

WIND REGIME CHANGES ON THE SHIPPING ROUTES OF THE RUSSIAN SEAS AT THE END OF THE 20TH – BEGINNING OF THE 21ST CENTURIES

S. A. Podporin

Sevastopol branch of FSBI “N. N. Zubov’s State Oceanographic Institute”,
Sevastopol, Russian Federation

This article aims to assess wind regime variations in the Russian seas and identify shipping and fishing areas where the frequency of dangerous winds showed statistically significant upward trends. The assessment is based on ERA-5 global atmospheric reanalysis data on hourly mean wind velocity from 1991–2020. The methodology employed standard statistical methods for data processing. The results of the assessment of increased storm risks across all Russian seas are summarized in a table. The study confirms that the wind regime in the Russian seas is non-stationary and responds to global climate variations. The most dynamic changes in wind conditions occur in the open seas (Bering, Barents), which have free exchange with external seas and oceans. The greatest risks to shipping and fishing, associated with an increased frequency of dangerous winds given medium or high climatic norms for this indicator, were identified in the following areas: the northeastern part of the Black Sea, including approaches to the ports of Novorossiysk, Tuapse, and the Kerch Strait area (winter season); the Baltic Sea, including shipping lanes in its central part and the Gulf of Finland (winter season); the Barents Sea (winter-spring season); the southwestern part of the Bering Sea, including sections of transoceanic routes (winter season); and the northwestern sector of the Pacific Ocean, including sections of shipping lanes and fishing areas off the eastern coasts of Kamchatka and the Kuril Islands (winter-spring season). It is noted that ship crews and shipping company personnel should account for the increasing storm risks when planning navigation in these areas (especially those with harsh climates) and take measures to minimize them, including considering alternative routes. Emphasis is placed on the critical importance of the quality of training of ship crews for navigation in storm conditions, icing, steering failure, and assisting vessels in distress.

Key words: navigation safety, dangerous wind, storm, frequency, trend, climate change, risk, shipping lane, fishing area, navigation.

For citation:

Podporin, Sergey A. “Wind regime changes on the shipping routes of the Russian seas at the end of the 20th – beginning of the 21st centuries.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 17.1 (2025): 61–74. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-1-61-74.

УДК 656.61.052: 551.553

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА СУДОХОДНЫХ ТРАССАХ МОРЕЙ РОССИИ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВВ.

С. А. Подпорин

Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт
имени Н. Н. Зубова», Севастополь, Российская Федерация

Целью работы является оценка изменений ветрового режима в морях России и выявление районов судоходства и рыболовства, в которых повторяемость опасных ветров статистически показала тенденции к повышению. Оценка выполнена на основе данных глобального атмосферного реанализа ERA-5 о среднечасовой скорости ветра в 1991–2020 гг. Методика исследования предполагала использование стандартных статистических методов обработки данных. Результаты оценки роста штормовых рисков по всем морям России представлены в виде итоговой таблицы. Подтверждено, что ветровой режим в российских морях не является стационарным и реагирует на глобальные климатические изменения. Наиболее динамичные изменения ветровой обстановки происходят в открытых морях (Берингово, Баренцево), имеющих свободное сообщение с внешними морями и океанами. Наибольшие риски для судоходства и рыболовства, связанные с повышением повторяемости опасных ветров при средней или высокой климатической норме данного показателя, выявлены в следующих районах: северо-восточная часть Черного моря, включая

подходы и портам Новороссийск, Туапсе, район Керченского пролива (зимний сезон); Балтийское море, в том числе трассы центральной части моря и Финского залива (зимний сезон); Баренцево море (зимне-весенний сезон); юго-западная часть Берингова моря, включая участки трансокеанских трасс (зимний сезон); северо-западный сектор Тихого океана, включая участки судоходных трасс и районы промысла у восточных побережий Камчатки и Курильской гряды (зимне-весенний сезон). Отмечается, что экипажам морских судов и персоналу судоходных компаний предложено учитывать возрастающие штормовые риски при планировании навигации в указанных районах (особенно с суровым климатом) и принимать меры по их минимизации, в том числе предусматривать альтернативные маршруты переходов. Обращается внимание на то, что особую важность приобретает качество подготовки судовых экипажей при плавании в условиях шторма, обледенения, отказа рулевого управления, оказании помощи судам, терпящим бедствие.

Ключевые слова: безопасность судоходства, опасный ветер, шторм, повторяемость, тенденция, изменения климата, риск, судоходный маршрут, район промысла, навигация.

Для цитирования:

Подпорин С. А. Изменение ветрового режима на судоходных трассах морей России в конце XX – начале XXI вв. / С. А. Подпорин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 1. — С. 61–74. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-1-61-74. — EDN WOVWCWT.

Введение (Introduction)

Морской транспорт и сопутствующая портовая инфраструктура являются важнейшим звеном экономического развития Российской Федерации. Помимо транспортных возможностей, моря России предоставляют доступ к уникальным месторождениям полезных ископаемых и биоресурсам. Реализация полного потенциала российских морей возможна при наличии современного и надежного морского флота, обеспечение безопасной эксплуатации которого является неизменным приоритетом государства.

Эксплуатация морского флота происходит в различных климатических и гидрометеорологических условиях, в том числе крайне неблагоприятных. Регулярно сталкиваясь со штормами, ледовой обстановкой и ограниченной видимостью, экипажи судов должны всегда быть готовы к резким изменениям условий плавания. Согласно Международному кодексу по управлению безопасностью (МКУБ)¹, риски для безопасного плавания должны постоянно оцениваться и сводиться к минимуму. Маршруты перехода и районы промысла должны выбираться, по возможности минуя зоны опасных гидрометеорологических явлений. Планируя предстоящий переход, судоводители руководствуются специальными наставлениями, лоциями, погодными картами, которые всегда имеются на судне и в судоходной компании.

В условиях глобальных изменений климата, ускорившихся в начале XXI в. [1], нарабатанная в течение десятилетий справочная гидрометеорологическая информация в отдельных районах может быстро терять актуальность, в связи с чем требует постоянного мониторинга и при необходимости обновления. Перемены климата приводят к изменениям атмосферной циркуляции, в отдельных районах способствуя интенсификации штормов, нагонов, затоплению и разрушению портовой инфраструктуры. В связи с этим важно понимать и оперативно отслеживать тенденции изменений гидрометеорологической обстановки на маршрутах переходов и районах промысла с тем, чтобы быть готовыми принять соответствующие меры и минимизировать возникающие риски.

