

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Чугаева Александра Валентиновича** «**Теоретические основы и практика малоглубинных скважинных сейсмических исследований при эксплуатации месторождений водорастворимых полезных ископаемых**», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности:

2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Представленная работа является плодом многолетних научных исследований и производственной деятельности, что отражено в списке литературы и апробаций.

Представленный автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации.

Актуальность работы.

Не вызывает никаких сомнений. Малоглубинные скважинные сейсмические исследования на современном уровне развития аппаратурно-методической базы и программного обеспечения обладают огромным потенциалом получения информации о массиве пород. Однако, специфика именно малоглубинных исследований, требования к достоверности и точности результатов наблюдений в трехмерно неоднородном массиве при возможности в большей степени управлять характеристиками источника колебаний и использования более высокочастотного диапазона сейсмических волн не позволяют просто перенести развитые методики вертикального сейсмического профилирования из нефтеразведочной области в область малых глубин, где возможна работа и по просвечиванию массива. Автор диссертации проделал большую работу по анализу и учёту специфики малых глубин, рассмотрев многие преимущества и возникающие затруднения в сравнении с традиционными методиками скважинных сейсмических наблюдений. Анализ атрибутов различных классов и типов волн позволил автору извлекать дополнительную информацию из записей сейсмического поля.

Другим аспектом работы, определяющим ее актуальность, является то, что многолетняя работа проводилась непосредственно на стратегически значимом объекте народного хозяйства на территории Пермского края, Верхнекамском месторождении солей (ВКМС). Результаты работы автора, нацеленные в том числе и на безопасность горных работ на месторождениях калийных солей вообще, непосредственно внедрялись и внедряются в производственные процессы на ВКМС.

Научная новизна

Научная новизна работы сформулирована автором в шести пунктах. Все приведенное в этом перечне безусловно является новым и в целом определяют те новые подходы,

проработанные от теоретических представлений, доведенные до практических инструментов, с помощью которых получены автором убедительные результаты.

Большим достижением автора, новым словом по сути и по воплощению является вовлечение в анализ волнового поля очень сложно-построенного интерференционного поля преломленных и преломлено-отраженных волн.

Совершенно новым является область использования прямых волн и гидроволн в единственной скважине на площадке наблюдений ОГТ.

Новые подходы автора, новые исследования и эксперименты автора посвящены применению оптоволоконных приемников в сейсморазведке. Дело в сейсморазведке вообще новое. Готовых решений и широко апробированных методик применения оптоволоконных датчиков в сейсморазведке нет. Свойства, характеристики и возможности оптоволоконной регистрации не изучены. На этом фоне работа автора диссертации представляет собой большой шаг вперед.

Практическая значимость работы

Практическая значимость работы состоит, прежде всего, в том, что разработки А.В. Чугаева вполне успешно применяются при решении конкретных и остро стоящих задач при разведке, строительстве подземных технологических сооружений и в процессе разработки месторождения калийных солей. Среди этих задач контроль формирования льдопородного ограждения при строительстве шахтных стволов, обнаружение и картирование разрывных нарушений, наблюдения в зонах ускоренных оседаний, мониторинг аварийных участков и т.п.

Однако, на мой взгляд, этим не исчерпывается практическая значимость работы, поскольку, научные достижения автора имеют совершенно практическую значимость для развития теоретической, методической и практической основ сейсмоакустических скважинных детальными инженерными исследованиями вообще, а не только в условиях конкретной ситуации месторождения калийных солей.

Глава 1. Посвящена традиционно анализу работ предшественников в области развития и применения сейсмических скважинных методов в широком диапазоне задач, глубин скважин и геологических ситуаций. В результате автор сопоставил то, что сделано другими с результатами собственных исследований. Поэтому в этой главе, в разделе посвященном современным работам закономерно появляются в ссылках и работы автора диссертации. При этом, становится понятной с самого начала роль представленной работы и задачи, которые решает автор в специфических условиях малых глубин. Здесь же очерчивается круг теоретических разработок. Так, в качестве примера, можно упомянуть задачу вовлечения в анализ преломленных волн при межскважинных просвечиваниях, что

предшественниками вообще не рассматривалось, либо эти волны рассматривались как помеха, маскирующая первые вступления при просвечивании. На мой взгляд, это одна из наиболее интересных задач, упомянутых в первой главе.

