

ОТЗЫВ

Новаковской Юлии Вадимовны

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.

Работа М.Н. Закирова посвящена актуальной проблеме распознавания, анализа и классификации распространяющихся в атмосфере инфразвуковых сигналов, которые в зависимости от типа источника, его расположения и удаленности от регистрирующего устройства, приходят к последнему в более или менее искаженном виде, требующем дополнительной обработки с целью восстановления параметров исходного сигнала с достаточной достоверностью и надежностью. Это направление интересно с теоретической точки зрения, поскольку требует разработки оригинальных научно-методических подходов, и важно в практическом плане, особенно с учетом возрастающей в последнее время вероятности расширения круга государств, получающих или потенциально имеющих возможность получить доступ к ядерным боезарядам различной мощности, а также вероятного возобновления испытаний в некоторых странах, обладающих ядерным оружием. Не менее актуальна и проблема предсказания взрывов и извержений вулканов, включая супервулканы, чья активность в последние годы возрастает. Возможность по характеру инфразвукового сигнала вулкана определить фазу его активности, представляется очень перспективной в силу того, что уровень сигнала существенно изменяется при изменении уровня магмы, а потому имеется принципиальная возможность предсказывать событие за несколько часов или даже дней. И хотя последняя задача носит несколько иной характер, предполагая анализ не отдельных импульсных сигналов, а практически непрерывно генерируемой их последовательности, некоторые методические решения, полученные при изучении проблем, которым посвящена данная диссертационная работа, могут оказаться полезными и для ее решения. Таким образом, главная проблема – формулирование моделей и их настройка, что представляет собой очень сложную многофакторную задачу.

М.Н. Закировым сделан существенный шаг в направлении решения этих задач. На примере пока небольшого набора инфразвуковых сигналов от различных источников им предложена математическая модель, основанная на вейвлет-анализе сигнала, с применением морфологического анализа и нейросетевых технологий, в которых для обучения использованы преимущественно синтетические данные. Работоспособность предложенного метода продемонстрирована на примере идентификации реальных инфразвуковых сигналов. Детальный анализ точности оценок и

погрешностей метода свидетельствует о том, что работа выполнена на высоком уровне, а ее результаты заслуживают доверия.

При этом есть ряд вопросов и замечаний.

- (1) Говоря в разделе 1.5 о достоверности обнаружения сигнала, диссертант указывает, что желательна верификация на нескольких приемниках. Есть ли оценки того, каково оптимальное число и расположение приемников?
- (2) В качестве примера в разделе 1 приведен сигнал от ядерного взрыва 1980 года, который, по-видимому, был средней мощности. Насколько существенно изменяется форма сигнала в зависимости от мощности боезаряда? Можно ли надежно идентифицировать сигналы от взрывов сверхмалой и малой (до 10 кг) мощности? Иначе говоря, какова пороговая интенсивность сигнала, обеспечивающая его надежное выделение на фоне шума, и можно ли создать достаточную базу данных, позволяющую не просто идентифицировать сигнал, но и определять мощность боезаряда?
- (3) В продолжение вопроса о классификации сигналов, диссертант указывает в разделе 3.1 на возможность использовать не реальную форму сигнала, а главную компоненту, полученную при его разложении. Не вполне понятно, идет ли речь об одной компоненте или о первых нескольких компонентах, отвечающих сингулярным числам в некотором заданном диапазоне. Последнее кажется более корректным. Здесь стоит также отметить, что эти числа ранжированы в порядке «невозрастания», а не «неубывания», как сказано на стр. 20.
- (4) В работе справедливо указано на наличие слоистой структуры атмосферы, которая по-разному искажает сигналы от разных источников. И это вызывает еще один вопрос: каков круг процессов, которые могут быть более или менее надежно идентифицированы с применением предложенной методики? Можно ли расширить модель так, чтобы идентифицировать тип ядерных испытаний (воздушные, высотные, наземные)?
- (5) С учетом создаваемого «северным сиянием» шума и соответствующего усложнения решения задачи (отмеченного в разделе 1.9), насколько устойчива модель к помехам, создаваемым геокосмической (ионосферной) бурей?

Столь большое число вопросов связано не с недостатками работы, а с тем, что в рамках предложенного рационального подхода есть много перспективных направлений исследований. И это отнюдь не умаляет ценность работы, а лишь подчеркивает ее значимость.

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, Новаковская Юлия Вадимовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук,

Доцент, профессор

кафедры физической химии

химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Новаковская Юлия Вадимовна

10 марта 2026 г.

Почтовый адрес:

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

Тел. +7 495 939 48 62

e-mail: jvnovakovskaya@gmail.com

Подпись д.ф.-м.н. Новаковской Ю.В. заверяю.

