

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.121.07 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»

по диссертации на соискание ученой степени

доктора технических наук.

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 19 октября 2017 г. №17/3

О присуждении Ахметсафину Раису Дахиевичу, гражданину России, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Математические решения оценки скоростей и разделения составляющих волн многоэлементного волнового акустического каротажа» в виде рукописи по специальности 25.00.10-«Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» принята к защите 06 июля 2017 г., протокол № 17/2, диссертационным советом Д 212.121.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» Министерства образования и науки Российской Федерации, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, приказ № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель *Ахметсафин Раис Дахиевич*, 1958 года рождения, в 1980 г. окончил Уфимский нефтяной институт по специальности 0639 - «Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Разработка и исследование алгоритмов идентификации нелинейных объектов управления методом моментов» защитил 1987 году, в диссертационном совете, созданном на базе Ленинградского электротехнического института им. В.И. Ульянова (Ленина).

Работает в должности главного технолога Группы анализа и прогнозирования геолого-технических мероприятий ООО «Газпром георесурс» (Газпромгеофизика).

Диссертация выполнена на кафедре Геофизики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный консультант –Афанасьев Виталий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, исполняющий обязанности заведующего кафедрой Геофизики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

Официальные оппоненты:

Владов Михаил Львович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых, профессор, заведующий кафедрой сейсмометрии и геоакустики МГУ имени М.В. Ломоносова.

Козяр Валерий Федорович, гражданин РФ, доктор технических наук, 04.00.12 - Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, главный научный сотрудник ООО «Нефтегазгеофизика».

Максимов Герман Адольфович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, 01.04.06 - Акустика, ведущий научный сотрудник АО «Акустический институт имени академика Н.Н. Андреева» (АКИН).

Ведущая организация - Открытое акционерное общество Научно-производственное предприятие (ОАО НПП "ВНИИГИС") г. Октябрьский, в своем положительном заключении, составленном заместителем генерального директора по научной работе, доктором технических наук, профессором Кнеллером Л.Е. и утвержденном Генеральным директором, кандидатом геолого-минер. наук, Перелыгином В.Т. указала, что:

Актуальность работы обусловлена развитием и широким внедрением аппаратуры многоэлементного волнового акустического каротажа (ВАК) и потенциальными возможностями ее применения для решения геологических

задач. Представленные в работе Р.Д. Ахметсафина решения являются развитием для ВАК метода регулируемого направленного приема (РНП) сейсмических волн, а также метода сембланс, в основе которых лежит «наклонное суммирование» как численная реализация преобразования Радона.

Значимость результатов для науки и производства заключается в том, что предложенные автором математические преобразования позволяют рассчитывать на повышение точности определения скоростей различных типов волн.

Предложенные и разработанные автором математические преобразования рекомендуется реализовать в отечественном программном обеспечении обработки и интерпретации многоэлементного ВАК для оценки скоростей составляющих волн (в том числе с учетом дисперсии), для выделения «чистых составляющих волн».

Диссертация Ахметсафина Р.Д. «Математические решения оценки скоростей и разделения составляющих волн многоэлементного волнового акустического каротажа» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для геофизической науки и практики ВАК как в открытом стволе, так и в обсаженной скважине. Выводы и рекомендации обоснованы, работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Р.Д. Ахметсафин, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.10 - геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Соискатель имеет 80 опубликованных работ, в том числе, по теме диссертации 21 работа, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 16, авторский вклад - 6 п. л.

