

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Корсакова Алексея Анатольевича  
**«Вариации параметров ОНЧ-радиосигналов при распространении в волноводе Земля-ионосфера над территорией Северной Евразии в зависимости от солнечной активности»**, представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате»

Очень низкочастотное (ОНЧ) электромагнитное излучение естественного происхождения является хорошим индикатором грозовой активности тропосферы. Разряды молний генерируют широкополосные электромагнитные импульсы, которые при распространении довольно быстро преобразуются в импульсы ОНЧ радиоизлучения, распространяющиеся на большие расстояния. Эта особенность позволяет создавать регистраторы грозовой активности в виде ОНЧ радиоприёмников, и исследовать её вариативность на больших площадях относительно простыми методами. Изменчивость грозовой активности на фоне глобальных изменений климата достаточно интересная и актуальная тема для исследования, поскольку современные климатические модели не дают однозначного ответа на характер изменения количества гроз или разрядов молний при увеличении температуры воздуха.

В работе Корсакова А.А. исследуются особенности распространения (ОНЧ) радиоволн генерируемых радиотехнической системой дальней навигации (РСДН), обусловленные изменчивостью ионосферы. Полученные особенности помогают понять причины и характер изменения фоновых ОНЧ шумов, обусловленных грозовой активностью. Таким образом, представленное исследование является ярким примером использования прикладных радиотехнических систем для научных исследований связанных с физикой атмосферы и климата. Эта оригинальная идея исследования гроз предлагается впервые, поэтому полученные результаты обладают высокой степенью новизны. Несмотря на то, что название работы в основном говорит о методе исследования, полученные автором результаты и положения выносимые на защиту отражают именно вариативность атмосферных явлений и характеристик обусловленных изменениями климата планеты, и внешним воздействием в виде эффектов солнечной активности.

Для исследования атмосферы Земли при активном (определяющем) участии автора было разработано средство для приёма сигналов конкретной РСДН-20 и на его основе автор предложил уникальную методику измерений как свойств самих навигационных сигналов, так и радишумов на этих частотах, что и отражено в первом положении выносимом на защиту. Описание работы, проведённой в этом направлении, включая верификацию методики, находится во второй главе диссертации. Автор вынужден использовать специфичную радиофизическую терминологию для описания работы своей системы, что несколько затмевает суть её применения, и может сместить фокус восприятия работы читателем в область радиофизики. В итоге, регистрируемые разработанной системой параметры: уровень радишума и фазовая задержка радиосигнала, используются в диссертации для определения

именно свойств атмосферы Земли, а не для улучшения качества работы схожих радиосистем, или повышения точности радионавигации и т. п.

Одновременная регистрация на выделенных частотах сигналов РСДН-20 и радиошума (преимущественно обусловленного грозовой активностью) позволяет нивелировать вариации принимаемой мощности связанные с изменчивостью условий распространения радиосигнала, и выделить на их фоне вариации мощности обусловленные изменением частоты следования молниевых разрядов. Автор успешно демонстрирует в третьей главе исследование на основе этой идеи и получает достоверный результат отражающий изменение грозовой активности в средних широтах, обусловленное по всей видимости именно глобальным потеплением, а не вариациями условий распространения ОНЧ радиоволн. **К сожалению обсуждение количественных характеристик этого результата как в графическом так и в количественном виде (в таблицах) в основном ведётся с использованием опять же при помощи радиофизических терминов — децибел, что также может исказить восприятие специфики работы.**

Третье и четвёртое положения отражают исследование вариаций фазовой задержки регистрируемого радиосигнала, которое автор связывает с изменением высоты нижней ионосферы Земли под внешним воздействием. Автором проведён регрессионный статистический анализ сведений о вариациях фазовой задержки под влиянием изменчивости потока рентгеновского солнечного излучения вследствие солнечных вспышек и затмений. Предложенные автором модели и анализ большого объёма данных на их основе позволил в конечном итоге получить коэффициенты связей отражающих изменения эффективной высоты волновода Земля-ионосфера с изменением потока ионизирующего излучения Солнца. Кроме того автору удалось достоверно показать, что в зимний период глубина проникновения рентгеновского солнечного излучения в верхнюю атмосферу Земли над Северной Евразией меньше для периода высокой солнечной активности. **Опять же, в качестве некоторого недостатка можно указать, что конкретные формулировки положений имеют слишком технически выраженный характер.**

Таким образом, положения, выносимые на защиту в целом обоснованы и достоверны, однако есть ряд некоторых замечаний к выводам:

Выводы главы 1.

