

В.И. Самойлова

**ШПАРГАЛКА ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ
РАБОТАТЬ НАД КАНДИДАТСКОЙ ИЛИ
ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИЕЙ**

**НОВОСИБИРСК
2025**

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИМ. А.А. ТРОФИМУКА

В.И. Самойлова

ШПАРГАЛКА ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ РАБОТАТЬ НАД
КАНДИДАТСКОЙ ИЛИ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИЕЙ

Справочно-методическое пособие под редакцией
ак. М.И. Эпова

Новосибирск

2025

УДК 378.245 (07)

ББК 72.5 я 7

С 173

В.И. Самойлова

Шпаргалка для начинающих работать над кандидатской или докторской диссертацией: справочно-метод. пособие / В.И. Самойлова; Сиб. отд-ние РАН, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. - Новосибирск: 2025. - 42 с.

Пособие предназначено соискателям ученой степени кандидата или доктора наук, членам диссертационных советов, научным руководителям и научным консультантам. Кроме того, с определенной поправкой оно может стать хорошим ориентиром для студентов вузов, начинающих исследователей, при подготовке выпускной квалификационной работы, а также для их научных руководителей.

Это пособие появилось благодаря к.ф.-м.н. Дмитрию Евгеньевичу Аюнову: побуждал к действию, убеждал в его необходимости, продумывал структуру, обсуждал формулировки и многое другое. Автор ценит его всестороннюю помощь и выражает особую признательность.

Утверждено к печати на заседании Ученого совета
Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН.

УДК 378.245 (07)

ББК 72.5 я 7

© В.И. Самойлова, 2025

© Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 2025

ПРЕДИСЛОВИЕ

Этот небольшой текст предлагает методическую помощь в написании диссертации. Он составлен из трех относительно самостоятельных частей:

Первая, основная часть, поможет сформулировать название работы, написать введение и заключение, выстроить логику основного текста диссертации.

Вторая часть - это краткий словарь (*Приложение 1*), назначение которого, с одной стороны, внести ясность и различие в такие понятия, как «объект», «предмет», «цель», «научная задача» и т.д. С другой - разобраться в том, как эти понятия соотносятся друг с другом в общей структуре научного исследования.

Третья часть предлагает примеры достаточно удачных формулировок из диссертаций защитившихся коллег (*Приложение 2*). Хотя в приводимых примерах объект исследования преимущественно геолого-геофизический, в целом формат квалификационной работы и единство научного подхода оставляет эти примеры столь же полезными и соискателю другой специальности.

ЧТО ТАКОЕ ДИССЕРТАЦИЯ?

Диссертация - это научная квалификационная работа [1]. Она показывает уровень квалификации соискателя ученой степени, свидетельствует о личном вкладе диссертанта в науку.

ЧЕМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ НАУЧНАЯ КВАЛИФИКАЦИЯ ДИССЕРТАНТА?

1. Знанием на современном уровне теории в своей области науки, на которой основывается решение поставленной задачи.

2. Знанием общенаучных и специальных методов [2], таких как:

- наблюдение (в частности, мониторинг параметров объекта);
- различные виды анализа (например, численный, скоростной, спектральный, химический, литологический и др.);
- моделирование теоретическое (компьютерное, математическое, численное и др.) и экспериментальное (используются предметные модели).

К критериям квалификации относится знание и применение проверочных методов:

- сравнительный анализ используемых методов с известными по разным характеристикам (масштабируемости, разрешающей способности, устойчивости, сходимости, вычислительной эффективности и т.д.). Суть этого метода - в выявлении

преимуществ, недостатков используемого в диссертации подхода;

- сопоставление (определение сходимости результатов, полученных разными способами);
- тестирование и верификация (например, на моделях, на специальных программах).

3. Научная квалификация диссертанта определяется эрудицией (начитанностью) в области исследования и в смежных областях, представлением о мировых тенденциях в разработке новых наукоемких технологий в обработке результатов измерения, (например, для построения глубинных изображений, для решения прикладных задач).

4. Высокая культура научной речи. В научной работе используется научный стиль речи. Не допускается использовать профессионализмы и сленг. Для научной речи характерны терминологичность и аргументированность, информативность и лаконичность. Слабым местом многих работ являются общие фразы. Научный текст - не перечень или сумма деклараций. Это научный труд в форме рассуждения, в котором все мысли должны быть логически связаны, а его структура обоснована и логически непротиворечива.

5. Быть творческим – это самый важный квалификационный критерий: предложить новое, оригинальное решение научной

задачи, выгодно отличающееся от известных и имеющее ряд преимуществ

(см. образец заключения в *Приложении 2*).

ЧЕМ ОТЛИЧАЕТСЯ КАНДИДАТСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ ОТ ДОКТОРСКОЙ?

Кандидатская диссертация представляет собой квалификационную работу, содержанием которой является новое решение одной *научной задачи* (развернутый ответ на один поставленный вопрос) или новая разработка (программно-алгоритмическая, техническая или методическая).

В *докторской* диссертации решается *научная проблема*. Проблема – это сложный вопрос, т.е. состоящий из нескольких вопросов, не только тесно связанных друг с другом, но и создающих новый уровень знания. Для защиты квалификации доктора наук достаточно решения проблемы, состоящей из 3-4 задач. Можно сказать, что докторская работа содержит несколько кандидатских, объединенных общим замыслом.

