

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

Институт природных ресурсов
Специальность 21.05.03 Технология геологической разведки
Специализация Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых
Кафедра геофизики

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ С ЦЕЛЬЮ ДЕТАЛИЗАЦИИ СТРОЕНИЯ РИФЕЙСКОЙ ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ НА ТЕРСКО-КАМОВСКОМ ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

УДК 553.98.044:550.834.5(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
222Б	Наумова Мария Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ислямова А. А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Геология»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кныш С.К.	К.Г.-М.Н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кочеткова О.П.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Геофизики	Лукин А.А.	К.Г.-М.Н.		

Томск – 2017 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
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
<i>Профессиональные компетенции</i>	
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»**

Институт природных ресурсов
Специальность 21.05.03 Технология геологической разведки
Специализация «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых»
Кафедра геофизики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
Лукин А. А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
222Б	Наумовой Марии Владимировне

Тема работы:

Сейсморазведочные работы с целью детализации строения рифейской продуктивной толщи на Терско-Камовском лицензионном участке (Красноярский край)

Утверждена приказом директора (дата, номер)

27.02.2017, № 1308/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Материалы преддипломной геофизической практики, пройденной на предприятии ООО «РН – КрасноярскНИПИнефть», а также опубликованная литература по теме проекта.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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).</i></p>	<p>Географо-экономический очерк района работ и его краткая геолого-геофизическая изученность. Геологическое строение района. Нефтегазоносность и сейсмогеологическая характеристика района работ. Анализ основных результатов ранее проведенных геофизических исследований. Выбор участка работ. Обоснование объекта исследований. ФГМ объекта исследования и задачи геофизических исследований. Выбор и обоснование метода. Методика и техника полевых работ. Обработка и интерпретация геофизических данных.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Геология»</p>	<p>Кныш С.К.</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Кочеткова О.П.</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Задорожная Т.А.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>06.02.2017</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ислямова А. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
222Б	Наумова Мария Владимировна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 115 с., 26 рис., 25 табл., 25 источников.

Ключевые слова: Красноярский край, сейсморазведка, МОГТ-2D, нефтегазоносность, Терско-Камовский ЛУ.

Объектом исследования является рифейская продуктивная толща.

Цель работы – детализация структурного плана и уточнение нефтегазоносности рифейской продуктивной толщи на Терско-Камовском ЛУ (Красноярский край).

В процессе исследования проводились сбор и анализ геолого-геофизических материалов, проектирование расположения профилей 2D съемки, составление проектно-сметной документации.

В результате исследования был выбран участок для проведения полевых сейсморазведочных работ МОГТ-2D, составлена физико-геологическая модель объекта работ, выбраны методика и техника полевых работ, а также обработка и интерпретация геофизических данных.

В будущем планируется проведение сейсморазведочных работ МОГТ-2D на юго-восточном крыле Терско-Камовского ЛУ и его смежной площади с целью уточнения деталей геологического участка, поиска и оценки перспектив нефтегазоносности углеводородных залежей, также последующая обработка и интерпретация.

ABSTRACT

Graduate qualification work contains 115 pages, 26 pictures, 25 tables, 25 source

Keywords: Krasnoyarsk region, seismic survey, CDP-method, petroleum potential, Tersko-Kamovskiy LA.

The object of research is: the Riphean productive stratum.

The purpose of the research: detailing the structural plan and update the section on the oil and gas content of the Riphean productive stratum on the Tersko-Kamovskiy LA (Krasnoyarsk Kray).

In the process of research was carried out analysis of geological and geophysical data, the preparation design and estimate documentation and the design of the location of 2D survey profiles.

As a result the work, a site was selected for field seismic exploration of MOGT-2D, a physical-geological model (PGM) of the object of the research was compiled, a methodology and technique of field work was chosen, as well as processing and interpretation of geophysical data.

In the future, it is planned to conduct the seismic survey of the MOGT-2D in the southeastern part of the Tersko-Kamovskiy LA and its adjacent area in order to detalization of the geological section, to search and evaluate the prospects of hydrocarbon deposits and the subsequent processing and interpretation.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Сейсморазведка – совокупность геофизических методов разведки, основанных на возбуждении и регистрации сейсмических волн разных типов с целью изучения строения, вещественного состава и напряжённого состояния земных недр.

МОГТ – метод общей глубинной точки;

2D, 3D – двухмерная, трехмерная разведка;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

МР – муниципальный район;

МТЗ – магнитотеллурическое зондирование;

КМТП – комбинированное магнитотеллурическое профилирование;

ЗСБ – зондирование становлением поля в ближней зоне;

ОГ – отражающий горизонт;

ПР – профиль;

МПВ – метод преломленных волн;

НГР – нефтегазоносный район;

НГО – нефтегазоносная область;

УВ – углеводород;

ГНК – газонефтяной контакт;

ВНК – водонефтяной контакт;

ЛУ – лицензионный участок;

ВСП – вертикальное сейсмическое профилирование;

НВСП – непродольное вертикальное сейсмическое профилирование;

ПК – пикет;

ПВ – пункт взрыва;

АК – акустический каротаж;

ТЗР – транспортно-заготовительные расходы;

ПП – пункт приема;

ЭВМ – электро-вычислительная машина;

ВМ – взрывчатый материал;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	10
2	ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	16
2.1	Обоснование объекта исследований	16
2.2	Физико-геологическая модель объекта исследования и задачи геофизических исследований	19
2.3	Выбор и обоснование метода	23
3	МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ	25
3.1	Методика и техника полевых работ	25
3.1.1	Возбуждение сейсмических колебаний	25
3.1.2	Прием и регистрация сейсмических колебаний	25
3.1.3	Полевой контроль качества сейсмических материалов	27
3.1.4	Топогеодезические работы	27
3.2	Обработка и интерпретация геофизических данных	30
3.2.1	Цифровая обработка	30
3.2.2	Структурные построения и оценка точности	39
4	СПЕЦИАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ – МЕТОД ФОКУСИРУЮЩИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ	43
4.1	Теоретические основы метода	44
4.2	Практическое применение метода	54
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:	59

ВВЕДЕНИЕ

Сейсморазведка – один из геофизических методов исследования земной коры, основанный на изучении искусственно возбуждаемых упругих волн. Сейсморазведка применяется для изучения глубинного строения Земли, выделения месторождений полезных ископаемых. От других геофизических методов, сейсморазведка отличается большей надежностью, высокой разрешающей способностью, технологичностью и колоссальным объемом получаемой информации. Также с помощью этого метода решаются задачи гидрогеологии и инженерной геологии.

Целевым назначением работы является внутриметодный комплекс сейсморазведки с целью детализации строения рифейской продуктивной толщи на Терско-Камовском (южном) лицензионном участке (Красноярский край).

Основная геологическая задача на Терско-Камовском (южном) лицензионном участке, расположенном на территории Эвенкийского муниципального района Красноярского края, обуславливается в проведении поисковых сейсморазведочных работ МОГТ-2D с целью получения высококачественных сейсмических данных, обеспечивающих:

- изучение геологического строения разреза осадочного чехла, его структурно-тектонических, литолого-формационных особенностей.
- детальное картирование структурных планов по сейсмическим горизонтам нижнего кембрия и рифея;
- выявление и трассирование зон тектонических нарушений в разрезе венда и рифея;
- выявление нефтегазоперспективных объектов;
- уточнение геологического строения месторождения в зоне распространения ресурсов категории C_2+C_3 .

Проведенными ранее сейсморазведочными работами и данными бурения установлено сложное геологическое строение месторождения, и есть необходимость дальнейшего изучения данной площади.

В связи с этим, запланировано выполнение работ на юго-восточном крыле Терско-Камовского лицензионного участка и его смежной площади в 2017-2018 гг.

1 АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сейсморазведочные работы на территории правобережья р. П.Тунгуски впервые проведены в начале семидесятых годов.

В период 1995-1996 гг. все сейсмические исследования междуречья П. Тунгуски-Ангары были пересмотрены и переинтерпретированы, в результате чего составлены структурные карты по кровле тэтэрской свиты (ОГ Б), довендской денудационной поверхности (ОГ R₀), внутририфейскому отражающему горизонту (R₄) (кровля вздрэшевской свиты); построена структурно-литологическая карта выходов рифейских толщ на довендскую денудационную поверхность, с прогнозом стратификации толщ рифея и их нефтегазоносности (Рис. 1.1).

В 2009-2010 гг. полевых сезонах в пределах участка проведены сейсморазведочные работы МОГТ. В результате работ уточнено строение нижнекембрийских отложений, на временных разрезах проведена корреляция отражающих горизонтов нижнего кембрия (Н₀, К₁, К₂, У₀, У), венда (Б), рифея (R₀, R₃, R₄, mdr, dlg), стратифицированных по разрезам глубоких скважин Терско-Камовского ЛУ (Рис. 1.3). Выполнены структурные построения по основным отражающим горизонтам венд-кембрийского и рифейского интервалов разреза, выделены основные тектонические нарушения, уточнена структурно-формационная модель строения площади (Рис. 1.2).

Кроме того, на Куюмбинском месторождении, во многих скважинах были проведены исследования методом ВСП и НВСП. В качестве примера рассмотрим результаты, полученные в одной из скважин. Скважина К-223 пробурена в пределах южной вершины Северо-Куюмбинской брахиантиклинали, образованной рифоподобными строматолитовыми постройками. Поднятие выделено на основе анализа материалов геолого-геофизических работ по поверхности рифейских отложений. Во вскрытой скважиной К-223 толще геологического разреза пластовые скорости изменяются в значительных пределах. Высокими значениями пластовых скоростей характеризуются плотные преимущественно карбонатные отложения рифея, нижнебельской и булайской свит, трапповые тела в составе ангарской и эвенкийской свит ($V_{пл}=5000-7319$ м/с). Пониженные значения скоростей ($V_{пл}=5500$ м/с) отмечаются в оскобинско-тэтэрских отложениях, в породах усольской ($V_{пл}=5312$ м/с), верхнебельской ($V_{пл}=5334$ м/с) и ангарской ($V_{пл}=4419-4931$ м/с) свит, представленных чередованием галогенных и карбонатных пород. Терригенные отложения эвенкийской свиты характеризуются низкими пластовыми скоростями

(3667 м/с). В волновом поле, зарегистрированном при проведении исследований ВСП (Рис. 1.4), выделяются наиболее сильные отражения от кровли рифея, тэтэрской и усольской свит, от границ залегания долеритов. Значительной интенсивностью и динамической выразительностью выделяются отражения от границ разноплотностных пород внутри усольской, бельской и ангарской свит, связанные в основном с границами раздела доломитов с прослоями каменной соли и терригенных разностей. При осуществлении стратиграфической привязки отраженных волн с суммотрассой ВСП сопоставлялся фрагмент временного разреза МОГТ. Результаты НВСП в скважине К-223 Куюмбинской площади отображают сложное строение рифей – вендских отложений в юго-восточном направлении от устья исследуемой скважины на расстоянии 700 м. По эрозионной поверхности рифейских отложений в юго-восточном направлении от скв. К-223 отмечается постепенное погружение до ПК 470 м, где на разрезах ВСП отмечается осложнение сейсмической записи, возможно связанное с наличием тектонического нарушения. По поверхности вендских отложений также отмечается погружение в юго-восточном направлении до ПК500 м, после которого происходит постепенное воздымание рельефа.

В 2011-2012 гг. проведены сейсморазведочные работы 2D на Терско-Камовской площади. Проектные объемы работ 2D на отчетный период этого сезона составляли 6010 физ. наблюдений, фактически отработано и принято 6048 физ. наблюдений.

Результаты работ представлены структурными картами поверхности бельской (ОГ К1, ОГ К2), усольской (ОГ Уо) свит нижнего кембрия, тэтэрской свиты (ОГ Б) венд-нижнего кембрия, предвендской эрозионной поверхности (ОГ R0) и кровли вэдрэшевской толщи рифея (ОГ R4). Для характеристики палеообстановок построены карты изопахит рифейской толщи (интервал ОГ R0-ОГ R4), отложений венда в целом (ОГ Б – ОГ R0) и терригенной его части, отложений усольской (ОГ Уо – ОГ Б) и бельской свит (ОГ К1 – ОГ У0). Итоговыми документами являются прогнозная геологическая карта предвендской эрозионной поверхности и карта нефтегазоперспектив. Комплект дополнен временными и геолого-геофизическими разрезами (Рис. 1.5).

Углубленная обработка сейсмических материалов 2D последних сезонов и переобработка архивных профилей позволили существенно уточнить строение толщ рифея и модель в целом.

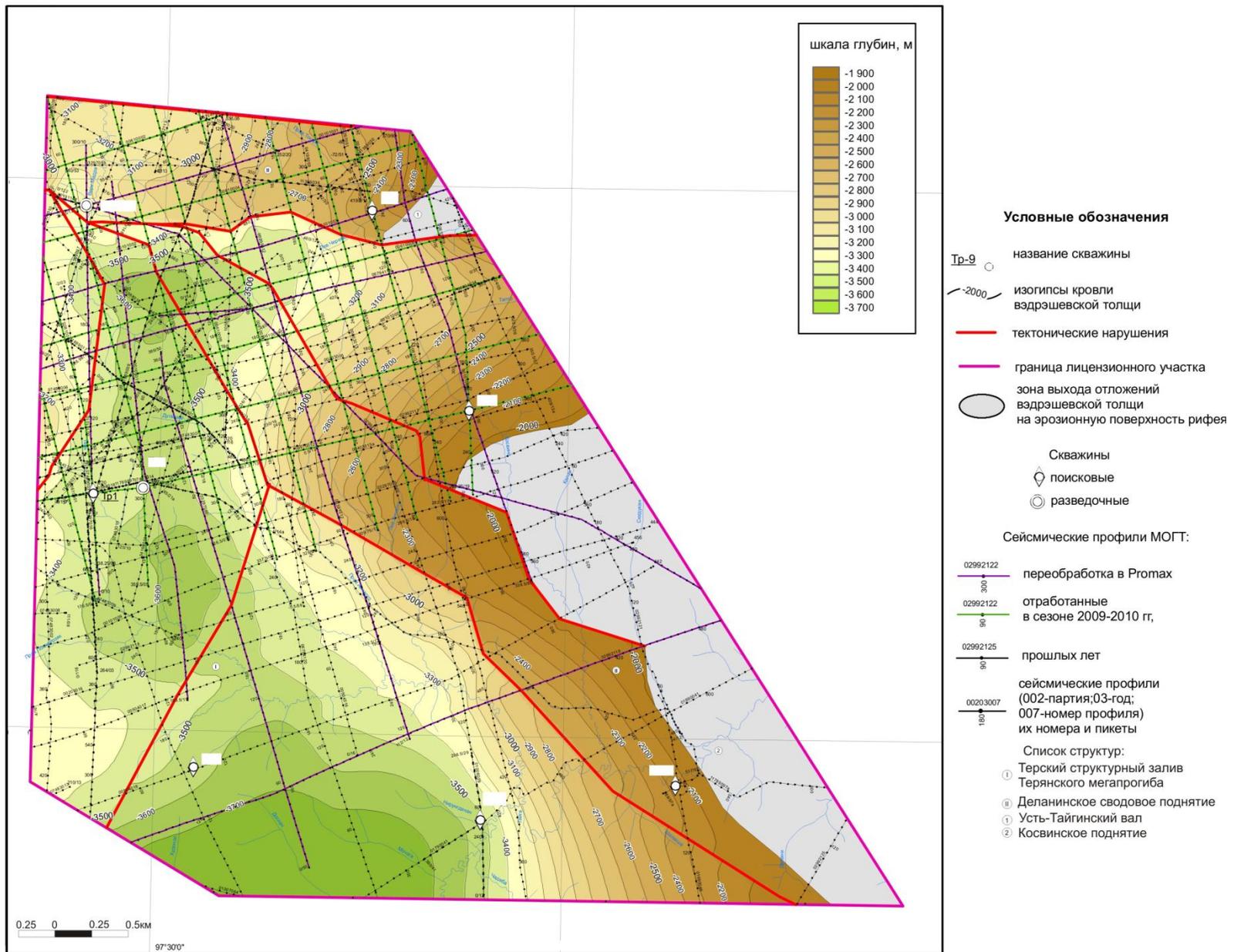


Рисунок 1.1 – Структурная карта кровли вздрэшевской толщи (ОГ R₄)

