

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.365.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29.05.2025. №15

О присуждении Зайнетдинову Булату Гаяновичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Теоретические и экспериментальные исследования элементов глобальной электрической цепи в атмосфере на высокоширотных станциях с учетом влияния аэрозольных частиц» по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате» принята к защите 24.03.2025 г. (протокол заседания № 13) диссертационным советом 24.2.365.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д.79, созданного приказом № 61/нк от 26.01.2023 г.

Соискатель – Зайнетдинов Булат Гаянович, гражданин Российской Федерации, 1987 года рождения. В 2012 году окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» по направлению – «Экология и природопользование». В 2024 Зайнетдинов Б.Г. сдал кандидатские экзамены по научной специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате (справка о сдаче кандидатских экзаменов по научной специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате» выдана 14.10.2024 г.), в 2025 прикрепился для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров к аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» (ФГБУ «ГГО»). В период написания диссертации соискатель работает в должности старшего научного сотрудника Отдела геофизического мониторинга и исследований, ФГБУ «ГГО».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», г. Санкт-Петербург.

Научный руководитель – Морозов Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук, специальность 04.00.22 «Геофизика»), главный научный сотрудник Отдела геофизического мониторинга и исследований, ФГБУ «ГГО», г. Санкт-Петербург.

Официальные оппоненты:

Нагорский Петр Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физики климатических систем ФГБУН

«Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИМКЭС СО РАН).

Юсупов Игорь Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, ведущий инженер учебной лаборатории радиофизики, отделения по направлению физика, управления технического обеспечения образовательных программ, ректората Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «ААНИИ») в своём положительном отзыве, составленном и подписанном кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником отдела геофизики Франк-Каменецким Александром Викторовичем, утвержденном зам. директора по научной работе, кандидатом географических наук, доцентом Ашиком Игорем Михайловичем, обсужденном и одобренном на заседании отдела геофизики, ФГБУ «ААНИИ», протокол от 29.04.2025 г. №35/01 25, указала, что диссертация Зайнетдинова Булата Гаяновича является законченной научно-классифицированной работой на актуальную тему, имеет достаточную апробацию в виде 14 докладов на различных конференциях и 9 публикаций в научных изданиях, рекомендованных ВАК. Работа соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Зайнетдинов Булат Гаянович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Соискатель имеет 32 опубликованных работ, в том числе 9 публикаций по теме диссертации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации. Наиболее значимые работы по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Зайнетдинов Б.Г. Результаты наблюдений за электрическими характеристиками приземного слоя атмосферы в полярном регионе. // Труды ГГО. 2018. Вып. 588. С. 47-61.

2. Зайнетдинов Б.Г., Соколенко Л.Г. Результаты модернизации и расширения сети наблюдений за атмосферным электричеством. // Труды ГГО. 2018. Вып. 589. С. 153-166.

3. Zainetdinov B.G., Zaniukov V.V., Sokolenko L.G. Changes in Atmospheric Electricity Characteristics in Different Geographic Regions during the Economic Activity Decline in the Spring of 2020 // Russ. Meteorol. Hydrol. 2022. Vol. 47, № 3. P. 191–196. DOI: 10.3103/S1068373922030049.

4. Зайнетдинов Б. Г. Критерии выборки данных об атмосферном электричестве для полярных регионов в целях автоматизации их обработки и контроля. // Труды ГГО. 2023. № 610. С. 113–125.

5. Zainetdinov B. G., Morozov V. N., Zaniukov V. V. The Influence of Aerosol on Elements of Global Atmospheric Electrical Circuit // Atmospheric and Oceanic Optics. 2024. Vol. 31, № 4. P. 508–513. DOI: 10.1134/S1024856024700684.

Все публикации соответствуют теме диссертации и раскрывают её основные положения, недостоверных сведений об опубликованных соискателем учёной степени работ не выявлено.

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов.

1. Отзыв официального оппонента доктора физико-математических наук Нагорского П.М., доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника лаборатории физики климатических систем ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИМКЭС СО РАН)

