

## Отзыв официального оппонента

На диссертацию Котова Андрея Николаевича «Исследование низкочастотных сейсмоакустических полей для решения задач геоэкологии» по специальности 25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых на соискание учёной степени кандидата технических наук

Геоэкология является бурно развивающимся направлением наук о Земле, входящем в перечень критических технологий Российской Федерации, утверждённым Указом Президента Российской Федерации № 899 от 7 июля 2011г. Пунктами:19. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации её загрязнения. 21. Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Термин сейсмоэкология появился в последние десятилетия. Работ в этом важном направлении крайне мало и представленная Андреем Николаевичем Котовым диссертационная работа является важным шагом в развитии нового практически важного направления. Еще большую актуальность данному исследованию придает совмещение двух направлений данной проблемы: сейсмических исследований и акустических исследований. Такое совмещение исследований обладает новизной решения проблем сейсмоэкологии. Как любое новое направление сейсмоэкология как наука, в том виде как она развивается, это еще не устоявшееся по методам исследования направление, и подход и методика исследования соискателя отличается от методик уже известных по работам других авторов. Как справедливо отмечено в диссертации, сейсмоэкологические исследования тесно связаны с развитием сейсмического микрорайонирования и проведённые работы развивают не только сформированное новое направление, но и вносят вклад в некоторые задачи сейсмического микрорайонирования. Актуальность исследований А.Н.Котова усиливается тем фактом, что в работе объединена сейсмоэкология территории населённого пункта с сейсмоэкологией конкретных зданий. Такой подход к мониторингу важен не только для определения сейсмоздействия на человека, но и для размещения высокоточного оборудования, требующего оценки влияния сейсмического фона на точность результатов, получаемых с этим оборудованием. Актуальность сейсмоэкологических исследований в значительной степени возросла, в связи с научными мегапроектами России такими как СКИФ «Сибирский кольцевой источник фотонов», для которых мониторинг шумовой обстановки является вопросом важным для реализации точности экспериментов.

Диссертационная работа Котова А.Н. актуальна как для развития формирующегося научного направления сейсмоэкология, так и для формирования систем мониторинга особо важных промышленных объектов.

Цель исследования, сформированная как разработка технологии мониторинга вибромикросейсмического и акустического загрязнений жилых районов современных мегаполисов, соответствует современным требованиям цифровой сейсмологии. Если сейсмология ориентирована на изучение землетрясений, строения сред, сейсмического эффекта крупных взрывов и сети станций развивались в сейсмически опасных горных районах, то сейсмология мегаполисов это то, что рассмотрено в диссертации. Это станции в шумных районах и методы обработки, нацеленные на решение экологических задач.

Цель диссертационного исследования современна и нова. Сформированные в работе четыре задачи, соответствующие цели, и их решение создают основы сейсмоэкологического мониторинга городов.

Глава 1 «Анализ современного состояния мониторинга акустического и вибромикросейсмического загрязнения» является обзорной главой по сейсмическим шумам различной природы. Автор совершенно правильно рассматривает как природные микросейсмические механизмы их формирования, так и техногенные шумы городов по работам предшественников. Совершенно верно рассматривать природные микросейсмические и их изменения за счёт техногенного воздействия на среду. Особое внимание уделено шумам автомобильного транспорта и взглядам на сейсмоэкологию, как важный раздел Геоэкологии.

Глава 2 «Теоретическое обоснование нового подхода к мониторингу вибросейсмического загрязнения населённого пункта» это основная методическая часть диссертации. В работе обосновывается развитие методики сейсмического микрорайонирования к решению задач сейсмоэкологии. Без сомнения исследования с двумя сейсмостанциями для регистрации в опорной точке и перемещающейся, в некоторых случаях позволят получить карты сейсмического шума в пространстве, когда выполняются определенные условия и предположения.

Автор диссертации не достаточно подробно описывает алгоритм нормирования измерений в движущихся точках через опорную точку и не освещает вопрос точности такого нормирования. В главе 5 (рис.21) приведена схема обработки, из которой можно понять какой алгоритм используется в обработке. Недостатком применяемого алгоритма является то, что он является изобретением, а не результатом решения. В основе алгоритма, используемого в данной работе, лежит предположение, что сейсмические шумы это волны Рэлея и только. Ни каких доказательств природы техногенных шумов не приводится. Поскольку выполняется нормирование спектров через опорную точку, то это приводит к предположению о связи колебаний в разных точках через линейную систему, не зависящую от времени. Иначе говоря, нормировка сигналов правомерна для когерентных во времени сигналов. Вопрос природы шумов и точности алгоритмов легко решается расчётом спектра когерентности между записями в опорной точке и рядовой, который в случае только когерентных волн будет