Вопросы влияния климатических изменений на гидрометеорологическую обстановку на морских акваториях, в том числе арктических, широко освещены в профильной научной литературе, например, [2]–[6]. В работе [2] описаны вероятные сценарии изменения ветроволнового режима в океанах. Так, в Тихом океане отмечается тенденция к росту количества и интенсивности штормов, а также смещение их траекторий от центра к северу. Схожие закономерности в зимний период рассмотрены в работе [7], посвященной спутниковым методам мониторинга ветров в северной части Тихого океана.

¹ Международный кодекс по управлению безопасностью (МКУБ). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1900261> (дата обращения: 20.11.2024).

Изменениям ветровой обстановки в арктических морях посвящены работы [8]–[11]. Отмечается, что из-за существенного сокращения площади ледяного покрова, потепления арктического климата и более позднего ледообразования повторяемость сильных ветров в Баренцевом, Карском и Чукотском морях в холодный сезон имеет тенденции к повышению, что, в свою очередь, осложняет работу морского транспорта и приводит к интенсификации опасных явлений (штормов, обледенения судов, быстрого сжатия льда, его дрейфа и др.).

Публикаций, посвященных изменениям ветроволновой обстановки во внутренних морях России, немного. В частности, ситуация в Черном море описана в работе [12], в которой отмечается некоторое снижение интенсивности штормов в западной части моря. При этом вся восточная часть, согласно выводам авторов, подвержена усилению штормовой активности с увеличением среднегодовых высот волн в полях смешанного и ветрового волнения на 0,10–0,15 см/год. Отмечается, что указанные особенности являются следствием изменений ветрового режима. Анализ обстановки в Балтийском море выполнен в работе [13], в которой авторами высказана гипотеза о связи возросшей штормовой активности с активизацией циклонической деятельности и усилением ураганов в Атлантике. В работе [14] коллективом авторов Севастопольского отделения Государственного океанографического института имени Н. Н. Зубова представлены результаты оценки повторяемости сильных ветров в морях России и тенденций их изменения по данным реанализов.

Большинство научных работ посвящено общему описанию климатических изменений в конкретных регионах, в том числе на водных объектах, при этом анализ изменений ветрового режима применительно к районам судоходства и рыболовства, относящимся к (или представляющим интерес для) Российской Федерации, в явном виде не представлен. В этой связи целью настоящей работы является выявление тенденций усиления опасных ветров в районах работы транспортного и рыболовного флота России и оценка связанных с этим навигационных рисков.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Анализ трафика судов в морях России и выявление участков с наиболее интенсивным судоходством.
2. Оценка климатических норм месячной повторяемости опасных ветров (ПОВ) в указанных морях и тенденций их изменения в современном климатическом периоде.
3. Выявление участков судоходных трасс и районов промысла, где средние или высокие климатические нормы ПОВ демонстрируют тенденции дальнейшего роста, а также оценка возникающих навигационных рисков и выработка предложений по их снижению.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Интенсивность транспортных потоков в морях России определена по данным портала Marine Traffic² за 2023 г. С этой целью для каждого моря был сделан скриншот годовой плотности трафика, на основе которого выявлены основные актуальные маршруты движения судов и районы промысла. ПОВ оценивалась как количество часов в месяце, в течение которых среднечасовая скорость ветра превышала определенный (опасный) порог. Ветер представляет опасность, если в результате его действия существенно повышаются риски для морских судов и сооружений, а также объектов береговой инфраструктуры. Во время навигационного перехода опасные ветры, помимо морского волнения, могут способствовать развитию крена судна, смещению или повреждению палубного груза, повышенному рысканию, обледенению судовых конструкций, что дополнительно осложняет работу экипажей судов.

В настоящем исследовании опасным считался ветер со среднечасовой скоростью не менее 11 м/с («сильный» ветер по шкале Бофорта [15]). При продолжительном действии такого ветра в открытых районах морей развивается волнение со средней высотой волн 3 м и максимальной — до 4 м. Плавание в таких условиях представляет серьезную опасность не только для маломерных судов, но и для судов со вторым ограниченным районом плавания.

² Marine Traffic — глобальная карта морских судопотоков. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/> (дата обращения: 20.09.2024).

Непосредственную угрозу для судов, а также морских и портовых сооружений представляют не средние скорости приводного ветра, а порывы (кратковременные увеличения его мгновенной скорости), статистика которых не ведется. Известно, тем не менее, что чем выше ПОВ на некотором участке морской акватории, тем выше повторяемость порывов. Данные о среднечасовой скорости ветра на высоте 10 м над уровнем моря взяты из базы глобального атмосферного реанализа ERA-5³, которая содержит сведения о меридиональных и зональных компонентах вектора среднечасовой скорости ветра с разрешением по координатам $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Данные в базе доступны за каждый час начиная с 00 ч 01.01.1959 г. [16].

Проверка адекватности данных реанализа осуществлена путем их выборочного сравнения с результатами мониторинга характеристик ветра, выполненного в Азово-Черноморском регионе на наблюдательных постах гг. Евпатория, Севастополь, Ялта, Феодосия, Заветное, Керчь, Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк, Новороссийск, Геленджик и Сочи. Результаты мониторинга получены из архива Севастопольского отделения ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова». Проверка показала, что данные реанализа удовлетворительно соответствуют результатам фактических наблюдений и могут использоваться для выявления качественных закономерностей.

При оценке климатических норм (КН) ПОВ в качестве современного рассматривался период 1991–2020 гг. КН определенного месяца вычислялась как среднее значение ПОВ за все годы рассматриваемого периода. Тенденция межгодовых изменений ПОВ определялась по значению и знаку углового коэффициента линейного тренда временного ряда, составленного из данных за все годы рассматриваемого периода. Тенденция признавалась статистически значимой на определенном отрезке времени в соответствии с критерием Пирсона при условии, что вероятность ошибочности такого вывода не превышала 0,1. Тенденция, признанная значимой, считалась устойчивой, если ее знак совпадал со знаком тенденции для любого входящего в интервал 1991–2021 гг. отрезка времени длиной от 12 до 30 лет с вероятностью не менее 0,9. Подробно методика оценки ПОВ представлена в [14].

Уровни рисков для судоходства и рыболовства, обусловленных ожидаемым усилением опасных ветров, и влияние их определяющих факторов оценивались по четырехбалльной шкале: «отсутствует» или «очень низкий» (–), «незначительный» (*), «значительный» (**), «высокий» (***). Факторы риска и диапазоны их значений для каждой категории представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика факторов риска

Фактор / риск	Отсутствует	Незначительный	Значительный	Высокий
Интенсивность трафика, рейсов/год	< 10	10–100	100–500	> 500
Повторяемость опасного ветра, ч/мес.	< 10	10–100	100–300	> 300
Тенденция к росту месячной ПОВ, ч/год	< 1	1–5	5–10	> 10

Наличие любого риска должно рассматриваться судоходными компаниями и экипажами судов как достаточное условие для принятия мер по его снижению и предотвращению связанных с ним негативных последствий.

