

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

---

Инженерная школа природных ресурсов  
Специальность 21.05.03 «Технология геологической разведки»  
Отделение Геологии

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Тема работы
Применение оконных алгоритмов обработки результатов сейсморазведочных работ МОГТ 2D (территория Звездного лицензионного участка)

УДК 550.834.05(571.56)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
223Б	Рожина Мира Петровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Немирович-Данченко М.М.	Д-ф.м.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По геологической части

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тимкин Т.В.	К.Г-м.н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пожарницкая О.В	К.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Т.А.	К.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Немирович-Данченко М.М.	Д-ф.м.н.		

Томск – 2018 г.

## ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Универсальные компетенции</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>Профессиональные компетенции</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, 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  
Специальность 21.05.03 «Технология геологической разведки»  
Отделение Геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
Немирович-Данченко М.М.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломной работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
223Б	Рожиной Мире Петровне

Тема работы:

Применение оконных алгоритмов обработки результатов сейсморазведочных работ  
МОГТ 2D (территория Звездного лицензионного участка)

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Материалы преддипломной производственной практики, пройденной на предприятии в городе Сургут в дочерней компании "Сургутнефтегаз", в ЦГСД "СургутНИПИнефть"</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Географо-экономический очерк района работ и его краткая геолого-геофизическая изученность. Геолого-геофизическая характеристика. Стратиграфия, тектоника и нефтегазоносность. Анализ основных результатов ранее проведенных исследований. Обработка временных разрезов с помощью оконной фильтрации. Современные методы обработки сейсмических данных.</p>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	
---	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Геология	Тимкин Т.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Пожарницкая О.В.
Социальная ответственность	Задорожная Т.А.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

--

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Немирович-Данченко М.М.	Д-ф.м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
223Б	Рожина Мира Петровна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 111 с., 22 рис., 27 табл., 41 источников.

Ключевые слова: Звездный лицензионный участок, сейморазведка МОГТ-2D, временной разрез, нефтегазоносность, обработка, оконный фильтр.

Объектом исследования являются временные разрезы на Звездном лицензионном участке(Ленский район Республика Саха (Якутия)).

Цель работы – обработка цифровых сейсмических данных специальным оконным фильтром. Также возможное уточнение нефтегазонасыщенности продуктивных толщ лицензионного участка.

В процессе исследования проводились анализ отдельных трасс, обработка разрезов и анализ результатов обработки.

В результате исследования были выявлены спектральные особенности, позволяющие дифференцировать пласты с улучшенными коллекторскими свойствами, были определены границы проявления затухания на сейсмических временных разрезах.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АК	– акустический каротаж,
АО	– акционерное общество,
ВНК	– водонефтяной контакт,
ВСП	– вертикальное сейсмическое профилирование,
ВЧР	– верхняя часть разреза
ГВК	– газоводяной контакт,
ГНК	– газонефтяной контакт,
ГК	– гамма-каротаж,
ЗСБ	– зондирование становлением электромагнитного поля в
ЗМС	– зонамалых скоростей
МОВ	– метод отраженных волн
МОГТ	– метод общей глубинной точки,
МСК	– микросейсмокаротаж,
НБА	- Непско-Ботуобинская антеклиз
НГР	– нефтегазоносный район,
НГКМ	– нефтегазоконденсатное месторождение,
ОАО	– открытое акционерное общество,
ОГ	– отражающий горизонт,
ОГТ	– общая глубинная точка,
ОПВ	– общий пункт возбуждения,
ОСТ	– общая срединная точка,
ПВ	– пункт возбуждения,
ПГИС	– промыслово-геофизические исследования скважин,
ПГМР	– партия геологического моделирования резервуаров,
ПК	– пикет,
ПП	– пункт приема,
СК	– сейсмический каротаж,
ССЛ	– структурно-стратиграфическая ловушка,
ТПП	– территориально-производственное предприятие,
УВ	– углеводороды,
ФЕС	– фильтрационно-емкостные свойства,
Нэф	– эффективная мощность
AVO	– Amplitude Variation with Offset,
Rho <sub>b</sub>	– плотностной каротаж
SD	– Spectral Decomposition (спектральное разложение)
ф. н.	– физическое наблюдение

## ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ .....	5
СПИСОК РИСУНКОВ .....	8
СПИСОК ТАБЛИЦ .....	10
ВВЕДЕНИЕ .....	11
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	12
1.1. Географо-экономический очерк района работ.....	12
1.2. Геолого-геофизическая изученность .....	15
2. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	21
2.1. Стратиграфия.....	21
2.2. Тектоника.....	28
2.3. Нефтегазоносность.....	31
3. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАННЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	34
3.1. Применяемые методы исследования и их объем.....	34
3.2. Топогеодезическое обеспечение геофизических работ .....	37
3.3. Контроль качества полевого материала .....	41
3.4. Интерпретация сейсмических материалов .....	43
3.5. Стратиграфическая привязка и корреляция отражающих горизонтов .....	45
4. Обработка временных разрезов с помощью оконной фильтрации .....	50
4.1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	50
4.1.1. Цифровая фильтрация .....	50
4.1.2. Когерентность .....	54
4.1.3. Сингулярность.....	57
4.2. Обработка временных разрезов оконным фильтром .....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	65

## СПИСОК РИСУНКОВ

Рис. 1.1 Карта административных районов территории исследования	13
Рис. 1.2 Обзорная карта территории исследования.....	14
Рис. 1.3 Схема изученности геологической съемкой.....	17
Рис. 1.4 Схема изученности гравиметрической съемкой.....	17
Рис. 1.5 Схема изученности аэромагнитной съемкой.....	19
Рис. 1.6 Схема изученности электроразведочными работами.....	19
Рис. 2.1. Выкопировка из геологических карт листов Р-49-XXXIII, XXXIV, О-49-III, IV.....	22
Рис. 2.2 Сводная стратиграфическая колонка участка исследований...	27
Рис. 2.3 Выкопировка из тектонической карты нефтегазаносных провинций Сибирской платформы.....	30
Рис. 2.4 Карта нефтегазоносности Сибирской платформы (выкопировка).....	32
Рис.3.1 Кинематическая увязка сейсмических профилей: а - до увязки, б - после увязки.....	46
Рис. 3.2 Результаты одномерного моделирования по скважинам.....	48
Рис.3.3 Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов и характер волновой картины по линии скважин.....	49
Рис. 4.1. Участок сейсмической «трассы».....	52
Рис. 4.2. Результат применения фильтра для удаления высоких частот.....	53
Рис. 4.3. Пример использования фильтра.....	53
Рис. 4.4. Временные разрезы на тектонической карте ЛУ.....	58
Рис. 4.5. Трассы на большом разрезе.....	59
сверху: трасса №937; снизу: трасса №4768;.....	59
Рис. 4.6. График всей трассы.....	59
Рис. 4.8. Сравнение необработанного и обработанного большого разреза.....	61



Рис. 4.9. Сравнение необработанного и обработанного маленького  
разреза..... 62

Рис. 4.10. Сравнение необработанного и обработанного поперечного  
разреза..... 63

## СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 3.1 Объёмы выполненных работ МОГТ-2D .....	34
Таблица 3.2 Основные характеристики полевых наблюдений .....	35
Таблица 3.3 Объёмы топографо-геодезических работ.....	39
Таблица 3.4 Отклонение профилей от их проектного положения.....	40
Таблица 3.5 Точность разбивки ПГН ( $\Delta X_{ПК}=25$ м) .....	40
Таблица 4.1 Характеристика основных классов сейсмических волн и волн - помех при работе на продольных волнах.....	50

## **ВВЕДЕНИЕ**

Работа направлена на обработку цифровых сейсмических данных специальным оконным фильтром. И возможное уточнение нефтегазонасыщенности продуктивных толщ Звездного лицензионного участка. В качестве исходного материала используются временные разрезы Звездного лицензионного участка.

При обработке сейсмических данных используются спектры, которые содержат определенные частоты и фазы. На данной работе взята преобразование Фурье.

## **1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

### **1.1. Географо-экономический очерк района работ**

ЛУ работ в административном отношении расположен в пределах Ленского района (улуса) республики Саха (Якутия) (Рис. 1.1).

Заселенность Ленского района крайне слаба и неравномерна. Ближайшие населенные пункты - поселки Пеледуй и Витим и г. Ленск, расположенный в 210 км от отчетного участка.

Основной транспортной магистралью этого района является железная дорога, проходящая через г. Усть-Кут Иркутской области, и лесные дороги, ведущие к лесоразработкам. Магистральные нефте- и газопроводы проходят по территории Ленского и Мирнинского улусов.

Рассматриваемая территория расположена в пределах Приленского структурно-денудационного плато Среднесибирского плоскогорья (Рис. 1.2). Рельеф местности представляет собой холмисто-грядовую поверхность с относительными превышениями 30-80 м (абсолютные отметки колеблются от 320 до 430 м). Водоразделы плоские и округлые. Склоны пологие и обрывистые.

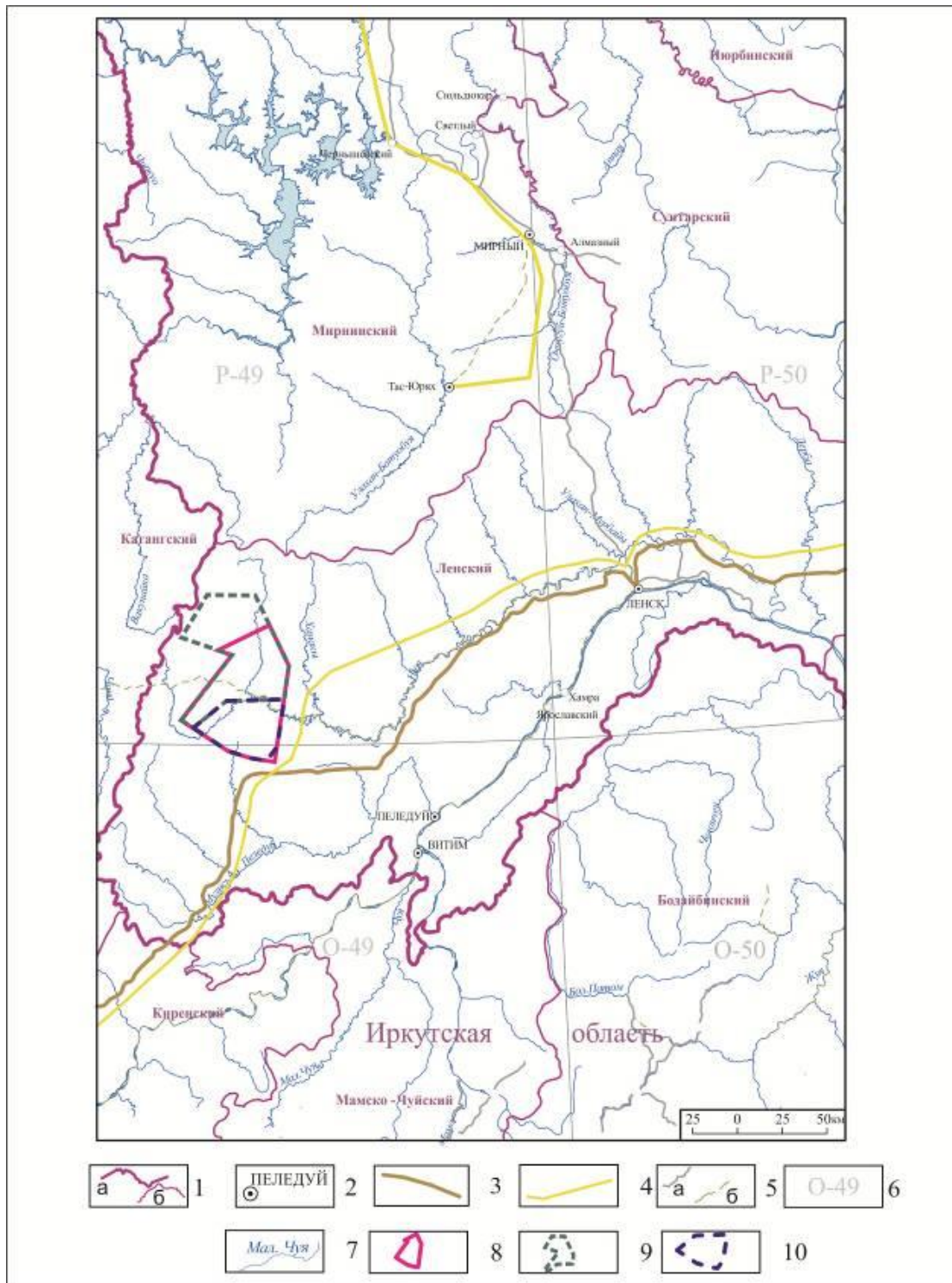


Рис. 1.1 Карта административных районов территории исследования

1 - административные границы: а - субъектов Российской Федерации, б - районов; 2 - населенные пункты; 3 - нефтепровод; 4 - газопровод; 5 - дороги: а - шоссейные, б - зимние; 6 - номенклатура листов масштаба 1:1 000 000; 7 - гидросеть; 8 - участок работ; 9 - Звездный лицензионный участок; 10 - Солнечный лицензионный участок

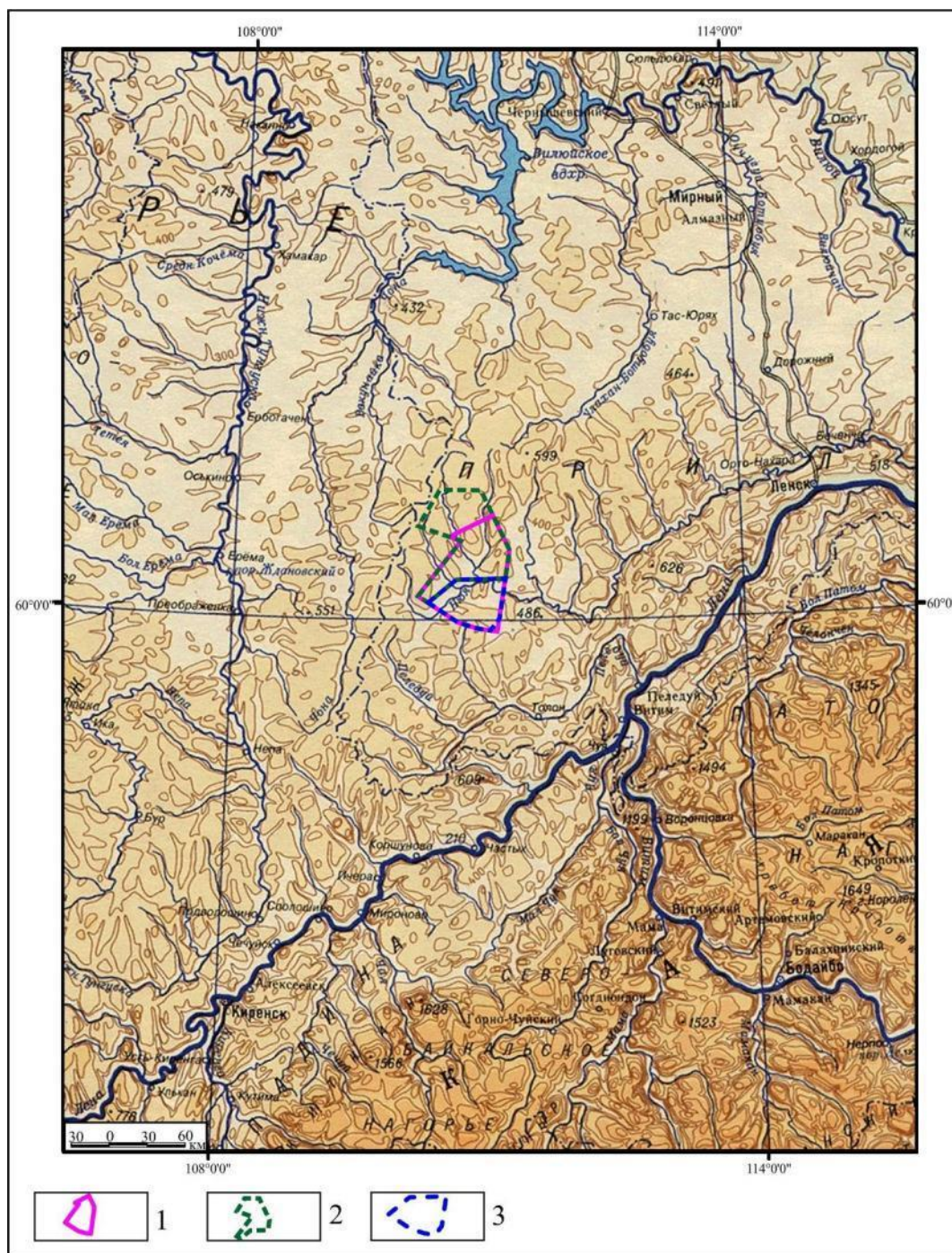


Рис. 1.2 Обзорная карта территории исследования

1 - участок работ; 2 - Звездный лицензионный участок; 3 - Солнечный лицензионный участок

Район входит в среднетаежную подзону тайги. Лесными массивами занято более 80% площади работ. Преобладают сосново-лиственничные леса. Высота деревьев 14-25 м.

