DOI: 10.25283/2223-4594-2025-4-628-636
УДК 551.467

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СПЛОЧЕННОСТИ, ВОЗРАСТА И ТОЛЩИНЫ ЛЬДА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ ПО ДАННЫМ СПЕЦИАЛЬНЫХ СУДОВЫХ ЛЕДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Е. В. Козловский[1], Т. А. Алексеева[1,2], С. С. Сероветников[1], В. Т. Соколов[1]

[1] Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

[2] Институт космических исследований РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 11 июня 2025 г.

Для цитирования

Козловский Е. В., Алексеева Т. А., Сероветников С. С., Соколов В. Т. Изменчивость сплоченности, возраста и толщины льда в летний период в арктическом бассейне по данным специальных судовых ледовых наблюдений // Арктика: экология и экономика. — 2025. — Т. 15, № 4. — С. 628—636. — DOI: 10.25283/2223-4594-2025-4-628-636.

Приводятся результаты обработки специальных судовых наблюдений за ледяным покровом в арктическом бассейне, выполненных по маршруту от архипелага Земля Франца-Иосифа до Северного полюса в летний сезон 2024 г. Представлено широтное распределение сплоченности льдов по пути движения атомного ледокола «50 лет Победы» к Северному полюсу. Получены результаты оценки толщины и возрастного состава ровного льда (вне торосистых образований) по данным визуальных наблюдений, а также с помощью судового телевизионного комплекса.

Ключевые слова: *арктический бассейн, специальные судовые ледовые наблюдения, толщина морского льда, сплоченность, возраст морского льда, судовой телевизионный комплекс.*

Введение

Климат Арктики стремительно изменяется. За последние 60 лет повышение приповерхностной температуры воздуха превысило глобальную среднюю величину в два раза [1; 2]. Параллельно наблюдается масштабное сокращение морского льда Арктики, которое проявляется как в уменьшении его площади, так и в снижении толщины, причем этот процесс ускоряется с каждым годом [3].

Регулярно с 1990 г. в летний период организуются туристические рейсы по маршруту порт Мурманск — Земля Франца-Иосифа — Северный полюс. На смену атомным ледоколам «Россия», «Советский Союз» и «Ямал» в 2008 г. пришел атомный ледокол «50 лет Победы», который и поныне выполняет эту задачу. 2024 г. не стал исключением. В июле-августе были проведены три рейса к Северному полюсу. Специалисты Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) регулярно принимают участие в этих рейсах, выполняя специальные судовые ледовые наблюдения по пути движения ледокола. Участок маршрута от архипелага Земля Франца-Иосифа до Северного полюса интересен для изучения ледяного покрова из-за пересечения центральной части Трансарктического дрейфа льдов — одного из главных элементов циркуляции льдов в арктическом бассейне [4].

Совместный анализ полученных данных с результатами других экспедиций в акватории, где формируются льды, которые в дальнейшем вовле-

© Козловский Е. В., Алексеева Т. А., Сероветников С. С., Соколов В. Т., 2025

каются в Трансарктический дрейф (экспедиции NABOS (2003—2021 гг.) [5; 6]), и в акватории выноса арктических льдов в Атлантический океан (судовые и авиационные экспедиции в проливе Фрама (2001—2020 гг.) [7—9]), позволяет получить представление об изменениях динамики ледяного покрова в Арктике. Первые итоги совместного использования данных перечисленных экспедиций были представлены в [9].

Важным достижением в исследовании морского льда в последние десятилетия стало использование спутниковых снимков для оценки толщины и сплоченности морского льда арктического бассейна. Этой теме посвящено огромное количество научных работ [например, 10—12]. Хотя спутниковые технологии активно развиваются и позволяют изучать ледяной покров замерзающих морей, они не предоставляют исчерпывающей информации о всех характеристиках ледяного покрова. В летний период морской лед на спутниковых снимках в видимом диапазоне часто закрыт облаками, особенно в приполюсном районе. Радиолокационные снимки, несмотря на свою ценность, охватывают лишь фрагменты акватории, и их интерпретация, особенно летом, сопряжена с определенными сложностями. Данные спутниковой микроволновой радиометрии, несмотря на регулярность и независимость от облачности, характеризуются низкой пространственной разрешающей способностью, что делает их более подходящими лишь для определения общей площади ледяного покрова. Поэтому ежегодные круизы по одному и тому же маршруту плавания дают уникальный материал, позволяющий оценить временны́е и пространственные изменения целого ряда характеристик ледяного покрова в этом районе, которые невозможно получить с помощью данных с искусственных спутников.

Полученные в результате экспедиционных работ натурные данные полезны для исследования межгодовой изменчивости характеристик ледяного покрова в арктическом бассейне, для изучения льда как среды судоходства, для верификации моделей толщины льда и дешифрирования спутниковых снимков, для составления ледовых карт, а также для развития методов ледовых прогнозов и технологий составления навигационных рекомендаций, необходимых при гидрометеорологическом обеспечении плавания судов и ледоколов в Северном Ледовитом океане, в том числе на трассах Северного морского пути.

В данной работе описана методика проведения специальных судовых ледовых наблюдений, проиллюстрировано распределение общей сплоченности и возрастного состава льдов по пути плавания ледокола, затронута тема оценки количества однолетних и старых льдов в приполюсном районе, а также проанализирован ряд данных толщин ровного морского льда, полученный с помощью судового телевизионного комплекса.