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) Защищаемые положения. Третье, четвертое и пятое положения, выносимые на защиту, неудачно сформулированы: из текста положений неясно, что представляют собой «Теоретическая зависимость напряжённости электрического поля ... (3-е положение)» и «Статистически значимые критерии ... (4-ое положение)»; в каком диапазоне лежат «Экспериментальные оценки влияния аэрозольных частиц ... (5-ое положение)». Суть этих положений вскрывается после прочтения текста диссертации.
- 2) В тексте диссертационной работы представлены данные о распределениях среднeminутных значений поля E во время зарегистрированных на момент измерений метеорологических явлений. Полученный результат является уникальным, поскольку получен в высокоширотном регионе на станциях, разнесенных почти на 50° по долготе, однако ни в выводах по 3-ей Главе, ни в Заключение, ни в положениях на защиту этот результат явно не выделен.
- 3) Достоверность результатов никак не может подтверждаться актуальностью (диссертация, стр. 11; автореферат, стр. 6), поскольку это принципиально разные вещи.
- 4) Прочие замечания.
 - В ряде мест диссертации (стр. 94, 104) отсутствуют ссылки на литературу при наличии скобок [].
 - В списке опубликованных работ статьи 6 и 7 (а также 9 и 10) это не разные статьи, а одна и та же статья, но на разных языках (русском и английском).
 - Описание принципа действия флюксметра (стр. 73) следовало бы опустить.
 - Стр. 74, предложение «... подтверждением корректной работы измерительного оборудования служат графики, представленные на рисунке 3.3, которые имеют высокие значения между различными десятилетиями.» Непонятно, что означает эта фраза.
 - В тексте диссертации и автореферата встречаются неточные определения, описки в формулах, неудачные выражения, синтаксические ошибки.

2. Отзыв официального оппонента доктора физико-математических наук Юсупова И.Е., кандидата физико-математических наук, ведущего инженера учебной лаборатории радиофизики, отделения по направлению физика, управления технического

обеспечения образовательных программ, ректората Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) В формуле (2.1) $\vec{H} = 0$ заменить $\text{div}\vec{H} = 0$.
- 2) На стр. 51 расстояние между диполем исправить на длину диполя.
- 3) α в формулах (2.9) и (2.36) одна и та же? Почему в первом случае она равна 0.2...0.3, а во втором – 8?
- 4) В формуле (2.25) заменить $-\alpha - (r - r_0)$ на $-\alpha(r - r_0)$.
- 5) На рис. 4.6 приведены измеренные значения напряженности электрического поля в условиях «хорошей погоды». Почему они больше классических 130 В/м?
- 6) На стр. 95 200 см^3 должно быть см^{-3} .
- 7) На стр. 96 $200...400 \text{ см}^3$ должно быть см^{-3} .
- 8) На стр. 96 нет ссылок «Так, в работе [...], «В статье [...]».
- 9) На стр. 106 «Как следует из рис.1» – должно быть рис. 4.8.
- 10) В табл. 2.3 Масштаб высоты электрической проводимости в верхних слоях измеряется в км^{-1} .
- 11) По формуле (2.5) $\vec{E} = -\text{grad}\phi$ – «физическая» конвенция знака напряженности электрического поля. На всех рисунках представлена конвенция знака по «атмосферному электричеству». Рекомендую ввести абзац, поясняющий противоположный знак.
- 12) На стр. 82 измеряется осредненное значение E_{cp} за минуту для борьбы с выбросами вследствие ударов гидро- и литометеоров и порывами ветра. Предлагаю для усреднения не учитывать эти выбросы.

3. Отзыв ведущей организации ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) Анализируя вариации эклектического поля в высоких широтах, диссертант не учитывает вариации потенциала ионосферы, возникающие в результате взаимодействия Солнечного ветра с магнитосферой Земли. Согласно последним данным, вклад этих источников в высоких широтах может достигать 70% и более от среднего значения. (Slyunyaev N.N. et al. (2025). The seasonal variation of the direct current global electric circuit: 1. A new analysis based on long-term measurements in Antarctica. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 130, e2024JD042633. <https://doi.org/10.1029/20242042633>).
- 2) Среднее значение электрического поля на высокоширотных станциях в условиях хорошей погоды, полученное в работе, превышает 300 В/м, в то время как в реальности оно должно быть 150-200 В/м.
- 3) Следует отметить некоторую небрежность в оформлении работы. На стр. 68 повторяется фраза «Из графиков видно, что ...». На стр. 71 в 1 абзаце написано что-

то непонятное. В списке литературы имеются повторяющиеся ссылки, а в тексте они отсутствуют.

4. Отзыв доктора физико-математических наук Аджиева А.Х., профессора, заведующего отделом стихийных явлений ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) В работе недостаточно освещена динамика электрических полей во время экстремальных событий (например, магнитных бурь или аномально интенсивных гроз), что могло бы расширить понимание взаимодействия ГЭЦ с различными факторами.
- 2) Также отмечены незначительные стилистические и речевые неточности и опечатки, не влияющие на общее содержание работы (например, избыточная детализация в описании аппаратуры или повтор однокоренных слов).