Результаты и анализ исследований (Results and Analysis Research)

В рамках решения первой задачи настоящего исследования, по данным портала Marine Traffic, были выявлены районы морей России с наибольшей интенсивностью транспортных потоков. Для примера на рис. 1 приведена карта годовой интенсивности трафика судов в Беринговом море.

³ База данных реанализа ERA5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form> (дата обращения: 01.03.2024).

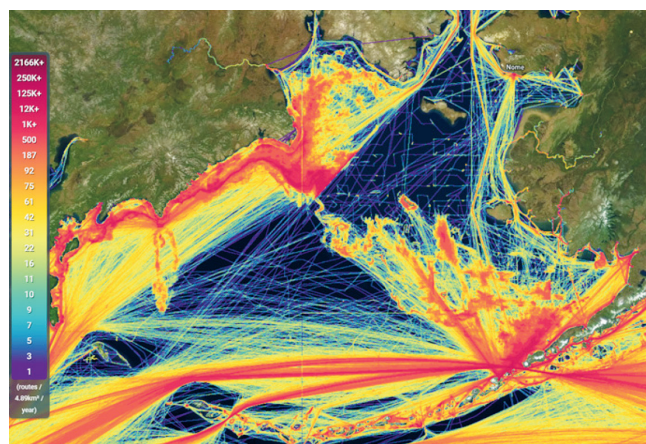


Рис. 1. Распределение плотности морских транспортных потоков в Беринговом море
(<https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/> (дата обращения: 20.09.2024))

Как видно из рис. 1, наибольшая интенсивность трафика в российской части моря наблюдается в Анадырском заливе и в районах активного промысла южнее бухты Грейга (более 500 проходов судов в год). Высокая интенсивность трафика выявлена также в прибрежных районах моря от бухты Грейга до входа в Камчатский пролив, в районах промысла биоресурсов и судоходных трасс, ведущих в Берингов пролив с выходом на Северный морской путь (СМП) и порты Чукотки. При этом следует отметить высокую плотность движения судов по ортодромическим трансокеанским трассам в южной части моря, проходящим вблизи (или через проливы) Алеутской гряды. Анализ судопотоков для других морей России выполнен аналогичным образом.

В рамках решения второй задачи исследования, по данным ERA-5, оценивались климатические нормы и тенденции изменения ПОВ в морях России. Расчеты, построения и описания, связанные с проведением оценки, выполнены в [15]. В качестве примера на рис. 2 приведены карты распределения значений КН в Беринговом море и северной части Тихого океана для месяцев декабрь – май.

Как видно из рис. 2, в современном климатическом периоде в зимние месяцы на акватории большей части Берингова моря, в том числе в районах наиболее интенсивного судоходства, традиционно наблюдаются высокие КН ПОВ, превышающие 200 ч/мес. Ветровая обстановка заметно улучшается к началу лета. Тенденции изменений ПОВ в регионе за тот же период показаны на рис. 3. Видно, что в Беринговом море в современном климатическом периоде в зимние месяцы проявились тенденции к повышению ПОВ, особенно в районах с наиболее интенсивным судоходством (западная прибрежная часть моря, районы Алеутской гряды, через которые проходят трансокеанские трассы, подходы к Берингову проливу). Тенденции, выявленные за 30-летний период (менее 6 ч/год), на первый взгляд, не представляют существенной опасности. Тем не менее понятно, что условия судоходства в регионе не улучшаются. Устойчивость выявленных тенденций выборочно проверялась на меньших интервалах времени. Для примера на рис. 4 показаны тенденции, выявленные в том же регионе в те же месяцы за период 2010–2021 гг.

Данные, приведенные на рис. 4, свидетельствуют о том, что за последние 12 лет, относящихся к рассматриваемому климатическому периоду, произошли существенные изменения в динамике развития ветровой обстановки. В отдельных районах Берингова пролива, Анадырского залива и зон рыбного промысла южнее бухты Грейга в декабре и январе ПОВ снижалась со скоростью 10 ч/год и более. При этом в южной, юго-западной и центральной частях моря (особенно в районе Алеутской гряды и трансокеанских судоходных трасс) ветровая обстановка в большинстве месяцев существенно ухудшалась (тенденции к повышению ПОВ превышали 10 ч/год). Исследования на других интервалах времени в целом подтвердили устойчивое ухудшение ветровой обстановки в южной, юго-западной и центральной частях моря и переменные (неустойчивые) тенденции в его западной части. Карты распределений КН и тенденций их изменений для других месяцев и морей России представлены в [15].

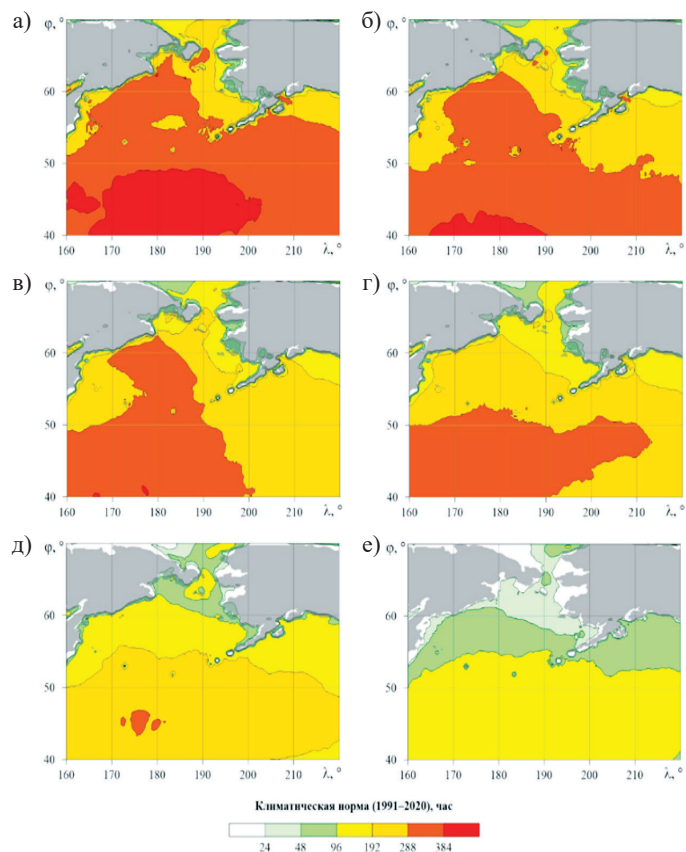


Рис. 2. Климатические нормы повторяемости сильных ветров в Беринговом море и северной части Тихого океана за период 1991–2020 гг. [14] по месяцам: а — декабрь; б — январь; в — февраль; г — март; д — апрель; е — май