В докторской диссертации могут быть представлены к защите новые научно обоснованные технические, технологические или иные разработки и решения, а также совокупность теоретических положений [1].

СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ

Текст диссертации оформляется в соответствии с ГОСТами [3, 4 и др.] и включает следующие структурные элементы:

- *Титульный лист с названием диссертации*
- *Оглавление*
- *Введение*
- *Основное содержание (главы)*
- *Заключение*
- *Список литературы*
- *Приложение (дополнительный материал по исследованию)*

НАЗВАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Оценка научной квалификации соискателя начинается с названия диссертации. Оно состоит из двух значимых частей:

- 1) включает формулировку решаемой задачи – в кандидатской (формулировку решаемой проблемы - в докторской) и
- 2) индивидуальность решения, выгодно отличающегося от известных на сегодня современных решений/разработок.

В названии не рекомендуется использовать слова «исследование», «изучение», поскольку они обозначают процесс, а не научный продукт, полученный в результате решения задачи или проблемы (см. в «*Примерах формулировок из кандидатских и докторских диссертаций*», Приложение 2).

ВВЕДЕНИЕ

Введение и *Заключение* в диссертации – важные разделы. Однако очень часто их слабым местом являются общие, стертые от многократного употребления фразы. К этим разделам нельзя подходить формально. В первую очередь именно по ним специалисты оценивают, насколько интересна и значима работа, по ней судят о квалификации соискателя.

Введение представляет собой логически выстроенную цепочку ключевой информации о работе. Оно включает следующие структурные элементы:

- *объект и предмет исследования;*
- *актуальность работы (обоснованная необходимость в решении этой задачи/проблемы);*
- *цель исследования;*
- *решаемая научная или научно-техническая задача - в кандидатской диссертации; решаемая научная проблема, разработка - в докторской диссертации;*
- *теория, методы исследования и фактический материал;*
- *защищаемые научные результаты;*
- *научная новизна работы, личный вклад;*
- *теоретическая и практическая значимость;*
- *апробация, реализация результатов;*

- структура и объем работы;

- благодарности.

Объект и предмет исследования. *Объект исследования* (например, у геофизиков) – твердая Земля и отдельные её части как физические объекты; физические и математические методы, известные методики измерения физических полей, способы обработки результатов измерения. *Предмет исследования* – это то, на что конкретно направлена творческая деятельность соискателя.

Определить объект и предмет исследования помогут формулировки из паспорта научной специальности [4].

Актуальность исследования – обоснованная необходимость в новых решениях научных задач, в нетрадиционных подходах, т.е. в этом разделе требуется указать причины, по которым ранее использованные подходы устарели, несовершенны и уже не удовлетворяют возросшие потребности науки и практики. Необходимы новые решения с учетом достижений в различных областях знания (в теории, в методах, в технике, новые данные и др.), выгодно отличающиеся от известных, имеющие по сравнению с ними ряд преимуществ.

Цель исследования - в повышении полноты, качества и достоверности информации. В формулировке цели исследования содержится конкретный ответ на вопрос – для чего оно

выполнено: например, повысить разрешающую способность геофизического метода, информативность и достоверность при построении разрезов и др. При этом важно указать, как именно? Каким образом? За счёт чего? (например, за счёт развития теоретической составляющей, методической, аппаратной, программно-алгоритмической).

Научная задача в кандидатской (научная проблема – в докторской) – это научный вопрос, на который необходимо дать развернутый ответ. Это значит, найти новое решение задачи, представить научно обоснованные технические разработки.

Так, задачей в кандидатской диссертации, как правило, является разработка: методик полевых исследований, лабораторного эксперимента, обработки и интерпретации результатов измерения: разработка прибора или стенда, алгоритма и его программная реализация, численных, цифровых геофизических или иных моделей; построение разреза со значительным уточнением геологического строения региона.

Следует помнить, что в кандидатской диссертации решается одна научная задача или предлагается одна разработка.

В докторской диссертации решается *проблема*, т.е. сложный вопрос, состоящий из нескольких вопросов, тесно связанных друг с другом. Результатом такого исследования может быть совокупность теоретических положений у теоретиков, или новые технические решения, программно-алгоритмический или

аппаратурный комплекс, которые вносят значительный вклад в развитие научного направления.

После формулировки решаемой задачи (проблемы – в докторской) следует раздел **«Теория, фактический материал, методы исследования, программное обеспечение, аппаратура»** с информацией о средствах решения. 1) Какие и чьи данные используются, насколько они достоверны, надежны, представительны.

2) На какой теории основывается найденное решение.

3) Совокупность каких современных методов, методик используется, в том числе проверочных, какая применялась аппаратура (сертифицированная, запатентованная и др.), её технические характеристики и др. По этой информации определяется квалификация диссертанта, степень достоверности полученного результата, оригинальность решения.

Защищаемые научные результаты (положения - у теоретиков).

Как следует из Положения о присуждении учёных степеней [1] и паспорта научной специальности [4], в кандидатской диссертации защищается либо новое решение научной задачи (с использованием более совершенной методики, ранее неизвестных данных и др.), имеющее значение для развития отрасли знания, либо новые разработки в виде прибора, методики обработки результатов измерения, либо разработка

методики полевых исследований, методики лабораторного эксперимента, разработка программно-реализованного алгоритма решения прямой или обратной задачи.

