные черты в зависимости от распространения. Западная часть отложений имеет структурное убывание по возрасту битуминозных пород от титона до готерива. Полученная информация характеризует динамику развития баженовского бассейна, что предполагает учесть данную информацию для корреляции разрезов битуминозных пород и фациальных построениях.

К породам, являющимся битуминозными и по содержанию насыщены большим количеством органического вещества конкретно в баженовской свите используется прижившейся термин «битуминозный аргиллит».

Породы по своему составу различаются на биогенные и терригенные типы. Биогенный тип включает в себя кремнезем, кероген, карбонаты.

Стоит отметить, что в породах происходит увеличение содержания ОВ с нижней части свиты кверху. Эта является уникальной особенностью свиты, кооторая содержит повышенные концентрации многих элементов, таких как медь, серебро, молибден, цинк, никель и т.д. Распределение их по разрезу коррелирует с распределением органического вещества в породах [11].

## **Определение нефтенасыщенных толщин**

Определение нефтенасыщенных сводится к определению двух типов коллекторов. К первому типу коллекторов относят интервалы баженовской свиты, вмещающей пластовый флюид, и имеют способность фильтровать сквозь себя флюид, тем самым – отдавать его при разработке. Второй тип – коллекторы, породы которых не имеют первоначальных свойств к проведению сквозь себя флюида, но при воздействии на пласт гидроразрывом пласта способны проводить флюид по полученным от ГРП трещинам.

Выделение коллекторов баженовской свиты сводится к определению качественных признаков и граничных значений количественных параметров, к которым относятся: пористость, проницаемость, плотность, содержание органического вещества, хрупкость и др. Эти данные обосновываются по данным ГИС-Керн, а также по испытанию скважин, при этом, выделение коллекторов баженовской свиты основывается на базовых скважинах, где в интервале баженовского горизонта есть все необходимые для этого условия, а именно:

1) полный комплекс ГИС, включая ядерно-магнитный метод, широкополосный метод акустического каротажа, методы определения пористости (ННК, ГГК-п), а также методы определения состава, основывающиеся на разной физической природе (СГК, ИННК, ГГК-ЛП);

2) исследование керна на определение минералогического состава методами Рентгенофлуоресцентного анализа и рентгеноструктурного анализа, определение фильтрационно-емкостных свойств, геомеханических свойств.

3) ПГИ в скважине с определением интервала притока (механическая, термокондуктивная дебитометрия) до и после ГРП

4) определение отдающих прослоев за колонной (термометрия, спектральная шумометрия).

## **Изучение коллекторов баженовской свиты методами ГИС.**

Свита обладает высокой радиактивностью ГК, высокое удельное электрическое сопротивление (БК, МБК), расхождение показаний

разноглубинных зондов ВИКИЗ при практически непроницаемых породах. Данные физические особенности являются уникальными геофизическими аномалиями. Связано это со сложным составом пород свиты – кероген-карбонатно-глинисто-кремнистый. Баженовская свита имеет сложный минеральный состав, в который входят такие минералы, как кварц, кальцит, доломит, пирит, кероген и глинистые минералы.

Чтобы наиболее успешного определения литотипов пород нужно использовать стандартный комплекс ГИС в сочетании с расширенным комплексом ГИС.

В стандартный комплекс ГИС входят такие методы как: ПС, БК, ИК, ВИКИЗ, МБК, МКЗ, ГК, ННК, ГГК-п, АК, СГК, КВ

По наличию косвенных качественных признаков (стандартный комплекс ГИС) можно выделять коллекторы в интервале баженовской свиты. К таким относятся:

- 1) Пониженные значения удельного электрического сопротивления по данным БК, МБК относительно всего разреза;
- 2) Пониженные значения ГК;
- 3) Приращения при одновременной регистрации БК и МБК;
- 4) Номинальный (возможно несколько увеличенный) диаметр скважины;
- 5) Повышенные значения интервального времени в области коллектора в баженовской свите;
- 6) Значения объемной плотности относятся к средним значениям по ГГК-п в разрезе баженовской свиты;
- 7) Повышение водородосодержания по нейтронным методам;
- 8) Пониженные значения содержания органического углерода.

