Утверждаю:
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
«Морской гидрофизический институт РАН»
член-корреспондент НАНУ, д. геогр. н.
_____ С.К. Коновалов
«__11__» _____10_____ 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

«Морской гидрофизический институт РАН»

на диссертационную работу

Заболотских Елизаветы Валериановны

«РАЗВИТИЕ СПУТНИКОВЫХ ПАССИВНЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ МЕТОДОВ ЗОНДИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ОКЕАН-АТМОСФЕРА» И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ИЗУЧЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ»,

представленную на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук по специальности 25.00.28 – океанология

1. Актуальность работы.

Измерения спутниковых микроволновых многоканальных радиометров позволяют восстанавливать одновременно ряд важнейших параметров атмосферы и океана, внося существенный вклад в решение задач оперативной океанологии и метеорологии, улучшение качества прогнозов, оценку изменений климата и т.д. В экстремальных условиях погоды, сопровождающихся штормовыми ветрами, облачностью и осадками, они, в отличие от измерений других инструментов, не теряют информативности. Однако, большинство существующих методов восстановления параметров океана и атмосферы, при таких условиях сопровождается большими ошибками. Условия применимости стандартных алгоритмов ограничены умеренными ветрами и облачностью с водозапасом, не превышающим 0.5 кг/м^2. Поэтому тема исследования, связанная с разработкой новых методов оценки параметров океана и атмосферы, и расширением диапазона условий их применимости, включая экстремальные погодные условия, представляется крайне актуальной и имеющей большое значение для снижения рисков, связанных с опасными природными явлениями.

2. Научная и практическая ценность.

В диссертационной работе Заболотских Е.В. создан комплекс методов восстановления параметров системы океан-атмосфера, эффективных в экстремальных погодных условиях. Всесторонняя верификация созданных методов подтверждает повышение точности оценки параметров системы океан-атмосфера и расширение диапазона применимости методов по сравнению с традиционно используемыми, поэтому работа, безусловно, представляет большую научную и практическую ценность. Следует отметить, что методы разрабатываются для спутниковых микроволновых радиометров, данные измерений которых являются регулярными, глобальными и общедоступными, что еще больше повышает практическую ценность результатов, поскольку они могут быть использованы любыми исследователями, центрами оперативных прогнозов, мировым научным сообществом. Совершенствование методов и средств изучения системы океан-атмосфера, особенно для экстремальных погодных условий, представляет собой важнейшую научную задачу. В работе убедительно продемонстрированы преимущества созданных методов по сравнению с традиционными. Методы основаны на физическом моделировании измеряемого радиометрами сигнала и решении обратной задачи с применением математического аппарата нейронных сетей. Данный подход, наряду с использованием модельной калибровки, также представляет несомненную научную ценность, поскольку его применение возможно и для развития методов восстановления параметров по данным измерений других радиометров, в том числе, по данным измерений российского микроволнового радиометра МТВЗА-Гя на спутниках серии Метеор.

3. Значимость работы.

Диссертационная работа имеет большую значимость, заключающуюся в возможности уменьшения рисков, связанных с опасными явлениями погоды. Разработанные методы позволяют восстанавливать количественную информацию о параметрах системы океан-атмосфера в тех областях океана, в которых отсутствуют стандартные спутниковые продукты. В частности, метод восстановления скорости приводного ветра в тропических циклонах представляется уникальным, и не только обладающим высокой точностью, но и не имеющим мировых аналогов. Логичными и необходимыми являются дополнительно разработанные методы идентификации осадков и зон радиочастотных помех, определяющие сферу применения разработанных методов. Ограничения на применимость методов обоснованы и базируются на физическом моделировании микроволнового излучения системы океан-атмосфера в экстремальных погодных условиях. Все результаты диссертационной работы опубликованы в высокорейтинговых журналах в статьях, в которых диссертант является первым автором.

4. Содержание диссертации.

Диссертация состоит из введения, 7-ми глав, заключения, списка литературы, и списка работ автора, в которых представлены основные результаты диссертации.