В докторской диссертации на защиту выносятся либо:

- 1) совокупность теоретических положений (установленных, доказанных связей процессов, явлений реальной действительности), либо 2) новые научно обоснованные внедренные технические разработки в виде аппаратуры, технологии, научного метода исследования, включающего теоретическую и программно-алгоритмическую составляющую, либо
- 3) решение научной проблемы, т.е. сложной задачи, имеющей важное теоретическое и практическое значение (например, для определения строения Земли, для достоверной оценки запасов полезных ископаемых, для геологического, физического обоснования оптимального освоения месторождений с учетом требований рационального недропользования).

Научная новизна работы и личный вклад. Внимание! Формулировки этого раздела особенно важны в оценке квалификации исследователя. Почему? Потому что в Положении о присуждении ученых степеней [1] критерием кандидатской диссертации считается новое решение, выгодно отличающееся от известных, имеющее ряд преимуществ.

Диссертация – это не производственный отчет. В диссертации в большей степени важно не столько *что* сделано, сколько то, *как* это сделано. Ученую степень присуждают за новые идеи, творческие находки, за *know how*.

Формулировки раздела начинаются с информации об оригинальности, индивидуальности решения, а заканчиваются тем, какой новый научный продукт получен.

Достоверность научных результатов – это их надежность. Достоверность не бывает абсолютной. Поэтому оценивается степень достоверности. К критериям достоверности относятся:

- представительный фактический материал, полученный с использованием высокоточной аппаратуры, сертифицированной, запатентованной
- использование совокупности современных методов исследования (полевых, лабораторных, численных, моделирования, бурения и др.);
- верификация (сравнительный анализ используемых методов по масштабируемости, разрешающей способности, устойчивости, сходимости, вычислительной эффективности; сопоставление, тестирование, проверка на практике – бурением и др).

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования.

В диссертации, имеющей прикладной характер, приводятся сведения о возможном или фактическом практическом использовании полученных научных результатов, а в диссертации, имеющей теоретический характер, - рекомендации по использованию научных выводов (пример формулировок см. в Приложении 2).

Апробация работы и реализация - это информация о том, что научное сообщество знакомо с результатами вашего исследования: они изложены в научных публикациях, статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, в журналах, входящих в международные базы цитирования, представлены в выступлениях на российских и международных конференциях и симпозиумах, опубликованы в материалах и тезисах к ним. Указываются полученные патенты и зарегистрированные результаты интеллектуальной деятельности (РИД) по теме работы.

Благодарности. Можно, конечно, поблагодарить только своего научного руководителя или консультанта. Но! Диссертация готовится несколько лет и не в чистом поле, а в коллективе, где соискателя поддерживают морально,

выслушивают, обсуждают результаты его работы, дают советы, делятся опытом, знаниями, данными.

Кроме того, благодарности – это не только проявление вашей вежливости, но и показатель вашей квалификации: с кем и на каком уровне обсуждалось выполненное исследование (пример см. в Приложении 2).

СТРУКТУРА ОСНОВНОГО СОДЕРЖАНИЯ КАНДИДАТСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Как правило, решение научной задачи в диссертационном исследовании включает следующие элементы/этапы:

Глава 1. Аналитический обзор современных известных отечественных и зарубежных решений и разработок по теме (не история исследования!). Оцениваются их достоинства и недостатки и таким образом обосновывается выбор предлагаемого диссертантом решения, которое должно выгодно отличаться от опубликованных и иметь ряд преимуществ.

Глава 2. Начинается с постановки задачи и оригинальности решения. Исследуются возможности выбранного метода решения задачи. Предлагается разработка методики, аппаратуры, сложного алгоритма (двух-, трехмодульного) и его программной реализации (пакета программ). При этом используются другая теория, другая идея, другой метод, другие характеристики, параметры, что позволяет значительно

уточнить строение региона, усовершенствовать методику полевых исследований, лабораторного эксперимента, методику обработки данных, разработать эффективный алгоритм, импортозамещающую аппаратуру и т.д.

Глава 3. Верификация разработки. Численные эксперименты, тестирование, сопоставление, сравнительный анализ с алгоритмами, известными методиками, аппаратурой, разработанными другими исследователями с использованием другого подхода (идеи), другого метода, с учетом других факторов, проверка в полевых, промысловых условиях. Реализация алгоритмов при решении научной задачи, в том числе прикладной.

СТРУКТУРА ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Поскольку в докторской диссертации решается проблема (сложная постановка из трех, четырех задач, которые логически и предметно связаны между собой), решение каждой задачи представляется в отдельной главе (см. структуру кандидатской диссертации). При этом нужно помнить, что диссертация – это научный труд в форме рассуждения (а не совокупность деклараций, объявлений), элементы которого логически связаны специальными лексическими средствами, оборотами: например, поэтому, в связи с этим, что свидетельствует; в настоящее время, до настоящего времени, в последние годы; в отличие, тем не

менее, однако; кроме того, причем, при этом; в конечном счете, следовательно, отсюда следует и др.).

Следует также отметить, что докторская диссертация – это не просто набор слабо связанных между собой задач, а их совместное решение для выхода на новый качественный уровень знания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ В ДИССЕРТАЦИИ

Содержание этого раздела очень важно в оценке квалификации соискателя. Из Положения следует, что присуждают ученую степень как кандидата, так и доктора наук за новые решения (*know how* – «*знаю как*») и разработки, имеющие существенное значение для практики или для развития науки. Если в начале диссертации анализируются известные решения и разработки, оцениваются их достоинства и недостатки, то в этом разделе указывается на ряд преимуществ нового решения по сравнению с известными, выгодное отличие.