5. Отзыв доктора физико-математических наук Куповых Г.В., профессора, зав. кафедрой физико-математических основ инженерного образования Института компьютерных технологий и информационной безопасности ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) Коэффициент поглощения ионов зависит не только от концентрации аэрозолей, но и от степени ионизации воздуха. Последняя влияет на кратность зарядов на аэрозольных частицах. Можно ли учесть эти факторы в расчетах напряженности электрического поля?
- 2) Интересно пояснить, как меняются значения критериев фильтрации данных наблюдений за электрическим полем в зависимости от времени года.

6. Отзыв кандидата физико-математических наук Акселевича В.И., доцента кафедры «Медиакоммуникаций и рекламы» ЧОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики»

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) Почему столь большое внимание уделяется виду кривой Карнеги как подтверждению одной из существующих теорий эволюции АЭП?
- 2) Мне представляется, что из рисунка, показывающего динамику напряженности электрического поля атмосферы, суммарной электрической проводимости воздуха и концентрации аэрозольных частиц в течение 2-х суток (23 и 24 февраля 2014 года) совсем не следует идентичности 2-х ситуаций, соответствующих 2-м соседствующим календарным дням. Более того, если в период с 0 до 8-9 часов ход кривых еще может быть признан идентичным, то в оставшийся период времени 23 февраля наблюдается достаточно спокойный ход анализируемых кривых, а 24 февраля отмечен пилообразный ход напряженности электрического поля атмосферы и концентрации аэрозольных частиц, что может свидетельствовать о достаточно резких изменениях в состоянии АЭП. Целесообразно было бы рассмотреть более длинный ряд наблюдений и сравнить его с ход.

7. Отзыв доктора географических наук Горбатенко В.П., профессора кафедры метеорологии и климатологии Национального исследовательского Томского государственного университета, и кандидата физико-математических наук К.Н. Пустовалова, доцента кафедры метеорологии и климатологии Национального исследовательского Томского государственного университета

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) В тексте автореферата имеются отдельные опечатки и стилистические погрешности.
- 2) Основные положения и результаты, выносимые на защиту, желательно формулировать лучше.
- 3) В списке публикаций по тематике диссертации, помимо оригинальных русскоязычных статей, отдельно указаны их переводные версии.

8. Отзыв доктора технических наук Ростюкина И.Н., профессора кафедры «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) С чем связаны такие большие значения напряженности электрического поля «хорошей погоды», (в литературе данные значения колеблются в районе 120 В/м)?
- 2) В тексте автореферата наблюдаются неточные определения, стилистические ошибки и опечатки.

9. Отзыв кандидата физико-математических наук Слюняева Н.Н., старшего научного сотрудника отдела геофизической электродинамики ФГБУН «Федерального исследовательского центра Института прикладной физики им. И.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) Теоретические оценки, основанные на одномерной формуле (4), носят локальный характер, поэтому параметр η в них также по своему смыслу описывает локальное возмущение проводимости из-за аэрозолей (которое будет существенно отличаться для различных точек наблюдения). В то же время в утверждении об изменении ионосферного потенциала в условиях загрязнённой атмосферы, сделанном в абзаце, следующем за формулой (8), η может быть только глобальным параметром. Более того, такая простая формула не может быть получена без конкретных дополнительных предположений о структуре возмущений проводимости (например, так будет, если проводимость будет домножаться на множитель и во всём столбе атмосферы исключительно в области хорошей погоды, но вряд ли этот сценарий можно считать реалистичным). Следовало сформулировать это утверждение яснее и без путаницы в обозначениях.
- 2) Остаются несколько непонятными попытки поиска кривой унитарной вариации электрического поля для отдельно взятых суток, отражённые в тексте на с. 16 и на рисунке 3. В целом известно, что из-за высокой вариабельности глобальных параметров атмосферного электричества даже в идеальных для наблюдений условиях кривая Карнеги получается лишь при усреднении по достаточно большому

количеству дней. Для большей надёжности выводов следовало бы строить такие графики не по отдельным дням, а в среднем по некоторой их выборке (отбирая в каждом из случаев только дни, удовлетворяющие соответствующим условиям).

- 3) В тексте автореферата присутствует некоторое количество речевых ошибок и грамматических несогласованностей, причём первая из них встречается уже в самом первом предложении (актуальность проблемы не может играть важную роль в изучении физики атмосферы). Следовало бы несколько более внимательно отнестись к этой составляющей, хотя она и не влияет на научное содержание работы.
- 4) Наконец, в качестве не замечания, но пожелания хотелось бы рекомендовать автору в будущем несколько расширить охват изданий для публикации научных результатов. Те журналы, в которых опубликованы результаты данного исследования, к сожалению, не слишком хорошо знакомы зарубежным исследователям атмосферного электричества, однако многие из них на протяжении долгого времени занимаются теми же самыми проблемами и, с одной стороны, были бы заинтересованы в том, чтобы познакомиться с результатами работы автора, а с другой стороны, могли бы высказать ему множество полезных замечаний в качестве рецензентов.

