

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИЦ ЕГС РАН,

д.т.н.

Виноградов Юрий Анатольевич



«08» июля 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба Российской академии наук»**

Диссертация «Обнаружение разрушительных процессов при эксплуатации технических сооружений и определение структуры земной коры с использованием малоамплитудных сейсмических сигналов» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.6.9. – «Геофизика» выполнена в Сейсмологическом филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (ФИЦ ЕГС РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Лисейкин Алексей Владимирович работал в Сейсмологическом филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» на должности директора филиала.

В 2001 г. окончил Новосибирский государственный университет по специальности: «Магистр геологии» со специализацией «Геофизические методы исследования земной коры».

В 2009 г. в Учреждении российской академии наук Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых на тему «Сейсмотомографическая модель глубинного строения Алтае-Саянской складчатой области по данным площадных сейсмологических наблюдений».

Материалы диссертации представлены соискателем на заседаниях Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН) 26 июня 2025 г., протокол № 12, 08.07.2025, протокол № 13.

26 июня 2025 г ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Члены Ученого совета ФИЦ ЕГС РАН:

председатель Ученого совета – член-корр. РАН А.А. Маловичко, зам. председателя – д.т.н. Ю.А. Виноградов, ученый секретарь – к.ф.-м.н. И.А. Сдельникова; члены совета: д.ф.-м.н. С.В. Баранов, к.т.н. П.Г. Бутырин, к.ф.-м.н. И.П. Габсатарова, к.ф.-м.н. Р.А. Дягилев, д.т.н. А.Ф. Еманов, к.г.-м.н. А.А. Еманов, д.ф.-м.н. А.Д. Завьялов, к.ф.-м.н. Е.А. Кобелева, д.г.-м.н. Г.Н. Копылова, к.г.-м.н. А.В. Лисейкин, к.ф.-м.н. Н.В. Петрова, к.г.-м.н. Я.Б. Радзиминович, д.ф.-м.н. В.А. Салтыков, д.г.-м.н. В.С. Селезнев, д.ф.-м.н. И.Н. Соколова, член-корр. РАН А.А. Соловьев, д.ф.-м.н., проф. РАН Г.М. Стеблов, к.ф.-м.н. С.А. Тихонов, к.г.-м.н. Ц.А. Тубанов, к.ф.-м.н. Д.В. Чебров, чл.-корр. РАН П.Н. Шебалин (всего членов Ученого совета – 24 чел. из 29 по списочному составу).

Вопросы задали: Г.Н. Копылова, В.А. Салтыков, А.Д. Завьялов, Ю.А. Виноградов, И.Н. Соколова, И.П. Габсатарова, П.Г. Бутырин.

С диссертацией ознакомились следующие специалисты: д.т.н. Ю.А. Виноградов, д.ф.-м.н. А.Д. Завьялов, д.ф.-м.н. В.А. Салтыков и дали **положительную оценку** диссертационной работе А.В. Лисейкина.

В обсуждении приняли участие: А.А. Маловичко, Ю.А. Виноградов, А.Д. Завьялов, В.А. Салтыков, В.С. Селезнев, И.Н. Соколова, А.Ф. Еманов.

По итогам рассмотрения диссертационного исследования **«Обнаружение разрушительных процессов при эксплуатации технических сооружений и определение структуры земной коры с использованием малоамплитудных сейсмических сигналов»** принято следующее **заключение**.

Актуальность выполненного Лисейкиным А.В. исследования определяется необходимостью выполнения исследований в целях обеспечения безопасного функционирования промышленных объектов способом дистанционного обнаружения разрушительных процессов при их эксплуатации и определения структуры земной коры на всю мощность по малоамплитудным сейсмическим сигналам, зарегистрированным в составе сейсмического шума.