Состав животного мира характерен для суровых северных природных условий и довольно разнообразен. Из парнокопытных встречаются – лось,

дикий олень; из хищников и пушных зверей – бурый медведь, волк, росомаха, белка, соболь; из птиц – глухарь, рябчик и др.

Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и жарким коротким летом, с годовыми колебаниями температуры от +35°С до –58°С. Наиболее низких значений температура воздуха достигает в декабре-феврале. В это время происходит особенно сильное выхолаживание приземного воздуха, что обуславливает сезонное промерзание грунта на 1,5-2 м и островное развитие многолетней мерзлоты. Первые заморозки начинаются в конце августа. Толщина снегового покрова колеблется от 40 до 70 см и держится с октября по апрель. Среднегодовое количество осадков 300-575 мм в год. В районе работ преобладает юго-восточное и северо-западное направление ветров со скоростью 1-3 м/с.

В геокриологическом отношении площадь участка входит в область массивно-островного развития многолетнемерзлых пород (МПП) и глубокого сезонного промерзания грунтов. В долинах рек и болот мощность МПП достигает 66 м. На склонах и водоразделах, занимающих 70 % территории, распространение МПП островное (40-60 %) с толщиной до 25 м.

По совокупности природных и экономических факторов площадь работ относится к IV категории трудности.

## **1.2. Геолого-геофизическая изученность**

Звездный ЛУ работ находится в пределах Непского свода Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА). Геологоразведочные работы в районе работ начались в 1935-1937 гг. и заключались в проведении мелкомасштабных геологических и геофизических съемок. Геофизические исследования на территории НБА начаты в 1950 г, в первое десятилетие они носили рекогносцировочный характер и проводились, в основном, в южной части антеклизы.

В целом, в результате геологических и геофизических работ, проведенных в 1930-1950 годах были получены новые данные по

стратиграфии, литологии, тектонике и геохимии Непско-Ботуобинского региона, определены основные перспективы нефтегазоносности и выявлено несоответствие структурных планов над- и подсолевых отложений.

В 60-ые годы открывается новый этап развития нефтегазопроисковых работ на территории НБА. В 1962 г было открыто первое на рассматриваемой территории Марковское нефтегазоконденсатное месторождение.

С 1965 года началось исследование якутской части НБА. На территории были проведены региональные работы (геологическая, гравиметрическая и аэромагнитная съемки), электро- и сейсморазведка.

В 1969 году начато бурение первой на этой территории параметрической скважины, открывшей в 1970 году крупное Среднеботуобинское месторождение.

В начале 90-ых годов объемы проводимых геологоразведочных работ резко снизились.

К настоящему времени на площади Звездного участка работ выполнен широкий комплекс геолого-геофизических исследований геолого-съёмочных, аэромагнитных, гравиметрических, электроразведочных, а также сейсмических исследований.

Геолого-съёмочные работы на территории работ проводились с пятидесятых годов прошлого века. За это время площадь Звездного участка работ покрыта геологической съёмкой масштабов 1:1 000 000, 1:500 000 и 1:200 000 (Рис. 1.3).

В 1978 году издается геологическая карта Якутской АССР масштаба 1:500 000. В результате геолого-съёмочных работ с 1953 по 1981 гг. изучен литологический состав и структурно-тектонические особенности верхней части разреза, закартированы кембрийские, ордовикские и юрские отложения.

В 2009 году выпущена государственная геологическая карта масштаба 1:1 000 000 листа О-49.



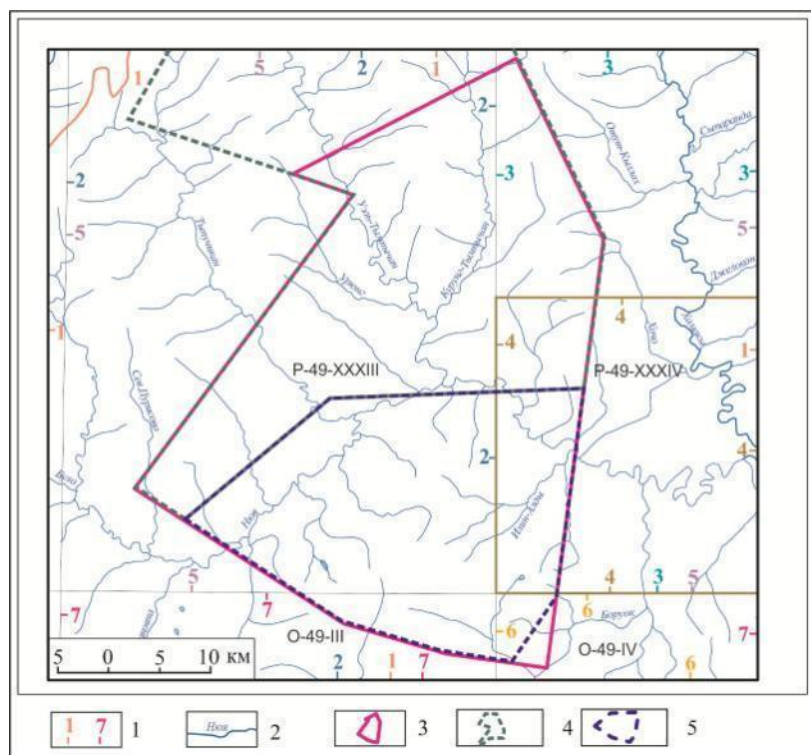


Рис. 1.3 Схема изученности геологической съемкой

- 1 - контуры съемок; 2 - гидросеть; 3 - участок работ; 4 - Звездный лицензионный участок;  
5 - Солнечный лицензионный участок

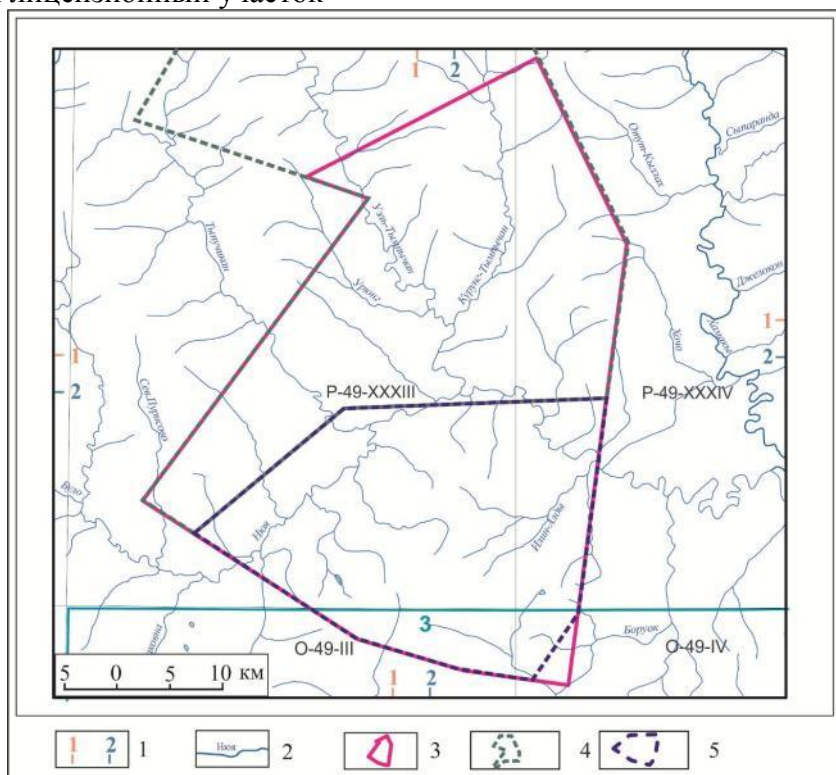


Рис. 1.4 Схема изученности гравиметрической съемкой

- 1 - контуры съемок; 2 - гидросеть; 3 - участок работ; 4 - Звездный лицензионный участок;  
5 - Солнечный лицензионный участок

Гравиметрической съемкой масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000 покрыта вся территория участка работ (Рис. 1.4). Поле остаточной силы тяжести имеет сложный характер, отмечено общее совпадение простираний гравитационных и магнитных аномалий. Анализ имеющихся материалов показывает, что магнитные и гравитационные аномалии отражают, в основном, вещественный состав и внутреннее строение пород фундамента, а также связаны с интрузивными образованиями, прорывающими фундамент или находящимися в осадочном чехле.

Аэромагнитными исследованиями масштабов 1: 1 000 000, 1: 200 000 и 1: 50 000 (Рис. 1.5) выделены широкие полосовые аномалии субмеридионального простирания, намечены дизъюнктивные нарушения северо-западного, субмеридионального и северо-восточного простирания. Крупные аномальные зоны связаны с рельефом фундамента, а мелкие обусловлены пластовыми интрузиями и дайками.

Электроразведочные исследования проведены в модификациях МТЗ и ЗСБ по очень разряженной сетке (Рис. 1.6). Более эффективным по определению глубин залегания фундамента в пределах Непско-Ботубинской антеклизы признан метод ЗСБ. В результате работ, проведенных этим методом, было установлено, что поверхность фундамента имеет резко дифференцированное строение, установлены абсолютные отметки поверхности фундамента 1,2 – 2,4 км. При совместном анализе электроразведочных данных со структурными построениями, выполненными по сейсмическому горизонту КВ, оценены толщины перспективных на нефть и газ венд-рифейских отложений.

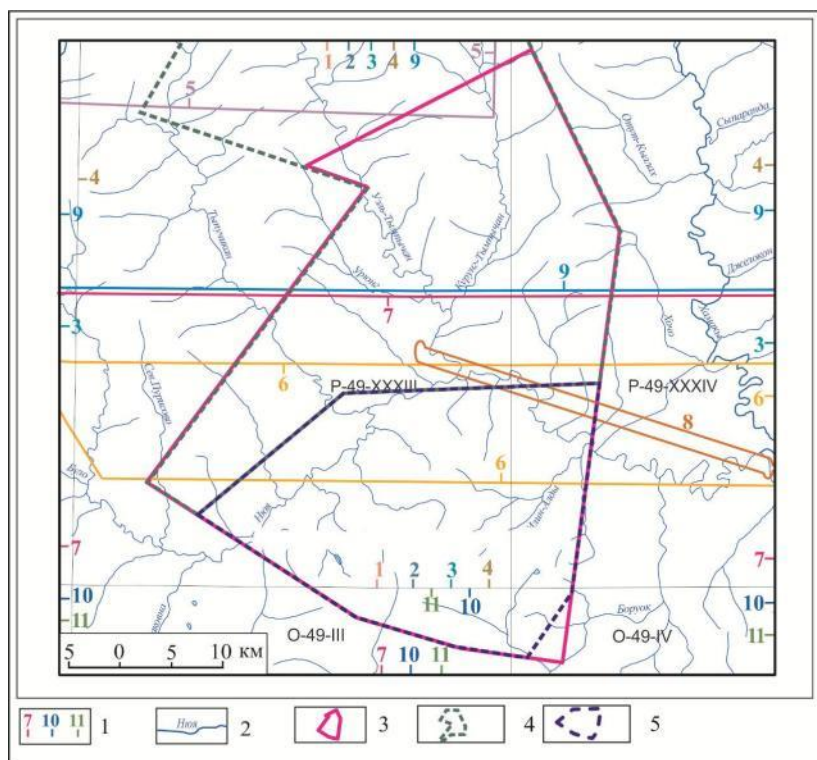


Рис. 1.5 Схема изученности аэромагнитной съемкой

- 1 - контуры съемок;
- 2 - гидросеть;
- 3 - участок работ;
- 4 - Звездный лицензионный участок;
- 5 - Солнечный лицензионный участок

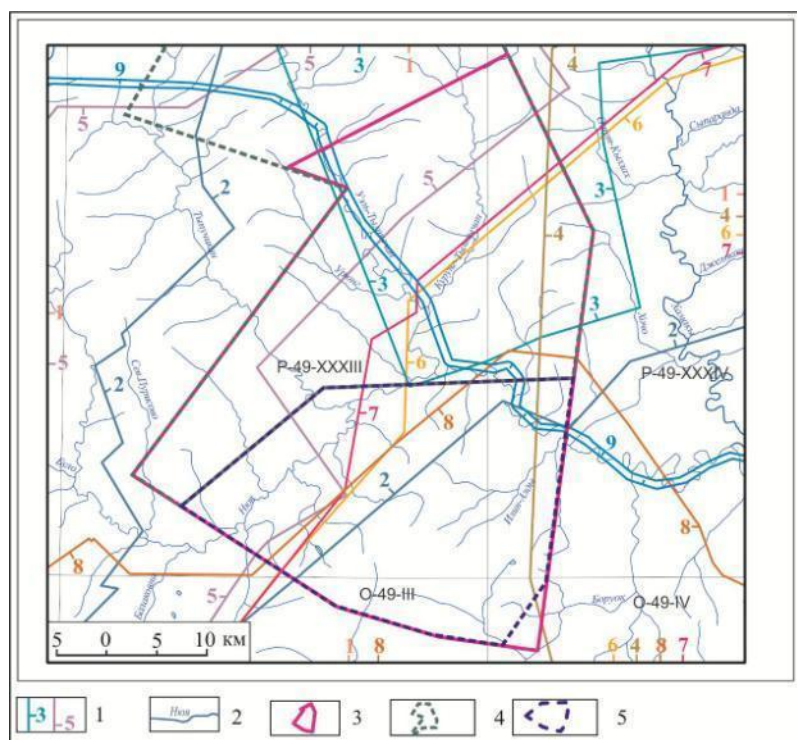


Рис. 1.6 Схема изученности электроразведочными работами

- 1 - контуры съемок;
- 2 - гидросеть;
- 3 - участок работ;
- 4 - Звездный лицензионный участок;
- 5 - Солнечный лицензионный участок

С 1978 года, сейсморазведочные работы на изучаемой территории выполняются по методике ОГТ, с применением 6-кратного профилирования (фланговая система). Получаемая волновая картина была очень сложной, характеризовалась наличием фона низкоскоростных волн-помех, изменением частот вдоль линии профиля и т.д. Применявшаяся методика полевых наблюдений позволила с достаточной степенью уверенности проследить целевые горизонты и выполнить структурные построения по ним.

В 2004-2006 гг. выполнены сейсморазведочные работы МОВ ОГТ 2Д масштаба 1:50 000. Работы выполнены с целью детального изучения геологического строения разреза территории по ОГ КВ (кровля терригенного венда), II (подсолевой карбонатный комплекс) для выявления и подготовки антиклинальных структур и структурно-литологических ловушек в венд-кембрийских отложениях.

В результате изучен структурный план Звездного лицензионного участка по отражающим горизонтам Ф, В13, В10, КВ, II, I, КТ<sub>1</sub>, подтверждены и детализированы Илинская, Юктаканская, Западная, Суолахская, Хонгорская и Тымпычанская структуры. Выявлены Южно-Илинская, Северо-Илинская I и Северо-Илинская II структуры. Кедровая структура не подтверждена ни по одному из проанализированных горизонтов. Закартированы ловушки в талахском, хамакинском, ботубобинском горизонтах, крупная биогенная постройка в осинском горизонте. Рекомендованы четыре поисковых скважины.

Работы методом вертикального сейсмического профилирования (ВСП) проводились с 1976 года. В результате исследований прослежено 10-11 отражающих горизонтов, выполнена стратификация ОГ, выделенных наземной сейсморазведкой.

## 2. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Стратиграфия

В геологическом строении участка работ принимают участие архей-нижнепротерозойские породы кристаллического фундамента и рифейско-фанерозойские отложения осадочного чехла.

Основную роль в строении чехла играют карбонатно-терригенные отложения венда и галогенно-карбонатные образования кембрия. Характерной особенностью строения осадочного разреза является закономерное увеличение мощности терригенных отложений венда с северо-запада на юго-восток (в направлении Предпатомского прогиба).

#### *Кристаллический фундамент.*

Кристаллический фундамент является сложным гетерогенным складчатым сооружением, которое в пределах рассматриваемой территории слагают метаморфические и магматические образования с неоднородной намагниченностью и плотностью.

#### *Архей-нижний протерозой (AR-PR<sub>1</sub>)*

Породы фундамента, судя по описанию керна, представлены, в основном, гранитами от зеленовато-серого до светло-розового цвета, трещиноватыми, трещины выполнены кварцем. В некоторых скважинах породы фундамента представляют собой кристаллические сланцы (амфиболитовые, хлорит-биотитовые) с включениями гранодиорита, наблюдаются трещины и зеркала скольжения.

#### *Осадочный чехол*

В геологическом строении рифейско-фанерозойского осадочного чехла участка исследований принимают участие отложения рифейского, вендского, кембрийского, ордовикского, каменноугольного, юрского и четвертичного возраста. Согласно геологическим картам района работ масштаба 1:200 000 (Рис. 2.1), на поверхности исследуемой площади распространены

средневерхнекембрийские, нижнеюрские и четвертичные отложения, а также раннетриасовая трапповая формация.

*Верхний протерозой (PR<sub>2</sub>). Верхний рифей – венд (R<sub>3</sub>-V)*

По данным бурения, рифейские отложения из Предпатомского прогиба выходят на Непско-Ботуобинскую антеклизу в виде узких грабенов значительной протяженности (до 70 км), ориентированных вкrest продольной оси прогиба. Глубина их вреза увеличивается к Предпатомскому прогибу.