равен 1 независимо от частоты. Опыт таких расчетов, имеющийся у оппонента, говорит, что никогда когерентность не равна единице. Разница между единицей и расчетным значением определяет уровень ошибки при нормировании на спектр в опорной точке. Вопросу точности нормирования на спектр опорной точки в диссертации внимание не уделено. В работе использован спектральный метод нормирования через опорную точку. Согласно рис.21 осуществляется суммирование спектров по временным блокам, что повышает точность результата во времени. Быстрее точность повышается при использовании спектрально-корреляционных методов, применяющихся в методе стоячих волн для исследования резонансных свойств грунта (Еманов и др. 2008).

Глава 3 «Применение разработанного подхода для оценки инфразвукового и вибромикросейсмического загрязнения пос. Мострентген» является практическим опробованием метода в получении данных важных для геоэкологии. Карты относительной интенсивности, представленные для разных частот, дают важную информацию о распределении пространственных аномалий относительного изменения сейсмического шума по площади и, безусловно, являются практически важными для сейсмоэкологии.

Глава 4 «Аппаратурно-измерительный комплекс, необходимый для получения натуральных полевых данных» является обоснованием выбора комплекта аппаратуры для сейсмоакустического мониторинга и разработки программного обеспечения для работы с ним. Интересен результат сравнения записей сделанных сейсмометрами СМЗ-ОС и молекулярно-электронными сейсмометрами. Соискатель продемонстрировал высокие возможности применения молекулярно-электронных сейсмометров российского производства в организации сейсмоэкологического мониторинга.

Глава 5 «Обработка и анализ натуральных данных, полученных в ходе полевого эксперимента на территории пос.Мосрентген, новая Москва». Представлены множественные иллюстрации, являющиеся выборкой из большой работы по обработке экспериментов. Автор убедительно показал, что акустические и сейсмические загрязнения территории не связаны друг с другом. В измерениях по сейсмическим шумам, автор представил сопоставление вибромикросейсмического загрязнения территории в сравнении день и ночь, а так же суточные вариации шумов по данным опорной точки. Автором определены частоты наиболее сильных шумов, в данном случае 10 Гц, и частоты с наибольшим динамическим диапазоном изменения амплитуд шумовых колебаний за сутки. В этой главе продемонстрированы практические возможности разработанной методики и обоснована возможность её практического применения. Будучи хорошего научного уровня данная глава не лишена досадных опечаток. На рис.65 шкала частот по вертикали: 0.5 затем 0.1 затем 1.5 затем 0.2 затем 2.5 и т. д.

В целом диссертационная работа является разработкой принципиально новой технологии мониторинга сейсмоакустического загрязнения территории населённого пункта, важной для контроля над качеством жизни в городах и являющейся важным вкладом в развитие геоэкологии, в общем, и в сейсмоэкологии в частности. Разработанные алгоритмы обработки данных с одной опорной точкой для построения площадных карт опробованы на экспериментальных материалах и были продемонстрированы хорошие результаты. В работе обоснованы аппаратные комплекты отечественного производства для осуществления работ по мониторингу.

Положения выносимые на защиту хорошо сформулированы, обоснованы в тексте диссертации и не вызывают сомнения. Результаты диссертации опубликованы в четырех работах, три из которых из списка ВАК для публикации материалов диссертационных работ.

Диссертация Котова Андрея Николаевича посвящена актуальной теме, обладает научной новизной и содержит решение задачи: разработка методики сейсмоакустического мониторинга городов, имеющей существенное значение для геоэкологии с позиции науки и практики.

Диссертация соответствует требованиям, установленным п.9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842) для учёной степени кандидата наук, а её автор А.Н.Котов достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Я, Еманов Александр Фёдорович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

*Официальный оппонент*  
*Директор Алтае-Саянского филиала*  
*Федерального исследовательского центра*  
*«Единая геофизическая служба РАН»*  
*доктор технических наук*

*Александр Фёдорович Еманов*

630090, Новосибирск, пр-т Ак. Коптюга, д. 3  
*emanov@gs.sbras.ru*  
тел: +7-(383)-333-27-08

01 сентября 2022 года

**Заверенная по месту работы:**

Подпись А.Ф. Еманова заверяю:

*Иванов / Колоколова И.А.*