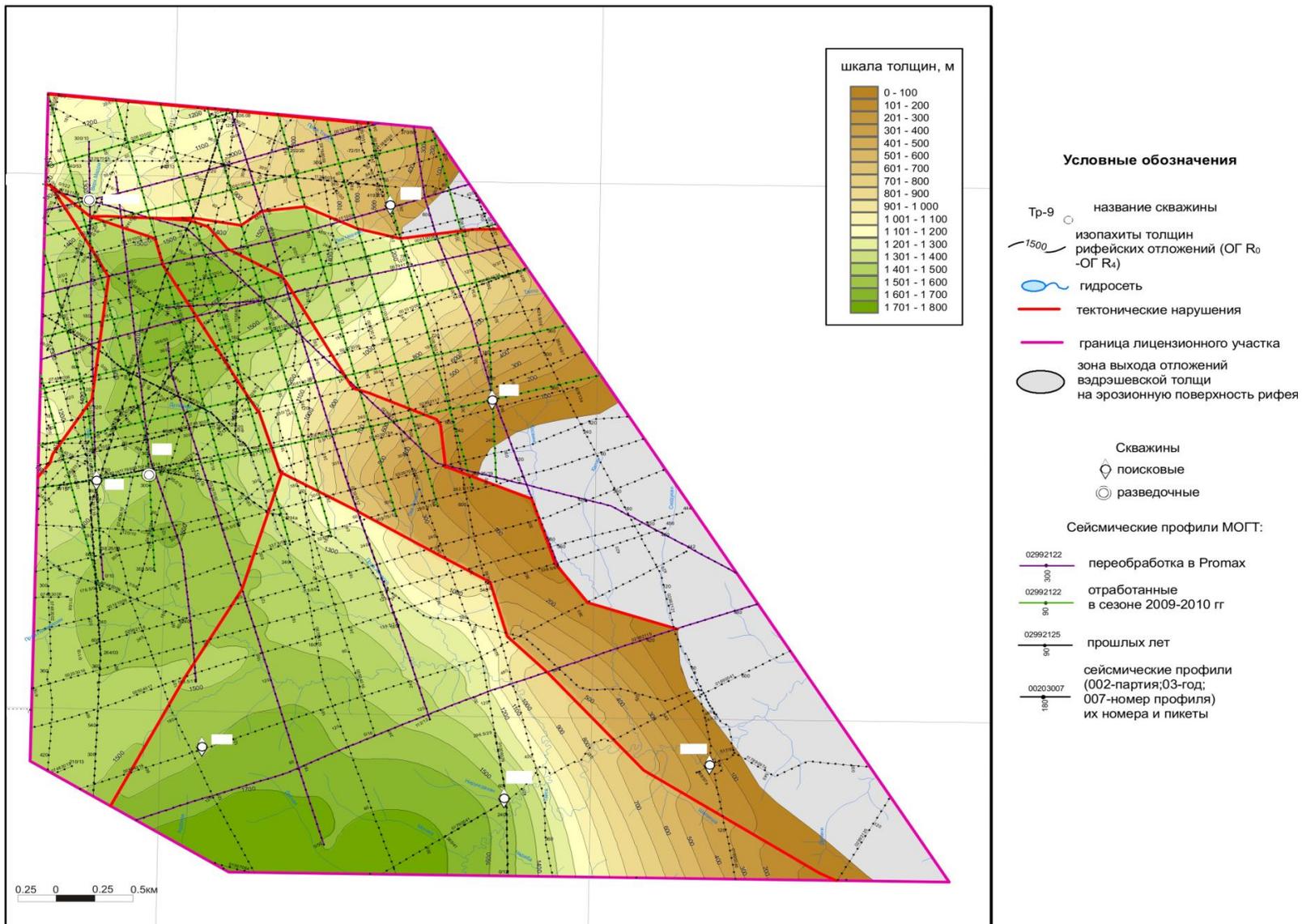


Рисунок 1.2 – Карта толщин рифейских отложений (ОГ R₀-ОГ R₄)

Абсолютный возраст, годы лет	Группа	Система	Енисейский край (юго-восточная часть)		Мощность, м	Байкильская антеклиза		Мощность, м	Чалобитское подняtie	Мощность, м	Сейсмическое горизонталы		
			Сыты			Толши						Сыты	
			Сыты	Толши		Сыты	Толши					Сыты	Толши
850	Верхний рифей	Одвинская	Дашкинская dz		3500				Базальманская	400			
			Нижневингарская na		500				Мельничковская	150-200			
			Киргитейская kgt	Дальневосточная dd	350-500	Ирээкеевская irm	Юктемеевская ukt	-200	Тариновская	250-320	R ₁		
				Серого ключа	500-550				Чуклуковская	250-320			
			Щунтерская zs	Щунтерская zs	600-1200	Токурская tok	Ижектинская ijk	340	Семеновская	1000-1100	R ₁		
			Потоскуйская pt	Джурская dj	>620	Вингольдинская vng	Вамганская vm	440	Чалобитская	50-вскр.	R ₂		
						Васольдинская vsl	Талаканская tl	230					
						Юктемская yuk	Юктемская Yuk	380					
				Красногорская krg	>150	Копчерская kop	Копчерская Kp	170					
			Сосновская ss	Аральская al	500-600	Куломбинская kmb	Куломбинская Kmb	450			R ₃		
Долгоктинская dlg	Долгоктинская Dlg	120											
Юрубченская yuc	Юрубченская Yc	300-450											
	Карточки kr	160-400	Мадриновская mdr										
Погорнойская pg	Погорнойская pg	1000-1400	Взррашевская vdr	Мадриновская Mdr	500			R ₄					
1280	Нижний рифей	Сухоловская	Удереиская ud	Удереиская ud	1000-1500				R ₅				
			Горбилковская gh	Горбилковская gh	800	Зеленуковская zel	Подперожная Pdr						
			Кордливская krd	-	1300-1500								
1500	Верхний-средний проуралоид - PR ₂	Табозья	Пенченгинская pl	Пенченгинская pl	1000-1200								
				Хр. Карпинского hkr	1000	PR ₂ +PR ₁ +AR?	PR ₂ +PR ₁ +AR?						
1600													
1900													
2100													

Рисунок 1.3 – Корреляционная стратиграфическая схема рифейских отложений

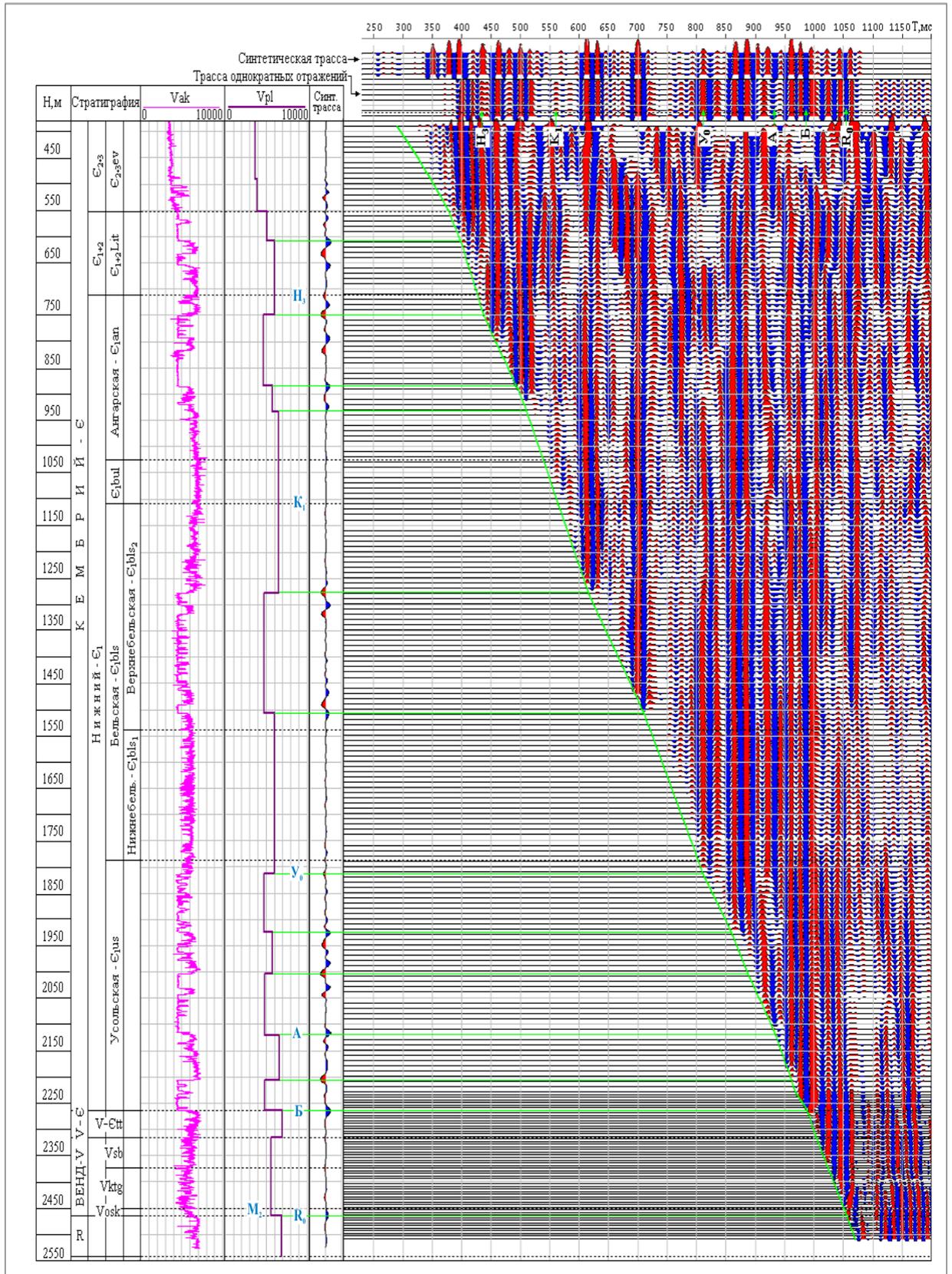


Рисунок 1.4 – Сопоставление поля отраженных PP - волн, приведенных к вертикали и суммотрасс однократных отражений с синтетическими трассами материала МОГТ. СКВ. ЮР-83

2 ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Для того чтобы решить поставленные задачи, необходимо провести дополнительные сейсморазведочные работы на площади, также рекомендуется комплексное преобразование полученной косвенной информации и данных разведочного и эксплуатационного бурения.

Проектирование ведется с целью уточнения деталей геологического строения участка, поиска и оценки перспектив нефтегазоносности углеводородных залежей на исследуемой площади, что достигается путем проектирования сейсморазведки методом ОГТ-2D и последующей обработки и интерпретации сейсмических данных. Имеющихся на данный момент данных недостаточно для подготовки перспективных объектов к разведочному бурению. Необходимо уточнить структуры залежей углеводородов и подготовить материал для проведения разведочного бурения.

Выполнение работ планируется в 2017-2018 годах. Пространственные границы объекта: район проектирования расположен на юго-восточном крыле Терско-Камовского лицензионного участка и его смежной площади.

2.1 Обоснование объекта исследований

Выбор места, формы и размеров проектного участка проводились на основании схемы изученности территории ранее проведенными работами МОГТ-2D и поисковым бурением. Анализ необходимости проведения уточняющих работ основывался на сложности геометрии структур и наличии многопластовых залежей нефти.

Исследуемая территория относится к Камовскому НГР Байкитской НГО, к землям первой категории, в пределах которой основными объектами поисков нефти и газа являются отложения нижнего кембрия, венда и рифея.

На соседних ЛУ ранее были обнаружены локальные поднятия кровли рифейских отложений, с которыми на Юрубчено-Тохомской зоне связывают главные перспективы нефтегазоносности. В одной из молодых толщ рифея обнаружена Т-я залежь – нефтегазовая, антиклинально-стратиграфическая под несогласием, пластовая. Продуктивность нижней части подсолевых отложений доказана скважинами О-й и Ю-й площадей. В пределах Южного блока ХХХ месторождения также основная доля испытанных в колонне объектов пришлась на рифейские отложения.

Во всех выявленных залежах коллектором являются доломиты верхней части рифейского комплекса. Нельзя исключать совсем и более глубокие уровни рифея, где имеются благоприятные структурно-тектонические условия для формирования ловушек УВ. Поэтому выбор проектного участка *основывался на структурной карте одного из горизонтов рифея R₄* (Рис. 2.1.2) с учетом схемы нефтегазогеологического районирования (Рис. 2.1.1).

По данным схемы нефтегазогеологического районирования южная часть контура запасов 1 категории находится вне эксплуатируемых лицензионных участков, поэтому данная зона изучена весьма неравномерно, и здесь практически отсутствуют сейсморазведочные профили. Необходимо отметить, что на структурной карте (Рис. 2.1.2), данный участок попадает в южное крыло положительной структуры, которая обладает неоднородным строением границ. Недоизученность склонов структуры может привести к пропуску локальных структур более низкого порядка, осложняющих крыло антиклинальной складки, где, также, возможно, локализируются залежи углеводородов, составляющие предполагаемые запасы первой категории.

Объектом полевых сейсморазведочных работ был выбран участок, расположенный на юго-восточной части Терско-Камовского лицензионного участка и смежной южной территории площадью 220 кв.км (Рис.2.1.1). Участок был выбран с целью доразведки и уточнения формы залегания и границы запасов первой категории.

Конкретное пространственное положение и азимуты профилей были выбраны в соответствии с аналогичными параметрами 2D сейсморазведочных профилей, пройденными ранее на соседнем Терско-Камовском лицензионном участке, для более удобной увязки и согласования геометрии работ разных лет.