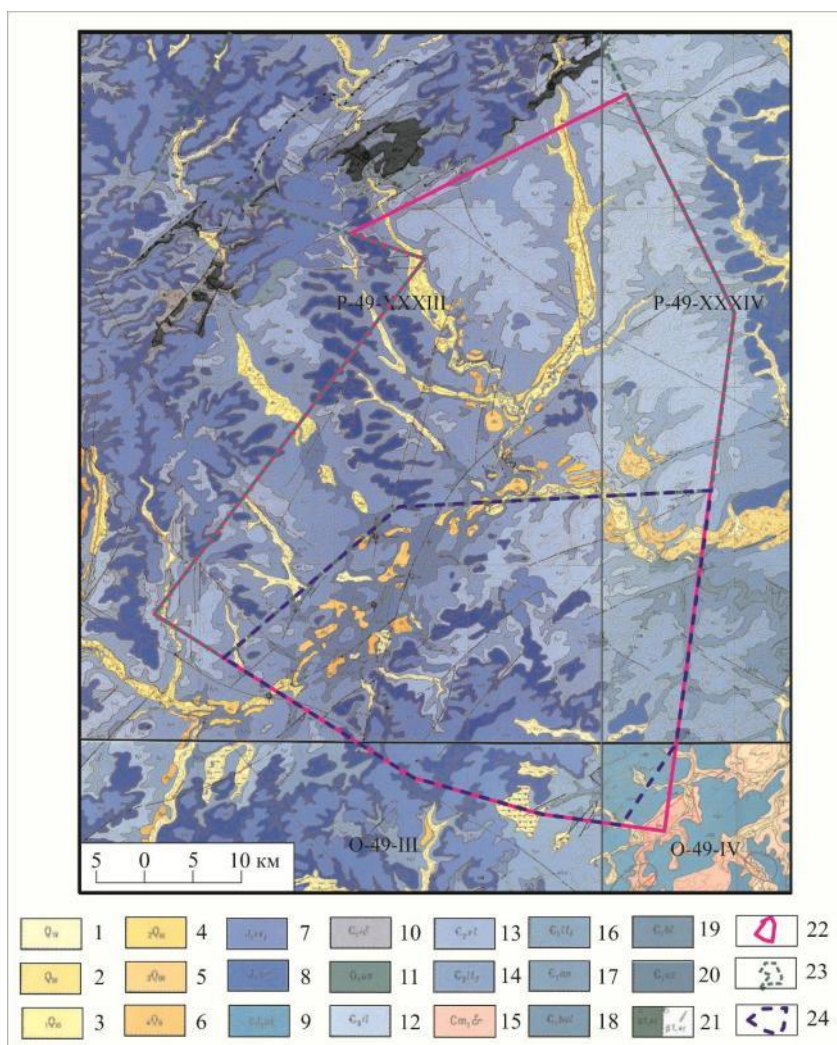


Рис. 2.1. Выкопировка из геологических карт листов Р-49-XXXIII, XXXIV, О-49-III, IV

1-6 - Кайнозой. Четвертичная система; Юрская система: 7 - нижний отдел. Вакунайская свита, нижняя подсвита.; 8 - оруктахская свита.; 9 - укугутская свита.; 10 - каменноугольная система. Нижний отдел. Ичодинская свита.; 11 - ордовикская система. нижний отдел. Усть-кутская свита. Кембрийская система: 12 - верхний отдел. Илгинская свита.; 13 - средний отдел. Верхоленская свита.; 14 - средний отдел. Литвинцевская свита. верхняя подсвита.; 15 - нижний отдел. Чарская свита.; 16 - нижний отдел. Литвинцевская

свита. нижняя подсвита.; 17 - нижний отдел. Ангарская свита.; 18 - нижний отдел. Булайская свита.; 19 - нижний отдел. Бельская свита.; 20 - усольская свита.; 21 - Раннетриасовые интрузии. Катангский тип.; 22 - участок работ; 23 - Звездный лицензионный участок; 24 - Солнечный лицензионный участок

Верхнерифейские терригенно-карбонатные отложения являются наиболее древними образованиями осадочного чехла. Они выделены в объеме талаканской свиты и установлены в разрезах Непского свода. В пределах участка работ и непосредственной близости к нему рифейские отложения (талаканская свита) вскрыты в пяти скважинах.

#### *Венд (V)*

Вендские отложения на территории исследования распространены повсеместно. Основываясь на выдержанности литологического состава вендских отложений, хорошей прослеживаемости пластов и реперов на значительные расстояния, цикличном строении этих отложений, наличии стратиграфических несогласий и перерывов в осадконакоплении, в стратиграфической схеме в качестве региональных стратиграфических подразделений выделяют донепские отложения, не обособленные в отдельный горизонт, и три горизонта комплексного обоснования: непский, тирский и даниловский.

#### *Венд-Кембрий (V-Є)*

*Юряхская свита* по литологическим особенностям подразделяется на две подсвиты.

*Нижняя подсвита* сложена преимущественно доломитами. Доломиты серые, коричневато-серые, тонко-, микро- и мелкозернистые, кавернозные, часто засоленные. Доломиты водорослевой, микрофитолитовой структуры. Слоистость линзовидно-волнистая, реже горизонтальная. Отмечаются также массивные доломиты. Толщина отложений 21-29 м. В интервале нижней подсвиты юряхской свиты выделяется *юряхский-III продуктивный горизонт (Б<sub>5</sub>)*.

*Верхняя подсвита* сложена в нижней своей части глинистыми доломитами, выше по разрезу - преимущественно доломитами. Доломиты

серые, коричневато-серые, тонко-, микро- и мелкозернистые, кавернозные, часто засоленные. Иногда встречаются доломиты водорослевой, микрофитолитовой структуры. Толщина подсвиты 30-41 м. В интервале верхней части верхнеюрхской подсвиты выделяется *юрхский I-II продуктивный горизонт (Б<sub>3-4</sub>)*.

#### *Кембрий (Є)*

Территория исследования располагается в Ботуобинском фациальном районе Ботуобинско-Сюгджерской области Турухано-Иркутско-Олекминского субрегиона.

#### *Нижний кембрий (Є<sub>1</sub>)*

*Билирская свита* по литологическим признакам подразделяется на две подсвиты: нижнюю и верхнюю.

*Нижняя подсвита* характеризуется стабильностью мощностей и литологического состава пород. В составе подсвиты выделяется две пачки. Нижняя пачка представлена глинистыми доломитами и доломитами серыми, темно-серыми. Верхняя пачка сложена доломитами серыми, скрытозернистыми, доломитами темно-коричневато-серыми, массивными. Мощность подсвиты выдержана в пределах 17-24 м. В составе нижнебилирской подсвиты выделяется *осинский II продуктивный горизонт (Б<sub>2</sub>)*.

*Верхняя подсвита* сложена светло-серыми, серыми и коричневыми известковистыми доломитами, сульфатизированными и частично засоленными, и серыми, темно-серыми и коричневато-серыми доломитистыми известняками с прослоями сгустковых, водорослевых и микрофитолитовых разностей. Породы на отдельных участках трещиноватые, кавернозные, каверны выполнены каменной солью. В кровле подсвиты сложена пачкой тонкозернистых слоистых в различной степени глинистых доломитов с прослоями доломитов, зеленовато-серых тонкослоистых аргиллитов и слойками коричневато-серых ангидритов.



Толщина подсвиты на рассматриваемой территории меняется от 38 до 68 м. В составе верхнебилирской подсвиты выделяется *осинский I продуктивный горизонт (Б<sub>1</sub>)*.

*Нижний-средний кембрий (Є<sub>1-2</sub>)*

*Ичерская свита* сложена известняками доломитизированными светло-серыми, пятнистыми, в кровле кавернозными, в подошве с прослоями доломитов глинистых темно-серых, песчаников, гипсов. Толщина свиты 50-97 м. Залегают согласно на чарской свите и перекрываются метегерской свитой.

*Средний кембрий (Є<sub>2</sub>)*

*Метегерская свита* представлена преимущественно доломитами с подчиненными прослоями известняков, брекчий обрушения, гипсов. Породы светлоокрашенные, участками окремненные.

*Средний ордовик (О<sub>2</sub>)*

По материалам геологической съемки, в пределах площади работ выделяют *криволицкую свиту*. Свита представлена алевролитами и алевролитовыми песчаниками кремнепалевошпато кварцевыми. Толщина свиты достигает 80-90 м.

*Мезозой (Mz). Юра (J). Нижний отдел (J<sub>1</sub>)*

*Укугутская свита* (геттангский и синемюрский ярусы) с большим стратиграфическим несогласием залегают на кембрийских отложениях. Свита представлена песками серыми, глинами темносерыми, песчанистыми, углистыми, алевролитами, гравием и галечниками, линзами бурых углей. Толщина достигает 50 м.

*Четвертичная система (Q)*

Четвертичные отложения со стратиграфическим несогласием залегают на подстилающих породах и представлены аллювиальными суглинками, песками, илами, супесями, галечниками. Толщина четвертичных отложений изменяется от 0 до 15 м. Четвертичные отложения имеют ограниченное

распространение и, в основном, приурочены к пониженным участкам рельефа.

Сводная стратиграфическая колонка территории исследования приведена на рисунке 2.2.

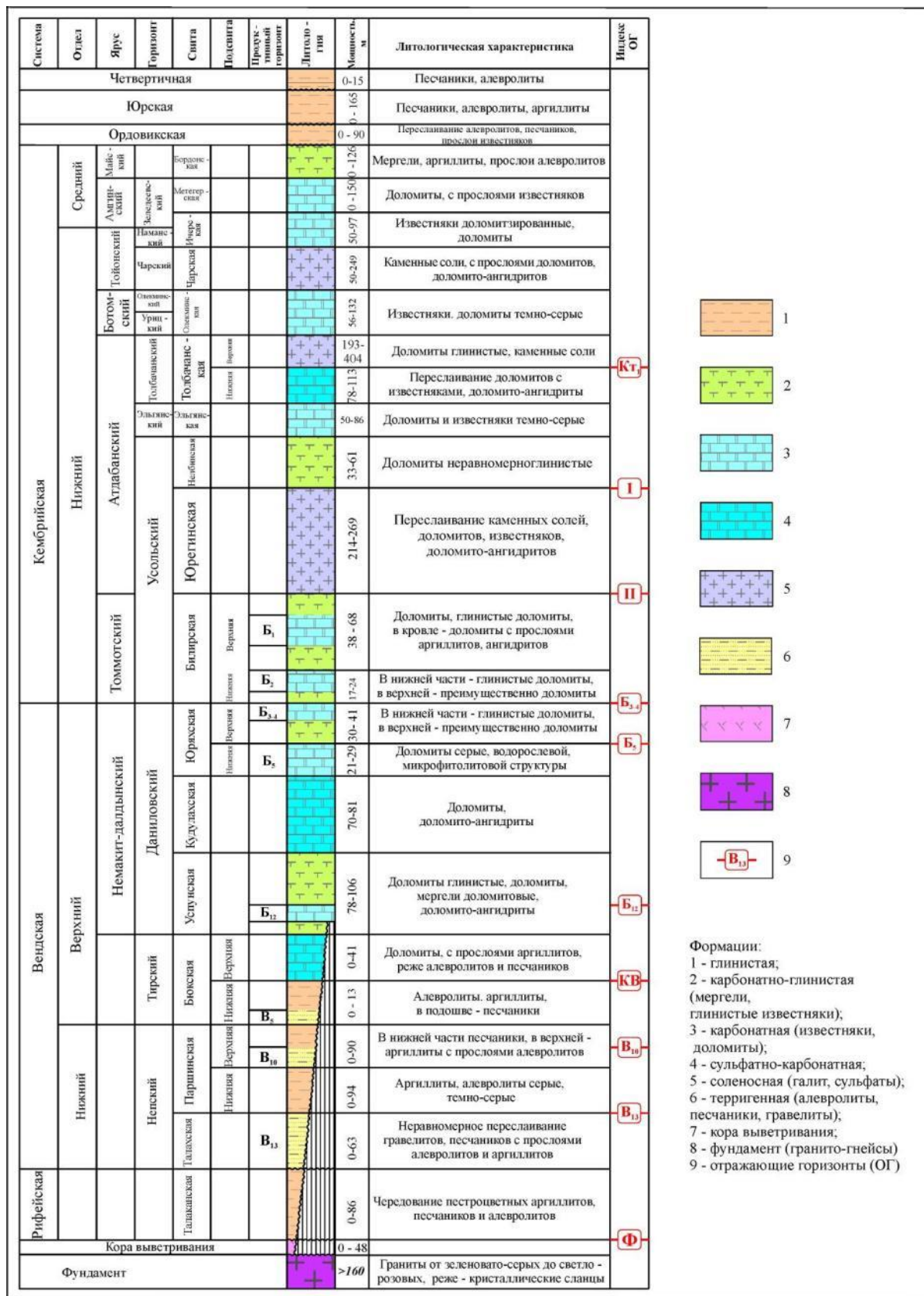


Рис. 2.2 Сводная стратиграфическая колонка участка исследований

## Магматические породы

На дневной поверхности в пределах Звездного лицензионного участка, по данным геологической съемки, магматические образования представлены интрузиями катангского комплекса габбро-долеритового состава.

Магматические образования распространены в виде пластовых интрузий, штоков и даек, представленных долеритами, габбро-долеритами и диабазами. Они приурочены к дизъюнктивам субмеридионального и субширотного простирания.

## 2.2. Тектоника

Звездный участок в тектоническом плане приурочен к центральной части Непского свода, выделенного в пределах Непско-Ботубинской антеклизы (НБА) (Рис. 2.3). Его размеры по кровле терригенного венда по изогипсе минус 1,5 км - 220×270 км, амплитуда около 250 м. Вверх по разрезу происходит его постепенное раскрытие к юго-востоку.

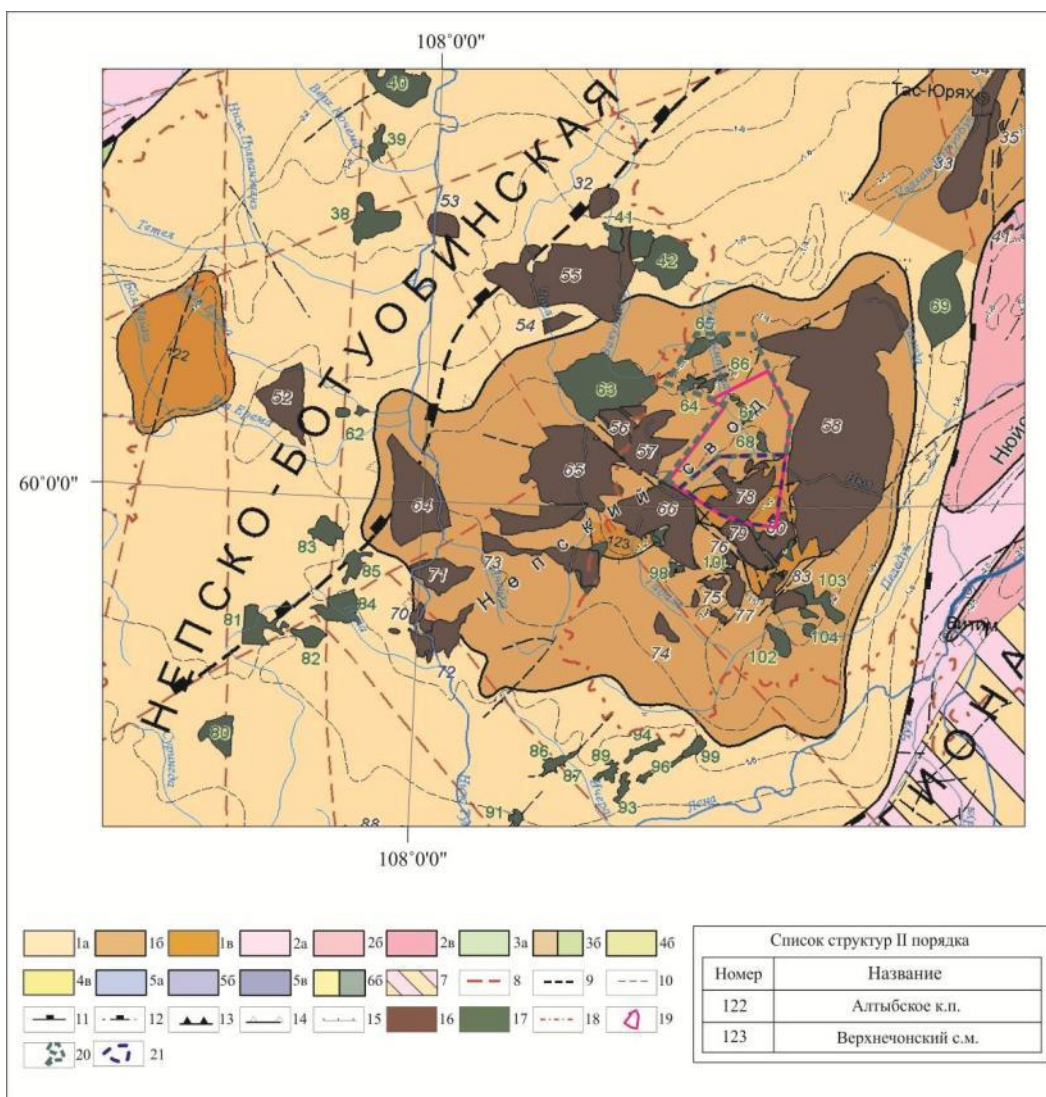
На Непском своде выявлены и подготовлены к поисковому бурению Верхненюйская, Суолахская, Хонгорская, Западная, Тымпычанская структуры.