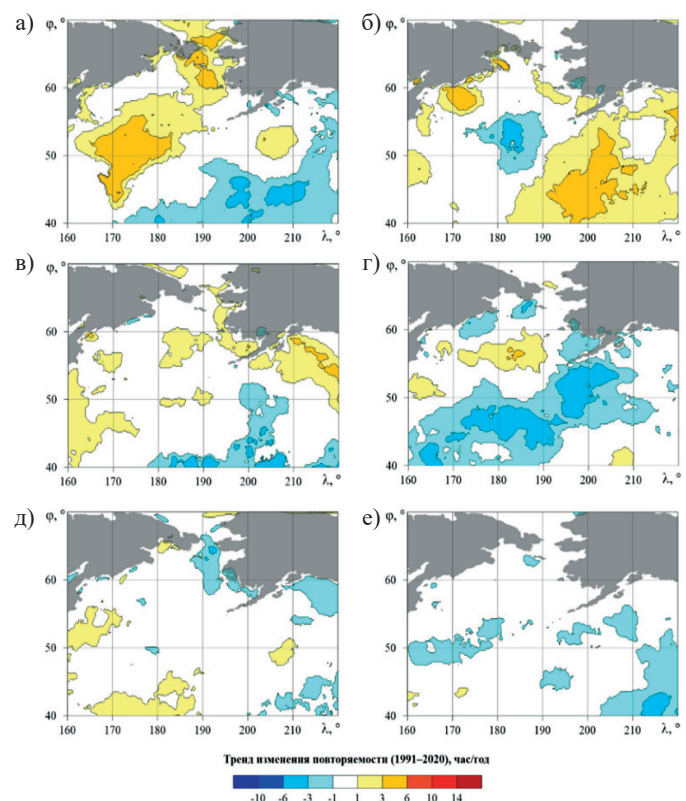


Рис. 3. Тенденции изменения повторяемости сильных ветров в Беринговом море и северной части Тихого океана за период 1991–2020 гг. [14] по месяцам: а — декабрь; б — январь; в — февраль; г — март; д — апрель; е — май

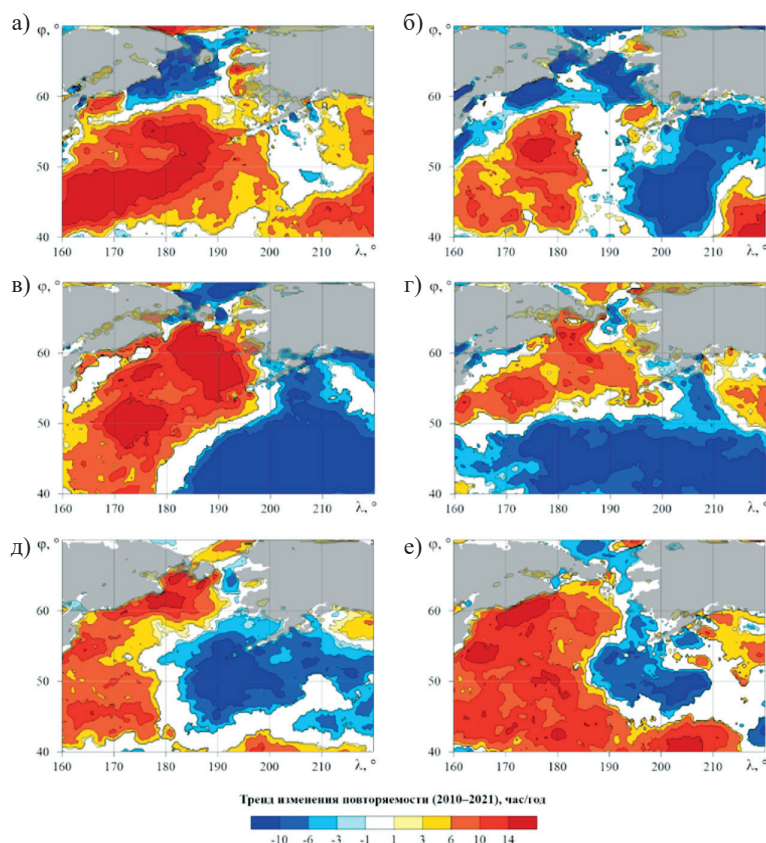


Рис. 4. Тенденции изменения повторяемости сильных ветров в Беринговом море и северной части Тихого океана за период 2010–2021 гг. [14] по месяцам: а — декабрь; б — январь; в — февраль; г — март; д — апрель; е — май

В рамках решения третьей задачи данного исследования были выявлены районы, в которых одновременно имеет место сочетание трех факторов: высокая КН ПОВ, статистически значимые тенденции к ее дальнейшему росту и высокая интенсивность морского трафика. В таких районах штормовые риски для судоходства будут возрастать, а для их минимизации, очевидно, потребуются определенные корректирующие действия со стороны как судоходных компаний, так и судовых экипажей.

В рассматриваемом примере в Беринговом море и северной части Тихого океана районы с подобным сочетанием факторов в зимние месяцы находятся в юго-западной и центральной частях моря, в том числе в районах Командорских и Андреяновских островов, Олюторского и Карагинского заливов полуострова Камчатка. Через указанные районы проходят важные судоходные трассы и в них активно ведется рыбный промысел.

Судоходным компаниям, эксплуатирующим флот в указанных районах, в своих системах управления безопасностью (СУБ) и СУБ своих судов необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия по снижению рисков при плавании в штормовых и ледовых (вблизи Берингова пролива) условиях в холодный период года: дополнительные тренировки персонала (особенно палубного) по управлению судном в условиях волнения, включая подготовку на навигационном тренажере и симуляторе систем аварийной радиосвязи, и обледенения, борьбе с водой, при отказах рулевого устройства и силовой установки, оставлении судна, оказании первой медицинской помощи пострадавшим, а также оказание помощи судам, терпящим бедствие. При планировании трансокеанских переходов из портов восточной Азии в Северную Америку (и наоборот) в холодный сезон следует по возможности отдавать предпочтение не кратчайшим путям, проходящим по дугам большого круга вблизи (или через проливы) Алеутской гряды, а составным маршрутам, проложенным южнее.

