

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.087.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА НЕФТЕГАЗОВОЙ
ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИМ. А.А. ТРОФИМУКА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26.11.2025 г. № 03/30

О присуждении Анчугову Алексею Владимировичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Аппаратно-методическое обеспечение изучения акусто-сейсмической эмиссии в образцах керна» по специальности 1.6.9. - геофизика принята к защите 16.09.2025 г. (протокол № 03/26) диссертационным советом 24.1.087.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (Российская Федерация, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, приказ Минобрнауки Российской Федерации № 561/нк от 3.06.2021 г.

Соискатель Анчугов Алексей Владимирович, 20.07.1978 г. рождения, в 2021 г. с отличием окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению подготовки 05.04.01, геология, с присвоением квалификации Магистр, направленность (профиль) образовательной программы: Геофизические методы исследования земной коры.

В 2024 г. окончил аспирантуру по специальности 1.6.9, геофизика, при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск), свидетельство об успешном прохождении итоговой аттестации в аспирантуре (протокол №1 от 28.06.2024 г.). Соискатель работает в ООО «Ситен Технологии» в должности ведущего инженера-разработчика с 2020 г. по настоящее время.

Диссертация выполнена в аспирантуре Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения РАН (ИНГГ СО РАН).

Научный руководитель - Решетова Галина Витальевна, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории вычислительных задач геофизики Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории вычислительной физики горных пород ИНГГ СО РАН.

Официальные оппоненты: **Пантелеев Иван Алексеевич**, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией цифровизации горнотехнических процессов Института механики сплошных сред Уральского отделения РАН,

заместитель директора по научной работе Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения РАН; **Станциц Сергей Алексеевич**, кандидат физико-математических наук, главный научный сотрудник испытательной лаборатории Центра науки и технологий добычи углеводородов, профессор Сколковского института науки и технологий, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Томский научно-исследовательский проектный институт нефтяной промышленности (АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, с сентября 2025 г. - ООО «РН-Проектирование Добыча»), в своём положительном отзыве, подписанном к.т.н. Антоном Геннадьевичем Скрипкиным, начальником управления лабораторных исследований керна, указала что работа является актуальной и новизна полученных результатов не вызывает сомнений.

Соискатель имеет 12 опубликованных наиболее значимых научных работ по теме диссертации: 3 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией и индексируемых в РИНЦ, Web of Science, Scopus, совместно с соавторами соискателем получено 3 патента на изобретение, 6 публикаций в сборниках материалов конференций.

Сведения соискателя об опубликованных работах, излагающих основные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые публикации:

1. Решетова, Г. В. Цифровой керн: моделирование акустической эмиссии в целях локализации её источников методом обращения волнового поля в обратном времени / Г. В. Решетова, А. В. Анчугов // Геология и геофизика (K¹). — 2021. — Т. 62, № 4. — С. 597–609.
2. Анчугов, А. В. Применение алгоритма Бэра-Крадольфера для автоматического выделения первого вступления отражённой ультразвуковой волны, возбуждаемой излучателем и регистрируемой от границы вода-нефть в сепараторе / А. В. Анчугов // Сейсмические приборы (K²). — 2023. — Т. 59, № 3. — С. 5–17.
3. Анчугов, А. В. Конструкция датчиков для измерения скорости прохождения ультразвуковых волн через образцы керна горной породы в атмосферных условиях с применением согласующих слоев / А. В. Анчугов // Сейсмические приборы (K²). — 2023. — Т. 59, № 4. — С. 24–35.
4. Юркевич, Н. В. Акустический датчик и способ его изготовления: патент № 2810700 С1 Рос. Федерация: заявл. 23.06.2023; опубл. 28.12.2023 / Н. В. Юркевич, А. В. Анчугов.