Рисунок 2.1.1 – Выбранный район работ на схеме нефтегазогеологического районирования

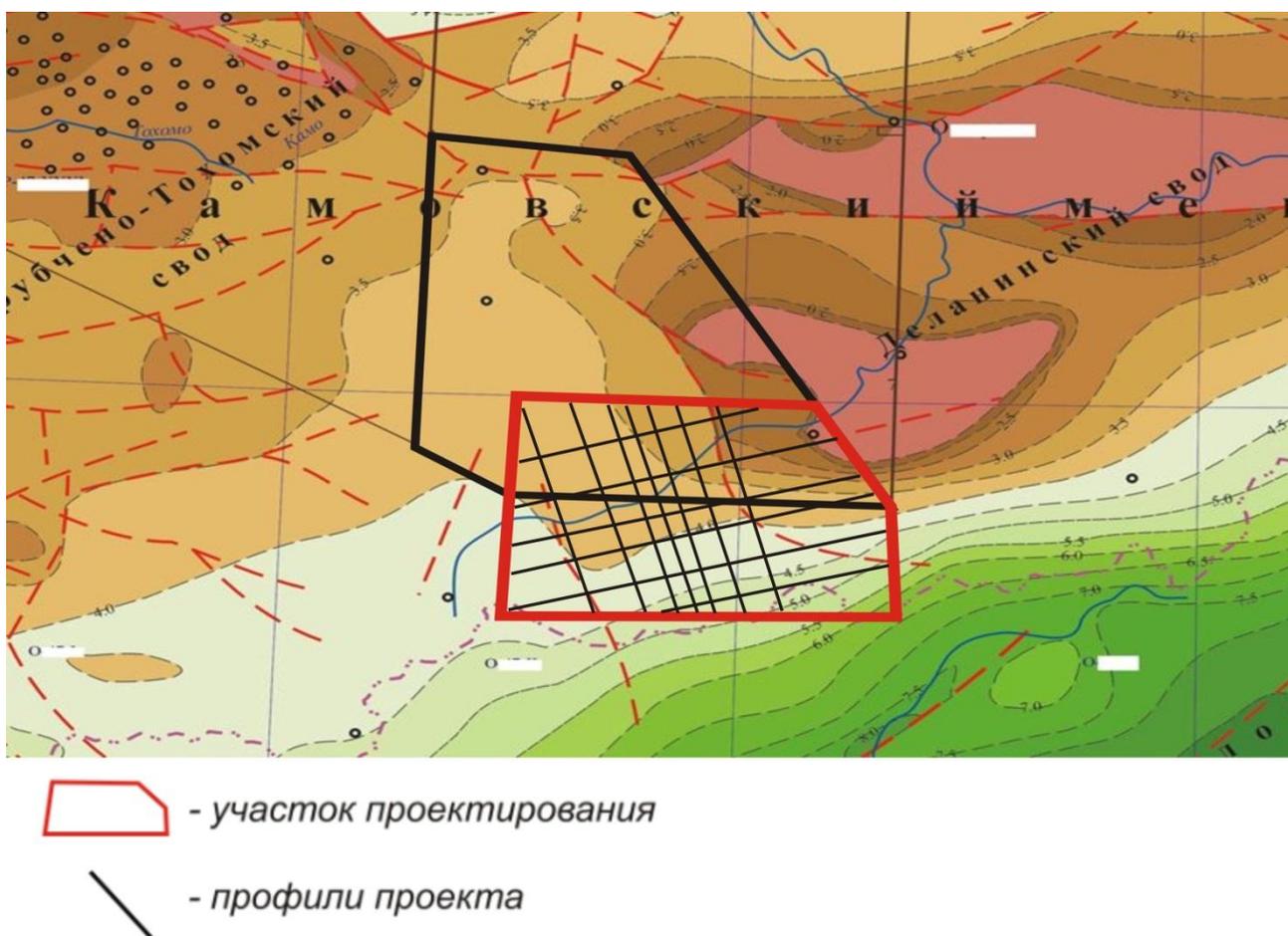


Рисунок 2.1.2 – Выбранный участок работ на структурной карте по горизонту R₄

2.2 Физико-геологическая модель объекта исследования и задачи геофизических исследований

Исследуемый разрез представлен чередованием галогенных и карбонатных пород и характеризуется пониженными значениями скоростей. Наиболее заметные и сильные отражения выделяются от кровли рифея, тэтэрской и усольской свит и от границ залегания долеритов.

По результатам данных ранее проведенных работ МОГТ-2D и ВСП были установлены следующие ОГ:

- H_3 – кровля ангарской свиты;
- K_1 – подошва булайской свиты (кровля бельской свиты);
- U_0 – кровля усольской свиты;
- A – кровля осинского горизонта;
- T_r – траппы; B – кровля тэтэрской свиты;
- M_2 – кровля оскобинской свиты;
- R_0 – подошва ванаварской свиты (кровля вендских отложений);
- R_1 – кровля токурской толщи;
- R_2 – кровля рассолкинского горизонта;
- R_3 – кровля копчерского горизонта;
- R_4 – кровля вэдрешевской толщи;
- Φ – поверхность кристаллического фундамента.

Так как исследования ВСП проводились только до глубины вендских отложений – отражающего горизонта R_0 , данных по отложениям рифейского комплекса не имеется.

Для построения физико-геологической модели изучаемой площади были использованы результаты, ранее полученные методом ВСП на скважине К-223 Куюмбинской площади (Рис. 1.4). По этим данным была составлена таблица 3, содержащая сведения о глубинах пластов, скорости волн в них, времени пробега волны до отражающих горизонтов.

Для дополнения физико-геологической модели были вычислены значения плотностей пластов по формуле Н. Н. Пузырева:

$$\sigma = \frac{11 + V_{пл} \text{ (км)}}{6} .$$

Далее по формуле $\gamma = V_p \cdot \sigma$ было рассчитано волновое сопротивление или акустический импеданс для каждой границы. Граница раздела будет отражающей, если выполняется условие: $\gamma_i \neq \gamma_{i+1}$, поэтому данный расчет необходим для выявления наиболее резких изменений упругих параметров.

Способность границы отражать определяется коэффициентом отражения, который определяется как отношение отраженной амплитуды волны на падающую амплитуду волны:

$$A_i = \frac{a_{\text{отр}}}{a_{\text{пад}}} = \frac{\gamma_{i+1} - \gamma_i}{\gamma_{i+1} + \gamma_i}$$

Также были рассчитаны коэффициенты двойного прохождения K_i :

$$K_i = 1 - A_i^2$$

В таблице 1 указаны рассчитанные коэффициенты отражения и двойного прохождения границ.

Таблица 1

Результаты коэффициентов отражения и прохождения границ

№ границы	Коэффициент отражения A_i	Коэффициент двойного прохождения K_i	Индекс отр.гориз
0	1,000	0,000	H ₃
1	0,016	1,000	K ₁
2	-0,016	1,000	У ₀
3	-0,096	0,991	A
4	0,000	1,000	Б
5	0,053	0,997	R ₀

Для дополнения информации в физико-геологической модели, были рассчитаны:

– время пробега волны по каждому пласту Δt , равное отношению мощности пласта ко скорости пробега самой волны;

– время пробега волны до подошвы каждого пласта t , которое находится как $t = \Delta t_i + \Delta t_{i+1}$;

– двойное время пробега волны – от поверхности до подошвы каждого пласта и обратно $t_0 = 2\Delta t$.

Также для дополнения таблицы была рассчитана средняя скорость волны до подошвы каждого пласта (таблица 3).

Целевым горизонтом является R_0 и нижележащие горизонты рифейских отложений, ввиду наиболее близкого расположения к рифейскому комплексу, что является объяснением того, что горизонт R_0 – наиболее вероятный интервал, содержащий залежь углеводородов.

Максимальным коэффициентом отражения характеризуется горизонт H_3 ($A = 1$), поэтому кратные волны, отразившиеся от данной границы, будут, вероятно, представлять наибольшую помеху для целевой волны нижележащего горизонта R_0 .

Таким образом, составлена таблица 2, отражающая сейсмические параметры среды, которую можно принять за основную физико-геологическую модель разреза. Также произведена привязка отражающих горизонтов к отметкам глубин.

Исходя из построенной физико-геологической модели, можно сформулировать следующие задачи исследования:

- 1) проследить отражающие горизонты рифея;
- 2) уточнить границы купола первого порядка рифейского структурного этажа;
- 3) провести анализа наличия структур более мелкого порядка рифейского возраста;
- 4) провести уточнение и увязку стратиграфического разреза;
- 5) выявить разрывные нарушения.

Таблица 2

Параметры ФГМ среды

Пласт №	Глубина подошвы, м	Мощность, м	Горизонт, глубина в м	$V_{пл}$, км/с	σ , г/см ³	$t_{пр}$, мс	γ	Δt , с	t , с	t_0	$V_{пл}$, м/с	$V_{ср}$
1	550	170		3.85	2.475	376	9528.75	0.044155844	0.04415584	0.08831	3850	3850
2	610	60	H ₃ , 610	5	2.667	395	13335	0.012	0.05615584	0.024	5000	4095.7447
3	750	140		6	2.833	435	16998	0.023333333	0.03533333	0.04667	6000	4654.7217
4	880	130		4.6	2.6	500	11960	0.02826087	0.0515942	0.05652	4600	4640.3692
5	930	50	K ₁ , 930	5.9	2.817	510	16620.3	0.008474576	0.03673545	0.01695	5900	4732.2158
6	1275	345		6.2	2.867	560	17775.4	0.055645161	0.06411974	0.11129	6200	5207.4307
7	1505	230		4.8	2.633	713	12638.4	0.047916667	0.10356183	0.09583	4800	5118.6049
8	1815	310	У ₀ , 1815	6	2.833	815	16998	0.051666667	0.09958333	0.10333	6000	5286.364
9	1920	110		4.9	2.65	865	12985	0.02244898	0.07411565	0.0449	4900	5256.8526
10	2000	75		5.8	2.8	882	16240	0.012931034	0.03538001	0.02586	5800	5279.7427
11	2120	120	A, 2120	4.95	2.658	932	13157.1	0.024242424	0.03717346	0.04848	4950	5255.5979
12	2205	85		6.5	2.917	963	18960.5	0.013076923	0.03731935	0.02615	6500	5302.882
13	2265	60	Б, 2265	4.95	2.658	985	13157.1	0.012121212	0.02519814	0.02424	4950	5290.8762
14	2315	50		7	3	-	21000	0.007142857	0.01926407	0.01429	7000	5324.4686
15	2465	150	R ₀ , 2465	5.5	2.75	1053	15125	0.027272727	0.03441558	0.05455	5500	5336.7219
16	2615	800*		7	3	-	21000	0.114285714	0.14155844	0.22857	7000	5713.1542

* - толщина последнего пласта не определена, но для расчетов данные должны быть конечными, в примере взято 800 м.

2.3 Выбор и обоснование метода

Основной метод, позволяющий решить задачи выявления нефтяных залежей в сейсмогеологических условиях различной сложности – сейсморазведка методом глубинной точки. МОГТ основан на многократной регистрации и дальнейшем накапливании сигналов сейсмических волн, отражённых под разными углами от одного и того же локального участка сейсмической границы в земной коре.

Способ общей глубинной точки применяется при поиске и разведке месторождений нефти и газа. Его практическое применение повсеместно увеличило глубину исследований, точность картирования сейсмических границ и качество подготовки структур к глубокому бурению. Также позволило некоторым нефтегазоносным провинциям перейти к подготовке к бурению неантиклинальных ловушек, решать в благоприятных условиях задачи локального прогноза вещественного состава отложений и прогнозировать их нефтегазоносность. Способ общей глубинной точки используют также при решении задач инженерной геологии и изучении угольных и рудных месторождений.

Перспективы дальнейшего совершенствования МОГТ связаны с разработкой приёмов наблюдений и обработки данных, обеспечивающих существенное увеличение его разрешающей способности, детальности и точности восстановления изображений трёхмерных сложных геологических объектов; с разработкой способов геолого-геофизической интерпретации динамических разрезов на структурно-формационной основе в комплексе с другими методами полевой разведочной геофизики и скважинных исследований.

При анализе результатов полевых сейсморазведочных работ прошлых лет, рекомендуется проведение сейсморазведочных работ МОГТ-2D на выбранной площади.

Причиной и задачей, обосновывающих выбор этого участка, являются уточнение границы купола первого порядка и проведение анализа наличия структур более мелкого порядка, возможно, усложняющих крыло антиклинального поднятия.

Также, исходя из того, что по результатам ранее выполненных геологоразведочных работ вопросы стратиграфии рифея остались окончательно не решенными по причинам:

- отсутствия полного разреза рифейских отложений, вскрытого в едином пересечении;
- наличия в разрезе рифея толщ, сложенных близкими по литологическому составу и структуре породами;
- неоднозначности решения вопроса о возможности фациальных замещений в отложениях рифея;
- наличия в рифейском структурном этаже разрывных нарушений, необходимо провести уточнение и увязку стратиграфического разреза по подробным (2D) сейсмическим разрезам путем прослеживания рифейских отражающих горизонтов, а также выявить разрывные нарушения.

Выбор системы наблюдений основывается на следующих факторах: решаемые задачи, особенности сейсмогеологических условий, технические возможности, экономическая выгода. Оптимальное сочетание этих факторов и определяет систему наблюдений.

Южная часть лицензионного участка ранее была исследована не полностью, поэтому, для поисково-разведочных целей, будет выбран метод общей глубинной точки в двухмерном варианте. Выбранный участок имеет несколько большую площадь, что также является обоснованием выбора метода. Кроме того, стоимость съемки в 2D, по сравнению с работами в 3D, в 1,5-2 раза обходится дешевле. Для увязки и продолжения изучения южной зоны будут использованы ранее использованные на ЛУ данные (Рис. 2.1.2).

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

3.1 Методика и техника полевых работ

3.1.1 Возбуждение сейсмических колебаний

Возбуждение сейсмических колебаний на Терско-Камовской площади в производственном режиме будет производиться взрывами из скважин глубиной 10 м с массой заряда 2,0 кг. В местах, где невозможно пробурить скважины глубиной 10 м (выходы долеритов на дневную поверхность, пльвуны) возбуждение упругих колебаний произведется из 2-х скважин глубиной по 5 м, разнесенных друг от друга на 3 м, с общим весом заряда 1,6 кг. Буровые работы будут осуществляться буровыми станками УРБ – 4Т.

Буровзрывные работы обеспечат условия возбуждения, выбранные в результате опытных работ. Датчик вертикального времени установят вертикально в утрамбованный снег на расстоянии 1-1,5 м от устья скважины.

3.1.2 Прием и регистрация сейсмических колебаний

Основные сведения о методике полевых сейсморазведочных работ приведены в таблице 3.

Таблица 3

Методика и технология полевых сейсморазведочных работ

№ п/п	Наименование показателя	Параметры
1	2	3
1.	Метод исследования	МОГТ-2Д
2.	Тип наблюдаемых волн	продольные волны, z-компонента
	Возбуждение сейсмических колебаний	
3.	Способ возбуждения колебаний	взрыв
4.	Масса заряда, кг	2,0
5.	Глубина погружения заряда, м	10
6.	Количество скважин в группе	2 скважины (в местах выхода долеритов на поверхность или пльвуны) глубиной 5 м, 3 м между скважинами, с общим весом заряда 1,6 кг
7.	Укупорка заряда	вода, шлам
8.	Расстояние между ПВ, м	50

	Прием сейсмических колебаний	
9.	Система наблюдений	центральная, симметричная
10.	Количество активных каналов	321
11.	Расстояние между ПП, м	25
12.	База приема, м	8000
13.	Выносы ПП, м	2000, на первом и последнем ПВ для достижения 50% полной проектной кратности
14.	База группирования геофонов	25
15.	Количество геофонов в группе	6
16.	Полная кратность наблюдений	80
17.	Допустимое снижение кратности	10%
18.	Минимальное удаление ПВ-ПП, м	0
19.	Максимальное удаление ПВ-ПП, м	4000
	Регистрация сейсмических колебаний	
20.	Тип сейсмостанции	Sercel 428 XL
21.	Длина записи, с	6
22.	Шаг дискретизации, мс	1
23.	Формат записи	SEG-D
24.	Фильтр НЧ	3/4 Найквиста, минимально-фазовый
25.	Фильтр ВЧ	открытый канал
26.	Режекторный фильтр	Выключен

Регистрация сейсмических колебаний будет производиться с использованием телеметрического комплекса SERCEL 428 XL № 1038329, прошедшего «Метрологическую проверку».

Отработка 220 км² сейсмических профилей планируется проводить методом ОГТ по системе 80-кратного прослеживания отражающих границ с применением 321-канальной расстановки сейсмоприёмников. Сейсмоприёмники будут установлены вертикально (отклонение не более 15°) в утрамбованный снег (в колею). Группы сейсмоприёмников – симметрично относительно пикета. Отклонение центра групп не должно превышать 0,5 м. Разница в высотах между крайними сейсмоприёмниками в группе не должна быть больше 2 м. Расположение соединительных проводов групп сейсмоприёмников должно быть на профиле без натяжки и не вешаться на кусты и деревья.

Район работ имеет высокую залесённость и заболоченность. Проходимость через болота возможна только в зимний период, после их глубокого промерзания. В связи с этим смотка и размотка кос осуществится вручную, с использованием вездеходной техники и автомобилей высокой проходимости.

Для компенсации пропусков и сохранения кратности при обработке профилей будет произведено сгущение пунктов взрыва.

Система наблюдения

Проектная система наблюдения должна соблюдаться на всех отработанных профилях. Согласно геолого-технического задания, концы профилей будут отрабатываться с выносами 2000 м для достижения 50% от проектной кратности. В случаях пропусков ПВ по природным причинам, необходимо произвести сгущение шага.

