

ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ APPLIED PROBLEMS

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2026-72-2-288-302>

УДК 551.467+551.326.12



Первая зимняя навигация в северо-западной и западной частях Охотского моря: условия ледового плавания

Е.А. Павлова¹✉, Т.А. Алексеева^{1,2}, Е.И. Макаров¹, А.И. Гуляев³,
Е.Б. Саперштейн¹, В.А. Бородин¹, А.А. Ершова¹, Е.В. Афанасьева^{1,2},
П.А. Котикова¹, Д.Ю. Юскаев¹, А.А. Вибе¹

¹ ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия

² Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

³ Транс-Групп СПб, Санкт-Петербург, Россия

✉ pavlova@aari.ru

ID ЕАП, 0009-0006-7746-2950; ТАА, 0000-0002-1575-8784; ААЕ, 0009-0006-6545-3635;
ЕВА, 0000-0002-3005-4961; ДЮЮ, 0009-0007-1810-3947

Аннотация. Северо-западная и западная части Охотского моря характеризуется сложной ледовой обстановкой для зимне-весенней навигации: приливно-отливные явления и течения оказывают мощное воздействие на ледяной покров на фоне выхолаживания акватории за счет действия зимнего муссона, и в результате происходит практически постоянная деформация ледяного покрова, возникают сжатия. Тяжесть ледовой обстановки, а также отсутствие до недавнего времени необходимости проведения морских операций объясняют малую изученность условий ледового плавания в северо-западной части Охотского моря. В 2024 г. был построен угольный морской терминал «Порт Эльга», с этого момента начался круглогодичный вывоз угля Эльгинского месторождения. В течение всего зимне-весеннего сезона 2024/25 проводился непрерывный мониторинг первой зимней навигации в северо-западном и западном районах Охотского моря. На основе первой зимней навигации выявлено существенное осложнение условий ледового плавания в отдельных районах под действием динамических факторов, а также изменение структуры льда в период весеннего таяния. Определены положения оптимальных вариантов плавания в северо-западном районе Охотского моря при различных стадиях формирования ледяного покрова.

Ключевые слова: ледовое плавание, ледовые прогнозы, Охотское море, порт Эльга, оптимальный маршрут плавания, зимняя навигация

Для цитирования: Павлова Е.А., Алексеева Т.А., Макаров Е.И., Гуляев А.И., Саперштейн Е.Б., Бородин В.А., Ершова А.А., Афанасьева Е.В., Котикова П.А., Юскаев Д.Ю., Вибе А.А. Первая зимняя навигация в северо-западной и западной частях Охотского моря: условия ледового плавания. *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2026;72(2):288–302. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2026-72-2-288-302>

Поступила 18.04.2026

После переработки 29.05.2026

Принята 03.06.2026

© Авторы, 2026

© Authors, 2026

The first winter navigation in the northwestern part of the sea of Okhotsk: ice navigation conditions

Eugeniya A. Pavlova[✉], Tatiana A. Alekseeva^{1,2}, Evgenii I. Makarov¹,
Alexander I. Gulyaev³, Elena B. Saperstein¹, Vladimir A. Borodkin¹,
Anastasia A. Ershova¹, Ekaterina V. Afanasyeva^{1,2}, Polina A. Kotikova¹,
Daniel' U. Uskaev¹, Artem A. Vibe¹

¹ State Scientific Center of the Russian Federation Arctic and Antarctic Research Institute,
St. Petersburg, Russia

² Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

³ "Trans-Grup SPb", St. Petersburg, Russia

✉pavlova@aari.ru

 EAP, 0009-0006-7746-2950; TAA, 0000-0002-1575-8784; AAE, 0009-0006-6545-3635;
EVA, 0000-0002-3005-4961; DUU, 0009-0007-1810-3947

Abstract. The severity of the ice conditions and absence of winter maritime operations in the area in the winter season 2024/25 explain the limited understanding of ice navigation conditions in the northwestern and western parts of the Sea of Okhotsk. In 2024, the Port Elga coal terminal was built and the year-round transportation of coal started from the Elga deposit to Cape Manorsky and then to the southern Sea of Okhotsk. In this study we conducted continuous monitoring of the first winter navigation season in the northwestern Sea of Okhotsk. Based on the results, we identified several specific features of the ice navigation conditions. Specifically, ice conditions in certain localized areas became more severe due to dynamic factors and changes in the ice structure during the spring melting period. In the course of the study, we obtained and analyzed information on the characteristics of navigation in an area where there had been no previous permanent winter navigation and determined the position of optimal navigation routes in the northwestern and western regions of the Sea of Okhotsk at various stages of ice formation. The 2024/25 winter-spring navigation was analyzed over several key periods, as ice conditions became more difficult. At the beginning of the season, navigation followed the shortest southern route and was easy for ships with ice class Arc4 or higher. The second period required icebreaker assistance. In the third period, navigation routes shifted northward due to more difficult ice conditions. In the fourth period, icebreaker assistance was provided by two icebreakers simultaneously. In the fifth, most challenging period, ship traffic was almost stopped due to severe ice conditions. The main conclusion of the study is the need for both continuous monitoring of ice conditions and specialized shipboard ice observations to provide timely forecasting of ice conditions, thereby improving the quality of specialized hydrometeorological support for ships during maritime operations.

Keywords: ice navigation, ice forecasts, Sea of Okhotsk, Port Elga, optimal navigation route

For citation: Pavlova E.A., Alekseeva T.A., Makarov E.I., Gulyaev A.I., Saperstein E.B., Borodkin V.A., Ershova A.A., Afanasyeva E.V., Kotikova P.A., Uskaev D.U., Vibe A.A. The first winter navigation in the northwestern part of the sea of Okhotsk: ice navigation conditions. *Arctic and Antarctic Research*. 2026;72(2):288–302. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2026-72-2-288-302>

Received 18.04.2026

Revised 29.05.2026

Accepted 03.06.2026

Введение

Исследования современного состояния ледяного покрова северо-западной и западной частей Охотского моря до недавнего времени носили обобщающий характер и опирались главным образом на спутниковую информацию, данные ледовых авиаразведок и данные береговых станций [1–4]. Это связано в основном с отсутствием регулярной зимней навигации в северо-западном и западном районах моря, то есть

в Удской губе, вблизи Шантарских островов, Сахалинском заливе и к северу от них, ориентировочно до острова Ионы. Однако после строительства в 2024 г. угольного морского терминала «Порт Эльга» в северной части Удской губы и железнодорожной инфраструктуры к нему для круглогодичной транспортировки угля Эльгинского месторождения в Якутии [5] появилась необходимость в дополнительных океанологических и ледовых исследованиях, стало особенно актуальным изучение динамики ледяного покрова и выявление характерных черт ледовой навигации в данном, сложном для судоходства, районе.