Данные и методы

Маршрут, судно, рейсы

Летом 2024 г. были осуществлены три рейса к Северному полюсу: 4—15 июля — первый рейс, 16—26 июля — второй рейс и с 27 июля по 6 августа — заключительный третий рейс. Маршруты следования судна в таких круизах неизменны, однако могут незначительно различаться при переходе через архипелаг Земля Франца-Иосифа в зависимости от ледовой обстановки, метеоусловий, выбора мест для стоянок и высадки на берег согласно туристической программе. На рис. 1 представлены треки движения ледокола в трех рейсах за летний сезон 2024 г.

Судовые специальные ледовые наблюдения

В ходе специальных судовых ледовых наблюдений на борту атомного ледокола «50 лет Победы» проводились визуальные ледовые наблюдения. Согласно методике, разработанной в ААНИИ [13], выделяются и записываются в ледовый журнал однородные ледовые зоны. Фиксируются дата, время и координаты начала и конца отрезка пути на основании различных характеристик ледяного покрова и эксплуатационных показателей движения судна. Для каждой ледовой зоны в журнал вносятся такие характеристики, как общая сплоченность; возрастной состав, формы и виды льда, разрушенность, торосистость (в том числе средняя высота торосов), сжатия, нарушения сплошности льда, а также толщина, которая оценивается при помощи ледомерной рейки. Каждые четыре часа с судовой метеостанции снимаются температура воздуха, атмосферное давление, направление и скорость ветра, горизонтальная видимость, наблюдаемые атмосферные явления (дождь, снег, туман, дымка). Дополнительно вносятся эксплуатационные показатели движения судна — курс, средняя скорость, время работы набегами, клинения и др. Попутно ведутся наблюдения за айсбергами, а также за представителями местной фауны: белыми медведями, моржами, тюленями, песцами и некоторыми видами птиц.

Судовой телевизионный комплекс

Для обеспечения высокодетализированной оценки ледовых условий сотрудники ААНИИ с 2000-х годов прорабатывали различные варианты инструментализации процесса судовых наблюдений. Так, был разработан судовой телевизионный комплекс (СТК) [14], состоящий из основного видеорегистратора выворотов льда у борта судна с наложенной измерительной сеткой. При необходимости СТК дополняется периферическими камерами для фоторегистрации ледовых условий на пути следования судна, а также камерой высокого разрешения для детального исследования морфологии морского льда. Комплекс закрепляется на элементах конструкции судна и производит съемку контролируемых зон с заданной частотой, одновременно производя ав-

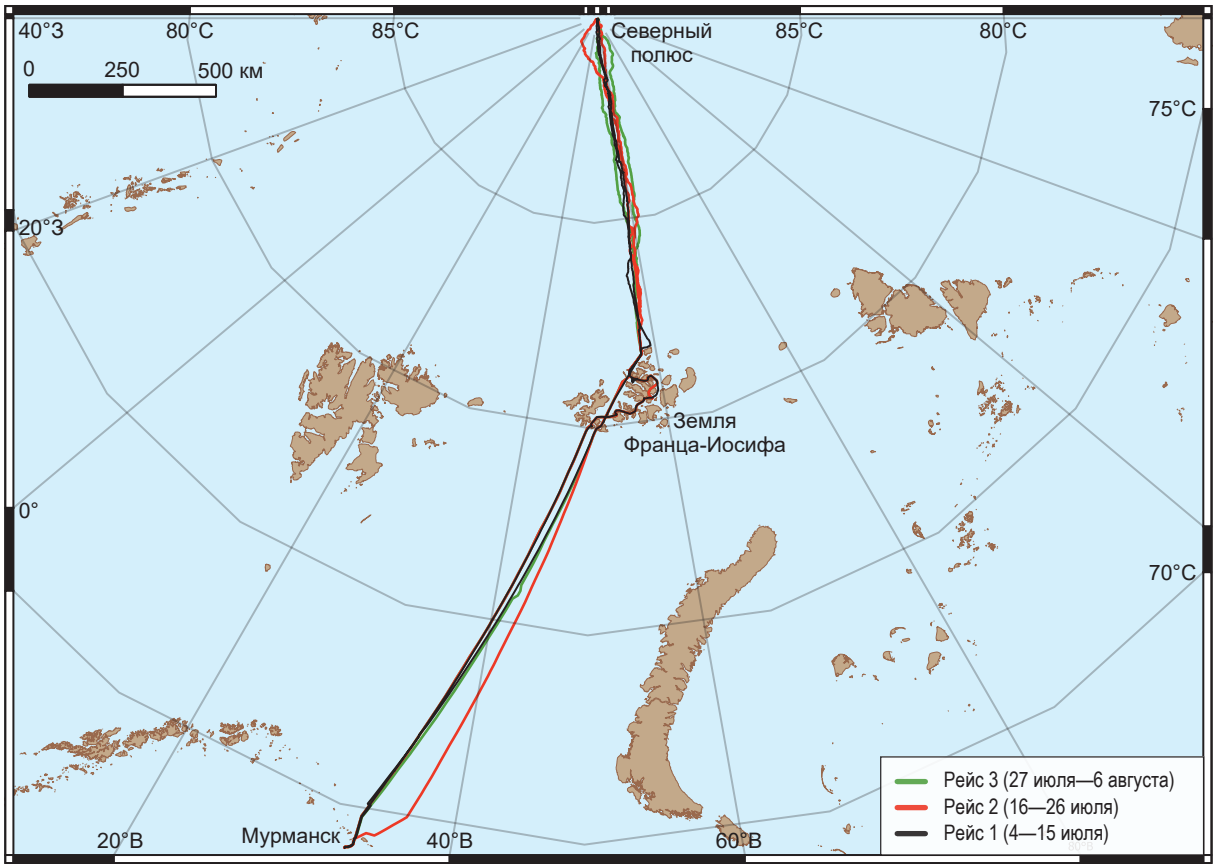


Рис. 1. Маршруты плавания атомного ледокола «50 лет Победы» в 2024 г.
Fig. 1. The routes of the nuclear icebreaker "50 Let Pobedy" in 2024

томатическую пространственно-временну́ю привязку снимков (комплекс оснащен GPS-приемником), накапливаемых на специальных носителях. Основная задача, решаемая с помощью комплекса, — проведение непрерывных круглосуточных наблюдений и устранение влияния человеческого фактора на устойчивость результатов наблюдений. В конечном счете исполнитель получает внушительный массив данных, при последующей обработке которого с помощью специального программного обеспечения оценивается толщина ровного морского льда и снежного покрова с точностью до 1 см.