К. Пасси предлагает метод, который способствует определить содержание органического углерода (это, в свою очередь, позволяет судить о степени зрелости и способности пород к генерации УВ). Метод предполагает установление нормализации определения пористости акустическим либо нейтронным, с электрическими методами. Перемасштабирование кривых

необходимо выполнить так, чтобы совпадение наблюдалось в интервалах с различной пористостью, при этом должно сохраняться условие низкого содержания органического вещества, в это время превышение кривой сопротивления над нормализованной кривой пористости отмечалось в интервале нефтегазоматеринских пород (рис. 12) [12].

Это приращение характеризует параметр  $\Delta\text{LogR}$ , который рассчитывается следующим образом:

$$\text{Для АК: } \Delta\text{LogR}_{DT} = \lg\left(\frac{\rho_{\text{П}}}{\rho_{\text{ГЛ}}}\right) + 0,02(\Delta T - \Delta T_{\text{ГЛ}})$$

$$\text{Для НК: } \Delta\text{LogR}_N = \lg\left(\frac{\rho_{\text{П}}}{\rho_{\text{ГЛ}}}\right) + 4(Wn - Wn_{\text{ГЛ}})$$

*Показания с индексом гл – показания в опорном интервале с низким содержанием органического вещества.*

*Содержание  $C_{\text{орг}}$  пропорционально  $\Delta\text{LogR}$  уравнением:*

$$C_{\text{орг}} = \Delta\text{LogR} * 10^{(2,297 - 0,1688 * \text{LOM})}$$

LOM – степень метаморфизма ОБ нефтематеринской породы. Определяется по температурному режиму залежи углеводородов [12].

Изменения параметра LOM зависят от зрелости породы, так:

LOM=6 – незрелое ОБ (соответствует отсутствию генерации УВ)

LOM=8-10 – зрелое ОБ (генерация УВ)

LOM>12 – перезрелое ОБ (УВ «выгорают»)

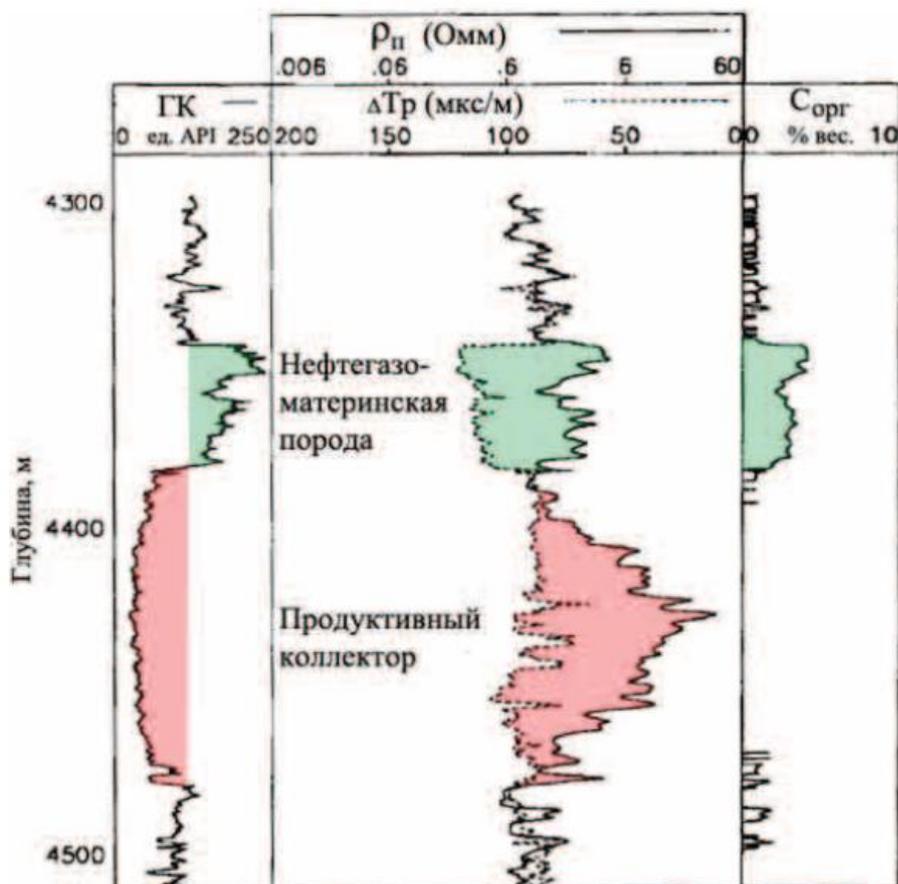


Рисунок 5 – Разделение эффектов приращений по методам сопротивлений, связанных с нефтематеринскими породами, Нормализация АК и сопротивлений.