В период максимального развития ледяного покрова плавание во льдах Охотского моря до зимы 2024/25 г. осуществлялось только в порт Магадан, портовые пункты восточного побережья острова Сахалин, Курильских островов и восточного побережья полуострова Камчатка, а также транзитное плавание судов в Берингово море (проход через пролив Лаперуза). Строительство порта, расположенного в Удской губе в районе мыса Манорский, вызвало необходимость разработки оптимальных вариантов плавания в северо-западной и западной частях Охотского моря для эффективного и безопасного круглогодичного судоходства. Для такой разработки специалистами Арктического и антарктического научно-исследовательского института (АНИИ) были применены собственные методики выбора оптимального варианта плавания. Решение поставленной задачи основывалось на совместном использовании теории крупномасштабных долгопериодных волн и метода гомологов, который позволяет разрабатывать долгосрочные прогнозы условий ледового плавания. Методика основывается на определении годов-гомологов для каждого периода навигации по критериям, характеризующим особенности динамических процессов в ледяном покрове [6, 7].

Данная методика неоднократно применялась при осуществлении специализированного ледового обеспечения морских операций в арктических и других российских замерзающих морях: при разработке оптимальных маршрутов плавания от порта Эльга к восточной кромке льдов во время строительства этого порта, при обеспечении сквозных рейсов по Северному морскому пути, в юго-западной части Карского моря во время экспедиций «ЛЕД-СМП» [8, 9].

В связи с отсутствием круглогодичной навигации в северо-западной и западной частях Охотского моря практически отсутствуют и натурные данные об условиях ледового плавания в этом районе. В этих частях Охотского моря происходит динамичное формирование ледяного покрова под влиянием сильных приливных течений и сжатий [10–12]. По сообщениям с судов в зимне-весеннюю навигацию 2024/25 г., на подходах к порту Эльга и на входе в сам порт судоводители столкнулись с явлением «ледовая река», когда скорость движения ледяного поля достигает до 4 узлов, что значительно осложняет, а при определенных ледовых условиях делает даже невозможным безопасный вход судов в порт или их выход из порта. В результате действия низких температур воздуха происходят смерзание и вынос сильнодеформированного и восторошенного льда к северо-восточному побережью Сахалина [2]. Такие условия крайне неблагоприятны для движения судов, и судоходство в зимний период возможно только в сопровождении ледоколов.

Зимой 2024/25 г. впервые было осуществлено круглогодичное судоходство для вывоза грузов из порта Эльга. Хотя специальные судовые ледовые наблюдения во время этих уникальных морских операций не проводились, данные автоматической идентификационной системы (АИС) о местоположении и скорости движения судов

и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) о ледяном покрове позволили проанализировать условия ледового плавания, результаты этого анализа представлены в настоящей статье. Следует отметить, что данные АИС позволяют рассчитать скорость движения судна во льдах, а скорость судна является интегральным показателем трудности плавания во льдах, отражающим совокупность влияния всех параметров ледяного покрова. Анализ участков маршрута с различными диапазонами скоростей движения судна позволяет определить зоны с благоприятными и неблагоприятными условиями плавания [13]. Целью данной работы является выявление особенностей условий ледового плавания судов в зимний период 2024/25 г., для чего был проведен анализ положения оптимальных маршрутов в северо-западной части Охотского моря с декабря 2024 г. по май 2025 г., что послужит основой для дальнейшей разработки стандартных маршрутов плавания в данном регионе, где ранее круглогодичная навигация не осуществлялась.

Данные и методы

Маршруты плавания судов в Охотском море анализировались на основании обработки данных АИС. Данные поступают в ААНИИ с портала Scanex Maritime в формате csv и содержат информацию о местоположении судов. По полученным данным в среде ГИС строятся маршруты судов в исследуемом районе, на которых цветом выделяются участки с разными скоростями движения, характеризующими тяжесть условий ледового плавания: от 0 до 4 узлов — плавание в очень тяжелых ледовых условиях вплоть до полной остановки судна/каравана судов; от 4 до 8 узлов — плавание с затруднениями и периодическим преодолением сложных участков; от 8 до 12 узлов — плавание в относительно легких ледовых условиях практически без затруднений; выше 12 узлов — беспрепятственное плавание по чистой воде или по начальным видам льдов.

Наложение в среде ГИС маршрутов плавания судов, представленных в цветовой палитре по скоростям, на спутниковые изображения позволяет косвенно оценить реальное состояние морского льда по пути движения судна, так как скорость движения является индикатором условий ледового плавания. В данной статье для иллюстрации ледовой обстановки в северо-западной части Охотского моря использовались спутниковые снимки, полученные прибором Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) метеорологических спутников Terra и Aqua (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>) с разрешением 250 м, составленные из каналов видимого диапазона (Band 1: 0,62–0,67 мкм, Band 4: 0,545–0,565 мкм, Band 3: 0,459–0,479 мкм).

Ледовые условия в Охотском море

Северо-западная и западная части Охотского моря характеризуются уникальными, достаточно сложными ледовыми условиями, основной причиной формирования которых являются динамические факторы [2, 14]

В среднем во второй половине ноября в заливах и бухтах северо-западной и западной частей моря начинает формироваться ледяной покров. К концу месяца льдом покрываются наиболее мелководные части акватории — Сахалинский залив, Удская губа, район Шантарских островов, побережье от Охотска до Аяна. Рассматриваемый район подвержен влиянию сибирского антициклона, играющего важную роль в выхолаживании акватории зимой. На фоне низких температур воздуха под действием

приливно-отливных явлений образовавшийся лед многократно наслаивается и смерзается, в результате чего нарастание его толщины происходит достаточно быстро.

Береговая черта северо-западной и западной частей Охотского моря имеет форму острого угла и достаточно изрезана, в то время как центральная и южная части моря достаточно глубоководные и сообщаются с Тихим океаном. В результате этих особенностей приливно-отливные волны значительны, так как возникают в больших объемах воды, соответственно и силы, с которыми приливные волны воздействуют на ледяной покров, также велики, это отражается в зонах повышенной торосистости и сжатий. При отливных явлениях деформированный лед не выносится обратно на глубоководную часть вместе с водными массами, а остается на мелководье, в заливах и бухтах Удской губы и в районе Шантарских островов, постепенно формируя малоподвижный ледяной массив, состоящий преимущественно из сильно деформированного льда.