3.1.3 Полевой контроль качества сейсмических материалов

На протяжении всего полевого сезона контроль сейсморазведочных работ необходимо провести по следующим позициям:

- ежедневная проверка содержания сервисной информации рапортов операторов и результатов тестов сейсмостанции;
- ежедневная приемка сейсмограмм и оценка их качества;
- проверка установки групп сеймоприемников каждые 3-4 дня;
- контроль за бурением взрывных скважин и качеством укупорки каждые 3-4 дня.

3.1.4 Топогеодезические работы

Топографо-геодезические работы на Терско-Камовском (южном) ЛУ будут предусматриваться с целью выноса на местность проектного положения сейсмических профилей МОГТ-2D, обеспечения плановой и высотной привязки пунктов геофизических наблюдений, подготовки профилей и просек для передвижения транспортных средств и балково-санного хозяйства. Методика, точность работ и оформление материалов определяются в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ. Новосибирск, СНИИГГ и МС, 1997 г.
- Геодезическое обеспечение сейсморазведочных работ. Методические рекомендации. Новосибирск, СНИИГ и МС, 2000 г.
- Инструкция по сейсморазведке (проект). М. 2000 г.
- Инструкция о порядке осуществления государственного геодезического надзора в РФ (ГНИИТ-17-002—93 г.)
- Сборник нормативных документов по охране труда для геологических организаций «Недра», 1986, 304 с.

Условия производства топогеодезических работ

Для проектируемых теодолитных ходов в качестве исходных данных будут использоваться, в большем случае, пункты государственной опорной сети и

временные закрепленные точки сейсмических профилей прошлых лет, точность привязки которых соответствует нормативной.

Виды работ, методика и точность

Вынос в натуру проектного положения сейсмических профилей МОГТ 2D выполнится инструментальным способом от пунктов Государственной геодезической сети (ГГС), от закрепленных пунктов геодезической сети сгущения (ГСС). Профили будут вынесены в натуру в соответствии с проектной схемой. Погрешность при перенесении проектного положения сети профилей в натуру не должна превышать 0,8 мм в масштабе отчетной карты.

Топогеодезические работы включают в себя следующие виды работ:

- подготовительные работы;
- сгущение геодезического обоснования;
- вынос и закрепление на местности проектного положения профилей;
- подготовка профилей для передвижения транспортных средств;
- создание съемочного обоснования;
- разбивка пунктов геофизических наблюдений (ПГН);
- планово-высотная привязка пунктов геофизических наблюдений, расчет и своевременная передача на сейсмостанцию и в камеральную группу полевых материалов по плановой и высотной привязке профилей в Государственной системе координат (1942 г.) и в Балтийской системе высот (1977 г);
- камеральные топографо-геодезические работы.

Сгущение геодезического обоснования планируется выполнить электронными тахеометрами методом проложения теодолитных ходов от пунктов существующей Государственной геодезической сети и спутниковыми измерениями приемниками GPS геодезического класса Trimble 5700 статическим методом с использованием базовой станции. Пункты сгущения геодезического обоснования на местности закрепятся временными знаками. Пункты геодезического обоснования будут внесены в каталог координат и высот.

Вынос на местность проектного положения сейсмических профилей осуществится при помощи электронного тахеометра или спутниковой системы GPS от пунктов Государственной геодезической сети. Начальные направления будут заданы в соответствии с проектной схемой, утвержденной заказчиком. Начало, конец профилей, а также поворотные точки и точки пересечения с другими профилями необходимо закрепить временными знаками. Контроль

направления сейсмических профилей будет осуществляться при помощи электронных тахеометров Leica TC 805, разбивка пикетажа на профилях – с помощью электронных тахеометров Leica TC-805 с введением поправок за наклон местности.

Съемочное обоснование необходимо создать при помощи электронных тахеометров Leica TC 805 методом проложения теодолитных ходов вдоль оси профиля от пунктов существующей Государственной геодезической сети и пунктов сгущения геодезической сети. Горизонтальные углы в теодолитных ходах измерять одним полуприемом с замыканием на начальное направление.

Разбивка пунктов геофизических наблюдений (ПГН) будет выполнена при помощи электронного тахеометра Leica TC 805. Все пункты геофизических наблюдений закрепятся на местности вешками и кольями с надписью номера пикета. Вешки и колья установят по одной стороне профиля надписью вперед по ходу. Одновременно с разбивкой ПГН необходимо ввести абрис в пикетажном журнале со всеми элементами естественного и техногенного ландшафта по оси профиля.

Планово-высотная привязка ПГН рекомендуется выполнить методом тахеометрической съемки при помощи электронных тахеометров Leica TC 805 с точек теодолитных ходов, опирающихся на пункты Государственной геодезической сети и геодезического обоснования, проложенных вдоль оси профиля. Измерения до ПГН будут в прямом направлении, с учетом высоты инструмента и высоты вехи.

Обработка результатов полевых измерений будет выполнена на персональных компьютерах с использованием программ CREDO_DAT, «Pathfinder Office». По данным пикетажного журнала составятся абрисы профилей на картографической основе в программах «CorelDraw X3», «AutoCAD Map 3D», «MapInfo» с последующим экспортом его в формат JPEG.

Метрологическое обеспечение топографо-геодезических работ

При проведении топографо-геодезических работ используются следующие техника, приборы и оборудования:

- GPS – глобальная навигационная система, от режима Селективного Доступа (S/A) зависит точность условий окружающей среды, методики проведения измерений (TRIMBLE). Режим дифференцированной коррекции: 0,5 метра в плане, 1 метр по высоте;

- электронный тахеометр Leica TC-805 – точность измерения углов 5", расстояний 2 мм, 2 мм/км; среднеквадратическая погрешность измерения горизонтального угла 5", вертикального угла 5";

- персональные ЭВМ и программное обеспечение Noot Book (в полевых условиях);

- дополнительные устройства – принтеры, сканеры, GPS-76, GPS-60Сх системы GARMIN, точность измерения координат 30 м в плане.

Контроль проведения топогеодезических работ

Контроль проведения топогеодезических работ на местности: вынос профилей в натуру, правильность освещения ситуационного плана на абрисах, объективность участков пропуска и сгущения ПВ, планируется проводить супервайзером и техническим руководителем партии.

Также необходим контроль наличия и содержания абрисов с нанесёнными элементами орогидрографии и схемами объездов. На основании информации, содержащейся в этих абрисах, будет рассчитываться количество необходимых сгущений ПВ при вынужденных пропусках с целью недопущения потери кратности, анализироваться причины изменения характера получаемого полевого материала.

Контроль топографо-геодезических работ будет выполнен методом проложения теодолитных ходов, проходящих по опорным и промежуточным ПГН, с выходом на ближайшие пункты триангуляции, а также повторных спутниковых измерений.

3.2 Обработка и интерпретация геофизических данных

Извлечение полезной геологической информации, полученных из полевых сейсмических результатов записи, производится в процессе их обработки и интерпретации. При этом, получение конечной геолого-геофизической информации о разрезе основывается на решении обратной задачи сейсморазведки – определения сейсмогеологического строения изучаемой территории по наблюдаемому полю упругих волн.

3.2.1 Цифровая обработка

Стандартная обработка

Обработка сейсмических данных будет проводиться с целью получения временных разрезов и сейсмограмм для дальнейшей структурной и динамической интерпретации.

Основной задачей при обработке является обеспечение на сейсмическом разрезе оптимальности:

- а) соотношения сигнал/помеха;
- б) вертикальной и латеральной разрешенности сейсмозаписи;
- в) динамической выразительности волнового поля;
- г) оценок скоростных параметров среды.

Результат обработки должен обеспечить эффективное решение следующих структурных и неструктурных геологических задач: морфологию горизонтов; выявление тектонических нарушений; выполнение сеймостратиграфического анализа с выходом на прогноз условий осадконакопления, литологического состава и оценку коллекторских свойств отложений.

Подход к цифровой обработке сейсмических данных основывается на опыте специалистов обработки аналогичных материалов в данном регионе. Обработка будет выполняться в самой современной версии обрабатывающей системы ProMAX.

Будет использоваться единый граф с минимальным варьированием параметров на уровне обработки сигнала, чтобы не вызвать его искажений и создать большой коэффициент доверия к данным при их интерпретации.

Граф обработки включает в себя множество математических операций, которые направлены на решение следующих задач:

- обеспечения надежности получаемых результатов;
- создания высокотехнологичного потока обработки с целью оптимизации выполняемых этапов и соблюдения жестких временных рамок на обработку;
- получения максимально динамически выраженной сигнальной части записи волнового поля за счёт расширения частотного спектра в сторону высоких частот в пределах, обусловленных частотными характеристиками источников возбуждения;
- оптимизации процесса суммирования за счёт всех видов поправок, извлечённых из самой записи.

На начальном этапе весь объем материалов из формата SEG-Y введут в обрабатывающую систему ProMAX, и сформируют наборы сейсмограмм. По всем профилям планируется описание геометрии и присвоение координат. Далее будет проведена проверка правильности описанной геометрии по собственной

технологии, основанной на анализе характерных особенностей ВЧР и характерных каналах ПП.

Не исключено, что исходные сейсмограммы будут отягощены разного рода помехами. При этом, на первом этапе выполнится анализ характеристик волн-помех для оценки параметров процедур редакции.

На этапе препроцессинга приходится решать две противоположных по сути задачи – в максимальной степени стандартизовать граф обработки и достичь сходства результативных материалов при существенных различиях в исходных данных.

В одних случаях наилучшие результаты дает применение процедуры «Surface Wave Noise Attenuation», работающей с трассами в F-K-области, в других – некоторое ограничение полосы пропускания прямых фильтров и (или) включение в них узких режекторных фильтров, в третьих – сочетание этих процедур.

Повсеместно используется процедура «Spike & Noise Burst Edit» для редакции отскоков и просечек, а при наличии звуковых волн в граф обработки включается процедура их ослабления - «Air Blast Attenuation».

Для получения динамически выраженного волнового поля выполнится расширение частотного спектра записи в сторону высоких частот с помощью модуля системы ProMAX «Time-Variant Spectral Whitening», который позволит проводить переменное во времени «отбеливание» спектра путем применения различного усиления к различным участкам частотного диапазона. Использование именно этой процедуры позволит получить более широкий спектр и динамически выраженную запись.

Дополнительно на первом этапе обработки для повышения разрешенности записи и увеличения достоверности предварительной интерпретации после процедуры «Time-Variant Spectral Whitening» применится фазовая деконволюция. Фазовая деконволюция рассчитывает чисто фазовый оператор (все пропускающий). Его использование имеет целью привести сейсмический импульс к нуль-фазовой форме.

В качестве финального варианта для динамической обработки, планируется использовать поверхностно-согласованную предсказывающую деконволюцию в двух окнах с едиными для всех сейсмических материалов, входящих в интерпретационных проект, параметрами.

Применение этих процедур позволит существенно расширить частотный спектр записи, тем самым, сжать сейсмический импульс, повысив временную разрешённость записи и достигнув подобия волновых полей на разных профилях.

Пример характерной полевой сейсмограммы на одном из профилей в исходном виде и после применения АРУ приведен на Рис. 3.2.1. соответствующие им спектральные характеристики приведены на Рис. 3.2.2.

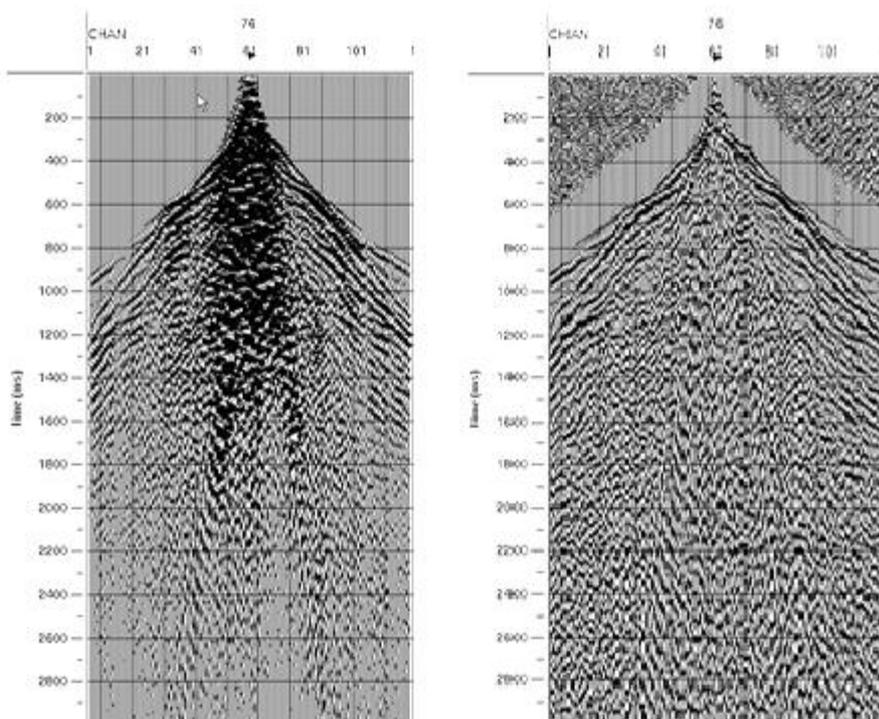


Рисунок 3.2.1 –Пример сейсмограммы после автоматической регулировки усиления в скользящем окне 500 мс

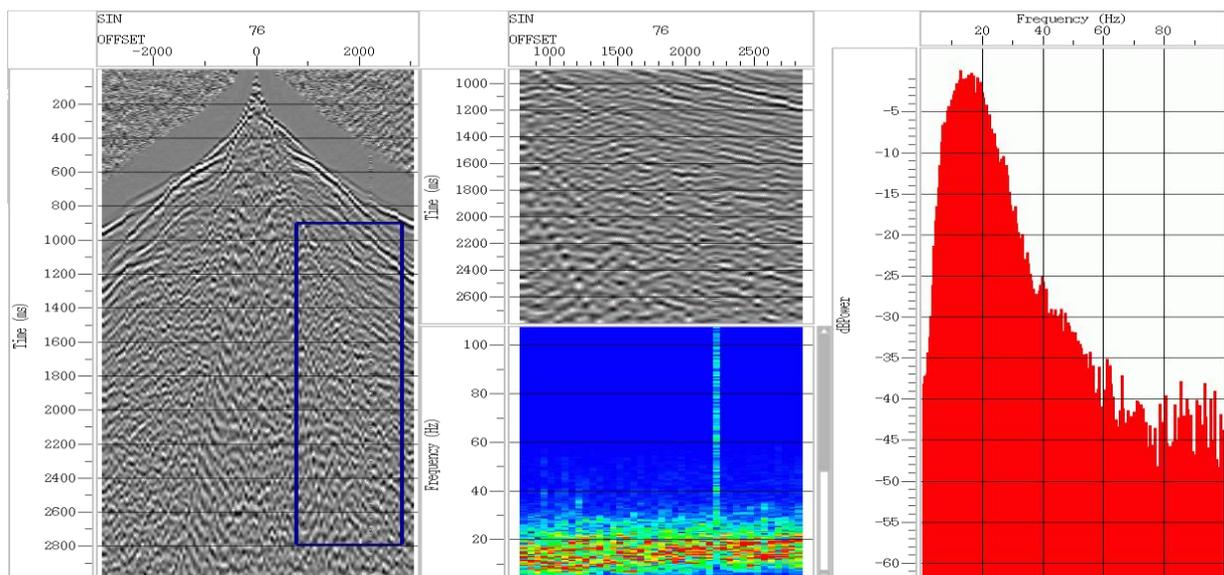


Рисунок 3.2.2 – Частотный спектр полевой сейсмограммы в окне целевых горизонтов

Дополнительная обработка

Амплитуды сейсмических колебаний подвергают различным изменениям в зависимости от требований к конечным результатам обработки и от содержания отдельных ее этапов. По характеру этих одноканальных преобразований различают процедуры регулировки, нормировки и коррекции амплитуд.