В настоящее время выявление разрушительных процессов в зданиях, инженерных сооружениях и работающем оборудовании промышленных объектов осуществляется главным образом на основе данных размещенной на них контрольно-измерительной аппаратуры. Однако 17 августа 2009 г. произошла крупнейшая катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС с разрушением дорогостоящего имущества и человеческими потерями, причины которой не сразу были выяснены из-за неполноты данных мониторинга при выходе из строя установленной на гидроагрегатах аппаратуры. Это событие заставило задуматься о разработке новых способов дистанционного обнаружения разрушительных процессов при эксплуатации технических сооружений по материалам мониторинга сейсмических сигналов, регистрируемых в их окрестности. Современные сейсмостанции оснащаются высокочувствительной калиброванной цифровой аппаратурой для регистрации событий природного и техногенного характера, при этом одновременно регистрируется и непрерывный сейсмический шум. Материалы мониторинга накапливаются и хранятся неограниченное время. В техногенной составляющей шума реги-

стрируются в виде малоамплитудных сигналов упругие волны, возбужденные колебаниями различных объектов, расположенных даже в нескольких километрах от сейсмической станции. При развитии каких-либо нештатных ситуаций характеристики этих колебаний изменяются. Располагая современными способами выделения из сейсмического шума малоамплитудных (на порядки ниже уровня фона) сигналов от колебаний конкретного объекта и интерпретируя изменение их характеристик во времени, можно обнаружить начавшиеся разрушительные процессы при эксплуатации этого объекта. Кроме этого, с использованием архивных данных длительного мониторинга контролируется долговременное (измеряемое годами и даже десятилетиями) изменение устойчивости сооружений и работающего оборудования, остро необходимое при расследовании нештатных ситуаций (как при аварии на Саяно-Шушенской ГЭС).

Сейсмические разрезы земной коры, как известно, широко используются для решения задач геодинамики и тектоники, однако значительные территории страны протяженностью в сотни километров все еще остаются неизученными. На больших глубинах (в десятки километров) разрезы определяется в основном по результатам дорогостоящих исследований методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), объем финансирования которых на сегодня существенно сокращен. Одним из рациональных путей построения разрезов средней и нижней частей земной коры, является дообработка материалов речной сейсморазведки методом общей глубинной точки (ОГТ), отличающимся использованием сейсмограмм увеличенной длительности. В результате проведения экспериментальных полевых работ по рекам Восточной Сибири, на профилях общей длиной около 2700 км, получен и хранится на электронных носителях значительный объем материала в виде непрерывных записей сейсмического шума, включающего сигналы от пневмоисточников с периодом между воздействиями больше, чем время пробега продольных волн близвертикально отраженных от границ в земной коре на любой глубине, включая поверхность Мохоровичича. Современные сейсморазведочные станции характеризуются широким динамическим диапазоном, обеспечивая регистрацию слабых сигналов, на порядки ниже общей амплитуды сейсмического шума. Располагая специальными способами обработки сейсмограмм методом ОГТ можно существенно повысить отношение сигнал-помеха и выделить малоамплитудные сигналы отраженных волн из сейсмического шума.

Защищаемые положения, отражающие главные результаты диссертационной работы:

1. Комбинированный алгоритм обработки сейсмограмм на основе оконного преобразования Фурье с формированием спектрограмм с одной стороны, и расчета усредненных амплитудных спектров и временных рядов амплитуд монохромных сигналов в выделенных на спектрограмме интервалах, с другой, реализованный в программном обеспечении SpectrumSeism, позволяющий более эффективно, чем традиционно применяемые алгоритмы, выделять малоамплитудные сейсмические сигналы в сейсмическом шуме.

2. Методика дистанционного обнаружения разрушительных процессов в связи с ростом вибрации и резонансами в работающем оборудовании крупных промышленных объектов по выделенным малоамплитудным сигналам с использованием накопленных данных мониторинга сейсмического шума.

3. Методика дистанционного определения аномалий в частотах собственных колебаний зданий и сооружений по малоамплитудным сигналам как индикатора начавшихся разрушений их конструкции и/или основания по данным многолетнего мониторинга сейсмического шума.

4. Методика построения разрезов земной коры на всю мощность по выделенным в сейсмическом шуме малоамплитудным отраженным волнам на увеличенных временах вступления в материалах речного профилирования методом ОГТ.