Период максимального развития ледяного покрова в северо-западной и западной частях Охотского моря, как и на остальной его акватории, приходится на март. Этот период характеризуется максимальной толщиной ледяного покрова и его максимальной заснеженностью, что дополнительно препятствует весенним процессам разрушения ледяного покрова. В отдельные годы ледяной покров в северо-западной части Охотского моря, в районе Удской губы и Шантарских островов, сохраняется до середины лета.

Еще одним значимым фактором, влияющим на навигацию в северо-западной части моря, является процесс образования Охотско-Аянской (ориентировочно между с. Аян и Охотском) и Охотско-Тауйской (ориентировочно между Охотском и Тауйской губой) полыней [15]. Наличие этих полыней и благоприятный прогноз их существования позволяет проложить часть маршрута по открытой воде.

Однако следует учитывать, что полыньи образуются в результате динамических процессов, а значит, учитывая особенности рассматриваемого района, за пределами полыньи ожидаемы области повышенной деформации ледяного покрова, что может, наоборот, создать дополнительные трудности при движении во льдах на подходах к полынье.

Зимнее плавание в северной части Охотского моря до навигации 2024/25 г.

Портов в Охотском море, а следовательно, и пунктов назначения для плавания судов немного. Наибольшими из них являются порт Москальво в Сахалинском заливе, порт Магадан в Тауйской губе, порт Охотск в северной части моря и порты Корсаков и Поронайск в заливе Терпения. Остальные порты, портовые и погрузочно-разгрузочные пункты представляют собой естественные или искусственные гавани для малых судов; грузовые операции в них в основном производятся на рейдах. До сезона 2024/25 г. зимняя навигация в период максимального развития ледяного покрова в Охотском море осуществлялась лишь вдоль восточного берега о. Сахалин и в порт Магадан. Отдельные рейсы изредка осуществлялись зимой в порты Охотск и Эвенск. Большое количество рыболовных судов сосредотачивается каждую зиму вдоль кромки ледяного покрова в местах промысла рыбы и краба.

В северо-западной и западной частях Охотского моря, то есть в районе Шантарских островов и северного шельфа Сахалина, условия ледового плавания изучены слабо ввиду сложных ледовых условий и, как следствие, отсутствия активного судоходства в зимне-весенний период. Из эпизодических данных известно, что в районе северного шельфа Сахалина ледяной покров имеет повышенную торосистость (3–4 балла), сильно заснежен, часто наблюдаются сжатия [16].

Для понимания рисков судоходства в районе северного шельфа Сахалина достаточно вспомнить ситуацию, сложившуюся зимой 2010/11 г. 30 декабря 2010 г. попали в ледовый плен около 10 судов, которые укрывались в Сахалинском заливе от шторма. Большая часть из них смогла самостоятельно выйти на открытую воду, однако транспортный рефрижератор «Берег надежды», плавбазу «Содружество» и научно-исследовательское судно «Профессор Кизеветтер» (суда без ледового класса) пришлось вызволять с помощью двух ледоколов. Для проведения спасательной операции первым к месту блокады отправилось спасательное судно «Ирбис», однако дальше ледовой кромки оно продвинуться не смогло. На помощь судам также был направлен ледокол «Магадан», но из-за большой толщины ледяного покрова он был вынужден постоянно менять курс, двигаясь со скоростью 2,5 уз. По свидетельствам очевидцев, толщина восторошенного льда достигала 2 м, и мощности ледокола оказалось недостаточно для его преодоления. Приняв во внимание сложность ледовых условий, Дальневосточным морским пароходством было принято решение вызвать в этот район более мощные ледоколы «Адмирал Макаров» и «Красин» из Татарского пролива. Операция по спасению судов продлилась месяц. Последней из ледового плена была выведена плавбаза «Содружество». Выведение было организовано следующим образом: «Адмирал Макаров» пробивал канал во льду, а «Красин» вел за собой плавбазу на «усах». При этом отмечалось, что в некоторых случаях за сутки каравану удавалось пройти всего лишь несколько сотен метров. Спасательная операция продлилась до 31 января 2011 г. и обошлась в 5 миллионов долларов¹.

Также известен случай попадания судна в ледовый плен в районе Шантарских островов. 4 января 2022 г. сухогруз «Григорий Ловцов» зажал во льдах, в связи с чем возникла опасность повреждения корпуса судна и гибели экипажа. Для спасения людей Главным управлением МЧС по Хабаровскому краю к месту аварии был направлен вертолет. По завершении спасательной операции судно продолжило дрейф во льдах Охотского моря без экипажа. Рассказ очевидцев свидетельствует, что судно притерло к льдине. Лед был довольно хрупкий, и именно это представляло главную опасность. Лед откалывался, бил судно по корпусу и примерзал к борту².

Результаты и обсуждение

Зимне-весеннюю ледовую навигацию 2024/25 г. можно разделить на несколько ключевых периодов.

С начала ледообразования до середины января 2025 г. плавание судов всех ледовых классов (в том числе и Ice1–Ice3) в порт Эльга осуществлялось самостоятельно, без сопровождения ледоколов, по кратчайшему южному варианту плавания. В этот период в северо-западной и западной частях Охотского моря преобладал серый и серо-белый лед толщиной до 30 см. В отдельных зонах толщина льда была выше, но количество этого льда было невелико. Средняя скорость судов составила около 9,2 уз. при движении во льдах (рис. 1).

Однако даже в этот относительно благоприятный для судоходства период в Удской губе произошла опасная ситуация с китайским сухогрузом “XING GUANG 68” (ледовый класс Ice3) во время его ожидания захода в порт (рис. 2).

¹ См.: Редакция «Вести.Ру». Режим доступа: <https://www.vesti.ru/article/2129759> (дата обращения: 28.05.2026).

² См.: Редакция «Вести.Ру». Режим доступа: <https://www.vesti.ru/article/2660691> (дата обращения: 28.05.2026).