Представленный метод сопоставлялся с другими методами определения углеводородосодержания органических веществ, по результатам сравнения с методом определения  $C_{орг}$  по Айсслеру можно сделать вывод о том, что метод Пасси имеет эффективность в сравнении с другими методами определения углеводорода органического. (На рис.13 зелеными линиями выделено предполагаемый пласт-коллектор) [12].

Но определение  $C_{орг}$  имеет один существенный недостаток, связанный с тем, что косвенно выполняется по данным методов ГИС, из-за чего достоверность информации снижается с применением интегрального ГК в сравнении со спектральным. Проявляется это в следующем: пирит, накапливающийся в зоне с повышенным содержанием  $C_{орг}$ , адсорбирующего уран (характеризуется высокими показаниями по ГК), имеет аномально-низкие значения УЭС. В следствии чего происходит снижение значений  $C_{орг}$  по Пасси

вплоть до минимальных, что не соответствует реальной картине содержания  $S_{орг}$ . (Интервал выделен черными линиями на рисунке 13) [12].

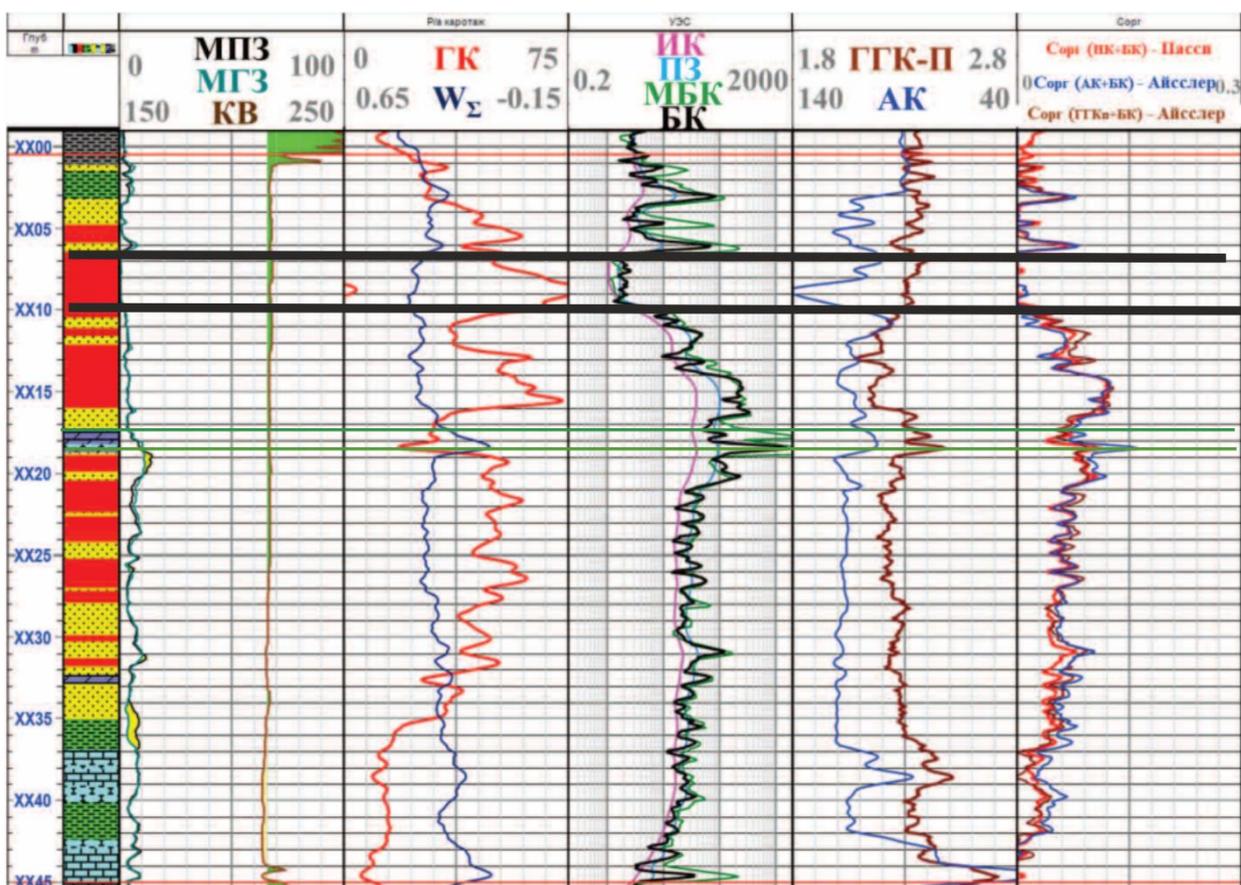


Рисунок 6 – Содержание  $S_{орг}$  по методу Пасси и Айсслера одной из скважин.

