

## ОТЗЫВ

**члена диссертационного совета на диссертацию Демчева Дениса Михайловича на тему: «Методы восстановления, анализа и мониторинга дрейфа морского льда и айсбергов на основе спутниковых радиолокационных данных»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – океанология**

### *Оценка актуальности темы исследования*

Развитие системы мониторинга ледяного покрова в Арктике на основе современных спутниковых средств дистанционного зондирования является важнейшей научной задачей. Морской ледяной покров занимает большие пространства в полярных областях Мирового океана, является одним из климатообразующих факторов. Присутствие льда определяет изменение альбедо, потоков тепла и влаги, а также динамическое взаимодействие между океаном и атмосферой. С одной стороны, лед, играя роль сравнительно тонкой изолирующей прослойки, существенно меняет процессы энергообмена и обмена импульсом между пограничными слоями океана и атмосферы. С другой стороны, лед сам является продуктом такого взаимодействия, поскольку процессы энергообмена определяют изменение его толщины и сплоченности вследствие таяния и нарастания, а воздействие на лед ветра, течений и ряда других факторов определяет его динамику, а, следовательно, и его распространение. Кроме того, перенос массы при дрейфе льда может существенно менять пространственную картину пресноводного баланса, поскольку лед, нарастающий в одном районе, может выноситься и таять в другом.

Обеспечение практической деятельности в Арктике также нуждается в эффективной системе гидрометеорологического мониторинга. В настоящее время данной проблеме уделяется много внимания в связи с резко возросшим потоком грузоперевозок по трассе Северного морского пути и активными работами по освоению нефтегазовых месторождений на шельфе Баренцева и Карского морей. В случае мониторинга морского льда, в первую очередь, практический интерес представляет его толщина, наличие разводий и трещин, скорость и направление дрейфа, а также наличие, размеры и траектории движения айсбергов.

Современные системы мониторинга ледяного покрова базируются преимущественно на данных радиолокаторов с синтезированной апертурой. Это связано с тем, что результаты радиолокационной съемки не зависят от

наличия облачности и освещенности зондируемой поверхности. В этой связи поступающий большой поток спутниковой информации с акватории арктических морей о состоянии ледового покрова ставит перед исследователями техническую задачу освоения, разработки и внедрения новых методов интерпретации этой информации, что делает данную работу весьма актуальной.

### ***Степень обоснованности научных положений и выводов***

Диссертационная работа отличается своим разнообразием и показывает способность автора выполнить целый комплекс разнородных научных исследований в области методов изучения дрейфа морского льда и айсбергов. В работе на достаточно высоком уровне решены задачи как в области дистанционного зондирования, так и в области физической географии океана.

Особенно стоит отметить раздел работы по сопоставлению эффективности современных методов для решения задачи восстановления полей дрейфа льда на основе обработки спутниковых радиолокационных изображений. В результате был выявлен наиболее эффективный метод, учитывающий физическую природу формирования таких изображений, выполнена оценка качества получаемых результатов.

Обоснованность научных положений, сформулированных в диссертации, доказывается объемом исследований. Выводы логически вытекают из материалов исследований, в полном объеме отражают поставленные задачи.

Однако сами формулировки защищаемых положений несколько разочаровывают. Их слишком много, и они всего лишь обозначают грани исследования, где действительно были получены значимые новые результаты. Правда, тезисы о научной новизне работы и формулировки основных результатов в каждой из глав восполняют полноту понимания защищаемых положений диссертационного исследования.

### ***Достоверность и новизна научных положений и результатов***

Основные положения диссертационной работы представляются достоверными, так как они получены: на основе обширного массива спутниковых наблюдений; путем сопоставления результатов, полученных разными методами; сравнением с аналогичными результатами, полученными

другими авторами. Кроме того, результаты были частично использованы в оперативной гидрометеорологической работе.

