

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Сакерина Сергея Михайловича
на диссертационную работу Папковой Анны Станиславовны

**"Учет влияния пылевого аэрозоля на восстановление спектрального
коэффициента яркости Черного моря по спутниковым данным",**
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.6.17 – Океанология

Развитие методов дистанционного зондирования Земли, включая алгоритмы восстановления цвета океана (или спектральных коэффициентов яркости) и определения его биооптических характеристик, сохраняет свою **актуальность** в связи с постоянным совершенствованием систем космических наблюдений, а также уточнением наших представлений об окружающей среде и радиационных переносах (взаимодействиях). Представленная работа касается одной из актуальных и сложных задач развития алгоритмов атмосферной коррекции спутниковых данных в случаях наблюдений морской поверхности через шлейфы пылевых выносов и в прибрежных акваториях, подверженных влиянию континентальных загрязнений атмосферы.

Научная новизна диссертационной работы Папковой А.С. состоит в: 1) разработке аналитической формулы описывающей влияния пылевого аэрозоля на измеряемую яркость на верхней границе атмосферы; 2) оценке ошибок атмосферной коррекции применительно к разным атмосферным условиям в акватории Черного моря; 3) разработке и апробации алгоритма дополнительной атмосферной коррекции спутниковых данных по яркости моря при наличии шлейфа пылевого аэрозоля.

Достоверность полученных результатов обеспечена тем, что в работе использовались общепризнанные модели и алгоритмы атмосферной коррекции, а также данные реальных измерений оптических характеристик моря и атмосферы с использованием аттестованного оборудования (AERONET-OC). Новые алгоритмы атмосферной коррекции прошли апробацию на данных реальных измерений и независимых расчетов.

Практическое значение работы состоит в том, что разработанный алгоритм дополнительной атмосферной коррекции позволяет существенно уменьшить погрешность восстановления коэффициентов яркости моря при пылевых выносах и расширяет границы использования результатов спутниковых наблюдений в различных атмосферных условиях. Полагаю, что указанный алгоритм может найти применение не только для определения биооптических характеристик морской поверхности, но и других объектов дистанционного зондирования Земли.

Степень обоснованности научных положений и полученных результатов. В двух научных положениях, вынесенных на защиту, отражены результаты анализа ошибок стандартных алгоритмов атмосферной коррекции спутниковых измерений спектральных коэффициентов яркости моря, возникающих при наблюдении через

пылевые шлейфы. Натурные измерения и численные оценки обоснованно подтвердили причину искажений и необходимость учета пыли при восстановлении характеристик морской поверхности. Алгоритм дополнительной атмосферной коррекции спутниковых данных, представленный в третьем положении, показал эффективность его применения, по крайней мере, для акватории Черного моря.

Личный вклад. Соискатель принимала непосредственное участие в обработке данных дистанционного зондирования, натурных измерений коэффициента яркости моря с платформ AERONET-OC, а также в интерпретации научных результатов. С использованием визуального анализа спутниковых снимков и обратных траекторий движения воздуха, подготовлен систематизированный массив данных измерений коэффициентов яркости моря (спутниковых и наземных) и оптических характеристик аэрозоля (AERONET) для ситуаций пылевых выносов и других атмосферных условий. Разработаны программные коды и выполнены расчеты, связанные со статистическим и кластерным анализом данных. Проведена апробация дополнительного алгоритма атмосферной коррекции спутниковых данных для ситуаций пылевых выносов.

Содержание автореферата соответствует основным положениям и результатам, изложенным в диссертации. Полноту изложения материалов в диссертационной работе можно считать достаточной. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 8 в рецензируемых журналах. Результаты научных исследований докладывались на 12-и Конференциях (Симпозиумах). Работа выполнялась в рамках программ государственного задания и проекта РФФИ.

Замечания по диссертационной работе.

1. Начиная со стр. 6 («Случаи **пылевых** выносов характеризуются тем, что средняя высота расположения **поглощающих** частиц заметно больше, чем у аэрозолей **промышленного и континентального** типа») и далее дается искаженное представление о типах и классификациях аэрозолей. Возникают вопросы: (а) пылевой аэрозоль разве не относится к континентальному? (б) промышленный аэрозоль не является поглощающим? или его поглощение меньше, чем у пылевого (см. SSA в таблице 1.1)? (в) откуда взялось утверждение, что «высота поглощающих частиц больше, чем у промышленного и континентального аэрозоля»?