В настоящее время наиболее информативно описать пласты-коллекторы баженовской свиты помогают такие методы, как ЯМК, кросс-дипольный акустический широкополосный каротаж, а также имиджеры (например – электрический) [13].

Ядерно-магнитный каротаж позволяет определять коэффициенты общей и эффективной пористости, коэффициент остаточной водонасыщенности, коэффициент проницаемости. Также по данному методу можно судить о распределении пор по размерам. Преимущество метода заключается в том, что метод позволяет не учитывать минеральный состав пород. Задача стандартных методов ГИС в определении коэффициента пористости заключается в решении системы уравнений (т.к. для стандартных методов ГИС необходима информация об объемных долях всех минералов и их свойств). Метод ЯМК позволяет определить пористость не решая систему уравнений (не требуется определение

мин. состава). Метод ЯМК также позволяет подобрать и обосновать отсечку поперечной релаксации T2, что необходимо при определении открытой пористости. Связанная вода глин, высоковязкие битумоиды формируют сигнал в левой части спектра T2 ЯМК, что также помогает определить открытую пористость в баженовской свите (рис. 14) [14].

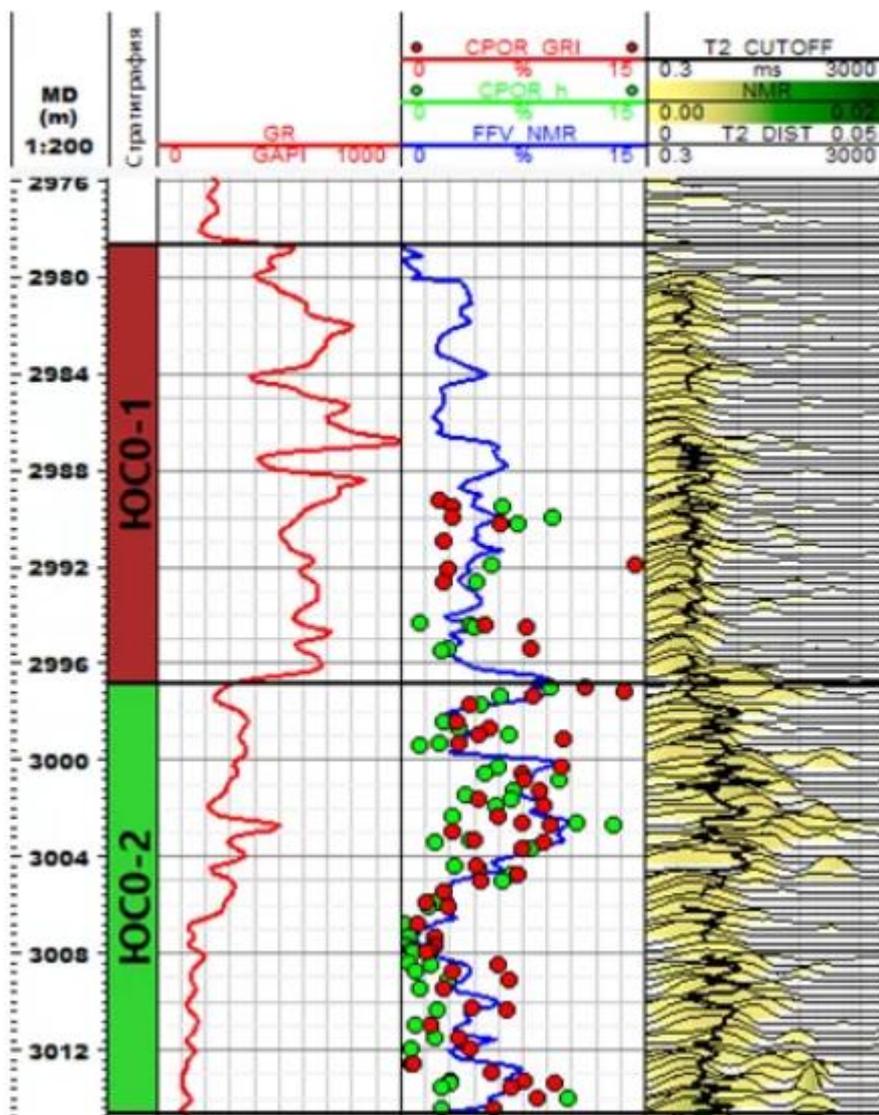


Рисунок 7 – Сопоставления пористости по керну и ЯМК (осуществлен подбор граничного значения времени релаксации T2).

