

УТВЕРЖДАЮ



Заместитель директора ИКИ РАН,

Е.А. Лупян

«16» августа 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Максимова Артема Алексеевича

**«Комплексный мониторинг ледовых условий в Каспийском море
на основе спутниковых данных»**, представленную на соискание
ученой степени кандидата географических наук по специальности
25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

Актуальность темы. Космические системы дистанционного зондирования играют всё более возрастающую роль при решении различных гидрометеорологических задач, в том числе мониторинга морского ледяного покрова. Методы космического мониторинга обладают уникальными характеристиками по обзору и оперативности, обеспечивают получение своевременной и точной информации о Земле и её ресурсах. При этом следует отметить, что в последние десятилетия происходит быстрое развитие спутниковых систем, что требует создания новых методов и подходов работы со спутниковой информацией. Это особенно важно для решения задач мониторинга быстро меняющейся ледовой обстановки в Каспийском море, которым посвящена диссертационная работа А.А. Максимова. Это делает работу крайне актуальной как в научном, так и в практическом плане.

Научная новизна. Представленные в диссертационной работе результаты, безусловно, обладают значительной новизной как в направлении создания новых подходов и методов обработки и анализа данных, так и в получении новых научных знаний об особенностях и динамике ледяного покрова Каспийского моря. В том числе, в ней представлены новые результаты исследования сезонной и межгодовой изменчивости характеристик ледяного покрова Каспийского моря за 17-летних период,

выполненного на основе анализа синоптических карт и многолетнего ряда карт ледовой обстановки, построенных автором на основе предложенных в диссертации новых методических подходов обработки и анализа спутниковых данных. К таким результатам в том числе относятся полученные новые данные об изменении площади припая (неподвижного льда) в Каспийском море за такой длительный период. Их анализ, представленный в работе, показал, что в последнее десятилетие при незначительном изменении общей ледовитости Каспийского моря существенному сокращению подверглась площадь припая, что привело к увеличению акватории охваченной процессами торошения, а соответственно увеличению количества и размеров стамух, торосов на мелководе.

В ходе проведенных в работе исследований были существенно усовершенствованы методики и технологии оперативного построения ледовых карт методами интерактивного дешифрирования спутниковых изображений. Это в том числе позволило начать регулярный выпуск карт ледовой обстановки в векторном формате SIGRID-3 (стандарт ВМО) на основе отечественного программного комплекса «PlanetaMultiSat». Методические результаты, полученные в рамках диссертационной работы А.А. Максимова, были использованы для подготовки «Методического пособия по созданию карт морского ледяного покрова на основе спутниковых данных оптического, инфракрасного и микроволнового диапазонов в многофункциональной программной среде «PlanetaMultiSat»». С использованием предложенных в диссертации подходов комплексирования спутниковых данных современных систем спутниковых наблюдений, в том числе высокого пространственного разрешения, были подготовлены рекомендации по визуальному дешифрированию отдельных характеристик (сплоченность, возраст, формы, граница распространения, разрушенность и др.) морского ледяного покрова.

Практическая значимость и реализация результатов работы.

Характеризуя диссертационную работу с этой позиции, следует отметить, что все научно-исследовательские разработки автора используются в оперативной работе ФГБУ «НИЦ «Планета» и других учреждений

Росгидромета (ФГБУ «Северное УГМС») с целью картирования ледовой обстановки замерзающих морей России. В частности, по усовершенствованной технологии в ФГБУ «НИЦ «Планета» ежегодно выпускается более 20 карт-схем ледовой обстановки Каспийского моря и аналогичное количество карт границ распространения припая и плавучего льда. Ледовые карты Каспийского моря и других замерзающих морей России размещаются в Мировом центре данных по морскому льду, наряду с ледовой продукцией различных национальных служб и ведущих спутниковых центров. Кроме того, ледовые карты в векторном формате (SIGRID-3) используются в качестве исходной информации для оперативной прогностической модели Каспийского моря, разработанной в ФГБУ «Гидрометцентр России». Вся оперативная спутниковая информационная продукция, полученная в ФГБУ «НИЦ «Планета» по морскому льду, передается в организации Росгидромета, МЧС РФ, МО РФ и другим потребителям.

Многолетние ряды ледовых карт Каспийского моря используются для анализа изменчивости климатических условий и размещаются на сайте Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ).

Особо следует отметить, что результаты, полученные в работе, позволили получить свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и осуществить практическое внедрение разработанных ПО и технологий, о чем, в том числе, свидетельствует представленный в работе акт о внедрение в эксплуатацию.

Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов

диссертационной работы подтверждается результатами массовой обработки спутниковой информации в оперативном режиме, сравнением с результатами, полученными в других российских и зарубежных ледовых центрах, а также данными наземных наблюдений. Результаты также доложены на различных российских и международных конференциях, а

также опубликованы в журналах перечня ВАК и индексируемых Scopus и Web of Science.

Диссертационная работа не лишена отдельных недостатков. В том числе к ним следует отнести:

1. В главах диссертации не сформулированы заключения, что, безусловно, затрудняет восприятие результатов, представленных в конкретной главе. А общее заключение, хотя и присутствует в работе, не попало в ее оглавление.
2. В работе, особенно в главе 2, приводится очень много примеров, не относящихся в региону исследования. Хотя, безусловно, методические вопросы анализа ледовой обстановки могут быть общими в различных регионах, в работе, к сожалению, данный вопрос не обсуждается.
3. Пожалуй, основным недостатком работы является то, что положения, выносимые на защиту, представленные в автореферате, сформулированы в очень общем виде, не подчеркивающим их новизну и значимость.

В то же время, нельзя не отметить, что в самой работе такие детальные положения фактически формулируются и к ним, в частности можно отнести:

В части положения «Методики обработки спутниковых данных оптического, инфракрасного и микроволнового диапазонов новых космических аппаратов, в том числе высокого пространственного разрешения (включая радиолокационные)»:

Новая методика определения параметров морского ледяного покрова (сплоченность, возраст, формы, торосистость, разрушенность, кромка льда) на основе спутниковых данных различных спектральных диапазонов и различного пространственного разрешения, в том числе и с использованием информации высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, обеспечивающей возможность детального картографирования ряда характеристик ледового покрова и обнаружения опасных ледяных образований (в том числе стамух, торосов).

В части положения «Усовершенствованная технология оперативного построения на основе спутниковых данных ледовых карт в растровом и международном векторном формате Sigrid-3». Следует отметить, что данная технология фактически является новой и создана на основе современных технических возможностей анализа данных, реализованных автором в программном комплексе «PlanetaMultiSat», что позволило впервые реализовать построение ледовых карт по международным стандартам на основе исключительно российского программного обеспечения.

В части положения «Результаты совместного анализа многолетних рядов ледовых карт Каспийского моря, построенных по спутниковым данным, и синоптических материалов, как индикаторов изменения климата». Особо следует отметить, что результат: **Обнаружение, на основе предложенных автором новых подходов комплексного совместного анализа многолетних рядов ледовых карт Каспийского моря, построенных по спутниковым данным, и синоптических материалов, явления сокращения площади припая в последнее десятилетие при незначительном уменьшении общей ледовитости.**

В части положения «Результаты использования разработанных методик и технологий для оперативного картирования ледовой обстановки, мониторинга опасных ледовых образований и изучения долговременных характеристик ледяного покрова Каспийского моря». Безусловно, важным и значимым является результат: **Построение на основе анализа спутниковых данных уникальной серии ежедекадные карты границ распространения припая и плавучего льда Каспийского моря за период с 2004 по 2021 г, которая позволила детально исследовать динамику ледовой обстановки в Каспийском море, в том числе выявить увеличение акватории, охваченной опасными процессами торошения, приводящими, в том числе к увеличению количества и размеров стамух, торосов на мелководье.**

С учетом приведенных выше пояснений, можно однозначно сказать, что указанные в настоящем отзыве недостатки, хотя и несколько снижают качество представленных к защите материалов, но никоим образом не влияют на общую ценность работы и её результаты.

Название диссертации соответствует содержанию работы. Основные теоретические и практические результаты работы отражены в публикациях автора. Автореферат в целом правильно отражает содержание диссертационной работы.

Заключение. Диссертационная работа Максимова А.А. имеет научную ценность, теоретическую и практическую значимость, является законченной научно-квалификационной работой.

Работа выполнена на значительном объеме фактического материала с использованием современных методов исследований, соответствует цели, задачам и основной теме диссертации.

В целом диссертационная работа Максимова А.А. «Комплексный мониторинг ледовых условий в Каспийском море на основе спутниковых данных» как по объему и качеству проведенных исследований, так и по значимости полученных результатов отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Максимов Артем Алексеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология.

Диссертация обсуждена на научно-техническом совете отдела «Технологий спутникового мониторинга» ИКИ РАН 03 августа 2022 г. и рекомендована к защите.

Секретарь НТС:

Ведущий научный сотрудник

отдела «Технологий спутникового мониторинга» ИКИ РАН,

к.ф.-м.н.

А.А. Мазуров