В результате обработки необходимо получить временные разрезы и сейсмограммы для дальнейшей динамической интерпретации. Основной задачей динамической обработки является как можно более полное сохранение на сейсмическом разрезе истинных амплитуд.

Для изучения динамических особенностей сейсмических данных проводят дополнительную обработку сейсмических данных отчетных 2D профилей. Используется граф обработки, включающий в себя следующие процедуры:

- подавление различного рода волн-помех;
- компенсацию затухания амплитуд в связи с геометрическим расхождением и неупругими эффектами (здесь и далее в скобках название модуля в системе ProMAX – True Amplitude Recovery);
- оценку и выравнивание различий амплитуд, обусловленных поверхностными условиями (Surface Consistent Amplitudes);
- поверхностно-согласованную деконволюцию (Gated SC Decon);
- переменное по времени отбеливание спектра (TV Spectral Whitening);
- оценку амплитуд сейсмических трасс и редакцию в автоматическом режиме (Trace Statistics и модуль собственной разработки);
- выравнивание исходных сейсмограмм по энергетическому уровню (Ensemble Balance, Trace Equalization);
- временную миграцию сейсмических полей по сейсмограммам до суммирования (без автоматической регулировки усиления), основанную на алгоритме продолжения поля с сохранением истинных амплитуд. Алгоритм программно реализован и интегрирован в обрабатывающую систему ProMAX в ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», опробован на сейсмических материалах ряда площадей.

Нормировка амплитуд в сейсмической трассе приводит к заданному среднему уровню колебаний без изменения их относительной интенсивности. Другими словами, эту процедуру можно описать как изменение масштаба отсчетов амплитуд с целью подравнивания среднего уровня колебаний на сейсмических записях. Амплитуду колебаний к заданному уровню приводят как

совместно для всех трасс, так и по-отдельности для каждой трассы, составляющих сейсмограмму или сейсмический разрез. Обычно нормировку проводят перед тем, как вывести трассы на экран дисплея или на плоттер, чтобы обеспечить оптимальную визуализацию волновой картины с сохранением относительных амплитуд.

Регулировка амплитуд – это эмпирическая компенсация затухания колебаний на сейсмической трассе без учета факторов ослабления амплитуд. Цель регулировки – сжатие динамического диапазона колебаний и приведение сейсмической трассы к стационарному виду, когда средний уровень ее интенсивности не изменяется во времени. Такое преобразование часто проводится перед процедурами частотной фильтрации, коррекции статических поправок, а также при визуализации сейсмических трасс с большим динамическим диапазоном записи. На практике применяются два вида регулировки амплитуд – автоматическая и программная.

Автоматическая регулировка амплитуд, иначе называемая автоматической регулировкой усиления (АРУ) – нелинейная фильтрация, т.к. характеристика преобразователя управляется самим фильтруемым сигналом: чем сильнее колебание на входе, тем меньше для него коэффициент усиления. В результате интенсивность колебаний на выходе процедуры поддерживается на постоянном уровне при больших вариациях амплитуд на ее входе.

Программная регулировка амплитуд, чаще называемая программной регулировкой усиления (ПРУ), изменяет интенсивность колебаний согласно априорно заданной функции делителя $p(t)$.

Эту регулировку выполняют с той же целью, что АРУ, но в отличие от нее ПРУ является линейным преобразованием. Функция $p(t)$ отображает общий характер затухания сейсмических колебаний.

Наиболее важное место в комплексе обработки сейсмических данных занимают процедуры улучшения отношения амплитуд полезных сигналов к амплитудам помех, которые основаны на использовании различия между частотными и скоростными характеристиками полезных сигналов и волн – помех. Совокупность этих процедур различной природы иначе называется фильтрацией сейсмических сигналов. Обычно бывает так, что волны-помехи и полезные сейсмические волны резко отличаются друг от друга частотными спектрами и диапазонами изменения кажущихся скоростей.

Чтобы сконструировать наиболее оптимальный фильтр, необходимо предварительно сформулировать условия и критерии, которым он должен удовлетворять. Условия и критерии выбирают на основе конечной цели фильтрации. Эти критерии должны позволять однозначно определять оператор фильтра или его частотную характеристику. Фильтр, полученный при соблюдении этих условий, называют **оптимальным** с точки зрения выбранного критерия.

Для компенсации затухания амплитуд применяется процедура True Amplitude Recovery в режиме ввода кривой усиления, пропорциональной заданной степени времени отсчета на трассе.

Амплитуда каждой трассы – это результат влияния таких факторов, как: мощность источника возбуждения сигнала, отклик сейсмического приемника, удаление трассы от пункта возбуждения, отражающие свойства границ и так далее. Разделить эти факторы в пределах одной трассы практически невозможно, однако, это можно сделать, используя статистический анализ по многим трассам. Для такого анализа и ввода соответствующих амплитудных множителей в трассы используется модуль Surface Consistent Amplitudes. Модуль оценивает и выравнивает относительный вклад в амплитуды от пункта возбуждения, пункта приема, удаления, ОГТ и канала на основе согласованности их размещения на поверхности.

Для повышения разрешенности записи и увеличения достоверности интерпретации, после процедуры, дополнительно применяется предсказывающая минимально-фазовая деконволюция. Применение минимально-фазовой деконволюции на сейсмических профилях со взрывным типом источника возбуждения призвано привести форму сигнала к нуль фазовому, а использование предсказывающего оператора деконволюции позволит подавить влияние кратных волн. Согласно представлению о формировании амплитуды трасс в зависимости от поверхностных условий, будет использована поверхностно-согласованная деконволюция Surface Consistent Decon.

Для получения динамически выраженного волнового поля выполнится расширение частотного спектра записи в сторону высоких частот использованием в графе обработки модуля системы ProMAX «Time-Variant Spectral Whitening».

На Рис. 3.2.3 показан результат применения поверхностно-согласованных множителей и деконволюции.

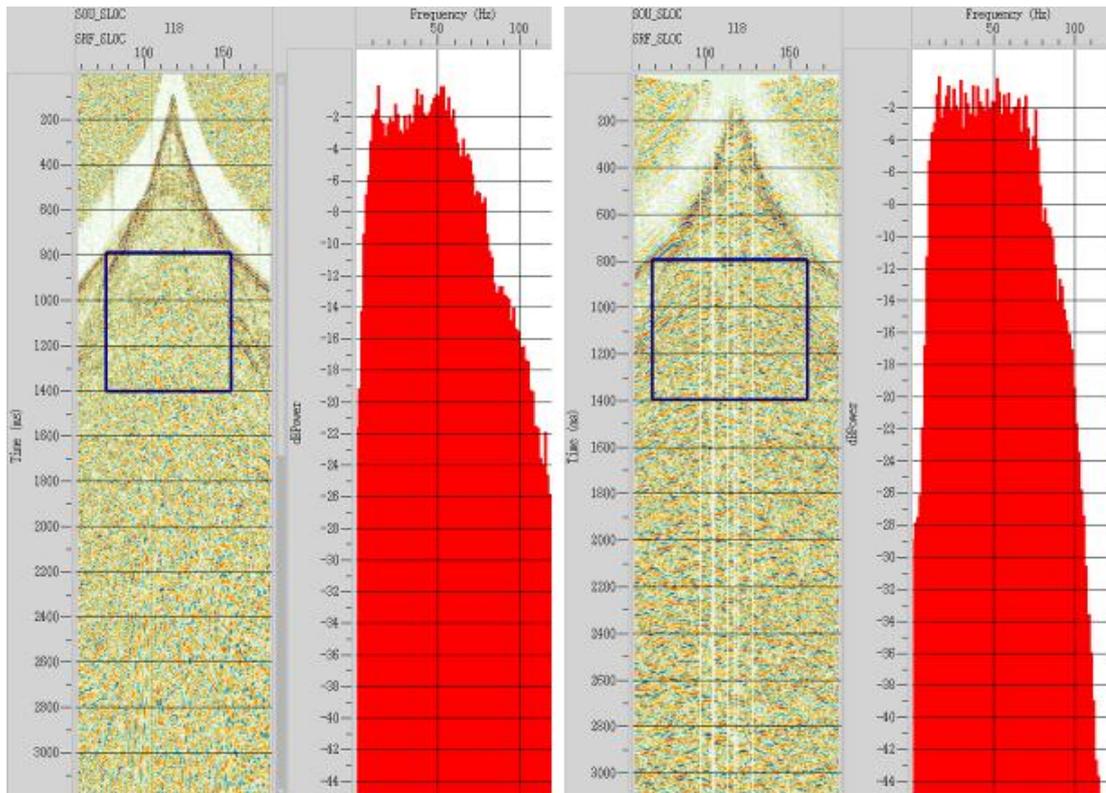


Рисунок 3.2.3 – Исходная сейсмограмма и сейсмограмма после деконволюции и спектрального отбеливания на примере одного из профилей

После процедуры деконволюции дополнительно необходимо применить процедуры автоматической редакции, основанные на анализе амплитуд трасс в целевом окне, и последующей отбраковки. Для этого в целевом окне нужно оценить такие параметры, как средняя энергия трасс (TRCAMP), отношение максимальной амплитуды к средней (SPIKE), изменение амплитуды Дб/сек (ADECAY). Далее идет процесс оценивания и отбраковывания части трасс по тому или иному признаку.

Для дополнительной компенсации динамической неоднородности применяется модуль Ensemble Balance, который позволяет избавиться от амплитудных вариаций между «ансамблями» общей точки взрыва, а также модуль Trace Equalization, который позволяет избавиться от амплитудной неоднородности в «ансамблях» равных удалений.

Миграция – это построение волнового изображения геологической среды с учетом сейсмического сноса. Она выполняется по многоканальным сейсмограммам, временным разрезам и сейсмическим кубам.

В результате обработки при работах по методу отраженных волн – МОВ, в настоящее время получают временные разрезы, являющиеся основой для геологического анализа. В наиболее частых геологических условиях: при углах

наклона границ меньше $30 - 50^\circ$, выдержанности скоростных характеристик по латерали, отсутствии дифрагирующих объектов и других, волновая картина на временных разрезах отражает истинную картину строения геологической среды во временном масштабе.

Алгоритм миграции является собственной разработкой ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть» и основан на продолжении волновых полей при помощи интегрального оператора. Он обеспечивает сохранение истинных амплитуд, что позволяет проводить дальнейший анализ динамических параметров сейсмических данных. В алгоритме заложена возможность восполнения потерянных трасс, изменения апертуры миграции согласно времени, на которое осуществляется продолжения поля, а также учитывается растяжение импульса.

По результатам миграции до суммирования получают разрезы ОГТ с истинным соотношением распределения амплитуд. Для дальнейшей интерпретации динамических особенностей сейсмической записи кроме самих мигрированных разрезов используются их трансформанты (Гильберт-преобразования).

Расчет AVO – атрибутов производится по мигрированным временным разрезам и дополнительно включает следующие процедуры:

- создание набора данных для каждой точки CDP, в зависимости от углов падения (AVO Analysis Gathers),
- построение по данным, полученным в результате работы предыдущей процедуры, разрезов атрибутов AVO (AVO Attribute Stacks).

Наборы для AVO анализа формируются в диапазоне $0-60^\circ$ с шагом 3° толерантность выбора трассы -3° .

По результатам AVO анализа получают разрезы атрибутов, часть из которых загружают для дальнейшей интерпретации в SeisWorks: AVO Intercept, AVO Gradient, (AVO Intercept) x (AVO Gradient).

Акустический импеданс рассчитывают по мигрированным временным разрезам, полученным с сохранением истинного соотношения амплитуд. Расчет произведен в пакете PostStackPal.

В качестве низкочастотной составляющей при проведении акустической инверсии используют глубинно-скоростную модель, построенную в DepthTeam Express. Входными данными для модели являются временные поверхности, построенные по корреляции основных отражающих горизонтов (K_1 , K_2 , U_0 , B , R_0), а также данные время-глубина, полученные по результатам привязки.

Динамическая интерпретация

Задачей этого этапа интерпретации является прогнозирование вещественного состава и свойств горных пород, слагающих геологический разрез, а также решение других геологических задач. Литологическую информацию из результатов сейсморазведки можно извлечь, изучая скорости распространения упругих волн по вертикали и латерали.

3.2.2 Структурные построения и оценка точности

Сейсмическая стратиграфия – метод геологической интерпретации сейсмической волновой картины, основанный на воссоздании по ее структурно-динамическим особенностям тектонической истории и условий образования осадочных отложений с целью прогнозирования их фациально-литологического состава и поисковых перспектив.

В основу сейсмостратиграфического анализа положены проверенные на практике представления о том, как структурно-литологическое строение осадочной толщи отображается в геометрии отражающих горизонтов, характере их прослеживаемости и рисунке сейсмических колебаний. Такой анализ требует от интерпретатора глубоких знаний тектонических, стратиграфических, литодинамических и фациальных аспектов геологии осадочных пород, а также реальных оценок геологической значимости и разрешающей способности сейсмических изображений.

Основным материалом для сейсмостратиграфической интерпретации служат мигрированные сейсмические кубы или совокупность глубинных разрезов по исследуемой территории, что обусловлено трехмерным характером изучаемых геологических объектов. На этапе рекогносцировочных исследований сейсмостратиграфический анализ может выполняться по отдельным региональным профилям.

Сейсмостратиграфическая модель геологического разреза строится последовательно из двух основных типов элементов – сейсмических комплексов и сейсмических фаций.

Скоростную модель строят по данным АК и ВСП всех входящих в единый массив Т-й и Ю-й площадей скважин с предварительной редакцией данных акустики. Таким образом, обеспечивается увязка временной и глубинной шкал, а также – соответствие сейсмических и геологических реперов. Калиброванные и увязанные вертикальные годографы скважин пересчитываются в объемную скоростную модель утилитой TDQ.

Предварительные структурные построения горизонтов выполняются в программном комплексе OpenWorks (SeisWorks). Окончательные карты строятся на ПК с использованием программы GRIDMASTER, усовершенствованной коллективом авторов из Новосибирска в модификации программы SURFER.

Структурные карты горизонтов K_1 , K_2 , R_0 , строятся способом интервального времени от горизонтов U_0 и B , получают вычитанием из указанных (опорных) структурных карт соответствующих карт изопахит (Рис. 3.2.4). Структурная карта отражающего горизонта R_4 строится методом интервального времени с постоянной скоростью 6000 м/с.

Оценка точности структурных построений приведена в таблице 5. Расчеты производятся по формуле:

$$\sigma_h^2 = 1/4(V_{cp}^2 * \sigma_t^2 + T_{cp}^2 * \sigma_v^2),$$

где V_{cp} – среднее по площади значение скорости;

T_{cp} – среднее по площади значение времени t_0 ;

σ_v – дисперсия погрешности скорости;

σ_t – дисперсия погрешности времени.