Одним из методов изучения коллекторов баженовской свиты является кросс-дипольный акустический каротаж.

Метод позволяет получать точные данные поперечных, продольных, волны Стоунли, тем самым определять интервалы-коллекторы, при этом

оценивать проницаемость благодаря низкочастотных волн Стоунли, выявлять трещины с оценкой азимута и трещинной пористости.

Пласт-коллектор в баженовской свите можно эффективно выделить по расхождению интервального времени волны Стоунли и модельного интервального времени волны Стоунли. Данное расхождение свидетельствует об анизотропной среде, следовательно, в данных пористых проницаемых интервалах, можно предположить, имеются потери энергии волны на возбуждение течения жидкости на границе скважина-пласт. Данная методика позволяет выделять коллектор по прямым качественным признакам (рис. 15, черными линиями выделены потенциальные пласты-коллекторы). Оценить ФЕС можно благодаря параметру KPL (эффективная пористость, %, определяется перерасчетом разностной аномалии волн Стоунли в количественную оценку пористости). Представленный параметр позволяет определить проницаемость среды (1 усл. Ед. – 1мД/сПз). Т.к. KPL – количественное значение, оно должно подтверждаться керновыми данными [15].

Шифр кривой	Название параметра	Ед. измерения
DTL	Интервальное время волны Лемба-Стоупли	мкс/м
DTLM	Модельное инт время волны Лемба-Стоупли	мкс/м
DTP	интервальное время пробега продольной волны	мкс/м
DTS	Интервальное время поперечных волн	мкс/м
GR	естественная радиоактивность	API
KPA	Пористость по АК	%
KPD	Пористость по ГТКл	%
KPL	Эффективная пористость	%
KSDR	Проницаемость по ЯМР	мДа
PERM	Подвижность по волнам Лемба-Стоупли	усл.ед
PUAS	Коэффициент Пуассона	
RHOZ	объемная плотность по ГТКл	г/см3

