

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.229.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «МОРСКОЙ
ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 31.03.2023 г. № 21

О присуждении **Папковой Анне Станиславовне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Учет влияния пылевого аэрозоля на восстановление спектрального коэффициента яркости Черного моря по спутниковым данным» по специальности 1.6.17 – океанология принята к защите 28 декабря 2022 года (протокол заседания № 19) диссертационным советом 24.1.229.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, адрес: 299011, г. Севастополь. ул. Капитанская, 2, создан Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 137/нк от 12 февраля 2016 года.

Соискатель – Папкова Анна Станиславовна, 1995 года рождения. В 2017 г. соискатель окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет» по специальности «физика», в 2020 г. – очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН»,

работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в отделе оптики и биофизики моря Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук **Шибанов Евгений Борисович** работает ведущим научным сотрудником в отделе оптики и биофизики моря в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

– **Сакерин Сергей Михайлович**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, Лаборатория оптики аэрозоля, главный научный сотрудник,

– **Салюк Павел Анатольевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, Лаборатория спутниковой океанологии и лазерного зондирования, заведующий лабораторией дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Глуховцом Дмитрием Ильичом, кандидатом физико-математических наук,

ведущим научным сотрудником и руководителем Лаборатории оптики океана Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук и **Костяным Андреем Геннадьевичем**, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником Лаборатории экспериментальной физики океана Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова, указала, что диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченный этап исследований по актуальной теме. Получены новые результаты в области оптики естественных сред, существенно улучшающие качество спутниковых данных сканеров цвета моря в условиях поглощающего аэрозоля над акваторией Черного моря.

В диссертации имеются необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в том числе – на научные работы соискателя.

Работа хорошо апробирована. Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК Российской Федерации. Всего по теме диссертации опубликованы 17 научных работ, из них 8 статей – в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus. Автореферат диссертации полностью отражает ее основное содержание и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842.

Диссертация полностью соответствует специальности 1.6.17 – «Океанология» и удовлетворяет всем требованиям действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Папкова Анна Станиславовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях,

удовлетворяющих требованиям ВАК при Минобрнауки России, опубликовано 8 работ. В числе последних 4 работы в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрическую базу Web of Science и 8 работ в изданиях, входящих в наукометрическую базу SCOPUS.

В работах, опубликованных с соавторами, конкретный вклад диссертанта состоял в следующем. Разработана модель восстановления спектрального коэффициента яркости моря при наличии пылевого аэрозоля в атмосфере. Соискатель производила анализ оптических характеристик атмосферы (аэрозольной оптической толщины, показателя Ангстрема и т.д.), полученных методами дистанционного зондирования. Лично Папковой А.С. был найден ряд случаев нахождения пылевого аэрозоля над Черноморскими регионом, которые далее использовались для сравнительного анализа спутниковых и натурных измерений коэффициента яркости Черного моря, проверки работы нового регионального алгоритма дополнительной коррекции спутниковых данных коэффициента яркости моря. Стоит отметить, что для выбранных случаев характерным являлось наличие ошибок атмосферной коррекции, а именно отрицательные значения спектрального коэффициента яркости Черного моря в диапазоне 412–443 нм. Автором осуществлен анализ натурных измерений спектрального коэффициента яркости Черного моря со станций AERONET-OC, с дальнейшим расчетом индекса цвета $CI(412/443)$. Соискателем было произведено тестирование предложенного алгоритма, а именно выполнен регрессионный анализ синхронных пар спутниковых и натурных измерений с модельной поправкой и без нее. Автором построены карты распределения спектрального коэффициента яркости моря по спутниковым данным и осуществлен анализ «флагов ошибок» атмосферной коррекции.

Все требования к публикациям основных научных результатов диссертации, предусмотренные в п. 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, соблюдены, недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют.

Наиболее значительные работы:

1. Shybanov E.B. **Papkova A.S.** 2022. Algorithm for Additional Correction of Remote Sensing Reflectance in the Presence of Absorbing Aerosol: Case Study // Physical Oceanography. – 2022. – 29(6). – P. 688-706. DOI:10.22449/1573-160X-2022-6-688-706.

2. **Папкова А.С.,** Шибанов Е.Б. Влияние пылевого аэрозоля на результаты атмосферной коррекции спектрального коэффициента яркости Чёрного и Средиземного морей по спутниковым данным MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18, № 6. – С. 46–56 DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-6-46-56.