Дисперсия погрешности времени включает две компоненты: – погрешность измерения времени σ_{tn} (дисперсия невязок времен на пересечениях профилей), и погрешность корреляции ($\sigma_{tk}^2 = 1/2(K * \Theta)^2$, оцениваемую через Θ – средний период коррелируемой волны и параметр K , характеризующем сложность корреляции). Для венд-кембрийских горизонтов эти значения принимаются равными $\Theta = 20$ мс, $K = 0$, для горизонта R_0 - $\Theta = 20$ мс, $K = 1$ и горизонта R_4 - $\Theta = 30$ мс, $K = 1$

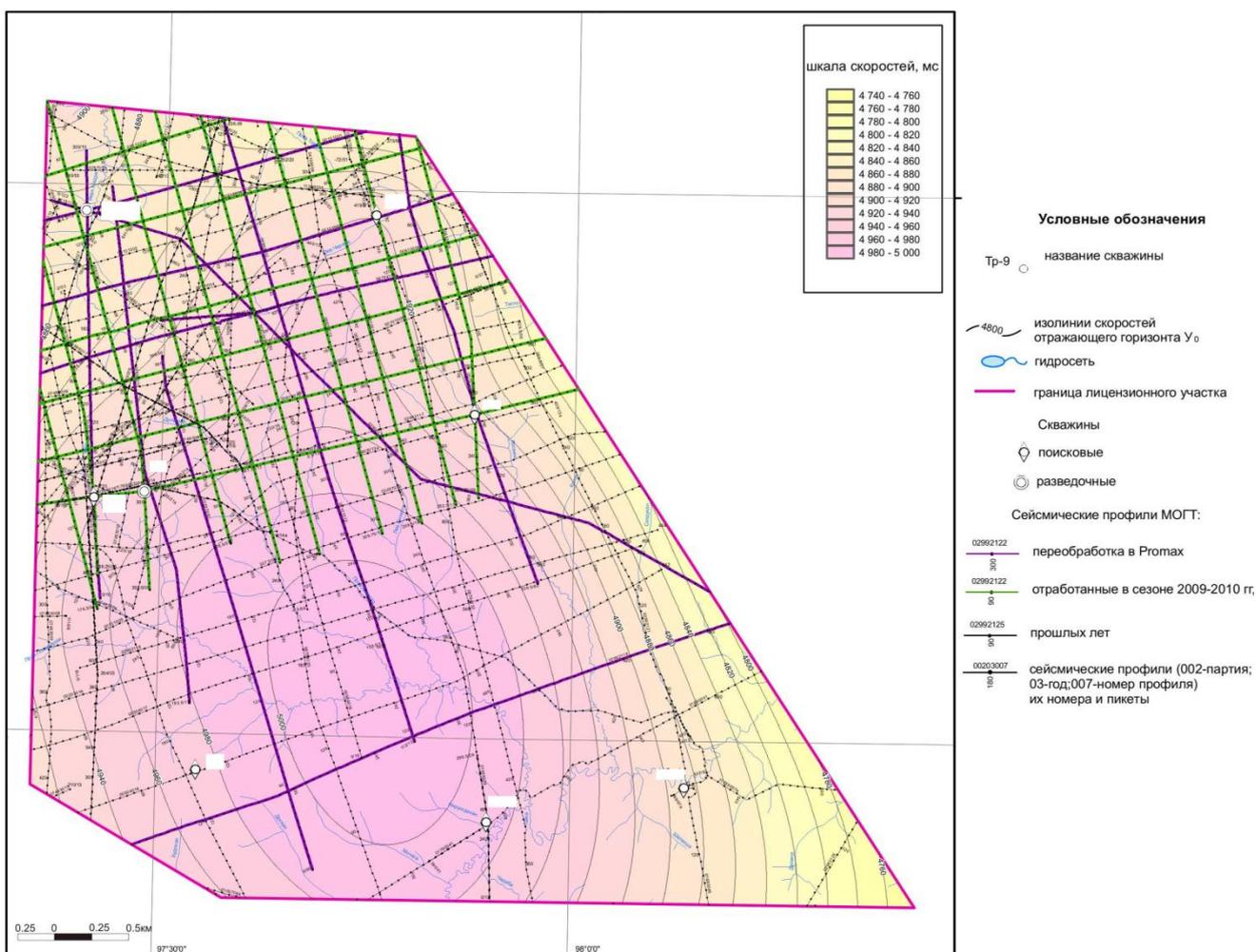


Рисунок 3.2.4 – Карта средних скоростей до отражающего горизонта Y_0

Оценки точности структурных построений характеризуют внутреннюю сходимость результатов. Ретроспективная оценка погрешности (основанная на данных бурения) не проводится ввиду небольшого количества скважин на исследуемой площади и привлечения всех данных каротажа к построению скоростной модели.

Таблица 4

Оценка точности структурных построений

Горизонты	σ_v м/с ±	σ_{tk} с ±	σ_{tn} с ±	$\sigma_t^2 = \sigma_{tn}^2 + \sigma_{tk}^2$	σ_h м ±
1	4	5	6	7	8
Y_0	50	0	0,005	0,000025	26
Б	50	0	0,005	0,000025	34
R_0	50	0,014	0,008	0,000260	41
R_4	70	0,021	0,025	0,001066	108

Необходимо отметить, что расхождение значений глубин до отражающих горизонтов нижнего кембрия вышеописанным способом с их определениями по данным «куба» скоростей составляет ± 15 м.

Таким образом, в разделе 5 рассмотрена предварительная обработка и интерпретация геофизических данных. Обработка и интерпретация будет состоять из цифровой обработки, включающая в себя стандартную и дополнительную обработки, и структурного построения и оценки точности, что обеспечит решение поставленных в проекте геологических задач и позволит уточнить детали геологического строения участка, поиска и оценки перспектив нефтегазоносности УВ залежей на исследуемой площади.

4 СПЕЦИАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ – МЕТОД ФОКУСИРУЮЩИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Метод фокусирующих преобразований предназначен для выделения из полного волнового поля, поля рассеянных волн. На основе анализа поля энергии рассеянных волн происходит прогноз выявления трещиновато-кавернозных резервуаров.

Метод фокусирующих преобразований позволяет получать изображения локальных рассеивающих объектов в среде, выявлять зоны деструкции и повышенной трещиноватости на реальных сейсмических данных. Через математическое моделирование, возможно найти подходы к целостному и объективному объяснению сути аномалий рассеянной компоненты, формализовать поисковые признаки и выстроить единую систему достоверной интерпретации. Метод требует дальнейшего развития в рамках решения задач 2DF, 3DF для картирования локальных объектов геологической среды.

На Рис. 4.1 представлена технологическая последовательность действий при работе по инструкции и вся необходимая для этого входная информация.

Основной идеей фокусирующих преобразований является использование конфигураций со скользящими базами источников возбуждения и приемников, в связи с чем, формируется интерференционная система с заданной характеристикой, также преобразования позволяют фокусировать ее на изучение определенного типа волн и изображение локальных геологических объектов.

Фокусирующие преобразования используются для выявления на сейсмических разрезах участков повышенного уровня энергии дифрагированных (рассеянных) волн. Это обусловлено разуплотнением пород, связанным, в свою очередь, с увеличением их трещиноватости.

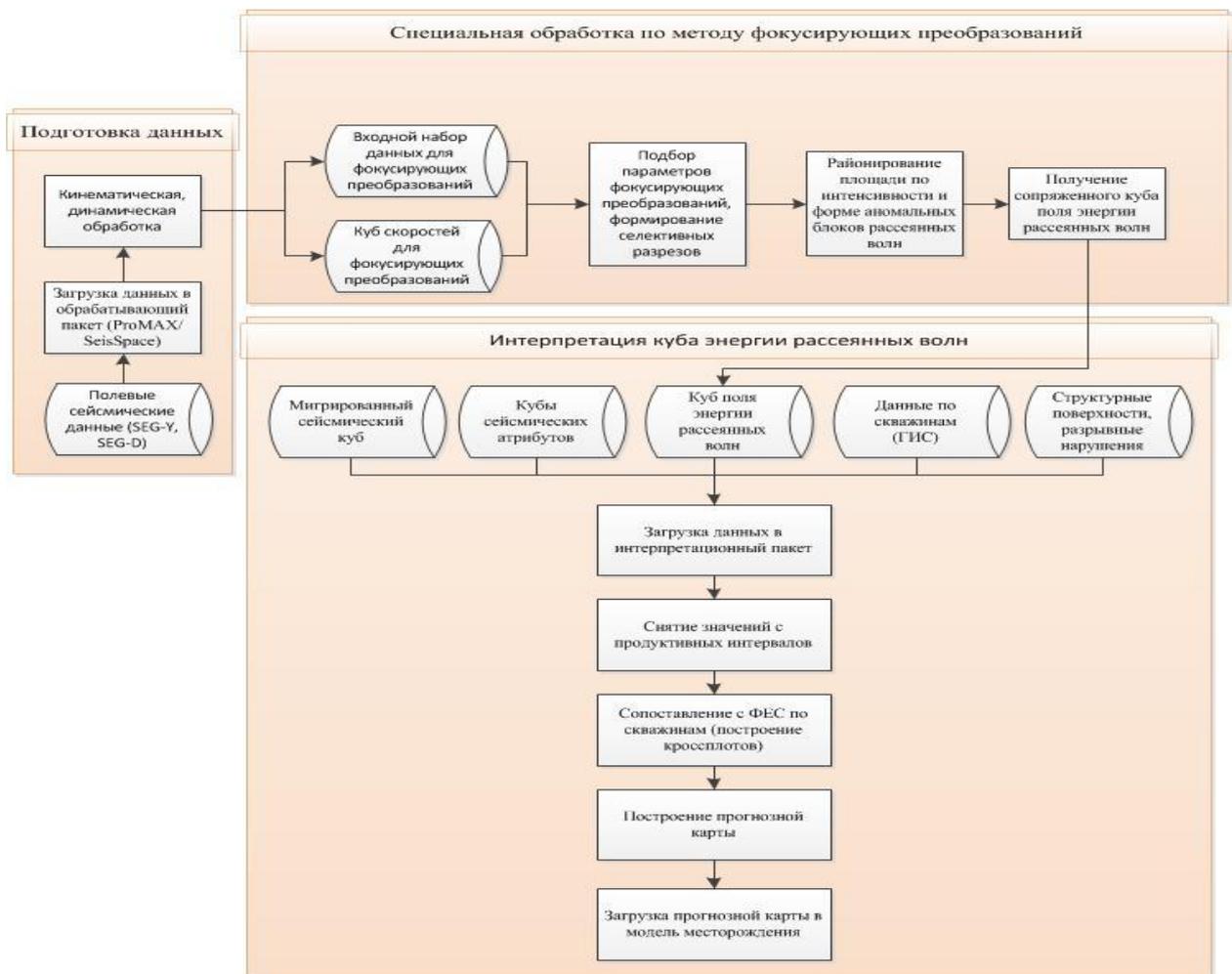


Рисунок 4.1 – Технологическая последовательность действий

4.1 Теоретические основы метода

Впервые подходы к использованию незеркальной (рассеянной) компоненты волнового поля для изучения зон повышенной трещиноватости путём применения объектно-ориентированных миграционных преобразований были предложены и опробованы в начале 90-х годов прошлого века (С.И. Шлёнкин, В.А. Поздняков) и получили известность как методы фокусирующих преобразований (далее F-преобразования). Ниже фокусирующая система будет называться как F-система; сейсмическим разрезом, полученный в результате фокусирующих преобразований, F-разрезом; технологию фокусирующих преобразований F-технологией и т.п.

Рассмотрим скользящую подсистему, состоящую из $J_{loc}(\vec{r}) \subset J$ приемников и $I_{loc}(\vec{r}) \subset I$ источников.

Введём в рассмотрение скользящую подсистему из $I_{loc}(\vec{r}) \subset I$ источников и $J_{loc}(\vec{r}) \subset J$ приемников. Для каждого её положения направленное суммирование осуществляется по соотношению:

$$M(\vec{r}) = \sum_{(i,j) \in I_{loc} \times J_{loc}} K_{ij}(\vec{r}) D_{ij}(\tau_i(\vec{r})) + \tau_j(\vec{r})$$

Для того чтобы подавить регулярные (зеркальные) отражения и оставить преимущественно дифрагированные/рассеянные волны, система должна быть выбрана определенным образом. Для этого необходимо рассмотреть изображение элементарного рассеивающего объекта, который помещен в однородной среде в некоторой точке \vec{R}_0 с некоторой скоростью распространения волн V . Изменение изображения вблизи заданной точки, в линейном приближении будет выглядеть как:

$$M(\vec{r}, \vec{n}) = \sum_{(i,j) \in I_{loc} \times J_{loc}} f \left[\frac{(\vec{e}_s^i + \vec{e}_g^j, \vec{R}_0 - \vec{r})}{V} \right],$$

где \vec{e}_s^i и \vec{e}_g^j являются направлениями на i -й источник и j -й приемник для данной точки;

$f(t)$ описывает форму импульса в источнике.

Исходя из того, что импульс в источнике локальный, видимый результат вносят только те слагаемые, которые соответствуют:

$$(\vec{e}_s^i + \vec{e}_g^j, \vec{R}_0 - \vec{r}) \approx 0.$$

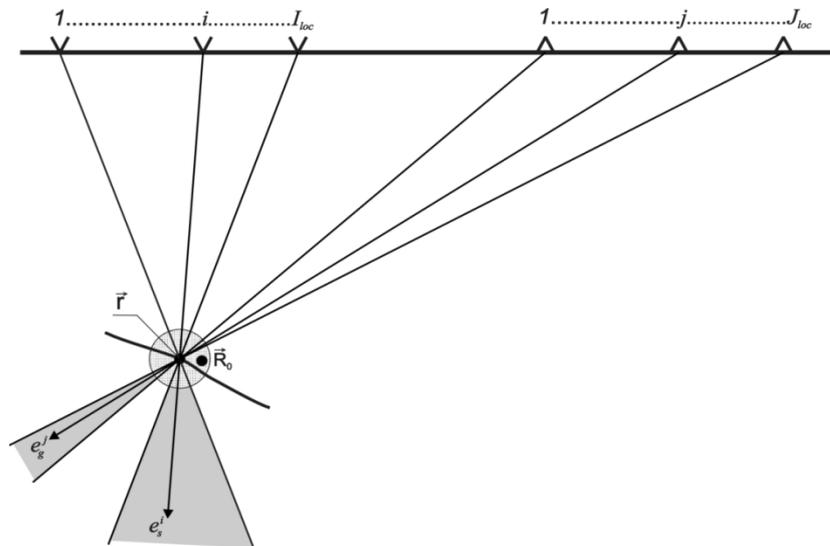


Рисунок 4.1.2 – Системы источников и приемников

Понятно, что, к результирующим слагаемым будут относиться не только точки

$|\vec{R}_0 - \vec{r}| \approx 0$, но и те точки, которые будут расположены вблизи ортогональной

вектору $\vec{n} = \vec{e}_s^i + \vec{e}_g^j$ элементарной площадки. Таким образом, максимальная интенсивность будет у отражающих площадок, которые ортогональны вектору рассеяния. В свою очередь, с помощью выбора интерференционной системы $I_{loc}(\vec{r}) \times J_{loc}(\vec{r})$, можно определить ориентацию вектора рассеяния. Преимущественное изображение отражающих границ с заранее заданным наклоном можно добиться путем изменения взаимного расположения источников и приемников относительно текущей точки. В то же время, рассеивающий объект может изображаться в виде комплекса «элементарных» отражающих площадок, которые заполняют некоторый конус, вершина которой совпадает с положением этого самого объекта. В акустической среде уединенный точечный рассеивающий объект дает начало однородной рассеянной сферической волне, т.е. может быть представлен как суперпозиция элементарных отражающих площадок, у которых нормали заполняют всю единичную сферу.

Следовательно, разделение отраженных и дифрагированных/рассеянных волн осуществимо на основе физического и геометрического различия в процессах их образования и распространения в пространстве.

Рассмотрим механизм описания сейсмогеологической модели среды перед тем, как перейдем к детальному анализу приемов, используемых для этого. Представим реальную геологическую среду как суперпозицию двух составляющих:

- гладкой скоростной модели, которая предписывает сейсмическим волнам время распространения, но также не вызывает их возвращение;
- изменяющейся составляющей, не вносящей возмущение во время пробега волны, но обуславливающей возвращение сейсмической энергии.

Для исследования интерес вызывает только вторая составляющая, которая включает:

- гладкие протяженные границы раздела, которые являются причиной возникновения интенсивных отраженных волн;
- сингулярные точки границ раздела, являющиеся причиной возникновения дифрагированных волн;
- уединенные объекты субсейсмического масштаба, зоны с высокими значениями трещиноватости и раздробленности, и др. объекты, порождающие рассеянные волны.

Сейсмическая энергия из внутренних точек среды возвращается на дневную поверхность благодаря этим трем типам объектов, по которым можно получить подробную информацию о ее внутреннем строении.