Поскольку не бывает универсальных решений или полностью завершенных разработок, также указывается, в чем их несовершенство и ограниченность применения.

Вторая часть раздела содержит формулировки не решенных в диссертации вопросов, направление перспективных исследований на будущее (см. пример в Приложении).

ЛИТЕРАТУРА

1. О порядке присуждения ученых степеней. Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (с изменениями и дополнениями).
2. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. ГОСТ Р 7.0.11-2011. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 811-ст.
3. Общие требования к текстовым документам. ГОСТ 2.105-2019. Приказ Росстандарта от 29.04.2019 N 175-ст (с изменениями и дополнениями).
4. Паспорта научных специальностей номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ СОИСКАТЕЛЯ

Объект исследования – например, у геофизиков – Земля как физический объект, геофизические и математические методы исследования, способы обработки результатов измерения, аппаратура и т.д. Определить объект исследования помогут формулировки из паспорта научной специальности [4].

Предмет исследования – это то, что именно исследуется или разрабатывается в *объекте*, на что конкретно направлена творческая научная деятельность.

Цель научного исследования - это конкретный ответ на вопрос, для чего решается *научная задача (проблема)*. В формулировке цели необходимо исходить из понимания, что целью научной деятельности является получение нового научного знания, повышение его полноты, достоверности и качества, а также совершенствование инструментов научного познания.

Научная (научно-техническая) задача – вопрос, на который необходимо ответить. Ответом (*результатом*) может быть установленный научный факт, найденное решение или предложенная разработка.

Научная проблема – сложный вопрос, имеющий важное теоретическое и практическое значение, состоящий из нескольких вопросов (*научных задач*), тесно связанных друг с другом.

Этапы исследования – это перечень шагов, необходимых для решения задачи.

Защищаемый научный результат (положения – у теоретиков)
– это выносимый на защиту продукт творческого научного труда, вклад соискателя в науку в виде научного вывода, положения, гипотезы, нового решения или разработки.

Научный вывод – научное утверждение, сформулированная мысль, содержанием которой является качественная и/или количественная оценка характеристик *объекта (предмета)* исследования.

Положение – научное утверждение, сформулированная мысль, содержанием которой являются установленные закономерные связи процессов/явлений действительности с другими процессами/явлениями.

Гипотеза – предварительная мысль, научное предположение для объяснения какого-либо процесса/явления. Гипотезы выдвигаются, проверяются, доказываются или опровергаются, изменяются.

Метод (например, у геофизиков) – это сложный инструмент познания, включающий в себя, как правило, несколько слагаемых: теоретическую, программно-алгоритмическую, аппаратную и методическую.

У математиков *метод* – это способ решения задачи.

Методика – совокупность приемов и навыков для достижения цели, руководство к действию.

Алгоритм – строгий порядок действий, предписанная последовательность операций для решения определённой задачи. Сложный (многомодульный) алгоритм реализуется в комплексе (в пакете) программ.

ПРИМЕРЫ ФОРМУЛИРОВОК ИЗ КАНДИДАТСКИХ И
ДОКТОРСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ

(защищенных в диссертационном совете Института
нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука
СО РАН)

2.1. Название диссертации

(задача выделена жирным шрифтом, индивидуальность
решения - подчеркиванием)

Пример 1

*«Восстановление скоростного строения неоднородных
сред методом обращения полных волновых сейсмических полей».*

Пример 2

*«Биостратиграфия юрских отложений севера Западной
Сибири по фораминиферам и по остракодам».*

Пример 3

*«Резонансные колебания инженерных сооружений и
верхней части разреза по микросейсмическим данным».*

Пример 4

*«Алгоритмы численной оценки затухания сейсмических
волн в трещиновато-пористых флюидонасыщенных средах в*

зависимости от связности трещин с использованием конечно-разностной аппроксимации уравнений Био в динамической постановке».

Пример 5

«Конечно-разностный алгоритм моделирования сейсмических волновых полей в анизотропных упругих средах».

2.2. Объект и предмет исследования

(объект выделен жирным шрифтом, предмет - подчеркиванием)

Пример 1

*«**Рассеянная составляющая волнового поля** как критерий определения трещиноватости карбонатных коллекторов».*

Пример 2

*«**Верхняя часть разреза Семипалатинского испытательного полигона** на предмет выделения техногенных изменений в среде».*

Пример 3

*«Объектом исследования является **афтершоковая область Чуйского землетрясения** (Горный Алтай, 27.09.2003 г.). Предмет исследования - пространственно-временная структура*

и особенности поля тектонических напряжений в Чуйско-Курайской зоне».

Пример 4

«Земная кора Якутской алмазоносной провинции, на предмет обнаружения структурно-вещественных неоднородностей, как одних из критериев, определяющих закономерности размещения кимберлитовых полей».