1. **«В флуктуационную составляющую ОНЧ-фона вносят вклад атмосферники от дальних грозových очагов. Разряды ближних молний вносят вклад в импульсную составляющую радиошума.»** Будут ли влиять на полученные результаты (положение 2) особенности грозового радиошума? Локальные или глобальные изменения зарегистрированы?

4. **«Для упрощенного описания распространения ОНЧ в волноводе Земля – ионосфера применяется приближение геометрической оптики. Для расстояний не более 4000 км достаточно учитывать не более 4 лучей. Метод нормальных волн более подходит для описания распространения ОНЧ на большие расстояния.»** Что именно существенно для работы? Только последнее предложение: **«Параметры ионосферы влияют на**

*распространение ОНЧ в волноводе Земля – ионосфера более существенно, чем параметры земной поверхности.»*? Или всё же эти приближения используются, например для оценки конкретной разности фаз (не нашёл в работе)?

Выводы главы 2.

3. **«Анализ параметров распределений регистрируемых узкополосных сигналов радиопередатчиков и радиощума ОНЧ-диапазона показал наличие как больших значений эксцесса, так и асимметрии в сторону больших значений, что указывает на то, что распределения амплитуд отличаются от нормального.»** Распределения построены для мощности? Оно по умолчанию должно быть асимметрично. Всё же в работе используется амплитуда, знакопеременная напряжённость, или мощность регистрируемых сигналов радиостанций? Судя по графикам распределений отрицательных значений «амплитуды» не замечено.

Выводы главы 3.

1. **«...Регистрируемые суточные вариации амплитуды интерпретируются как изменения высотного градиента концентрации электронов нижней ионосферы.»** А что с поглощением вследствие утолщения слоя? Надо бы подробнее прояснить всё же разницу между вариациями вследствие утолщения слоя и вследствие увеличения максимума концентрации D.

4. **«...Регистрируемая тенденция к нарастанию грозовой активности может быть вызвана глобальным потеплением.»** Почему автор не вынес этот результат в отдельное положение? Есть работы, показывающие эту тенденцию по другим сведениям?

Наконец текст диссертации содержит слишком много описательных моментов. Наверное не стоило подробно описывать ход кривых на рисунках, отметив только ключевые особенности относящиеся к обсуждаемым вопросам.

Указанные в отзыве недостатки необходимо обсудить в ходе защиты, что не умаляет качества работы в целом. Диссертация Корсакова А. А. является законченным научным трудом, личный вклад диссертанта в работу является определяющим. Основные результаты работы получены диссертантом самостоятельно, защищаемые положения на их основе не вызывают сомнений, а их основная суть опубликована в рецензируемых журналах и апробирована выступлениями на конференциях.

Содержание и оформление диссертации «Вариации параметров ОНЧ-радиосигналов при распространении в волноводе Земля – ионосфера над территорией Северной Евразии в зависимости от солнечной активности», соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункты 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней»), автореферат полностью отражает содержание диссертации. Таким образом, Корсаков Алексей Анатольевич заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате».

**Официальный оппонент:** Васильев Роман Валерьевич, кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.01. – «Приборы и методы экспериментальной физики»

**Место работы:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук

**Должность:** Заместитель директора по научно-исследовательской работе

**Почтовый адрес:** Россия, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 126А, а/я 291

**Тел.:** +73952564577

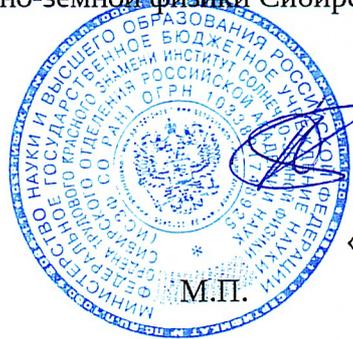
**E-mail:** [roman\\_vasilyev@iszf.irk.ru](mailto:roman_vasilyev@iszf.irk.ru)

Р.В. Васильев

« 19 » февраля 2026 г.

Подпись Васильева Романа Валерьевича заверяю

ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, к.ф.-м.н.



И.И. Салахутдинова

« 19 » февраля 2026 г.

Я, Васильев Роман Валерьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Р.В. Васильев

« 19 » февраля 2026 г.