

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Липинской Надежды Александровны «Формирование спектральных коэффициентов яркости восходящего излучения моря в гидродинамических структурах» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.17 – «Океанология»

Актуальность темы выполненной работы

Дистанционное зондирование Земли – одно из наиболее важных и динамично развивающихся направлений в области экологического мониторинга состояния окружающей среды. Тема диссертационной работы Липинской Н.А. непосредственно связана с решением ключевых проблем дистанционного мониторинга морской поверхности – повышению метрологических характеристик и расширению информационной емкости мультиспектрального зондирования поверхности океана путем получения более полной информации о характеристиках широкого круга динамических процессов, играющих определяющую роль в массообмене и экологии вод морских акваторий.

Говоря об актуальности, необходимо отметить и то, что тема диссертационной работы Липинской Надежды Александровны соответствует Перечню критических технологий Российской Федерации, а именно пункту 19 – «Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения» в соответствии с Указом Президента РФ № 899 от 07.07.2011.

Общая методология и методика исследования

Рассматривая общеметодологические аспекты диссертационной работы, следует отметить, что автор в процессе исследования опирается на сложившиеся методики физического эксперимента и компьютерного моделирования. Цель исследований, сформулированная в диссертационной работе, состоит в выявлении изменчивости спектральных коэффициентов яркости восходящего излучения моря, обусловленную вариациями горизонтального и/или вертикального распределения оптически-активных компонентов морской воды под влиянием гидродинамических процессов.

Основные направления исследовательской работы сопряжены с решением семи основных взаимосвязанных конкретных задач диссертационной работы, включающих в себя: создание баз данных спутниковых и подспутниковых судовых измерений оптических и биооптических измерений; анализ данных с целью выявления закономерностей

проявления динамических процессов в спутниковых данных; разработку методики оценки характеристик исследуемых динамических характеристик и предельных условий их регистрации по данным дистанционного зондирования.

Пять результатов научных изысканий, приведенные в разделе «ЗАКЛЮЧЕНИЕ» диссертации, позволили диссертанту сформулировать 3 области практического использования защищаемой в диссертации технологии–океанологического мониторинга морских акваторий.

Внутреннее единство структуры работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключительной части с основными результатами и выводами, списка используемых литературных источников из 164 наименований, содержание диссертации изложено на 124 страницах, включая 2 таблицы и 36 рисунков.

Последовательность выполнения исследований в совокупности с логичностью изложения материала обеспечили внутренне структурное единство диссертационной работы Липинской Н.А. Так, автор после краткого введения с обоснованием актуальности, обзора существующих исследований в предметной области диссертационной работы, определения цели исследований, описания научной новизны и практической ценности работы в первой главе диссертации привела аналитический обзор современного представления о формировании гидродинамических структур в данных дистанционного зондирования. Представлена информация о типах гидродинамических процессов, их механизмах формирования и физических характеристиках. Вторая глава посвящена описанию основных методов исследования формирования спектров коэффициентов яркости восходящего излучения моря в гидродинамических структурах по *in situ* и дистанционным данным.

Строгая же постановка задач, анализ, выбор и обоснование методов их решения представлены в двух последующих главах, посвященных разработке методологических средств решения поставленных в работе задач.

Особо следует отметить строгую и четкую структуру каждой из глав, состоящей из краткого введения тематических разделов и выводов к главе. Структура разделов и подразделов логично выделяет этапы решения задач. В разделе «Выводы к главе» перечисляются полученные результаты.

Соответствие полученных результатов поставленной цели и задачам

В связи с поставленной целью работы автором диссертации в третьей главе приводятся результаты анализа пространственно-временного распределения гидрооптических характеристик в гидродинамических структурах таких, как апвеллинги, внутренние волны, океанические вихри. Анализ показал, что содержание оптически-активных компонентов морской воды в гидродинамических структурах имеет ярко выраженную пространственную и временную изменчивость, что значительно влияет на дистанционные измерения спектральных коэффициентов яркости восходящего излучения моря и на рассчитанную по этим данным концентрацию хлорофилл-а.

Глава четыре посвящена исследованию формирования спектральных коэффициентов яркости восходящего излучения моря в присутствии вихрей, апвеллингов и внутренних волн. Представлен метод оценки глубины слоя, в пределах которого изменение глубины положения максимума концентрации хл-а под действием каждого из исследуемых динамических процессов будет значительно влиять на спектры яркости восходящего излучения моря. Проведено численное моделирование спектров коэффициентов яркости моря на основе *in situ* измерений. Приведен алгоритм «максимальной глубины проявления гидродинамической структуры» (ZrsH) в дистанционных спектральных данных по цвету моря.

В **заключении** представлены основные выводы и результаты диссертационной работы.

Соответствие содержания диссертации содержанию и качеству

опубликованных работ

По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе 6 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ, 4 в трудах конференций, в 1 коллективной монографии, а также получено 2 свидетельства о регистрации баз данных. Научные труды издавались в течение 5 лет, автор последовательно предоставлял результаты диссертационного исследования научному сообществу. Содержание диссертации в полной мере отражено в научных трудах.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов обеспечена:

- Согласованностью данных *in situ* измерений, дистанционных измерений и численного моделирования.

- Использованием современных и общепризнанных методик измерений, баз спутниковых данных, методов и программного обеспечения.
- Полученные результаты были представлены в 6 рецензируемых журналах, а также представлены на 4 Всероссийских конференциях, 6 международных конференциях и на многочисленных научных семинарах ТОИ ДВО РАН, где были обсуждены с ведущими специалистами в области оптики океана и океанологии.