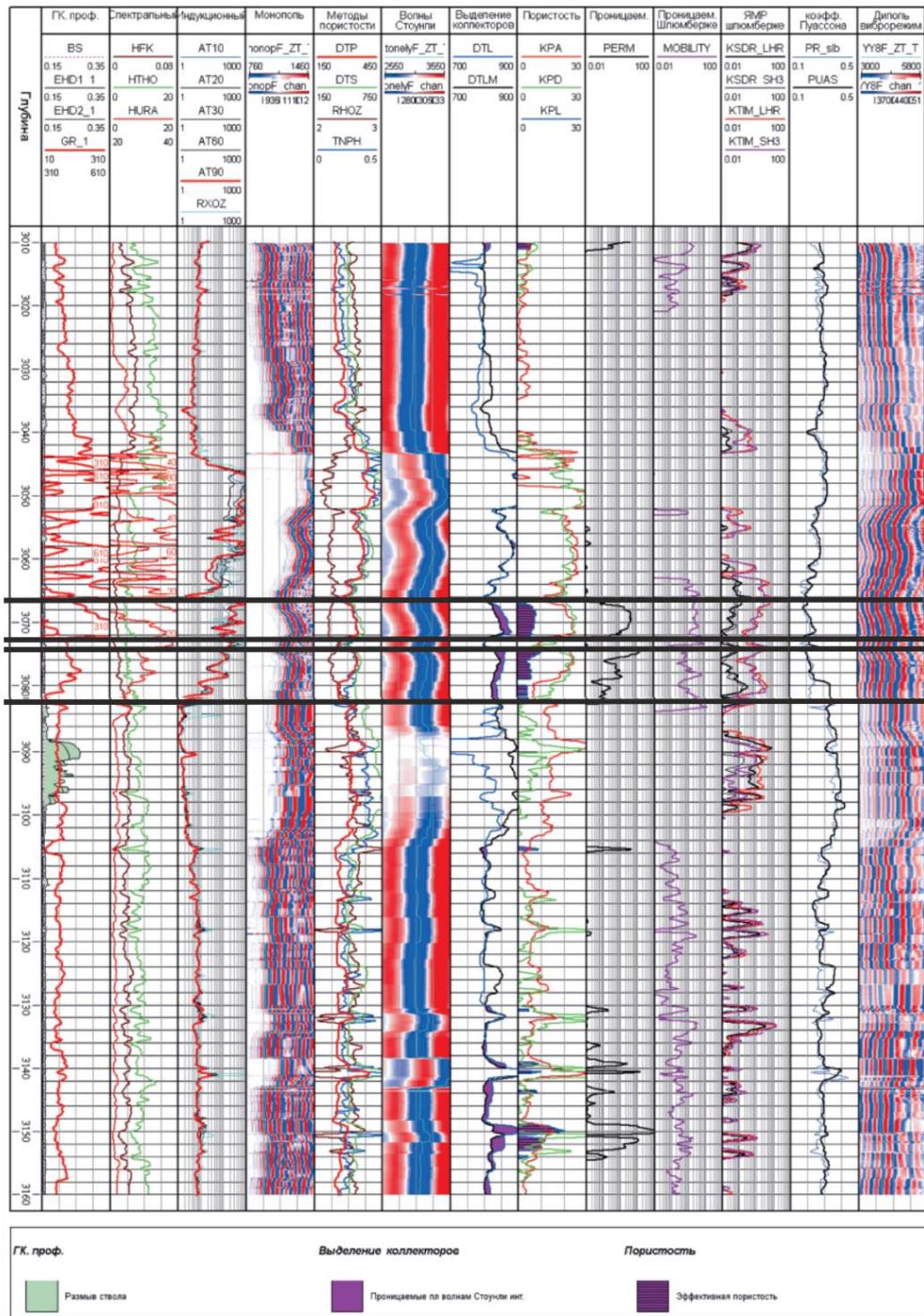


Рисунок 8 – Выделение коллекторов по данным кросс-дипольного АК.

Одним из методов определения коллекторов баженовской свиты является электрический микроимиджер, регистрирующий сопротивление по стволу скважины, преобразуя сигнал в изображение-развертку ствола скважины, при

этом, высокое сопротивление соответствует «светлым пластам». Данный метод позволяет выделить пласты низкой мощности, а также для определения углов склонения границ пластов, определения трещиноватости, определения вторичной пористости в кавернопоровых карбонатных пород-коллекторов.

По данным имиджера в разрезе баженовской свиты в интервале 3662,9-3664 м можно предположить, что высокоомные включения (светлые включения) относятся к трещинам неявной геометрии (рис. 16).