Соискателем разработана аппаратура для регистрации акустических сигналов от датчиков, применяемых при нагружении образцов горных пород, включая сигналы акустической эмиссии в двухканальном непрерывном режиме; разработаны датчики для возбуждения и регистрации акустических волн, не разрушающиеся в пластовых условиях с высокой температурой до 170 °С и давлением до 100 МПа и более при различных режимах механических нагружений, вплоть до разрушения образцов горных пород; модифицирован метод зеркального обращения волнового поля путём локализации суммарной упругой энергии акусто-сейсмической эмиссии.

В соавторстве соискателем разработаны компоненты лабораторного оборудования для проведения экспериментальных исследований керна: насос,

электротомографическая система контроля текущей водонасыщенности, визуально-акустический сепаратор, разработки запатентованы в Российской Федерации.

Проверка с использованием системы Антиплагиат показала, что оригинальность текста диссертации составляет 98.87%. Представленные в диссертации результаты полностью опубликованы.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва, все положительные, в двух имеются замечания: ... В качестве недостатка можно отметить несколько меньшее быстродействие разработанной аппаратуры по сравнению с зарубежными аналогами. ... Возникает вопрос о том, насколько двумерная модель применима в случае реального трёхмерного образца. В связи с этим было бы желательно более подробно обсудить в работе ограничения построенной автором 2D-модели. ... Для предложенного метода локации источников сигналов акустической эмиссии не представлена оценка точности по сравнению с другими методами; расположение приёмных и передающих датчиков на торцах испытываемых образцов преимущественно используется для ультразвукового зондирования керна, а для локализации событий оптимально равномерное расположение приёмных датчиков по цилиндрической поверхности керна ... Вместе с тем работа не лишена недостатков, основным из которых – перекося в сторону изложения технических деталей аппаратно-программного комплекса. Работа перегружена излишними справочными данными и техническими подробностями, которые занимают большую часть второй и третьей глав диссертации. В автореферате они изложены очень кратко или просто упоминаются. Например, в автореферате указано, что в первой части главы 2 изложены особые требования к приборам и аппаратуре, но в автореферате эти требования не приводятся. Зато приведена блок-схема измерительной системы, что, на мой взгляд, является излишним, так как она является практически стандартной для таких устройств. ...

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим. **Пантелеев Иван Алексеевич** является высококвалифицированным специалистом в области экспериментального исследования свойств образцов горных пород, имеет публикации по теме диссертации; **Станчиц Сергей Алексеевич** является высококвалифицированным специалистом в области исследования свойств керна, его трещиноватости, а также изучения акустической эмиссии, имеет публикации по теме диссертации. В состав ведущей организации, **Томский научно-исследовательский проектный институт нефтяной промышленности (с сентября 2025 г. - ООО «РН-Проектирование Добыча»)**, входит экспертно-аналитическое управление, специалисты которого проводят научные исследования по теме диссертации и способны определить научную и практическую ценность диссертации, имеют публикации по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем экспериментальных исследований: **разработан модуль аппаратуры**, содержащий различные блоки (АЦП, усилитель, источник возбуждения, плату коммутации) для сбора и регистрации акустических волн при проведении на образцах керна геомеханического или фильтрационного эксперимента при пластовых условиях; **разработаны датчики и способ их изготовления** с помощью пайки для возбуждения и регистрации акустических продольной и поперечных волн на образцах керна и последующего измерения времени прохождения и расчёта

скорости их прохождения через образец, а также регистрации сигналов акустической эмиссии; для определения координат событий в образце керна **предложен нетрадиционный подход к локализации событий акусто-сейсмической эмиссии** с использованием суммарной энергии полного волнового поля при полномасштабном численном моделировании.