Результаты и обсуждение

Анализ ледовой обстановки в арктическом бассейне в летний период 2024 г.

Летом в связи с активным таянием льдов и образованием большого количества снежниц дешифрирование возраста льда по спутниковых снимкам затруднено или вовсе невозможно, поэтому на ледовых картах в этот сезон указывается только один параметр — сплоченность. Для приблизительной оценки возрастного состава льдов в летний период 2024 г. на рис. 2А приведена обзорная ледовая карта ААНИИ (https://data.aari.ru) за 26—28 мая 2024 г., т. е. последняя карта зимне-весеннего сезона, на которой указывается возрастной состав льдов. Также на рис. 2Б—2Г представлены обзорные карты общей сплоченности льда за 7—9, 21—23 и 28—30 июля во время первого, второго и третьего рейсов атомного ледокола «50 лет Победы» к Северному полюсу.

От северной оконечности архипелага Новая Земля к северу до 83—84° с. ш. преобладали толстые (120 см и более) однолетние льды, и далее к полюсу — старые льды.

В течение месяца площадь ледяного покрова существенно уменьшилась. Архипелаг Земля Франца-Иосифа почти полностью очистился ото льда (лишь в восточной части остались районы и проливы с общей сплоченностью 1—3 балла), а кромка льдов арктического бассейна постепенно сместилась от 80° с. ш. к 82° с. ш. В третьей декаде июля на широте 83° с. ш. и севернее начали появляться разрывы и разводья, стала преобладать сплоченность 9 баллов и ниже.

▸ Рис. 2. Обзорные ледовые карты ААНИИ за 26—28 мая (А), 7—9 июля (Б), 21—23 июля (В), 28—30 июля (Г). Источник: www.aari.ru
Fig. 2. Overview ice maps of AARI for the period 26—28 May (A), 7—9 July (Б), 21—23 July (В), 28—30 July (Г). Source: www.aari.ru

А. Анализ ледовой обстановки по данным ИСЗ / Ice conditions analysis based on Satellite Data 26—28 мая 2024 г. / May 26—28, 2024

- открытая вода / open water
- нилас / nilas
- молодой / young
- однолетний / first-year (FY)
- старый / old
- отд. поле / ice floe
- припай / fast ice

Б. Анализ ледовой обстановки по данным ИСЗ / Ice conditions analysis based on Satellite Data 07—09 июля 2024 г. / July 07—09, 2024

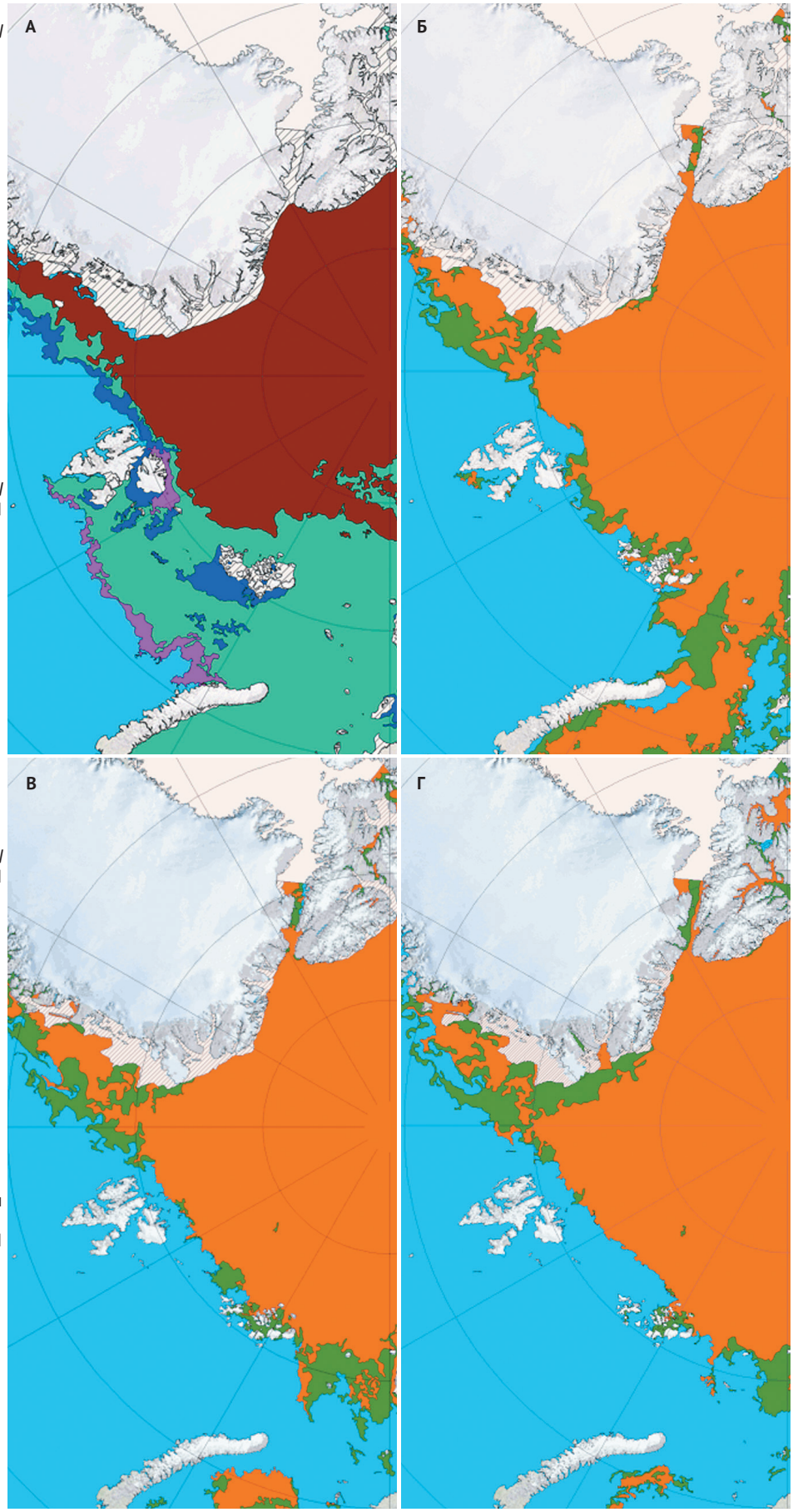
- открытая вода / open water
- 1/10—6/10
- 7/10—10/10
- отд. поле / ice floe
- припай / fast ice

