

**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 УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 12.10.2023 г. № 7

О присуждении Евтушенко Андрею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Исследование условий инициации, особенностей развития и глобального распределения высотных разрядов в атмосфере» по специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате принята к защите 29.06.2023 (протокол заседания № 3) 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, Россия, Санкт-Петербург, Воронежская улица, дом 79, приказ № 61-нк от 26.01.2023.

Соискатель **Евтушенко Андрей Александрович**, «23» июля 1982 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Генерация высотных разрядов в атмосфере и их влияние на баланс малых газовых составляющих» защитил в 2013 году в диссертационном совете Д 002.069.01, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт прикладной физики Российской академии наук», работает заместителем заведующего Отделом геофизической электродинамики в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

**Официальные оппоненты:**

Кривоуцкий Алексей Александрович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральная аэрологическая обсерватория», отдел физики высоких слоев атмосферы, ведущий научный сотрудник,

Синькевич Андрей Александрович, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», отдел геофизического мониторинга и исследований, главный научный сотрудник,

Пулинец Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт космических исследований Российской академии наук», отдел космогеофизики, главный научный сотрудник,  
дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Пилипенко Вячеславом Анатольевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией физики околоземного пространства, указала, что диссертация Евтушенко Андрея Александровича «Исследование условий инициации, особенностей развития и глобального распределения высотных разрядов в атмосфере» посвящена актуальной тематике, а полученные в ней результаты вполне обоснованы и имеют несомненную научную новизну. Она демонстрирует высокую научную квалификацию ее автора и является результатом его многолетней научной работы. Диссертация написана на хорошем профессиональном уровне. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. По актуальности темы, научной новизне, практической значимости, а также достоверности и обоснованности результатов и выводов диссертация Евтушенко Андрея Александровича представляет собой фундаментальное научное исследование и удовлетворяет всем требованиям, которые ВАК предъявляет к докторским диссертациям, а ее автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате.

Соискатель имеет 48 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 43 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 15 работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Evtushenko A.A., Mareev E.A. On the generation of charge layers in MCS stratiform regions // Journal of Atmospheric research. – 2008. – V. 91, № 2-4. – P. 272–280.

2. Evtushenko A.A., Kuterin F.A., Mareev E.A. A model of sprite influence on the chemical balance of mesosphere // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2013. – V. 102 – P. 298–310.

3. Евтушенко А.А., Кутерин Ф.А. Самосогласованная модель ночного спрайта // Изв. ВУЗов. Радиофизика. – 2016. – Т. 59, № 12. – С. 1092–1102.

4. Импульсный высоковольтный разряд в воздухе с градиентом давления / Стриковский А.В., Евтушенко А.А., Гушин М.Е., Коробков С.В., Костров А.В. // Физика плазмы. – 2017. – Т. 43, № 10. – С. 1–8.

5. Моделирование высотных разрядов на большой плазменной установке / Евтушенко А.А., Гушин М.Е., Коробков С.В., Стриковский А.В., Мареев Е.А. // Геомагнетизм и аэрономия. – 2020. – Т. 60, № 3. – С. 365–374.

6. Evtushenko A.A., Kuterin F.A., Svechnikova E.K. Study of daytime high-altitude discharges using plasma-chemistry model // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2021. – V. 221. – P. 105670.

7. Evtushenko A.A., Ilin N.V., Svechnikova E.K. Parameterization and global distribution of sprites based on the WWLLN data // Atmospheric Research. – 2022. – V. 276. – P. 106272.

Все публикации полностью соответствуют теме диссертации и раскрывают ее основные положения, выполнены соискателем самостоятельно. В работах, выполненных в соавторстве, соискатель определял направления исследований и разрабатывал основное содержание. Недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени научных работах не выявлено.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечаются высокий уровень работы, ее актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отмеченные авторами отзывов замечания не влияют на высокую оценку диссертации.

1. Отзыв официального оппонента ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральная аэрологическая обсерватория» Кривошукского Алексея Александровича.

Отзыв положительный. Замечания:

- известно, что химический состав озоносферы чувствителен к вариациям солнечной активности (например, вариациям УФ радиации). Что можно сказать о влиянии изменений потоков ультрафиолетовой солнечной радиации на количество спрайтов в различных широтных зонах при анализе долгопериодной изменчивости исследуемых процессов;

- продолжая вопрос, была замечена чувствительность явлений, которые исследовал автор, к корпускулярной активности Солнца в высоких широтах обоих полушарий Земли, например, в периоды протонных вспышек на Солнце;

- каков ответ на вопрос о влиянии суточного хода на процессы, связанные с образованием спрайтов;

- можно ли созданную автором численную модель использовать для воспроизведения долговременных изменений при заданных источниках возмущений, в том числе метеорологического характера;

- какова причина сезонной изменчивости процессов, обусловленных джетами и спрайтами;

- каковы перспективы (новые задачи) созданной уникальной установки «Спайт».