Аналогичный подход при оценке и необходимости минимизации штормовых рисков применен и для других морей и районов плавания. Результаты сведены в табл. 2, в которую включены только те районы, где выявлены соответствующие риски и требуется проведение мероприятий по риск-менеджменту.

Таблица 2

Оценка рисков для судоходства из-за увеличения повторяемости опасных ветров в морях России

Район судоходства, промысла	Факторы риска			Степень риска и актуальность дополнительного риск-менеджмента
	Интенсивность трафика	ПОВ	Тенденции роста ПОВ	
		Период	Период	
Черное море				
Подходы и рейдовая зона порта Новороссийск	***	**	*	*
		ноябрь – февраль	январь, февраль, апрель	
Подходы и рейдовая зона Керченского пролива	***	**	**	**
		ноябрь – февраль	ноябрь, февраль устойчивость не подтверждена	
Трасса Новороссийск – Стамбул	***	**	*	*
		декабрь – февраль	январь, апрель	
Подходы и рейдовая зона порта Туапсе	**	**	*	*
		декабрь – февраль	январь, февраль, апрель	
Трасса Туапсе – Стамбул	**	**	*	*
		декабрь – февраль	февраль, апрель	
Азовское море				
Подходы и рейдовая зона Керченского пролива, подходы к порту Темрюк	***	**	**	**
		ноябрь – март	ноябрь устойчивость не подтверждена	
Балтийское море				
Финский залив; судоходные трассы юго-западной части моря	***	**	*	**
		октябрь – март	январь, февраль устойчивость не подтверждена	
Судоходные трассы центральной части моря	***	**	*	**
		октябрь – март	январь – март устойчивость не подтверждена	
Подходы к порту Калининград	**	**	*	*
		октябрь – март	январь, февраль устойчивость не подтверждена	
Белое море				
Пролив Горло	**	**	*	*
		октябрь – январь	январь – апрель	
Баренцево море				
Прибрежная судоходная трасса вокруг мыса Нордкап	***	**	**	**
		ноябрь – март	январь, март – май устойчивость не подтверждена	
Южная часть моря (включая пути к проливам Горло и Карские Ворота)	**	**	***	**
		декабрь, январь	январь, март – май устойчивость не подтверждена	
Судоходные трассы в направлении и вокруг мыса Желания	*	**	***	**
		ноябрь – март	декабрь – май устойчивость не подтверждена	
Северные районы промысла	*	**	***	**
		ноябрь – март	декабрь – май устойчивость не подтверждена	

Окончание табл. 2

Карское море				
Трассы из пролива Карские Ворота в Обскую губу и Енисейский залив	**	**	*	*
		октябрь – декабрь	январь, март – май <i>устойчивость не подтверждена</i>	
Трассы от мыса Желания в Обскую губу и Енисейский залив	**	**	*	*
		октябрь – декабрь	июнь, октябрь, январь <i>устойчивость не подтверждена</i>	
Трассы СМП в восточной части моря	*	**	*	*
		октябрь – декабрь	октябрь, январь <i>устойчивость не подтверждена</i>	
Море Лаптевых				
Все районы	*	*	—	—
		В течение года		
Восточно-Сибирское море				
Судоходные трассы восточной части моря	*	**	*	*
		сентябрь – декабрь	август – ноябрь	
Чукотское море				
Подходы к Берингову проливу	**	**	*	*
		сентябрь – январь	июнь, август, октябрь – декабрь <i>устойчивость не подтверждена</i>	
Низкоширотная трасса Севморпути (через пр. Лонга)	*	**	*	*
		сентябрь – декабрь	август, ноябрь	
Высокоширотная трасса Севморпути (севернее о. Врангеля)	*	**	*	*
		сентябрь – декабрь	август, октябрь – декабрь	
Берингово море				
Анадырский залив; районы промысла южнее б. Грейга	**	**	*	*
		ноябрь – март	ноябрь – март	
Прибрежные трассы и районы промысла от б. Грейга до входа в Камчатский пролив	**	***	*	**
		ноябрь – март	ноябрь – март	
Трансокеанские трассы в южной части моря	***	***	**	***
		ноябрь – март	ноябрь – март	
Охотское море				
Районы промысла вдоль западного побережья п-ва Камчатка	**	**	*	*
		ноябрь – март	ноябрь, декабрь <i>устойчивость не подтверждена</i>	
Судоходные трассы и районы промысла в северной и центральной частях моря и заливе Шелихова	**	***	*	*
		ноябрь – март	ноябрь, декабрь <i>устойчивость не подтверждена</i>	
Судоходные трассы и районы промысла вдоль восточного побережья о. Сахалин	**	**	—	*
		ноябрь – март		
Судоходные трассы и районы промысла в Тихом океане вдоль восточного побережья п-ва Камчатка	**	***	**	**
		ноябрь – март	ноябрь – апрель	
Океанские судоходные трассы к востоку от Курильской гряды	***	***	**	***
		ноябрь – март	ноябрь – март	
Японское море				
Все районы	***	*	—	—
		ноябрь – март		

Условные обозначения: — отсутствие фактора риска; * — незначительный фактор риска; ** — значительный фактор риска; *** — высокий фактор риска.

Согласно данным табл. 2, в Черном море тенденции к росту ПОВ наблюдаются в его северо-восточной и восточной части в зимне-весенние месяцы. Резкого ухудшения ветрового режима не происходит, однако учитывая расположение в регионе важных морских портов (Новороссийск, Туапсе, Тамань, Керчь и др.) и высокую интенсивность трафика, судоходным компаниям рекомендуется уделить внимание дополнительной подготовке экипажей к штормовому плаванию и тренировкам по оказанию помощи терпящим бедствие судам. Последнее особенно актуально в связи с круглогодичным допуском в этот район судов класса *река — море*, имеющих ограниченную мореходность, регулярно перевозящих опасные грузы, не всегда находящихся в надлежащем состоянии и укомплектованных компетентными экипажами. Регион известен высокой аварийностью⁴. Все ранее изложенное относится также к подходам к Керченскому проливу со стороны Азовского моря.

На судоходных путях Балтийского моря в холодный сезон (октябрь — март) традиционно наблюдается повышенная ПОВ. В некоторых районах (подходы к Калининграду, Финский залив, центральная часть моря) отмечены тенденции к ее дальнейшему росту, однако их устойчивость не подтверждается. Вместе с тем, учитывая высокую интенсивность трафика и важность региона для экономики страны, даже к неустойчивым тенденциям на данном этапе следует относиться крайне серьезно. Судоходным компаниям необходимо на регулярной основе проводить тренировки экипажей по управлению судном в штормовых условиях, борьбе с обледенением, плаванию в условиях ограниченной видимости и ледовой обстановки.

