

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Чугаева Александра Валентиновича «Теоретические основы и практика малоуглубленных 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»

Актуальность темы диссертации

Современное состояние скважинных сейсмических исследований является результатом многолетнего развития, связанного преимущественно с поиском и разведкой месторождений углеводородного сырья. Методические решения и системы наблюдений преимущественно направлены на поиск газонефтяных ловушек и оценку их геометрической формы. Очевидно, что при разработке месторождения солей перед геофизическими методами стоит существенно отличающийся набор задач.

На Верхнекамском месторождении добыча солей ведется несколько десятков лет, что привело к ряду крупных проблем, для изучения которых широко применяются геофизические методы, в том числе сейсмический метод. Скважинный метод сейсморазведки позволяет получить весьма детальное строение породного массива, при этом методические решения, традиционно применяемые в нефтяной отрасли, требуют адаптации в связи существенными отличиями сейсмогеологических условий и решаемыми задачами.

В связи с этим, диссертационная работа, направленная на создание комплекса методических и технических решений для организации многоволновых сейсмических исследований в скважинах на месторождениях солей, является весьма актуальной.

Научная новизна диссертационной работы Чугаева А.В. связана с разработкой новых методических решений в системах наблюдений межскважинного сейсмического просвечивания и вертикального сейсмопрофилирования, а также практической реализации предложенных методик с целью получения новой информации о геологическом строении изучаемых объектов.

Для условий соляного месторождения предложен способ построения глубинного сейсмического разреза в рамках межскважинного просвечивания. Разработана технология изучения головных преломленных волн, регистрируемых в скважинах, путем накопления с последующим скоростным анализом первых вступлений и миграцией преломленно-отраженных волн.

Для целей мониторинга строительства шахтных стволов разработан комплекс сейсмического контроля ледопородного ограждения, сооружаемого для гидроизоляции конструкции в процессе проходки. Способ основан на совместной интерпретации данных межскважинного просвечивания на

прямых волнах и сейсмического профилирования в скважинах на отраженных волнах.

Система скважинного онлайн мониторинга позволяет контролировать состояние верхней части разреза, а также основания зданий и сооружений в зонах развития опасных техногенно-геологических процессов.

Структура, содержание диссертации и ее завершенность

Рассматриваемая диссертационная работа представлена в виде рукописи, подготовленной в соответствии с требованиями ВАК Министерства образования и науки РФ. Диссертация состоит из 4-х глав, введения, заключения и списка литературы, изложена на 247 страницах, содержит 159 рисунков и 8 таблиц. Список литературы содержит 280 наименований.

Во *введении* сформулированы актуальность работы, цель, задачи исследований, научные положения, выносимые на защиту, научная новизна, практическая ценность работы.

В *первой главе* приведена краткая история развития скважинных акустических и сейсмических методов и современное состояние проблематики. На основании решения прямых задач выявлены основные направления скважинных сейсмических исследований на Верхнекамском месторождении калийных солей (ВКМКС), требующие развития.

Во *второй главе* рассмотрены новые методические решения, основанные главным образом на изучении отраженных и преломленных волн. Для условий ВКМКС разработан способ получения глубинного сейсмического разреза с помощью отраженных волн при проведении межскважинного сейсмического просвечивания. Изучены возможности применения головных преломленных волн, регистрируемых в скважинах, на основании чего предложены способы получения сейсмических изображений и структурно-физических характеристик массива.

На основании специального алгоритма суммирования головных волн получена возможность выделения на сейсмограммах преломленно-отраженных волн и картирования с их помощью субвертикальных зон с контрастными акустическими свойствами.

Совместная интерпретация данных межскважинного сейсмического просвечивания и скважинного профилирования ОГТ дает возможность контролировать процесс замораживания горных пород при проходке шахтных стволов и определять толщину сформировавшегося ледопородного ограждения.

Для различных систем наблюдения обоснован способ оценки разрешающей способности и получены конкретные численные значения для предложенных методических решений и способов получения новой сейсмогеологической информации.

В *третьей главе* рассмотрена возможность внедрения технологии волоконно-оптических измерительных систем для проведения скважинных сейсмических исследований.

В результате изучения волоконно-оптических сейсмических сенсоров получена амплитудно-частотная характеристика оптоволоконной системы с применением прямого и спирального волокна в аналитическом и графическом виде.

Проведено сравнение формы сигналов оптоволоконной системы и гидрофонов, показано совпадение полезных сигналов с удовлетворительной точностью. Экспериментальное сравнение сейсмограмм, полученных прямым и спиральным волокном, демонстрирует существенно различие сигналов и целесообразность применения того или иного типа волокна в зависимости от решаемых задач.

В *четвертой главе* приведены наиболее показательные практические примеры решения инженерно-геологических задач. На ВКМКС выделено несколько основных типов объектов. К наиболее важному типу отнесены участки, связанные с аварийными ситуациями. На одном из таких участков реализован наиболее полный комплекс скважинных исследований, включающий межскважинное просвечивание с обработкой прямых, отраженных и преломленных волн. Исследования ведутся в мониторинговом режиме. На этом же участке опробована система мониторинга, включающая волоконно-оптическую измерительную систему с активным источником колебаний. Такая система призвана решать задачу оперативного выявления изменения упругих свойств контролируемой территории.

К другому типу объектов исследования скважинными сейсмическими методами относятся зоны ускоренного оседания земной поверхности над шахтными выработками. Здесь скважины бурятся с учетом предыдущих наземных исследований, и выделенных аномалий волновых полей. Скважинные исследования помогают уточнить причину таких аномалий и сейсмогеологическое строение.

