

## ОТЗЫВ

на диссертационную работу Демчева Дениса Михайловича

**«Методы восстановления, анализа и мониторинга дрейфа морского льда и айсбергов на основе спутниковых радиолокационных данных»,**

**представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 «Океанология»**

Диссертационная работа посвящена проблемам мониторинга дрейфа ледяного покрова и айсбергов в Арктике. Выбранное соискателем направление исследований является на сегодняшний день одним из наиболее актуальных в спутниковой океанологии. Доступность современных данных космической съемки в радиолокационном диапазоне открывает широкие перспективы их использования, в т.ч. применительно к ледяному покрову. Знания фактического дрейфа льда представляет большую важность как при решении практических задач, связанных с обеспечением безопасного плавания во льдах и эксплуатации инженерных сооружений, так и при изучении физических процессов с ним связанных. Однако, до сих пор не проводился комплексный анализ решений для мониторинга и анализа дрейфа льда по радиолокационным данным с научной и практической точки зрения. Представляется, что это связано с уникальным характером рассматриваемых технических решений и учетом физической природы формирования радиолокационных изображений. Эти обстоятельства позволяют говорить о том, что проведенное соискателем исследование обладает не только актуальностью, но и высокой научной новизной.

Цель диссертации указана исследование, создание и оценка эффективности методов восстановления, анализа и мониторинга дрейфа льда и айсбергов на основе адаптивной обработки РСА-изображений в рамках задач управления ледовой обстановки.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Основные результаты по теме работы представлены в 8 печатных изданиях, из них 6 статьи опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ, 1 – в тезисах докладов.

Первая глава работы носит обзорный характер. Автор последовательно описывает морской лед, айсберги, как объекты спутникового радиолокационного зондирования, приводит основные закономерности и знания о режиме циркуляции льдов в Арктике, описывает электрофизические



свойств льда, их генезис, приводит сведения об основах и особенностях радиолокационного зондирования. В главе также формулируются основные требования при РЛ мониторинге дрейфа льда.

Вторая глава посвящена рассмотрению методов восстановления дрейфа льда по РЛ изображениям. Предлагается оригинальный алгоритм с использованием анизотропной диффузии для адаптивного сглаживания РЛ-изображений. Автор обосновал выбор связки детектор-дескриптор, модифицировал реализацию дескриптора и создал полную технологическую цепочку расчета дрейфа льда по последовательным РСА-изображениям. В работе приводятся оценки качества получаемых с помощью алгоритма результатов на независимых данных экспертного анализа, а также в сравнении с существующими зарубежными аналогами.

В третьей главе описывается применение векторно-алгебраического метода для анализа многолетних рядов скоростей дрейфа льда в Арктике. Автор принимал участие в адаптации метода в части подготовки исходных данных, численной реализации расчетов инвариантных характеристик, а также их картирования, визуализации и интерпретации. Оценки применения метода анализа морских течений и ветра для полей дрейфа льда дали положительный результат. Полученные результаты и трактовка представляют самостоятельный интерес для анализа режима скорости дрейфа льда, оценки тенденций и валидационных расчетов.

В четвертой главе описывается применение разработанных методов и алгоритма мониторинга дрейфа льда в рамках реально действующей технологической схемы Управления ледовой обстановкой. В качестве решения для мониторинга дрейфа айсбергов используется совместная численная модель дрейфа айсбергов «ААНИИ». Автор выполнил настройку и согласование численной атмосферной модели для расчета мезомасштабного атмосферного форсинга для западных морей российского сектора Арктики, а также разработал схемы расчетов от получения РСА-данных об их местоположении до производства численного прогноза дрейфа. Полученные с использованием разработанных решений результаты, их внедрение в рамках операционных проектов в Арктике подтверждают их высокую эффективность и востребованность в практике, подтверждая обоснованность выбранной теоретической основы исследовательской части работы. Следует отметить, что созданная технология может рассматриваться как задел для развития данного исследования в рамках комплексных систем ледового мониторинга.

В целом, работа производит весьма хорошее впечатление. Автором проведено серьезное исследование проблемы мониторинга и анализа дрейфа



льда, рассмотрен широкий спектр разработанных подходов и проанализированы их недостатки. Автор грамотно подошел к построению новых методов и решений, с их использованием разработал и успешно реализовал соответствующие алгоритмы и технологии.

Новизна полученных результатов и их научная ценность заключается в решении задач по развитию методов мониторинга ледяного покрова и анализа его результатов, с использованием оригинальных решений, которые позволили на основе предварительного теоретического анализа повысить информативность получаемых данных о дрейфе льда. Практическая значимость предложенных алгоритмов и технологий мониторинга дрейфа льда и айсбергов состоит в существенном повышении эффективности обслуживания потребителей ледовой информации.

Созданные и используемые в работе алгоритмы основываются на корректном применении теории обработки изображений, численном моделировании, теории сплошных сред и математического аппарата. Все утверждения подтверждены ссылками на источники. Результаты экспериментов соответствуют излагаемой теории. Это дает основание считать полученные результаты достаточно обоснованными и достоверными.

Из недостатков работы можно отметить следующие.

1. В работе мало внимания уделено обоснованию важности получения кинематических характеристик льда на суб-километровом масштабе для совершенствования описания реология льда в численных моделях, изучения динамики льда.
2. В главе 2 недостаточно подробно приведено обоснование выбора в пользу дескриптора KAZE, перед бинарным A-KAZE, не приведены сравнительные оценки эффективности отслеживания характерных точек на изображениях с их использованием, а также вычислительные затраты.
3. В работе недостаточно связаны некоторые главы – например 2 и 3, переход между которыми мог быть выполнен более логичным и последовательным путем.
4. В главе 3 анализируются данные до 2006 г, что несколько снижает актуальность полученных выводов о современных тенденциях изменений скоростей дрейфа льда в Арктике.
5. Важным современным направлением использования океанографических данных, в том числе о дрейфе льда является их ассимиляция в численные модели для улучшения качества численных прогнозов. Для этого требуются надежные количественные оценки качества получаемых данных дрейфа, что не было затронуто автором.



6. В диссертации не всегда четко указывается личный вклад автора. Тем не менее, указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов.

### Заключение

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. Результатом работы является решение важной задачи актуального направления в спутниковой океанологии. Приведенные результаты можно классифицировать как новые, обоснованные и имеющие большое практическое и научное значение.

Диссертация Демчева Дениса Михайловича «Методы восстановления, анализа и мониторинга дрейфа морского льда и айсбергов на основе спутниковых радиолокационных данных», соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Демчев Денис Михайлович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 «Океанология».

Доктор физико-математических наук,  
профессор, главный научный сотрудник  
Отдела океанологии ААНИИ

Тимохов Л.А.  
22 мая 2019 г.

ПОДПИСЬ (И)	Тимохова Л.А.
УДОСТОВЕРЯЮ	
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ААНИИ	
	М.А. Гускова