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

Издания из перечня ВАК:

1. Ахметсафин Р.Д., Булгаков А.А. Дополнительное уплотнение геофизических файлов // НТВ «Каротажник» № 85, 2001. - С. 78-82.
2. Ахметсафин Р.Д., Булгаков А.А. Частотно-временное разделение волн аку-

- стического каротажа // НТВ «Каротажник» № 90, 2002. - С. 46-50.
3. Ахметсафин Р.Д., Булгаков А.А. Сжатие данных при акустическом каротаже // НТВ «Каротажник» № 90, 2002. - С. 51-56.
4. Сулейманов М.А., Семенов Е.В., Иванов В.Я., Ахметсафин Р.Д. Комплекс АМК-2000 для контроля технического состояния и качества цементирования скважин // НТВ «Каротажник». Вып.111-112, 2003, - С. 39–53.
5. Ахметсафин Р.Д., Ардаширов А.Р., Булгаков А.А., Габдрахманов И.Р., Дворкин В.И., Иванов В.Я., Сулейманов М.А., Служаев В.Н., Лаздин А.Р. Автономная геофизическая система «Горизонталь» с доставкой на бурильных трубах // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2005. №10–11. - С. 39–46.
6. Ахметсафин Р.Д., Булгаков А.А. О сжатии двумерных геофизических данных // НТВ «Каротажник». – №10-11, 2005. – С. 187-193.
7. Ахметсафин Р.Д., Дубинский В., Паттерсон Д. Метод разделения волн волнового акустического каротажа с помощью преобразований Радона и Гильберта // НТВ «Каротажник», №11 (164), 2007. -С. 82-96.
8. Ахметсафин Р.Д., Дубинский В., Паттерсон Д. Метод Гильберт-сембланс. Обработка данных акустического каротажа // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (9). - С. 919-925.
9. Ахметсафин Р.Д. О возможности многоэлементного акустического каротажа для подавления эффекта «звенящей» колонны // Геофизика, 2009, № 1, - С. 44-47.
10. Ахметсафин Р.Д. Цифровая фильтрация акустических массивов волнового каротажа // НТВ «Каротажник», №9(231), 2013, - С. 110-116.
11. Ахметсафин Р.Д., Ахметсафина Р.З. Статистические методы оценки времен первых вступлений по записям волнового акустического каротажа // НТВ «Каротажник». 2014. № 4 (238). - С. 54-60.
12. Ахметсафин Р.Д. Алгоритмические основы сейсмолокации бурового долота. // НТВ «Каротажник», №5(239), 2014, - С. 67-73.
13. Ахметсафин Р.Д., Ахметсафина Р.З. О повышении разрешающей способности трехэлементных зондов акустического каротажа // Геофизика. 2014. № 6. - С. 58-61.

14. Ахметсафин Р.Д. Применение разложения Карунена-Лоэва для фильтрации меры когерентности многоканальных записей акустического каротажа // Геофизика. 2015. № 1. - С. 78-81.

15. Ахметсафин Р.Д., Ахметсафина Р.З. Две вычислительные реализации фильтрации по кажущимся скоростям массивов записей многоэлементного волнового акустического каротажа // Геофизика, 2016, № 3. - С. 78-84.

16. Ахметсафин Р.Д., Ахметсафина Р.З. Сембланс – инструмент оценки скоростей составляющих пакета волнового акустического каротажа // НТВ «Каротажник». – 2016. - №8 (266). - С. 98-118.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов: от главного научного сотрудника Лаборатории 202 федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли имени О.Ю. Шмидта (ИФЗ РАН), докт. физ-мат. наук Баюк И.О.; директора по науке ООО «Геолаб», докт. физ-мат. наук Денисова М.С.; заместителя директора Корпоративного центра исследования пластовых систем (керна и флюиды) ООО «Вниигаз», докт.тех.наук Рассохина С.Г.; заместителя генерального директора ООО «РН-УфаНИПИнефть», докт. физ-мат. наук, профессора Байкова В.А.; профессора кафедры Геофизических методов поисков и разведки ФГБОУ ВО «КубГУ», докт.тех.наук, профессора Гуленко В.И.; заведующего кафедрой геофизики ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» докт. физ-мат. наук, профессора Костицина В.И.; директора по промышленной геофизике ПАО «Пермьнефтегеофизика», доцента кафедры геофизики ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» канд. тех. наук Шумилова А.В.; профессора кафедры геофизических информационных систем РГУ Нефти и газа им. И.М. Губкина, докт. тех. наук Стрельченко В.В.

