

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.111.02,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова
Российской академии наук, по диссертации на соискание ученой степени
кандидата наук.

аттестационное дело N _____
решение диссертационного совета от 12 апреля 2024 г., № 6

**О присуждении Егорову Доброславу Павловичу, гражданину России
ученой степени кандидата физико-математических наук.**

Диссертация на тему «**Пространственные неоднородности атмосферы и
учет их влияния при СВЧ-радиометрическом зондировании Земли из
космоса**» принята к защите 06 февраля 2024, протокол № 2, диссертационным
советом 24.1.111.02, созданным на базе Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Российской академии наук (125009, Москва, ул.
Моховая, д.11. корп.7) (приказ Рособнадзора о создании совета № 2397–1958 от
21.12.2007 г.; приказ Минобрнауки РФ о продлении деятельности совета № 714/нк
от 02.11.2012 г.).

Соискатель Егоров Доброслав Павлович, 1995 года рождения, в 2019 году
окончил Автономную некоммерческую организацию высшего образования
«Российский новый университет» (АНО ВО «РосНОУ») с отличием, по
направлению подготовки «Прикладная математика и информатика». Диплом
магистра прикладной математики и информатики.

В период с 01.10.2019 г. по 28.09.2023 г. проходил обучение в аспирантуре
ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, освоил программу подготовки научно-
педагогических кадров по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и
астрономия» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-
исследователь».

В период с 22.06.2020 г. по 22.06.2021 г. успешно сдал кандидатские экзамены
по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность –
«Радиофизика» (специальность 1.3.4).

Работает научным сотрудником лаборатории №325 «Радиофизических
методов в аэрокосмических исследованиях природно-техногенной среды»
Московской части ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории №325 «Радиофизических методов в
аэрокосмических исследованиях природно-техногенной среды» Московской
части ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН.

Научный руководитель: Кутуза Борис Георгиевич, доктор физико-
математических наук, профессор, главный научный сотрудник
ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, руководитель лаборатории №325
«Радиофизических методов в аэрокосмических исследованиях природно-
техногенной среды».

Официальные оппоненты:

Гайкович Константин Павлович, доктор физико-математических наук,
профессор, ведущий научный сотрудник отдела физики полупроводников
Института физики микроструктур РАН – филиала Федерального
государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный
исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-
Грехова Российской академии наук»,

Горбунов Михаил Евгеньевич, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией турбулентности и распространения волн Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, ведущий научный сотрудник Гидрометцентра России, **дали положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), **в своем положительном отзыве**, подписанном д.ф.-м.н. Дмитрием Михайловичем Ермаковым, заведующим отделом «Исследования Земли из космоса», к.ф.-м.н. Евгением Владимировичем Пашиновым, научным сотрудником ИКИ РАН, и утвержденном ученым секретарем ИКИ РАН, к.ф.-м.н. Андреем Михайловичем Садовским, **указала**, что тема диссертации Доброслава Павловича Егорова актуальна, диссертация представляет собой законченное и самостоятельное научное исследование и по объему результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Егоров Д.П., **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Прежде всего, восприятие работы усложняет отсутствие разделов с выводами после каждой главы. При изложении материала автору следовало бы четче обозначить, какие именно из полученных им результатов подтверждают выносимые на защиту положения.
2. Автор неоднократно пишет «облака», подразумевая под этим именно кучевые облака. В некоторых местах это может привести к неверному истолкованию текста.
3. В разделе 2.2 автор описывает классическую методику калибровки, после чего утверждает, что часть сеансов, однако, калибровалась по другой известной методике, предполагающей использование яркостной температуры модельной безоблачной атмосферы взамен холодного эталона. Указано, что ошибка определения уровня яркостной температуры при этом может достигать 3-5 К. Неясно, влияет ли выбор методики калибровки на результаты, в дальнейшем изложенные во второй главе.
4. Приведенные в разделе 2.4 соотношения показывают, что полученные автором результаты могут быть использованы для атмосферной коррекции в радиоастрономии, однако, автор никак не акцентирует этот момент.
5. Изложенная в разделе 2.6 методика классификации типов облачности по флуктуационной компоненте яркостной температуры в К-диапазоне оставляет впечатление незавершенности и не упоминается в разделе о практической значимости работы. Из представленных автором материалов не следует, например, что слоистая облачность поддается такой классификации. Также неясно, что происходит в случаях смешанной облачности.
6. В четвертой главе для восстановления влаго- и водозапаса используется двухчастотный метод. Проведено сравнение результатов восстановления для трех комбинаций частотных каналов: 22.2 ГГц и 27.2 / 36 / 89 ГГц. Чем обусловлен выбор частот 36 и 89 ГГц?
7. Желательно, чтобы полученные в ходе эксперимента по измерению флуктуаций атмосферного излучения результаты, представленные во второй