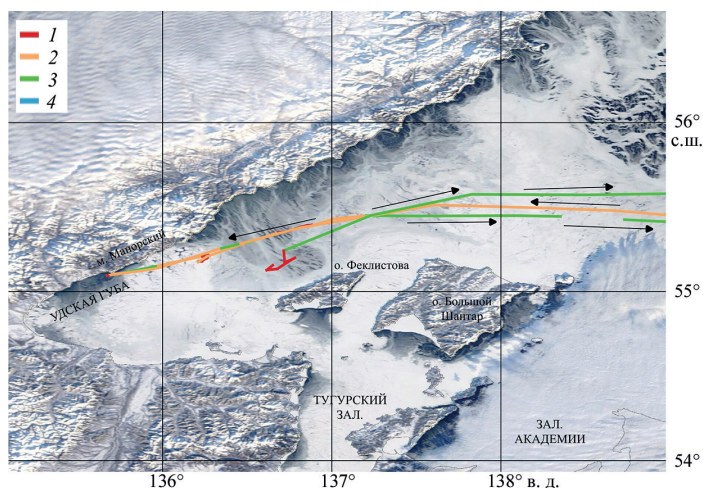


Рис. 1. Маршруты плавания судов ледового класса Arc4 и Ice1–Ice3 в период безледокольного плавания до середины января 2025 г. Маршруты наложены на спутниковый снимок в видимом диапазоне MODIS от 09.01.2025.

Скорость судна: 1 — от 0 до 4 уз., 2 — от 4 до 8 уз., 3 — от 8 до 12 уз., 4 — более 12 уз.

Fig. 1. Navigation routes of Arc4 and Ice1–Ice3 ice-class vessels during the icebreaker-free navigation period until mid-January 2025. The routes are placed on the MODIS visible-range satellite image from January 9, 2025.

Vessel speed: 1 — from 0 to 4 knots, 2 — from 4 to 8 knots, 3 — from 8 to 12 knots, 4 — more than 12 knots

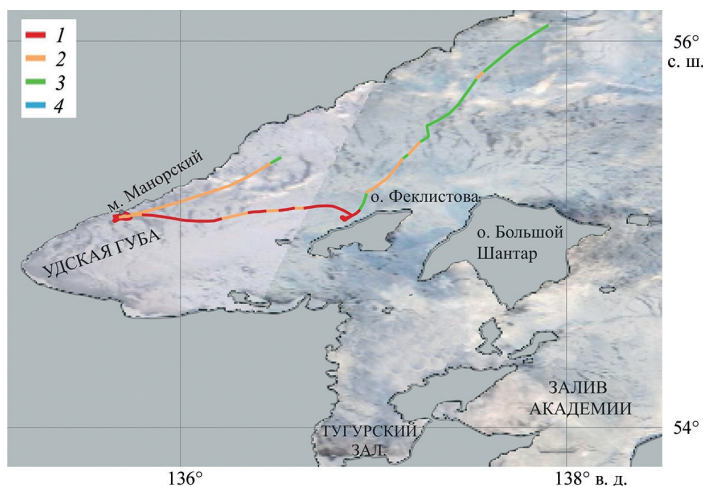


Рис. 2. Маршруты дрейфа китайского сухогруза “XING GUANG 68” к острову Феклистова и вывода сухогруза ледоколом «Москва» из ледового плена в порт Эльга 01–02.01.2025. Маршруты наложены на спутниковый снимок в видимом диапазоне MODIS от 01.01.2025.

Скорость судна: 1 — от 0 до 4 уз., 2 — от 4 до 8 уз., 3 — от 8 до 12 уз., 4 — более 12 уз.

Fig. 2. The drift routes of the Chinese bulk carrier XING GUANG 68 to Feklistov Island and the release of the carrier by the icebreaker Moskva from ice captivity to the port of Elga on January 1–2, 2025. The routes are placed on the MODIS satellite image in the visible range from January 1, 2025.

Vessel speed: 1 — from 0 to 4 knots, 2 — from 4 to 8 knots, 3 — from 8 to 12 knots, 4 — more than 12 knots

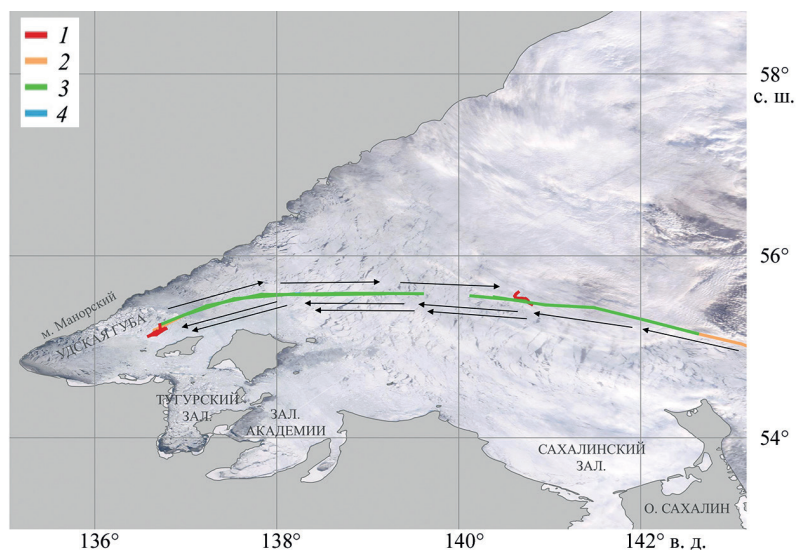


Рис. 3. Маршрут движения судна ледового класса Arc4 под проводкой ледокола 12–14.01.2025. Маршрут наложен на спутниковый снимок в видимом диапазоне MODIS от 15.01.2025. Скорость судна: 1 — от 0 до 4 уз., 2 — от 4 до 8 уз., 3 — от 8 до 12 уз., 4 — более 12 уз.

Fig. 3. The route of the Arc4 ice class vessel under the escort of the icebreaker Sankt Peterburg from January 12–14, 2025. The routes are placed on the MODIS satellite image in the visible range from January 15, 2025.

Vessel speed: 1 — from 0 to 4 knots, 2 — from 4 to 8 knots, 3 — from 8 to 12 knots, 4 — more than 12 knots

Лед в районе Шантарских островов, несмотря на небольшую толщину, подвержен значительной приливной динамике, в результате которой серый и серо-белый лед торосится и наслаивается, формируя труднопроходимую, вязкую массу, дополнительно усиленную сжатиями. В период 1–2 января 2025 г. описанные процессы привели к неконтролируемому дрейфу сухогруза “XING GUANG 68” в направлении острова Феклистова. Для вывода судна из зоны опасной близости с берегом и сложных ледовых условий понадобилась помощь л/к «Москва», который экстренно прибыл в Удскую губу из северной части моря.

Второй период зимней навигации — с середины января по конец января 2025 г. — характеризуется необходимостью ледокольной проводки для судов ледовых классов Ice2, Ice3 и Arc4. Главным образом это обусловлено увеличением количества однолетнего тонкого льда (30–70 см), появлением отдельных полей и их обломков, сформированных в основном за счет процессов наслоения. Во время второго этапа навигации в северо-западную часть Охотского моря прибыл ледокол «Санкт-Петербург» и осуществил первую ледовую проводку судна ледового класса Arc4 14–15.01.2025. Средняя скорость судов составила около 10,4 уз. при движении во льдах (рис. 3).