Во введении обсуждается актуальность работы, степень разработанности темы, ставятся цели и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава посвящена анализу существующих методов восстановления скорости приводного ветра, влагозапаса атмосферы, водозапаса облаков и интенсивности осадков по данным спутникового пассивного микроволнового зондирования. В ней обсуждаются проблемы использующихся методов и алгоритмов.

Вторая глава описывает численный эксперимент по замкнутой схеме, при котором последовательно решаются прямая и обратная задача атмосферной оптики для микроволнового диапазона, в котором принимает излучение японский радиометр Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2). Обратная задача решается с применением многомерной регрессии на основе нейронных сетей. В данной главе речь идет о двух параметрах – влагозапасе атмосферы и водозапасе облаков. В дальнейшем аналогичная схема разработки методов восстановления влагозапаса атмосферы и водозапаса облаков используется и для других параметров атмосферы и океана – интенсивности дождя, атмосферного поглощения и скорости приводного ветра. Методы восстановления влагозапаса атмосферы и водозапаса облаков разрабатываются для условий без осадков. Последние диагностируются на основании порогового значения атмосферного поглощения на частоте X-диапазона, для оценки которого настраивается отдельная нейронная сеть. Валидация метода восстановления влагозапаса атмосферы проводится на основании данных радиозондирования, а метода оценки водозапаса облаков – на основании сравнения со снимками спектрорадиометров. Для экстремальных ветров метод восстановления влагозапаса атмосферы тестируется с использованием измерений GPS.

Третья глава посвящена модельной калибровке спутниковых измерений. Калибровка проводится на основании сравнения данных измерений и результатов расчетов радиояркостных температур. Для сравнения создается база данных сопутствующих измерений параметров атмосферы и океана и радиометрических измерений. Усредненные разницы между измерениями и расчетами рассматриваются как поправки к расчетам, позволяющие перейти от модельных значений радиояркостных температур к измеренным при использовании методов нейронных сетей, настроенных на результатах численных расчетов.

В четвертой главе рассматривается метод восстановления интенсивности дождя по данным измерений AMSR2. Метод использует измерения радиометра на каналах C- и X-

диапазона, что нетипично для данного параметра. Обычно для восстановления интенсивности дождя применяются высокочастотные измерения радиометров, поскольку каналы C- и X-диапазона обладают низкой чувствительностью к атмосферным параметрам и высокой – к параметрам океана. Однако, поскольку в методе используются разницы в измерениях на разных частотах, влияние на работу алгоритма параметров океана минимизируется. За счет использования низкочастотных измерений удается избежать и дополнительных ошибок алгоритма, вызванных вариациями параметров гидрометеоров при одних и тех же интенсивностях. Верификация метода проводится на основании сравнения с готовым спутниковым продуктом по интенсивности дождя по данным TRMM Microwave Instrument, считающимся эталоном, поскольку данные измерения калибруются с использованием измерений микроволнового радара с той же платформы.

Пятая глава посвящена методу восстановления скорости приводного ветра по данным измерений AMSR2. Метод разделяется на две части. Первый метод разрабатывается для условий без осадков. Он дает возможность получать поля ветра как низкого пространственного разрешения – с использованием низкочастотных каналов радиометра AMSR2, так и более высокого пространственного разрешения – с использованием измерений на частотах 18.7, 23.8 и 36.5 ГГц. Метод верифицируется с использованием: а) измерений морских буев, б) измерений ветра с нефтяных платформ, в) скаттерометрических измерений ветра прибором ASCAT для сильных ветров во внетропических циклонах. Второй метод развит для применения в тропических циклонах. Из общего излучения системы выделяется излучение дождя и излучение системы океан-атмосфера без дождя, и к последнему применяется низкочастотный алгоритм, настроенный для условий без осадков. Метод тестируется с использованием самолетных измерений ветра радиометром SMOS. Описан также метод идентификации зон радиочастотных помех на частотах измерений C- и X- диапазона, основанный на результатах модельных расчетов для базы данных судовых измерений параметров океана и атмосферы.

В шестой главе анализируется большой экспериментальный материал по ураганным ветрам – база данных тропических циклонов и максимальные ветра из архивов Best Track. На основании результатов анализа и численного моделирования создается новая геофизическая модельная функция для C- диапазона для скоростей ветра, превышающих 33 м/с.