Научная новизна полученных результатов

- Впервые в практике проведения подспутниковых измерений содержания оптически-активных компонентов в морской воде использованы методы прямого численного моделирования распространения света в системе «атмосфера – морская поверхность – морская толща».
- Предложен новый метод контрастирования проявления динамических процессов в верхнем слое океана на спутниковых снимках сканеров цвета морской поверхности. Повышение контраста достигается соотношением интенсивности каждого пикселя изображения к величине относительной изменчивости фоновых участков изображения, определяемых предварительной фильтрацией изображения градиентным фильтром Собеля.
- Впервые введено понятие «максимальная глубина проявления гидродинамической структуры» в дистанционных спектральных данных по цвету моря (Z_{rsH}), дано определение, сформулирован метод её оценки.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для науки и практики.

Основным достоинством диссертационной работы является предложенная автором новая технология подспутниковых измерений оптических и биооптических характеристик фотического слоя океана с целью совершенствования спутниковых измерений и оценок пространственного распределения оптически-активных компонентов морской воды и, в частности, концентрации хлорофилла-а. Объединение в рамках этой технологии методик судовых дистанционных измерений спектральных коэффициентов яркости морской поверхности и методов его численного моделирования с учетом измеренных *in situ* профилей концентрации хлорофилла-а, позволяют не только настроить алгоритмы атмосферной коррекции данных спутниковых радиометров, но и скорректировать результаты спутниковых оценок концентрации хлорофилла-а в исследуемом регионе путем введения поправочных коэффициентов. Однако следует оговориться, что для оценок последних, т.е. поправочных коэффициентов, требуется дополнительная методическая

проработка. Однако сама идея использования численного моделирования на основе данных судового дистанционного и *in situ* измерений в практике проведения подспутниковых измерений открывает такие возможности.

Второй по значимости для научных исследований и практики результат озвучен во втором защищаемом положении. На основе численного моделирования изменчивости спектров коэффициентов яркости морской поверхности при варьировании глубины одного из экспериментально полученных профилей хлорофилла-а найден диапазон длин волн, при котором наиболее контрастно в синтезированных спутниковых снимках проявляются сигнатуры внутренних волн.

Третье защищаемое положение имеет отношение к выбору оптимальных длин волн для контрастирования синтезированных спутниковых изображений с целью выделения сигнатур океанических вихрей. Рекомендации, озвученные при защите этого положения весьма расплывчаты и их сложно применять на практике.

Первое и четвертое защищаемые положения защищаются на основе результатов численного моделирования изменения спектральных коэффициентов яркости морской поверхности при изменении глубины конкретного профиля хлорофилла-а. Как в том, так и другом случае вводятся новые величины: в первом защищаемом положении – «глубины, на которой изменение положения слоя максимума концентрации хл-а на один метр значимо влияет на формирование спектральных коэффициентов яркости восходящего излучения моря в области апвеллинга»; в четвертом - «максимальной глубины проявления конкретной гидродинамической структуры». Из текста диссертации не ясна необходимость расчета этих величин и нет указаний чем эти величины могут быть полезны для анализа океанических процессов.

Представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук диссертационная работа Липинской Н.А. представляет определенный научный интерес, отражающий существенный вклад автора в развиваемое направление, результаты её могут быть использованы в науке и на практике. Работа содержит ряд научных выводов, обладающих новизной и представляющих практический интерес, но возникают и некоторые вопросы по изложению текста диссертационной работы, в связи с чем ниже приводятся замечания по диссертационной работе.

Критические замечания:

1. В диссертационной работе при анализе спутниковых снимков на предмет выделения сигнатур динамических процессов вводится понятие отношения контраст/шум (формула 45), которое таковым, на мой взгляд, не является. В числителе приведенной формулы находится величина, традиционно определяемая как «сигнал», а не контраст - она и имеет размерность сигнала в то время, как контраст - безразмерная величина. Обычное определение контраста – это отношение величины сигнала к уровню фона.
2. Многие величины, определяемые в диссертационной работе, имеют определение «статистический» - статистический шум, статистическая ошибка и т.д. По определению статистическая погрешность или ошибка — это неопределенность в оценке истинного значения измеряемой величины, которая возникает из-за того, что несколько повторных измерений тем же самым инструментом дали различающиеся результаты. Согласно этому, определение «статистический» не может быть применимо к единичному спутниковому снимку.
3. Понятно неверно и введенное определение относительной статистической ошибки измерений (формула 46). По смыслу величина шума в этой формуле определяется не только ошибками измерения, но и природной неоднородностью фона, которая может значительно превышать ошибки измерений. Более предпочтительно назвать эту величину относительной изменчивостью или величиной относительного шума.

Технические замечания:

1. Ссылки на рисунки и формулы на протяжении большого участка текста имеют систематический сдвиг, что усложняет восприятие материала.

Заключение о соответствии диссертации критериям

Считаю, что диссертационная работа Липинской Н.А. «Формирование спектральных коэффициентов яркости восходящего излучения моря в гидродинамических структурах» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук пункта 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г №842, а ее автор заслуживает присуждения

ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – «Океанология».

Официальный оппонент:

главный научный сотрудник, заведующий
Лаборатории лазерных методов исследования вещества
Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Институт автоматки и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
доктор физико-математических наук,
по специальности 01.04.05 – «Оптика»
e-mail: anpavlov@iacp.dvo.ru
Телефон: +7 (914) 652-61-77

Я, Павлов Андрей Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

30.09.2023 г.

подпись

Павлов Андрей Николаевич

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматки и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 690041, г. Владивосток, улица Радио, дом 5

Телефон: 8(423)2310439

e-mail: director@iacp.dvo.ru



С.Б.ЗМЕУ

30.09.2023