В отзывах имеются замечания:

Байков В.В.

- Утверждение, что сингулярное разложение (аппроксимация матрицей меньшего ранга) связано с разложением Карунена-Лоэва, является предметом научной дискуссии.

- Элементы исходной матрицы сембланс по определению находятся в интервале $[0 - 1]$. После аппроксимации матрицы сембланс матрицей меньшего ранга элементы (результатирующей) могут быть вне этого интервала.

- Из автореферата не следует, как конечное количество групп приемников (в современных многоэлементных приборах ВАК их 4, 6, 8, 16) связано с восстанавливаемостью сигналов при численной реализации прямого и обратного преобразования Радона.

Баяк И.О.

- В тексте автореферата есть незначительные технические недоработки – опечатки, деепричастный оборот без окончания предложения. На рисунке 2 все графики помечены буквой «а».

Денисов М.С.

- Преобразование Радона является интегральным преобразованием. Сейсмограмма, зарегистрированная в результате акустического каротажа, дискретна по временной и пространственным координатам. Следовательно, необходимо аппроксимировать интеграл суммой. При каких условиях это возможно? (Очевидно, что делать это можно далеко не всегда). Какие ограничения накладываются на сигнал. К сожалению, в автореферате ответов на эти естественно возникающие вопросы я не нашел. Вместо этого приводятся рассуждения, что при реализации преобразования не t -, а в w - области якобы «исчезает» интерполяция и численное дифференцирование. С этим нельзя согласиться. Эти процедуры применяются, но опять-таки неявно. Действительно, интерполяция в спектральной области тождественна интерполяции в области времени по методу Котельникова, при этом в спектральной области возникают дополнительные проблемы такой реализации, связанные с эффектом циклической свертки, т.к. интерполятор Котельникова оказывается инфинитной функцией. Это же относится к процедуре дифференцирования.

- Влияние условий контакта приемной аппаратуры со стенками скважины приводит не только к искажению динамики сигнала, но и разбросу времен их вступления. Эта ситуация очень похожа на ту, с которой мы имеем дело при оценивании и коррекции статических поправок в сейсморазведке. До применения каких-либо многоканальных фильтров необходимо скорректиро-

вать кинематические вариации сигнала, обусловленные этими факторами. Считаю этот вопрос принципиально важным, но, к сожалению, не нашел в автореферате никаких комментариев на эту тему.

Стрельченко В.В.

- В работе, судя по автореферату, не рассмотрен вопрос о специфике проведения ВАК в низкоскоростном разрезе.
- В работе не рассмотрен вопрос об оптимальном числе каналов в аппаратуре ВАК при решении различных задач.

Шумилов А.В.

- В автореферате не представлен масштаб внедрения разработанных решений.
- Нет сопоставлений разработанных решений с теми решениями, которые реализованы в современных программных системах обработки данных ВАК (например, широко распространенной в Российской Федерации и ближнем зарубежье «Модульной системы обработки и интерпретации данных геофизических исследований скважин» (Соната)).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в соответствующей отрасли наук и наличием у оппонентов публикаций в соответствующей сфере исследования, широкой известностью ведущей организации своими достижениями в соответствующей отрасли наук и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана новая научная идея, обогащающая научную концепцию предложенную Л.А. Рябинкиным в 1957 году (известную как регулируемый направленный прием) и наклонное суммирование (F. Rieber), и позволяющая решать три актуальные задачи обработки результатов волнового акустического каротажа – оценка скоростей составляющих волнового пакета, фильтрацию составляющих волн по скорости их распространения и коррекцию скоростей составляющих на дисперсию;

- *введена* новая формула для оценки меры когерентности сигналов по приемникам многоэлементной аппаратуры волнового акустического каротажа – названа автором как Гильберт сембланс;