Автором выполнено оригинальное исследование по сопоставлению эффективности современных методов из области компьютерного зрения для решения задачи восстановления полей дрейфа льда на основе обработки спутниковых РСА-изображений. Разработан автоматический алгоритм восстановления полей дрейфа льда, основанный на фильтрации изображений с использованием анизотропной диффузии, который позволяет получить более плотное пространственное покрытие данными с большей точностью в сравнение с рассмотренными современными аналогами. Получены впервые количественные оценки полей дрейфа и деформаций льда для части Обской губы, а также создана технология оперативного расчёта кинематических характеристик морского льда и прогностических траекторий дрейфа айсбергов.

Значительный личный вклад автора в исследование, так же как достоверность и новизна научных результатов работы, подтверждается шестью публикациями в ведущих рецензируемых журналах (в том числе, индексируемых базой Scopus) и многочисленными выступлениями на различных конференциях (результаты которых также были опубликованы).

### ***Замечания по диссертационной работе***

Диссертация написана ясным языком, с использованием принятой терминологии, оформление диссертации замечаний не вызывает. В качестве замечаний можно отметить следующее:

- В разделе 2.3 приведены таблицы 2.1 и 2.2 Средние и медианные расстояния между начальными точками векторов дрейфа. В них даны оценки расстояний с точностью до десятых метра. К сожалению, в параграфе не указано, на основе каких по разрешению данных спутниковых сенсоров производилась обработка, и возможны ли такие оценки расстояний при имеющемся обычно разрешении снимков в несколько десятков метров на пиксель?
- В разделе 3.2 рисунок 3.1 состоит из множества частей, сложен для восприятия, а подписи изолиний вообще не читаемы. Соответственно, понимание ссылок в тексте стр. 56-58 и обсуждение качества результатов исследования, представленных в параграфе, затруднены.
- В разделе 3.4 рисунок 3.2 состоит из множества частей, сложен для восприятия, часть рисунка не подписана, часть обозначений не ясна

(например, в чем разница серых и черных стрелок), и только из текста можно предполагать, что они значат. Соответственно, восприятие ссылок в тексте стр. 63-66 и обсуждение качества результатов исследования, представленных в параграфе, затруднены.

- В разделе 3.6 есть фраза: «...корреляция ортогональных составляющих для точек 8–7 находится на границе уровня статистической значимости, а для точек 8–9 ортогональной корреляции нет». Утверждение спорно, т.к. оценки уровня статистической значимости в работе не приведены.
- В разделе 3.7 есть фраза: «...связь между полями существует в пяти районах (Рисунок 3.3(а)), где значения индекса  $\mu$  превышает 0.5». Однако на указанном рисунке представлены среднемесячные поля дрейфа льда.
- В разделе 4.1.3 на рисунке 4.4 гистограммы повторяемости имеют переменный шаг, что не позволяет корректно сравнивать их характеристики для различных месяцев.
- В разделе 4.1.3 есть фраза: «Максимальные скорости дрейфа льда со значениями более одного узла наблюдались в ноябре, декабре, январе, апреле и июне». Но оценок для июня ранее в тексте не приведено.
- В разделе 4.2.3 на общей схеме разработанной технологии мониторинга дрейфа айсбергов (рисунок 4.11) присутствует блок «Мезомасштабная океанская модель», но далее в тексте он не упоминается. Хотя он является одним из входных блоков для модели дрейфа айсбергов.
- Учитывая широкий спектр вопросов, затронутых в диссертации, большое количество выводов вполне логично. Однако в заключении было бы целесообразно, обобщив все разнородные сделанные выводы, сформулировать единое заключение по работе, отвечающее поставленной цели.

Несмотря на отмеченный ряд замечаний, они не снижают весьма благоприятного впечатления от проведенного исследования.

### ***Заключение***

Диссертация Демчева Дениса Михайловича на тему: «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», соискатель Демчев Денис Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – Океанология. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

Доктор географических наук, профессор кафедры океанологии СПбГУ



Зимин Алексей Вадимович

23.05.2019