

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Иванова Михаила Павловича на тему:
«Статистические характеристики микросейсмических колебаний, вызванных штормовой активностью», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.

Диссертационная работа Иванова М.П. посвящена исследованию микросейсмических колебаний, генерируемых штормовой активностью в прибрежной зоне Японского моря. Актуальность данной темы не вызывает сомнений. Микросейсмы являются уникальным индикатором взаимодействия гидросферы и литосферы, позволяя дистанционно оценивать параметры морского волнения. В условиях ограниченного доступа к прямым океанографическим измерениям, особенно в периоды экстремальных гидрометеорологических явлений (тайфунов), использование лазерно-интерференционных методов регистрации микродеформаций открывает новые возможности для мониторинга. Исследование статистических закономерностей, в частности отклонений от нормального распределения и характера «тяжелых хвостов», является критически важным для понимания физических механизмов генерации микросейсм и прогнозирования экстремальных воздействий на береговую инфраструктуру.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, изложена на 127 страницах машинописного текста, содержит 52 рисунка и 4 таблицы.

Во **введении** обоснована актуальность, сформулированы цели, задачи и научная новизна исследования, а также положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** представлен обширный обзор теоретических основ формирования ветрового волнения и механизмов генерации первичных и вторичных микросейсм. Описаны существующие методы регистрации (волновые буи, спутниковая альтиметрия, радиолокация) и подробно рассмотрены лазерно-интерференционные системы (деформографы и

измерители вариаций давления), используемые автором. Данный раздел написан на высоком уровне, демонстрирует глубокое знание предметной области и служит прочным фундаментом для последующего анализа.

Во **второй главе** проведен сравнительный анализ спектральной структуры микросейсмических колебаний, зарегистрированных тремя типами приборов (ЛИВДГ, лазерный деформограф, сейсмометр), в периоды прохождения трех тайфунов («Симарон», «Конг-Рэй», «Хагупит»). Автор убедительно демонстрирует, что спектральный состав поля зависит от интенсивности и траектории шторма, а также от физической природы регистрируемых величин (давление, деформация, скорость смещений).

В **третьей главе** исследуются статистические характеристики фонового поля микросейсмических колебаний. Установлено, что распределения амплитуд деформаций в большинстве случаев отклоняются от нормального закона (положительный эксцесс) и лучше аппроксимируются распределением Грама–Шарлье. Показано, что для ортогональных компонент (Север–Юг и Запад–Восток) корреляция среднеквадратичных отклонений высока ($R^2=0.9$), что свидетельствует об общем источнике возбуждения, тогда как корреляция асимметрии и эксцесса практически отсутствует.

В **четвертой главе** выполнен вероятностный анализ микросейсмических колебаний в периоды прохождения пяти тайфунов («Соулик», «Конг-Рэй», «Хагупит», «Чондари», «Санба»). Анализ выявил универсальный характер нормированных функций распределения, описываемый экспоненциальным законом в области хвостов. Наиболее интересным результатом является установленная зависимость параметра экспоненциального спада λ от коэффициента эксцесса K_u .

В **заключении** подведены итоги и сформулированы выводы, соответствующие поставленным задачам.

Автореферат и публикации (7 статей, 9 тезисов конференций) достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Автором впервые на основе комплексного анализа данных лазерно-интерференционных приборов и сейсмометров:

1. Реализован подход, позволяющий разделять вклад первичных и вторичных микросейсм в спектре регистрируемых колебаний с учетом типа измерительной системы.
2. Установлено, что амплитудные распределения фоновых микросейсм имеют выраженную негауссовскую структуру, наиболее точно описываемую разложением Грама–Шарлье.
3. Выявлены универсальные статистические зависимости нормированных распределений деформаций при штормовой активности, выражающиеся в экспоненциальном характере спада хвостов и наличии связи между параметром спада и эксцессом.

Достоверность результатов обеспечивается:

- Использованием сертифицированного и высокоточного оборудования (лазерные деформографы, ЛИВДГ, широкополосные сейсмометры Guralp);
- Проведением измерений на базе стационарной геофизической обсерватории ТОИ ДВО РАН в течение нескольких лет, что подтверждает повторяемость результатов;
- Согласованностью выводов, полученных на основе анализа данных разных приборов (деформографов, сейсмометра, ЛИВДГ), и совпадением с теоретическими моделями генерации микросейсм (Лонге–Хиггинс, Хассельман);
- Статистической значимостью корреляционных зависимостей ($p < 0.05$).

Замечания по диссертационной работе

Несмотря на высокий уровень работы, следует сделать ряд замечаний и предложений:

1. **Объяснение физического механизма:** В четвертой главе автор предполагает, что колебания с периодом 16–20 с, возникающие при выходе тайфуна с Корейского полуострова, могут быть вызваны «собственными колебаниями какой-то части Корейского полуострова, возможно минигеоблоком». Данное предположение выглядит дискуссионным и требует либо более детального физического обоснования (с указанием размеров, структуры и добротности

блока), либо подтверждения независимыми геофизическими данными (например, данными ГНСС или сейсмологическими каталогами). В текущем виде это остается гипотезой, требующей дополнительной проверки.

2. **Сравнительный анализ с натурными данными волнения:** В работе отсутствует прямое сравнение зарегистрированных микросейсмических характеристик с данными прямых измерений волнения (например, данных волновых бுவ или спутниковой альтиметрии в районе исследований). Хотя автор ссылается на использование метеоданных, прямое сопоставление (расчет корреляции между энергией микросейсм и значительной высотой волн $Hm0$) укрепило бы выводы о количественной связи. Это особенно важно для подтверждения прикладной значимости работы.
3. **Методология оценки хвостов:** Выбор порога для экспоненциальной аппроксимации ($|z| > 3$) обоснован визуально. Для подтверждения устойчивости результатов было бы целесообразно показать, что значения параметра λ незначительно изменяются при варьировании порога (например, $|z| > 2.5$ или $|z| > 3.5$).
4. По тексту диссертации при упоминании сокращения «ЛИВДГ» нет расшифровки. Это доставляет трудности при чтении.
5. Также в некоторых местах имеются незначительные замечания к орфографии.

Указанные замечания не снижают положительной оценки работы, считаю, что диссертация **Иванова Михаила Павловича** является законченным научным трудом.

Достигнутые в работе результаты и описанные механизмы взаимодействия геосфер, во время воздействия мощного взрывного возмущения, имеют практическое значение и являются важными в вопросах взаимодействия геосфер и возможных последствий катастрофических явлений

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №

842 (с изменениями на 16 октября 2024 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Иванов Михаил Павлович заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – «Океанология».

Официальный оппонент

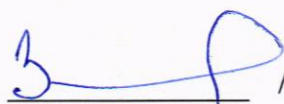
доктор физико-математических наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук

Адрес: 693023, Сахалинская область, г. Южно-Сахалинск, ул. А.М. Горького, 25

Тел.: +7(4242)23-69-66

E-mail: skb@skbsami.ru

Я, Зайцев Андрей Иванович, также даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

 /А.И. Зайцев/

24.08.2026



Зайцева А.И. заверю.
Зенкин секретарь скб самс ДВО РАН
шабалинова Л.С.