главе, были бы учтены в четвертой главе при оценке ошибок восстановления влаго- и водозапаса. Автору следовало бы рассмотреть величины ошибок, которые возникают при восстановлении интегральных параметров по средним за сеанс значениям яркостной температуры.

По теме диссертации опубликовано 39 научных работ, включая 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов («Известия высших учебных заведений. Радиофизика», «Метеорология и гидрология», «Физические основы приборостроения», «Нелинейный мир», «Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского»), 13 публикаций в изданиях, входящих в Международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science или Scopus («IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing», «Radiophysics and Quantum Electronics», «Journal of Physics: Conference Series», «AIP Conference Proceedings» и др.) и 18 работ, входящих в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Результаты, представленные в диссертации, получены в рамках выполнения государственных заданий «Космос» (рег. № НИОКТР АААА-А19-119040490011-8) и «Космос-2» (рег. № НИОКТР 122041900128-4). Ряд результатов получен при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в ходе работ по проекту РФФИ № 20-02-00703 А «Развитие радиофизических методов дистанционного зондирования Земли» (рег. № НИОКТР АААА-А20-120021290065-8). Общий объем опубликованных работ составляет 23,1 печатных листов, из них 15,8 печатных листов принадлежат соискателю лично. Публикации по материалам диссертации полностью отражают ее содержание.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Egorov D.P.**, Kutuza B.G. Atmospheric Brightness Temperature Fluctuations in the Resonance Absorption Band of Water Vapor 18–27.2 GHz. // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2021. Vol. 59. Issue 9. P. 7627-7634. DOI: 10.1109/TGRS.2020.3034533
2. **Egorov D.P.**, Ilyushin Y.A., Kutuza B.G. The Influence of Cumuli Distribution in Satellite Microwave Radiometer FOV on the Accuracy of Atmospheric Moisture Content Retrieval // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2024. Early Access. P. 1-10. DOI: 10.1109/TGRS.2024.3383315
3. **Егоров Д.П.**, Кутуза Б.Г. Влияние водяного пара и кучевой облачности на флуктуации яркостной температуры нисходящего излучения атмосферы в К-диапазоне // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. 2021. Т. 64. № 8-9. С. 712-721. DOI: 10.52452/00213462_2021_64_08_712
4. **Егоров Д.П.**, Илюшин Я.А., Кутуза Б.Г. Сверхвысокочастотное радиометрическое зондирование кучевой облачности при наблюдении из космоса // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. 2021. Т. 64. № 8-9. С. 625-634. DOI: 10.52452/00213462_2021_64_08_625
5. **Егоров Д.П.**, Кутуза Б.Г., Илюшин Я.А. Учет пространственной структуры облачности при СВЧ-радиометрическом восстановлении интегральных параметров влаго- и водосодержания атмосферы // Физические основы приборостроения. 2023. Т. 12. № 1 (47). С. 10-23. DOI: 10.25210/jfop-2301-TA

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы из:

- ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» от д.ф.-м.н. Лапшина В.Б. Отзыв положительный (замечание: необходимо отметить не исследованную в достаточной мере зависимость предлагаемых подходов к оценке физических параметров облачной атмосферы от направления визирования, в особенности при значительных отклонениях от вертикали, а также эффекта усреднения по конечному полю зрения измерительного прибора – СВЧ-радиометра).
- ЛДЗ ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория» от д.т.н. Кадыгрова Е.Н. Отзыв положительный (замечание: не очень понятна ссылка в автореферате – стр. 12 – на учет влияния эффекта Зеемана, так как обычно он учитывается в задачах восстановления профилей температуры стратосферы, в связи с наличием у молекулы кислорода магнитного дипольного момента и в связи с этим расщепления спектральных линий молекулы кислорода при взаимодействии с магнитным полем Земли).
- АНО ВО «Российский новый университет» от к.ф.-м.н. Палкина Е.А. Отзыв положительный, замечаний нет.
- Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» от д.т.н. Булкина В.В. Отзыв положительный (замечания: 1. Среди основных результатов, представленных в Заключение, отмечено, что разработан алгоритм автоматической классификации сеансов СВЧ-радиометрических измерений по типу наблюдаемой облачности. Т.е., этот результат является значимым. Однако среди положений, выносимых на защиту, упоминание об этом важном результате отсутствует. 2. Аналогично отсутствует в положениях, выносимых на защиту, важный результат, отмеченный в Заключение, о предложенном новом подходе к исследованию систематических ошибок восстановления интегральных параметров влаго- и водосодержания атмосферы СВЧ-радиометрическим методом).

Обоснование выбора официальных оппонентов и ведущей организации:

Гайкович Константин Павлович, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.03 «Радиофизика»), профессор, ведущий научный сотрудник отдела физики полупроводников Института физики микроструктур РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» – является крупным специалистом в области радиометрической и рефрактометрической диагностики стратифицированных сред.

Горбунов Михаил Евгеньевич, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.03 «Радиофизика»), заведующий лабораторией турбулентности и распространения волн Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, ведущий научный сотрудник Гидрометцентра России является одним из ведущих в России специалистов в области распространения радиоволн и динамики волновых и обменных процессов в атмосфере Земли.

Официальные оппоненты широко известны своими достижениями в данных отраслях науки, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых

научных журналах, способны определить актуальность, новизну, научную и практическую ценность оппонируемой диссертации.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук, широко известна своими исследованиями в области спутниковой микроволновой радиометрии атмосферы Земли и подстилающей поверхности, распространения радиоволн, глобальных процессов переноса атмосферной влаги и скрытого тепла в атмосфере, высокоточных измерительных комплексов пассивного микроволнового зондирования. Многочисленные работы ее сотрудников в области оппонируемой диссертации свидетельствуют об их способности адекватно оценить результаты, представленные автором для защиты.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Установлено, что в условиях отсутствия облачности или при наличии кучевых облаков слабого вертикального развития частотный спектр интенсивности временных флуктуаций яркостной температуры (квадратного корня ее структурной функции) подобен частотному спектру коэффициента поглощения в водяном паре приземного слоя атмосферы в К-диапазоне. Для условий ясной погоды обнаружен монотонный рост интенсивности флуктуаций яркостной температуры с увеличением временного интервала до 600 сек. (без насыщения), что свидетельствует о наличии в безоблачной атмосфере крупномасштабных горизонтально-вытянутых неоднородностей размером до 6 км.

Показано, что при появлении кучевых облаков умеренного и сильного вертикального развития структурные функции яркостной температуры как в зависимости от временного интервала, так и от частоты существенно отличаются от случая ясного неба. С ростом водозапаса облака наблюдается значительное увеличение интенсивности флуктуаций яркостной температуры, причем вклад облаков увеличивается с ростом частоты. Также показано, что для случая кучевой облачности наблюдается сначала быстрый рост интенсивности флуктуаций яркостной температуры до величины временного интервала в среднем 75-100 секунд, а затем существенное замедление роста при величине 200-300 секунд, что соответствует средней протяженности кучевых облаков по горизонтали. Разработан алгоритм автоматической классификации сеансов СВЧ-радиометрических измерений по типу наблюдаемой облачности на основе анализа частотных спектров структурной функции яркостной температуры на фиксированных временных интервалах.