2.3. Актуальность

«Нефтегазовая промышленность в настоящее время развивается не столько за счёт открытия и ввода в эксплуатацию новых месторождений углеводородов, сколько за счёт повышения эффективности освоения уже действующих путём совершенствования инструментов получения информации об особенностях строения пласта-коллектора: распределении зон повышенной трещиноватости, кавернозности, флюидонасыщении, проницаемости коллектора и т.д. При этом важно определить не только индивидуальные характеристики среды, такие как расположение и свойства изолированных трещин или каверн, но и локализацию их скоплений, поскольку это связано с фильтрационно-емкостными свойствами коллектора. Чтобы получить информацию о "коллективных" проявлениях скоплений флюидонасыщенных микroneоднородностей в геофизических (в частности, в сейсмических) полях при их численном моделировании,

необходимы новые модели и алгоритмы, объединяющие рассмотрение на разных масштабах: на макро- (до $1/4$ длины волны - десятки метров), мезо- (0,01 - 0,1 длины волны - первые десятки сантиметров) и микромасштабе (образец - несколько сантиметров). Для расчёта отклика мезомасштабной флюидонасыщенной структуры в волновых полях, регистрируемых на поверхности, необходимо прежде всего определить эффективные (усредненные по объёму) параметры породы на микромасштабе (на образцах), чтобы затем перейти к мезо- и макромасштабным моделям и алгоритмам.

Известные же лабораторные способы оценки эффективных параметров горной породы на образцах имеют свои недостатки: при таких исследованиях образец, как правило, подвергается внешнему физическому воздействию (например, температуры, давления и т.д.), что часто приводит к изменению или разрушению его структуры. Кроме того, подготовка физических экспериментов и их проведение, как известно, трудоёмки, а также бывают очень дорогими и длительными.

Использование рентгеновской компьютерной микротомографии для представления внутренней структуры и оценки параметров образца горной породы позволяет многократно выполнять численные исследования с неизменённым образцом, определяя требуемые физические параметры, часть из которых невозможно получить экспериментально. Однако, как показывает практика, численная

оценка зависит от разрешения томографических изображений горной породы [Keemhm and Mukerji, 2004; Arns et al., 2005; Peng et al., 2012; Alyafei et al., 2015]. Исследователи пришли к выводу, что для корректной оценки параметров породы необходимо определить оптимальное разрешение изображений, но способов его установления не предложили.

Как известно, численная оценка эффективных упругих параметров сцементированной породы на микромасштабе зависит не только от упругих параметров зёрен, но и от шероховатости их поверхности, геометрии пространства между ними, а также от упругих параметров цемента [Madonna et al., 2012; Saenger et al., 2019]. В этих исследованиях показано, что если не учитывать влияние материала, заполняющего межзерновые контакты, которые к тому же не обнаруживаются на томографических изображениях репрезентативного объёма, то численная оценка существенно завышается, как следует из сопоставления с результатами лабораторных измерений. В известных алгоритмах оценки эффективных упругих параметров по томографическим изображениям сцементированной породы все эти факторы либо не учитываются, либо численно восстанавливаемое пространство между зёрнами заполняется каким-либо мягким материалом со значениями упругих параметров из некоторого разумного интервала. В итоге для образца конкретной породы после сопоставления с результатами лабораторных экспериментов определяются поправочные

коэффициенты, которые, однако, не могут быть использованы для других пород. Отсюда следует, что известные способы оценки эффективных параметров горной породы на микромасштабе на сегодня не удовлетворяют исследователей, необходимы новые подходы в их разработке, исключая указанные недостатки».

2.4. Цель исследования

(выделена подчеркиванием)

Пример 1

«Повысить информативность и достоверность построения сейсмических разрезов по материалам речного профилирования путем создания технологии полного цикла их обработки с учетом кривизны профиля, подавления помех, деконволюции, поверхностно-согласованной коррекции амплитуд и др.».

Пример 2

«Повысить достоверность численной оценки эффективных параметров горной породы на микромасштабе за счет использования её томографического изображения оптимального разрешения, SEM-изображений микроструктурных элементов и результатов их геостатистического анализа».

Пример 3

«Уточнение и детализация зонального расчленения юрских отложений севера Западной Сибири по фораминиферам и остракодам на основе монографического изучения каждой из этих групп микрофауны».

Пример 4

«Повышение информативности электромагнитного мониторинга, точности и достоверности определения вариаций двух электрофизических параметров – удельного электрического сопротивления и коэффициента электрической анизотропии – как индикаторов сейсмической активизации за счет методики измерения методом зондирования становлением поля (ЗС) и соответствующей методики обработки и интерпретации данных с учетом детального геоэлектрического строения участка исследования, сейсмологических и гидрогеологических данных».

Пример 5

«Развитие конечно-разностных алгоритмов решения прямой задачи сеймики, повышение вычислительной эффективности её решения для трехмерной анизотропной упругой среды за счёт использования схемы на основе сетки Лебедева, соответствующего алгоритма и его программной реализации для вычислительных систем с распределенной памятью».

2.5. Решаемая научная задача

Пример 1

«Разработать алгоритм численной оценки эффективных параметров горной породы по ее цифровым изображениям».

Пример 2

«Выявить закономерности накопления и природу органического вещества в породах нижнего и среднего кембрия, оценить генерационный потенциал куонамского комплекса отложений как возможного источника нефти на востоке Сибирской платформы по содержанию и распределению биомаркеров и составу керогенов ...»

Пример 3

«Установить связь особенностей волнового поля с распределением локальных скоростных и плотностных параметров земной коры, проявляющихся в районах кимберлитовых полей».

Пример 4

«Создать технологию обработки данных речной сейсморазведки с учетом специфики материалов речного профилирования и их ключевых отличий от материалов стандартной наземной сейсморазведки: криволинейности профиля, высокой плотности пунктов возбуждения,

нерегулярности системы наблюдения и низкого соотношения сигнал/помеха».

