

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной деятельности
ФГБОУ ВО

«Томский индустриальный
университет»,
канд. техн. наук, доцент



Гиминев Алексей Леонидович
«10» _____ 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Гореявчева Никиты Алексеевича на тему

«Алгоритм коррекции сигналов площадной сейсморазведки методом
факторного разложения с введением псевдоаприорной информации»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика

Актуальность темы исследования

Проблема повышения точности обработки данных площадной 3D сейсморазведки является одной из наиболее актуальных в современной геофизике. Особую сложность представляет учет длиннопериодных вариаций сигнала, связанных с неоднородностями верхней части разреза, которые традиционные итерационные методы не позволяют удовлетворительно оценивать. Существующие алгоритмы поверхностно-согласованной коррекции демонстрируют ограниченную эффективность при работе с большими объемами данных, что приводит к снижению достоверности конечных геолого-геофизических моделей.

Настоящая диссертационная работа направлена на решение этих фундаментальных проблем через развитие математического аппарата

факторного разложения, что определяет ее высокую научную и практическую значимость.

В соответствии с отмеченным выше, **цель исследования** представляет собой развитие программно-алгоритмической составляющей метода факторного разложения с применением способа дополнений систем линейных уравнений псевдоаприорной или априорной информацией для повышения точности решения обратной задачи в условиях площадной сейсморазведки.

Объектом исследования явился метод факторного разложения и его программно-алгоритмическое обеспечение при решении задач определения корректирующих слагаемых и множителей при оценке остаточных статических времен, амплитуд и формы сигнала в условиях неоднородной верхней части геологического разреза.

Научные задачи исследования:

1. Разработка и программная реализация алгоритма поверхностно-согласованной коррекции кинематических и динамических характеристик сейсмических сигналов для обработки больших объемов данных площадной 3D сейсморазведки с применением матричных методов решения систем линейных уравнений.

2. Создание научно-исследовательской версии программного обеспечения, реализующего предложенный алгоритм для обработки 2D профильных и 3D площадных сейсмических данных.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа изложена на 125 страницах основного текста, содержит 65 иллюстраций и список литературы из 95 наименований. Работа состоит из введения, трех глав, заключения.

Во введении сформулированы цель и задачи исследования, обоснована актуальность темы, определены научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава содержит аналитический обзор современных алгоритмов поверхностно-согласованной коррекции и факторных моделей, используемых в сейморазведке. Особое внимание уделено сравнению итерационных и матричных подходов к решению систем линейных уравнений.

Вторая глава посвящена разработке нового алгоритма на основе прямого матричного обращения с введением псевдоаприорной информации. Подробно описаны методы обеспечения единственности решения и процедура дополнения матрицы системы.

Третья глава представляет результаты комплексного исследования разработанного алгоритма на синтетических и реальных данных. Проведено сравнение с традиционными методами обработки и установлены границы применимости предложенного подхода.

В заключении сформулированы основные выводы и практические рекомендации по использованию разработанного алгоритма в производственных условиях.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов, их научная новизна

В результате решения поставленных задач получены следующие значимые научные результаты:

1. Разработан и теоретически обоснован новый алгоритм поверхностно-согласованной коррекции сейсмических сигналов, основанный на прямом матричном решении систем линейных уравнений с введением псевдоаприорной информации. Алгоритм обеспечивает единственность и устойчивость решения за счет устранения неоднозначно определяемых компонент;
2. Для задач площадной 3D сейморазведки определены тип и количество неоднозначно определяемых компонент (константы, линейные и параболические составляющие) для различных факторных моделей, что позволяет формализовать процесс введения априорной информации;

3. Экспериментально доказано преимущество матричного подхода перед итерационными методами при оценке длиннопериодных вариаций сигнала, особенно для профильных систем наблюдений со слабой связностью данных;

4. Установлены границы применимости итерационного и матричного подходов при решении различных типов задач поверхностно-согласованной коррекции, что позволяет оптимизировать вычислительные процессы при обработке больших объемов данных.