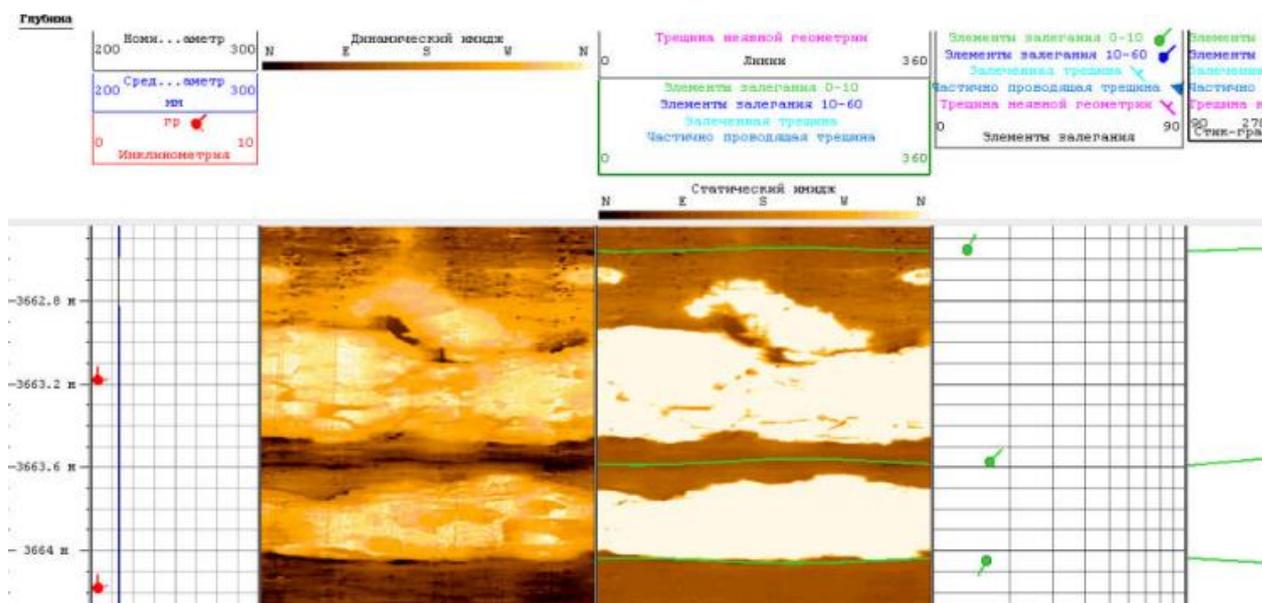


Рисунок 9 – Пример высокоомных включений в интервале Баженовской свиты.

### Заключение

В настоящее время баженовская свита представляет практический интерес по увеличению запасов УВ, при этом, является труднодоступной, с сложнопостроенными коллекторами, характеризующееся, в настоящее время, сложной спецификой определения пластов-коллекторов с до конца не изученными особенностями коллекторов.

Повышение качества геофизических исследований позволит более детально подойти к реализации выделения коллекторов по совокупным данным стандартного комплекса ГИС, применением специальных методов геофизических исследований, а также сопоставлением данных ГИС-Керн, что позволит облегчить определение коллекторов и их ФЕС на территории Западной Сибири, а это, в свою очередь, может привести к новым открытиям в области

нефтегазовой области, и возможно, позволит значительно повысить запасы и добычу углеводородов на огромной территории распространения бажендовской свиты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный дипломный проект выполнен опираясь на изучения геолого-геофизической характеристики объекта исследования и анализа основных результатов ранее проведенных геофизических исследований на Мыльджинском газоконденсатном месторождении.

В ходе выполнения проекта был произведён анализ прошлых геофизических работ на данном месторождении, по итогам которого была представлена физико-геологическая модель проектируемой скважины, на основе которой был сформирован комплекс методов, позволяющий решить поставленные перед проектом задачи.

В методической части описана методика проектируемых работ, а также приведена аппаратура для проведения запланированного комплекса. Приведены используемые формулы и критерии для интерпретации полученных данных, конкретно для Мыльджинского месторождения.

В специальной части рассмотрены изучение коллекторов баженовской свиты методами ГИС, особенности интерпретации.

Финансовый раздел проекта содержит расчёт стоимости ресурсов данного научного исследования. Раздел “Социальная ответственность” содержит анализ вредных и опасных производственных факторов на жизнь человека и окружающую среду, а также предлагает мероприятия по их устранению.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Опубликованные:

1. Физическая карта Томской области [Электронный ресурс] - <https://dic.academic.ru/pictures/bse/jpg/0265546126.jpg> (дата обращения 17.05.2023).
2. Решение 5-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины, Тюмень, 1990 г – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1991. – 54 с.
3. Каламкаров Л.В. Нефтегазоносные провинции и области России и сопредельных стран. Изд-во «Нефть и газ», РГУ нефти и газа им. Губкина, 2003. 570 с.
4. Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003 г. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. – 114 с.
5. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Западно-Сибирской плиты / Под ред. В.С. Суркова. – М.: Недра, 1986. – 149 с.
6. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири – М.: Недра, 1975. – 680 с.
7. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщение горных пород. – М.: Недра, 1975. – 310 с.
8. Коноплев Ю.В., Кузнецов Г.С., Леонтьев Е.И. и др. Геофизические методы контроля разработки нефтяных месторождений. – М.: Недра, 1986. – 221 с.
9. В.В. Климов, О.В. Савенок, А.С. Арутюнян, Н.М. Лешкович. Основы геофизики: учебное пособие; ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2016. – 274 с.
10. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири / Под. Ред. Т.В. Дорофеевой. – Л.: Недра, 1983, 131 с.