До конца января суда следовали южным вариантом плавания, поскольку ледовые условия позволяли выбирать кратчайший путь для преодоления ледяного массива.

Третий период — с конца января по начало марта. В конце января ухудшение условий ледового плавания в южной части исследуемого района заставило судоводителей выбирать *центральный вариант плавания*, в обход зон наиболее сплоченного и толстого деформированного льда (рис. 4).

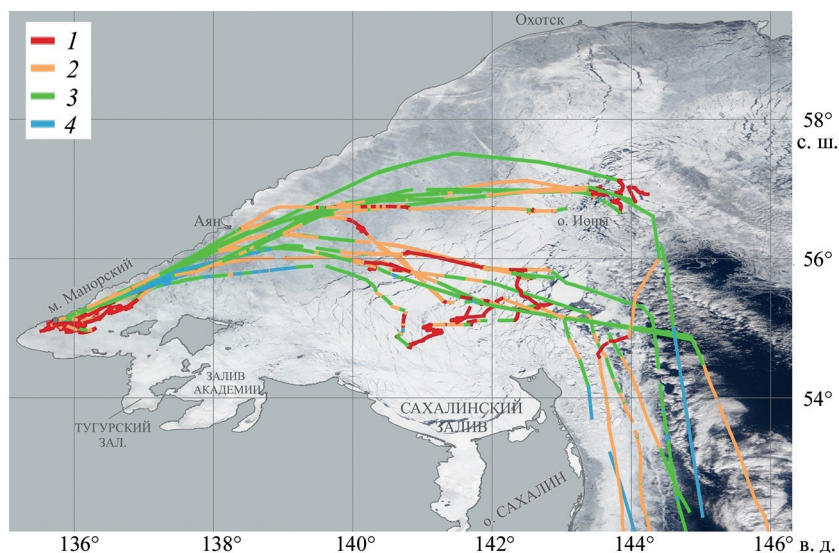


Рис. 4. Маршруты плавания судов в порт Эльга в сопровождении одного ледокола «Санкт-Петербург» или «Капитан Драницын» по центральному и северному вариантам плавания за период с 28 января по 6 марта. Маршруты наложены на спутниковый снимок в видимом диапазоне MODIS от 28.02.2025.

Скорость судна: 1 — от 0 до 4 уз., 2 — от 4 до 8 уз., 3 — от 8 до 12 уз., 4 — более 12 уз.

Fig. 4. Ship routes to the port of Elga, escorted by one icebreaker Sankt Peterburg or Kapitan Dranitsyn, along the central and northern navigation routes for the period from January 28 to March 6. The routes are placed on the MODIS visible satellite image from February 28, 2025.

Vessel speed: 1 — from 0 to 4 knots, 2 — from 4 to 8 knots, 3 — from 8 to 12 knots, 4 — more than 12 knots

При движении судов северными маршрутами наблюдалось значительное понижение скоростей вблизи порта Эльга, это привело к тому, что средняя скорость на маршрутах значительно сократилась до 5,9 уз. Если не учитывать данные низкие скорости, которые, вероятно, были связаны с техническими условиями, а не ледовыми, то средняя скорость по маршруту составила 9,3 уз.

Южные маршруты имели трудности на протяжении всего пути, поэтому средняя скорость составила около 7,3 уз.

Четвертый период — с начала марта по конец первой декады апреля. По мере развития и осложнения ледовой обстановки во всей северо-западной части Охотского моря появилась необходимость *проводки судов одновременно двумя ледоколами*. В этот период суда двигались как по центральному, так и по северному вариантам плавания (рис. 5).

На рис. 5 можно выделить две ветви — более северную и центральную. Средняя скорость северного маршрута составила 8,4 уз., центрального — около 9,3 уз.

Пятый период — с 10 апреля по вторую половину мая. Этот период характеризуется как наиболее тяжелый с точки зрения навигации. Движение судов в северо-западной части Охотского моря было практически *остановлено*. С 10 по 20 апреля ледоколы «Санкт-Петербург» и «Капитан Драницын» совершили самостоятельные плавания к кромке морского льда по центральному маршруту, и в дальнейшем, после

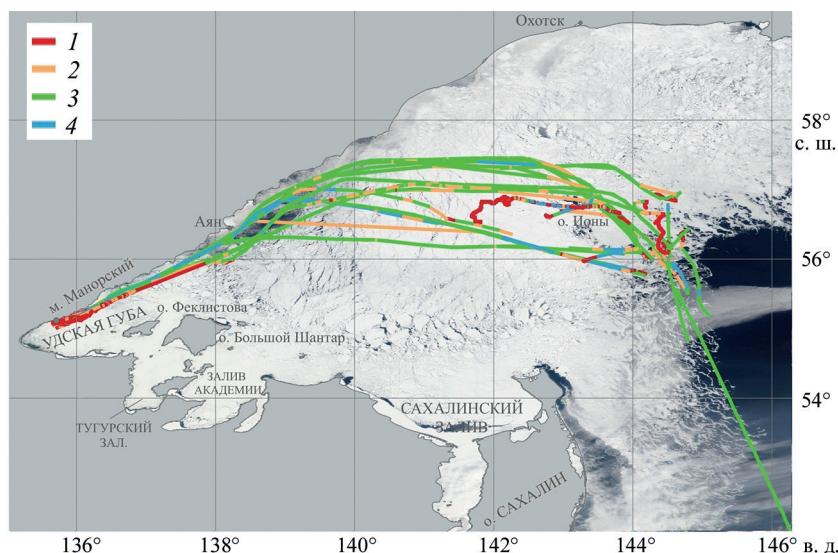


Рис. 5. Маршруты плавания судов в порт Эльга в сопровождении одновременно двух ледоколов «Санкт-Петербург» и «Капитан Драницын» по центральному и северному варианту плавания за период с 6 марта до 9 апреля. Маршруты наложены на спутниковый снимок в видимом диапазоне MODIS от 03.04.2025.

Скорость судна: 1 — от 0 до 4 уз., 2 — от 4 до 8 уз., 3 — от 8 до 12 уз., 4 — более 12 уз.

Fig. 5. Ship routes to the port of Elga, escorted by two icebreakers Sankt-Peterburg and Kapitan Dranitsyn along the central and northern navigation routes for the period from March 6 to April 9. The routes are placed on the MODIS satellite image in the visible range from April 3, 2025.