Непский свод в своей наиболее приподнятой части осложнен поперечными микрограбенами субмеридионального и северо-западного простирания. Между ними выделяются четыре мегаблока: Лунный, Таранский, Алинский и Чаяндинский. Грабены отчетливо проявляются в геофизических полях и подтверждаются данными бурения. Здесь скважинами вскрыты наиболее древние венд-рифейские отложения низов осадочного чехла (толща конгломератов, талаканская свита).

В строении геологического разреза Звездного участка работ принимают участие образования двух структурно-тектонических этажей. Нижнему соответствует кристаллический фундамент архейско-раннепротерозойского возраста. Верхний этаж, соответствующий рифейско-фанерозойскому

осадочному чехлу, можно подразделить на байкальский, каледонский и мезозойский мегакомплексы.

Период тектонической стабилизации, последовавший за режимом растяжения, охватывает интервал от позднего венда (даниловский горизонт) до раннего силура. В это время на большей ее части происходило быстрое прогибание, компенсированное осадками, но без заметных дифференцированных движений. Мощные толщи солей в венде и нижнем кембрии создали надежную покрывку для под- и внутрисоленосных ловушек УВ. В позднебилирское время возникли благоприятные условия для появления органогенных построек. Их локализация во многом обусловлена структурными элементами рифейско-вендского времени заложения.



32	им. Сняевского	58	Чаятинское
33	Среднеботубинская (центральный блок)	64	им. Лисовского
35	Среднеботубинская (Восточные блоки)	65	Верхнеченское
41	Хотого-Мурбайское	66	Верхнеислудуйское
52	Саянское	71	Северо-Давидовское
53	Ербоганское	73	Игюлинское
55	им. Савостьянова	74	Пельсудское
56	Вакунайское	75	Алинское
57	Тымнучинское	77	Востошно-Алинское
78	Северо-Талаканское	83	Южно-Талаканское

38	Уютинская АТЗ	82	Беринский объект
39	Кочемская	83	Северо-Буринский объект
40	Хамарский	84	Ериновский объект
41	Судинская	85	Западно-Буринский объект
42	Востошно-Судинская АТЗ	86	Онелинский объект
62	Малоземинская	87	Налединский объект
63	Вукунайская АТЗ	89	Западно-Белорассолинский объект
64	Хонгорская	91	Нижнеотнелинский объект
65	Западная	93	Южно-Белорассолинский 2 объект
66	Тымнчинская	94	Белорассолинский объект
67	Северо-Судинская	96	Южно-Белорассолинский 1 объект
68	Судинская	98	Делинская
69	Илдегская	99	Востошно-Алгинский объект
80	Чангильская АТЗ	102	Куринский объект
81	Непский объект	103	Хотойский объект
104	Востошно-Куринский объект	106	Кутамская

Рис. 2.3 Выкопировка из тектонической карты нефтегазаносных провинций Сибирской платформы

Пликативные структуры: а - крупнейшие (надпорядковые), б - крупные (первого порядка), в - второго порядка; палеозой: 1 - положительные, 2 - отрицательные, 3 - промежуточные; Мезозой: 4-положительные, 5 - отрицательные, 6 - промежуточные, 7 - зона складчато-надвиговых дислокаций; 8 - разломы; 9 - региональные глубинные разломы; 10 - стратогипсы; контуры: 11 - надпорядковых структур; 12 - наложенных надпорядковых отрицательных структур; 13 - суперпорядковых структур; 14 - структур первого порядка; 15 - структур второго порядка; 16 - месторождения УВ; 17-подготовленные объекты; 18 - административные границы; 19 - участок работ; 20 - Звездный лицензионный участок; 21 - Солнечный лицензионный участок

Произошла коренная перестройка в распределении основных зон нефтегазонакопления. Крупнейшие додевонские скопления УВ, сосредоточенные в центре современного Байкало-Патомского нагорья, были большей частью уничтожены, а частью перемещены в сторону смежной территории платформы – в направлении НБА. В условиях высокой тектонической активности, повышенной миграционной способности флюидов имеющиеся на пути УВ ловушки заполнялись, видимо, в это время.

Весьма выразительная связь нефтегазонаосности с трапповым магматизмом отмечается на Верхнечонской площади, где контуры месторождения и регионального выклинивания траппов почти полностью повторяют друг друга, а Могинско-Ленский разлом, контролирующий дайковые тела траппов, одновременно разделяет основные южную и северную залежи УВ.

Позднепалеозойский - раннетриасовый этап развития Тунгусской синеклизы привел к ее наложению на Непско-Ботубинскую антеклизу,

погружению северо-западной части и смещению шарнира антеклизы к юго-востоку на расстояние до 100-200 км. В шарнирной зоне НБА, в которую попал и Звездный участок, в настоящее время сосредоточены все крупнейшие месторождения нефти и газа. Все это свидетельствует о высокой перспективности нефтегазопромысловых работ на исследуемой территории.

Таким образом, формирование месторождений нефти и газа на юге Сибирской платформы имеет весьма длительную историю. Локализация коллекторов, в том числе биогенной природы, ловушек нефти и газа во многом определялась тектоническими особенностями исследуемой территории.

### **2.3. Нефтегазоносность**

В центральной части Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (НГО) к настоящему времени открыто 15 нефтяных и газовых месторождений, запасы которых учтены в балансе ГКЗ. В пределах Иркутской области открыто 5 месторождений (нефтегазоконденсатные - Верхнечонское и Вакунайское, нефтяные - Северо-Вакунайское, им. Савостьянова, им. Б. Синявского), в пределах Республики Саха (Якутия) открыто 10 месторождений (нефтегазоконденсатные - Среднеботуобинское, Чаяндинское, Тымпучиканское, Северо-Талаканское, Талаканское, Южно-Талаканское, Алинское, Восточно-Алинское Верхнепеледуйское, газоконденсатные месторождения Пеледуйское).

В пределах Звездного ЛУ промышленный приток газа получен на Хонгорской площади, притоки нефти получены на Западной и Суолахской площадях.

Отчетная площадь расположена в непосредственной близости от уже открытых месторождений с промышленными запасами нефти и газа. На юго-западе, западе от участка находятся Верхнечонское, Вакунайское и Тымпучиканское месторождения, на юге – Талаканское и Северо-Талаканское, на востоке – Чаяндинское.

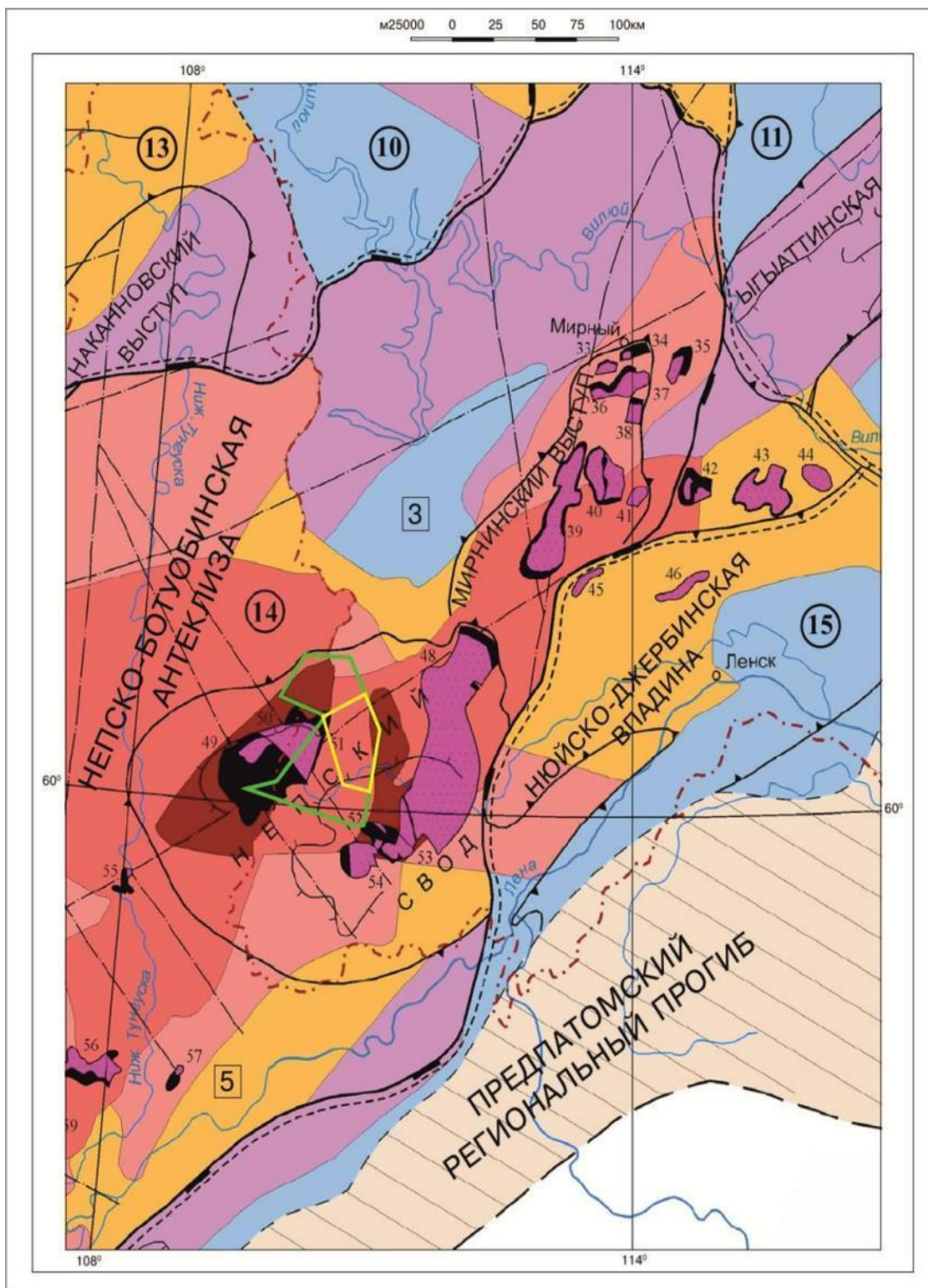


Рис. 2.4 Карта нефтегазоносности Сибирской платформы (выкопировка)



## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

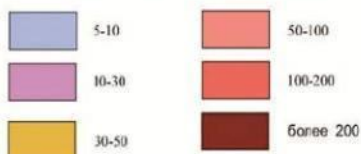
(к рис. 1.5.1)

### НЕФТЕГАЗОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И АДМИНИСТРАТИВНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

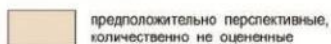
Границы:



### ПЛОТНОСТИ НАЧАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОДОВ (Тыс.т/км<sup>2</sup>)

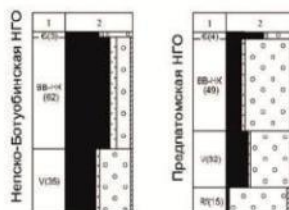


ТЕРРИТОРИИ:



### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОДОВ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПО КОМПЛЕКСАМ И ТИПАМ ФЛЮИДОВ

#### Лено-Тунгусская НГП



1-нефтегазоносные комплексы (процент от суммарных ресурсов области)

2-соотношение ресурсов нефти, газа растворенного, газа свободного и конденсата в комплексе

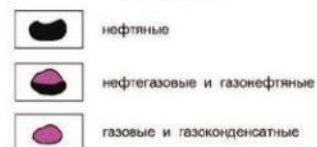


### ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Контурь структур:

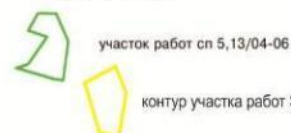


Месторождения:



СУБЪЕКТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ:

5. Иркутская область



#### МЕСТОРОЖДЕНИЯ

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 33.Маччобинское       | 44.Вилуйско-Джербинское |
| 34.Иреляхское         | 45.Хотого-Мурбайское    |
| 35.Станахское         | 46.Отраднинское         |
| 36.Мирнинское         | 48.Чаяндинское          |
| 37.Северо-Нелбинское  | 49.Верхнечонское        |
| 38.Нелбинское         | 50.Вакунайское          |
| 39.Средне-ботубинское | 51.Тымпучиканское       |
| 40.Тас-Юряхское       | 52.Талаканское          |
| 41.Бесюряхское        | 53.Восточно-Талаканское |
| 42.Иктехское          | 54.Алинское             |
| 43.Верхне-велючанское |                         |

Условные обозначения см. 02.4

### 3. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1. Применяемые методы исследования и их объем

Согласно геологическому заданию, в зимнем сезоне 2015-2016 гг. на Звездном лицензионном участке АО «Якутскгеофизика» по Договору ОАО «Сургутнефтегаз» №290 от 13.04.2015 г., выполнила сейсморазведочные работы МОГТ-2D в объеме 420 пог. км. Масштаб съёмки 1:50000 (Таблица 3.1). Общее количество отработанных физических наблюдений 16817 ф.н., в том числе полнократных 364,626 км с учётом коэффициента полноты наблюдений – относительного числа ОГТ с допустимой кратностью не менее 72 (при пороге 0,9 от проектной кратности 80 с учётом некондиционных трасс).

Таблица 3.1

Объёмы выполненных работ МОГТ-2D

№ ПР	ПК нач	ПК кон	Проект		Отработано	
			ф.н.	км.	ф.н.	км.
150116	100	868	768	19.2	769	19.2
150117	864	100	764	19.1	765	19.1
150115	100	876	776	19.4	777	19.4
150114	878	100	778	19.45	779	19.45
150102	100	1718	1618	40.45	1619	40.45
150104	100	1714	1614	40.35	1615	40.35
150106	100	1430	1330	33.25	1331	33.25
150113	860	100	760	19.0	761	19.0
150112	100	874	774	19.35	775	19.35
150109	990	100	890	22.25	891	22.25
150110	100	860	760	19.00	761	19.00
150101	100	1096	996	24.9	997	24.9
150107	100	780	680	17.00	681	17.00
150108	798	100	698	17.45	699	17.45
150111	100	1014	914	22.85	915	22.85
150105	100	1530	1430	35.75	1431	35.75
Итого			16800	420,00	16817	420,00

Посейсмограммный коэффициент качества согласно Инструкции по сейсморазведке (1986)  $K=0,974$ , в том числе:

- с  $K=1,0$  12838 ф.н. (76,34%);
- с  $K=0,9$  3936 ф.н. (23,40%);
- с  $K=0$  (брак) 43 ф.н. (0,26%).

Приём сейсмических колебаний линейными группами из 12 сейсмоприёмников GS-20DX на базе 25 м для ослабления регулярных волн-помех, повышения чувствительности сейсмического тракта, осреднения условий установки отдельных приёмников и для подавления случайных некоррелируемых помех (микросейсм). Возбуждение упругих колебаний выполнялось по невзрывной технологии импульсными источниками «Енисей» КЭМ-4», смонтированными на базе автомобилей УРАЛ. Для синхронизации импульсных источников возбуждения использовалась «АКР-ИВ» разработки Саратовского ОАО «СКБ СП», входящая в комплект системы «ССВ-2». Регистрация сейсмических колебаний осуществлялась современной телеметрической 24 разрядной сеймостанцией INOVAG3I (Канада) с шагом дискретизации 2 мс в полосе частот 0-187.5 Гц и длительности записи 5000 мс. Основные параметры системы возбуждения, приёма и регистрации упругих колебаний приведены ниже в таблице 3.2.

Таблица

### 3.2 Основные характеристики полевых наблюдений

№ п/п	Основные характеристики полевых наблюдений	Параметры	
		Проект	Факт
1.	<i>Аппаратура и оборудование</i>		
1.1.	Метод	МОГТ-2D	
1.2.	Тип сеймостанции	I/O Scorpion*	INOVAG3I
1.3.	Тип геофонов	GS-20DX	GS-20DX
1.4.	Кол-во каналов (общее/активных)	600/161	600/161
2.	<i>Параметры регистрации</i>		
2.1.	Шаг дискретизации, мс	2	2
2.2.	Длина записи, сек	5	5
2.3.	ФВЧ, Гц	выкл.	выкл.
2.4.	ФНЧ, Гц	0.8 NyquistminF	0.8 NyquistminF

№ п/п	Основные характеристики полевых наблюдений	Параметры	
		Проект	Факт
3.	<i>Параметры системы наблюдений</i>		
3.1.	Система наблюдений	центрально-симметричная	
3.2.	Расстояние между ПП, м	25	25
3.3.	Расстояние между ПВ, м	25	25
3.4.	Кратность перекрытия	80 (локальное снижение на 10%)	
3.5.	Мин. удаление ПВ-ПП, м	0	0
3.6.	Макс. удаление ПВ-ПП, м	2000	2000
3.7.	Кол-во приборов/база группирования	12/25	12/25
3.8.	Расположение группы	центральное	центральное
4.	<i>Возбуждение сигнала</i>		
4.1.	Тип источника	импульсный	Енисей КЭМ-4
4.2.	Кол-во источников в группе	4-5	3-4
4.3.	Общее количество источников	6	5
4.4.	Задержка, сек	5 (10)	10, 5, 7
4.5.	Кол-во воздействий на ПВ	4-20	8-10

\* - замена сейсмостанции согласована с заказчиком 21.12.2015 г.

