



**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«РН-ГЕОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТКА»
(ООО «РН-ГИР»)**

Почтовый адрес: а/я 747, г. Тюмень, Тюменская область, 625000
Юридический адрес: ул. Максима Горького, д. 42, г. Тюмень, Тюменская область, 625048
Телефон: (3452) 55-00-55, Факс: (3452) 79-27-81, e-mail: m-gir@rosneft.ru
ОКПО 55442802, ОГРН 1077203000434, ИНН/КПП 7202157173/ 720301001

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по региональной геологии и ГРП
ООО «РН-ГИР»

Фищенко Анжелика Николаевна

31 октября 2025г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

ООО «РН-Геология Исследования Разработка»

на диссертационную работу **Чернышова Глеба Станиславовича**
**«Построение сейсмотомографической модели верхней части разреза по
вибросейсмическим данным с подавлением корреляционного шума»,**
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 1.6.9 – Геофизика

Актуальность работы

В настоящее время вибросейсмические источники получили широкое распространение в сейсморазведке благодаря своей экологичности, безопасности и высокой производительности. Однако качество данных, получаемых с их помощью, зачастую уступает данным взрывной сейсморазведки из-за технических трудностей генерации низкочастотного сигнала и наличия специфических помех, таких как корреляционный и гармонический шум. Эти помехи существенно осложняют обработку и интерпретацию данных, в первую очередь, прослеживание первых вступлений волн, что является критически важным для построения точных скоростных моделей верхней части разреза (ВЧР) методами томографической инверсии.



Актуальность диссертационного исследования Г.С. Чернышова обусловлена необходимостью развития как методов получения и обработки вибросейсмических данных для повышения их помехоустойчивости, так и совершенствования алгоритмов лучевой томографии для повышения точности, и разрешающей способности скоростных моделей ВЧР. Решение этих задач является важным для разведочной геофизики и развития геолого-геофизических работ.

Цель и задачи исследования

Основной целью диссертационной работы является повышение точности и разрешающей способности построения скоростной модели среды ВЧР по временам первых вступлений для вибросейсмических данных за счет подавления корреляционного шума и подбора параметризации модели метода лучевой томографии. Для достижения поставленной цели в работе последовательно решены следующие исследовательские задачи:

1. Разработка методики получения и обработки вибросейсмических данных с подавлением корреляционного шума, включая расчет низкочастотных свип-сигналов и оптимальную обработку виброграмм.
2. Модификация алгоритма лучевой томографии с возможностью подбора оптимальной параметризации модели при построении скоростной модели ВЧР.
3. Экспериментальная апробация разработанных методик на синтетических и реальных данных, а также их сравнение со стандартными подходами.

Новизна и практическая значимость работы

Научная новизна работы заключается в комплексном подходе к решению проблемы повышения качества вибросейсмических данных и построения скоростных моделей ВЧР:

1. Разработана и теоретически обоснована методика генерации низкочастотных свип-сигналов с компенсацией заниженного усилия вибрационной установки. Выведены явные формулы для расчета нелинейной развертки частоты, что позволило создать практический инструмент для планирования полевых работ.
2. Предложена и апробирована методика обработки виброграмм с применением детерминистической деконволюции по сигналу усилия на грунт (Ground Force), показавшая значительное (в 3 раза) снижение уровня корреляционных шумов в области первых вступлений по сравнению со стандартной корреляционной обработкой.
3. Модифицирован алгоритм лучевой томографической инверсии за счет введения параметризации аномалий скоростной модели, управляемой степенью σ в которую возводится скорость для расчёта коэффициентов

матрицы. Показано, что предлагаемая параметризация ($\sigma \in [1 - 1.5]$) позволяет достигать более точного восстановления скоростных неоднородностей как на малых, так и на больших глубинах по сравнению со стандартными способами параметризации через скорость ($\sigma = 2$) или медленность ($\sigma = 0$).

Разработанные методики позволяют повысить точность снятия времен первых вступлений, детальность и достоверность построения скоростных моделей ВЧР, что, в конечном счете, ведет к повышению качества геологических моделей основанных на результатах сейсмических работ при поиске углеводородов.