Практическая значимость результатов:

1. Найденный способ крепления пьезопластин с помощью пайки используется при разработке акустических датчиков для экспериментов на образцах керна, а также может быть использован для акустических датчиков в скважинном варианте при пластовых температурах до 170 °С, и давлениях до 100 МПа для проведения промысловых работ.
2. С использованием разработанного датчика и системы регистрации акустических волн с большей точностью определяются петрофизические свойства образцов при пластовых условиях, в частности, времена прохождения через образец продольной и поперечной акустических волн, возбуждаемых искусственно внешним источником либо естественного происхождения (волны акустической эмиссии), возникающими при разрушении образца под нагрузкой.
3. Во время геомеханического эксперимента достигнуты максимальные касательные напряжения. Они используются для построения паспорта прочности горной породы при многостадийном исследовании с применением акустической эмиссии. Разработка предназначена для уточнения и интерпретации данных (ГИС) при промысловых работах, при поиске и достоверной оценке запасов углеводородов, а также для геологического обоснования оптимального освоения месторождений нефти и газа.

Теоретическая значимость:

Для локализации событий и восстановления механизма образования трещин и разрушения образца с использованием данных многоканальной системы регистрации акусто-сейсмической эмиссии при проведении петрофизического эксперимента в условиях, приближенных к пластовым, может быть использован подход с использованием суммарной энергии полного волнового поля, что значимо для моделирования трещиноватости и оценки напряжённо-деформированного состояния среды и при проектировании гидроразрыва пласта.

Высокая степень достоверности найденных решений определяется:

- применением при разработке программно-аппаратного комплекса открытой операционной системы Linux Debian, существенно упрощающей процесс написание ПО, обеспечивающего выполнение высокоточных измерений с использованием самого современного измерительного оборудования, такого как цифровые блоки регистрации данных комплекса Alma Meter производства НПК «Аурис»;
- из сопоставления результатов расчётов и результатов лабораторных физических экспериментов на образцах горных пород с результатами

численного моделирования следует, что результаты совпадают в пределах погрешностей измерительной аппаратуры;

- обеспечением требований ГОСТ по точности измерения при межлабораторных экспериментах по определению скоростей прохождения акустических волн через стандартные калибровочные образцы, в том числе внесённые в государственный реестр средств измерений;
- полученные с использованием аппаратуры экспериментальные данные подтверждаются результатами расчётов с использованием закона Омори для снижения степени неопределённости ключевых параметров геомеханических моделей среды.

Личный вклад соискателя:

- Спроектированы, разработаны и изготовлены акустические датчики для проведения лабораторных экспериментов во всём диапазоне нагрузки на образец керна, от нулевой до вызывающей его разрушение (совместно с Юркевич Н. В) [Патент № RU 2810700 C1]. В отличие от известных решений в аналогичном оборудовании корпус датчика предназначен для разрушения образца керна при пластовых условиях (при достижении значений в 600 кН и более) без выхода датчика из строя. Соединением пьезокерамики с титановым плунжером способом пайки обеспечивается максимально возможная механическая связь перехода титан – пьезопластина и акустическое согласование. Прочность паяного соединения (усилие на отрыв) превышает $4.9 \cdot 10^4$ Н/м², что важно учитывать при создании разрушающих нагрузок на исследуемый образец.
- Непосредственное участие в разработке и тестировании предварительного усилителя и коммутатора сигналов. Для цифрового интерфейса управления усилителем разработана оригинальная простая система команд, имеющих одинаковую длину, что экономит время при разработке и отладке драйвера управления для Linux и Windows;
- Разработана и апробирована в среде схемотехнического моделирования аналоговая схема ультразвукового генератора. Схема предназначена для возбуждения активных пьезокерамических излучателей и формирует импульс, аппроксимирующий импульс Берлаге по своей форме. Такой источник прост, надёжен и дешёв в изготовлении, его работа управляется внешним блоком коммутации от компьютера, что допускает автоматизацию управления; дополнительно содержится ручное управление, позволяющее не использовать компьютер. За период испытаний данного источника колебаний на протяжении более чем 5 лет не вышел из строя ни один источник.
- Создано специальное ПО для управления сбором данных, а также разработаны драйверы для блоков АЦП Аурис В386 и В322 с поддержкой интерфейса Ethernet для ОС Linux Debian. Создано консольное приложение для автоматизированной регистрации акустических волн в экспериментах с образцами.