Из рассмотрения практических задач сейсмического контроля породного массива автор, фактически определяет две модели. Первая модель сейсмогеологического строения массива с особенностями именно месторождения калийных солей и вторая модель – модель распространения сейсмических волн в данной сейсмогеологической модели среды. Отсюда автор формулирует задачу развития ОГТ в наземном и, особенно, в скважинном варианте, при котором более или менее привычные волновые поля в малоглубинном наземном варианте искажаются до неузнаваемости. Примером этому могут служить некоторые опубликованные работы автора.

В разделе 1.3 Основные задачи сейсмического контроля породного массива. Автор формулирует результат литературного обзора в виде перечня задач своей работы, необходимых для разработки технологических решений для практических приложений на Верхнекамском месторождении солей.

На мой взгляд, на этом заканчивается, можно сказать, традиционная часть, которой посвящена первая глава - критический анализ работ предшественников - описание насущных, но не решенных вопросов – свое видение выхода из этого положения - формулировка задач исследования автора.

Александр Валентинович поступил иначе. В этой же главе автор представляет конкретные условия места действия на примере конкретной соляной залежи и далее приводит описание инструментов, с помощью которых он решает ранее сформулированные задачи. Сюда относятся описание аппаратного комплекса и оборудование наблюдательных скважин, вопросы математического моделирования и сравнительный анализ синтетических и реальных волновых полей. После этого, приведена подробная оценка разрешающей способности сейсморазведки для разных частей волнового поля, которые в дальнейшем рассматриваются как информационные сигналы.

По моему мнению, это демонстрация принципиального подхода автора – в данной описанной геологической ситуации, с данными описанными сейсмическими средствами и подходами провести большую работу по оценке того, насколько информативными будут сейсморазведочные методы для решения поставленных задач. Это большая заслуга автора. Не секрет, что чаще всего разрешающие способности геофизических методов вообще производителями работ не оцениваются, либо оцениваются неверно.

Выводы к главе 1 полностью обоснованы в тексте главы.

Глава 2. Методические решения при проведении скважинных сейсмических исследований. Стр.41- 115.

Эта глава посвящена разработке и реализации трех направлений, сформулированных автором в преамбуле к главе. Это получение изображений межскважинного и околоскважинного массива с помощью анализа отраженных волн при межскважинном просвечивании. Это изучение и использование преломленных и головных волн при межскважинном просвечивании. Это получение информации из данных сейсмоакустического каротажа водонаполненных скважин.

Анализом отраженных волн при межскважинном просвечивании занималось вообще не очень большое число исследователей. В работе соискателя весьма полно и системно проведен анализ возможностей получить изображение среды. Для модели среды, представленной в первой главе, и при условии того, что забой скважин находится выше кровли высокоскоростного пласта, проведено полноволновое моделирование сейсмограмм. На основании рассмотрения всех трех видов сортировок ОПВ, СЛН и ЛРУ выработаны приемы выделения целевых волн и составлена таблица конфигураций годографов разных классов волн. Фактически, создан ключ к пониманию или расшифровке реального волнового поля на основе кинематических признаков волн после подавления волн, не принимаемых в качестве полезных на данной стадии обработки. С помощью этого инструмента, в частности, автор проводит анализ кинематики и динамики отраженных волн в надсолевой толще и отражений от границ в толще солей. При окончательном получении изображения среды в поле отраженных волн, автор строго следует своему развиваемому подходу – количественная оценка результата на каждом шаге обработки, проверка локального результата полноволновым моделированием и оценка разрешающей способности через объемы Френеля в зависимости от типа волн, расстояний от источника и приемника до области отражения. При этом, автор формулирует возникающие вопросы как направления дальнейших исследований.