Обоснованность и достоверность результатов

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается следующим комплексом доказательств:

1. Верификация на синтетических моделях. Разработанные алгоритмы прошли всестороннюю проверку на серии специализированных синтетических тестов («шахматная доска», модели с резкими границами, слоистые модели). Это позволило количественно оценить точность и разрешающую способность методик в контролируемых условиях в сравнении с известными моделями.
2. Апробация на реальных данных. Эффективность предложенных решений доказана их успешным применением к разнородным массивам реальных данных, включая материалы инженерной сейсморазведки (в т.ч. для проектирования тоннеля) и данные нефтегазовой сейсморазведки МОВ-ОГТ.
3. Результаты, полученные с использованием разработанных методик, сопоставлялись с результатами обработки в признанных коммерческих программных комплексах (TomoPlus, Geovation). Полученная сопоставимость, а в ряде случаев – превосходство в детальности моделей, служит веским аргументом в пользу достоверности результатов.
4. Апробация и публикации. Основные научные положения и результаты работы были представлены на международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад автора

Соискателем лично проведен аналитический обзор литературы, разработаны теоретические основы предлагаемых методик, выполнена их программная реализация. Автор лично участвовал в проведении опытно-методических работ, обработке и интерпретации полевых данных, а также в анализе результатов и формулировке выводов. Полученные научные результаты и программные продукты являются оригинальными и непосредственно разработаны диссертантом.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списков литературы и иллюстративного материала. Объем работы составляет 118 страниц, включая 45 рисунков и 6 таблиц. Структура работы логична, последовательно раскрывает цель и задачи исследования. Изложение материала ясное и четкое.

Введение содержит обоснование актуальности темы, формулировку цели, задач и этапов исследования. В нем четко определены объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также положения, выносимые на защиту.

Глава 1. «Аналитический обзор современных решений и разработок» представляет собой глубокий критический анализ литературных источников. В главе систематизированы и оценены:

- Современные способы повышения качества вибросейсмических данных, включая методы генерации низкочастотных сигналов и алгоритмы подавления корреляционных и гармонических шумов.
- Существующие алгоритмы построения скоростных моделей ВЧР, от классических методов (t'_0 , GRM) до современных подходов лучевой и полноволновой инверсии. Особое внимание уделено анализу параметризаций, методов регуляризации и построения расчетных сеток в задачах томографии.

На основе анализа выявлен ряд ограничений и нерешенных проблем, что служит отправной точкой для собственных исследований автора.

Глава 2. «Методика получения и обработки вибросейсмических данных» посвящена решению первой научно-технической задачи. В главе:

- Детально описаны недостатки стандартного подхода к обработке вибросейсмических данных и теоретические причины возникновения корреляционных шумов.
- Представлен разработанный автором алгоритм расчета низкочастотных свип-сигналов с компенсацией заниженного усилия, подкрепленный выведенными аналитическими формулами.
- Приведены результаты опытно-методических работ, подтверждающие корректность и эффективность предложенного способа генерации сигнала.
- Разработана и протестирована методика обработки виброграмм с применением детерминистической деконволюции по сигналу GF, показавшая значительное снижение уровня корреляционных шумов. Также проанализированы методы подавления гармонических помех.

Глава 3. «Алгоритм лучевой томографии с подбором оптимальной параметризации аномалий» описывает решение второй научно-технической задачи. В главе:

- Дано подробное описание модифицированного алгоритма лучевой томографии, включая математическую постановку задачи с введением весовой параметризации модели.
- Проведено комплексное тестирование алгоритма на серии синтетических моделей («шахматная доска», модели с резкими границами и др.), позволившее количественно оценить преимущества новой параметризации ($\sigma \in [1 - 1.5]$) перед стандартными.
- Выполнена успешная апробация алгоритма на реальных данных как инженерной, так и разведочной сейсморазведки. Показана эквивалентность или превосходство результатов, полученных с помощью разработанного ПО «ST3D», по сравнению с коммерческим аналогом (TomoPlus).

Заключение содержит систематизированное изложение основных результатов и выводов диссертационной работы, подтверждающих достижение поставленной цели. Сформулированы перспективные направления дальнейших исследований. Структура работы обеспечивает последовательное и аргументированное раскрытие темы, а ее объем является достаточным для доказательства выдвинутых научных положений.

