

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

**Солодчук Александры Андреевны**

«Пред- и постсейсмический отклик высокочастотной геоакустической эмиссии», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»

### Актуальность работы.

Диссертационная работа «Пред- и постсейсмический отклик высокочастотной геоакустической эмиссии» посвящена исследованию изменения пространственно-временного распределения импульсов геоакустической эмиссии (ГАЭ) в частотном диапазоне от единиц до первого десятка килогерц в сейсмоактивном регионе. В работе проведен анализ появления аномалий направленности эмиссии, предшествующих землетрясениям и продолжающихся после них. Ранее при исследованиях акустической эмиссии в сейсмоактивных регионах в основном регистрировались только предсейсмические изменения характеристик излучения. Отдельное внимание автор работы уделила изучению фоновых характеристик геоакустического излучения, в частности периодическим составляющим. Научное исследование, выполненное Солодчук А.А. можно считать актуальным.

Представленная диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы из 72 наименований и приложения. В работе содержится 113 страниц текста, 42 рисунка, 6 таблиц.

В первой главе рассматриваются механизмы генерации и способы регистрации акустической эмиссии (АЭ) в различных частотных диапазонах, ее применимость. Глава носит в основном обзорный характер.

В первом разделе обсуждаются причины возникновения АЭ, принципы распространения упругих колебаний в твердом теле, вызванных движением

дислокаций и их скоплений. Перечислены основные характеристики акустической эмиссии, исследуемые в работе.

Во втором разделе рассматривается применение акустической эмиссии в различных диапазонах частот от долей герц до десятков мегагерц в геофизике, сейсмологии и промышленности. Обсуждается возможность использования колебаний в диапазоне частот от нескольких единиц до первых десятков килогерц (высокочастотная ГАЭ) для исследования приповерхностных осадочных пород.

Третий раздел посвящен результатам исследований АЭ в сейсмоактивных регионах в периоды подготовки землетрясений. Приводится обзор литературы по данной тематике. Показано, что в различных диапазонах частот в сигналах акустической эмиссии возникают аномальные изменения, предшествующие сильным землетрясениям, которые в большинстве случаев и заканчиваются перед ними.

Вторая глава посвящена описанию характеристик высокочастотной геоакустической эмиссии в пункте «Микижа» на Камчатке.

В первом разделе приводится описание аппаратно-программного комплекса для регистрации сигналов акустической эмиссии, основу которого составляют приемные гидроакустические системы, построенные на базе пьезокерамических преобразователей. Комплекс позволяет регистрировать, накапливать и проводить частотно-временную обработку полученных данных, а также анализировать поток геоакустических импульсов и определять их направленность.

Во втором разделе обсуждаются акустические сигналы деформационной природы в широком диапазоне частот на разных стадиях сейсмического процесса. Показано, что геоакустические сигналы представляют собой комбинацию релаксационных импульсов различной амплитуды и длительности и различной частотой заполнения. Частота следования геоакустических импульсов в моменты увеличения скорости деформации пород в несколько раз больше, чем в фоновые периоды. Приводятся примеры

усиления сигналов ГАЭ, предшествующих сейсмическим событиям и продолжающихся и после окончания землетрясений, в диапазонах частот от 2000 и более Гц. Они проявляются в виде квазипериодических пульсаций, либо резкого увеличения уровня акустических шумов.

Третий раздел посвящен результатам анализа фоновых характеристик высокочастотной ГАЭ, в частности ее периодических составляющих. Обсуждается составляющая эмиссии с периодом 24 часа, рассматриваются причины, обуславливающие ее возникновение. Подробно описывается методика выделения суточной составляющей, разработанная автором. Исследуется связь обнаруженной составляющей с суточными вариациями температуры воздуха, которые по мнению автора обуславливаются термодформациями пород.

В третьей главе рассматриваются результаты исследования направленности геоакустической эмиссии на различных стадиях сейсмического процесса.

Первый раздел в основном носит описательный характер. В нем рассматриваются векторно-фазовые методы определения направления на источник звука. Подробно описываются амплитудный, применяющийся в работе, и разностно-фазовый методы.