Vessel speed: 1 — from 0 to 4 knots, 2 — from 4 to 8 knots, 3 — from 8 to 12 knots, 4 — more than 12 knots

20 апреля, оба ледокола работали в районе порта Эльга. Несколько грузовых судов были вынуждены лечь в дрейф практически на полтора месяца. На рис. 6 показаны траектории дрейфа этих судов.

Остановка вывоза грузов из порта Эльга с начала первой декады апреля обусловлена тяжестью условий ледового плавания на относительно небольшом участке в Удской губе на подходах к порту Эльга. Анализ спутниковых изображений показал, что в этом районе скапливаются сильно восторженные и наслоенные льды вследствие интенсивных динамических ледовых процессов, образуется труднопроходимая ледовая зона, перекрывающая подход к порту. С конца первой декады апреля произошел переход температуры воздуха от отрицательных значений к положительным, и во льдах начались интенсивные процессы термометаморфических изменений.

В сплоченных деформированных льдах при положительной температуре воздуха и солнечной радиации, которая воздействует на лед даже при наличии облачности, на начальном этапе происходит интенсивное таяние снега на льду. Талая вода, стекая вниз, заполняет стыки блоков в торосах, где замерзает, цементируя разрозненные куски в парусе тороса и на нижней границе консолидированного слоя в его киле. Часть талой воды, достигая границы снег–лед на более ровных участках льда, скапливается на этой границе и частично замерзает, увеличивая толщину льда сверху. После исчезновения снега на поверхности льда эти процессы продолжают с образованием талой воды при плавлении поверхностных слоев льда. Часть льда

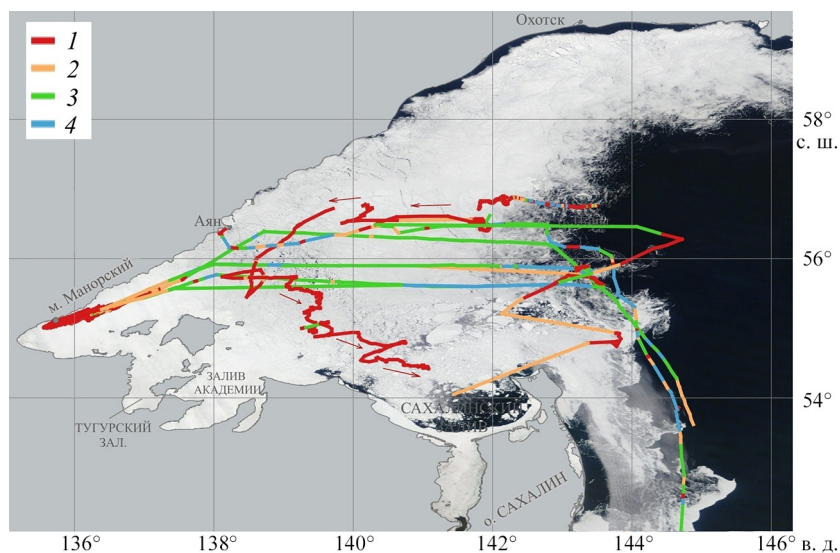


Рис. 6. Дрейф грузовых судов (отмечен красными стрелками) с 10 апреля по вторую половину мая в период формирования непроходимых льдов для судов ледового класса Arc5–Arc4 и ниже, даже в сопровождении двух ледоколов, на пути к порту Эльга. Маршруты наложены на спутниковый снимок в видимом диапазоне MODIS от 21.04.2025.

Скорость судна: 1 — от 0 до 4 уз., 2 — от 4 до 8 уз., 3 — от 8 до 12 уз., 4 — более 12 уз.

Fig. 6. Cargo ship drift on the route to the port of Elga from April 10 to late May during the formation of impassable ice for ships of ice class up to Arc4 even with two icebreaker escorts. The routes are placed on the MODIS visible satellite image from April 21, 2025.

Vessel speed: 1 — from 0 to 4 knots, 2 — from 4 to 8 knots, 3 — from 8 to 12 knots, 4 — more than 12 knots

испаряется, часть разрушается на отдельные кристаллы, которые частично тают, а частично перекристаллизовываются. В результате этих процессов деформированные участки льда становятся более цельными по своей структуре.

На рис. 6 четко видны три типа маршрута, средняя скорость на которых составила: 10,9 уз. на северном и 8,0 уз. на южном. Дрейф судов значительно изменил значение скоростей на центральном маршруте — общая средняя скорость составила 4,4 уз., но если не учитывать вероятный технический дрейф, то скорость увеличивается до 9,0 уз.

Ровные куски плавучего льда, прогреваясь по толщине, опресняются, что порождает сеть стоковых солевых каналов, пронизывающих лед сверху донизу. Ослабевают межкристаллические связи, и лед становится более чувствительным к внешним воздействиям. При волнении и при ударах льдин друг о друга происходит разрушение льда на отдельные небольшие фрагменты, что приводит к образованию ледяной каши.

Сложный гидрологический режим северо-западной и западной частей Охотского моря, связанный с наличием стока пресных вод суши, стока талых вод с поверхности льда, и открытые ото льда пространства с возможностью возникновения волнения порождают условия для образования шугового льда и возникновения облипания судов.

Все эти процессы изменяют состояние льда в весенний период, что необходимо учитывать при разработке маршрутов плавания.

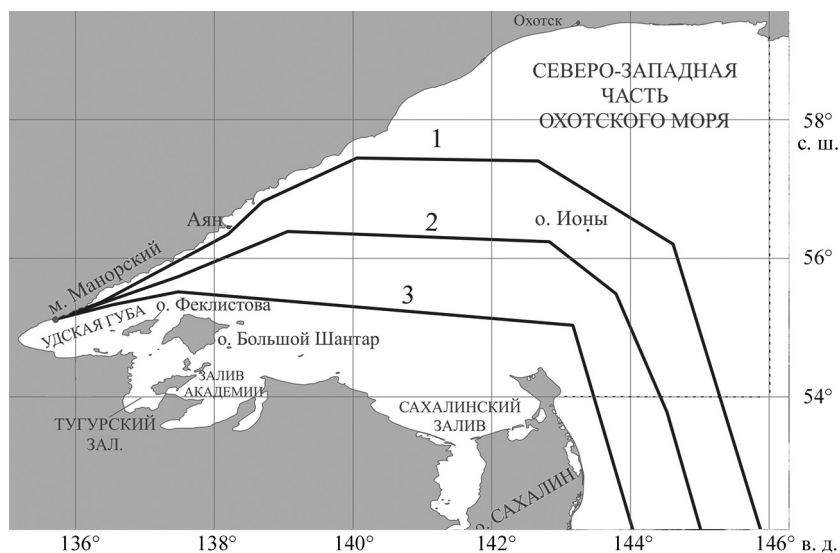


Рис. 7. Оптимальные варианты плавания в северо-западной части Охотского моря от кромки льдов в порт Эльга по итогам навигации 2024/25 г.: 1 — северный, 2 — центральный, 3 — южный
 Fig. 7. Optimal navigation routes in the northwestern part of the Sea of Okhotsk from the ice edge to the Port of Elga during the navigation of 2024/25: 1 — northern, 2 — central, 3 — southern

