

Отзыв официального оппонента

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

Диссертационная работа Чернышова Г.С. посвящена методам сейсмической разведки с использованием вибрационных источников сейсмических волн, в частности, развитию методики получения и обработки вибросейсмических данных для построения скоростной модели ВЧР с использованием метода лучевой сейсмической томографии. Основной целью исследований является повышение точности и разрешающей способности построения скоростной модели среды верхней части разреза (ВЧР) по временам первых вступлений для вибросейсмических данных за счет подавления корреляционного шума и подбора параметризации модели метода лучевой томографии. В работе решаются две научные задачи: разработка методики получения и обработки вибросейсмических данных с подавлением корреляционного шума и модификация алгоритма лучевой томографии с возможностью подбора оптимальной параметризации модели при построения скоростной модели ВЧР.

Актуальность темы исследований определяется несколькими факторами. Сейсмическая разведка является основным методом получения информации о внутреннем строении геологической среды и основой для поиска и разведки месторождений углеводородов. Метод вибросеймики, основанный на применении вибрационных источников сейсмических волн активно применяется в настоящее время, однако имеет ограничения по качеству данных и по техническими трудностями генерации низких и высоких частот. В частности, решение задачи понижения начальной частоты свип-сигнала путем генерации нелинейных свип-сигналов, рассмотренное в диссертации, является актуальным направлением исследований.

Второе направление исследований, представленное в диссертации, связано с созданием специальных алгоритмов обработки данных вибрационной сейсморазведки для снижения уровня дополнительных видов шума, корреляционных и гармонических шумов. Оно особенно актуально в развитии методов автоматизации обработки больших объемов вибросейсмических данных и модификации алгоритмов лучевой томографии с возможностью подбора оптимальной параметризации модели при построения скоростной модели ВЧР.

Структура диссертационной работы. Диссертация включает титульный лист, оглавление, введение, 3 главы, заключение, список сокращений и условных обозначений,

список литературы из 106 наименований, список иллюстративного материала, включающего 64 рисунка, 6 таблиц. Диссертационная работа представлена на 123 страницах печатного текста.

Во введении определен объект исследований, обоснована актуальность, сформулированы цель, основные задачи и этапы исследования, описаны теория, методы исследования, фактический материал, программное обеспечение, защищаемые научные результаты, научная новизна и личный вклад, теоретическая и практическая значимость, достоверность и апробация результатов.

В первой главе представлен аналитический обзор современных решений и разработок в практике обработки сейсморазведочных данных. Аналитический обзор сделан очень подробно и тщательно на основе современных публикаций по основным аспектам области исследований в диссертации. Он включает анализ известных современных способов повышения качества вибрационных данных (подавление корреляционного и гармонического шума) и анализ известных современных алгоритмов построения скоростной модели ВЧР (включая регуляризацию задачи, подход к построению расчетной сетки модели, параметризацию скоростных моделей).

Во второй главе описана разработка методики получения и обработки вибрационных данных с подавлением корреляционных помех, ее апробации при проведении опытно-методических работ на месторождении и обработке реальных данных. Приведены основные этапы стандартной методики обработки вибросейсмических данных, особенности расчета линейного свип-сигнала и перехода от виброграмм к коррелограммам с помощью корреляции трасс виброграммы с пилотным свип-сигналом, рассмотрены основные типы помех вибросейсмических данных и причины их возникновения. Описана разработка предложенного алгоритма генерации низкочастотных свип-сигналов с компенсацией заниженного усилия вибрационных установок на низких частотах. Выполнен вывод явных формул для расчета функции развертки свип сигнала для двух его частей: линейной и нелинейной. Важно, что анализ возможности генерации низкочастотных свип-сигналов выполнен по данным опытно-методических работ с использованием вибрационных установок Nomad 65Neo в южной части Волго-Уральского региона. Описан подход к переходу от виброграмм к коррелограммам с применением детерминистической деконволюции по сигналу Ground Force. Показано, что лучший результат получается для деконволюции с сигналом Ground Force, который позволил снизить уровень корреляционных шумов в 3 раза. Деконволюция с пилотным свип-сигналом понижает уровень корреляционных шумов в 1.1 раз, деконволюция с рассчитанным свип-сигналом – в 2 раза.