- *предложен* нетрадиционный подход к фильтрации в $(\tau-p)$ -области, основанный на аппроксимации матрицы значений сембланс матрицей меньшего ранга;

- *предложены* две вычислительные реализации фильтрации массивов записей волнового акустического каротажа по скорости распространения составляющих на основе прямого/обратного преобразования Радона – в $(\tau-p)$ -области и в $(f-p)$ -области;

- *предложено* дополнять сембланс в $(\tau-p)$ -области «спектральным» сембланс в $(f-p)$ -области – такое дополнение позволяет оценить влияние дисперсии составляющих волн и «аляйсинг» (проявления несинфазного накопления при преобразовании Радона);

- *предложена* вычислительная реализация формулы дисперсионного сембланс $(\tau-p)$ -области;

- *предложена* оригинальная идея опорной частоты приведения скорости диспергирующей волны Стоунли (2 кГц);

- *доказана* перспективность применения методов сембланс, фильтрации по скорости распространения и коррекции на дисперсию составляющих пакета многоэлементного волнового акустического каротажа.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- *изучено* влияние длины окна усреднения на разрешающую способность метода сембланс;

- *изучена* связь между количеством наблюдаемых составляющих и рангом матрицы значений сембланс;

- *изучены* факторы проявления дисперсии составляющих волн на оценку скоростей составляющих волн;

- *изучены* факторы проявления аляйсинг-шумов при прямом и обратном преобразовании Радона;

- *проведена* модернизация применяемого в настоящее время алгоритма расчета дисперсионного сембланс в p -области до расчета в $(\tau-p)$ -области.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что *разработаны* и внедрены:

- методика оценки скоростей составляющих волн по пикам Гильберт сембланс,
- методика фильтрации массивов записей по скорости распространения составляющих;
- методика коррекции оценки скоростей составляющих на дисперсию.

Все разработанные математические решения представлены в виде открытых MATLAB кодов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- *разработанные* решения являются развитием методов обработки сейсмических записей и записей волнового акустического каротажа, в основе которых лежат интегральные преобразования Фурье, Гильберта, Радона и Карунена-Лоэва, принятые допущения корректны;
- *качественное* и количественное совпадение авторских результатов по Гильберт сембланс с результатами традиционного сембланс в случаях, где нет значительного (наложения) интерференции составляющих волн;
- *качественное* и количественное совпадение авторских результатов по обработке каротажа в процессе бурения в условиях высокой волны по корпусу прибора с последующим каротажом на кабеле;
- *качественное* и количественное совпадение авторских результатов с традиционным методом по обработке каротажа через обсадную колонну в условиях хорошего сцепления цемента колонной и породой;
- *качественное* и количественное совпадение авторских результатов по дисперсионному сембланс в (τ - p) области с известной реализацией дисперсионного сембланс в p -области.

Личный вклад соискателя состоит в:

- в постановке и реализации научных решений в области математического обоснования алгоритмов выделения и оценки акустических волн различной физической природы в регистрируемых аппаратурой ВАК акустических сигналах, подверженных значительным искажениям разнообразными

шумами вследствие нестационарно изменяющихся условий измерения зондами скважинной аппаратуры;

- непосредственном участии соискателя в разработке математических решений и их программной реализации;

- выполненных лично автором обработке и интерпретации экспериментальных данных;

- выполненных лично автором подготовках публикаций по исследованной проблеме.

На заседании 19 октября 2017 года диссертационный совет принял решение присудить *Ахметсафину Раису Дахиевичу* ученую степень *доктора технических наук*.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 9 докторов наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, оказалось в урне бюллетеней- 14, проголосовали: «за» присуждение ученой степени- 13, «против» присуждения ученой степени - нет, «недействительных» бюллетеней -1.

Прел

Заме

д.ф-м.н

Ученый сек

к.т.н., доцент

ч диссертационного совета,

ч диссертационного совета

_____ А.Д. Каринский

ного совета

_____ В.В. Романов

19 октября 2017 г.