Подобная ситуация, когда суда почти два месяца не могли двигаться во льдах без угрозы безопасности и экономической рентабельности, является наиболее частой для Удской губы. Исходя из анализа спутниковых снимков в видимом диапазоне MODIS с 2000 г. по настоящее время в большинстве сезонов в апреле-мае на подходах к порту Эльга формируются неблагоприятные условия ледового плавания для движения судов ледового класса Arc5–Arc4 в сопровождении ледоколов. В некоторые годы, как, например, в 2014, 2019 и в 2020 гг., труднопроходимая ледовая зона преграждает путь к порту, однако динамика ледяного покрова такова, что она постоянно перемещается между материковым побережьем и Шантарскими островами, образуя так называемую «ледовую реку» со скоростью движения ледяного поля до 4 уз. В период смещения льда к Шантарским островам вдоль материкового побережья образуется пространство чистой воды, через которое можно беспрепятственно пройти к порту. Наконец, в редких случаях, как, например, в 2003 и в 2018 гг., весь лед в период весенних термометаморфических изменений оказывается прижат к Шантарским островам и практически не препятствует проходу судов в порт, лишь изредка на несколько дней смещаясь в сторону материкового побережья. Таким образом, в данный период, когда начинается весеннее повышение температуры воздуха (апрель–май), морской лед на подходах к порту Эльга становится основным препятствием для плавания судов. В этот период особенно важны долгосрочные прогнозы условий ледового плавания, которые позволят планировать морские операции для их максимальной эффективности и безопасности.

В данном исследовании представлены маршруты плавания, которые были выбраны судоводителями с учетом наилегчайшей ледовой обстановки в районе и технических характеристик судов, то есть оптимальные маршруты плавания. При долгосрочном планировании морских операций разрабатываются оптимальные варианты

плавания. Оптимальный вариант плавания, согласно ГОСТ Р 72039-2025 (<https://docs.cntd.ru/document/1312676377>), — это наиболее безопасный и надежный и, возможно, наиболее экономически эффективный по совокупности возможных (альтернативных) путей следования судна в ледяном покрове, учитывающий направление движения относительно географических ориентиров с указанием начального, конечного и промежуточных пунктов, технических характеристик судна, в том числе ледопроеходимости, а также оценок времени движения в течение определенного временного промежутка, обусловленного устойчивостью крупномасштабных термодинамических природных процессов. То есть фактически оптимальный вариант плавания показывает основное направление и «коридор» движения судна, в пределах которого уже на основе краткосрочных прогнозов и текущего развития ледовой обстановки выбирается конкретный маршрут плавания. По итогам первой круглогодичной навигации 2024/25 г. в северо-западной и западной частях Охотского моря можно впервые предварительно выделить три основных оптимальных варианта плавания: южный, центральный и северный (рис. 7).

В дальнейшем, с накоплением данных об особенностях зимней навигации в последующие зимние сезоны, оптимальные варианты плавания, обозначенные на рис. 7, будут уточняться.

Заключение

Непрерывный мониторинг деталей первой зимней навигации в северо-западной и западной частях Охотского моря позволил выявить некоторые особенности формирования и развития ледяного покрова в исследуемом районе:

— в отдельных локальных районах сложные навигационные условия могут сложиться даже на этапе осенних процессов формирования ледяного покрова, в то время как на остальной акватории суда движутся без ледокольной проводки;

— на определенном этапе развития ледовой обстановки движение стандартным (кратчайшим) маршрутом может стать экономически невыгодным или даже невозможным, и суда могут быть вынуждены двигаться более северным маршрутом, который длиннее на 20–30 %;

— возможно формирование таких ледовых условий, при которых движение судов из района порта Эльга или на подходах к нему становится практически невозможным;

— период разрушения ледяного покрова в данном районе также может характеризоваться процессами, заметно осложняющими движение судов, связанными с изменением структуры ледяного покрова на фоне весеннего метаморфизма.

Вышеописанные особенности ледового режима для навигации, наряду с изменяющимися периодами существования полыней, механизмами очищения акватории ото льда, периодами, когда необходимо участие в проводке судов двух ледоколов, являясь типичными для данного района, характеризуются высокой пространственно-временной изменчивостью.

На основе маршрутов плавания судов по данным АИС и особенностям условий ледового плавания, полученным по спутниковым данным, были впервые представлены оптимальные варианты ледового плавания из порта Эльга к восточной кромке льдов, которые в дальнейшем будут уточняться по мере накопления информации из последующих сезонов.

Основной вывод проведенного исследования заключается в необходимости постоянного мониторинга условий ледового плавания и ведения специальных ледовых

наблюдений с борта судна для своевременного прогнозирования условий ледового плавания в целях повышения качества специального гидрометеорологического обеспечения судов в ходе морских операций.

Расширение сроков навигации в российских арктических и дальневосточных морях является важнейшей экономической и стратегической задачей. Первая круглогодичная навигация в ранее не изученном районе — это важнейшее событие, которое требует тщательного изучения для дальнейшего развития специализированного гидрометеорологического обеспечения и планирования морских операций. Ежегодный мониторинг условий ледового плавания и особенностей судоходства в северо-западной и западной частях Охотского моря позволит в дальнейшем разработать стандартные маршруты ледового плавания, которых в настоящее время для данного района не существует.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Финансирование. Анализ данных АИС и условий ледового плавания проводился в рамках НИТР 5.1 Росгидромета на 2025–2029 гг. «Развитие моделей, методов и технологий мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы, океана, морского ледяного покрова, ледников и вечной мерзлоты, процессов взаимодействия льда с природными объектами и инженерными сооружениями для Арктики». Анализ спутниковых данных проводился в рамках темы государственного задания Института космических исследований РАН «Мониторинг», гос. регистрация № 126031818938-6.

Competing interests. The authors have declared that there are no competing interests.