Сейсморазведка на Звездном ЛУ проводилась силами одного сейсмоотряда конвейерным способом. Для расстановки сейсмооборудования были задействованы 2 бригады рабочих по 4 человека в каждой. Размотка сейсмических кос - вручную с автомобилями УРАЛ. Ремонт и тестирование сейсмодатчиков и сейсмодатчиков производили начальник сейсмоотряда и инженер-электроник в геофизической мастерской-лаборатории (ГМЛ) с использованием специализированных приборов и материалов.

Перед началом работ был проведен контроль полевого оборудования на идентичность, результаты которого оформлены актом. В светлое время суток проводились следующие виды сейсморазведочных работ – смотка-размотка сейсмооборудования, отладка линий приёма. Регистрация физнаблюдений проводилась в ночное время. С 31 января по 17 февраля - днём и ночью, работали в две смены. Полевая сейсмическая информация записывалась в формате SegY.

### 3.2. Топогеодезическое обеспечение геофизических работ

Топогеодезические работы были проведены с целью подготовки профилей и разбивки пикетажа, для обеспечения данными по привязке ПГН, описания ситуации на профиле и вблизи от него (составление абрисов). Работы по съёмке 2D производились в соответствии с «*Инструкцией по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ*» (Инструкция..., 1997), техническим проектом и требованиями, установленными геологическим заданием Заказчика, для последующего картопостроения в масштабе 1:50000.

Техническим проектом производства работ на ЗвездномЛЮ предусматривалось выполнение следующих видов работ:

сгущение ГГС с использованием спутниковых геодезических определений (СГО);

вынос на местность проектной сети профилей;

рубка профилей, объездов;

разбивка пикетажа;

закрепление на местности точек профиля (пересечение с другими профилями, пунктов СГО) временными реперами;

составление абрисов подготовленных профилей;

определение плановых координат точек профилей навигационными спутниковыми GPS-приёмниками со среднеквадратической ошибкой не грубее  $\pm 2.0$  м;

определение высот ПГН со среднеквадратической ошибкой не грубее  $\pm 1$  м.

Полевые топостроительные работы по профилям производились в зимний период с 24.11.2015 г. по 26.01.2016 г. силами пяти топостроительных бригад. Геодезические работы выполнены силами одной бригады.

Для производства проектных работ в топографо-геодезическом отряде сейсморазведочной партии имелся специализированный двухчастотный

комплекс спутникового позиционирования GPS/ГЛОНАСС системы «Trimble», комплект которого состоял из 3-х базовых комплектов приёмника «Trimble R7 GNSS». Геодезическая GPS-аппаратура имеет действующие свидетельства о поверке. При рубке профилей в бригадах использовались теодолиты 4Т 30П и навигационное оборудование типа Garmin.

Камеральная обработка в полевых условиях производилась с использованием программ CREDO-DAT, Excel, MapInfo, AutoCad, TrimbleBusinessCenter.

Супервайзер при контроле топогеодезических данных использовал программу «TopSel» (АО «СНИИГГиМС»).

Полевые топостроительные и топографо-геодезические работы проводились в зимний период после промерзания почвенно-растительного слоя при температуре воздуха в пределах  $-40^{\circ}\text{C}$  в залесённой таёжной местности.

Планово-высотная привязка ПГН производилась спутниковыми приёмниками TrimbleR7 GNNS в режиме кинематики и статики, когда угол возвышения спутников над горизонтом не менее  $13^{\circ}$ , а геометрический фактор PDOP не более 6. Базовые станции на площади работ определялись в статическом режиме менее одного часа, не менее чем от четырёх пунктов триангуляции. Все базовые станции связаны между собой векторами и уравнены в общей сети планово-высотного обоснования.

Перенесение проектного положения профилей в натуру производилось от пунктов планово-высотного обоснования, которые определялись спутниковыми приёмниками TrimbleR7 GNNS. Вешение в заданном направлении выполнялось теодолитами и навигационным оборудованием типа Garmin. Разбивка ПГН делалась через 25 м с использованием приёмника TrimbleR7 GNNS в режиме RTK. Точностью разбивки пикетажа не грубее 1/500. ПГН закреплялись вехами высотой 1,5 м с подписанными номерами пикетов.

Камеральная обработка полевых топографо-геодезических материалов производилась в два периода – предварительный и окончательный. В предварительный период вычислялись координаты и высоты ПГН непосредственно в полевых условиях, составлялись абрисы и геодезические схемы. В окончательный период составлены:

- каталог координат и высот ПГН в СК 42 (по ГЗ система координат СК-95);
- схема проектных и фактически вынесенных на местность профилей;
- ведомости оценки точности планово-высотной привязки ПГН.

Всего ПГН на площади работ 16817 шт. Контрольные наблюдения планово-высотной привязки ПГН выполнены по всем профилям в количестве 519 шт. (3,08%). Получены СКО определения координат  $\pm 0,11$  м и высот  $\pm 0,042$  м, по результатам двойных равноточных измерений относительно базовых станций.

Контроль полевых топографо-геодезических работ осуществлялся начальником партии, главным геодезистом, геодезистом 1 категории и заключался в проверке качества разбивки пикетажа, перенесения проекта в натуру, планово-высотной привязки ПГН, а также соблюдения требований технического проекта и действующих инструкций.

По профилям отработанным в декабре-январе месяце выявлены отклонения расположения профилей от проектного более  $\pm 10$  м (Табл. 3.3). Вынос профилей соответствует требованиям проекта и ГЗ.

Таблица

### 3.3 Объемы топографо-геодезических работ

№ п/п	Виды работ	Ед. измер.	Объемы работ	
			проект	факт
1	Рубка просек шириной 4 м в лесу (зима, глубина снежного покрова более 0,5 м)	км	420	420
2	Устройство объездов шириной 4 м (20% от общего объема рубки просек)	км	84	42.3
3	Вынос проектных профилей в натуру (начало, конец)	точка	34	34
4	Рубка визирок шириной 0,7 м для привязки к ГГС (2%)	км		
5	Создание базовой GPS-станции методом триангуляции по пунктам ГГС	база	3	3

№ п/п	Виды работ	Ед. измер.	Объёмы работ	
			проект	факт
6	Съёмка GPS-комплексом в неподвижном режиме (опорная сеть в статистическом режиме через 5-7 км)	пункт	60	58
7	Привязка пунктов GPS-приборами в подвижном режиме без применения транспорта	пункт	16800	16817
8	Определение прямоугольных координат с помощью навигационных геодезических GPS-приёмников	км	420	420
9	Составление каталога координат и каталога высот	каталог	1	1

Фактически СКО (средняя квадратичная ошибка) вынесения профилей в натуру составила  $\pm 4,7$  м. Протяжённость таких отклонений 3,675 км (0,87% от объёма), максимальное отклонение 89 м на ПР103. Максимальное смещение ПВ на объездах составляет 271 м на ПР114, по проекту максимальное смещение не более 300 м, следовательно, смещения ПВ на профилях соответствуют проектному требованию.

Относительная ошибка разбивки ПГН на профилях с шагом  $\Delta X_{ПК}=25$  м составила в среднем 1:4995, что удовлетворяет проектным требованиям к этому виду работ (1:500). Абсолютная ошибка разбивки 5,55 м, СКО  $\pm 0,06$  м (Табл.3.4, 3.5).

Таблица

### 3.4 Отклонение профилей от их проектного положения

№ ПР	Сумма длин отклонений более 10 м		Макс. отклонение (м)	СКО (м)	№ ПР	Сумма длин отклонений более 10 м		Макс. отклонение (м)	СКО (м)
	км	%				км	%		
101	0,100	0,40	11	4	110	0,050	0,26	11	5
102	0,575	1,42	12	4	111	0	0	7	2
103	0,550	1,76	89	6	112	0	0	9	3
104	0,425	1,05	11	5	113	0	0	7	3
105	0	0	10	5	114	0,725	3,73	11	6
106	0,875	2,63	12	6	115	0		9	5
107	0	0	10	4	116	0,375	1,95	12	6
108	0	0	10	5	117	0		9	5
109	0	0	10	4	Итого	3,675	0,87		4,7

Таблица

### 3.5 Точность разбивки ПГН ( $\Delta X_{ПК}=25$ м)



№ ПР	ПК нач.	ПК кон.	км	F абс, м	F отн. м	СКО, м
101	100	1096	24,91	7,61	1:3271	0,05
102	100	1718	40,46	9,58	1:4220	0,05
103	100	1350	31,26	6,12	1:5103	0,05
104	100	1714	40,36	9,55	1:4224	0,05
105	100	1530	35,76	6,91	1:5176	0,05
106	100	1430	33,26	6,97	1:4770	0,05
107	100	780	17,00	3,10	1:5481	0,05
108	100	798	17,45	2,43	1:7185	0,05
109	100	990	22,26	5,31	1:4193	0,05
110	101	860	19,00	3,38	1:5619	0,05
111	100	1014	22,85	2,70	1:8456	0,05
112	100	874	19,35	3,76	1:5141	0,05
113	100	860	19,01	5,79	1:3280	0,05
114	100	878	19,46	5,93	1:3281	0,17
115	100	876	19,40	2,88	1:6737	0,05
116	100	868	19,20	2,83	1:6776	0,04
117	100	864	19,11	9,52	1:2005	0,06
Итого			420,10	5,55	1:4995	0,06

### 3.3. Контроль качества полевого материала

Контроль работы сейсморегирующей аппаратуры, полевого оборудования, установки сейсмоприёмников, геометрии приёмной расстановки, учёт сейсмических материалов, оформление сопроводительной документации, контроль качества первичных сейсмических материалов проводился согласно «Требованиям к технологии и качеству полевых сейморазведочных работ 2D, 3D» (Сургут, 2009 г).

Качество установки групп геофонов контролировалось ежедневно по тестовым записям и непосредственно на профиле супервайзером. Контроль работоспособности групп геофонов осуществлялся посредством анализа полевых тестов.

Полевой контроль качества сейморазведочных данных на Звездном ЛУ выполнялся в соответствии с геологическим заданием на проведение сейморазведочных исследований МОГТ-2D. Целью полевой оценки и экспресс обработки является сбор данных и их подготовка для обеспечения своевременного контроля зарегистрированных материалов, а именно: выявление возможных нарушений технологии работ, количественная оценка

качества полевого материала, построение карт атрибутов сейсмической записи, получение предварительных временных разрезов по отработанным профилям.

Супервайзер для ежедневной оценки качества сейсмограмм использовал программное обеспечение «SuperTool» (АО «СНИИГГиМС»).

Оценка первичного материала, полученного Подрядчиком геофизических услуг ОАО «Якутскгеофизика» на сопровождаемом АО «СНИИГГиМС» объекте ГРП Звездный ЛУ, выполнена с применением специализированного программного обеспечения (ПО) на персональном компьютере (ПК), в том числе разработанного в СНИИГГиМС («SuperTool», «TopSel» и др.), в соответствии с требованиями Заказчика ОАО «Сургутнефтегаз» согласно набору атрибутов сейсмической записи, наименования и процентное влияние которых на оценку качества, а также результаты оценивания, в том числе трассориентированного и посеисмограммного указаны ниже.

Полевая обработка сейсмических материалов Подрядчиком выполнялась на портативном компьютере MSi (оперативная память 16 ГБ, процессор IntelCoreI7 - 4700MQ 2.4 ГГц, операционная система Windows 8, внутренний жёсткий диск 750 ГБ) по целым или отработанным частям профилей в авторской системе «SPS-PC». Определение амплитудно-частотных характеристик записи производилась процедурой QContr.

Расчёт и построение карт полевым ВЦ Подрядчика, характеризующих качество материала, выполнялись по следующим атрибутам сейсмической записи с поточечными значениями на ландшафтной основе:

- средние значения амплитуды сейсмозаписи в окне анализа;
- средние значения амплитуды микросейсм;
- отношение среднеквадратической амплитуды записи к среднеквадратической амплитуде микросейс;
- распределение пиковой частоты общего спектра сейсмической записи в интервале полезных волн;

- средневзвешенная частота сейсмической записи в интервале полезных волн;
- распределение эффективной ширины спектра сейсмической записи в интервале полезных волн ;
- фактическая кратность.

### **3.4. Интерпретация сейсмических материалов**

Согласно геологическому заданию, основная задача отчетных работ состояла в проведении обработки и интерпретации результатов сейсморазведочных работ МОГТ 2D на территории Звездного лицензионного участка в 2015-2016 гг.

Интерпретация сейсмических материалов выполнялась в следующей последовательности:

- создание базы геолого-геофизической информации по площади;
- стратиграфическая привязка отражающих горизонтов (ОГ), идентификация сейсмических колебаний в интервалах, приуроченных к целевым объектам;
- корреляция ОГ, выделение и трассирование тектонических нарушений;
- выбор и обоснование методики структурных построений, построение структурных карт по выделенным сейсмическим границам;
- проведение сейсмической инверсии
- динамический анализ волнового поля в целевых интервалах, анализ статистических зависимостей между атрибутами сейсмической записи и характеристиками перспективных объектов;
- палеотектонический анализ;
- построение сейсмогеологических моделей продуктивных и перспективных отложений;
- выделение перспективных объектов.

База сейсмической и геологической информации сформирована в рамках интерпретационного пакета «TheKINGDOMSuite» (IHS, США), где и

выполнялся основной объем работ по интерпретации (стратиграфическая привязка и корреляция сейсмических горизонтов, выделение и трассирование тектонических нарушений, расчет кинематических и динамических параметров, сейсмогеологическое моделирование и т.д.).

Интерпретационный проект сформирован в условных координатах, в него вошли данные съемки 2D на территории Звездного ЛУ в объеме 2195 пог.км (в отчетный контур попадает 1764 пог.км), сведения по 50 скважинам, представленные набором каротажных диаграмм, отбивками стратиграфических границ и границ отдельных пластов, годографами  $H(t_0)$ .

Интерпретация ГИС выполнена с использованием базовых интерпретационных модулей системы Геопоиск фирмы ООО НПФ «GISNT» и пакета PETREL (Шлюмберже). Расчет прогнозного куба импедансов осуществлялся с помощью пакета динамической интерпретации HampsonRussell (HampsonRussellSoftwareServicesLtd.). Расчет сеток  $t_0$  и  $H$ , а также различные операции над ними выполнялись средствами программ GridBuilder и GridMaster (авт. В. Лапковский, ИГНГ СО РАН) и средствами пакета Surfer 11 (GoldenSoftware, Inc.), который использовался также для оформления отчетных карт и рисунков.

Так как на стадии обработки не удалось полностью ликвидировать кинематические сдвиги между профилями, на этапе интерпретации было выполнено кинематическое согласование временных разрезов. Наиболее хорошим репером по площади работ являются горизонты KB и II. Но их корреляция осложнена тектоническими нарушениями в пределах выступа фундамента. На горизонты I и  $KT_1$  сильное влияние оказывают зоны выщелачивания солей. Поэтому для увязки был выбран горизонт в низах юрегинской свиты, условно названный II', на котором влияние вышеперечисленных факторов минимально. Корреляция данного отражения по площади работ достаточно уверена. Увязка проведена с использованием пакета "SelfSupport" (ПАО "Сибнефтегеофизика"), позволяющим осуществить расчет корректирующих низкочастотных поправок, а также

ввести их в трассы временных разрезов. До увязки максимальное значение невязки составляло 16.9 мс при среднеквадратичной 3.19 мс, после увязки 9.1 и 1.1 мс, соответственно. Фрагменты профилей до и после увязки приведены на рисунке 3.1. Можно отметить, что кинематические сдвиги практически нивелированы.

### **3.5. Стратиграфическая привязка и корреляция отражающих горизонтов**

Стратиграфическая привязка основных отражающих горизонтов выполнялась на основе одномерного моделирования с помощью модуля SynPak в интерпретационном комплексе TheKingdomSuite (SeismicMicroTechnology, USA). Методика построения акустических моделей заключалась в следующем: по данным акустического и плотностного каротажа рассчитывались пластовая скорость, кривая акустических жёсткостей и коэффициенты отражения. Свёрткой импульсной кривой коэффициентов отражения и сейсмического сигнала получалась синтетическая трасса. Импульсы использовались нольфазовые, извлеченные из сейсмических трасс вблизи скважины. Для перевода каротажных кривых во временной масштаб использовались данные ВСП. Моделирование проведено скважинах, находящихся от линий сейсмических профилей не более 500м.

