

УТВЕРЖДАЮ
директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института физики
атмосферы им. А.М.Обухова Российской академии
наук (ИФА им. А.М. Обухова РАН)
д.ф.-м.н., член кор. РАН



Мохов И.И.

«07» апреля 2014

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию
Мясоедова Александра Германовича
«Солнечный блик как «инструмент» исследования Океана из Космоса»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 25.00.28 - океанология

Диссертационное исследование Мясоедова Александра Германовича на тему «Солнечный блик как «инструмент» исследования Океана из Космоса» состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка литературы и приложения.

Актуальность темы исследования объясняется возрастающей ролью дистанционного зондирования в исследовании процессов на поверхности океана. Но до сих пор основная роль в этих исследованиях отводилась радиолокационным системам дистанционного зондирования. Но, несмотря на все преимущества радиолокаторов с синтезированной апертурой, временное разрешение снимков недостаточно для оперативного мониторинга. В то же время существует большое количество оптических спутниковых сенсоров. Поскольку отраженная солнечная радиация несёт информацию о характеристиках шероховатости морской поверхности, данные оптических сканеров

можно использовать для исследования различных океанических процессов. Актуальность работы, в частности, заключается в том, что данные оптических спутниковых измерений в солнечном блике обычно выбрасываются как «шум», не позволяющий исследовать особенности поверхностных процессов а морской поверхности. В исследовании предлагается новый подход, позволяющий использовать данные оптических сканеров для исследования различных явлений на поверхности океана в области солнечного блика. Предлагаемый метод, наряду с существующими радиолокационными (РЛ) методами наблюдения поверхности океана, открывает новые возможности для мониторинга поверхностных океанических явлений из космоса.

Целью работы является разработка метода исследования поверхности океана по спутниковым изображениям солнечного блика, и применение этого метода для исследования нефтяных загрязнений и поверхностных проявлений динамических процессов в океане.

Для достижения поставленной цели диссертантом были решены следующие задачи:

- разработан метод восстановления пространственных вариаций среднеквадратичного наклона (СКН) морской поверхности по полю яркости солнечного блика;
- разработанный метод применён для анализа данных спутниковых оптических сканеров MODIS и MERIS;
- исследованы поверхностные проявления биологических и нефтяных slickов в солнечном блике и в поле СКН морской поверхности, а также исследованы подобие и отличие аномалий «шероховатости» морской поверхности в слайдах, измеряемых оптическими и радиолокационными методами;
- исследованы особенности проявления внутренних волн и мезомасштабных течений на морской поверхности по изображениям солнечного блика;
- исследованы связь аномалий характеристик «шероховатости» морской поверхности с параметрами мезомасштабных течений на основе синергетического анализа оптических и радиолокационных изображений;
- создано специализированное программно-математическое обеспечение, сопровождающее разработанные методы.

Результаты диссертационного исследования подразумевают непосредственное использование разработанных методов и алгоритмов для дистанционной идентификации поверхностных загрязнений и выявления нефтяных разливов на фоне биологических slickов и иных контрастов шероховатости морской поверхности, например связанных с ветровой изменчивостью. Один этот факт показывает высокую **научную и практическую значимость** работы. Также в работе показана возможность использовать данные о яркости поверхности океана внутри солнечного блика для исследования океанографических явлений по их поверхностным проявлениям совместно с другими данными дистанционного зондирования, что позволило значительно расширить область применимости оптических сканеров.

Полученные диссертантом научные результаты реализованы в виде элементов программного обеспечения и использованы для обработки данных радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) и оптических изображений, а также восстановления статистических параметров поверхности океана.

Предложенные алгоритмы и методики были внедрены в Международном центре по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена (NIERSC), а также в Лаборатории Спутниковой Океанографии РГТМУ в виде элементов спутникового информационного портала SATIN (<http://satin.rshu.ru/>), а также как элемент разрабатываемой синергетической платформы SYNTool (<http://syntool.solab.rshu.ru/>).

Содержание, представленной на отзыв диссертации, хорошо структурировано и соответствует поставленным цели и задачам, отражает заявленные автором исследовательские подходы и может быть оценено как полное описание аргументаций, выдвинутых соискателем положений на защиту.