Климатические изменения особенно заметны в Западном секторе Российской Арктики (Баренцево и Белое моря и западная часть Карского моря). В регионе выявлены тенденции существенного повышения ПОВ. Несмотря на то, что их устойчивость на данный момент не подтверждена, судоходители, выполняющие рейсы в Баренцевом море в зимне-весенний период, должны быть готовы к усилению штормов, явлениям опасного обледенения, а при плавании в условиях ледовой обстановки — к опасным эффектам быстрого сжатия и дрейфа льда.

В Центральном и Восточном секторах Арктики эффект повышения ПОВ менее выражен или отсутствует (море Лаптевых). Некоторые тенденции к росту ПОВ обнаружены в Чукотском море, в восточных частях Карского и Восточно-Сибирского морей в осенний сезон, когда на судоходных трассах, как правило, еще отсутствует устойчивый ледяной покров. Учитывая особо сложные условия плавания в регионе, дополнительный риск-менеджмент, связанный с отработкой слаженных действий в условиях усиления ветра, представляется целесообразным.

В дальневосточном секторе наиболее опасные тенденции выявлены в некоторых районах Берингова и Охотского морей и северо-западной части Тихого океана. В холодный сезон ПОВ в регионе традиционно высоки, а за последние 12 лет рассмотренного климатического периода проявились тенденции к ее дальнейшему резкому повышению вблизи островов Курильского и Алеутского архипелагов и восточного побережья Камчатки. Указанные районы важны с точки зрения рыбного промысла, через них проходят трансокеанские судоходные трассы, осуществляется каботажное плавание и снабжение отдаленных приморских поселений Камчатки и Чукотки. Несмотря на то, что, согласно использованному в настоящей работе критерию, указанные тенденции не везде признаны устойчивыми, факт серьезных изменений ветрового режима в регионе нельзя игнорировать. Судоходным компаниям и экипажам следует по возможности избегать плавания через указанные районы в холодный сезон и по возможности выбирать альтернативные маршруты (или районы промысла).

Обсуждение полученных результатов (Discussion of the Results Obtained)

Проведенные исследования показали, что угрозы судоходству, вызванные увеличением повторяемости опасных ветров на морских путях и в районах рыболовства, являются реальными. В отдельных районах рост ПОВ происходит особенно быстро, требуя повышенного внимания со стороны судоходных компаний и ведомств, отвечающих за безопасность мореплавания.

⁴ Катастрофа в Керченском проливе станет прецедентом в морском праве. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2024/12/27/reg-ufu/ekspert-katastrofa-v-kerchenskom-prolive-stanet-precedentom-v-morskom-prave.html>.

Полученные результаты в целом соответствуют современным представлениям о последствиях происходящих глобальных климатических изменений. Среди климатологов в настоящее время преобладает точка зрения о том, что повышение температуры морей и океанов приведет к дальнейшему усилению ветров, повышению интенсивности и продолжительности штормов [1], [2], [17]. Наиболее значимые изменения следует ожидать в морях, наиболее открытых географически и имеющих свободное сообщение с внешними морями и океанами. Замкнутость и небольшая площадь морей в целом препятствует резким изменениям их ветрового режима.

Выявленные изменения ветровой обстановки в Западном секторе Российской Арктики адекватно согласуются со сдвигом сроков ледообразования в сторону более поздних дат и общим сокращением площади ледяного покрова [18] и другими факторами [19]. В условиях, когда площадь незамерзающей акватории в холодный сезон увеличилась, проявление тенденций к повышению ПОВ и возникновению более частых и опасных штормов является достаточно ожидаемым. Устойчивость таких тенденций на 30-летнем интервале современного климатического периода подтвердить не удалось, очевидно, потому, что резкие изменения сроков ледообразования и площади ледяного покрова начали происходить только с 2003 г. [18]. Изложенные в настоящей работе результаты оценки ПОВ в целом подтверждают наблюдения и выводы [3]–[6], [9], [11]. Дополнительно установлено, что наибольшие риски для судоходства, связанные с усилением штормовой активности, следует ожидать на трассах восточной и центральной части моря, в проливе Горло и на подходах к нему в зимне-весенний сезон, так как эти риски отнесены к категории «значительные».

Результаты, полученные по Черному морю, соответствуют общему выводу [12] об усилении штормов в восточной части моря. Настоящие исследования, однако, показывают, что тенденции к росту ПОВ на фоне повышенной КН имеют место преимущественно в ее северном и северо-восточном секторах (подходы с севера и юга к Керченскому проливу, подходы к портам Туапсе и Новороссийск). В других секторах такие тенденции либо отсутствуют, либо находятся в диапазоне «незначительные» (менее 5 ч/год). Опасное усиление штормовой активности (риск для судоходства с учетом интенсивного трафика признан «значительным») выявлено на подходах к Керченскому проливу в ноябре и феврале.

Выявленные тенденции к усилению ПОВ в Балтийском море в целом согласуются с выводами, представленными в работе [13]. Вместе с тем предположение ее авторов о непосредственной связи подобного явления с усилением ураганов в центральной Атлантике является дискуссионным. В рамках настоящего исследования уточняется, что наибольшие риски, связанные с увеличением штормовой активности ($КН > 200$ ч/мес. с возрастающим трендом более 10 ч/год), следует ожидать на судоходных трассах центральной части моря и Финского залива в зимние месяцы (риск оценен как «значительный»).

Результаты, полученные по дальневосточным морям, уточняют и дополняют данные [3], [8] об изменении ПОВ в северо-западной части Тихого океана. Установлено, что риски усиления штормовой активности максимальны на судоходных трассах, проходящих восточнее Курильской гряды и полуострова Камчатка, а также на всех трассах, проходящих через проливы (или вдоль) Алеутской гряды в зимний сезон. Дана оценка угроз как «высокие» ($КН > 300$ ч/мес. с трендом роста более 10 ч/год) с ноября по март.

Таким образом, в настоящей работе получены следующие новые результаты:

- выявлены участки судоходных трасс и районы промысла российских морей, где присутствуют риски усиления штормовой активности;
- выполнено категорирование указанных рисков, представлены рекомендации по их минимизации.

Сценарий будущих климатических изменений неизвестен, вместе с тем прогнозные оценки, основанные на современных тенденциях, в настоящее время являются наиболее вероятными. Исходя из этого следует вести долгосрочное планирование задач судоходства, принимать меры по повышению безопасности и эффективности эксплуатации морского флота.

