

ОТЗЫВ

Белеги Елены Дмитриевны

на автореферат диссертации Закирова Марата Нафисовича «Распознавание атмосферных инфразвуковых сигналов импульсных источников методами морфологического анализа вейвлет-спектров», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

В автореферате обоснована актуальность исследований, направленных на поиск математических моделей и вычислительных методов, которые позволяют выявлять устойчивые импульсные инфразвуковые сигналы в атмосфере, инвариантные к искажениям, вызванным природными и антропогенными шумами. Следует отметить, что такие исследования носят как фундаментальный, так и прикладной характер, так как включают мониторинг соблюдения международных договоренностей и необходимость раннего оповещения о природных катастрофах. В реферате ясно сформулированы задачи и цели работы, научная новизна исследований и продемонстрирована практичность полученных результатов.

Для решения задач, поставленных перед диссертантом, были выбраны методы, основанные на частотно-временном анализе вейвлет-спектров и морфологическом подходе с применением метода машинного обучения.

Следует отметить следующие результаты работы:

1. Разработана математическая модель формы изображения вейвлет-спектра импульсного инфразвукового сигнала, представляющая собой множество кусочно-постоянных функций с упорядоченными по яркости областями. На основе этой модели предложен морфологический метод, позволяющий обнаруживать и локализовать импульсные сигналы на фоне шумов путём сравнения фрагментов спектра с эталонной формой. Метод апробирован на реальных записях, включая сигналы от ядерных взрывов, вулканических извержений и техногенных взрывов. Показана его устойчивость к шуму и искажениям, а также возможность автоматического выявления времени прихода сигнала.
2. Предложен двухэтапный метод декомпозиции сигналов, позволяющий количественно оценивать параметры отраженных волн и интерпретировать их в терминах слоистой структуры атмосферы.
3. Применение метода главных компонент для автоматического построения «эталонных форм» вейвлет-спектров непосредственно по экспериментальным данным позволило формализовать процедуру классификации сигналов от различных источников, что также является важным результатом работы.
4. Созданная и обученная в ходе работы нейронная сеть является сетью новой архитектуры для бинарной классификации инфразвуковых сигналов. Автор

показал способность сети достигать 100% точности на реальных записях при обучении исключительно на синтетических данных с добавленным шумом, что свидетельствует о высокой обобщающей способности и помехоустойчивости разработанного подхода.

Работа базируется на строгих математических методах и апробирована на реальных экспериментальных данных, поэтому достоверность результатов не вызывает сомнений. Следует также отметить, что работа имеет практическое применение благодаря программному обеспечению, которое разработано диссертантом. Это подтверждено пятью свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат легко читается, написан понятным научным языком, структурирован, а изложенный в нем материал позволяет составить полное представление о содержании диссертации. Публикации автора (20 работ, включая 9 статей в журналах из перечня ВАК и международных баз данных) отражают основные положения, выносимые на защиту.

Несколько замечаний, которые не умаляют результатов работы:

1. В работе используется аббревиатура, которую корректно объяснять при первом употреблении, что не всегда так. Это несколько затрудняет чтение и понимание текста. Например, в автореферате на стр. 4 говорится о ROC-кривых, N и U – волнах, но объяснение появляется только во второй части текста.
2. Не ко всем рисункам понятные и детальные подписи. Приходится проводить аналогии между разными рисунками или догадываться.

При ознакомлении с авторефератом возник вопрос:

Так как автор работы предложил несколько методов решения задачи распознавания атмосферных инфразвуковых сигналов импульсных источников, можно ли сформулировать критерии выбора метода для конкретных случаев? Существуют ли такие критерии?

В заключение считаю важным отметить:

Диссертационная работа «Распознавание атмосферных инфразвуковых сигналов импульсных источников методами морфологического анализа вейвлет-спектров» по всем характеристикам соответствует требованиям ВАК РФ (пункты 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней»), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы, Закиров Марат Нафисович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Я, Белега Елена Дмитриевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник,
кафедра физической химии
химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

24.02.2026

Белега Елена Дмитриевна

Почтовый адрес:

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ,
химический факультет

Тел. +79161969441

e-mail: edbelega@gmail.com

Подпись к.ф.-м.н. Е.Д. Белеги заверяю.