Пример 5

«Разработать новый подход к реконструкции макроскоростного строения (трендовой составляющей) вертикально-неоднородной среды и его локальных вариаций, в том числе и с неизвестным импульсом в источнике, с использованием метода обращения полных волновых сейсмических полей».

Пример 6

«1) На основе сетки Лебедева разработать конечно-разностную схему для численного решения прямой задачи сейсмики в трехмерной анизотропной среде. 2) На основе схемы разработать алгоритм численного решения прямой задачи сейсмики и реализовать его в научно-исследовательской версии программного обеспечения, ориентированного на параллельные вычисления».

2.6. Защищаемые научные результаты

Пример 1

«Алгоритм численной оценки морфологических (пористости, длины корреляции индикаторной функции пространственного распределения пор, удельной площади поверхности раздела

скелет-поры, её средней кривизны, связности и разветвленности порового пространства) и транспортных параметров (проницаемости, извилистости порового пространства) горной породы по её томографическим изображениям оптимального разрешения».

Пример 2

«Метод реконструкции макроскоростного строения (трендовой составляющей) вертикально-неоднородной среды, в том числе и для неизвестного импульса в источнике, опирающийся на обращение полных волновых сейсмических полей».

Пример 3

«На основе монографического изучения юрской микрофауны севера Западной Сибири уточнены и детализированы параллельные зональные шкалы по фораминиферам и по остракодам, которые эффективно используются как для детального расчленения разрезов конкретных скважин, так и для внутри- и межрегиональной корреляции. Выделенные в нижней и средней юре на севере Западной Сибири последовательности биостратонов по фораминиферам (14 биостратонов в ранге слоёв с характерными видами) и по остракодам (6 биостратонов в ранге слоёв с характерными видами) сопоставлены с таковыми в

Восточной Сибири и обеспечивают более дробное расчленение отложений, чем предлагалось ранее [Решение..., 1991]».

Пример 4

«В диссертации решена важная научная проблема: по данным сверхдлинных профильных наблюдений от мирных ядерных взрывов (Рифт, Метеорит и Кратон) с учетом сферичности Земли выделены разномасштабные скоростные неоднородности в литосфере Сибирского кратона и земной коре его окраин, в частности в районе эталонного Мирнинского кимберлитового поля, для геофизического обоснования закономерностей размещения полезных ископаемых, в том числе проявлений кимберлитового магматизма».

Пример 5

«1. В слоях консолидированной коры Якутской кимберлитовой провинции нарастание скорости с глубиной не превышает 1-2%. Это обуславливает скачки скорости на сейсмической границах до 3-7%, необходимые для согласования со значением скорости во всей толще коры, определяемой по данным отраженных волн от границы Мохо».

«2. Использование данных о распределении скорости продольных волн, коэффициента Пуассона и плотности (по гравитационным данным) значительно сужает неоднозначность оценки вещественного состава земной коры и указывает на

отсутствие в ней значительных объемов мафических гранатовых гранулитов».

2.7. Достоверность

«Высокая степень достоверности полученных научных результатов определяется использованием современных достижений в теории множеств и вычислительной топологии, а также геостатистики. В основе используемого математического аппарата лежат методы и приемы, разработанные в ряде смежных областей вычислительной и прикладной математики:

- конечно-разностный метод на сдвинутых сетках для решения уравнений математической физики;
- методы фильтрации нелокального среднего (Non-local mean filter) – для удаления высокочастотного шума изображения и сегментации Отсу – для разделения изображения на минеральные составляющие и поровое пространство;
- алгоритмы вычисления топологических и геометрических параметров (чисел Бетти, Эйлеровой характеристики и функционалов Минковского), а также транспортных параметров породы;
- моделирование статистических реализаций геометрии с использованием гауссовских случайных процессов;
- осреднение упругих параметров тонкослоистой среды бесконечного простирания (метод Schoenberg).

2.8. Научная новизна, личный вклад

«1. Предложены оригинальные подходы к решению обратной динамической задачи сеймики для вертикально-неоднородных сред и на этой основе разработаны новые алгоритмы обработки данных поверхностных и скважинных наблюдений (ВСП):

- с привлечением высоких пространственных частот восстановлено макроскоростное строение среды (трендовая составляющая) в условиях отсутствия информации на низких временных частотах;

- для обработки данных вертикального сейсмического профилирования модифицирован целевой функционал в методе обращения полных волновых сейсмических полей путем включения в искомые параметры не только скоростной модели сред, но и формы зондирующего сигнала и доказана единственность его стационарной точки.

2. Развита метод обращения полных волновых сейсмических полей для двумерно-неоднородных сред, исходя из представления их в виде суперпозиции вертикально-неоднородной составляющей и локальных горизонтальных вариаций скорости:

- с использованием пространственно-временного преобразования Фурье и теории линейных интегральных операторов первого рода доказана единственность решения линеаризованной обратной динамической задачи сеймики для двумерно-неоднородных сред;

- создан математический аппарат для проектирования систем возбуждения и регистрации, обеспечивающих заданную разрешающую способность, в основе которого лежит численный анализ сингулярного спектра соответствующих интегральных операторов и полученные оценки устойчивости решения обратной задачи.