Предлагается применение комплекса скважинных сейсмических исследований для контроля строительства шахтных стволов способом замораживания породного массива. Комплекс методов, включает межскважинное просвечивание и способ скважинного профилирования по методике ОГТ.

Кроме наблюдений с поверхности земли приведены результаты исследований в скважинах, пробуренных из шахтных выработок. Здесь отмечается более широкий частотный спектр полезного сигнала чем при наземных исследованиях. Совместный анализ скоростной характеристики и разреза по отраженным волнам позволил выполнить геологическую интерпретацию.

В *заключении* в сжатом виде сформулированы результаты работы.

Значимость для науки и практики

С практической точки зрения предложенный комплексный подход к обработке скважинных сейсмических материалов существенно расширяет интерпретационные возможности метода.

Значимым результатом является технология построения глубинного сейсмического разреза, получаемого в системе наблюдений межскважинного просвечивания, в том числе для сейсмогеологических условий соляного месторождения.

Вовлечение в процесс обработки преломленных и преломленно-отраженных волн является весьма оригинальной идеей и позволяет подсвечивать массив с недоступных ранее углов и картировать вертикально-ориентированные границы.

Отдельного внимания заслуживает комплекс скважинных методов, выполняемый при строительстве шахтных стволов и тоннелей.

Система скважинного мониторинга инженерно-активной зоны выполняемая с применением передовой технологии оптоволоконных датчиков обеспечивает непрерывность ведения сейсмического наблюдения и существенно повышает оперативность реагирования в аварийных зонах, где возможны резкие изменения горно-геологической ситуации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

На защиту выносятся пять научных положений, которые раскрываются и научно обосновываются в тексте диссертации. Выводы диссертационного исследования информативны, основаны на полученных в работе результатах теоретических и экспериментальных исследований.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается соответствием результатов, получаемых на основе аналитических решений, с численным моделированием, большим количеством экспериментальных скважинных сейсмических исследований, совпадением с результатами наземных сейсмических исследований и с другими априорными геолого-геофизическими данными.

Соответствие содержания автореферата основным научным положениям диссертации

Автореферат написан доступным и одновременно инженерно-грамотным языком. Содержание автореферата полностью отражает и обосновывает заявленные научные положения.

Публикации по теме работы

По теме диссертации опубликовано 38 работ, из которых 18 относятся к международным системам цитирования (Scopus и WoS), 14 опубликовано в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ. Зарегистрировано 3 патента на изобретения.

Замечания и вопросы по содержанию и оформлению диссертации

В ходе знакомства с работой возникли следующие замечания:

1. В работе описаны новые способы получения сейсмогеологической информации, построенные на применении продольных волн. При этом в

материалах, приведенных в работе, в том числе на реальных сейсмограммах неоднократно встречаются волны поперечного типа. Знание скорости поперечных волн могло бы служить основой для оценки физико-механических свойств массива, которая, судя по тексту диссертации, на данный момент не выполняется. Хотелось бы получить разъяснения, какие препятствия существуют для такой оценки.

2. В третьей главе рассмотрена диаграмма направленности кабеля, которая рассчитывается из предположения, что деформация кабеля соответствует деформации среды, в которой он расположен. Это условие не соблюдается в жидких и газообразных средах. Не рассмотрены варианты расположения оптоволоконного кабеля в скважине: внутри обсадной колонны, в заколонном пространстве, в открытом стволе.

3. В четвёртой главе описаны возможности мониторинга способом межскважинного акустического просвечивания. Осталась за рамками исследования возможность мониторинга естественных шумов массива, который позволяет определить зоны генерации шумов, связанных с его ускоренным проседанием.

4. В пункте 4.3.1 показано наличие высокоскоростной волны, распространяющейся по мерзлым грунтам. К данной волне применяется термин «рефрагированная», что представляется не совсем корректным, поскольку при замерзании пород изменение скорости в среде является скачкообразным.

Отмеченные замечания не снижают значимости диссертационной работы Чугаева Александра Валентиновича.

Заключение

Диссертационная работа Чугаева Александра Валентиновича на тему «Теоретические основы и практика малоглубинных скважинных сейсмических исследований при эксплуатации месторождений водорастворимых полезных ископаемых», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.3 - «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр», является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработан комплекс методических и технических решений для выполнения малоглубинных скважинных сейсмических исследований, проводимых при эксплуатации месторождений водорастворимых полезных ископаемых, внедрение которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса.

Актуальность темы исследования, научная новизна, достоверность, теоретическая и практическая значимость полученных результатов свидетельствуют о соответствии диссертации требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года (с

добавлениями и изменениями), а ее автор, Чугаев Александр Валентинович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.3 - «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Отзыв составил:

Доктор технических наук по специальности
25.00.10 «Геофизика, геофизические методы
поисков полезных ископаемых», доцент,
директор по промысловой геофизике
ПАО «Пермнефтегеофизика»
Шумилов Александр Владимирович,
Телефон: + 7-951-951-11-22
e-mail: shum5011@gmail.com



А.В. Шумилов

Я, Шумилов Александр Владимирович, согласен на обработку, размещение моих персональных данных и отзыва на диссертацию на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук и в Федеральной информационной системе государственной научной аттестации (ФИС ГНА).

Публичное акционерное общество «Пермнефтегеофизика»,
адрес: 614090, Пермский край, г. Пермь, ул. Лодыгина, д. 34
Электронная почта: pngf@rusgeology.ru

Подпись Шумилова Александра Владимировича заверяю:

15 ноября 2024 г.



В. В. Захареев