

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского  
центра «Морской гидрофизический  
институт РАН»  
член-корреспондент РАН



Коновалов С.К.

*ноября* 2022 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Федерального исследовательского центра

«Морской гидрофизический институт РАН»

на диссертационную работу

**Коника Александра Александровича**

«Изменчивость характеристик крупномасштабных фронтальных зон в

Баренцевом и Карском морях в XXI веке»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата географических наук

по специальности 1.6.17 – Океанология

**Актуальность темы работы.** В диссертации Коника А.А. на основе анализа многолетних архивов спутниковых измерений температуры, солёности и уровня морской поверхности исследованы физико-географические особенности крупномасштабных фронтальных зон Баренцева и Карского морей и связь их изменчивости с крупномасштабными атмосферными воздействиями и региональными факторами (поток тепла, речной сток, и др.). Исследование фронтальных зон крайне важно для понимания процессов взаимодействия океана и атмосферы, горизонтальной структуры и циркуляции вод в условиях изменяющегося климата Арктики. Исследования фронтальных зон в арктическом регионе также важны в рамках создания новых методов их изучения, основанных на современных и валидированных данных дистанционного зондирования поверхности океана.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 125 наименований. Объем диссертации – 110 страниц.

**Основные результаты, полученные в диссертации.**

*В первой главе* описаны особенности гидрологических режимов Баренцева и Карского морей, дан обзор критериев выделения и классификации фронтальных зон. Отдельно рассмотрены крупномасштабные фронтальные зоны Баренцева и Карского морей, а также выполнен анализ современных методов их исследования с помощью спутниковых измерений.

*Вторая глава* посвящена исходным данным и методам их обработки. Описаны применяемые в исследовании многолетние архивы спутниковых измерений, а также использованные для их верификации данные масштабной полигонной съемки, проведенной в Карском море. Часть главы посвящена методу валидации спутниковых измерений и описанию дополнительно привлеченных данных, которые затем использовались для получения оценок связи глобальных и региональных процессов в атмосфере и океане с параметрами фронтальных зон. В качестве этих данных использовались атмосферные индексы САК, ВАК, ВАК/ЗР, СК, ПК; объем речного стока Оби и Енисея; скорость и направление ветра; площадь и сплоченность ледяного покрова; поток тепла, поступающий в Баренцево море, по данным реанализа Copernicus; проявления вихревых структур, которые определялись по данным радиолокационных изображений спутников Envisat ASAR и Sentinel-1 A/B.

В данной главе также описан разработанный соискателем метод определения положения и характеристик фронтальных зон, который основан на интегрировании разнообразных спутниковых измерений и применении к ним поэтапных алгоритмов кластерного анализа — Уорда и k-means. Диссертантом перечисляются отличительные черты используемого метода: простота, отсутствие требований к вычислительным ресурсам, получение сразу нескольких оценок (градиент, площадь и т.п.) фронтальных зон и возможность его применения в рамках исследования других регионов Арктики. В данной

главе также представлены примеры применения разработанного метода для детектирования Стоковой, Полярной и Арктической фронтальных зон в Карском и Баренцевом морях.

*В третьей главе* представлены результаты валидации полей температуры и солености в Карском море, даваемые спутниками Suomi NPP VIIRS и NASA SMAP, которые показали, что спутниковые измерения воспроизводят общие тенденции распределения характеристик вод и могут использоваться для исследования фронтальных зон на поверхности.

Здесь же соискателем представлены средние многолетние и внутрисезонные количественные оценки величин градиентов и положения Стоковой фронтальной зоны как отдельной гидрологической структуры, которая располагается в Карском море. Показано, что зона имеет внутрисезонный ход, а её среднее многолетнее положение смещается на север Карского моря, при этом величина её площади и градиентов в ней убывает. Представленные в главе корреляционные оценки связи характеристик фронтальной зоны с процессами в атмосфере и океане показали, что наибольший вклад в их изменчивость может вносить Скандинавское колебание, а также величина объёма речного стока Енисея. Рассмотренные в этой же главе проявления вихревых структур в области фронтальной зоны показали, что они чаще всего детектируются при ослаблении градиента температуры поверхности моря внутри фронтальной зоны.