10. Отзыв кандидата физико-математических наук Кашлевой Л.В. доцента кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы ФГБОУ ФО «Российский государственный гидрометеорологический университет».

Отзыв положительный. Замечания:

- 1) На графиках на шкале времени целесообразно интервалы времени должен быть кратен часам, без минут и секунд. При этом отсутствует шкала проводимости атмосферного воздуха.
- 2) Рост проводимости и напряженности на фоне роста концентрации аэрозольных частиц представляется сомнительным.

11. В остальных отзывах от д.т.н. Грунсковой Л.В. и к.ф.-м.н. Палея А.А. замечания отсутствуют.

Выбор ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» обосновывается тем, что она широко известна своими достижениями в области изучения ионосферы, функционирования глобальной электрической цепи, а также атмосферного электричества в Антарктиде (ст. Восток), что соответствует теме выполненной соискателем работы, и способно определить научную и практическую значимость диссертации.

Выбор официальных оппонентов обосновывается следующим:

Нагорский Петр Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физики климатических систем ФГБУН «ИМКЭС СО РАН» является ведущим специалистом в области атмосферного электричества.

Юсупов Игорь Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, ведущий инженер учебной лаборатории радиофизики, отделения по направлению физика,

управления технического обеспечения образовательных программ, ректората ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» является ведущим специалистом в области атмосферного электричества и электрических характеристик облаков.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в вопросах исследования атмосферного электричества, достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций, соответствующих тематике диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработана теоретическая модель влияния аэрозольных частиц в областях хорошей погоды на глобальную электрическую цепь в атмосфере.

2. Рассчитаны зависимость коэффициента поглощения ионов от концентрации аэрозольных частиц, а также зависимость напряжённости электрического поля в областях, со слоями аэрозольных частиц от напряжённости в областях с чистой атмосферой для различных значений данного коэффициента.

3. Разработаны критерии для получения данных о напряженности электрического поля атмосферы, характерных для условий отсутствия метеоявлений.

4. Получены новые данные о влиянии аэрозольных частиц субмикронного диапазона на электрические характеристики приземного слоя атмосферы.

Теоретическая значимость работы заключается в следующем:

1. Сформулирована теоретическая модель, которая учитывает влияние слоя аэрозольных частиц на глобальную электрическую цепь в атмосфере. Модель допускает аналитическое решение.

2. Выполнен анализ данных многолетних наблюдений за параметрами атмосферного электричества на высокоширотных станциях, а также сопутствующей метеорологической информации и данных наблюдения за атмосферным аэрозолем субмикронного размера.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Впервые введена в эксплуатацию непрерывно работающая, автоматизированная атмосферно-электрическая сеть станций наблюдения в высокоширотных регионах Северного полушария.

2. Полученные результаты могут служить основой для развития технологии оценки аэрозольного загрязнения посредством наблюдения за параметрами атмосферного электричества.

3. Предложенная методика может быть применена для автоматизации процесса обработки и анализа данных наблюдений за электрическими характеристиками в ходе фонового мониторинга.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Полученные результаты обладают высокой степенью достоверности и являются обоснованными. Работа характеризуется значительным объемом, разнообразием и полнотой анализируемых данных. Использованы физически и математически обоснованные методы моделирования. Достоверность получаемых результатов обеспечивается, в том числе, и результатами, полученными другими исследовательскими

Личный вклад соискателя заключается в том, что все основные результаты получены автором лично или при его непосредственном участии. Предложенные критерии фильтрации данных наблюдения за напряженностью электрического поля являются авторской разработкой. Автором подготовлены материалы для докладов на научных конференциях, а также публикаций в различные журналы и обзоры Росгидромета о состоянии окружающей среды.

На заседании 29 мая 2025 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для понимания пространственно-временных вариаций электрических характеристик атмосферы в высокоширотных регионах, а также изучение теоретического и экспериментального влияния на них концентрации аэрозольных частиц субмикронного диапазона в приземном слое, имеющей значение для развития знаний об атмосферном электричестве, принял решение присудить Зайнетдинову Б.Г. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 Науки об атмосфере и климате.

Председатель диссертационного совета 24.2.365.02
д. физ.-мат. наук

Смышляев Сергей Павлович

Ермакова Татьяна Сергеевна

29 мая 2025 года