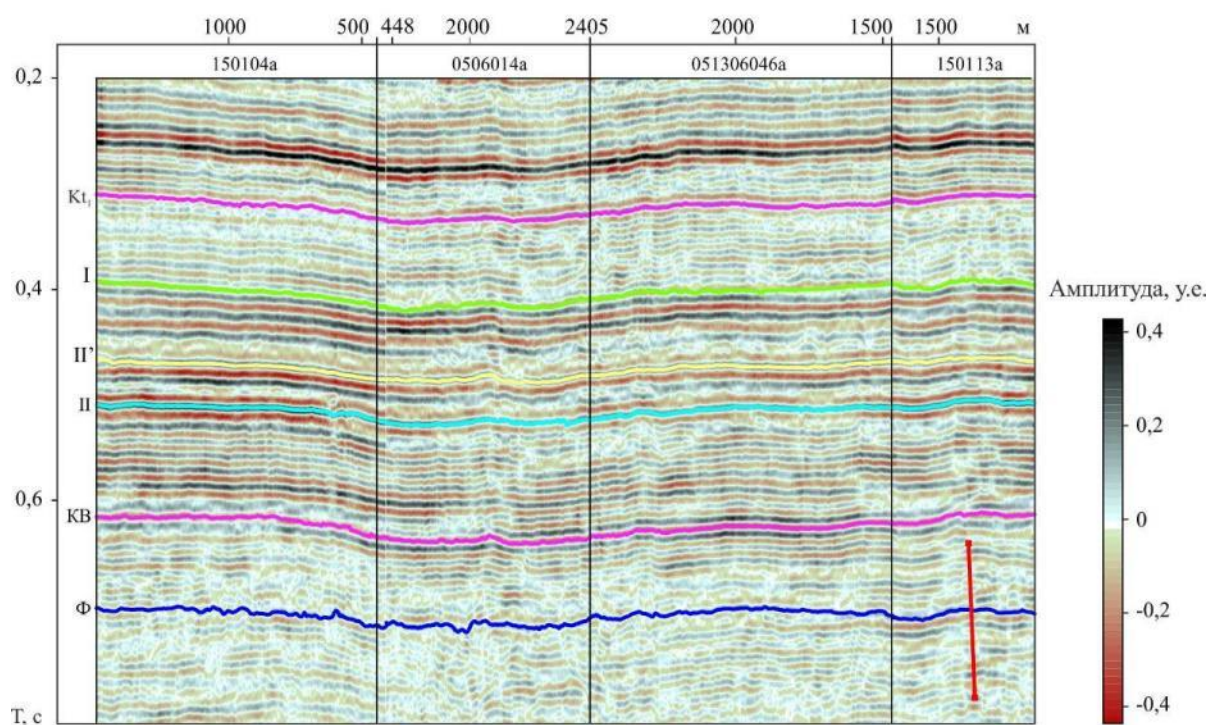
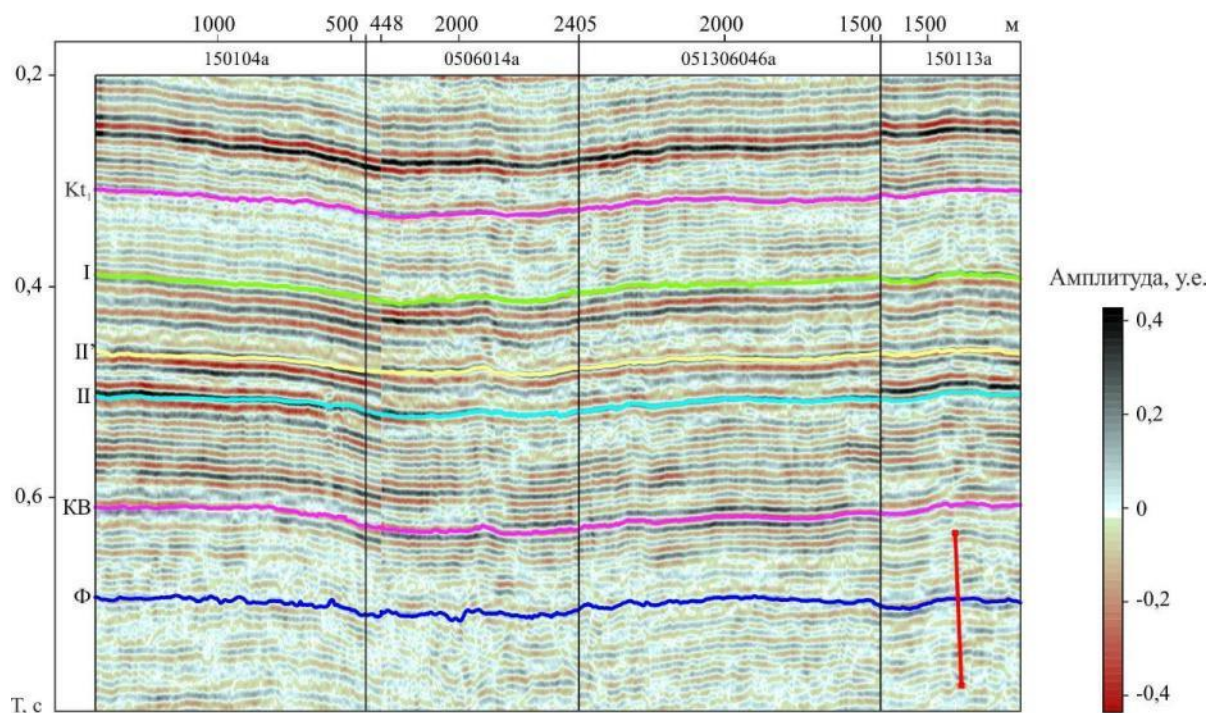


Рис.3.1 Кинематическая увязка сейсмических профилей: а - до увязки, б - после увязки

Для уточнения взаимного соответствия отраженных волн и геологических границ, были привлечены результаты привязки из уже выполненных отчетов о сейсморазведочных работах на Звездном ЛУ и прилегающих территориях.

Приведение сейсмических данных к ноль-фазовой форме импульса было осуществлено на стадии обработки. В ходе проведения обработки производилось одномерное моделирование с целью определения фазовых подвижек.

Результаты моделирования по скважинам приведены на рисунках 3.2 и 3.3. Коэффициенты корреляции синтетических трасс с реальными для приведенных скважин составили 0.66-0.81. Выполненное геосейсмическое моделирование демонстрирует хорошее совпадение полученных синтетических трасс с трассами реальных временных разрезов и позволяет достаточно надежно установить соответствие отражающих горизонтов с основными объектами исследования.

Корреляция отражающих горизонтов в пределах исследуемой площади проведена по принципам фазовой корреляции с использованием временных разрезов, а также разрезов динамических характеристик. отождествление волн производилось на основании кинематических и динамических особенностей сейсмических записей, путем создания “образов” отражений, приуроченных к определенным стратиграфическим уровням и последующего отождествления их по площади (Рис.3.3).

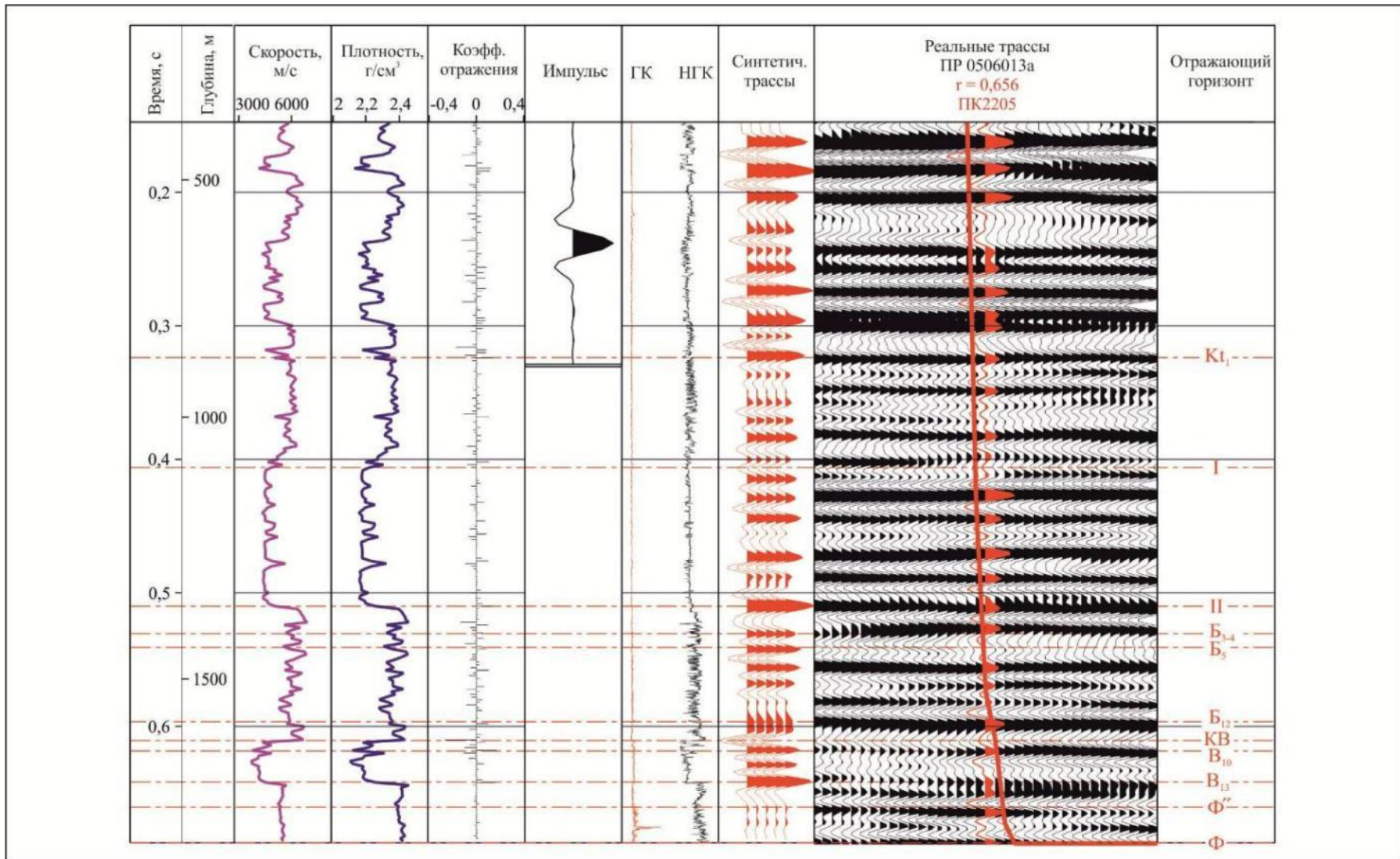


Рис. 3.2 Результаты одномерного моделирования по скважине xxxxx



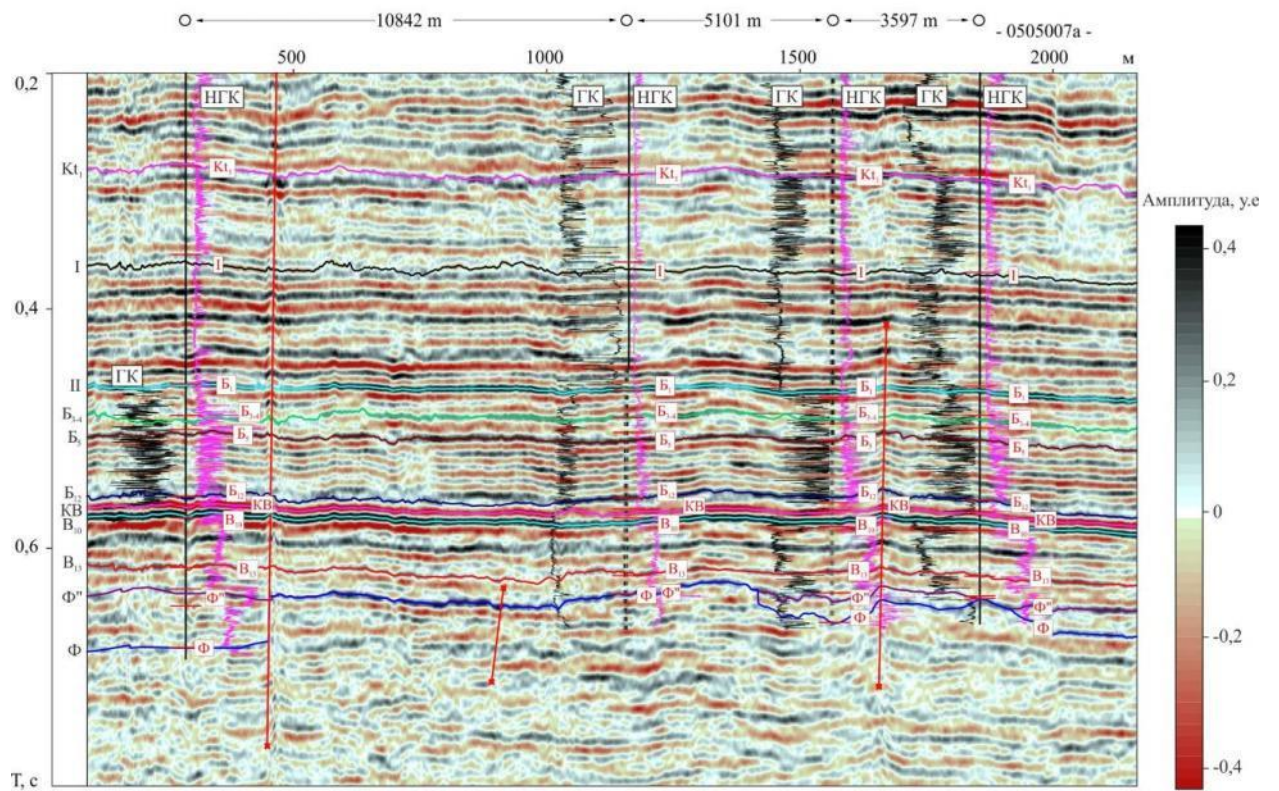


Рис.3.3 Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов и характер волновой картины по линии скважинxxxxx,xxxxx,xxxxx, xxxxx

## **4. ОБРАБОТКА ВРЕМЕННЫХ РАЗРЕЗОВ С ПОМОЩЬЮ ОКОННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ**

*Целью исследовательской части работы* является обработка цифровых сейсмических данных специальным оконным фильтром. И возможное уточнение нефтегазонасыщенности продуктивных толщ лицензионного участка.

*Основные задачи* включают в себя следующее:

- Анализ отдельных трасс;
- Сопоставление разрезов и месторождения;
- Выбор окна фильтрации;
- Обработка разрезов и анализ результатов обработки.

### **4.1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

#### **4.1.1. Цифровая фильтрация**

В процессе обработки сейсморазведочных данных важное место занимает процедура по улучшению отношения амплитуд полезных сигналов к амплитудам помех, которые основываются на использовании отличия частотных и скоростных характеристик полезных сигналов и волн – помех. Объединения данных процедур отличной природы можно объединить таким понятием как фильтрация сейсмических сигналов. В ходе сейсморазведочных работ было сделано такое наблюдение – регистрируемые полезные сейсмические волны и волны-помехи в среднем достаточно заметно различаются между собой по частотному спектру и диапазону изменения кажущихся скоростей. Это видно по данным, приведенным в табл. 4.1. Данные границы параметров, в определенных сейсмогеологических условиях могут быть еще более узкими, что делает более контрастными различия между волнами.

Таблица

4.1 Характеристика основных классов сейсмических волн и волн - помех при

работе на продольных волнах

Класс сигналов	Частотный диапазон	Диапазон кажущихся скоростей, м/с
Отраженные волны	10 - 80	1500 - $\infty$
Преломленные, рефрагированные и многократные отраженно-преломленные волны	5 - 50	1000 - 20000
Поверхностные волны релеевского типа	3 - 30	100 - 1000
Многократно отраженные волны	10 - 60	1500 - $\infty$
Случайные помехи, микросейсм	10 - 100	-
Электрические наводки	48 - 52	-
Звуковые волны	60 - 125	300 - 350

Используя некоторым образом различия в динамических и кинематических свойствах полезных волн и волн - помех, можно на основе определенных математических процедур добиться увеличения соотношения "сигнал - помеха", т.е. увеличить амплитудную разрешенность сейсмической записи.

Исходя из опыта, на записях, обладающих высокой надежностью, визуально можно выделить сейсмические импульсы, у которых амплитуда превосходит средний уровень помех не менее чем в 2-3 раза. К сожалению, обычно, при повышении амплитудной разрешенности сокращается ширина спектра сигнала полезных волн, что приводит к увеличению его длительности во времени. При этом обязательно снижается временная разрешенность записи, которая определяет возможность отдельного обнаружения и выделения сигналов, приходящих в близкие моменты времени. Следовательно, при решении задачи по одновременному повышению амплитудной и временной разрешенности сейсмических колебаний, выдвигаются противоречивые требования к процессам фильтрации. В данных условиях компромиссным решением будет использование значительного количества алгоритмов фильтрации,

позволяющих решать определенные задачи по обнаружению, выделению и/или подчеркиванию сигналов в каждом конкретном случае

При обработке сейсмических данных используются спектры, которые содержат определенные частоты и фазы. Для примера можно взять преобразование Фурье, и с его помощью трансформировать «трассу» из временной области в частотную.

Для наглядности используем данный участок сейсмической «трассы», который, как видно, включает в себя хорошую смесь различных частот (рис. 4.1). О наличии высоких частот говорит резкое перемещение значений от положительных к отрицательным. С использованием прямых и обратных комбинаций преобразований Фурье можно попробовать удалить эти высокие частоты.