3. На основе Гауссовых пучков создан алгоритм построения волновых изображений локальных геологических объектов в истинных амплитудах, не требующий регулярности поля лучей, а также разработана и реализована в виде программно-алгоритмического комплекса его модификация для разделения отраженных и рассеянных/дифрагированных волн. С использованием разработанного макета программного обеспечения выполнено картирование рассеивающих объектов на реальных сейсмических разрезах».

2.9. Теоретическая и практическая значимость

«В диссертации теоретически обосновано решение обратной динамической задачи сейсмики методом обращения полных волновых сейсмических полей. Созданные численные методы и разработанное с их помощью программное обеспечение позволяют не только восстанавливать структурные особенности и вещественные параметры локальных неоднородностей среды, но и проводить детальное исследование разрешающей способности и информативности метода в зависимости от

выбранной системы возбуждения и регистрации частотного состава зондирующего импульса.

Метод построения изображений локальных геологических объектов в истинных амплитудах, разработанный с использованием Гауссовых пучков, оказался весьма перспективным и для построения изображений рассеивающих объектов. Его выгодным отличием от широко применяющегося на практике метода фокусирующих преобразований является возможность обеспечить равномерную селекцию изображений по углу наклона вне зависимости от глубины и получить изображения рассеивающих объектов в истинных амплитудах. Опробование разработанного на этой основе макета программного обеспечения на реальных данных позволило восстановить тонкую структуру целевых геологических объектов.

Таким образом, метод обращения полных волновых сейсмических полей позволяет вскрыть связи между физическими характеристиками геологического объекта и зарегистрированными волновыми полями и с учетом этого получить полную и надежную информацию о скоростном строении геологической среды. Его использование даёт возможность перейти от структурных построений к реконструкции коэффициентов отражения и, следовательно, к прогнозу физических характеристик слагающих среду слоёв, что имеет первостепенное значение для геологической

интерпретации результатов наблюдений при поисках полезных ископаемых и достоверной оценки их запасов».

2.10. Апробация и реализация

Пример 1

«Научные результаты работы известны научной общественности. Они докладывались, обсуждались и одобрены специалистами на 20 научных международных конференциях в России и за рубежом. Опубликовано в 6 статьях в научных журналах из списка ВАК: Geophysical Prospecting, 2010; Numerical Analysis and Applications, 2011; Сибирский журнал вычислительной математики, 2011; Geophysics, 2014; Технологии сейсморазведки, две статьи в 2016; ПРОнефть, 2021. Получены два свидетельства о регистрации программного обеспечения».

Пример 2

«Научные результаты работы опубликованы в 39 публикациях в центральных реферируемых изданиях в России и за рубежом, в том числе 17 публикаций в ведущих рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, а также докладывались на Международных научных конференциях в России и за рубежом, например, на 59-й конференции Европейской Ассоциации Специалистов по Наукам о Земле (EAGE), Швейцария, Женева, 1997, июнь.

Автором разработан и с 2008 года читается на Механико-математическом факультете (Кафедра математических методов геофизики) Новосибирского государственного университета специальный курс лекций «Распространение сейсмических волн в сложнопостроенных средах», ряд разделов которого основан на результатах, полученных в ходе выполнения исследования.

Своё дальнейшее развитие метод полного обращения волновых сейсмических полей получил в кандидатских диссертациях, защищенных под научным руководством автора:

- подход к построению изображений в истинных амплитудах на основе Гауссовых пучков – в кандидатской диссертации Протасова М.И. «Построение сейсмических изображений в истинных амплитудах с использованием Гауссовых пучков», защищенной в 2006 году;

- математический аппарат для решения обратной задачи на основе усечения сингулярного разложения компактных операторов – в кандидатской диссертации Сильвестрова И.Ю. «Численное моделирование в обратной динамической задаче вертикального сейсмического профилирования», защищенной в 2008 году.

В настоящее время основным направлением научно-исследовательских работ, выполняемых в ИНГГ СО РАН под руководством автора, является развитие этого подхода, применительно к обработке данных многокомпонентных

наблюдений для анизотропных упругих сред (готовятся к защите две кандидатских диссертации).

Исследования являются частью планов НИР Института, в 2005 – 2007 гг. поддерживались грантом РФФИ 05-05-64227 «Использование Гауссовых пучков при построении изображений геологических объектов в истинных амплитудах для сложноустроенных вмещающих сред», а на период 2009-2011 гг. вошли в интеграционный проект Сибирского отделения РАН №19 «Сейсмический и геомеханический мониторинг изменения состояния продуктивного пласта в процессе извлечения нефти и газа».

Процедура построения изображений рассеивающих объектов в истинных амплитудах реализована в рамках контракта с ЗАО «Красноярскгеофизика» в 2008 году, а в 2009 – с ООО «РосНефть-КрасноярскНИПИнефть» и иностранными нефтяными и сервисными компаниями».

2.11. Объем и структура работы

«Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 133 источников. Полный объем работы составляет 136 страниц, включает 44 рисунка и 2 таблицы».

2.12. Благодарности

«Автор вполне отдает себе отчет в том, что без сотрудничества с коллегами из различных организаций этот труд

не был бы завершен. Без впечатляющего участия НПП ГА «Луч» были бы невозможными разработка, конструирование и изготовление аппаратуры, реализующей новые возможности постоянного тока при изучении анизотропии околоскважинного пространства. Автор искренне благодарен руководителям этой геофизической компании К.Н. Каюрову и В.И. Ерёмину за постоянную поддержку и возможность реализовать результаты научных исследований и ведущим специалистам фирмы А.В. Глухову и Ю.М. Волканину за профессионализм и компетентность при решении сложных задач создания аппаратно-программного комплекса КАРМА.