В главе 3 описана стандартная постановка задачи лучевой сейсмической томографии и ее модификация для возможности выбора параметризации модели через умножение томографической матрицы на весовую. Весовая матрица соответствует масштабированию пространства параметров модели, что является частной формой предобусловливания. Приведено описание предложенного модифицированного алгоритма томографической инверсии.

Выполнена верификация предложенного модифицированного алгоритма на серии синтетических тестов, включающих системы наблюдения характерные для инженерной и нефтегазовой сейсморазведки. Оптимальные регуляризирующие параметры подобраны с использованием критериев минимальных невязок времени пробега и скорости, а также визуальной оценки устойчивости решения (отсутствие локальных высокоамплитудных аномалий в восстановленных возмущениях модели). Синтетические модели также включали различные параметры системы наблюдения (2D/3D), форму, глубину и амплитуду аномалий.

Для практического применения результатов исследования важно, что выполнена верификация модифицированного алгоритма на наборах реальных данных, включающих системы наблюдения инженерной и нефтегазовой сейсморазведки. По результатам верификации алгоритма на малоглубинных и разведочных данных сделаны выводы, что использование разного веса параметризации модели изменяет чувствительность томографической инверсии к аномалиям на разных глубинах, а также, что можно выбрать оптимальную параметризацию, учитывая ожидаемую глубину скоростных аномалий.

Следует отметить, что разработанные автором алгоритмы реализованы в виде программного обеспечения, которое прошло государственную регистрацию и имеется 3 Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Это подтверждает **практическую значимость и значение для развития вибрационной сейсморазведки и существенное значение для развития страны**

Достоверность и апробация результатов. Обоснованность научных положений, выносимых на защиты, базируется на достаточном количестве полученных экспериментальных данных, а также на сопоставлении с результатами аналогичных исследований. Достоверность результатов реализации методики получения и обработки вибросейсмических данных с подавлением корреляционного шума и модификации лучевой томографии с подбором параметризации модели, подтверждена сравнением с результатами, полученными на аналогичных реализациях из промышленных пакетов обработки.

Научная новизна. Автором выведены явные формулы для задания развертки свип-сигнала в области низких частот для компенсации занижения усилия прижима вибрационной установки в этой области. Создана программа, реализующая алгоритм генерации низкочастотного свип-сигнала для использования при проведении полевых сейсморазведочных работ.

Предложена оптимальная методика обработки для подавления корреляционных шумов в первых вступлениях, включающая деконволюцию виброграмм с сигналом Ground Force. Модифицирован алгоритм томографической инверсии - добавлена возможность выбора параметризации скоростной модели среды через умножение томографической матрицы на весовую, состоящую из значений скорости начальной скоростной модели в заданной пользователем степени (от -2 до 0). Показано на серии тестов на синтетических и реальных данных, что оптимальная параметризация среды в большинстве случаев не будет соответствовать стандартному виду (скорость, медленность). Указанные результаты являются новыми.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 19 печатных изданиях, из которых 6 статей — в рецензируемых научных журналах (рекомендованы перечнем Высшей аттестационной комиссии), 13 — в сборниках трудов конференций. На разработанный алгоритм и его программные модули получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ ЭВМ. Основные результаты работы также представлены на международных и российских конференциях.

Замечания. Замечания относятся к оформлению иллюстративного материала. На ряде рисунков (Рис. 1, 10-12, 14-20, 23-25) числовые значения на осях графиков напечатаны очень мелким шрифтом, что затрудняет чтение и анализ. Указанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертации, ее научную ценность и значимость.

Заключение. Результаты диссертационной работы соответствуют паспорту научной специальности 1.6.9. – Геофизика. Содержание автореферата полностью соответствует основным идеям и выводам диссертационной работы.

Считаю, что диссертационная работа Чернышова Глеба Станиславовича «Построение сейсмотомографической модели верхней части разреза по вибросейсмическим данным с подавлением корреляционного шума» соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а также требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика.

Я, Ковалевский Валерий Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку и передачу в соответствии с требованиями Минобрнауки России.

Официальный оппонент:

Ковалевский Валерий Викторович,



заведующий лабораторией геофизической информатики, главный научный сотрудник
ФГБУН Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского
отделения РАН (ИВМиМГ СО РАН)

доктор технических наук

Телефон: +7 913 919 0965

Адрес места работы: 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, Проспект
академика Лаврентьева, д.6

E-mail: kovalevsky@sscc.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

5 ноября 2025 г.

