

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата географических наук Алексеевой Татьяны Алексеевны**  
**на тему: «Восстановление сплоченности морского льда в Северном**  
**Ледовитом океане по данным спутниковой микроволновой**  
**радиометрии»**  
**по специальности 25.00.28 – «Океанология»**

Диссертационная работа Т.А. Алексеевой посвящена разработке, верификации и анализу эффективности различных алгоритмов восстановления сплоченности морского льда в Северном Ледовитом океане по данным спутниковой СВЧ-радиометрии.

**Актуальность** данного диссертационного исследования не вызывает сомнений. К настоящему времени получение информации о пространственно-временной изменчивости ледяного покрова полярных регионов Земли возможно только с применением данных дистанционного зондирования. Оперативная информация о сплоченности морского льда необходима для обеспечения безопасности судоходства в арктических морях России, в частности, развития Северного морского пути, который является локомотивом развития северных регионов страны.

Данные спутниковой микроволновой радиометрии в отличие от данных в видимом и инфракрасном диапазонах обладают рядом преимуществ. Они являются всепогодными, т.е. не зависят от наличия облачности и полярной ночи. Количество спутников с СВЧ-радиометром на борту позволяет получать информацию о состоянии ледяного покрова полярных регионов Земли несколько раз в сутки.

Обработка данных микроволновой радиометрии для расчета сплоченности морского льда проводится по нескольким алгоритмам. Получаемые результаты сильно отличаются друг от друга. Таким образом, остро стоит вопрос об их верификации. В данном диссертационном

исследовании путем сравнения результатов обработки данных СВЧ-радиометрии по трем алгоритмам (NT, ASI и VASIA2) и специальных судовых наблюдений ААНИИ определяются преимущества и недостатки каждого алгоритма. Это позволит более эффективно использовать их как для научных исследований, так и для практических задач.

**Структура диссертационной работы.** Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемой литературы, состоящего из 136 наименований, в том числе 107 на иностранном языке. Общий объем работы содержит 126 страниц, включая 52 рисунка и 15 таблиц.

Во **введении** представлена общая характеристика работы, обосновывается актуальность выбранной темы исследования, сформулированы объект и предмет исследования, цель работы, основные задачи, выносимые на защиту положения, научная новизна и практическая значимость, личный вклад соискателя, перечисляются доклады на конференциях и научные статьи по теме работы.

**Глава 1** посвящена методике специальных судовых наблюдений ААНИИ за ледяным покровом, описанию спутниковых микроволновых радиометров, используемых для мониторинга морского льда, обзору основных алгоритмов для расчета сплоченности морского льда. Перечислены источники ошибок в результате обработки данных дистанционного зондирования различными алгоритмами. Отдельно приводится подробное описание трех алгоритмов, используемых в работе. Соискатель обосновывает преимущество методики судовых наблюдений ААНИИ по сравнению с другими существующими методиками.

Во **второй главе** описан район исследований и использованные данные о сплоченности морского льда, полученные по данным натурных измерений и результатам обработки спутниковой информации. В работе использовались данные шести летних экспедиций в Карском море, море Лаптевых и Восточно-Сибирском море и восьми зимних экспедиций в море Лаптевых, Баренцевом море и Карском море и соответствующие им данные о

сплоченности морского льда, полученные с помощью алгоритмов NT, ASI и VASIA2 с разрешением 25 и 12,5 км. Автор проводит строгий отбор данных судовых наблюдений для сравнения со спутниковыми данными, рассчитывая площадное покрытие.

В третьей главе представлены результаты сравнения сплоченности морского льда летнего и зимнего периодов, полученные по данным микроволновой радиометрии и судовым наблюдениям. Анализ показал, что все алгоритмы переоценивают сплоченность в районах, где располагаются редкие льды, и недооценивают ее в районах сплоченных льдов. Максимальные ошибки наблюдаются в районах разреженных льдов. Алгоритм VASIA2 обладает преимуществом по сравнению с другими алгоритмами, что убедительно подтверждено соискателем.

Глава 4 посвящена анализу влияния природных факторов на ошибки в расчетах сплоченности морского льда. Для этого соискатель использует дополнительные параметры, полученные в результате судовых наблюдений. Вычитание сплоченности начальных льдов и ниласа из общей сплоченности, определенной с помощью судовых наблюдений в летний период, уменьшает среднюю ошибку алгоритмов обработки данных дистанционного зондирования. Анализ стадии разрушенности льда показал, что таяние приводит к большей недооценке общей сплоченности для всех алгоритмов. В период интенсивного таяния алгоритмы расчета сплоченности по данным СВЧ-радиометрии не идентифицируют обширные зоны дрейфующих льдов. Автором была оценена площадь льда в период максимальной разрушенности, когда рассматриваемые факторы наиболее сильно влияют на результаты расчетов по спутниковым данным. Показано, что в конце августа площадь «невидимых» зон льда может достигать 14% от всей площади льда в Северном Ледовитом океане.