Создание метода емкостного зондирования, разработка и изготовление аппаратно-программных комплексов ЕГОЗА и КАДЕТ неразрывно связаны с ЗАО НПП «Глифинжприбор». Руководитель этого предприятия М.И. Фильковский обратил внимание на проблему неразрушающего контроля дорожных покрытий. Неоценимым было сотрудничество со специалистами фирмы В.И. Адамовым, А.Б., Касторским и В.И. Теплыгиным. Благодаря их усилиям, физические идеи и математические результаты находили изящные конструкторские решения.

Автор считает своим приятным долгом выразить отдельную благодарность С.В. Полозову за оригинальные, надежные и эффективные технические решения при разработке аппаратуры, что, в конечном счете и определило успех при физическом

моделировании практической реализации метода ёмкостного зондирования.

Автор выражает особую признательность своим соавторам в разработке программно-алгоритмических средств моделирования электромагнитных полей И.В. Суродиной и В.С. Сынаху.

При выполнении работы автор неизменно пользовался советами, рекомендациями, помощью и поддержкой своих коллег – сотрудников лаборатории электромагнитных полей ИГФ СО РАН и благодарит Ю.Н. Антонова, Е.Ю. Антонова, И.Н. Ельцова, А.К. Манштейна, В.С. Могилатова, Г.М. Морозову, Н.Н. Неведрову, В.П. Соколова, М.И. Эпова.

Автор с признательностью отмечает своё многолетнее сотрудничество с Л.А. Табаровским.

Автор отмечает, что многочисленные обсуждения с М.И. Эповым проблем электромагнитного каротажа скважин в значительной степени определили направление исследований, отбор и организацию материала.

Автор благодарен академику С.В. Гольдину и д.т.н. М.И. Эпову за поддержание в Институте Геофизики СО РАН и лаборатории электромагнитных полей Института неизменно доброжелательной обстановки, благоприятствующей творческому процессу.

Автор отдает дань уважения и признательности своему Учителю, профессору Александру Аркадьевичу Кауфману».

2.13. Заключение

«Выполненные в работе теоретические исследования метода обращения полных волновых сейсмических полей не только дают ключ к пониманию основных трудностей, лежащих на пути его эффективного применения, но и позволяют определить способы их преодоления. Доказанная во второй главе единственность стационарной точки целевого функционала для вертикально-неоднородных сред в совокупности с проведенным там же исследованием зависимости его структуры от диапазона используемых пространственных частот обеспечили успешный выбор его модификации, с использованием которой предложен и реализован поэтапный процесс минимизации.

Анализ сингулярного спектра линейного приближения оператора обратной задачи, выполненный в третьей главе данной работы, открыл путь к полному описанию устойчивых решений. Полученные результаты показали, что затруднения при определении трендовой составляющей не связаны с нелинейным характером целевого функционала.

Исследования показали, что и в линеаризованной постановке восстановление трендовой составляющей требует расширения пространства решений за счет привлечения правых сингулярных векторов, соответствующих самым малым сингулярным значениям. Получаемые при этом системы линейных алгебраических уравнений являются плохо обусловленными и

для отыскания достоверного решения требуют недостижимый на практике уровень помех во входных данных.

Метод обращения полных волновых сейсмических полей в его полной реализации требует значительных вычислительных ресурсов, особенно для многомерных неоднородных сред. Поэтому при современном уровне развития вычислительной техники эффективное применение этого метода на практике невозможно без модификаций, призванных, сохранив его основные достоинства, существенно снизить требования к производительности используемых вычислительных средств. Привлечение асимптотических представлений волнового поля в виде суперпозиций Гауссовых пучков позволило разработать метод построения изображений в истинных амплитудах. Выгодное его отличие от используемых в настоящее время подходов на основе мультипликации по Кирхгофу заключается в возможности иметь дело с произвольным, не обязательно регулярным, полем лучей.

Приоритетным направлением дальнейшего развития метода обращения полного волнового поля является создание его модификаций, ориентированных на обработку многокомпонентных сейсмических данных как для профильных, так и для площадных систем наблюдений. На этом пути должно произойти существенное повышение информативности и разрешающей способности сейсмических методов. Однако формальный перенос метода со скалярных волновых полей на

векторные вряд ли приведет к успеху. Предварительным шагом здесь должно стать отыскание оптимальной параметризации упругой среды. Такие работы в Институте нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН уже ведутся, и получаемые результаты подтверждают значительное повышение информативности и разрешающей способности метода применительно к многокомпонентным волновым полям. В частности, это наглядно показано в защищенных под руководством автора кандидатских диссертациях (Неклюдов Д.А., 2004, и Сильвестров И.Ю., 2008)».

В.И. Самойлова

ШПАРГАЛКА ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ РАБОТАТЬ НАД КАНДИДАТСКОЙ ИЛИ
ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИЕЙ
(справочно-методическое пособие)

Технический редактор Т.С. Курганова.

Подписано в печать 23.05.2025.

Формат 60х84/16. Гарнитура «Таймс». Бумага офсет №1. Усл. печ. л. 2,5.

Тираж 80 экз. Заказ № 241.

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН.

630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, ИНГГ СО РАН.