Во **введении** обоснована актуальность темы работы, определены цели и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** обосновывается первое положение, выносимое на защиту. Описывается метод восстановления пространственных вариаций среднеквадратичного наклона (СКН) морской поверхности по солнечному блику, регистрируемому оптическими сканерами из космоса. Разработанный метод применяется к анализу данных спутниковых оптических спектрометров MODIS и MERIS. Описываются разработанный

алгоритм и программное обеспечение для восстановления СКН. Особенно впечатляет лирическое вступление к первой главе диссертации.

Во **второй главе** приводится обоснование второго и третьего положений, выносимых на защиту. Метод, описанный в первой главе, применяется для исследования морской поверхности, покрытой нефтяными плёнками. В результате применения совместного анализа полученных результатов с данными радиолокаторов с синтезированием апертуры (РСА), раскрываются преимущества синергетического подхода в исследовании поверхностных сликов.

В **третьей главе** рассматриваются примеры исследования суб- и мезомасштабной динамики океана по оптическим и радиолокационным изображениям. При взаимодействии волн и течений СКН морской поверхности может изменяться, следовательно появляется возможность идентификации течений по изображениям солнечного блика. Используется синергетический подход для исследования поверхностных проявлений мезомасштабных течений по оптическим (включая ИК-канал) и РСА изображениям океана. Установлено, что аномалии «шероховатости» поверхности океана, полученные по изображениям солнечного блика, хорошо соотносятся с аномалиями на РСА изображениях. Поля аномалий «шероховатости» поверхности океана пространственно коррелируют с зонами дивергенции течений, расположенных в областях сильных градиентов температуры поверхности Океана (ТПО). Проводится анализ и интерпретация данных наблюдений на основе модельных представлений.

В результате рассмотрения вопросов, поставленных в работе перед диссертантом, Мясоедов Александр Германович приходит к ряду заслуживающих поддержки выводов, отражённых в **заключении**.

- Предложен алгоритм восстановления пространственных вариаций среднеквадратичного наклона (СКН) морской поверхности по спутниковым изображениям солнечного блика.
- Связь вариаций яркости в солнечном блике с вариациями СКН осуществляется через передаточную функцию, которая может быть определена непосредственно по усредненным 2-мерным градиентам поля яркости солнечного блика (например, для спутникового сканера MODIS) или на основе априорного задания модели плотности распределения вероятности наклонов морской поверхности (как, например, для

спутникового сканера MERIS).

- Метод восстановления контрастов среднеквадратичного наклона (СКН) применён к анализу проявления нефтяных slicks естественного и техногенного происхождения по изображениям солнечного блика.
- Установлено, что контрасты СКН в нефтяных slicks систематически ниже контрастов СКН в slicks биологического происхождения. Этот результат объясняется различием упругостей нефтяных плёнок и плёнок биологического происхождения. Показано, что эффективный коэффициент упругости для тонкой нефтяной плёнки может быть задан как $E=15\text{мН/м}$.
- Показано, что УЭПР- и СКН-контрасты одного и того же slicka, сформированного тонкой нефтяной плёнкой, хорошо коррелируют. При этом контрасты УЭПР поверхности примерно в 1.6 раза сильнее контрастов СКН поверхности в slicks.
- Продемонстрировано, что поверхностные проявления ВВ хорошо видны в модуляциях уклонов морской поверхности. Это связано с усилением среднеквадратичного наклона (СКН) в зонах конвергенции течения ВВ, в то время как подавление наблюдается в зонах дивергенции.
- Предложен синергетический подход для идентификации, восстановления и анализа параметров поверхностных проявлений мезо-масштабных океанических течений по оптическим и радиолокационным изображениям, получаемым из космоса.
- В рамках предложенного подхода, поля геострофических течений (ГТ) и вторичных агеострофических течений, с которыми связаны зоны конвергенции и дивергенции течений, могут быть восстановлены по спутниковым полям ТПО полям РСА-ветра.
- Установлено, что поверхностные проявления мезомасштабных течений в виде аномалий СКН и обратного рассеяния радиоволн «привязаны» к зонам конвергенции и дивергенцию поверхностного течения.
- Полученные научные результаты реализованы в виде алгоритмов и элементов программного обеспечения для обработки РСА и оптических изображений и восстановления статистических параметров поверхности Океана. А также как элемент разрабатываемой синергетической платформы SYNTool (<http://syntool.solab.rshu.ru/>) Лаборатории спутниковой океанографии (ЛСО) РГГМУ.

