

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук Казанина Геннадия Алексеевича на тему: «Разработка технологии разделения сигналов при перекрывающимся отстреле площади морских 3D-4C сейсмических наблюдений двумя источниками» по специальности 1.6.9. Геофизика**

Современные задачи, стоящие перед морской сейсморазведкой, определяются, с одной стороны – экономическими ограничениями, требующими снижения удельной стоимости съёмки, а с другой – увеличивающимися требованиями к горизонтальной и вертикальной разрешающей способности, вытекающими из сложности геологического строения изучаемых объектов и необходимости проводить количественные оценки фильтрационно-емкостных свойств пластов по результатам интерпретации сейсмических данных. Эти, по сути своей противоречащие друг другу требования, сводятся к правилу: больше кратности (а значит – больше пунктов возбуждения) за меньшее время. Естественным ответом на этот вызов, достаточно давно активно внедряемым в условиях наземной сейсморазведки, является «блендинг» - одновременная работа нескольких источников с последующим «деблендингом» - разделением сейсмограмм, порождаемых каждым источником в отдельности. До настоящего времени использование этой технологии в морской сейсморазведке было ограничено, в частности – из-за невозможности использовать различные сигнатуры свип-сигналов, что упрощает разделение полей. Поэтому появление исследования, которому посвящена диссертационная работа, обладает несомненной актуальностью и практической значимостью.

Практическая значимость работы также подтверждается тем, что в результате создан работающий алгоритм обработки данных и выработаны методические рекомендации по проведению морской сейсморазведки с донными станциями и одновременным независимым возбуждением

несколькими источниками. Эффективность алгоритма показана как на имитационных данных, так и на результатах опытно-методических работ на шельфе Сахалина. Таким образом, полученные в диссертации результаты уже непосредственно внедрены в практику морской сейсморазведки.

Новизна исследования определяется как тем, что само по себе данное направление является новым и активно развивающимся, что подтверждается потоком публикаций в мировой научной литературе, так и тем, что технология «деблендинга» данных морской сейсморазведки посредством итерационной инверсии была применена, по-видимому, впервые в отечественной практике.

Первая глава диссертационного исследования представляет собой подробный и хорошо написанный обзор современных исследований по тематике сейсморазведки с одновременно работающими множественными источниками. Обзор представляет собой весьма полезное введение в проблему и основан на современных литературных источниках. В нём четко сформулированы проблемы, требующие решения.

Во второй главе излагаются теоретико-методические основы развиваемого автором подхода к разделению полей источников на основе итерационной инверсии с исключением некогерентной составляющей путём обнуления Фурье-коэффициентов  $F$ - $K$  разложения по адаптивно выбираемому пороговому значению. Идея сводится к тому, что регулярные сейсмические отражения формируют в  $F$ - $K$  области относительно локализованные области, которым соответствуют высокие амплитуды коэффициентов, тогда как некогерентный шум отвечает относительно равномерно распределённым по  $F$ - $K$  координатам низкоамплитудным коэффициентам. Итеративно выделяются, вначале – наиболее интенсивные отражения, затем процедура итеративно применяется к результатам «псевдо-деблендинга» (квазиобращения) невязки между наблюдаемыми и восстановленными данными.

В качестве основного замечания следует указать, что из текста диссертации непонятно, в какой мере реализованный конкретный алгоритм является авторским, а в какой мере он использует идеи, заимствованные из

литературы. Вполне естественно, что значительная часть идей основывается на цитируемых работах предшественников, однако отсутствует анализ, почему были использованы именно эти работы. Такой анализ обогатил бы работу.

Математический аппарат алгоритма итеративного деблендинга (разделы 2.2-2.3) описан излишне кратко. В частности, формула (2.9), описывающая суть алгоритма приводится без вывода, хотя не является очевидной. В пояснении к формуле 2.9 указано, что  $\Gamma^H$  – транспонирования матрица смешивания, вероятно должно быть – сопряжённая транспонированная матрица смешивания. Не определен оператор  $F_j$  на стр. 48. Трёхмерное Фурье-преобразование называется без уточнения то оконным Фурье-преобразованием, то  $F$ - $K$  преобразованием.

Представляется, что матрица смешивания точно преобразует данные для отдельных источников в смешанные (т.е. регистрируемые при интерференции от нескольких источников) при условии, если подстилающий разрез – горизонтально-слоистый (одномерный). Этот вопрос в тексте не обсуждается. Также остаётся не раскрытым вопрос о выборе амплитудных коэффициентов  $A_{ij}$ . По-видимому, они должны учитывать не только отношения амплитудных характеристик различных источников, но и геометрическое расхождение.

В целом, после прочтения разделов 2.2-2.3 остаётся достаточно много вопросов, которые следовало бы разъяснить в диссертации.

При выборе вида преобразования данных для осуществления инверсии, в качестве «меры разреженности» преобразования используется скорость убывания коэффициентов. Это не вполне корректно, значения имеет не скорость убывания коэффициентов, а качество реконструкции сигнала в зависимости от числа коэффициентов, использованных для реконструкции (не обнулённых).

Несмотря на указанные моменты, разработанный алгоритм с очевидностью успешно решает поставленную задачу, что демонстрируется результатами тестирования на имитационных (глава 3) и полевых (глава 4) данных.

Имитационные данные основаны на разумных предположениях о методике съёмки. Особую ценность имеет опробование алгоритма на данных ОМР (глава 4), со всеми их особенностями, не укладывающимися в изначальные предположения. Автору потребовалось проявить определённую изобретательность с целью дополнения недостающих данных и приведения всего массива к виду, пригодному для применения алгоритма.

В качестве пожелания к диссертационной работе, которые автор может принять во внимание в дальнейшей работе, можно высказать необходимость исследований оптимальных параметров алгоритма. Например, интересно как на качество результата и скорость сходимости повлияет изменения закона, по которому уменьшается пороговое значение  $\tau$ . Возможно такие исследования уже были проведены, но остались за пределами текста диссертации. С другой стороны следует отметить, что алгоритм обладает высокой степенью адаптивности благодаря процедуре автоматического выбора порога  $\tau$ , что составляет его сильную сторону.

Работа написана хорошим литературным языком, хорошо иллюстрирована. В качестве технического замечания следует указать на наличие орфографических ошибок.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.9. Геофизика (технические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Казанин Геннадий Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

**Официальный оппонент:**

доктор физико-математических наук, академик РАН, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук

**ТИХОЦКИЙ Сергей Андреевич**

12.12.2025 г.

Контактные данные:

тел.:

e-mail:

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.10. Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Адрес места работы: 123242, г. Москва, ул. Бол.Грузинская, д. 10, стр. 1.  
ИФЗ РАН.

Тел. +7(499)766-46-56

e-mail: sat@ifz.ru

Подпись *Тихоцкого С.А.*  
**УДОСТОВЕРЕНИЕ**  
Зав. канцелярией ИФЗ РАН

*12.12.2025г.*