Полученные результаты имеют существенное значение для развития методов обработки сейсмических данных, позволяя решить фундаментальную проблему оценки длиннопериодных вариаций сигнала, которая ранее не имела удовлетворительного решения в рамках традиционных подходов.

Практическая значимость и апробация работы

Предложенный алгоритм и его реализация прошли всестороннюю апробацию на синтетических и реальных данных различной геологической сложности. На примере обработки морских инженерных данных Белого моря и наземных площадных данных Западной Сибири показано, что разработанный алгоритм обеспечивает сопоставимое или лучшее качество коррекции по сравнению с промышленным пакетом Geovation. Особенно значимы результаты по компенсации длиннопериодных вариаций, которые традиционно представляют наибольшую сложность при обработке.

Проведенные испытания демонстрируют устойчивую работу алгоритма при обработке больших объемов данных - до 71 миллиона наблюдений и 100 тысяч неизвестных параметров. Эффективность метода подтверждена при решении различных прикладных задач: коррекции остаточной статики, компенсации амплитудных вариаций и поверхностно-согласованной деконволюции. Разработанный алгоритм успешно интегрирован в программный комплекс, что открывает возможности для его промышленного внедрения в практику сейсмических исследований.

Научно-исследовательская версия программного обеспечения, реализующего предложенный алгоритм для обработки 2D профильных и 3D площадных сейсмических данных прошла государственную регистрацию.

В диссертационной работе сформулированы следующие практические рекомендации по применению разработанного алгоритма в производственных условиях:

1. При обработке профильных данных рекомендовано использовать матричную реализацию алгоритма для эффективного определения длиннопериодных вариаций сигнала, особенно при работе с высокоплотными системами наблюдений.

2. Для площадных систем наблюдений предложено дифференцированное применение методов: итерационные подходы - для коррекции остаточных временных поправок и амплитудных вариаций, матричные методы - для задач поверхностно-согласованной деконволюции.

3. При недостатке априорной информации рекомендовано использование разложения факторов в виде полиномов для оценки неоднозначно определяемых компонент и определения минимального объема необходимых дополнительных данных.

4. Для обработки больших объемов данных в производственных условиях предложено использовать алгоритм с возможностью последовательного введения априорной информации.

5. Для контроля качества обработки предложено использовать алгоритм для анализа невязок в сейсмической томографии и интерпретационного сопровождения обработки данных.

Реализация данных рекомендаций в производственной практике позволит существенно повысить эффективность обработки сейсмических данных и достоверность конечных геолого-геофизических моделей.

Разработанное алгоритмическое и программное обеспечение рекомендуется для внедрения в сервисные геофизические компании (ГеоТЭК-

сейсморазведка и др.), компании - разработчики сейсморазведочного импортозамещающего программного обеспечения (ЦГЭ, Росгеология).

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Несмотря на декларируемую возможность использования данных вертикального сейсмического профилирования (ВСП) в качестве априорной информации, в работе отсутствуют конкретные примеры реализации этого подхода и анализа его эффективности на реальных материалах. В частности, не исследованы практические аспекты использования как кинематических (временные поправки), так и динамических (амплитудные соотношения, спектральные характеристики) параметров, получаемых по данным ВСП. Не показано, каким образом интеграция этих разнотипных данных влияет на точность решения обратной задачи и устойчивость алгоритма при различных геологических условиях. Отсутствие такой проработки ограничивает возможности практического применения предложенной методики в условиях, когда данные ВСП доступны и могут существенно повысить достоверность результатов обработки поверхностных данных. В разделе, посвященном апробации на полевых данных, недостаточно подробно освещен вопрос технологичности внедрения разработанного алгоритма в существующие производственные циклы обработки сейсмических данных, отсутствуют четкие рекомендации по его интеграции с другими процедурами обработки;