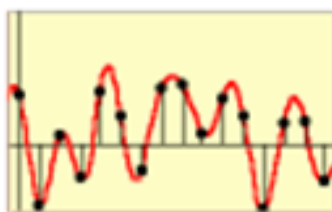


Рис. 4.1. Участок сейсмической «трассы»

Преобразовываем данную трассу из временной в частотную области, применяем фильтры для удаления высоких частот и затем преобразовываем обратно. Фильтр применяется посредством перемножения амплитудного спектра на желаемый полосовой фильтр. Во избежание образования временных ошибок оставляем фазу без изменений, то есть применяем нуль-фазовый фильтр. Результат изображен на рис.4.2.

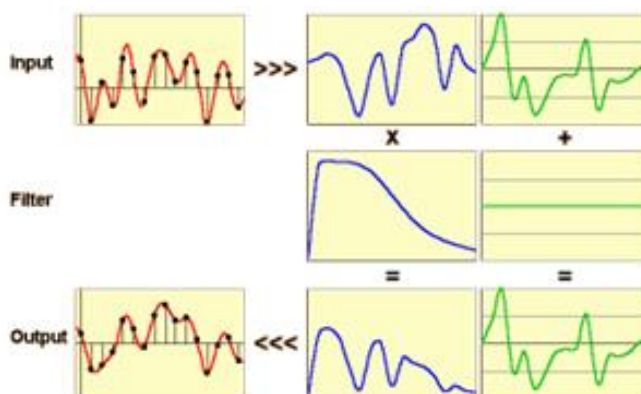


Рис. 4.2. Результат применения фильтра для удаления высоких частот

В ходе преобразования первоначальная трасса трансформируется в свои амплитудные и фазовые составляющие.

Амплитудный спектр перемножается с применяемым фильтром. А фазовый спектр суммируется с фазовой характеристикой применяемого фильтра (в этом преобразовании - с нулем). Конечная трасса трансформируется обратно во временную область. Показателем являемся то, что высокие, а так же слишком низкие частоты были сглажены.

Далее рассмотрим еще один пример преобразования амплитудных и фазовых составляющих на примере той же трассы.

При использовании следующего фильтра есть возможность полного удаления любых частот выше половины значений частоты Найквиста (рис.4.3). Остаются низкие значения частоты, фаза остается без изменения.

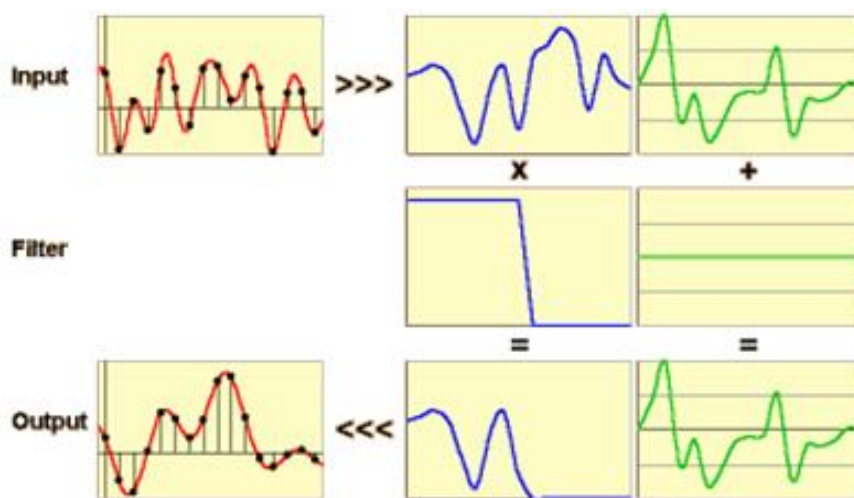


Рис. 4.3. Пример использования фильтра

Этот процесс является примером антиалейсингового фильтра. Таким образом, можно отбросив часть исходных дискретов, в полной мере воспроизвести данные вплоть до точки отсечения используемого фильтра.

В итоге можно сделать вывод о том, что работая с вышеизложенным методом можно применять различные фильтры, используя двойное преобразование.

#### **4.1.2. Когерентность**

Когерентность нескольких колебательных или волновых процессов (в физике) — согласованность (скоррелированность) этих процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.

Понятие когерентности впервые было предложено в работе [Bahorich, Farmer, 1995]. Этот подход заключается в том, что выдержанные сейсмические границы считаются шумом, а их особенности, или сингулярности, выделяются как полезный сигнал.

В современных обрабатывающих и интерпретационных пакетах существует множество разнообразных методов определения когерентности или родственных этому понятию характеристик многоканальной сейсмической записи. Подавляющее большинство из них так или иначе связывает это понятие с отношением сигнал—помеха или, что более удобно, с отношением энергии сигнальной компоненты к общей энергии в некоторой локальной области записи. При таком определении отсутствие сигнала характеризуется минимальной когерентностью, равной нулю. В свою очередь, "чистый" сигнал, не искаженный никакими помехами, сопровождается максимальной когерентностью, равной единице.

Таким образом, при расчете когерентности прямо или косвенно используются оценки сигнала, полученные по некоторому набору сейсмических трасс. В основе таких оценок всегда лежит наше представление о предполагаемой структуре сейсмической записи, т. е. о ее математической модели. Поскольку когерентность чувствительна не только к вариациям геологических особенностей разреза, но и к математической модели сейсмического волнового поля, описывающей эти особенности и

положенной в основу расчета когерентности, используемая модель должна быть максимально адекватной реальным ситуациям.

Рассмотрим скользящее в пространстве и во времени окно, в пределах которого выполняется расчет сейсмической когерентности. Пусть оно состоит из  $M$  трасс и  $L$  отчетов на каждой трассе. Представим информацию в окне в следующей матричной форме:

$$X=S+N, \quad (1)$$

где  $S = \{s_{ik}\}$  и  $N = \{n_{ik}\}$  — соответственно сигнальная и шумовая компоненты записи  $X = \{x_{ik}\}$ ;  $i= 1, 2, \dots, L$ ;  $k= 1, 2, \dots, M$ . После выравнивающих во времени сдвигов, компенсирующих наклон отражающих границ, сигнал предполагается одинаковой формы  $s = \{s_1, s_2, \dots, s_L\}^T$ , но с произвольной амплитудой,  $a = \{a_1, a_2, \dots, a_M\}^T$ , на разных трассах, где  $T$  — операция транспонирования. Поэтому сигнал может быть представлен так:

$$S=sa^T, \quad (2)$$

где  $s_{ik}=s_i a_k$ . Отметим, что амплитуда  $a_k = 0$  свидетельствует об отсутствии сигнала, а  $a_k << 0$  — об условно отрицательной полярности сигнала.

В свою очередь, шум будем считать независимым от сигнала и на разных каналах стационарным нормальным случайным процессом с нулевым средним и зависящей от номера канала дисперсией  $\sigma_k^2$ . Это предполагает, что в наборе данных, подвергаемых расчету когерентности, регулярные помехи предварительно устранены.

Рассмотрим различные варианты поведения характеристик  $a_k$  и  $\sigma_k^2$ .

Пусть  $a_k$  и  $\sigma_k^2$  [С не зависят от номера канала. В этом простейшем случае оптимальной оценкой сигнала является обычное среднее арифметическое столбцов матрицы  $X$  [Тяпкин, 1991; 1993; Тяпкин и др., 2005; Tyarpin, Ursin, 2005]:

$$s_i = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M x_{ik}, \quad (3)$$

Отсюда с учетом  $a_k=1$  следует оценка когерентности вида

$$C_1 = \frac{\sum_{i=1}^L (\sum_{k=1}^M x_{ik})^2}{M \sum_{i=1}^L \sum_{k=1}^M x_{ik}^2}, \quad (4)$$

известная как коэффициент подобия. Этот метод впервые был предложен для обработки сейсмических изображений в работе [Marfurtetal., 1998] и в настоящее время нашел широкое применение на практике. Ранее эта же формула была положена в основу скоростного анализа [Neidell, Taner, 1971].

Рассмотрим более сложные модели сейсмической записи. Пусть допускается произвольное варьирование амплитуд сигнала  $a_k$  между каналами при постоянной дисперсии помех. Постоянство дисперсии помех позволяет обоснованно применить сингулярное разложение (СР) матрицы  $X$  для последующей оценки сигнальной компоненты записи [Тяпкин и др., 2005; Туаркин, Ursin, 2005], сделав предварительно вполне естественное предположение, что  $L \geq M$ . В результате матрица может быть представлена так [Klema, Laub, 1980]:

$$X = \sum_{l=1}^M \gamma_l v_l u_l^T, \quad (5)$$

где  $\gamma_l$ ,  $v_l$ , и  $u_l$ , — сингулярные числа, левосторонние сингулярные векторы и правосторонние сингулярные векторы матрицы  $X$  соответственно. При этом сингулярные числа  $\gamma_l$  равны положительным квадратным корням из соответствующих собственных значений  $\lambda_l$ , ковариационной матрицы  $F = X^T X$ , а векторы  $v_l$ , и  $u_l$  — ортонормированные:  $v_l^T v_m = \delta_{lm}$ ,  $u_l^T u_m = \delta_{lm}$ , где  $\delta_{lm}$  — символ Кронекера. Сингулярные числа предполагаются упорядоченными по невозрастанию:  $\gamma_1 \geq \gamma_2 \geq \dots \geq \gamma_m$ .

В соответствии с теоремой Экарта — Янга [Тяпкин и др., 2005; Туаркин, Ursin, 2005], оптимальной оценкой сигнала в этом случае является первый член разложения (5), равный  $\gamma_1$ ,  $v_1$ , и  $u_1^T$ . Поскольку его энергия равна  $\gamma_1 = \lambda_1$ , а полная энергия записи может быть представлена как  $Tr(F) = \sum_{l=1}^M F_{ll} = \sum_{l=1}^M \lambda_l$ , когерентность можно рассчитать по формуле

$$C = \frac{\lambda_1}{\sum_{l=1}^M \lambda_l}, \quad (6)$$



Этот метод впервые был предложен в работах [Gersztenkornetal., 1999; Gersztenkorn, Marfurt, 1999] и сейчас широко используется на практике. Его можно рассматривать как результат применения усовершенствованного способа скоростного анализа, описанного в работе [Kirilin, 1992], к расчету когерентности. Необходимо, однако, отметить, что авторы работ [Gersztenkornetal., 1999; Gersztenkorn, Marfurt, 1999] не обратили внимания на преимущества, которые обеспечивает более совершенная модель сейсмической записи, лежащая в основе их метода.

Дальнейшее развитие и совершенствование существующих методов расчета когерентности приведут к использованию еще более сложных и, следовательно, более реалистичных моделей записи.

#### **4.1.3. Сингулярность**

Математическая сингулярность (особенность) – точка, в которой математическая функция стремится к бесконечности или имеет какие-либо иные нерегулярности поведения (например, критическая точка).

Комплексный анализ рассматривает особенности голоморфных (и более общий случай: аналитических) функций – точки комплексной плоскости, в которой эта функция не определена, её предел бесконечен либо предела не существует вовсе. В случае точек ветвления аналитических функций функция в особой точке может быть определена и непрерывна, но не являться аналитичной.

#### **4.2. Обработка временных разрезов оконным фильтром**

Для обработки были выбраны три временных разрезаЛУ Звездный, полученных во время прохождения производственной преддипломной практики. Разрезы №051306043, 1305009, 1305036. Все три разреза приведены на рисунке 4.4. На этом же рисунке лицензионный участок сопоставлен с выкопировкой из тектонической карты.

При сопоставлении лицензионного участка с тектонической картой было определено, что месторождение под названием Северо-Талаканское (78) частично попадает в область исследования. Поэтому были сделаны предположения, что, если мы сможем увидеть количественные различия в сейсмических записях, и сумеем специальной методикой обработать эти разрезы, то увидим на большом разрезе (№051306043) маленький участок от месторождения, на маленьком разрезе (№1305036) прерывистых два участка, а на поперечном разрезе (№1305009) возможно будет прослеживаться небольшая край от месторождения.

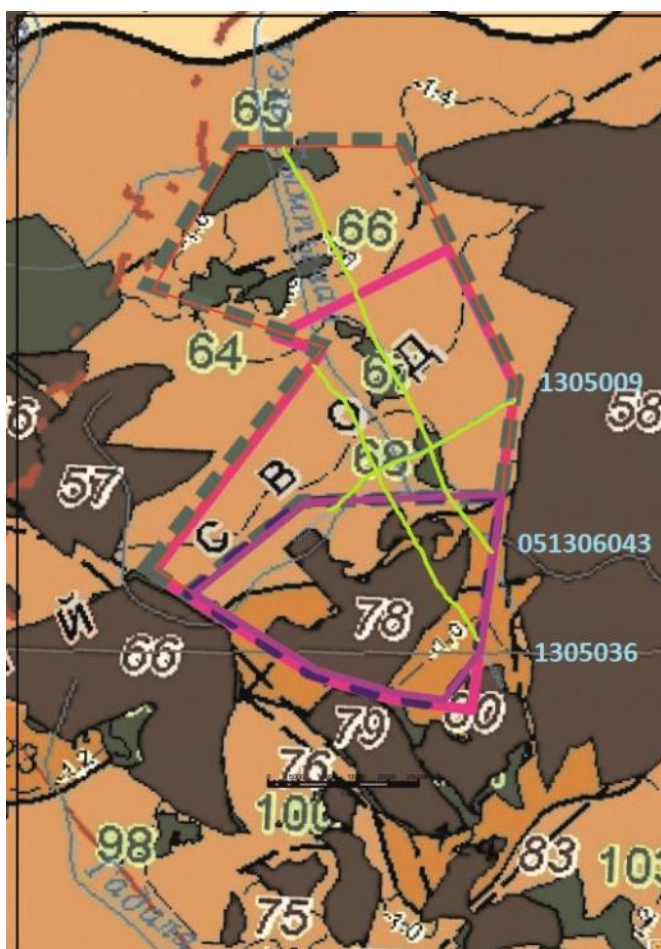


Рис. 4.4. Временные разрезы на тектонической карте ЛУ

Дальше приступаем к исследованию спектрального состава отдельных трасс. Глядя на большой разрез мы выбираем одну трассу из участка попадающего на месторождение (трасса №937) и одну трассу из участка вне месторождения (трасса №4768) (Рис. 4.5).

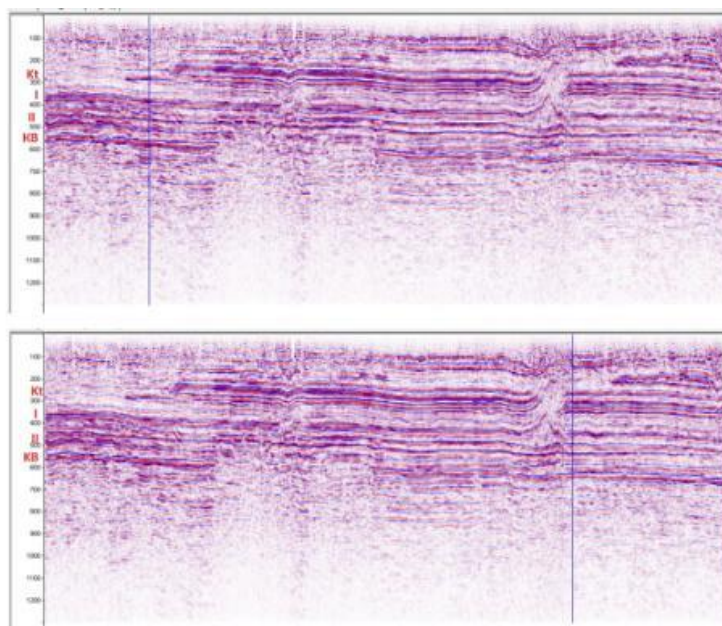


Рис. 4.5. Трассы на разрезе №051306043  
сверху: трасса №937; снизу: трасса №4768;

Выберем участки трасс для целевого интервала, т.е те, которые у нас приурочены к кровле венда. С применением программы Excel строим график спектров, также график всей трассы (рис. 4.6). Для построения и анализа спектров выбираем окно 64 точки с отсчета 201 по 264. Сопоставляем спектры для сравнения (рис. 4.7).