В. Анализ ледовой обстановки по данным ИСЗ / Ice conditions analysis based on Satellite Data 21—23 июля 2024 г. / July 21—23, 2024

- открытая вода / open water
- 1/10—6/10
- 7/10—10/10
- отд. поле / ice floe
- припай / fast ice

Анализ ледовой обстановки по данным ИСЗ / Ice conditions analysis based on Satellite Data 28—30 июля 2024 г. / July 28—30, 2024 г.

- открытая вода / open water
- 1/10—6/10
- 7/10—10/10
- отд. поле / ice floe
- припай / fast ice



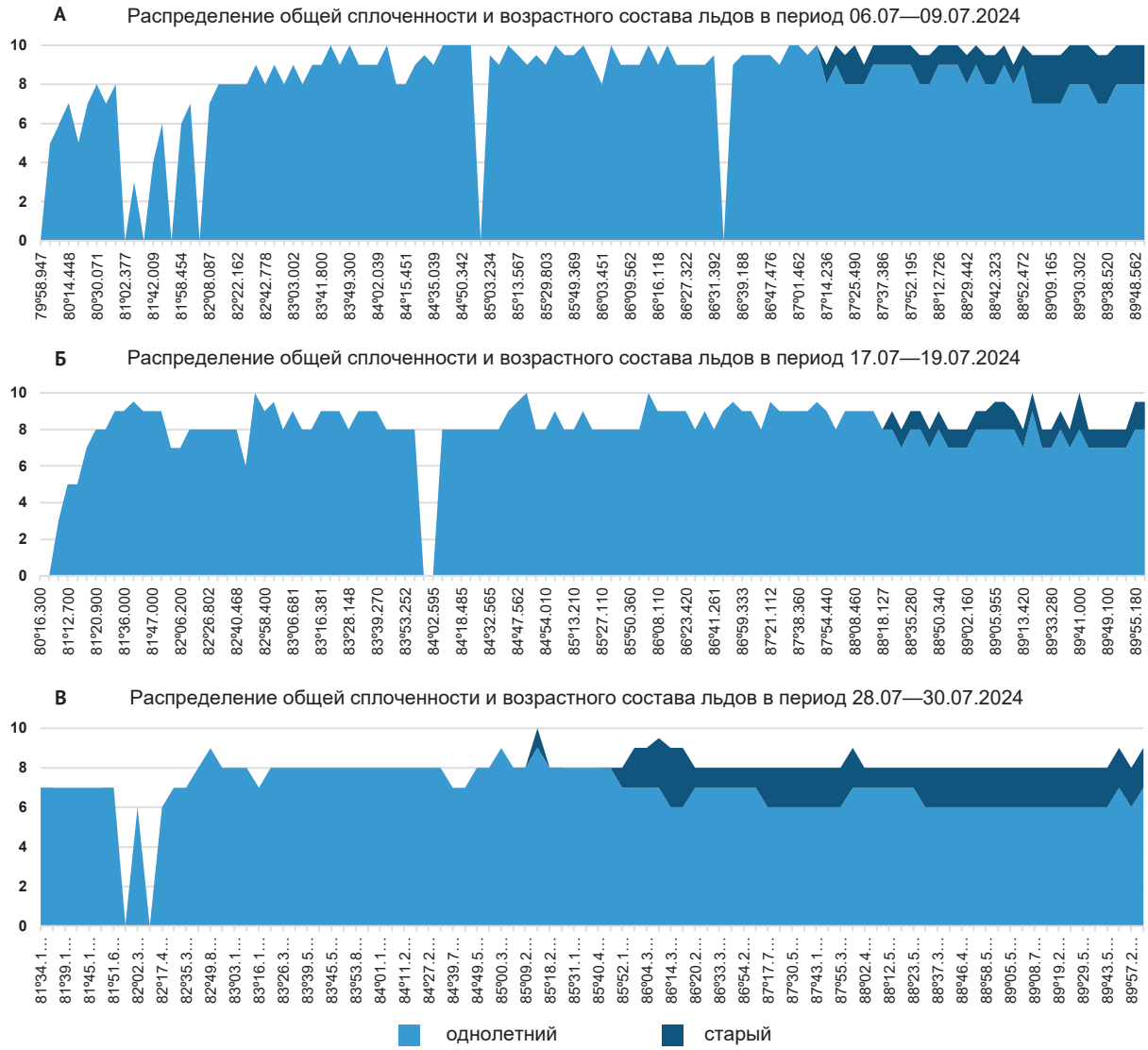


Рис. 3. Широтное распределение сплоченности однолетних и старых льдов (в баллах) по пути атомного ледокола «50 лет Победы» до Северного полюса 40,0° и 60,0° в. д. в первом (А), втором (Б) и третьем (В) рейсах 2024 г. по данным визуальных наблюдений