Второй раздел содержит результаты анализа направленности ГАЭ в фоновые периоды и при активизации деформационных процессов. Обсуждаются активность геоакустического излучения и ее азимутальное распределение. В периоды отсутствия деформационных и метеорологических возмущений акустическая активность составляет 0.1-0.5 импульсов в секунду и имеет достаточно равномерное азимутальное распределение. Во время активизации деформационных процессов, обусловленных, в том числе землетрясениями, наблюдается рост акустической активности (до 2 – 5 импульсов в секунду). На диаграммах азимутального распределения АЭ появляются ярко выраженные максимумы по отдельным направлениям.

В третьем разделе приводятся результаты анализа пространственного распределения геоакустической активности во время землетрясений с энергетическими классами 9.0-10.0, 10.0-11.0, 11.0-12.0 и более 12.0 на эпицентральных расстояниях до 120 км, до 190 км, до 240 и до 350 км соответственно. Автором установлено, что более 70 % рассматриваемых землетрясений имеют пред- и постсейсмический отклик в направленности геоакустического излучения, выражающийся в виде ярко выраженного максимума в азимутальном распределении.

Основные положения диссертации, отличающиеся научной новизной заключается в следующем:

1) впервые установлено наличие пред- и постсейсмических аномалий направленности высокочастотной геоакустической эмиссии, обусловленных подготовкой землетрясений и последующей релаксацией остаточных локальных напряжений;

2) впервые выявлена составляющая акустической эмиссии с периодом 24 часа, которая обуславливается термдеформацией приповерхностных осадочных пород, вызванной суточными изменениями температуры воздуха.

Степень обоснованности научных положений и выводов.

Автор применяет известные научные методы для обоснования полученных результатов и выводов. Используются основные положения теории упругости, векторно-фазовые методы в акустике, и статистические методы обработки и анализа данных.

Достоверность научных положений и выводов.

Достоверность защищаемых положений и результатов обеспечиваются качеством и представительным объемом экспериментальных данных, надежностью использованной аппаратуры наблюдений и ее систематической калибровкой, подтверждается соответствием результатам исследований, проводимых по смежной тематике, полученными, в том числе и за рубежом. Выводы диссертации согласуются с данными других авторов.

Основные материалы диссертации опубликованы в изданиях, соответствующих перечню ВАК РФ. Автореферат диссертации отражает содержание диссертационной работы и положения, выносимые на защиту.

Замечания по диссертационной работе:

К работе имеется ряд замечаний.

1. Обзор работ по геоакустической эмиссии, приведенный в 1-й главе, недостаточно раскрывает состояние работ в этом направлении в настоящее время.
2. Много рисунков в 1 и 2 разделах 2-й главы (7 из 12) заимствованы из работ других авторов и кочуют из одной публикации в другую.
3. В некоторых местах работы фразы текста плохо структурированы и читаются с большим трудом (пример, стр. 15, Верхний абзац).
4. Очень плохое качество собственных графических материалов. Рисунки часто необоснованно сильно увеличены (Рис. 3.10, Рисунки 3.15 до 3.20); очень блеклого цвета и плохого качества. В подписях под осями некоторые символы невозможно прочесть даже с лупой (например  $T_w$  °C). В гистограммах на рис. 3.15 до 3.18 использовались два светлых цвета заливки столбцов, которые становятся неразличимыми при печати. Создается впечатление, что автор плохо владеет графическими редакторами.
5. В приведенных периодограммах везде отсутствуют доверительные интервалы и не обозначен уровень значимости.

Отмеченные недостатки не умаляют научную и практическую значимость работы в целом.

Диссертационная работа представляет собой научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на хорошем научном уровне. Основные результаты опубликованы в 6 статьях в российских и зарубежных научных изданиях, 2 из которых входят в перечень ВАК РФ по специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» и 17 работ - в материалах научных конференций.

Таким образом, диссертационная работа Солодчук Александры Андреевны на тему «Пред- и постсейсмический отклик высокочастотной геоакустической эмиссии», представленная на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» полностью отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям («Положение о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. с изменениями)), а ее автор Солодчук Александра Андреевна, достойна присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,  
Сасорова Елена Васильевна,

11.09.2017 

главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Адрес: 117997, Москва, Нахимовский пр., д. 36,  
e-mail: [sasorova\\_lena@mail.ru](mailto:sasorova_lena@mail.ru),  
Тел.: +7(499)124-87-13.

Согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись официального оппонента  
д.ф.-м.н. Сасоровой Е.В.  
заверю



секретарь ИО РАН  
Рамина А.С.



11.09.2017