Обоснованность и высокая степень достоверности научных результатов подтверждается использованием апробированных на практике классических и современных алгоритмов цифровой обработки сейсмограмм (на основе методов Фурье-анализа и ОГТ), представительного материала многолетнего мониторинга сейсмического шума, зарегистрированного современной высокочувствительной калиброванной аппаратурой станций сейсмологической сети, а также данными многочисленных экспериментов, выполненных как лично, так и под руководством соискателя с использованием новейшей аппаратуры и современных методов исследований, применяемых в сейсмологии и сейсморазведке.

Личный вклад. Соискателю принадлежит ключевая роль в выборе методов исследований, постановке научных задач, участии в экспедиционных работах, поиске подходов и разработке способов их решения, анализе, верификации и внедрении результатов исследования.

Научная новизна.

Найден оригинальный подход для решения трех разных научных задач с использованием малоамплитудных сигналов, выделенных в сейсмическом шуме:

1. Для разработки первой методики найдено новое решение, а именно: с использованием накопленных данных мониторинга на сеймостанциях в окрестности крупных промышленных объектов дистанционно выявляются факторы, указывающие на начавшиеся разрушительные процессы в работающем оборудовании в связи с повышенной вибрацией и резонансными эффектами.

2. По-новому разрабатывается вторая методика: по локальным максимумам усредненных амплитудных Фурье-спектров записей сейсмического шума в окрестности зданий и/или сооружений дистанционно определяются частоты их собственных колебаний, аномалии которых служат индикаторами начавшихся разрушений в сооружении и/или его основании.

3. Новизна в третьей методике заключается в использовании для построения разреза земной коры на всю мощность малоамплитудных отраженных волн, зарегистрированных при речной сейсморазведке методом ОГТ и выделенных в сейсмическом шуме при существенном увеличении кратности за счет увеличения площади бина.

Практическая значимость.

Найденный в исследовании подход к дистанционному обнаружению разрушительных процессов в сооружениях и работающем оборудовании крупных промышленных объектов имеет высокое практическое значение, так как нацелен на предотвращение аварий с разрушением дорогостоящего оборудования и возможными человеческими потерями (как при аварии на Саяно-Шушенской ГЭС).

Разработанный комбинированный алгоритм, реализованный в программном обеспечении SpectrumSeism повышает качество спектрально-временного анализа зарегистрированного сейсмического шума. Реализованные в нем функции интерактивного изменения параметров расчета, визуализации спектрограмм и их масштабирования по осям частоты и времени позволяют обработчику быстро обнаруживать в сейсмическом шуме слабые, малоамплитудные сигналы, локализованные в относительно небольших ограниченных частотой и временем интервалах. Отображение спектрограммы на экране компьютера одновременно с процессом определения в модулях программы амплитудно-частотных характеристик сигналов дает возможность обработчику оперативно оценивать влияние на них разного рода помех, что уменьшает вероятность ошибки и повышает качество спектрально-временного анализа.

Подход к дистанционному определению по малоамплитудным сигналам в накопленных данных многолетнего мониторинга сейсмического шума характеристик вибрации оборудования, резонансных эффектов и частот собственных колебаний технических сооружений используется как источник дополняющей информации о механике процессов, происходящих на работающем промышленном объекте. В случае же разрушений на промышленном объекте и выходе из строя контрольно-измерительной аппаратуры, для установления причин аварии, используются материалы мониторинга сейсмического шума с удаленных от объекта сейсмических станций.

Методика экспресс-обработки сейсмограмм увеличенной длительности позволяет с невысокими затратами строить разрезы на всю мощность земной коры с использованием как архивных материалов речного сейсмического профилирования, так и материалов новых сейсморазведочных работ.

Ценность научных работ Лисейкина А.В. заключается в том, что им найдены новые научно обоснованные **решения**, совокупность которых представляет собой инструментарий для дистанционного обнаружения начавшихся разрушительных процессов при эксплуатации технических сооружений и уточнения структуры земной коры на всю мощность с использованием малоамплитудных сигналов, выделенных в сейсмическом шуме. Их внедрение вносит значительный вклад в развитие сейсмологии при снижении затрат на исследования, а значит выгодно для экономики страны.

Выполненные соискателем исследования соответствуют **паспорту научной специальности 1.6.9 «Геофизика»** по техническим наукам – п. 16 «Методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей» и п. 18 «Использование геолого-геофизических данных для построения

цифровых геологических, гидродинамических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений».