Fig. 3. Latitudinal distribution of first-year and old ice concentration (in points) along the route of the nuclear icebreaker "50 Let Pobedy" to the North Pole 40.0° and 60.0° E in the first (A), second (Б) and third (B) voyages of 2024 based on visual observations

Изменение распределения общей сплоченности и возрастного состава льдов по пути плавания ледокола за каждый рейс в отдельности представлены на рис. 3.

Если во время первого круиза (с 6 по 9 июля) разреженные льды встречались на подходе к архипелагу Земля Франца-Иосифа, то в третьем (с 28 по 30 июля) кромка сместилась на север до 81,5° с. ш.

На изменение соотношения однолетних и старых льдов по пути плавания между Землей Франца-Иосифа и Северным полюсом влияют как дрейф льда, так и процессы летнего таяния. В то же время в процессе таяния в течение лета однолетние тонкие льды вытаивают в первую очередь, поэтому к концу июля обычно уменьшается количество однолетних льдов относительно старых.

Ледяной покров по маршруту Земля Франца-Иосифа — Северный полюс характеризовался в большей степени сплоченными льдами (8—9 баллов), низкой торосистостью (1—2 балла), большим количеством нарушений сплошности льда (разводья, трещины, разрывы) и малым количеством старых льдов (в табл. 1 приведено процентное соотношение однолетних и старых льдов).

Обширный набор данных наблюдений с подводных лодок в [15] показывает, что тенденций к истончению ледяного покрова в 1990-х годах не наблюдалось, поэтому в табл. 1 и дальнейших распределениях наблюдения за 1991—1996 гг. объединены в единый период.

Многолетний лед в последние годы быстро заменяется более тонким однолетним льдом [16],

Таблица 1. Количество однолетних и старых льдов по пути движения судна в летний сезон (архипелаг Земля Франца-Иосифа — Северный полюс) по данным визуальных наблюдений, полученных в ходе многолетних рейсов к Северному полюсу [4; 6; 14], %

Table 1. The amount of annual and old ice along the ship's route during the summer season (Franz Josef Land archipelago — North Pole) based on visual observations during long-term voyages to the North Pole [4; 6; 14], %

Вид льда	1991—1996	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Однолетний лед	62	87	96	95	93	90	93	88
Старый лед	38	13	4	5	7	10	7	12
Вид льда	**2013**	**2018**	**2019**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	
Однолетний лед	81	80	63	80	94	81	92	
Старый лед	19	20	37	20	6	19	8	

который более чувствителен к атмосферным и океаническим воздействиям. Соотношение однолетних и старых льдов в летний сезон 2024 г. существенно снизилось по сравнению с 2018—2021 гг. и опустилось до уровня 2007—2012 гг.

На рис. 4 показано изменение средней толщины ровного льда (вне торосистых образований) в июле 2024 г. за период судовых визуальных наблюдений в туристических рейсах к Северному полюсу.

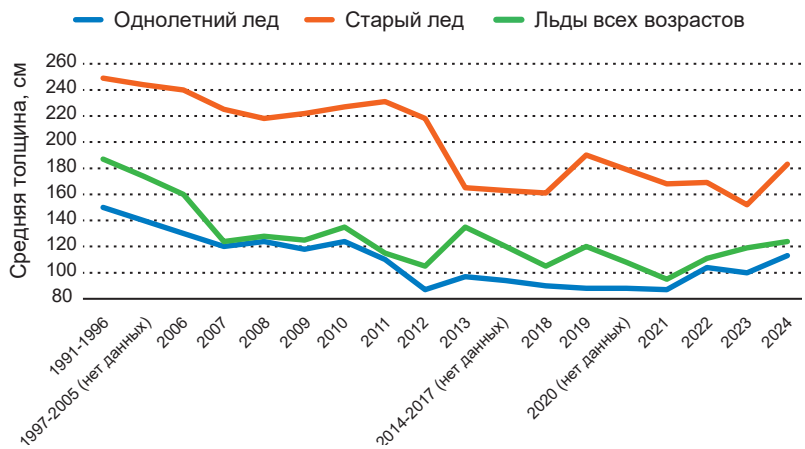


Рис. 4. Средняя толщина ровного льда в июле по пути судна от 82° с. ш. до Северного полюса по данным визуальных наблюдений, см

Fig. 4. Average thickness of level ice in July along the vessel's route from 82° N to the North Pole based on visual observations, cm

Первое серьезное снижение толщины льда за исследуемый период произошло в 2007 г. Площадь и объем арктического морского льда в 2007 г. также значительно ниже средних значений за 2000—2006 гг., что отражает тот факт, что ледяной покров сокращается и истончается в условиях потепления климата [17]. Сокращение и истончение морского льда увеличило поглощение океаном солнечной радиации [18]. Таким образом, с 2007 г. площадь и объем арктического морского льда стали подвергаться значительным изменениям.

Средняя толщина старых льдов с периода 1991—1996 гг. существенно уменьшилась — с 249 до 183 см (на 27%). Такая же ситуация наблюдается с толщиной ровного однолетнего льда — со 150 до 113 см (на 25%). Однако по сравнению с 2021 г. средняя толщина однолетнего ровного льда увеличилась: 113 см в 2024 г. против 87 см в 2021 г. (на 23%).