Второе направление, изложенное в этой главе связано с анализом и использованием поля головных преломленных волн. Этой частью волнового поля с точки зрения оценки динамики, суммирования и получения изображений среды вообще мало кто занимался. Тем более, при межскважинных просвечиваниях, хотя контрастные границы распространены в геологической среде довольно широко и не только при наличии солевых пластов.

Здесь автор строго следует своей методологии исследования и это приводит к целому ряду положительных и очень интересных результатов. Кроме того, что решается поставленная задача получения изображения межскважинного межскважинного и

околоскважинного пространства, используется свойство головных волн нести информацию о физико-геологических аномалиях – прежде всего о трещиноватых, неоднородных областях на пути их распространения. Сюда можно отнести и положение субвертикальных трещиноватых зон и других нарушений. Обработка поля преломленно-отраженных волн позволила автору локализовать положение субвертикальных зон в разрезе. Весьма показателен соответствующий рисунок в работе, где эти зоны нанесены на результаты межскважинной томографии. Отчетливо видно, что само по себе томографическое обращение при межскважинном просвечивании не несет в себе признаков субвертикальных нарушений.

Выводы к главе 2 полностью обоснованы и, фактически, представляют собой формулировку направлений дальнейших исследований при расширении круга сейсмогеологических ситуаций, где может быть применен разработанный автором подход.

Глава 3 посвящена применению распределенных оптоволоконных датчиков при скважинных сейсмических исследованиях. Это направление в регистрации сейсмических сигналов в настоящее время чрезвычайно быстро развивается несмотря на то, что как теория, так и практика применения оптоволоконных датчиков не могут в настоящее время ответить на вопросы о динамических характеристиках регистрируемых сигналов, диаграммах направленности и других физико-геометрических особенностях оптоволоконных акустических систем.

После обзора литературных источников, как зарубежных, так и отечественных, автор приходит к выводу об абсолютно неизведанном поле исследований свойств оптоволоконных датчиков в диапазоне частот выше 300 Гц. Тогда как малоуглубинные исследования в скважинах с применением электроискрового источника колебаний занимают частотный диапазон до 2000 Гц.

Приведенные далее очень детальные и логически выстроенные исследования оптоволоконных датчиков в условиях малоуглубинных межскважинных просвечиваний с их спецификой позволили автору сформулировать выводы к главе 3. Эти выводы, с учетом сделанных автором предложений по конструкции датчиков, можно считать методическими рекомендациями, снабженными количественными характеристиками, по применению оптоволоконных датчиков в малоуглубинной скважинной сейсморазведке.

В **главе 4**, в вводной части дана характеристика объектов исследования на месторождениях водорастворимых полезных ископаемых. Показаны строение объекта исследований и процессы природного и техногенного происхождения. Сформулированы технологические задачи конструктивных преобразований массива, например, создание льдопородного ограждения.

Далее, последовательно и подробно автор описывает применение малоглубинных скважинных исследований на основе собственных разработок, составляющих предыдущие главы. Так в описании технологии скважинного мониторинга сохранности водозащитной толщи. В скважинах ежегодно проводится полный комплекс скважинных исследований, включающий вертикальное сейсмопрофилирование, межскважинное просвечивание, скважинное профилирование ОГТ, акустический и сейсмический каротаж. По мнению автора на основе проводимых работ в конкретных условиях наиболее информативным методом является межскважинное просвечивание. При этом, активно используются головные волны для уточнения скоростной модели среды восстановление глубинного разреза по данным отраженных волн при межскважинном просвечивании. Особенно интересно сравнение результатов мониторинга природного массива с применением оптоволоконных датчиков – информативность сравнима с результатами применения гидрофонных кос, а технологические преимущества оптоволоконна очевидны. Тем не менее, при анализе и интерпретации результатов обработки в главе 4, возникает несколько замечаний.