*В четвертой главе* представлены физико-географические характеристики Полярной фронтальной зоны на поверхности Баренцева моря за период с 2002 по 2020 гг. В рамках данной главы соискателем установлено, что зона имеет внутрисезонный ход и в последнюю декаду XXI века детектируется севернее своего климатического положения в Баренцевом море. При этом, градиент температуры внутри фронтальной зоны ослабевает, а площадь сокращается. В данной главе также показано, что наблюдается связь характеристик фронтальной зоны с величиной Скандинавского колебания. Кроме того, весомый вклад в изменчивость площади Полярной фронтальной зоны вносит

адвекция тепла из Норвежского в Баренцево море. Установлено, что интенсификация проявлений вихревых структур в области фронтальной зоны наблюдается при ослаблении поверхностного градиента температуры.

*Пятая глава* посвящена расчету и анализу средних многолетних характеристик Арктической фронтальной зоны, регистрирующейся в Баренцевом и Карском морях вблизи кромки ледяного покрова. Выявлено, что количественные оценки зоны за первые две декады XXI века остаются стабильными, однако положение зоны смещается на север в сторону Северного Ледовитого океана. Корреляционный анализ показал, что наибольший вклад в изменчивость характеристик зоны вносит Североатлантическое колебание, а также величина площади и сплоченности ледяного покрова.

**Обоснованность и достоверность результатов.** Обоснованность результатов обеспечивается применением общепризнанных статистических и физико-географических подходов к анализу спутниковых и контактных измерений. В диссертации использовался апробированный метод на обширном массиве наблюдений с корректной оценкой статистической значимости. Достоверность и новизна научных результатов, в том числе, подтверждается публикациями в ведущих профильных рецензируемых журналах.

**Научная и практическая значимость.** Полученные результаты позволяют расширить представления об изменчивости поверхностных проявлений фронтальных зон на акватории морей Арктики в условиях изменяющегося климата.

Разработанный метод в дальнейшем может использоваться для определения зон повышенной биопродуктивности и анализа гидрологического режима вод морей Арктики. Количественные оценки характеристик фронтальных зон могут быть использованы для мониторинга и прогноза экологического и биологического состояния океана.

**Рекомендации по использованию результатов диссертации.** Полученные в работе выводы могут быть использованы в интересах развития гло-

бальных моделей климата, изучении причин и следствий региональных климатических изменений, экологических и биологических исследований.

**Вопросы и замечания по диссертации.** При общем хорошем впечатлении о представленной работе, по тексту диссертации имеются следующие вопросы и замечания, которые носят в основном редакционный характер:

1. На стр. 7 указывается, что «... Для исследования основных характеристик фронтальных зон в Баренцевом и Карском морях применялись статистические и физико-географические методы...». Не совсем понятно, что автор подразумевает под физико-географическими методами.

2. Желательно было бы более четко сформулировать, по какому критерию определялись границы фронтальных зон и, соответственно, их площади. По критерию превышения фонового градиента в два раза?

3. Иногда в тексте встречаются не очень удачные термины и выражения. Например, «...создана база данных о параметрах перечисленных фронтальных зон...». Лучше было бы – база данных параметров.

Или, например, «...Основной вклад в формирование и изменчивость гидрологического режима вод Баренцева моря вносят адвекция теплых атлантических вод с запада от Норвежского моря в центральную часть Баренцева моря, и холодных арктических вод, поступающих с севера...». Лучше – адвекция теплых атлантических вод с запада из Норвежского моря в центральную часть Баренцева моря.

«...Максимальные значения горизонтального распределения полей солености наблюдаются в центре и на юго-востоке из-за близости к Норвежскому морю и достигают 35 ‰...». Лучше использовать выражение – максимальные значения солености.

«...колебания полей надводного ветра...». Лучше – ветра в приводном слое атмосферы.

«...Для идентификации фронтальных зон по температуре...» Лучше – для выявления фронтальных зон в поле температуры.



Не очень понятен термин «...всесезонный...»? Имеется в виду одинаковый во все сезоны?