Замечания и вопросы

Несмотря на высокий уровень выполненной работы, у ведущей организации имеются следующие замечания и вопросы к автору:

1. «... вторая норма производной (нулевого, первого или второго порядка)» (стр. 23). Нужны пояснения, что подразумевается под «вторая норма» и «производная нулевого порядка», вероятно, имеется ввиду норма L_2 и значение самой функции?
2. «... отклик среды от среды» (стр. 29). Наверное, лучше было бы написать: «отклик среды от вибрационного воздействия».
3. «где M_r – масса реакционной массы» (стр. 33, 55). Использование синонимов в данном случае было бы предпочтительнее.
4. «Таким образом, график зависимости усилия вибратора от частоты на низких имеет вид» (стр. 33). Не хватает слова «частотах» после слова «низких».
5. В формуле (10) на стр. 34 появляется индекс i , который никак не объясняется. Лишь далее становится понятным, что было обозначено функциями $f_i(t)$.

Необходимо давать пояснения вводимым индексам и функциям по мере их введения в тексте.

6. «По результатам тестирования были получены записи акселерометров на двух плитах вибраторов (опорной плита, реакционная масса) и их взвешенную сумму (усилие на грунт)». (стр. 41) Имелось ввиду на «опорной плите, реакционной массе» и их «взвешенной суммы»?
7. «По графикам видно ... Для частот 3-5 Гц усилие вибратора оказывается обратно пропорционально уровню нелинейных искажений» (стр. 42) и в выводах (стр. 54). По представленным графикам не видно именно *обратной пропорциональности*, которая подразумевает зависимость вида: $\text{уровень искажений} = \text{const}/(\text{усилие вибратора})$, можно заметить лишь снижение уровня нелинейных искажений от увеличения усилия вибратора.
8. «Для подавления гармонического шума был программно реализован метод расчета модели гармонического [Денисов, 2020]» (стр. 61). В конце предложения не хватает слова «шума» или синонима к слову шум.
9. «На рисунке видно, что на начальных коррелограммах (Рисунок 29, «до фильтрации») видны гармонические помехи – показаны зелеными стрелочками» (стр. 62). «...видно...видны...». Стрелочки на рисунки – красные. В данном случае, уместно было бы показать разницу сейсмограмм до фильтрации и после фильтрации, для примерного представления о том, как процедура фильтрации повлияла на качество первых вступлений.
10. «Заметим, что обе линейные систем (22 и 25)» (стр. 66). Должно быть «системы».
11. «Для начально модели» (стр. 67). Должно быть «начальной».
12. «На эту градиентную модель наложены аномалии аномалиями скорости» (стр. 69). Лишнее слово «аномалиями».
13. «для приповерхностной области Ω_2 (показана красной рамкой на Рисунке 30а)» (стр. 71). Красной рамкой показана глубинная область модели.
14. Для формулы (31) (стр. 74) не дано пояснение, что подразумевается под ρ (без индекса).
15. «чередование параметризаций скоростью» (стр. 77). Опечатка.
16. «...градиент скорости в начальной скоростной модели – 4.2 м/с*м,» (стр. 81). Градиент скорости измеряется в 1/секунда.

17. «Для оценки алгоритм конвертации гладкой скоростной модели в слоистую.» (стр. 82). Не понятно как это предложение связано с излагаемой мыслью.
18. «Подход заключается в переборе значений изоскоростей, определяющих положение границ, минимизировать невязку по времени между снятыми годографами первых вступлений и моделируемыми в слоистой модели» (стр. 82-83). Видимо: нахождение скоростей минимизирующих невязку?
19. «Синтетические сейсмограммы были предоставлены рассчитаны специалистами» (стр. 85). Наверное: «рассчитаны и предоставлены».
20. Для оценки значимости новизны результатов по заданию параметров развертки свип-сигнала в области низких частот необходимо было бы сравнить получаемые оптимальные свип-сигналы с соответствующими нелинейными свип-сигналами используемые в автоматическом режиме в промышленных системах, например в GDS-2.
21. В работе не показаны результаты тестирования уровня белого шума для выполнения деконволюции с пилотным свип-сигналом и с сигналом усилия на грунт GF, который может повлиять не результат подавления корреляционных шумов.
22. К разделу «Подавление гармонических шумов». В начале раздела хорошо описана проблема с иллюстрацией по спектрограммам коррелограмм, а в конце раздела говорится об успешной фильтрации на основе модели гармонического шума, но приводятся только коррелограммы, а соответствующих спектрограмм этих коррелограмм, по которым можно было бы лучше судить об успешности фильтрации, не демонстрируется.

Квалификационная работа на соискание учёной степени кандидата наук – это не только самостоятельно решённая задача, а ещё и внутренняя работа над собой – над умением правильно формулировать свою мысль, более того, не просто формулировать, а ещё и находить такие формулировки, которые будут убеждать оппонентов. Поэтому есть пожелание для автора на будущее: более строго относиться к формулировкам, и более внимательно записывать формулы и расшифровывать обозначения, принимаемые в этих формулах.