3. Kalinskaya D.V., **Papkova A.S.** Why Is It Important to Consider Dust Aerosol in the Sevastopol and Black Sea Region during Remote Sensing Tasks? A Case Study // Remote Sensing. – 2022. – V.14, № 8. – P. № 1890. DOI: 10.3390/rs14081890.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, все отзывы положительные. Отзывы поступили из:

1. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова Российской академии наук. Отзыв подписал директор, доктор физико-математических наук, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники **Куличков Сергей Николаевич**. Отзыв положительный, с замечаниями:

– можно указать на недостаточно четко указанные в автореферате сведения о вариациях оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля, за исключением аэрозольной оптической толщины.

2. Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук». Отзыв подписал директор, доктор географических наук **Бердников Сергей Владимирович** и ведущий научный сотрудник, кандидат

технических наук **Кулыгин Валерий Валерьевич**. Отзыв положительный, с замечаниями:

– при сравнении данных наблюдений со спутниковыми данными и результатами работы нового алгоритма на рис. 3 и 4 строится линия регрессии без свободного члена вида $y=b*x$, хотя следовало бы строить регрессию со свободным членом. В случае отсутствия свободного члена получается смещенная оценка коэффициента пропорциональности (углового коэффициента) b , а свойства коэффициента детерминации R^2 могут нарушаться и теряется возможность его обычной интерпретации. При этом в работе именно с помощью этих двух параметров оценивается качество предложенного алгоритма;

– в таблице 2 видно, что наряду с индексом цвета $CI(412/443)$ почти таким же низким среднеквадратичным отклонением также обладает индекс $CI(443/488)$. Т.е. этот индекс цвета также слабо изменчив, а значит можно построить алгоритм атмосферной коррекции на его основе. Пробовал ли соискатель использовать этот индекс для создания алгоритма подобного защищаемому?

3. Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет». Отзыв подписал проректор по научной деятельности, доктор физико-математических наук, профессор **Евстигнеев Максим Павлович**. Отзыв положительный, с замечаниями:

– при кластеризации натурального коэффициента яркости моря следует не просто написать название используемого программного метода, но также предоставить более подробную информацию о том, какой алгоритм при этом использовался.

4. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук. Отзыв подписала младший научный сотрудник, кандидат физико-

математических наук **Наговицына Екатерина Сергеевна**. Отзыв положительный, с замечаниями.

– на стр. 11 описан алгоритм идентификации выбросов (экстремальных значений) в массиве данных измерений *in situ* спектрального коэффициента яркости моря. Насколько оправдано отбрасывать измерения на основе их сравнения с данными достаточно простой модели, которая учитывает ограниченное число параметров, влияющих на значения спектрального коэффициента яркости моря;

– при проведении кластерного анализа методом К-средних число кластеров является входным параметром. Как в таком случае следует понимать фразу: «В ходе кластерного анализа выделяются 5 явных групп» (стр. 12)? Из автореферата не ясно, проводился ли анализ качества проведенного кластерного анализа изменчивости спектрального коэффициента яркости. Так же не совсем понятно для чего выполнялась кластеризация, ведь основной вывод о малой вариативности индекса цвета $CI(412/443)$ делается на основе исходного массива измерений;

– почему весь траекторный анализ выполнялся только на основе обратных траекторий, рассчитанных на сайте AERONET? Эти обратные траектории доступны только для двух моментов времени суток, на ограниченном наборе высот и, самое главное, только для определенных точек расположения пунктов мониторинга сети AERONET. Существуют другие, более гибкие траекторные модели, например, HYSPLIT или FLEXTRA.

5. Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук». Отзыв подписал заместитель заведующего по научной работе отдела 220 «Радиофизические методы в гидрофизике», кандидат физико-математических наук **Капустин Иван Александрович**. Отзыв положительный, без замечаний.

6. Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики

Российской академии наук». Отзыв подписал старший научный сотрудник отдела 220 «Радиофизические методы в гидрофизике», кандидат физико-математических наук **Мольков Александр Андреевич**. Отзыв положительный, с замечаниями:

– в качестве пожелания, советую рассмотреть работу данного алгоритма для других состояний атмосферы, например, наличия облачности или горячей биомассы (к примеру).

7. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв подписал главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук, профессор **Суторихин Игорь Анатольевич**. Отзыв положительный, с замечаниями:

– показатель степени для функции интерполяции, полученный при анализе спутниковых данных, отличается от теоретического показателя. Хотелось бы, чтобы соискатель оценил ошибки определения коэффициента яркости при измерении показателя степени.

8. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв подписал старший научный сотрудник Лаборатории оптики аэрозоля, кандидат физико-математических наук **Ужегов Виктор Николаевич**. Отзыв положительный, с замечаниями:

– после внимательного изучения работы, возник вопрос: какое вещество в поглощающем пылевом аэрозоле (хоть бы предположительно) способно внести искажение в обсуждаемые оптические характеристики с сильной спектральной зависимостью пропорциональной $\sim \lambda^{-4}$.

9. Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал ведущий научный сотрудник, руководитель Лаборатории оптики океана и атмосферы, кандидат физико-

математических наук **Родионов Максим Анатольевич**. Отзыв положительный, с замечаниями:

– в автореферате отсутствуют сведения о стандартной процедуре проверки качества натурных измерений AERONET-OC. Если такая процедура существует то какой процент данных считается недостоверным?

– на рисунке 2 следовало бы привести также уравнение, аппроксимирующее первый собственный вектор ошибки атмосферной коррекции для случая «чистой атмосферы».

10. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем Российской академии наук. Отзыв подписал ведущий научный сотрудник Гидрохимического отдела, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник **Сухоруков Борис Львович**. Отзыв положительный, с замечаниями:

– в автореферате автор не приводит никаких технических (в основном спектральных) характеристик используемой аппаратуры ни верхнего, ни нижнего уровней AERONET-OC. Складывается впечатление, что все получено из «черного ящика», а при разработке и представлении методик могут оказаться, и оказываются, важными различные детали «подспутникового эксперимента», результаты которого и положены в основу разработанного алгоритма. Можно только догадываться, что сравниваются мультиспектральные данные спутникового уровня с данными высокого спектрального разрешения нижнего;

– не приводятся данные (спектры КСЯ) по акватории Черного моря, на которой проводился эксперимент. Приведение только центроидов пяти кластеров КСЯ оказывается явно недостаточным для составления представления об изменчивости исследуемого объекта. Причем, автор говорит о том, что отдельные спектры КСЯ в процессе обработки были выброшены. Остается только верить, что анализируемые массивы данных оказываются представительными для всего Черного моря. В этой связи утверждение о постоянстве индекса цвета CI (412/443) вызывает сомнение. Корректнее было бы говорить: в предположении постоянства...;

– имеется много жаргонных формулировок. Например, «Раздел рассматривает *in situ* измерения...», «проверяется работа предложенного алгоритма...» и другие.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью и признанным авторитетом в области оптики моря и свойств атмосферного аэрозоля и наличием публикаций в высокорейтинговых рецензируемых изданиях по теме диссертации соискателя.

Диссертационный совет отмечает новизну представленных результатов, полученных на основе проведенных А.С. Папковой работ по учету влияния пылевого аэрозоля на восстановление спектрального коэффициента яркости Черного моря по спутниковым данным. Ей разработан региональный алгоритм дополнительной коррекции спутниковых значений коэффициента яркости моря при наличии пылевого аэрозоля над Черным морем и продемонстрирована его эффективность.

Предложено использование стандартной оптической модели для проверки достоверности натурных измерений AERONET-OC спектрального коэффициента яркости моря.

Проведен анализ многолетнего массива данных об изменчивости коэффициента яркости моря по данным с платформ AERONET-OC с использованием метода кластеризации. Диссертантом выявлено, что индекс цвета на длинах волн 412 нм и 443 нм варьируется слабо, далее это служило опорной информацией при разработке регионального алгоритма дополнительной коррекции.

Папковой А.С. предложена аналитическая формула, описывающая эффект влияния пылевого аэрозоля на измеряемую яркость на верхней границе атмосферы.

На основании многолетнего сравнительного анализа натурных и спутниковых измерений коэффициента яркости моря в акватории Черного моря получены статистические закономерности ошибки атмосферной коррекции при

различных состояниях атмосферы. Установлено, что в случаях наличия пыли, первый собственный вектор ошибки атмосферной коррекции пропорционален $\lambda^{-3,6}$.