В седьмой главе разработанные методы используются при изучении полярных циклонов. Изложен новый метод диагностики полярных циклонов на основании визуального анализа полей влагозапаса атмосферы, восстановленных по данным измерений спутниковых микроволновых радиометров. Метод применяется для изучения полярных циклонов в морях российского сектора Арктики.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

5. Обоснованность научных положений и выводов диссертационной работы.

В работе используется научный подход, основанный на физическом моделировании микроволнового излучения системы океан-атмосфера в экстремальных погодных условиях и решении обратной задачи с использованием нейронных сетей. **Достоверность** результатов подтверждена применением разработанных методов к измерениям спутниковых радиометров в экстремальных условиях и сравнением с данными контактных измерений.

6. Новизна исследования.

Все результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми. Использование численного эксперимента для разработки методов восстановления параметров является обычной исследовательской практикой. Однако, конкретная реализация численного эксперимента применительно к измерениям AMSR2 с использованием новой модели ветровой зависимости коэффициента излучения океана, эффективной при сильных ветрах, позволила создать новые методы, обладающие высокой точностью в экстремальных погодных условиях. В работе также имеются оригинальные разработки, для которых нет аналогов – метод восстановления скорости приводного ветра в тропических циклонах, метод идентификации зон осадков, метод идентификации зон радиочастотных помех и метод обнаружения полярных циклонов в полях влагозапаса атмосферы. Выявление новых районов распространения полярных циклонов в морях российской Арктики является одним из важнейших новых результатов работы.

7. Замечания.

1) В работе недостаточно полно обсуждена параметризация излучательной способности при моделировании микроволнового излучения океана.

2) Следует более четко сформулировать основные механизмы, за счет учета которых достигнута более высокая точность восстановления параметров атмосферы и океана по сравнению с точностью имеющихся методов.

3) Работа выиграла бы, если бы в ней было представлено применение разработанных методов к российскому микроволновому радиометру МТВЗА-Гя.

4) В тексте диссертации следовало бы представить характеристики исходных массивов судовых измерений для обучения нейронных сетей с выделением экстремальных погодных условий.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы.

8. Соответствие автореферата и публикаций основному содержанию диссертации.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Публикации автора отражают основные положения и выводы диссертации.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждении ученых степеней.

Диссертация Заболотских Е.В. отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней:

- совокупность выполненных автором исследований и полученных результатов можно квалифицировать как крупное научное достижение, связанное с созданием новых методов восстановления параметров атмосферы и океана для изучения экстремальных погодных явлений;
- диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку;
- основные научные результаты опубликованы в 28 научных статьях, в т. ч. в 15 статьях в рецензируемых русскоязычных научных журналах, входящих в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» и в 13 англоязычных статьях, входящих в базу данных Web of Science;
- в диссертации автор надлежащим образом ссылается на цитируемые источники, заимствованные материалы и их авторов.

10. Заключение.

Диссертация Заболотских Елизаветы Валериановны представляет собой законченное научное исследование, в котором на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

Диссертация по содержанию и оформлению удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней. В диссертации имеются все необходимые ссылки на авторов

и источники заимствованных материалов, в том числе – на научные работы соискателя. Автореферат диссертации в достаточной мере отражает ее содержание.

Считаем, что диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор, Заболотских Елизавета Валериановна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.28 – «Океанология», отрасль наук – физико-математические науки.

Отзыв подготовлен на основании заключения совместного заседания Семинара отдела дистанционных методов исследований ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН» и Общеинститутского научного семинара ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН» 11 октября 2016 г., протокол №6.

Заведующий лабораторией прикладной физики моря
отдела дистанционных методов исследований
ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН»,
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник В.А. Дулов

Заведующий отделом дистанционных методов исследований
ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН»,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник С.В. Станичный

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Морской гидрофизический институт РАН»
299011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
(8692)54-04-52, director@mhi-ras.ru

Подписи В.А. Дулова и С.В. Станичного заверяю:
Ученый секретарь
ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН» Д.В. Алексеев