2. Отзыв официального оппонента главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» Синькевича Андрея Александровича.

Отзыв положительный. Замечания:

- представление детальных данных о технических характеристиках приборов, методах их градуировки и т.д. во введении затрудняет чтение диссертации. Здесь следовало бы дать лишь самый краткий обзор того, что сделано, а все детали представить в соответствующих главах;

- при появлении молний облако-земля в облаке формируется значительный нескомпенсированный заряд. Диссертант утверждает следующее: «В результате развития особенно мощных разрядов облако-земля (в основном положительной, в редких случаях отрицательной полярности), в облаке формируется значительный нескомпенсированный заряд». Однако этот заряд может быть полностью скомпенсирован зарядом экранирующих вышележащих слоев облака и не оказывать какого-либо заметного влияния на электрическое поле над облаком. Имеется достаточно большое количество публикаций по данному вопросу, в диссертации это не обсуждается, а постулируется, что облако имеет двухполосную электрическую структуру. Не очень понятно, как этот заряд воздействует на электрическое поле на высотах мезосферы. Предложенная в диссертации модель облака в виде двухполосника является грубым упрощением реальной электрической структуры облака. В грозовых облаках имеет место многослойная электрическая

структура. Более того, наличие экранирующих электрических слоев в верхней части облака способно полностью нейтрализовать влияние нижележащих слоев на электрическое поле над облаком (см, например – Михайловский Ю.П., Торопова М.Л., Веремей Н.Е., Довгалюк Ю.А., Синькевич А.А., Янг Дж., Лу Дж. Динамика электрической структуры кучево-дождевых облаков. Известия высших учебных заведений. Радиофизика. 2021. Т. 64. № 5. С. 341-353);

- на рис. 1.18 показан характерный профиль магнитного поля, когда первый пик поля связан с родительской вспышкой, а второй пик может соответствовать спрайту. Непонятно, почему второй импульс на осциллограмме изменения магнитного поля при разряде относится к спрайту, а не еще к одному разряду молнии на землю или к разряду облако-облако (рис. 1.18). В дальнейшем автор считает, что это импульс от спрайтов, но доказательств не приводит;

- моделирование показало, что в среднем происходит 870 спрайтов в день, или 0,6 спрайтов в минуту, что согласуется с оценками количества спрайтов, полученными другими методами. Непонятно, о каких методах идет речь? Надо было привести соответствующие данные, которые подтверждают указанное утверждение, и, следовательно, показывают, что предложенная методика может корректно определять спрайты;

- вопрос о погрешностях детектирования спрайтов плохо исследован. Автор обсуждает погрешность определения системой WWLLN энергии RMS\_Energy. При этом не указывается и не обсуждается вообще, о какой погрешности идет речь – случайной, систематической? Непонятно, какова итоговая погрешность представленных данных о глобальном распределении спрайтов? Как эта погрешность меняется в зависимости от ночных/дневных условий, географического положения, количества станций?

- в подавляющем большинстве цитируются работы зарубежных авторов, а также коллег диссертанта. Отсутствуют ссылки на работы ученых РФ, в которых исследовалась электрическая структура грозовых кучево-дождевых облаков. В частности, нет ссылок на исследования ВГИ, ГГО и др. институтов, которые являются лидерами в РФ в области исследования атмосферно-электрических процессов. Это указывает на то, что анализ литературы выполнен не полностью;

- отсутствуют сведения о внедрении результатов работы. Можно полагать, что они использовались в учебном процессе, были включены в научные отчеты, гранты. Однако эта информация полностью отсутствует, хотя по формальным признакам является важной.

3. Отзыв официального оппонента главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт космических исследований Российской академии наук» Пулинца Сергея Александровича.

Отзыв положительный. Замечания:

- считаю неудачными такие выражения как «концентрация возмущается до такой-то величины». Возмущаться может человек, а в работе следовало бы писать, что возмущение параметра достигает определенной величины;

- странной представляется структура введения и его излишний объем. Фактически, в данной работе введение повторяет автореферат диссертации.

4. Отзыв ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, составленный и подписанный Пилипенко Вячеславом Анатольевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией физики околоземного пространства.