Теоретическая значимость исследования связана с повышением точности атмосферной коррекции при наличии пылевого поглощающего аэрозоля в атмосфере.

В работах автора, посвященных исследованию влияния пылевого аэрозоля на спектральный коэффициент яркости Черного моря, показано, как при помощи дополнительной коррекции можно избежать появления физически некорректных величин, а именно отрицательных значений в коротковолновой области спектра, которые часто регистрируются при пылевых выносах при использовании инструментов дистанционного зондирования.

Исследования автора, посвященные влиянию различных типов атмосферных аэрозолей на ошибки атмосферной коррекции стандартных алгоритмов NASA, включают в себя не только рассмотрение влияния одного типа аэрозоля, а именно пылевого, но и облачности, дымки, фонового аэрозоля. Детально рассмотрены случаи вариации ошибок атмосферной коррекции в зависимости от состояния атмосферы путем сравнительного анализа натурных и спутниковых измерений.

Автором получена новая информация об изменчивости различных индексов цвета для акватории Черного моря. Особый интерес представляет слабая изменчивость индекса цвета на длинах волн 412 нм и 443 нм не только по данным с платформ AERONET-OC, но и по набору независимых натурных измерений, полученных в ходе 116 рейса НИС «Профессор Водяницкий».

Практическая значимость результатов исследований. Полученные А.С. Папковой в работе оценки ошибок атмосферной коррекции в присутствии различных видов атмосферного аэрозоля могут быть использованы для широкого спектра задач оптики атмосферы. Разработка региональных алгоритмов атмосферной коррекции улучшит надежность спутниковой информации о коэффициенте яркости моря, которая, в свою очередь, повлияет

на достоверность результатов экологических моделей, где входным параметром является концентрация хлорофилла-*a*.

Оценка достоверности результатов исследования. Научная обоснованность и достоверность результатов и моделей подтверждаются тем, что в работе были использованы стандартные методы и подходы оптики моря и атмосферы, выполнялось разнообразное тестирование алгоритмов и соответствующих компьютерных кодов и сравнение с результатами аналогичных независимых расчетов. При определении конкретных параметров аэрозоля, наряду с методами дистанционного зондирования, применялись продукты, предоставляемые с платформ AERONET, качество которых гарантировано NASA. Использование разработанных автором моделей в ряде конкретных задач спутникового зондирования явилось прямой практической проверкой их достоверности.

Личный вклад соискателя.

Папковой А.С. совместно с научным руководителем Шибановым Е.Б. определена актуальность исследования, поставлена цель и сформулированы основные задачи. Ей лично выполнен аналитический обзор имеющихся литературных данных о влиянии различных типов атмосферного аэрозоля на качество атмосферной коррекции для определения спектрального коэффициента яркости моря.

Автор принимала непосредственное участие в обработке данных дистанционного зондирования и натурных измерений коэффициента яркости Черного моря, предоставляемого с платформ AERONET-OC. Она осуществила визуальный анализ спутниковых снимков с сопутствующим анализом обратных траекторий движения аэрозолей.

Папковой А.С. был подготовлен массив данных по событиям переноса пылевого аэрозоля над акваторией Черного моря. Массив включает коэффициенты яркости моря по натурным и спутниковым измерениям и оптические характеристики атмосферы в анализируемые периоды.

Диссертантом были написаны программные коды и проведена кластеризация многолетнего массива натурных измерений коэффициента яркости моря с платформ AERONET-OC.

Папковой А.С. выполнена основная часть работы по статистическому анализу, визуализации и теоретической интерпретации полученных результатов.

В диссертации отсутствует недобросовестное использование материала, полученного другими исследователями, без ссылки на автора или источники заимствования, а также результатов научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылки на соавторов.

На заседании 31 марта 2023 года диссертационный совет принял решение присудить **Папковой Анне Станиславовне** ученую степень **кандидата физико-математических наук**.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности диссертации 1.6.17 – океанология, участвующих в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 13, против 2, недействительных бюллетеней 1.

Председатель
диссертационного совета 24.1.229.02
д. ф.-м. н., профессор, член-корреспондент РАН

Г.К. Коротаев

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.229.02
к. ф.-м. н., с. н. с.

Д.В. Алексеев

31 марта 2023 г.