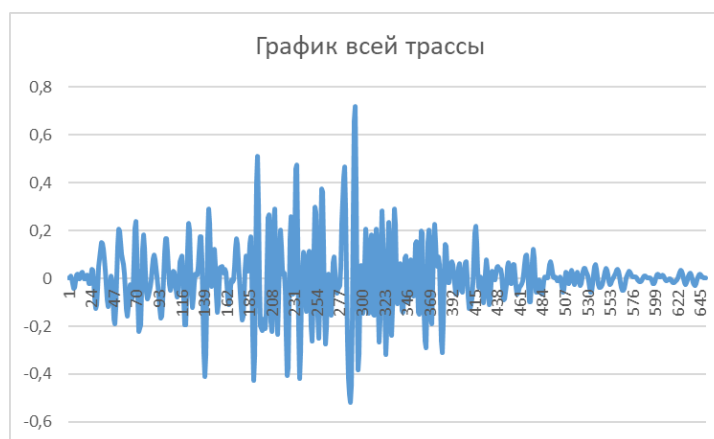


Рис. 4.6. График всей трассы

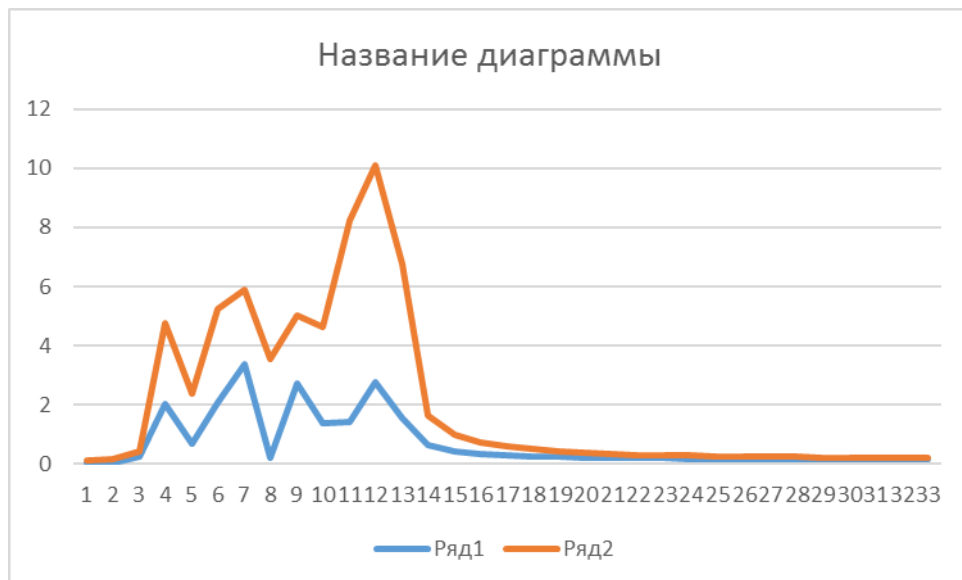


Рис. 4.7. Сравнение спектров

Коричневый спектр – это без поглощения (вне месторождения), синий спектр – проходит через коллектор с поглощающими свойствами.

Сравниваем два графика и видим, что частотный состав – 9,10,11,12,13 можно выбрать как полосу для фильтра.

Методом фильтрации я обработала весь этот разрез (№051306043) и два других разреза (№1305009, 1305036) по этим частотам и получила следующий результат: амплитуда сейсмической записи на отфильтрованных и восстановленных разрезах понижается (уменьшается интенсивность окраски разреза) при прохождении сейсмических волн через области с улучшенными коллекторскими свойствами (рис. 4.8, 4.9, 4.10). Также на разрезах отметила основные группы отражающих горизонтов: КВ, П, I, П', Кт.

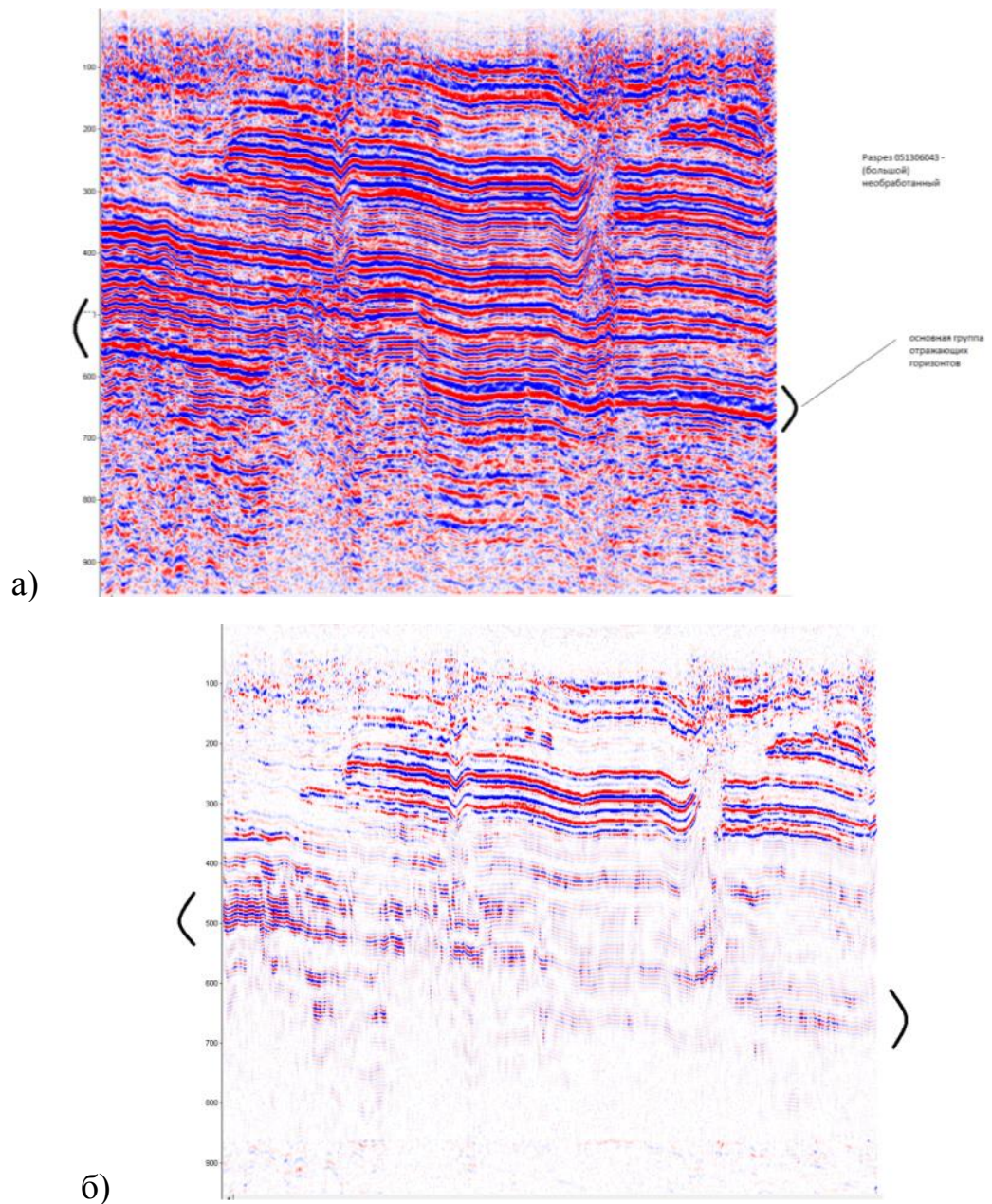
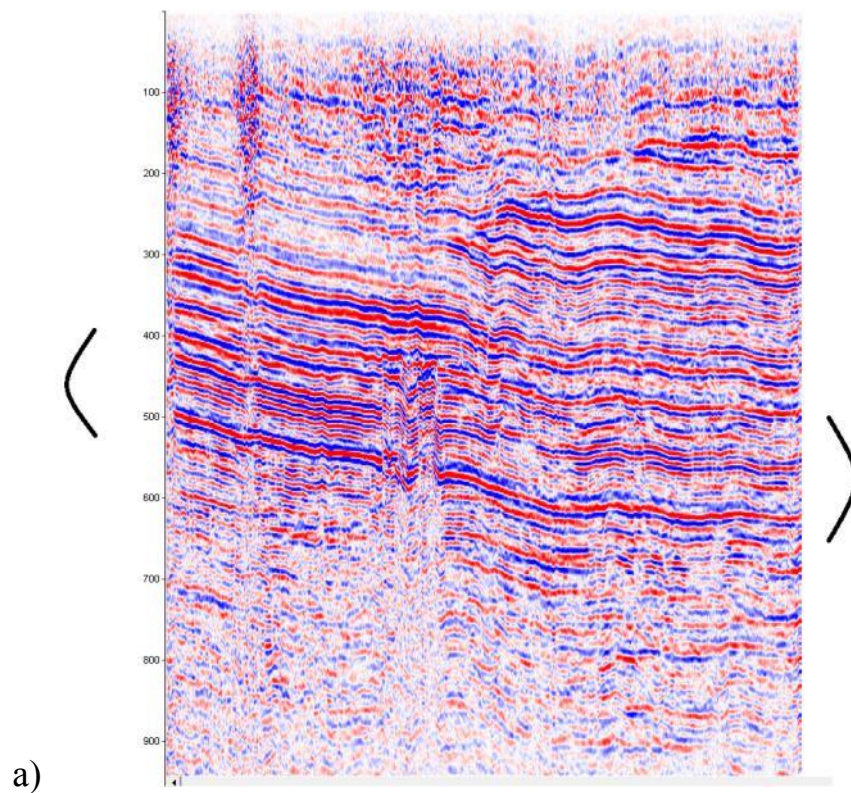
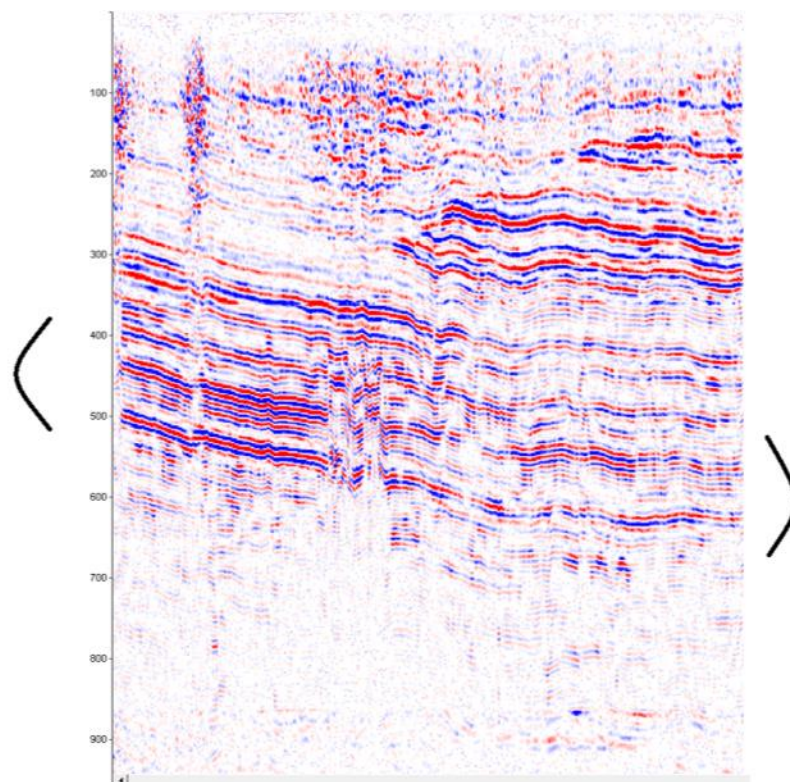


Рис. 4.8. Сравнение необработанного и обработанного разреза №051306043  
а) необработанный разрез; б) обработанный разрез;

Сопоставляя обработанные временные разрезы мы увидели соответствие более светлых участков с локализацией месторождения; они коррелируют между собой, поэтому можно сказать, что эта методика оконной обработки при качественном ручном подборе фильтра в данном случае может позволить нам уточнить границы.



а)



б)

Рис. 4.9. Сравнение необработанного и обработанного разреза №1305036  
а) необработанный разрез; б) обработанный разрез;

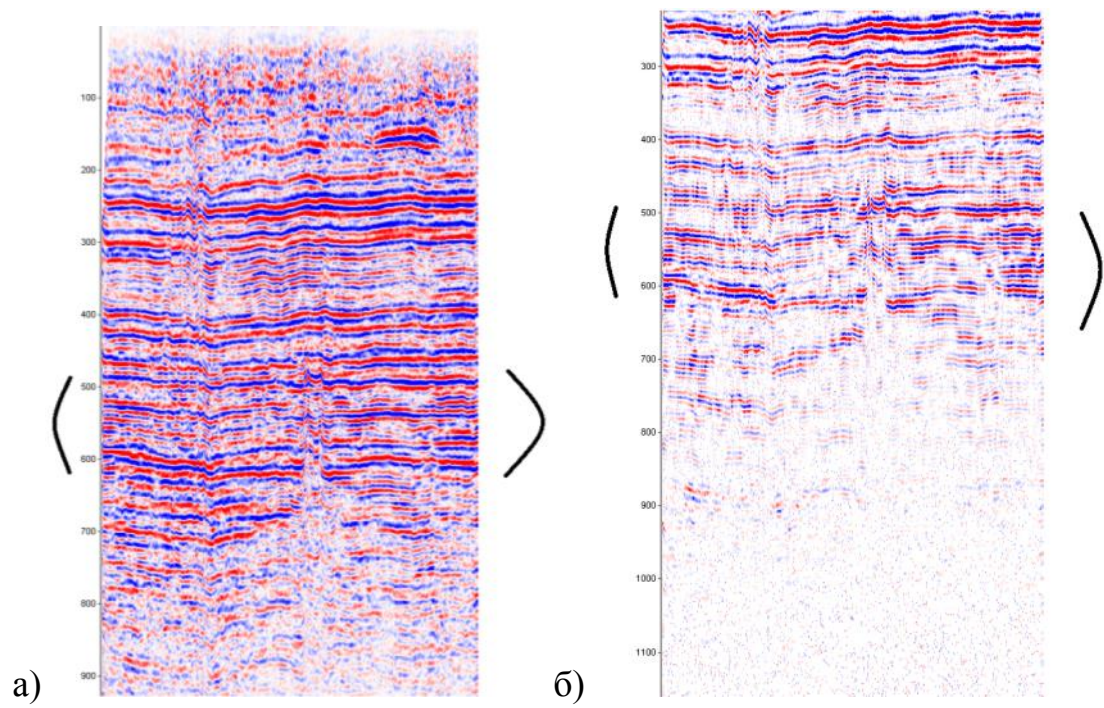


Рис. 4.10. Сравнение необработанного и обработанного разреза №1305009  
 а) необработанный разрез; б) обработанный разрез;

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе исследования проводились анализ отдельных трасс, обработка разрезов и анализ результатов обработки.

В результате исследования были выявлены спектральные особенности, позволяющие дифференцировать пласты с улучшенными коллекторскими свойствами, были определены границы проявления затухания на сейсмических временных разрезах.

В результате выполнения данной работы с помощью математического моделирования, а именно оконной фильтрацией были обработаны временные разрезы, на которых было выявлено наличие областей с пониженной энергией. Изменение энергетики и контрастности сигнала может свидетельствовать о наличии УВ.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Нормативная

1. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
2. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
4. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
5. ГОСТР 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
6. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
7. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
8. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
9. ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные.
10. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.
11. ГОСТ 12.4.051-87 ССБТ. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний
12. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
13. ГОСТ 17.4.3.04-85 ССОП. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
14. ГОСТ 17.0.0.01-76. Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов.

15. ГОСТ 17.1.3.13-86 ССОП. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
16. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
17. СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
18. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
19. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
20. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
21. СН 2.2.4./2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
22. ПБ 08-37-2005. Правила безопасности при геологоразведочных работах
23. 2.2.7.2129-06. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях
24. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
25. Федеральный закон от 4.05.99 №96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха".
26. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах. - М.: Недра, 2001.
27. Правила устройства электроустановок. 7-ое издание с изменениями и дополнениями, Новосибирск, 2006 г.
28. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N200-ФЗ.

Опубликованная

29. Анциферов А.С., Бакин В.Е., Воробьев В.Н. и др. Непско-Ботуобинская антеклиз – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР. – Новосибирск: Наука, 1986.

30. Геология нефти и газа Сибирской платформы. Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. // М.: «Недра». - 1981. - 552 с.
31. Демьянов В.В., Савельева Е.А. . Геостатистика: теория и практика. Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М. : Наука, 2010. — 327 с. — ISBN 978-5-02-037478-2 (в пер.).
32. Компаниец С.В., Кожевников Н.О., Антонов Е.Ю. Проявления и учет индукционно-вызванной поляризации при изучении осадочного чехла юга Сибирской платформы. Научно-технический журнал Евразийского геофизического общества «Геофизика», 2013, № 1, стр. 35 – 39.
33. Мельников Н.В., Якшин М.С., Шишкин Б.Б. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. – Новосибирск: Академическое издание «Гео», 2005. – 428 с.
34. Петрофизическая характеристика осадочного покрова нефтегазоносных провинций СССР. Справочник, Под. ред. Г.М. Авчана. М., Недра, 1985 г.
35. Рудные месторождения СССР. Под ред. акад. Н.И. Смирнова. Т.1. М. – Недра, 1972. 352 с.
36. Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2007. – 467 с.
37. McNeill JD. 1980 Application of transient electromagnetic techniques. Technical notes TN7. Geonics Limited.
38. Tiab J., Donaldson E.C. 2009. Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties.
39. Ларичев А.И., Чеканов В.И., Оленникова Е.В. и др. Отчет «Совместная переобработка сейсморазведочных и электроразведочных работ в комплексе с фациальным анализом и исследованиями кернового

- материала карбонатных и терригенных отложений Звездного ЛУ и прилегающих территорий», ФГУП «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург, 2014 г.
40. Левин Ф.Д., Тарарухина Н.М., Буш В.М. Отчет «Создание современного геофизического обеспечения прогнозно-поисковых работ на углеводородное и минеральное сырье в пределах зоны влияния новых центров нефтегазодобычи на территории Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) на основе комплексной аэрогеофизической съемки (магнитная, спектрометрическая масштаба 1:50 000, гравиметрическая 1:100 000) на площади 210 тыс. кв. км ».
41. <http://www.surgutneftegas.ru/>