- Разработан гидравлический насос для создания пластовых давлений при проведении петрофизических экспериментов [Патент № RU 2808325 С1], (в соавторстве с Баракат Н. Р., Юркевич Н. В., Золотухиным Р. В., Кучер Д. О.), а также электротомографическая система контроля текущей водонасыщенности образцов керна при пластовых условиях, которую можно применять совместно с исследованием его акустических свойств [Патент № RU 2778498 С1] (в соавторстве).
- По результатам представительной серии численных экспериментов предложен и верифицирован метод локализации упругой акусто-сейсмической энергии для надёжного определения её источников.

Соискатель непосредственно участвовал в разработке оборудования и его подготовке к проведению экспериментов.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва, все положительные с замечаниями:

1. В качестве недостатка можно отметить несколько меньшее быстродействие разработанной аппаратуры по сравнению с зарубежными аналогами. (Ерёмин Виктор Николаевич, исполнительный директор ООО НПП ГА «Луч», кандидат технических наук, г. Новосибирск)
2. Возникает вопрос о том, насколько двумерная модель применима в случае реального трёхмерного образца. В связи с этим было бы желательно более подробно обсудить в работе ограничения построенной автором 2D-модели. (Баяк Ирина Олеговна, главный научный сотрудник лаборатории №202 – «Лаборатория фундаментальных проблем нефтегазовой геофизики и геофизического мониторинга», доктор физико-математических наук, ФГБУ ИФЗ РАН, г. Москва)
3. Для предложенного метода локации источников сигналов акустической эмиссии не представлена оценка точности по сравнению с другими методами; расположение приёмных и передающих датчиков на торцах испытываемых образцов преимущественно используется для ультразвукового зондирования керна, а для локализации событий оптимально равномерное расположение приёмных датчиков по цилиндрической поверхности керна. (Патонин Андрей Викторович, старший научный сотрудник лаборатории петрофизических и геомеханических исследований (лаб. 205-ОБ), кандидат технических наук, ГО «Борок» - филиал ФГБУ ИФЗ РАН, посёлок Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н.).
4. Вместе с тем работа не лишена недостатков, основным из которых – перекоп в сторону изложения технических деталей аппаратно-программного комплекса. Работа перегружена излишними справочными данными и техническими подробностями, которые занимают большую часть второй и третьей глав диссертации. В автореферате они изложены очень кратко или просто упоминаются. Например, в автореферате указано, что в первой части главы 2 изложены особые требования к приборам и аппаратуре, но в автореферате эти требования не приводятся. Зато приведена блок-схема измерительной системы, что, на мой взгляд, является излишним, так как она является практически стандартной для таких устройств. (Голиков Никита Александрович, старший

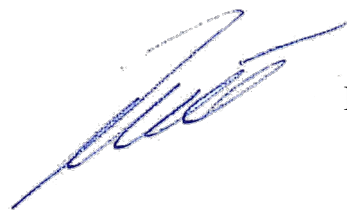
научный сотрудник, кандидат технических наук, ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск).

Соискатель Анчугов А.В. ответил на все замечания на автореферат а также заданные ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 26.11.2025 г. диссертационный совет принял решение за научно обоснованную разработку аппаратно-методического обеспечения изучения акусто-сейсмической эмиссии в образцах керна, имеющую существенное значение для повышения информативности петрофизических исследований керна горных пород в лабораторных условиях приближенных к пластовым, присудить Анчугову А. В. учёную степень кандидата технических наук по специальности 1.6.9. – геофизика.

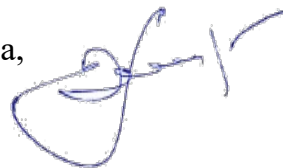
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из которых 4 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (по техническим наукам), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали «за» - 16, «против» -нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
д.т.н., академик РАН, профессор



М. И. Эпов.

И.о. учёного секретаря диссертационного совета,
д.ф.-м.н., доцент, чл.-корр. РАН



В.Н. Глинских

27 ноября 2025 г.