Выводы (Summary)

На основе выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Ветровой режим в морях России не является стационарным и реагирует на происходящие глобальные климатические изменения. Наиболее динамичные изменения ветровой обстановки происходят в открытых морях, имеющих свободное сообщение с внешними морями и океанами (Берингово и Баренцево моря).

2. Наибольшие риски для судоходства и рыболовства, связанные с повышением повторяемости опасных ветров при средней или высокой климатической норме данного показателя, выявлены в следующих районах:

- северо-восточная часть Черного моря, включая подходы и портам Новороссийск, Туапсе, район Керченского пролива (в зимний сезон);
- Балтийское море, включая трассы центральной части моря и Финского залива (в зимний сезон);
- Баренцево море (в зимне-весенний сезон);
- юго-западная часть Берингова моря, включая трансокеанские трассы (в зимний сезон);
- северо-западный сектор Тихого океана, включая трансокеанские трассы и районы рыболовства у восточных побережий Камчатки и Курильской гряды (в зимне-весенний сезон).

3. Экипажи судов и руководители судоходных компаний должны учитывать возрастающие штормовые риски при работе флота в указанных районах (особенно с суровым климатом) и принимать меры по их минимизации, в том числе планировать альтернативные маршруты переходов. Чрезвычайную важность имеет качество подготовки судовых экипажей при плавании в условиях шторма, обледенения, отказа рулевого управления оказании помощи аварийным судам.

4. Эффективным инструментом для оценки климатических изменений являются глобальные атмосферные реанализы, позволяющие выявлять тенденции и закономерности развития ветровой обстановки в разных регионах планеты, в том числе при решении задач планирования и повышения безопасности морского судоходства.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках научной темы «Принципы обеспечения безопасности социально-хозяйственных систем прибрежных территорий России, а также развития ее морского транспорта и рыболовства в условиях реально существующих неопределенностей характеристик дальнейших перемен климата и уровня мирового океана», разд. 3.1.2 «Разработка методических рекомендаций по учету климатической информации при формировании отраслевых планов адаптации к изменению климата» целевой научно-технической программы Росгидромета на 2020–2024 гг.

Автор выражает благодарность д-ру техн. наук, проф. Александру Вадимовичу Холопцеву за ценные рекомендации, способствующие улучшению статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Forster P. M. Indicators of Global Climate Change 2023: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence / P. M. Forster, C. Smith, T. Walsh, [et al.] // Earth Systems Science Data. — 2024. — Vol. 16. — Is. 6. — Pp. 2625–2658. DOI: 10.5194/essd-16-2625-2024.
2. Lobeto H. The effect of climate change on wind-wave directional spectra / H. Lobeto, M. Menendez, I. J. Losada, M. Hemer // Global and Planetary Change. — 2022. — Vol. 213. — Pp. 103820. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2022.103820.
3. Мохов И. И. Особенности современных изменений климата в Арктике и их последствий / И. И. Мохов // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2020. — Т. 66. — С. 446–462. DOI: 10.30758/0555-2648-2020-66-4-446-462. — EDN ECQGVQ.
4. Алексеев Г. В. Мониторинг изменений климата в морской Арктике / Г. В. Алексеев, Н. Е. Харланенкова, Н. Е. Иванов, Н. И. Глок // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2024. — Т. 70. — № 1. — С. 33–45. DOI: 10.30758/0555-2648-2024-70-1-33-45. — EDN QZTGKY.
5. Иванов В. В. Современные изменения гидрометеорологических условий в Северном Ледовитом океане, связанные с сокращением морского ледяного покрова / В. В. Иванов // Гидрометеорология и экология. — 2021. — № 64. — С. 407–434. DOI: 10.33933/2713-3001-2021-64-407-434. — EDN CBNPVQ.

6. Серых И. В. Изменения климата западной части Российской Арктики в 1980–2021 гг. Часть 1. Температура воздуха, осадки, ветер / И. В. Серых, А. В. Толстиков // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2022. — Т. 68. — № 3. — С. 258–277. DOI:10.30758/0555-2648-2022-68-3-258-277. — EDN UDRKSD.

7. Митник Л. М. Мультисенсорное спутниковое зондирование зимних циклонов со штормовыми и ураганскими ветрами в северной части Тихого океана / Л. М. Митник, М. Л. Митник, И. А. Гурвич [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2013. — Т. 10. — № 4. — С. 161–174. — EDN RLOLFV.

8. Суркова Г. В. Изменения средних и экстремальных скоростей ветра в Арктике в конце XXI века / Г. В. Суркова, А. А. Крылов // Арктика и Антарктика. — 2018. — № 3. — С. 26–36. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27395. — EDN YLQTDN.

9. Подпорин С. А. Современные тенденции изменения повторяемости опасных ветров в западном секторе российской Арктики в зимне-весенний период / С. А. Подпорин, А. В. Холопцев // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2023. — Т. 15. — № 2. — С. 215–225. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-2-215-225. — EDN GWPRAF.

10. Подпорин С. А. Современные тенденции изменения повторяемости опасных ветров в восточном секторе Российской Арктики / С. А. Подпорин, А. В. Холопцев // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2023. — Т. 15. — № 4. — С. 579–588. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-4-579-588. — EDN PXBEYV.

11. Курочкин Л. Е. Современные тенденции изменений повторяемости сильных ветров над районами российской Арктики / Л. Е. Курочкин, А. В. Холопцев // Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений: труды всероссийской научно-практической конференции, Севастополь, 22–23 ноября 2023 года. — Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2023. — С. 44–55 — EDN XHEDNY.

12. Дивинский Б. В. Межгодовая изменчивость параметров режима ветра и волнения Черного моря / Б. В. Дивинский, А. А. Кубряков, Р. Д. Косьян // Морской гидрофизический журнал. — 2020. — Т. 36. — № 4(214). — С. 367–382. DOI: 10.22449/0233-7584-2020-4-367-382. — EDN QVBMH.

13. Похил А. Э. Ураганы Атлантического океана и штормы Балтийского моря / А. Э. Похил, Е. С. Нестеров, А. В. Федоренко // Энергия: экономика, техника, экология. — 2019. — № 6. — С. 14–25. DOI: 10.7868/S0233361919060041. — EDN FVAZFM.

14. Холопцев А. В. Изменения уровней морей России и повторяемости сильных ветров над их акваториями в конце XX – начале XXI веков / А. В. Холопцев, С. Подпорин, Н. Н. Дьяков. — Севастополь: Государственный океанографический институт им. Н. Н. Зубова, 2024. — 416 с. — EDN PQQKAT.