Отзыв положительный. Замечания:

- хотелось бы, чтобы автор на основании проведенного моделирования возмущения нижней ионосферы спрайтами, указал критерии, по которым можно было бы выделить

разряды со спрайтами по данным электромагнитных наблюдений или по результатам СДВ радио-мониторинга волновода Земля-ионосфера;

- также, поскольку в мире уже неоднократно проводились специализированные кампании по наблюдению спрайтов, то используя их архивы можно было бы апробировать разработанную автором модель для оценки вероятности возбуждения спрайтов.

5. Отзыв от Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова, составленный и подписанный ведущим научным сотрудником НИИЯФ МГУ доктором физико-математических наук Свертиловым Сергеем Игоревичем.

Отзыв положительный. Без замечаний.

6. Отзыв от Калининградского филиала ФГБУН Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, составленный и подписанный ведущим научным сотрудником Калининградского филиала ИЗМИРАН доктором физико-математических наук Клименко Максимом Владимировичем.

Отзыв положительный. Замечания:

- в автореферате и соответственно в диссертации используется три метода исследования спрайтов (численное моделирование, наземные наблюдения, лабораторный эксперимент). Можно ли каким-то образом использовать результаты лабораторного и численного моделирования для объяснения полученных характеристик пространственно-сезонного распределения спрайтов? В автореферате отсутствует обсуждение возможного дальнейшего совместного использования этих методов изучения спрайтов;

хотелось бы видеть подтверждающие факты соответствия результатов численного и лабораторного моделирования данным наблюдений.

7. Отзыв от федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», составленный и подписанный главным научным сотрудником отдела ОГМИ ГГО доктором физико-математических наук Морозовым Владимиром Николаевичем.

Отзыв положительный. Замечания:

- диссертант при проведении численных расчетов задает некоторую величину ИДМ, которая характеризует электрическое поле от заряда спрайта. Конечно, следовало бы это сокращение расшифровать и оценить характерные времена ее изменения;

- величину ИДМ можно получить, если использовать расчеты, приведенные в статье (Морозов В.Н. Геомагнетизм и аэрономия. Т. 42. №1. 2002). Как следует из этой работы, ИДМ уменьшается со временем;

- следует пояснить термины «положительные спрайты» и «отрицательные спрайты».

8. Отзыв от Федерального государственного бюджетного учреждения Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, составленный и подписанный заведующим лабораторией геофизической гидродинамики ИФА РАН доктором физико-математических наук Чхетиани Отто Гурамовичем.

Отзыв положительный. Без замечаний.

9. Отзыв от Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, составленный и подписанный начальником кафедры технологий и средств геофизического обеспечения доктором технических наук профессором Готюром Иваном Алексеевичем.

Отзыв положительный. Замечания:

- не вполне корректное применение понятия полярности к полосе свечения, полоса всегда положительна. Вероятно, имеется в виду полоса свечения отрицательно или положительно заряженной молекулярной системы;

- основных результатов работы, представленных в автореферате меньше, чем положений, выносимых на защиту;

- выносимая на защиту «развитая радиально-симметричная самосогласованная плазмохимическая модель спрайта», упоминаемая в тексте автореферата как «самосогласованная аксиально-симметричная плазмохимическая модель» или «радиально-симметричная самосогласованная модель высотного разряда», представлена как программно-вычислительный комплекс без описания сути.

Выбор официальных оппонентов обосновывается следующим:

Криволицкий Алексей Александрович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, отдел физики высоких слоев атмосферы, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральная аэрологическая обсерватория», г. Долгопрудный, является ведущим специалистом по моделированию химических процессов в средней атмосфере.

Синькевич Андрей Александрович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, отдел геофизического мониторинга и исследований, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», г. Санкт-Петербург, является ведущим специалистом в области физики облаков и активных воздействий.

Пулинец Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, отдел космогеофизики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт космических исследований Российской академии наук», г. Москва, является ведущим специалистом по взаимодействию геосферных оболочек Земли.

Оппоненты компетентны в вопросах исследования разрядных процессов в атмосфере, моделирования возмущений химического баланса атмосферы, вызванных внешними воздействиями, взаимодействия геосферных оболочек, а также имеют публикации в исследуемой области и способны определить научную и практическую ценность полученных результатов диссертации.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, г. Москва, широко известно своими достижениями в изучении физико-химических процессов в атмосфере Земли и функционирования глобальной электрической цепи, и способно определить научную и практическую ценность диссертации.