Предложен новый подход к исследованию систематических ошибок восстановления интегральных параметров влаго- и водосодержания атмосферы СВЧ-радиометрическим методом, возникающих за счет использования при решении обратной задачи однородной или горизонтально-однородной (плоскостной) моделей облачности, которые игнорируют особенности пространственного распределения реальных облачных полей. Разработана методика расчета радиационных характеристик пространственно-неоднородных облачных полей в 3D с использованием программно-аппаратной архитектуры CUDA. Впервые рассмотрено влияние параметров облаков, характеризующих их пространственное распределение согласно модели Планка, на ошибки восстановления влаго- и водосодержания по усредненному в элементе

разрешения спутникового СВЧ радиометра радиотепловому излучению. Показано, что неучет характера пространственного распределения облаков в элементе разрешения размером от 10x10 км может приводить к относительным ошибкам более 10-15% в восстановленных значениях интегральных параметров.

Научная и практическая значимость работы состоит в том, что данные о флуктуациях яркостной температуры полезны для оценки флуктуаций фазового запаздывания сигналов в атмосфере. Результаты работы могут найти применение в радиоастрономии, при разработке спутниковых систем связи и навигации, в радиолокационной интерферометрии. Полученные результаты свидетельствуют о возможности повышения эффективности решения обратных задач восстановления температуры, влажности, влаго- и водозапаса атмосферы по данным радиометрических наблюдений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что соискателем были использованы известные физические модели, проверенные статистические методы и была проведена верификация новых методов на основе сравнения данных численного моделирования с реальными наблюдениями.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все использованные в диссертации результаты получены автором лично или при его участии. Вклад соискателя в постановку и решение задач, разработку компьютерных программ, проведение расчетов, анализ полученных результатов и написание текста статей в части, относящейся к теме диссертации, является основным.

В ходе защиты диссертации в рамках дискуссии членами диссертационного совета была дана высокая оценка уровню работы и было отмечено, что работа существенно дополняет и обогащает знания о природе флуктуаций микроволнового излучения атмосферы и о влиянии ее пространственной неоднородности на точность решения обратных задач дистанционного зондирования Земли из космоса. Соискатель Егоров Д.П. дал исчерпывающие комментарии на замечания оппонентов и ведущей организации. Согласился с замечаниями, касающимися оформления текста диссертации и автореферата.

Членами совета были заданы вопросы о сравнении полученных результатов с опубликованными результатами других авторов, о преимуществах разработанных автором алгоритмов и программных инструментов, о поглощательных характеристиках водяного пара и воды в ее жидкокапельной фазе, о размерах облачных частиц, об особенностях восстановления влаго- и водосодержания, о применении результатов работы диссертанта для оценки флуктуаций фазового запаздывания сигналов в атмосфере.


Соискатель дал ответы и необходимые пояснения, которые совет посчитал удовлетворительными.

Диссертационная работа Егорова Доброслава Павловича является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит решение научных и практических задач, связанных с исследованием пространственно-временной изменчивости микроволнового излучения атмосферы Земли и нелинейных эффектов, возникающих при зондировании неоднородных облачных полей из космоса. Работа удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 824 с изменениями, утвержденными постановлением Правительства РФ от 11 сентября 2021 г., № 1539, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

За решение важной научной и практической задачи по исследованию пространственных неоднородностей атмосферы и учету их влияния при СВЧ-радиометрическом зондировании Земли из космоса на заседании 12 апреля 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Егорову Доброславу Павловичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

При проведении тайного голосования участвующие в заседании члены диссертационного совета в количестве 17 человек, из которых 10 докторов по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из общего числа 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Зам. председателя диссертационного совета,
д.ф.-м.н., профессор


Дмитриев А.С.

Ученый секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н., профессор РАН

Кузьмин Л.В.

«12» апреля 2024 г.