Толщина ровного льда по результатам инструментальных судовых ледовых наблюдений

За время полюсных рейсов в 2024 г. с помощью СТК было получено порядка 750 тыс. снимков. В результате обработки полученных данных было выполнено около 8 тыс. измерений толщин ровного морского льда. На рис. 5 представлено широтное распределение средней толщины льда по данным СТК.

По мере продвижения ледокола к полюсу наблюдается постепенное (с периодическими пиками) увеличение толщины ровного льда: от 75 до 150 см в первом круизе, от 88 до 140 см во втором и от 97 до 130 см в третьем. Максимальная толщина ровного льда отмечалась в диапазоне широт 88,0—89,0° с. ш., составив 154, 140 и 142 см для первого, второго и третьего рейсов.

Средняя толщина ледяного покрова вне торосистых образований за полный месяц составила 117 см для однолетнего и 129 см для старого льда. Полученные средние значения инструментальных измерений хорошо согласуются с результатами визуальных наблюдений. При допустимой ошибке ±10 см разница между толщинами ровного однолетнего льда равна 4 см, а для старого — 5 см. СТК дает бóльшие величины.

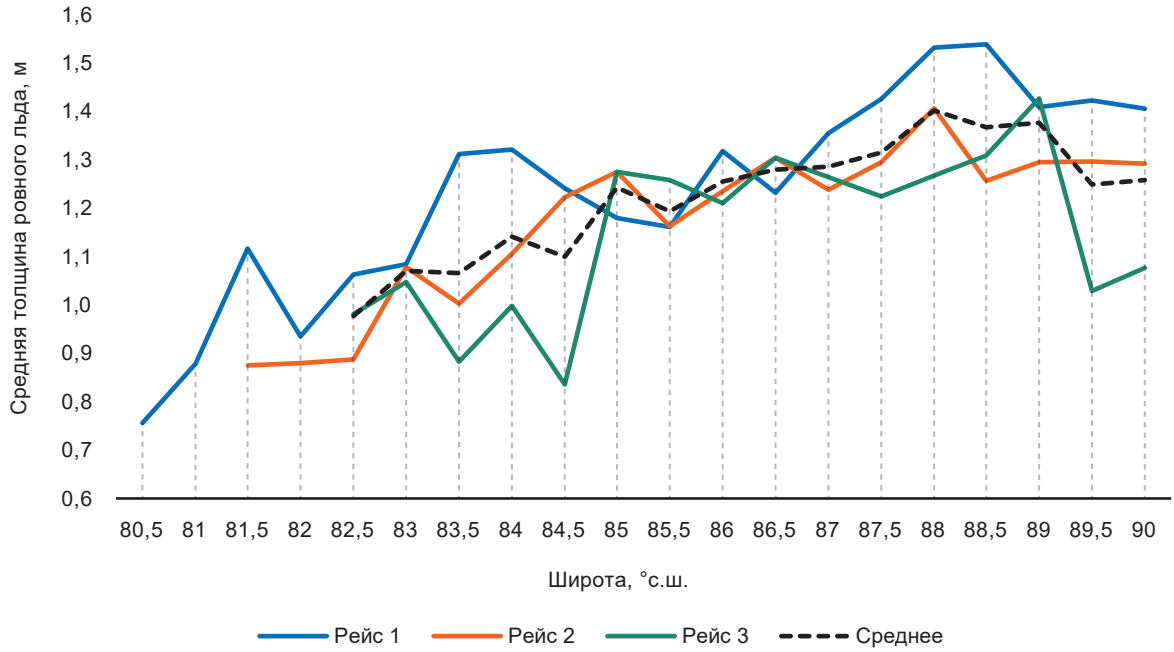


Рис. 5. Широтное распределение средней толщины льда по пути движения атомного ледокола «50 лет Победы» до Северного полюса по данным СТК, м
Fig. 5. Latitudinal distribution of average ice thickness along the route of the nuclear icebreaker "50 Let Pobedy" to the North Pole according to DTC data, m

Заключение

Анализ ледовой обстановки в арктическом бассейне летом 2024 г. выявил ряд важных тенденций, характеризующих состояние ледяного покрова. Несмотря на трудности дешифрирования спутниковых снимков в летний период, удалось получить ценную информацию о сплоченности, возрастном составе и толщине льда, используя данные визуальных наблюдений и инструментальных измерений, выполненных в ходе рейсов атомного ледокола «50 лет Победы» к Северному полюсу.

Полученные данные свидетельствуют о значительном уменьшении площади ледяного покрова в течение месяца наблюдений, сопровождающемся смещением кромки льдов к северу и очищением ото льда акватории архипелага Земля Франца-Иосифа. Далее по пути следования ледокола наблюдались преобладание сплоченных льдов с низкой торосистостью и большим количеством нарушений сплошности, а также снижение доли старых льдов по сравнению с 2018—2021 гг. При этом средняя толщина ровного однолетнего льда несколько увеличилась по сравнению с 2021 г., хотя и осталась ниже значений, характерных для 1991—1996 гг. Также результаты, полученные в 1991—1996 и 2006—2011 гг., соответствуют общим тенденциям изменения возрастного состава и толщины льда, которые были рассчитаны на основе измерений толщины подводной части льда с использованием подводных лодок и на основе анализа спутниковых данных [19; 20].