**Диссертационный совет отмечает,** что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен оригинальный комплексный подход к исследованию спрайтов и гало, включающий собственно моделирование этих классов высотных разрядов, распределения спрайтов по данным глобальной сети грозопеленгации и моделирование высотных разрядов на экспериментальном стенде «Спрайт»,

выявлены закономерности инициации и динамики спрайтов и гало, а также их пространственно-временного распределения в атмосфере.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

разработана аксиально-симметричная самосогласованная плазмохимическая модель для спрайта на высотах 60-90 км в ночных условиях, которая учитывает процессы протекания тока в тропосферном разряде и изменение в динамике электрического поля, в

результате возмущения химического состава и проводимости мезосферы, позволившая рассчитать возмущение и релаксацию химического состава мезосферы;

изучен генезис инициации спрайта и гало, при этом показана возможность инициации спрайта и гало в дневных условиях, выяснены необходимые условия для родительского молниевых разряда в тропосфере, определены высоты развития разрядов;

изучены физико-химические процессы сопровождающие инициацию, развитие спрайтов и последующую релаксацию возмущения химического состава мезосферы;

обобщены сведения о морфологии спрайтов и гало для ночных и дневных условий, а также химическом составе мезосферы;

предложена параметризация глобального распределения спрайтов по данным глобальной сети грозопеленгации WWLLN с высоким пространственно-временным разрешением и возможностью перехода на более мелкие масштабы вплоть до конкретной мезомасштабной конвективной системы;

изложены результаты исследования сезонного и зонального распределения положительных и отрицательных спрайтов, а также чувствительности предложенной параметризации к начальным данным системы WWLLN и вариациям основных параметров.

Значение полученных соискателем результатов исследования для **практики** подтверждается тем, что:

создан научно-методический аппарат самосогласованного моделирования спрайта, который может быть адаптирован для моделирования других типов высотных разрядов;

разработана методика оценивания плотности распределения спрайтов, что можно использовать для планирования кампаний для натуральных наблюдений за высотными разрядами;

создан экспериментальный стенд «Спрайт», реализующий возможность инициации в лабораторных условиях разряда в градиенте давления подобного спрайту, на котором одновременно воспроизведены переходная, стримерная и диффузная области высотного разряда, что позволяет более глубоко исследовать особенности инициации и динамику спрайтов, а также сопоставить результаты лабораторных и натуральных измерений.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

все полученные результаты обладают высокой степенью достоверности и являются обоснованными. Установлено качественное и количественное совпадение результатов численного и лабораторного моделирования с опубликованными экспериментально полученными данными по теме диссертации. Достоверность получаемых результатов обеспечивается обоснованным применением, как признанных методов моделирования и стандартных методов измерения, так и оригинальных методик. Результаты диссертации опубликованы в рецензируемых российских и зарубежных научных журналах, докладывались на международных и всероссийских конференциях.

#### **Личный вклад соискателя состоит в том, что:**

все основные результаты диссертации базируются на предложенных автором идеях и получены лично автором или при его участии. В коллективных работах соискателю принадлежит определяющий вклад в постановке задачи, определении направления и метода исследований, интерпретации результатов.

#### **В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:**

тема диссертации сформулирована более широко, поскольку в ней не рассматриваются джеты и эльфы;

в структуре диссертации излишнее внимание уделено введению, что несколько искажает пропорциональность структуры диссертации;

в диссертации недостаточно четко сформулирована научная проблема, которая в итоге была решена автором;

недостаточно обоснованы выбор основных химических компонент в интересующем диапазоне высот, необходимых для описания химического состава мезосферы в ночных и дневных условиях, и список химических и фотохимических реакций для описания возмущения химического баланса мезосферы, вызываемого высотным разрядом;

в диссертации отсутствует ссылка на источник, откуда взята формула для тока в молниевом канале;

в диссертации не пояснено, каким образом выбраны значения импульсного дипольного момента для моделирования спрайта в ночных (720 Кл·км) и дневных условиях (3750 Кл·км, соответствует 128 Тд) и гало (2750 Кл·км, соответствует 108 Тд).

при описании параметризации спрайтов не пояснено, как получены соотношения для импульсного дипольного момента и как выбраны значения для параметров, входящих в выражения для вероятности инициации спрайта.

Соискатель Евтушенко А.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по существу сделанных замечаний.

На заседании 12 октября 2023 года диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы обобщения и разработки теоретических основ моделирования инициации и эволюции спрайтов и гало, а также их пространственно-временного распределения в атмосфере, имеющей важное значение для решения широкого круга научных и практических задач, касающихся исследования и моделирования геофизической электродинамики и состава средней атмосферы присудить Евтушенко А.А. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 11, против 2, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного совета ДС 24.2.365.02

Д.ф.-м.н.

Смышляев Сергей Павлович

Ученый секретарь диссертационного совета ДС 24.2.365.02

К.ф.-м.н.

Ермакова Татьяна Сергеевна

12 октября 2023 года