Разъяснения о типах аэрозоля переданы соискателю, а суть замечания состоит в следующем. Отождествление пылевого аэрозоля и поглощающего (использование как синонима) порождает ошибочное представление и сомнительный постулат о том, что именно поглощением обусловлены искажения наблюдаемой яркости моря, которые не учитываются алгоритмами атмосферной коррекции. На самом деле, искажения возникают при наблюдении через «шлейф» или «облако» **любого типа** аэрозоля: пылевой, дымовой, промышленный, облачный. Или по другому: в случае, если в вертикальном профиле аэрозоля на трассе зондирования есть слой (аномалия) с существенным отличием концентраций от заложенной в модели. То есть, главная

причина – наличие самого «шлейфа», а поглощение вторично и его можно дополнительно учесть, если удастся идентифицировать состав аэрозольного слоя. Фактически к такому же выводу (что дело не в поглощении) приходит и автор (стр. 78-79), когда начинает анализировать ситуации искажений: пыль, дымка, границы облаков. (Кстати, не обязательно «границы облаков»: искажения будут во всех случаях не исключенной тонкой облачности).

Из-за ошибочного постулата, вызывает сомнения целесообразность некоторых математических разработок и упрощений с акцентом на учет именно «поглощения». Если не принимать это во внимание и заменить в тексте термин «поглощающий» на «пылевой», то предложенный алгоритм атмосферной коррекции и положительные результаты его применения не пострадают.

2. Есть несколько замечаний второстепенного характера:

(а) Вызывает сомнения вывод (стр. 41), что причина ошибок стандартных алгоритмов коррекции состоит в «неопределенности ... из-за бимодального распределения аэрозоля». Две или три моды – это не проблема для учета в моделях. Главное, что реальная атмосфера представляет **смесь** разных типов аэрозоля со своими концентрациями, функциями распределения частиц (модами) и высотными профилями. Поэтому, априори (без привлечения дополнительной информации) неизвестно, в каком сочетании эти типы аэрозоля присутствуют и какие модели лучше подходят для алгоритма коррекции. (В удаленных районах океана – всё просто, а в прибрежных районах или при наличии «шлейфов» возникают проблемы).

(б) Для узких специалистов англоязычные аббревиатуры понятны (SeaDAS, TOA и многие другие), но их следует всё-таки пояснять **по первому использованию** в тексте. Например, что такое AERONET-ОС становится ясно только во 2-м разделе.

(в) На стр. 53 приводится понятие «стандартная оптическая модель», но не поясняется – чего (моря, атмосферы) и какая. Далее появляется ссылка на подраздел 1.3, где рассматриваются модели яркости моря, но там «стандартная модель» не упоминается. Другими словами, в тексте диссертации часто используются фразы общего характера («стандартная», «трехпараметрическая»), но не всегда понятно, что имеется в виду, так как нет ссылок на конкретные формулы или литературу.

3. Вынужден также отметить небрежность оформления рукописи: орфографические ошибки, жаргонизмы, пропуски слов перед аббревиатурами, ошибочные обозначения, неудачное использование терминов и фраз. Приведу несколько примеров таких недостатков (остальные переданы соискателю):

Стр. 35: «Некоторые из CIMELS находятся в прибрежных и островных точках для измерения морской атмосферы». Следует писать: «Некоторые из **фотометров** CIMEL находятся в прибрежных и островных точках для измерений **характеристик** морской атмосферы»;

Стр. 43: «Рэлеевское рассеяние, поглощение озоном и **загрязняющими** газами **отбрасывается**, оставляя только оптическую толщину ...». Не «отбрасывается», а

учитывается. Кроме озона приходится учитывать (в той или иной степени) поглощение водяного пара и других газов, входящих в **естественный** состав атмосферы. Поэтому их нельзя называть загрязняющими.

Стр. 46: «При наличии **чистой** пыли, доминирует крупнодисперсная фракция аэрозоля, следовательно, **предел значения АЕ (≤ 0.75)**». Что такое «чистая пыль»? и что значит «предел значения АЕ (≤ 0.75)»? (возможно пропущено какое-то слово).

Вышеуказанные недостатки не снижает значимости научных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Папковой А.С.

Заключение. Диссертация Папковой Анны Станиславовны "Учет влияния пылевого аэрозоля на восстановление спектрального коэффициента яркости Черного моря по спутниковым данным" является завершенной научно-квалификационной работой, связанной с развитием алгоритмов спутникового зондирования в части определения коэффициентов яркости моря и биоптических характеристик при наличии в атмосфере пылевых шлейфов. Тематика диссертационной работы соответствует заявленной специальности 1.6.17 – Океанология.

Считаю, что по объему изложенного материала, новизне и достоверности полученных результатов, обоснованности научных положений и практической значимости, диссертационная работа Папковой А.С. **соответствует критериям**, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», а соискатель **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

Я, Сакерин Сергей Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета:

доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,
главный научный сотрудник лаборатории оптики аэрозоля

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук
634055, г. Томск, пл. академика Зюева, 1. Тел. 3822-492-848, e-mail: sms@iao.ru

14 февраля 2023 г.

Официальный оппонент,
д.ф.-м.н.



С.М. Сакерин

Подпись Сакерина С.М. удостоверяю
Ученый секретарь ИОА СО РАН



14 февраля 2023 г.
О.В. Тихомирова