Но работа не свободна от недостатков:

Первое замечание скорее редакционного характера: по правилам русского языка слова «океан» и «космос» пишутся с маленькой буквы. Если автор хотел подчеркнуть свое восхищение перед мощью и величием этих стихий, то это все-таки из области художественной литературы, а не научной работы, как и лирическое вступление к главе 1.

Фактически нет ссылок на работы отечественных авторов и исследования характеристик морского волнения оптическими методами в доспутниковую эру. Но первые работы по определению статистических характеристик шероховатости морской поверхности из распределения яркости бликов в солнечных или лунных «дорожках» были выполнены еще в 1924 г. академиком В.В.Шулейкиным (а не Коксом и Манком, как сказано на стр. 17), что следовало бы упомянуть в диссертации. Оптические методы дистанционного зондирования морской поверхности, в том числе и с использованием солнечных бликов, активно использовались сотрудниками МГИ НАНУ, а в настоящее время развиваются в ИПФ РАН, ИКИ РАН, ИФА РАН и ИРЭ РАН (работы Запевалова А.С., Христофорова Г.Н., Якушкина И.Г., С.А. Ермакова, Титова В.М., Смирнова М.Т., Ермакова Д. М. и др.) Некоторые статьи российских авторов в российских журналах указаны почему-то в английском переводе (20, 23).

Ряд замечаний можно сделать к тексту раздела 3.3.2, в котором изложена процедура реконструкции квазигеострофической и агеострофической циркуляции по полю ТПО.

Во-первых, при записи уравнений для геострофической скорости (3.2) надо указать, что при дифференцировании по пространственным координатам по повторяющимся индексам предполагается суммирование.

Во – вторых, при формулировке соотношений между скоростью трения, масштабом Монина – Обухова, частотой Брента - Вайсяля и высотой экмановского пограничного слоя следует оговаривать некоторые принятые автором ограничения. Толщина экмановского слоя и толщина верхнего квазигомогенного слоя может существенно отличаться, а масштаб Монина-Обухова для конвективных условий может быть и отрицательным. Думаю, что автор имел ввиду типичные для океана значения, что это следовало бы пояснить.

В заключении хотелось бы сказать, что высказанные замечания имеют в основном дискуссионный и рекомендательный характер, и не умоляют общую положительную оценку проделанной соискателем работы.

Основные положения диссертации отражены в её автореферате, 4 патентах и 6 научных статьях изданий из списка ВАК, а также прошли обсуждения на более, чем 20 российских и зарубежных конференциях.

Диссертация представляет собой результат тщательного научного исследования, выполненного на высоком профессиональном уровне и отличающегося новизной предложенных методов и подходов к решению поставленных задач. Особенно хочется отметить, что диссертация написана очень четко и аргументировано хорошим языком. Изложение автора отличается стройностью и обоснованностью выводов.

Результаты, полученные автором, представляют интерес для организаций РАН (ИОРАН, ИФА, ИПФ, ИВМ, ИПМ, ИВП, ИКИ), Росгидромета (ГОИН, ААНИИ, ГГО, ИПГ) и других, занимающихся океанологическими и прикладными исследованиями. Изложенные в работе результаты могут быть применимы для задач анализа океанических процессов по данным дистанционного зондирования и мониторинга поверхностных загрязнений на акватории мирового океана.

Обобщая содержание отзыва можно утверждать, что диссертационная работа А.Г. Мясоедова представляет самостоятельное, законченное и серьезное научное исследование, соответствующее мировым стандартам в области океанологических исследований. Основные цели диссертационной работы достигнуты. Положения, выносимые на защиту, в совокупности составляют научное достижение, сутью которого является разработка метода исследования поверхности океана по спутниковым изображениям солнечного блика, и применение этого метода для исследования нефтяных загрязнений и поверхностных проявлений динамических процессов в океане. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Представленная диссертация «Солнечный блик как «инструмент» исследования океана из космоса», отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Мясоедов Александр Германович заслуживает присуждения ему

ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – “Океанология”.

Отзыв подготовлен:

Ведущий научный сотрудник лаборатории теории климата Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук

Доктор физико-математических наук
Демченко Павел Феликсович

Работа была доложена и одобрена на семинаре Отдела динамики атмосферы ИФА им. А.М. Обухова РАН 4 апреля 2014 г. (протокол семинара № 7/13).

Заведующий Отделом динамики атмосферы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук

Академик
Голицын Георгий Сергеевич

Отзыв заверен:

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук

Кандидат географических наук
Краснокутская Людмила Дмитриевна