В главе 5 приводится сравнение площади морского льда в Северном ледовитом океане, рассчитанной с помощью алгоритма VASIA2 в период

максимального таяния ледяного покрова в 2019 г., с ледовыми картами ААНИИ.

В **Заключении** автор формулирует основные результаты, полученные в ходе работы над диссертационным исследованием, и обосновывает их значимость для научных и практических задач.

**Научная обоснованность и достоверность** положений и выводов подтверждается обработкой большого массива данных о ледяном покрове, оценкой полученных результатов относительно предыдущих исследований, применением в исследовании многолетнего опыта соискателя в изучении морского льда в высокоширотных экспедициях и дешифрировании спутниковых снимков для оперативного обеспечения судоходства.

**Научная новизна** работы состоит в следующем: совместно с ведущими учеными Института космических исследований РАН, соискателем создан новый алгоритм VASIA2 расчета сплоченности морского льда по данным спутниковой микроволновой радиометрии, который показал хорошие результаты в ходе сравнения результатов его работы с судовыми наблюдениями и результатами обработки спутниковой информации другими алгоритмами. Впервые большой массив данных судовых наблюдений ААНИИ был применен для всестороннего анализа положительных и отрицательных сторон алгоритмов расчета сплоченности морского льда в Арктике.

Результаты данного исследования были опубликованы в ведущих научных рецензируемых журналах. 10 публикаций (из них 4 на английском языке) представлены в журналах, входящих в базы Scopus и/или Web of Science. Обработанные данные судовых наблюдений включены в базу данных СТК-ЛЕД, на которую оформлено Свидетельство о государственной регистрации базы данных RU 2019621801. Данное исследование было востребовано при выполнении работ по пяти НИР (гранты Минобрнауки, РФФИ, РНФ). Автор участвовал с докладами на российских и международных конференциях и ассамблеях. Таким образом,

опубликованные материалы диссертационного исследования в полной мере прошли рецензирование российскими и зарубежными учеными.

Отмечая качественную проработку решаемых задач диссертационной работы, в то же время необходимо обратить внимание на ряд **замечаний** по существу отдельных ее положений.

1. Во второй главе, где описываются используемые в исследовании данные, представлены только судовые данные. Ледовые карты ААНИИ и данные ледовых авиаразведок описаны в составе других глав, следовало их описание также вынести отдельными разделами во вторую главу.

2. В работе рассматривается влияние только начальных льдов, разрушенности, размеров ледяных полей и загрязненности на ошибки в определении сплоченности льда по данным спутниковой микроволновой радиометрии. Однако в разделе 1.4 перечислены и другие параметры: снежный покров, шероховатость поверхности, погодные эффекты (дождь, снегопад, метель). Почему эти параметры не учитывались при анализе?

3. На страницах 75-76 указывается, что исходя из работ Ivanova, 2015 и Neugster, 2014 на занижение сплоченности у некоторых алгоритмов могут влиять льды толщиной до 30-35 см. В диссертационной работе автор оценивает влияние только льдов толщиной до 10 см. Проводились ли подобные расчеты для молодых льдов толщиной 10-30 см?

4. При сравнении площади льдов по ледовой карте ААНИИ и результатам расчетов по алгоритму VASIA2 получены очень схожие результаты. Для полноты анализа следовало провести подобное сравнение и с другими двумя рассматриваемыми алгоритмами NT и ASI.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.28 – «Океанология» (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5

Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Алексеева Татьяна Алексеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.28 – «Океанология».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник Лаборатории геоинформатики и геомагнитных исследований,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геофизический центр Российской Академии Наук  
Лебедев Сергей Анатольевич

  
22.04.2021

Контактные данные:

тел.: 7 (917) 589-6915, e-mail: sergey\_a\_lebedev@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.28 – «океанология», 25.00.29 – «физика атмосферы и гидросферы»

Адрес места работы:

119296, , г. Москва, ул. Молодежная, д. 3,

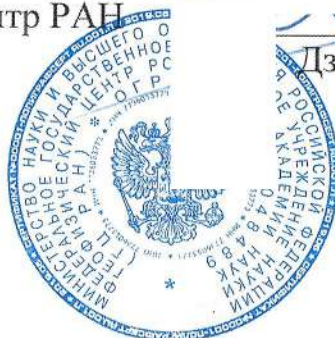
Геофизический центр РАН, Лаборатория геоинформатики и геомагнитных исследований

Тел.: +7 495 930-05-46; e-mail: gcras@gcras.ru

Подпись сотрудника С.А. Лебедева удостоверяю:

И.О. Ученого секретаря

ФГБУН Геофизический Центр РАН





Дзедобоев Борис Аркадьевич