Публикации и апробация работы.

Результаты диссертационного исследования широко известны научной общественности. Докладывались на 29 международных и российских конференциях и симпозиумах. Полностью изложены в 90 работах, опубликованных в период 2010-2025 гг. и зарегистрированных в РИНЦ. Из них 20 публикаций – в ведущих рецензируемых научных изданиях из списка ВАК и приравненных к ним, в том числе: 15 журналов, из которых специальности 1.6.9 «Геофизика» по техническим наукам соответствуют 10 журналов, из них категориям ВАК К1 или К2 соответствуют 8 работ.

Основные публикации по теме диссертации:

Патенты

1. Селезнев В.С. Способ непрерывного мониторинга физического состояния зданий и/или сооружений и устройство для его осуществления : пат. 2461847 Российская Федерация / В.С. Селезнев, **А.В. Лисейкин**, А.А. Брыксин; заявитель и патентообладатель Новосибирск. ООО «Геофизическая служба». – 2010128394/28 ; заявл. 08.07.2010 ; – опубл. 20.09.2012, Бюл. №26, - 10 с.

2. Способ организации непрерывного сейсмометрического мониторинга инженерных сооружений и устройство для его осуществления : пат. 2546056 Российская Федерация / В.С. Селезнев, **А.В. Лисейкин**, Р.Ш. Альжанов, П.В. Громыко ; заявитель и патентообладатель Новосибирск. ГС СО РАН. – 2013127923/28; заявл. 18.06.2013 ; – опубл. 10.04.2015, Бюл. №10, - 6 с.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

1. SpectrumSeism / В.С. Селезнев, **А.В. Лисейкин**, Д.Б. Севостьянов, А.А. Брыксин // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021666241; RU; № 2021665611, заявл. 11.10.2021, опубл. 11.10.2021.

2. Geofilters / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, Д.Б. Севостьянов, А.А. Брыксин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022613238; RU; № 2022613181, заявл. 11.03.2022, опубл. 12.03.2022.

3. SSlicer / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, Д.Б. Севостьянов, А.А. Брыксин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2022613238. Заявка № 2022613181 от 11.03.2022, опубл. 12.03.2022.

Журналы, включенные в перечень ВАК

1. Влияние работы гидроагрегатов на собственные колебания плотины Саяно-Шушенской ГЭС / В.С. Селезнев, **А.В. Лисейкин**, Р.Ш. Альжанов, П.В. Громыко // Гидротехническое строительство. – 2013. – №7. – С. 2-7.

2. What Caused the Accident at the Sayano-Shushenskaya Hydroelectric Power Plant (SSHPP): A Seismologist's Point of View / V.S. Seleznev, **A.V. Liseikin**, A.A. Bryksin, P.V. Gromyko // Seismological Research Letters. – 2014. – V. 85. – P. 817-824.

3. О собственных акустических колебаниях в водоводах Саяно-Шушенской ГЭС / В.С. Селезнев, В.Б. Курзин, **А.В. Лисейкин**, П.В. Громыко // Гидротехническое строительство. – 2016. – №7. – С. 41-45.

4. **Лисейкин А.В.** Результаты исследования здания с резинометаллической сейсмоизоляцией методом стоячих волн (на примере здания гражданского строительства Национального университета Тайваня, г. Тайбэй) / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, А.А. Брыксин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 53-59.

5. **Лисейкин А.В.** Сезонные изменения параметров собственных колебаний плотины Чиркейской ГЭС по данным метода стоячих волн / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, З.А. Адилов // Гидротехническое строительство. – 2019. – №10. – С. 28-33.

6. **Liseikin A.V.** Monitoring of the natural frequencies of Chirkey arch dam / **A.V. Liseikin**, V.S. Seleznev, Z.A. Adilov // Magazine of Civil Engineering. – 2020. – V. 96 (4). – P. 15-26.

7. Сейсмологические наблюдения во время оползня на отвале Колыванского месторождения антрацита (Новосибирская область) / В.С. Селезнев, **А.В. Лисейкин**, А.Ф. Еманов, В.М. Соловьев // Докл. РАН. Науки о Земле. – 2021. – Т. 499, № 1. – С. 65-70.