Что подразумевается под термином «...внутрисезонные оценки характеристик фронтальных зон...»? Это изменения параметров на синоптическом и субмезомасштабном временных интервалах?

Подписи к Рисункам 3.4–3.6. «...Параметры ТПМ...СПМ...АДТ (а) и градиентов ТПМ ...СПМ...площади СФЗ (б)...». Что имеется в виду под параметрами? Значения ТПМ, СПМ и их градиентов, значения площади для разных месяцев и лет? Это же касается и подписей к Рисункам 4.3 и 5.3.

В тексте много подобных не очень удачных выражений.

4. «...Положение фронтальных зон в Мировом океане может влиять на характеристики водных масс [Johannessen and Foster, 1987; Гидрология фронтальных..., 1986; Океанические фронты..., 1998]...». Фронтальная зона – это граница между водными массами с разными термохалинными индексами. Это не положение фронта влияет на параметры водных масс, а, наоборот, изменения параметров водных масс влияют на положение границы между ними. Наверное, автор подразумевал, что адвекция теплых или холодных вод интенсивными течениями, которым соответствуют фронты, влияет на изменения параметров водных масс?

5. На Рисунке 3.1 (в, г) представлены графики линейной регрессии между спутниковыми и *in situ* измерениями. Желательно было бы нанести на них доверительные интервалы.

6. Стр. 52. «...удалось получить многолетние положения (см. рис. 3.2) и выявить наличие сезонного хода в динамике СФЗ...». А раньше не было известно о сезонной изменчивости СФЗ, которая обусловлена в первую очередь внутригодовым изменением стока рек? Лучше было бы написать, что новый подход позволил уточнить сезонную динамику СФЗ.

7. В таблице 3.2 представлены осредненные многолетние параметры за теплый сезон по месяцам (июль, август, сентябрь, октябрь) за период с 2002 по 2020 гг., а также средние характеристики СФЗ за весь период исследова-

ния. Приводятся средние по всей площади зоны величины ТПМ, СПМ и их градиентов или максимальные значения? Это относится и к другим таблицам (4.1, 5.1), в которых представлены параметры ПФЗ и АФЗ.

8. На Рисунке 1.3. представлена общая схема климатических и локальных фронтальных зон Баренцева и Карского морей в теплый период года: ПФЗ — Полярная фронтальная зона, СФЗ — Стоковая фронтальная зона, АФЗ — Арктическая фронтальная зона, ПОС — поверхностный опреснённый слой. Желательно было бы указать, по каким данным была построена эта схема.

Отметим, что вышеуказанные стилистические неточности не снижают общую положительную оценку диссертационной работы Коники А.А., имеющую важное научное и прикладное значение.

**Заключение.** Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченный этап исследований по актуальной теме. Получены новые результаты, развивающие и углубляющие современные представления о фронтальных зонах Баренцева и Карского морей.

В диссертации имеются необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в том числе – на научные работы соискателя.

Работа хорошо апробирована. Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК Российской Федерации. Всего по теме диссертации опубликованы 29 научных работ, из них 8 статей – в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus. Автореферат диссертации полностью отражает ее основное содержание и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842.

Диссертация полностью соответствует специальности 1.6.17 – «Океанология» и удовлетворяет всем требованиям действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

циям, а ее автор, Коник Александр Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и утвержден на совместном заседании Общеинститутского научного семинара и семинара Отдела океанографии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», протокол № 13 от 25 ноября 2022 г.

Ведущий научный сотрудник  
отдела океанографии  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Морской гидрофизический институт РАН»  
доктор географических наук,

Артамонов Юрий Владимирович

Старший научный сотрудник  
отдела океанографии  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Морской гидрофизический институт РАН»  
кандидат географических наук,

Скрипалева Елена Александровна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт  
РАН» (ФГБУН ФИЦ МГИ)  
299011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
(8692)54-52-41, [secretary@mhi-ras.ru](mailto:secretary@mhi-ras.ru)

Подписи Ю.В. Артамонова и Е.А. Скрипалевой заверяю.  
Ученый секретарь Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр  
«Морской гидрофизический институт РАН»  
кандидат физико-математических наук



Алексеев Дмитрий Владимирович

«25» ноября 2022 г.