Сравнение результатов визуальных наблюдений и инструментальных измерений толщины льда с помощью СТК показало хорошую согласованность, подтверждая надежность и объективность полученных данных. Инструментальные измерения позволили получить более детальную картину широтного распределения толщины льда, выявив постепенное увеличение толщины по мере продвижения к географической точке Северного полюса и максимальные значения в диапазоне широт 88—89° с. ш. Результаты исследований 2024 г. подчеркивают продолжающиеся изменения в ледяном покрове арктического бассейна и необходимость дальнейшего мониторинга для оценки влияния этих изменений на климат и морскую навигацию в целом.

Финансирование

Работа по анализу данных специальных судовых ледовых наблюдений была поддержана Российским научным фондом, грант № 23-17-00161.

Литература/References

1. *Serreze M. C., Barrett A. P., Stroeve J. C., Kindig D. N., Holland M. M.* The emergence of surface-based Arctic amplification. The Cryosphere, 2009, vol. 3, iss. 1, pp. 11—19.

2. *Kumar A., Perlwitz J., Eischeid J., Quan X., Xu T., Zhang T., Hoerling M., Jha B., Wang W.* Contribution of sea ice loss to Arctic amplification. Geophysical Research Letters, 2010, vol. 37, iss. 21, CiteID L21701. DOI: 10.1029/2010GL045022.

3. *Мохов И. И., Хон В. Ч.* Продолжительность навигационного периода и ее изменения для Северно-

го морского пути: модельные оценки // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 2 (18). — С. 88—95.
Mokhov I. I., Khon V. Ch. Duration of the navigation period and its changes for the Northern Sea Route: model estimates. Arctic: Ecology and Economy, 2015, no. 2 (18), pp. 88—95. (In Russian).
4. *Алексеева Т. А., Сероветников С. С., Фролов С. В., Соколов В. Т.* Ледовые условия плавания в Арктическом бассейне в летний период 2018 года // Рос. Арктика. — 2018. — № 2. — С. 31—40.
Alekseeva T. A., Serovetnikov S. S., Frolov S. V., Sokolov V. T. Ice conditions of navigation in the Arctic Basin in summer 2018. Russian Arctic, 2018, no. 2, pp. 31—40. (In Russian).
5. *Polyakov I. V., Pnyushkov A. V., Alkire M., Ashik I. M., Baumann T., Carmack E., Goszczko I., Ivanov V., Kanzow T., Krieshfield R., Kwok R., Sundfjord A., Morison J., Rember R., Yulin A.* Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean. Science, 2017, vol. 356, iss. 6335, pp. 285—291. DOI: 10.1126/science.aai8204.
6. *Тимофеева А. Б.* Ледовые условия плавания в экспедиции NABOS-2021 в сентябре-октябре 2021 года // Рос. Арктика. — 2021. — № 15. — С. 54—67. — DOI: 10.24412/2658-4255-2021-4-54-67.
Timofeeva A. B. Ice conditions of navigation during the NABOS-2021 expedition in september-october 2021. Russian Arctic, 2021, no. 15, pp. 54—67. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-4-54-67. (In Russian).
7. *Haas C., Hendricks S., Eicken H., Herber A.* Synoptic airborne thickness surveys reveal state of Arctic Sea ice cover. Geophysical Research Letters, 2010, 37, 9. Available at: https://doi.org/10.1029/2010GL042652.
8. *Krumpen T., Goessling H., Sellmann M.* IceBird 2018. Summer Campaign. Sea ice thickness measurements with Polar 6 from Station Nord and Alert. Campaign report. Bremenhaven, 2018. Available at: https://doi.org/10013/epic.96923a78-d232-4bd8-82f4-337799d2fa07.
9. *Belter H. J., Krumpen T., von Albedyll L., Alekseeva T. A., Frolov S. V., Hendricks S., Herber A., Polyakov I. V., Raphael I., Ricker, R., Serovetnikov S. S., Webster M., Haas C.* Interannual variability in Transpolar Drift ice thickness and potential impact of Atlantification. The Cryosphere, 2021, 15, pp. 2575—2591. Available at: https://doi.org/10.5194/tc-15-2575-2021.
10. *Chunyu Pang, Lele Li, Lili Zhan, Haihua Chen, Yingni Shi.* Estimation of Arctic Sea Ice Thickness Using HY-2B. Altimeter Data. Remote Sens., 2024, 16, p. 4565. Available at: https://doi.org/10.3390/rs16234565.
11. *Chen F., Wang D., Zhang Y., Zhou Y., Chen C.* Intercomparisons and Evaluations of Satellite-Derived Arctic Sea Ice Thickness Products. Remote Sens., 2024, 16, p. 508. Available at: https://doi.org/10.3390/rs16030508.
12. *Jiang M., Zhong W., Xu K., Jia Y.* Estimation of Arctic Sea Ice Thickness from Chinese HY-2B Radar Altimetry Data. Remote Sens., 2023, 15, p. 1180. Available at: https://doi.org/10.3390/rs15051180.
13. Производство специальных судовых ледовых наблюдений: Методическое пособие / Под ред. Т. А. Алексеевой. — СПб.: ААНИИ, 2025. — 48 с.
Production of special ship ice observations. Methodological manual. Ed. by T. A. Alekseeva. St. Petersburg, AARI, 2025, 48 p. (In Russian).
14. *Сероветников С. С., Фролов С. В., Клейн А. Э.* Судовой телевизионный комплекс — реализация автоматизированной системы натурных измерений толщины морского льда // Рос. Арктика. — 2018. — № 2. — С. 41—55. — URL: https://doi.org/10.24411/2658-42552018-00017.
Serovetnikov S. S., Frolov S. V., Klejn A. E. Ship-based television complex — the program for automatic sea ice thickness monitoring. Russian Arctic, 2018, no. 2, pp. 41—55. Available at: https://doi.org/10.24411/26584255-2018-00017. (In Russian).
15. *Winsor P.* Arctic Sea ice thickness remained constant during the 1990s. Geophysical Research Letters, 2001, vol. 28, iss. 6, pp. 1039—1042. Available at: https://doi.org/10.1029/2000GL012308.
16. *Kwok R.* Near zero replenishment of the Arctic multiyear sea ice cover at the end of 2005 summer. Geophysical Research Letters, 2007, vol. 34, iss. 5. Available at: https://doi.org/10.1029/2006GL028737.
17. *Zhang J., Lindsay R., Steele M., Schweiger A.* What drove the dramatic retreat of arctic sea ice during summer 2007? Geophysical Research Letters, 2008, vol. 35, iss. 11. Available at: https://doi.org/10.1029/2008GL034005.
18. *Perovich D. K., Light B., Eicken H., Jones K. F., Runciman K., Nghiem S. V.* Increasing solar heating of the Arctic Ocean and adjacent seas, 1979—2005: Attribution and role in the ice-albedo feedback. Geophysical Research Letters, 2007, vol. 34, iss. 19. Available at: https://doi.org/10.1029/2007GL031480.
19. *Иванов В. В., Алексеев В. А., Алексеева Т. А. и др.* Арктический ледяной покров становится сезонным? // Исслед. Земли из космоса. — 2013. — № 4. — С. 50—65. — DOI: 10.7868/S0205961413040076.
Ivanov V. V., Alexeev V. A., Alexeeva T. A., Koldunov N. V., Repina I. A., Smirnov A. V. Does Arctic Ocean Ice Cover Become Seasonal? Earth Exploration from Space, 2013, no. 4, pp. 50—65. DOI: 10.7868/S0205961413040076. (In Russian).
20. *Kwok R., Untersteiner N.* The thinning of Arctic sea ice. Phys. Today, 2011, vol. 41. pp. 36—41. DOI: 10.1063/1.3580491.