Исходя из вышеописанной модели, регулярные границы иначе можно называть линейно-упорядоченными наборами точечных объектов, способных рассеивать, а волновые поля, возбуждаемые источником колебаний, расположенным на свободной поверхности $z=0$ в точке x_s , распространяющиеся затем в среде и взаимодействующие с указанными ранее объектами, изображаются как суперпозиция волн, рассеянные точечными объектами. Каждая такая волна, в однородной вмещающей среде, которая порождена точечным объектом с координатами (x_d, z_d) и регистрируется в приемнике, расположенном на свободной поверхности в точке x_r , представляется в виде уравнения:

$$u(x_r; x_d, z_d; x_s; t) = E \cdot \frac{f\left(t - \frac{R_{sd}}{V} - \frac{R_{dr}}{V}\right)}{R_{sd} \cdot R_{dr}},$$

где:

E – характеризует интенсивность рассеянной волны в точке ее возникновения, определяемый значением величины изменения скорости распространения волны, отнесенного к этой точке;

$R_{sd} = \sqrt{(x_s - x_d)^2 + z_d^2}$ – расстояние от источника до рассеивающего/дифрагирующего объекта;

$R_{rd} = \sqrt{(x_r - x_d)^2 + z_d^2}$ – расстояние от рассеивающего/дифрагирующего объекта до приемника;

V – скорость распространения волн.

В последующем, вместо глубины объекта z_d будет использоваться вертикальное время t_v , которое равно вертикальному времени пробега волны пути «свободная поверхность – дифрагирующий объект» и обратно;

$$t_v = \frac{2z_d}{V}.$$

Вызвано это тем, что сейсмические данные и результаты обработки представляются во временном масштабе.

Допустим, что существует некоторое количество I источников, которые расположены на свободной поверхности равномерно с шагом Δx_s , также образующие упорядоченный набор. Далее эти источники будем называть

интерференционной системой возбуждения. Также имеется J приемников, расположенные на той же поверхности с постоянным шагом Δx_r и формирующие систему приемников. Комплекс приемников и источников далее будем называть F – системой, иначе – фокусирующая интерференционная система. В этой F – системе все параметры (ось симметрии, ее положение, расстояние между осями источников и приемников L_c , количество источников и приемников, шаг между ними). L_c будет положительным, если будет использована правосторонняя система многократных перекрытий, т.е. когда приемник расположен справа от источника. Соответственно, L_c будет иметь отрицательные значения при левосторонней системе многократных перекрытий, т.е. когда приемник будет расположен слева от источника. При горизонтальном положении, рассеивающий объект далее обозначим величиной q , которая будет указывать на величину горизонтального расстояния от оси симметрии F – системы (вертикальной прямой, проходящей через середину, соединяющего центры интерференционных систем источников и приемников).

Для большого количества источников и приемников после обработки данных многократного перекрытия, для каждого положения на профиле, возможно выбирать F – систему с определенными параметрами и получать волновое изображение среды.

Построение селективных изображений.

При использовании интерференционных систем источников и приемников, можно далее применять селективный разрез – важнейшее понятие, связанное с методом фокусирующих преобразований. Такой разрез предназначен для q , когда выбранная F – система перемещается вдоль профилей. Селективный разрез состоит из «элементарных» селективных изображений, которые получают при фиксации F – системы вдоль профиля «элементарное» селективное изображение для определенного положения F – системы строится по результатам суммирования исходных сейсмоданных по формуле:

$$R(q, t_v) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J K_{ij}(q, t_v) u_{ij}(P(x_i, x_j, V, t_v, q)),$$

где:

u_{ij} – волновое поле, возбуждаемое i -ым источником и регистрируемое j -ым приемником в момент времени t ,

$P(x_i, x_j, V, t_v, q)$ – кинематическая поправка, которая определяется как сумма времени пробега волны от источника до точки дифракции и далее до приемника, для определенной скорости распространения волн V и обеспечивающая синфазное суммирование волн, которые были рассеяны в точке (q, t_v) для всех пар «источник-приемник», входящих в конкретную фокусирующую интерференционную систему;

$K_{ij}(q, t_v)$ – весовые коэффициенты суммирования для конкретной F – системы, которые определяют с учетом размеров первой зоны Френеля, геометрического расхождения и др.

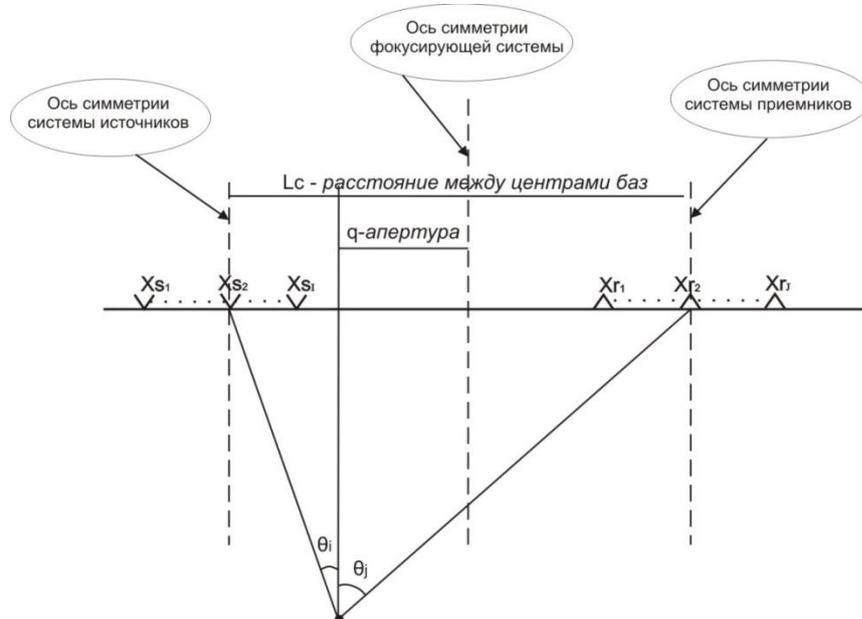


Рисунок 4.1.3 – Основные параметры фокусирующей линейной системы

Таким образом, задачей «элементарного» селективного изображения является заполнение вертикальной прямой, проходящей от оси симметрии F – системы расстояние q . При перемещении F – системы по направлению расположения профиля, образуется селективный разрез. В конечном итоге, для простейшей модели однородной вмещающей среды, эти величины выбираются, например, как:

$$P(x_i, x_j, V, t_v, q) = \sqrt{\frac{R_{id}^2}{V^2} + \frac{t_v^2}{4}} + \sqrt{\left(\frac{R_{id}}{V}\right)^2 + \left(\frac{t_v}{2}\right)^2},$$

$$K_{ij}(q, t_v) = \Phi_I(i) \Psi_J(j) R_{ij},$$

где:

R_{id}, R_{jd} – расстояния между источником или приемником и текущей точкой на линии расположения гипотетического рассеивателя;

$\Phi_I(i)$ – сглаживающее окно для интерференционной системы источников;

$\Psi_J(j)$ – сглаживающее окно для интерференционной системы приемников.

Для выделения точки рассеяния на всех парах «источник-приемник», кинематическая поправка, рассмотренная выше, представляет синфазное суммирование, а выбор коэффициента $K_{ij}(q, t_v)$, вне зависимости от расстояния между источниками и приемниками, учитывает геометрическую разницу, обеспечивает суммирование всех «элементарных» рассеянных волн с неизменяющимся весом. Интенсивность получаемого изображения пропорциональна коэффициенту E . Таким образом, каждое «элементарное» селективное изображение представляется в виде вертикальной линии с распределенной интенсивностью. Смещая вдоль профиля выбранную F – систему, получаем селективный разрез среды для определенного q .

После отражения от протяженных границ раздела, волны изображаются в виде суперпозиции «элементарных» рассеянных волн, которые возбуждаются благодаря формирующим границы линейно упорядоченному набору рассеивающих объектов. В результате интерпретации таких «элементарных» волн появляется определенная направленность в распространении основной энергии отраженной волны. Параметр q предназначен как раз для выявления наклонных участков регулярных границ. Таким образом, для случая, когда приемник расположен слева от источника, отрицательные значения q указывают на участки погружения границ, положительные – на восстание границ в сторону увеличения координат на профиле, нуль соответствует горизонтальным. Исходя из этого, построенные селективные изображения при различных значениях параметра q , содержат ориентированные (наклоненные) участки регулярных отражающих границ и после суммирования по q дают суммарный разрез, на котором показаны «элементарные» участки с углами наклона, попадающими в выбранный пользователем диапазон изменчивости параметра q . Следовательно, можно заключить, что с увеличением ширины диаграммы направленности «элементарной» рассеянной волны, становится легче определение с помощью фокусирующих преобразований, т.к. его изображение будет расположено на большом числе селективных разрезов.

Дифрагированные волны и волны, рассеянные на ансамблях мелкомасштабных неоднородностей с радиусом корреляции, меньшим доминирующей длины волны, имеют достаточно широкие диаграммы направленности, что открывает принципиальную возможность их отделения от интенсивных отраженных волн. Интерференционные системы для фокусирующих преобразований могут иметь различные параметры (количество источников и приемников в суммирующих интерференционных системах, расстояние между центрами интерференционных систем, шаг между источниками и приемниками) и быть реализованы на основе системы многократных перекрытий (Рис.4.1.4). Примеры расположения на обобщенной плоскости таких систем с различными геометрическими характеристиками приведены на рисунке 4.1.4 Б. Секторы, закрашенные серым цветом, показывают подборку каналов (сейсмотрасс) из системы многократных перекрытий, участвующих в формировании волновых изображений среды посредством F-преобразования. Видно, что, изменяя параметры F-системы, можно существенно влиять на статистическую устойчивость преобразования.

Описанное ранее для профильной системы наблюдения F-преобразование может быть естественным образом модифицировано для трехмерной среды как фокусирующее преобразование для площадных сейсмических данных. Оно может быть выполнено как для стационарных систем наблюдения, так и систем многократных перекрытий (СМП).

Очевидно, что разрешающая способность и информативность метода во многом определяются геометрией системы возбуждения/регистрации. Для оценки этого влияния рассмотрим изображение точечного объекта (рассеивающей точки), помещенного в однородную среду со скоростью распространения волны V_m . Анализ изображения удобнее всего производить в линейном приближении, то есть в некоторой достаточно малой окрестности истинного положения рассеивателя/дифрактора.

В этом случае формирование изображения можно записать соотношением:

$$R(\vec{q}, t_v) = D(\vec{q}, t_v) \sum_{\vec{q}} S(V_m, t_v) \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J f \left[\frac{(\vec{e}_s^i + \vec{e}_s^j, \delta \vec{r})}{V_m} \right],$$

где:

$\delta\vec{r}$ - уклонение текущей точки от истинного положения рассеивающего/дифрагирующего объекта; единичные векторы \vec{e}_s^i и \vec{e}_g^j задают соответственно направления из точки изображения на текущий источник и текущий приемник;

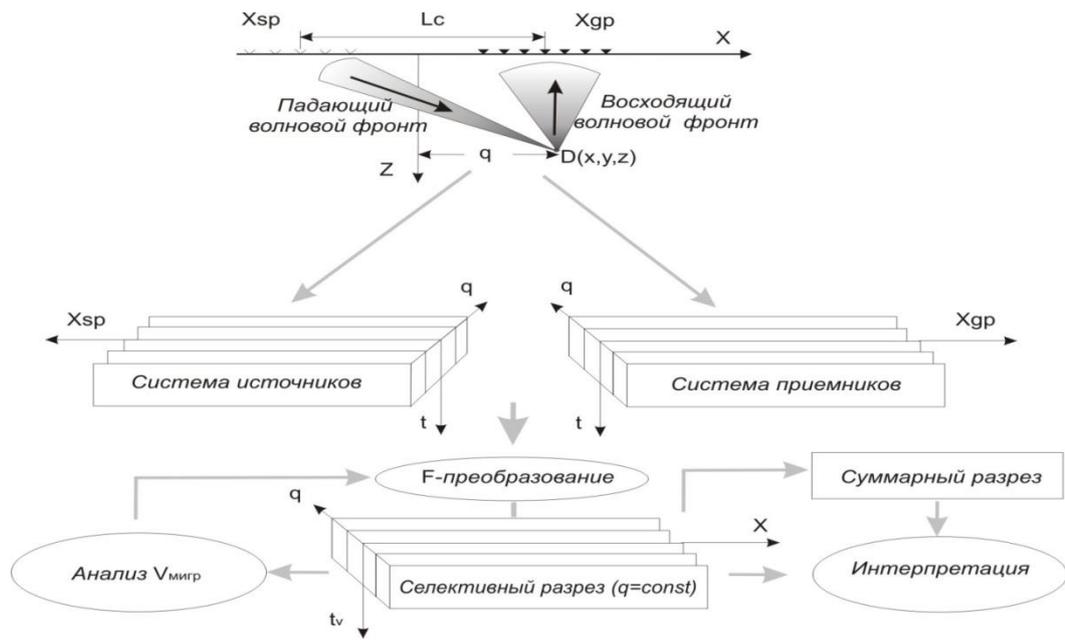
функция $f(t)$ описывает форму импульса в источнике;

$D(\vec{q}, t_v)$ - оператор корректирующего постмиграционного фильтра для компенсации низкочастотных искажений при суммировании;

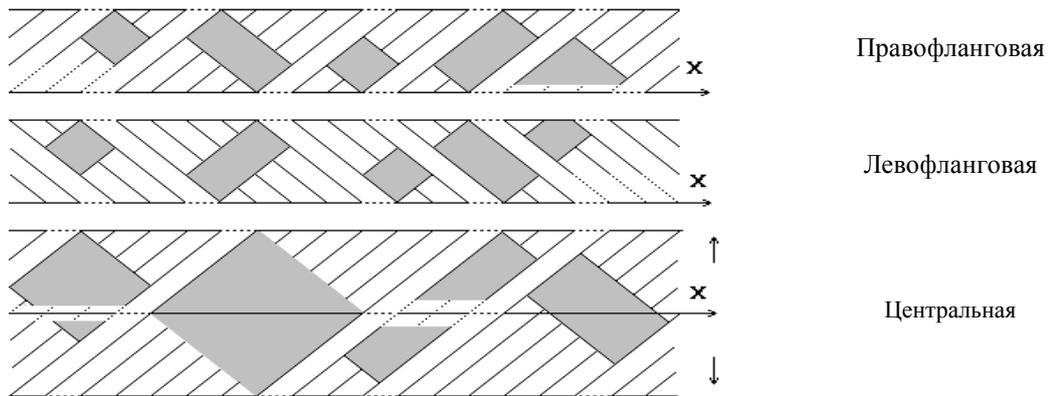
$S(V, t_v)$ - оператор когерентного фильтра, улучшающий характеристику направленности интерференционной системы.

Заметим, что вектор $\vec{n} = \vec{e}_s^i + \vec{e}_g^j$ имеет устоявшееся название в теории рассеяния – «вектор рассеяния». Наиболее важное и очевидное следствие из полученного представления результата фокусирующего преобразования состоит в том, что изображение будет иметь разрастание не только для $\delta\vec{r} = 0$, но и для $\delta\vec{r}$ «почти» ортогональных к вектору рассеяния. В частности, если система наблюдения и регистрации профильная, изображение будет существенно «размазано» в направлении, ортогональном плоскости наблюдения. Максимальная разрешающая способность F-преобразования реализуется по направлениям, заполняющим конус векторов рассеяния с вершиной в текущей точке. На рисунке 4.1.5 представлена геометрическая схема площадной F-системы. Источники и приемники могут располагаться относительно друг друга произвольно. Интерференционная 3D F-система «настраивается» на выделение углов наклона границ в заданных диапазонах аналогично её профильному варианту.

А)



Б)



А) данные многократных перекрытий; Б) выборки трасс из систем многократных перекрытий.