Funding. The analysis of AIS data and ice navigation conditions was conducted within the framework of Roshydromet's Research and Development Program 5.1 for 2025–2029, "Development of Models, Methods, and Technologies for Monitoring and Forecasting the State of the Atmosphere, Ocean, Sea Ice Cover, Glaciers, and Permafrost, and the Processes of Ice Interaction with Natural Objects and Engineering Structures for the Arctic". The satellite data analysis was conducted within the framework of the state assignment of the Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences "Monitoring", state registration No. 126031818938-6.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Tateyama K., Enomoto H. Observation of sea-ice thickness fluctuation in the seasonal ice-covered area during 1992–99 winters. *Annals of Glaciology*. 2001;33(1):449–456. <https://doi.org/0.3189/172756401781818707>
2. Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А. Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей. *Вестник РАН*. 2015;85(3):209–217. <https://doi.org/10.7868/S0869587315010119>
Minervin I.G., Romanyuk V.A., Pishchal'nik V.M., Truskov P.A., Pokrashenko S.A. Zoning the ice cover of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan. *Her. Russ. Acad. Sci.* 2015;85:132–139. <https://doi.org/10.1134/S1019331615010049>
3. Pishchalnik V.M., Truskov P.A., Romanyuk V.A., Minervin I.G. Interannual variability of ice volume in the sea of Okhotsk during the maximum development of ice extent for 2000–2020. *Cold Regions Science and Technology*. 2021;189:103326. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2021.103326>
4. Sato Y., Nakayama K., Tateyama K., Komai K. Sea ice and waves in the Sea of Okhotsk from 1989 to 2012. *Cold Regions Science and Technology*. 2024;223:104219. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2024.104219>
5. Strokova L. Landslide susceptibility zoning in surface coal mining areas: a case study Elga field in Russia. *Arabian Journ. of Geosciences*. 2022;15(146). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-09314-2>
6. Макаров Е.И., Алексеева Т.А., Саперштейн Е.Б. Диагностирование динамики ледового покрова Арктики для идентификации и прогноза опасных ледовых явлений для судоходства. *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2024;Специальный выпуск 1:160–167.

- Makarov E.I., Alekseeva T.A., Sapershtein E.B. Diagnosis of dynamics of the arctic sea ice cover to identify and forecast dangerous ice phenomena for navigation. *Transactions of the Krylov State Research Centre*. 2024;Special Issue 1:160–167. (In Russ.).
7. Саперштейн Е.Б., Макаров Е.И., Алексеева Т.А., Павлова Е.А. Новый подход в исследовании динамики ледового покрова Арктики и его практическое приложение в интересах судоходства. *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2024;Специальный выпуск 1:168–176. Sapershtein E.B., Makarov E.I., Alekseeva T.A., Pavlova E.A. New approach to Arctic ice dynamics research and its applications in Arctic shipping. *Transactions of the Krylov State Research Centre*. 2024;Special Issue 1:168–176. (In Russ.).
 8. Алексеева Т.А., Сероветников С.С., Макаров Е.И., Бородкин В.А., Ермаков Д.М., Тихонов В.В., Кузьмин А.В., Афанасьева Е.В., Котельников В.Д., Юскаев Д.Ю., Козловский Е.В. Влияние интенсивного судоходства на изменение строения и динамики ледяного покрова в юго-западной части Карского моря. *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2024;70(3):323–337. <https://doi.org/10.30758/05552648-2024-70-3-323-337>
Alekseeva T.A., Serovetnikov S.S., Makarov E.I., Borodkin V.A., Ermakov D.M., Tikhonov V.V., Kuzmin A.V., Afanasyeva E.V., Kotelnikov V.D., Yuskaev D.Y., Kozlovsky E.V. The influence of heavy shipping traffic on the structure and dynamics of sea ice in the southwestern Kara Sea. *Arctic and Antarctic Research*. 2024;70(3):323–337. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/05552648-2024-70-3-323-337>
 9. Алексеева Т.А., Сероветников С.С., Бородкин В.А., Макаров Е.И., Афанасьева Е.В., Котельников В.Д., Козловский Е.В., Вибе А.А. Необходимость изменения подходов к изучению морского льда вследствие техногенного влияния на ледяной покров в районах интенсивного судоходства. *Транспортные системы*. 2025;4(38):34–37.
Alekseeva T.A., Serovetnikov S.S., Borodkin V.A., Makarov E.I., Afanasyeva E.V., Kotelnikov V.D., Kozlovsky E.V., Vibe A.A. The need to change approaches to the study of sea ice due to the anthropogenic impact on ice cover in areas of intensive shipping. *Transportnyye sistemy* = *Transport systems*. 2025;4(38):34–37. (In Russ.).
 10. Kowalik Z., Polyakov I. Tides in the Sea of Okhotsk. *Physical Oceanography*. 1998;28(7): 1389–1409. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1998\)028<1389:titsoo>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1998)028<1389:titsoo>2.0.co;2)
 11. Шевченко Г.В., Романов А.А. Определение характеристик прилива в Охотском море по данным спутниковой альтиметрии. *Исследование Земли из космоса*. 2004;1:49–62.
Shevchenko G.V., Romanov A.A. Tides characteristics in the sea of Okhotsk definition from Topex/Poseidon sea level data. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* = *Earth research from space*. 2004;1:49–62. (In Russ.).
 12. Шевченко Г.В., Романов А.А. Энергетические характеристики приливных и непериодических колебаний уровня Охотского моря по данным спутниковой альтиметрии. *Исследование Земли из космоса*. 2008;6:67–76.
Shevchenko G.V., Romanov A.A. Energetic characteristics of tidal and residual level oscillations in the Okhotsk Sea from satellite altimetry data. *Issledovaniye Zemli iz kosmosa* = *Earth research from space*. 2008;6:67–76. (In Russ.).
 13. Фролов С.В. Основные закономерности распределения характеристик ледяного покрова и их влияние на движение ледокола в Арктическом бассейне в летний период (по данным высокоширотных плаваний). *Тр. ААНИИ*. 1997;437:83–98.
Frolov S.V. Main patterns of distribution of ice cover characteristics and their influence on icebreaker movement in the Arctic basin in summer (based on high-latitude voyages). *Trudy AANII* = *Transactions of AARI*. 1997;437:83–98. (In Russ.).
 14. *Лоция Охотского моря. Вып. 2. Северная часть моря*. СПб.: Управление навигации и океанографии министерства обороны РФ; 2021. 344 с.
 15. Думанская И.О. *Ледовые условия морей Азиатской части России*. М: ФГБУ «Гидрометцентр России»; 2017. 639 с.
 16. *Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. IX (Охотское море). Вып. 1. Гидрометеорологические условия*. СПб.: Гидрометеиздат; 1998. 342 с.