Информация об авторах

Козловский Евгений Васильевич, ведущий инженер, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (199397, Россия, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38), e-mail: evkozlovskij@aari.ru.

Алексеева Татьяна Алексеевна, заведующая лабораторией изучения ледового плавания, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (199397, Россия, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38); научный сотрудник, Институт космических исследований РАН (117997, Россия, Москва, Профсоюзная ул., д. 84/32), e-mail: taa@aari.ru.

Сероветников Сергей Сергеевич, научный сотрудник, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (199397, Россия, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38), e-mail: sssu@aari.ru.

Соколов Владимир Тимофеевич, начальник Высокоширотной арктической экспедиции, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (199397, Россия, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38), e-mail: svt@aari.ru.

VARIABILITY OF SUMMER SEA ICE CHARACTERISTICS IN THE ARCTIC BASIN ACCORDING TO SPECIAL SHIP ICE OBSERVATIONS

Kozlovskiy E. V.[1], Alekseeva T. A.[1,2], Serovetnikov S. S.[1], Sokolov V. T.[1]

[1] Arctic and Antarctic Research Institute (St. Petersburg, Russian Federation)

[2] Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

The article was received on June 11, 2025

For citing

Kozlovskiy E. V., Alekseeva T. A., Serovetnikov S. S., Sokolov V. T. Variability of summer sea ice characteris-tics in the Arctic Basin according to special ship ice observations. Arctic: Ecology and Economy, 2025, vol. 15, no. 4, pp. 628 —636. DOI: 10.25283/2223-4594-2025-4-628-636. (In Russian).

Abstract

The paper presents the results of processing special shipboard observations of the ice cover in the Arctic basin, carried out along the route from the Franz Josef Land archipelago to the North Pole in the summer of 2024. The latitudinal distribution of ice concentration along the route of the nuclear icebreaker “50 Let Pobedy” to the North Pole is presented. The results of assessing the thickness and age composition of level ice (beyond hummocky formations) are obtained based on visual observations and using a ship TV complex.

Keywords: *Arctic Basin, special ship ice observations, sea ice thickness, sea ice concentration, sea ice age, ship TV complex.*

Funding

The analysis of special ship ice observation data was supported by the Russian Science Foundation, grant no. 23-17-00161.

Information about the authors

Kozlovskiy, Evgeniy Vasilievich, Leading Engineer, Arctic and Antarctic Research Institute (38, Beringa St., St. Petersburg, Russia, 199397), e-mail: evkozlovskij@aari.ru.

Alekseeva, Tatiana Alekseevna, Head of the Ice Navigation Research Laboratory, Arctic and Antarctic Research Institute (38, Beringa St., St. Petersburg, Russia, 199397); scientific researcher, Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (84/32, Profsoyuznaya St., Moscow, GSP-7, Russia, 117997), e-mail: taa@aari.ru.

Serovetnikov, Sergey Sergeevich, Research Associate, Arctic and Antarctic Research Institute (38, Beringa St., St. Petersburg, Russia, 199397), e-mail: sssu@aari.ru.

Sokolov, Vladimir Timofeevich, Head of the High-Latitude Arctic expedition, Arctic and Antarctic Research Institute (38, Beringa St., St. Petersburg, Russia, 199397), e-mail: svt@aari.ru.

© Kozlovskiy E. V., Alekseeva T. A., Serovetnikov S. S., Sokolov V. T., 2025

От редакции

О сквозной нумерации страниц в № 1—4 журнала за 2025 г.

Вследствие технической ошибки пагинация в третьем номере журнала за 2025 г. была начата со с. 1, а не с 313-й, как следовало (в журнале принята сплошная нумерация страниц четырех номеров за год). В четвертом номере сплошная нумерация восстановлена (со с. 477 до с. 640). Приносим извинения читателям и авторам.