1. Совмещение скоростных разрезов ВСП и МСП на рисунке 4.21 не очень убедительно, хотя автор говорит о высокой сходимости результатов опираясь на контрастную границу на глубине 35 м. Выделенная низкоскоростная зона, с которой автор связывает возможные разуплотнения выглядит довольно странно по оси скв.7Б и в пространстве между скважинами 7Б и 7.
2. На рис. 4.24 указано, что изображен результат лучевого моделирования отражений продольных волн от субвертикальных границ в методе ВСП. На самом деле, здесь приведена только лучевая схема волн. Собственно сейсмограмма, на которой выделены оси синфазности указанных волн отсутствует. Это оставляет вопросы, такие как – можно ли увидеть эти волны на синтетической сейсмограмме на фоне других волн, какова модель вертикальной зоны и коэффициент отражения от нее?

Однако, такого рода замечания и вопросы несколько не умаляют глобальных достоинств работы, а лишь показывают частные направления дальнейших исследований

Неформальная общая оценка работы. Диссертационная работа Александра Валентиновича прекрасно построена, логично и убедительно. Каждое положение и результат имеют теоретическое обоснование, проведено моделирование и сравнение с полевыми данными, учтена специфика конкретного разреза и в итоге построен порядок действий для достижения продемонстрированного результата. Очевидно, что при

некоторой адаптации к конкретным условиям, все наработки автора и схемы действий вообще могут быть использованы при анализе результатов малоуглубленных межскважинных просвечиваний и каротажей.

С моей точки зрения, обращать внимание на редакционные и другие мелкие огрехи работы нет смысла. В той области, которой посвящена диссертация, вообще других работ такого уровня нет. Работа заслуживает всяческой поддержки, а автор присуждения искомой ученой степени.

Общая оценка работы.

Диссертационная работа Чугаева А.В. является актуальной, новой и имеет большое значение для практики сейсмических исследований при разведке и мониторинге месторождений калийных солей и вообще развития шахтной сейсморазведки.

Научная новизна представлена в десятках оригинальных разработок, составляющих тело диссертации, отраженных в списке трудов автора и открывающих перспективы для дальнейших научных исследований. Научные положения, выводы и рекомендации обоснованы и подтверждены многочисленными примерами использования разработок автора диссертации при решении практических задач в специфических геологических условиях.

Работа отличается прекрасной проработкой материала, строгой математической логикой изложения и четким обоснованием обобщающих выводов.

Работа написана понятным профессиональным языком, достаточно иллюстрирована и содержит необходимые ссылки, математические выкладки и приложения.

Автореферат соответствует основным идеям и выводам диссертации и достаточно полно отражает ее содержание.

Опираясь на представленные в диссертационной работе результаты, многолетнее использование разработанных автором подходов и технологических приемов, современный уровень разработок и перспективы их развития, можно сказать, что работа представляет собой решение **крупной народно-хозяйственной задачи**.

Работа представляет собой **законченное научное исследование**, результаты которого могут послужить отправными точками дальнейшего развития шахтной сейсморазведки.

Диссертационная работа Чугаева Александра Валентиновича на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические

положения, алгоритмы реализации и технологические схемы, совокупность которых можно квалифицировать как **научное достижение**, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности: 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Заведующий кафедрой сейсмометрии и геоакустики Геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

доктор физико-математических наук, профессор Владов Михаил Львович тел. (495) 939-33-42, E-mail: vladov@geol.msu.ru , vladov_ml@mail.ru

Адрес учреждения: 119234, Москва г., Ленинские Горы ул., 1, офис 523,

Тел. (495) 939-29-70, E-mail: dean@geol.msu.ru

Я, Владов Михаил Львович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

07 ноября 2024 года

 М.Л. Владов

Подпись Владова М.Л. заверяю:

Декан Геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», член- корр. РАН

  Н.Н. Еремин.