8. Методика изучения строения земной коры на всю мощность средствами речной сейсморазведки / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, В.М. Соловьев, А.А. Брыксин // Докл. РАН. Науки о Земле. – 2022. – Т. 502, № 2. – С. 101-106.

9. Контроль технического состояния зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах по изменению частот собственных колебаний (по данным сейсмического мониторинга здания свайного типа – Дворца культуры г. Норильска) / Е.Э. Косякина, **А.В. Лисейкин**, П.В. Громыко, В.С. Селезнев // Российский сейсмологический журнал. – 2023. – Т. 5, №3. – С. 45-58.

10. Определение устойчивости отвалов угольных разрезов по собственным колебаниям (по данным мониторинга на Колыванском месторождении антрацита, Новосибирская область) / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, А.Ф. Еманов, В.М. Соловьев // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64, № 5. – С. 754-763.

11. Определение частот собственных колебаний сооружений по малоамплитудным сейсмическим сигналам (на примере плотины Саяно-Шушенской ГЭС по данным мониторинга 2001–2021 гг.) / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, А.Ф. Еманов, Д.В. Кречетов // Российский сейсмологический журнал. – 2023. – Т. 5, № 2. – С. 32-50.

12. Возможности речной сейсморазведки для изучения строения земной коры и верхней мантии территории Сибири / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, В.М. Соловьев [и др.] // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64, №2. – С. 280-292.

13. Изменение значений частот собственных колебаний зданий и сооружений в зависимости от внешних факторов / В.С. Селезнев, **А.В. Лисейкин**, И.В. Коковкин, В.М. Соловьев // Геология и геофизика. – 2024. – Т. 65, № 7. – С. 1036-1044.

14. **Лисейкин А.В.** Методика дистанционного контроля разрушительных процессов по малоамплитудным сейсмическим сигналам при эксплуатации крупных промышленных объектов / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2024. – Т. 51, № 3. – С. 86-106.

15. Построение разрезов земной коры до границы Мохоровичича по малоамплитудным отраженным волнам речной сейсморазведки методом ОГТ-2D (р.

Витим, зона сочленения Ангара-Ленской моноклизы Сибирской платформы и Бодайбино-Патомской складчатой системы) / **А.В. Лисейкин**, В.С. Селезнев, В.М. Соловьев [и др.] // Геология и геофизика. – 2025. – Т. 66, № 1. – С. 109-123.

При анализе текста диссертации, автореферата и публикаций, **установлено**, что диссертация **соответствует требованиям п. 14** «Положения о присуждении ученых степеней»:

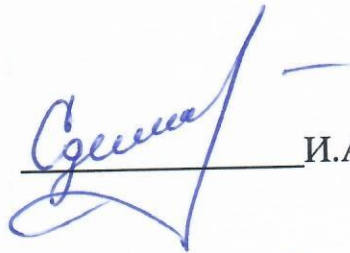
- Соискателем сделаны ссылки на все источники заимствования материалов, **фактов некорректного цитирования или заимствования без ссылки** на соавторов в тексте диссертации и автореферате **не обнаружено**;
- **Сведения, представленные соискателем, об опубликованных им работах, в которых полностью изложены основные научные результаты диссертации, достоверны**;
- В тексте диссертации соискателем отмечено, какие результаты получены им лично, а какие – в соавторстве.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация **«Обнаружение разрушительных процессов при эксплуатации технических сооружений и определение структуры земной коры с использованием малоамплитудных сейсмических сигналов»** Лисейкина Алексея Владимировича **рекомендуется к защите** на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.6.9 «Геофизика».

Заключение принято на заседании Ученого совета ФИЦ ЕГС РАН 08 июля 2025 г. Присутствовало на заседании 25 членов Ученого совета ФИЦ ЕГС РАН. Результаты открытого голосования Результаты голосования: «за» – 25 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 13 от 08 июля 2025 г.

Заключение оформил:
ученый секретарь ФИЦ ЕГС РАН,
к.ф.-м.н.



И.А. Сдельникова



*Сдельниковой И.А. подтверждено
ок. 10 июля 2025 г.*