Рисунок 4.1.4 – Схемы обработки фокусирующих преобразований волновых полей

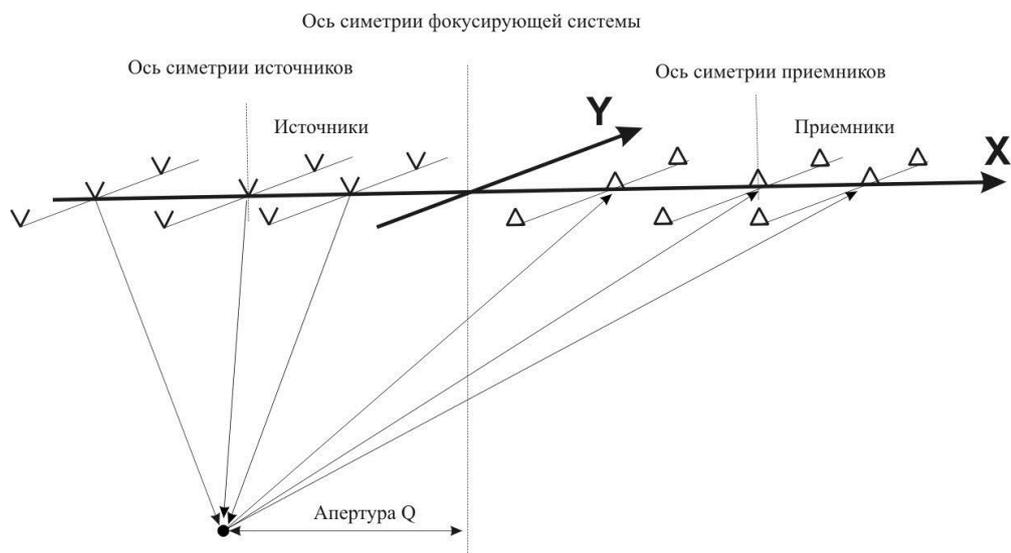


Рисунок 4.1.5 – Геометрическая схема фокусирующих преобразований интерференционной трехмерной системы

Трехмерное объектно-ориентированное миграционное преобразование волнового поля (3D F-преобразование) сейсмических данных для площадных систем наблюдения можно описать уравнением вида:

$$R(q_x, q_y, t_v) = D(q_x, q_y, t_v) \sum_{q=-Q_x}^{+Q_x} \sum_{q=-Q_y}^{+Q_y} S(V_m, t_v) \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J K(q, t_{i,j}) A(t_{i,j} + P(x_i, x_j, y_i, y_j, V_m, t_v, q))$$

Оно задаёт взвешенную сумму сеймотрасс, возбужденных группой источников и зарегистрированных группой приемников, приписанную к вертикальному времени t_v на вертикальной прямой, сдвинутой на вектор сейсмического сноса $\vec{q} = (q_x, q_y)$ относительно оси симметрии интерференционной системы источники/приемники.

Данная формула использована для разработки и реализации вычислительных алгоритмов и комплекса программ «F-transform 2014», реализующих метод фокусирующих преобразований волнового поля и предназначенных для использования в научно-исследовательских работах при поисках месторождений полезных ископаемых, в частности нефти и газа.

4.2 Практическое применение метода

Для расчета используется пакет программ F-transform, созданный специалистами ЗАО «Красноярскгеофизика» и интегрированный в систему обработки данных сейсморазведки ProMAX [Поздняков В.А, 2004].

От параметров интерференционной системы (глубина исследуемого объекта, контрастность акустических свойств разреза, скоростная характеристика разреза) зависит успех работ фокусирующего преобразования.

В процессе работы производилось тестирование главных компонентов интерференционной фокусирующей системы. В конечном итоге выбраны нижеуказанные параметры:

- база суммирования источников и приемников (м) – 65;
- расстояние между центрами групп (м) – 0;
- апертура для получения селективных разрезов рассеянной компоненты (м) - 900 – -800 – 800 – 900 и -1000 – -900 – 900 – 1000.

В результате, используя эти трассы рассеянной компоненты, проводили дополнительную постстектовую обработку, включающую в себя преобразование временных разрезов в энергетическую часть благодаря суммированию квадратов отсчетов амплитуд в скользящих окнах. Следующим шагом являлось проведение следующих процедур дополнительной балансировки энергии записи, исключение краевых эффектов, сглаживание симметричным оператором фильтра.

По отчетным профилям был получен разрез энергии рассеянных волн (Рис.4.2.1). Для наглядности совмещен с временным разрезом.

Можно уверенно выделить два типа аномалий: а) протяженные вертикальные, предположительно связанные с разломными зонами, б) локальные, возможно, отражающие степень повышенной трещиноватости отложений.

На данном этапе выполненные фокусирующие преобразования использовались для прогнозирования зон повышенной трещиноватости отложений и как следствие улучшенных коллекторских свойств. Для этого в приложении PostStack/PAL были сняты значения энергии рассеянной компоненты в продуктивном интервале рифейского комплекса (120 метров ниже ОГ R0) и построена карта распределения этого параметра по площади Терско-Камовского ЛУ (Рис.4.2.2).

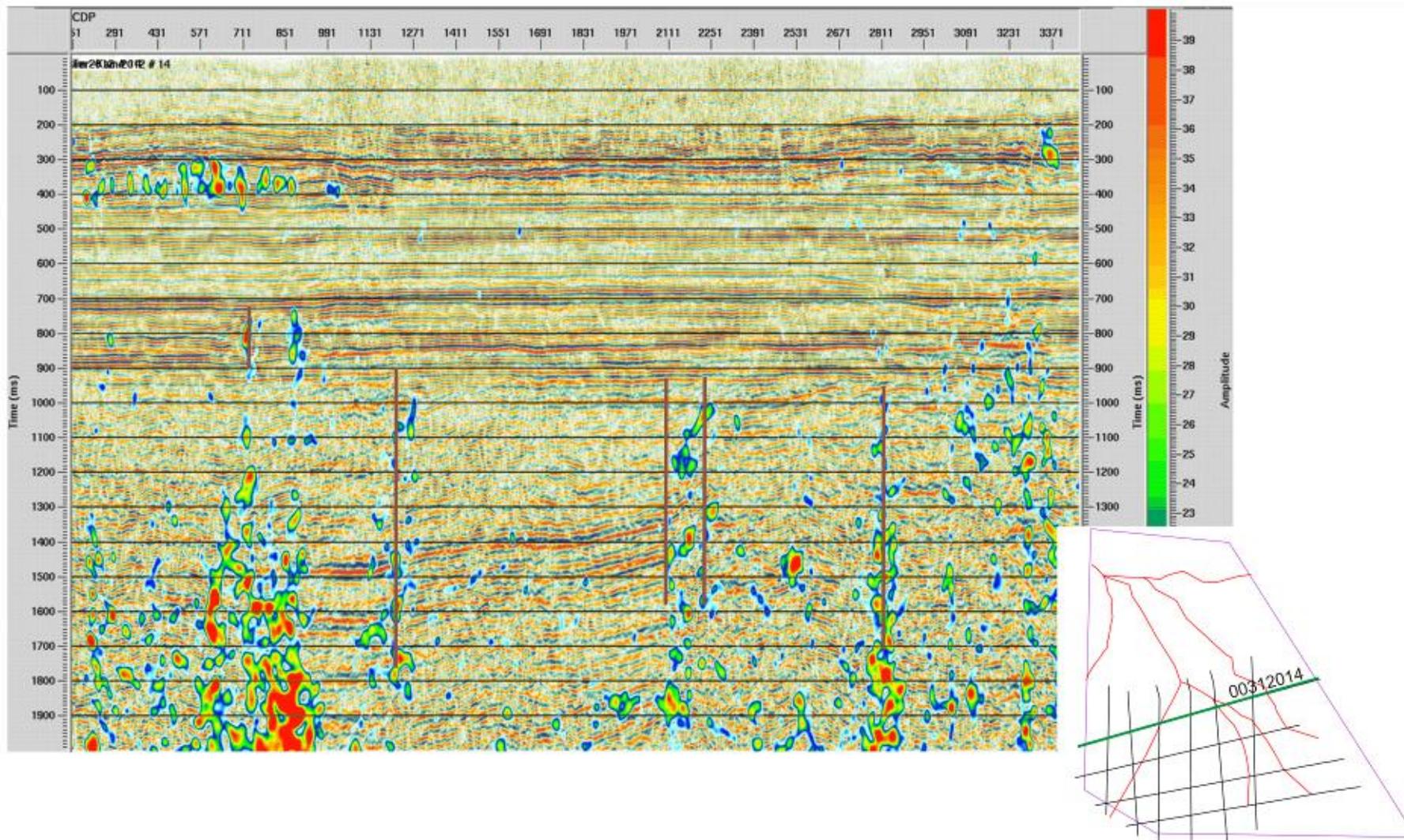


Рисунок 4.2.1 – Пример разрезов энергии рассеянных волн, совмещенный с временным разрезом профиля 00312014

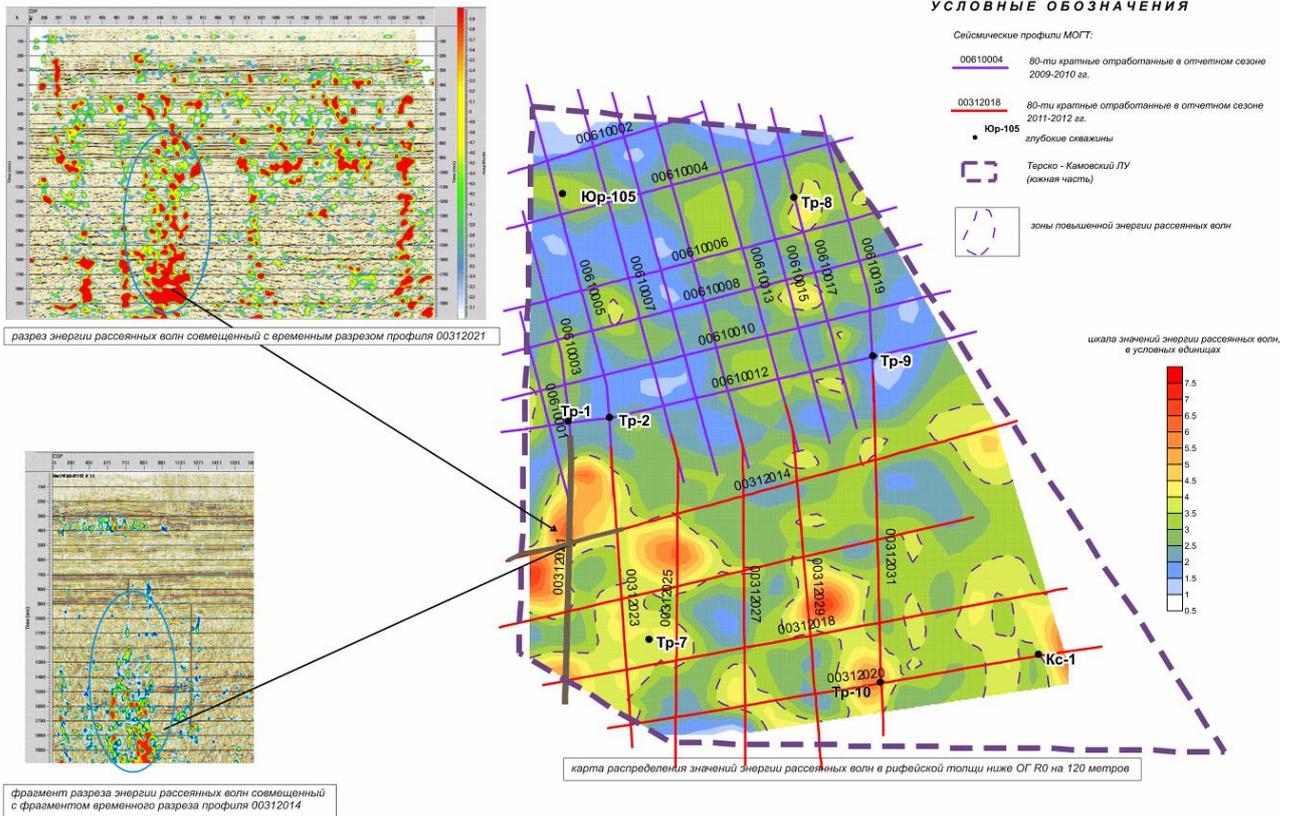


Рисунок 4.2.2 – карта распределения значений энергии рассеянных волн в рифейской толще ниже ог r0 на 120 м

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте проведено проектирование сейсморазведочных работ методом общей глубинной точки в двухмерном варианте на юго-восточном крыле Терско-Камовского лицензионного участка площадью 220 км², которые могут быть проведены в зимний период 2017-2018 гг. с целью детализации строения рифейской продуктивной толщи на Терско-Камовском (южном) лицензионном участке (Красноярский край).

В первой и второй главах ВКР описаны общие сведения об объекте исследования, включающие в себя географо-экономический очерк и геолого-геофизическую изученность района работ и геолого-геофизическую характеристику.

В результате комплексного анализа геолого-геофизической информации, а также результатов ранее проведенных работ, указанных в третьей главе, выявлена необходимость проектирования участка для дальнейшего изучения и разработки месторождения.

В проектной части обоснован выбор предварительного участка 2D сейсморазведки, по итогам которого выбрана площадь на юго-восточной части Терско-Камовского лицензионного участка и смежной южной территории. Физико-геологическая модель объекта содержит 12 отражающих горизонтов и пластовые скорости сейсмических волн. Выбраны методика и техника полевых работ – 2D сейсморазведка по системе 80-кратного прослеживания отражающих границ с применением 321-канальной расстановки сеймоприёмников. В специальной части приведена методика фокусирующих преобразований, которая позволяет получать изображения локальных рассеивающих объектов в среде, выявлять зоны деструкции и повышенной трещиноватости на реальных сейсмических данных. Проектно-сметная стоимость работ составила 34987533 рублей. Также приведены положения по охране окружающей природной среды и промышленной безопасности, охране труда.

Таким образом, работа представляет собой готовый к осуществлению проектный документ, где рассмотрены все необходимые для решения поставленных задач разделы, и запроектирована 2D сейсморазведка с целью детализации глубинного строения участка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

Опубликованная:

1. Мерзликина А. С. Реконструкция трещиноватости карбонатных коллекторов по рассеянной составляющей сейсмического волнового поля: Автореф. дис.... канд. геол.-минералог. наук. – 2014.;
2. Поздняков В. А. Объектно-ориентированные процедуры для построения изображений внутренней структуры резервуаров.;
3. Смирнов М. Ю., Кокшаров В. З. Объектно-ориентированные миграционные процедуры как средство повышения информативности сейсмических разрезов в зонах коры выветривания : дис. – Тюмень : [Тюм. гос. нефтегазовый ун-т], 2004.;
4. Огородова И. В. Учет скоростной анизотропии пород верхней части разреза для повышения геологической эффективности сейсморазведки : дис.;
5. Киричек А. В., Зверев М. А. Прогноз трещинно-кавернозных коллекторов в продуктивных породах Красноленинского свода по рассеянным волнам //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – №. 1. – С. 24-33.

Фондовая:

6. Винокурова Ю.С. *Проведение полевых сейсморазведочных работ МОГТ-2D на Терско-Камовском (южном) лицензионном участке ОАО «НК Роснефть»»;

Нормативная:

7. ГОСТ 12.0.003–74. (с изм. 1999 г.) ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
8. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
9. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда;
10. МР 2.2.9.2311-07. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности;
11. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
12. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;

13. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов;
14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. (Утв. приказом Минэнерго России от 09.04.2003 №150);
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;
16. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов;
17. ГОСТ 17.1.3.05-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами;
18. ГОСТ 17.2.1. 03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения;
19. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения;
20. ГОСТ 12.1.005-88. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы;
21. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;
22. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования;
23. Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности "Правила безопасности при взрывных работах";
24. ПБ 08-37-2005. Правила безопасности при геологоразведочных работах;
25. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.