15. Huler S. Defining the Wind: The Beaufort Scale, and How a 19th-Century Admiral Turned Science into Poetry / S. Huler. — N-Y.: Crown Publishers, 2004. — 290 p.

16. Hersbach H. The ERA5 global reanalysis / Hans Hersbach, Bill Bell, Paul Berrisford, et al. // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. — 2020. — Vol. 146. — Is. 730. — Pp. 1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803.

17. Prein A. F. Thunderstorm straight line winds intensify with climate change / A. F. Prein // Nat. Clim. Chang. — 2023. — Vol. 13. — P. 1353–1359. DOI: 10.1038/s41558-023-01852-9.

18. Егоров А. Г. Изменение сроков устойчивого ледообразования в восточных арктических морях России в начале XXI в / А. Г. Егоров, Е. А. Павлова // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2019. — Т. 65. — № 4. — С. 389–404. DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-4-389-404. — EDN TIAJGM.

19. Тезиков А. Л. Исследование факторов, влияющих на продолжительность навигации в акватории Северного морского пути / А. Л. Тезиков, Е. О. Ольховик // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 4. — С. 734–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-734-744. — EDN HBNBZU.

REFERENCES

1. Forster, Piers M., Chris Smith, Tristram Walsh, et al. “Indicators of Global Climate Change 2023: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence.” *Earth Systems Science Data* 16.6 (2024): 2625–2658. DOI: 10.5194/essd-16-2625-2024.

2. Lobeto, H., M. Menendez, I. J. Losada and M. Hemer “The effect of climate change on wind-wave directional spectra.” *Global and Planetary Change* 213. (2022): 103820. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2022.103820.

3. Mokhov, Igor I. “Features of modern climate changes in the Arctic and their consequences.” *Arctic and Antarctic Research* 66 (2020): 446–462. DOI: 10.30758/0555-2648-2020-66-4-446-462.

4. Alekseev, G. V., N. E. Kharlanenkova, N. E. Ivanov and N. I. Glok “Monitoring climate change in the marine Arctic.” *Arctic and Antarctic Research* 70.1 (2024): 33–45. DOI: 10.30758/0555-2648-2024-70-1-33-45.
5. Ivanov, Viktor V. “Contemporary changes in hydrometeorological conditions in the Arctic Ocean associated with a decrease in sea ice cover.” *Hydrometeorology and ecology* 64 (2021): 407–434. DOI: 10.33933/2713-3001-2021-64-407-434.
6. Serykh, Ilya V., and Alexei V. Tolstikov. “Climate change in the western part of the Russian arctic in 1980–2021. Part 1. Air temperature, precipitation, wind.” *Arctic and Antarctic Research* 68.3 (2022): 258–277. DOI: 10.30758/0555-2648-2022-68-3-258-277.
7. Mitnik L. M., M. L. Mitnik, I. A. Gurvich, A. V. Vykochko, et al. “Multisensor satellite sensing of winter cyclones with storm and hurricane winds in Northern Pacific Ocean.” *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* 10.4 (2013): 161–174.
8. Surkova, G. V. and A. A. Krylov “Izmeneniya srednikh i ekstremal’nykh skorostey vetra v Arktike v kon-tse XXI veka.” *Arktika i Antarktika* 3. (2018): 26–36. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27395.
9. Podporin, Sergey A., and Aleksandr V. Kholoptsev. “Current trends of dangerous winds frequency variation in the western sector of the Russian Arctic in winter-spring period.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 15.2 (2023): 215–225. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-2-215-225.
10. Podporin, Sergey A., and Aleksandr V. Kholoptsev. “Current frequency variation trends of dangerous winds in the Eastern sector of the Russian Arctic.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 15.4 (2023): 579–588. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-4-579-588.
11. Kurochkin, L. E. and A. V. Kholoptsev. “Current trends in changes in the frequency of strong winds over the regions of the Russian Arctic.” *Aktual’nyye voprosy proyektirovaniya, postroyki i ekspluatatsii morskikh sudov i sooruzheniy: Tr. vserossiyskoy nauch.-pr. konf., 22–23 November 2023*. Sevastopol: Izd-vo SevGU, 2023: 44–55.
12. Divinsky, Boris. V., Arseniy A. Kubryakov and Ruben D. Kosyan “Interannual Variability of the Wind-Wave Regime Parameters in the Black Sea.” *Physical Oceanography* 27(4): 337–351. DOI:10.22449/0233-7584-2020-4-367-382.
13. Pokhil, A. E., E. S. Nesterov and A. V. Fedorenko “Uragany Atlanticheskogo okeana i shtormy Baltiyskogo morya.” *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya* 6. (2019): 14–25. DOI: 10.7868/S0233361919060041.
14. Kholoptsev, A. V., S. Podporin and N. N. D’yakov. *Changes in levels of Russia’s seas and frequencies of strong winds over their waters at the end of the 20th — beginning of the 21st centuries*. Sevastopol’: Gosudarstvennyy okeanograficheskiy institut im. N. N. Zubova, 2024: 416.
15. Huler, S. *Defining the Wind: The Beaufort Scale, and How a 19th-Century Admiral Turned Science into Poetry*. N-Y.: Crown Publishers, 2004.
16. Hersbach, Hans, Bill Bell, Paul Berrisford, et al. “The ERA5 global reanalysis.” *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 146.730 (2020): 1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803.
17. Prein, Andreas F. “Thunderstorm straight line winds intensify with climate change.” *Nat. Clim. Chang.* 13 (2023): 1353–1359. DOI: 10.1038/s41558-023-01852-9.
18. Egorov, Aleksandr G. and Yevgenia A. Pavlova “Change in the time of stable ice formation in the Russian Eastern Arctic seas at the beginning of 21st century.” *Arctic and Antarctic Research* 65.4 (2019): 389–404. DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-4-389-404.
19. Tezikov, Aleksandr L. and Evgeniy O. Ol’khovik. “Studying the factors affecting the duration of navigation in the Northern Sea Route water area.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 12.4 (2020): 734–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-734-744.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Подпорин Сергей Анатольевич —
кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
Севастопольское отделение ФГБУ
«Государственный океанографический институт
имени Н. Н. Зубова»
299011, Российская Федерация, г. Севастополь,
ул. Советская, 61
e-mail: s.a.podporin@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Podporin, Sergey A. —
PhD, associate professor,
leading researcher
Sevastopol branch of FSBI “N. N. Zubov’s
State Oceanographic Institute”
61 Sovetskaya Str.,
Sevastopol, 299011,
Russian Federation
e-mail: s.a.podporin@gmail.com

Статья поступила в редакцию 23 декабря 2024 г.
Received: Dec. 23, 2024.