2. Несмотря на детальную теоретическую проработку вопроса использования псевдоаприорной информации, в работе отсутствуют примеры применения реальной априорной информации, получаемой из независимых источников. В частности, не представлены результаты использования данных микросейсмокаротажа (МСК) для задач коррекции статики на реальных материалах - имеющийся пример является синтетическим. Не показано, каким образом данные МСК могут быть интегрированы в разработанный алгоритм при работе с реальными производственными данными, как влияет их точность и пространственная разрешенность на конечный результат. Отсутствие таких

практических примеров ограничивает понимание потенциала алгоритма в реальных производственных условиях, когда использование разнородной априорной информации является стандартной практикой для повышения достоверности результатов обработки;

3. Хотя в работе приведено сравнение с промышленным пакетом Geovation, отсутствует сравнительный анализ с другими современными подходами к решению аналогичных задач, такими как методы регуляризации Тихонова, что не позволяет в полной мере оценить преимущества предложенного алгоритма;

4. В работе продемонстрирована эффективность алгоритма на объемах данных до 71 миллиона наблюдений, что соответствует стандартным производственным задачам. Однако современные высокоплотные системы сейсмических наблюдений могут генерировать массивы данных, включающие миллиарды наблюдений. В связи с этим, для полной оценки потенциала алгоритма в условиях промышленного применения целесообразно в дальнейших исследованиях провести тестирование на крупных вычислительных кластерах и продемонстрировать масштабируемость решения для сверхбольших объемов данных.

Отмеченные замечания не умаляют высокого научно-технического уровня и значимости выполненной работы и связаны с предложениями по ее последующему развитию и расширению области практического применения.

Соответствие диссертации научной специальности

Работа является законченным диссертационным исследованием, выполнена на достаточном научном уровне, а ее результаты имеют научно-практическую значимость. Диссертационная работа по актуальности, научной новизне, основным положениям и выводам соответствует требованиям пунктов 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013г., а ее

автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.6.9. Геофизика.

Общее заключение

В целом диссертационную работу Горевячева Н.А. следует рассматривать как важное исследование, направленное на создание современного метода и программно-алгоритмических средств повышения точности обработки данных площадной сейсморазведки.

Диссертация выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, логической завершенностью и содержит решение научной задачи, имеющей большое значение для развития методов сейсморазведки.

Диссертационная работа, автореферат и отзыв на диссертацию Горевячева Никиты Алексеевича на тему «Алгоритм коррекции сигналов площадной сейсморазведки методом факторного разложения с введением псевдоаприорной информации» рассмотрены, обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры прикладной геофизики ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (протокол № 3 от «22» октября 2025 г.), одним из основных направлений которой является интерпретация данных сейсморазведки, проектирование и оценка качества геофизических исследований.

Заведующий кафедрой прикладной геофизики ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
д-р техн. наук (по специальности 04.00.12. «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых»), профессор

 Туренко Сергей Константинович

Доцент кафедры прикладной геофизики ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», канд. физ.-мат. наук (по специальности 04.00.22 «Геофизика»), доцент



 Вингалов Вячеслав Михайлович


Ведущий документовед общего отдела ТИУ
22.10.2025

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

Почтовый адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
 тел.: 8(3452)28-36-70 / Факс: 8(3452)28-36-60
 E-mail: general@tyuiu.ru

Туренко Сергей Константинович

Заведующий кафедрой прикладной геофизики ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», доктор технических наук, профессор

Адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 56, к.316
 тел.: 8 (3452) 39-03-41
 e-mail: turenkosk@tyuiu.ru

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

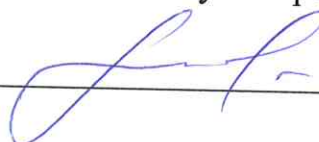
 С.К. Туренко

Вингалов Вячеслав Михайлович

Доцент кафедры прикладной геофизики ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», кандидат физико-математических наук, доцент.

Адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 56, к.342
 тел.: 8 (9044) 958471
 e-mail: vingalovvm@tyuiu.ru

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

 В.М. Вингалов




 Ведущий документовед общего отдела ТИУ
 Протарасова Ю.
 22.10.2025