Заключение

Диссертационная работа Глеба Станиславовича Чернышова посвящена актуальному вопросу построения модели ВЧР, в том числе по данным наземной сейморазведки с использованием вибрационных источников возбуждений. В сложившейся практике производственных работ примерно в 20% случаев удаётся проследить первые вступления и построить модель ВЧР по данным сейморазведочных работ с использованием вибрационных источников. Полученные

в ходе работы технологические и алгоритмические решения выполнения съёмки с вибрационным источником могут быть успешно внедрены в производственный процесс, а разработанный алгоритм томографической инверсии, может стать одним из ведущих алгоритмов оценки параметров модели ВЧР.

Представленная диссертационная работа Глеба Станиславовича Чернышова является законченным научно-квалификационным исследованием, в котором решена актуальная научная задача, имеющая важное прикладное значение для повышения эффективности вибросейсмических исследований и развития алгоритмов сейсмической томографии. Соискатель продемонстрировал самостоятельность ведения научного поиска решения задачи, глубокие теоретические знания и высокую квалификацию в области обработки сейсмических данных и решения обратных задач.

Диссертационная работа заслушана и обсуждена на заседании Функционального сообщества по сейсморазведке (г. Тюмень) с участием экспертов и специалистов, научно-исследовательская деятельность которых соответствует тематике исследований соискателя. Протокол №25/2 заседания от 25 февраля 2025 г. Диссертация и отзыв ведущей организации были обсуждены на заседании Функционального сообщества по сейсморазведке (г. Тюмень) с участием экспертов и специалистов, научно-исследовательская деятельность которых соответствует теме диссертации соискателя. Протокол №31/10 заседания от 31 октября 2025 г.

Результаты работы соответствуют критериям, установленным Паспортом научной специальности 1.6.9 – Геофизика, а ее автор заслуживает присуждения искомой научной степени кандидата технических наук.

Дата составления отзыва 31 октября 2025г.

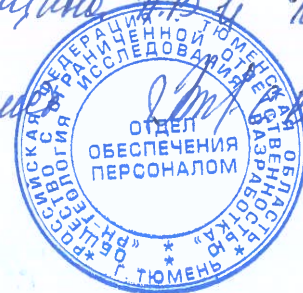
Старший эксперт
Управления по обработке сейсмических данных
ООО «РН-Геология Исследования Разработка»,
кандидат технических наук

 Новокрещин Алексей Васильевич

Главный специалист
Группа сопровождения СРР
Управления по обработке сейсмических данных
ООО «РН-Геология Исследования Разработка»

 Каримов Ильфат Ильгисович

Подписи Новокрещина А.В. и Каримова И.И. уполномоченного
ведущей организацией



Ведущая организация: Головной корпоративный научно-исследовательский и проектный институт ПАО «НК «Роснефть» по направлению "Наука в разведке и добыче" ООО «РН-Геология Исследования Разработка».

Юридический адрес: ул. Максима Горького, д. 42, г. Тюмень, Тюменская область, 625048.

Почтовый адрес: а/я 747 г. Тюмень, Тюменская область, 625000.

Телефон: 8 (3452) 55-00-55, факс: 8 (3452) 79-27-81, e-mail: rn-gir@rosneft.ru

Новокрещин Алексей Васильевич

Старший эксперт Управления по обработке сейсмических данных, руководитель функционального сообщества по сейсморазведке, ООО «РН-Геология Исследования Разработка», кандидат технических наук по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Адрес: 625022, г. Тюмень, ул. Газовиков, д. 33, к.133.

тел.: 8 (3452) 52-90-90, доб. 0133

e-mail: avnovokreschin@rn-gir.rosneft.ru

Даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Новокрещин Алексей Васильевич

Каримов Ильфат Ильгисович

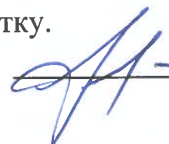
Главный специалист, Группы сопровождения СРР, Управления по обработке сейсмических данных ООО «РН-Геология Исследования Разработка».

Адрес: 625040, г. Тюмень, ул. Тимофея Чаркова, д. 87, к.2.

тел.: 8 (3452) 52-90-90, доб. 0363

e-mail: iikarimov2@tnnc.rosneft.ru

Даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Каримов Ильфат Ильгисович