11. Афанасьев И.С., Гаврилова Е.В., Бирун Е.М., Калмыков Г.А., Балущкина Н.С. Баженовская свита. Общий обзор, нерешенные проблемы. Научно-технический вестник «Энергия развития» ОАО «НК» Роснефть., – 4-2010. 20-26 с. [Электронный ресурс] - [https://www.rosneft.ru/upload/site1/document\\_publication/177165/v04\\_2010.pdf](https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_publication/177165/v04_2010.pdf) (дата обращения 12.12.2022).
12. Прогноз коллекторов в разрезе баженовской свиты по материалам керна и геофизических исследований скважин/Куляпин П.С., Соколова Т.Ф. – Известия Томского Политехнического Университета. Инжиниринг Георесурсов. 2015, 118-133 с. [Электронный ресурс] - <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23128823> (дата обращения 12.12.2022).
13. Эффективность применения специальных методов геофизических исследований (хайтек-методов) для уточнения подсчетных параметров сложнопостроенных коллекторов/И.О. Ошняков. Материалы 2 Международной Научно-Практической Конференции – ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г Тюмень, 2022, 283-285 с. [Электронный ресурс] - [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_49763190\\_35726907.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49763190_35726907.pdf) (дата обращения 14.12.2022).
14. Петрофизическая модель баженовской свиты Приобского месторождения «Роснефти»/ ООО «РН-БашНИПИнефть» – 2020. [Электронный ресурс] - <https://magazine.neftegaz.ru/articles/dobycha/555532-petrofizicheskaya-model-bazhenovskoy-svity-priobskogo-mestorozhdeniya-rosnefti> (дата обращения 12.12.2022).
15. Обоснование целесообразности использования современной аппаратуры кросс-дипольного каротажа при выделении и типизации коллекторов Баженовской Свиты (БС)/Добрынин С.В. Журнал «Геофизика» - Межрегиональная общественная организация Евро-Азиатское геофизическое общество ISSN: 1681-4568, 2018, 24-30 с. [Электронный ресурс] - [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_32825526\\_44110848.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32825526_44110848.pdf) (дата обращения 14.12.2022).

16. ГОСТ 12.2.034-78. Система стандартов безопасности труда. Аппаратура скважинная геофизическая с источниками ионизирующих излучений. Общие требования радиационной безопасности.
17. РД 153-39.0-072-01. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах.
18. ПБ 08-37-2005. Правила безопасности при геологоразведочных работах.
19. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
21. ГОСТ 12.4.125-83. ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.
22. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП23-05-95.
23. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП23-03-2003.
24. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
25. Р.2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда.
26. ГОСТ Р ИСО 11228-1-2009. ССБТ. Эргономика. Ручная обработка грузов. Часть 1. Поднятие и переноска. Общие требования.
27. ГОСТ 12.1.008-76. ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.
28. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

29. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
30. ГОСТ 12.3.009-76. ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
31. ГОСТ 12.2.062-81. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные.
32. ГОСТ 12.4.125-83. Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.
33. ГОСТ Р 57701-2017. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Программы в области обращения с твердыми коммунальными отходами.
34. ГОСТ Р 70146-2022. Ресурсосбережение. Отходы электроники и электробытовой техники.
35. ГОСТ Р 55090-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги.
36. №123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
37. ПУЭ. Правила устройства электроустановок.
38. ГОСТ Р 57677-2017. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация отходов недропользования.





### Приложение 3 – Информация о проведенном каротаже на скважине № 999.

**В скважине проведены исследования:**

Метод ГИС	Интервал исследований		Качество
ГК	2728	2853	хор.
ПС	2728	2853	не информативна
ИК	2728	2853	хор.
БК	2728	2853	хор.
БКЗ	2728	2853	хор.
Резистивиметрия	2728	2853	хор.
ВИКИЗ	2728	2853	хор.
НКТБ	2728	2853	хор.
Водородосодержание	2728	2853	хор.
ГГК-п	2728	2853	хор.
Профилеметрия	2728	2853	хор.
dTr	2728	2853	

**Аппаратура и оборудование:** Приборы: К1а-723 №6, ВИКИЗ №208047, РК5М №126, ГГК-2 №8  
 Станция: КЕДР-02 СКПД-02 №30006829, АКВ-1 №3  
 Подъемник: ПКС-5 №056 Скорость записи: 1600, 1900, 400, 1300, 980 м/ч

**Параметры промывочной жидкости:**

Тип: KCL-полимерный  
 Удельный вес (г/см<sup>3</sup>) 1.15  
 Вязкость (сек) 44  
 Водоотдача (см<sup>3</sup>/30сек) 4  
 Сопротивление (омм) 0.09

**Эталонировки:** ГК

**НКТ**

счета: 1 мкР/ч = 1101.3 имп/мин<sup>1</sup> у.е. (МЗ) = 36317.1 у.е. (БЗ) = 2446.8

дата эталонировки: 29.10.2019

**Данные по скважине:**

