

Министерство природных ресурсов и экологии РФ
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

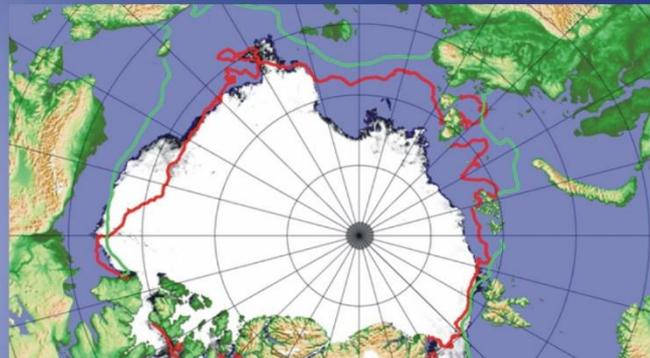


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

I квартал 2023





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия в северной полярной области: мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в январе — марте 2023 г.....	4
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе-марте 2023 г.....	16
3 Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2023 г.....	33
3.1 Термохалинные условия.....	33
3.2 Уровень арктических морей.....	36
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей в 1 квартале 2023 г.....	41



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в I квартале 2023 г. Фактическая информация для составления обзора была получена по данным государственной наблюдательной сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ, и наблюдений непосредственно на береговых и научной обсерватории «Мыс Баранова».

Обзор продолжает серию ежегодных обзоров, описывающих развитие метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане.

Метеорологический раздел посвящен описанию особенностей развития крупномасштабных метеорологических процессов и изменчивости различных метеорологических элементов. В составлении раздела принимали участие специалисты лабораторий метеорологии и долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный — зав. лабораторией канд. геогр. наук В.В. Иванов).

Ледовый раздел посвящен описанию развития ледяного покрова и особенностям ледовых явлений в океане, арктических морях и устьевых областях основных арктических рек. Основой для такого анализа послужили данные постоянного спутникового мониторинга, экспедиционных наблюдений на судах и дрейфующих станциях и архивные климатические данные. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела ледового режима и прогнозов (ответственные — зав. лабораторией канд. геогр. наук А.В. Юлин и зав. лабораторией канд. геогр. наук В.М. Смоляницкий).

Гидрологический раздел посвящен описанию гидрологических и гидрохимических условий в Северном Ледовитом океане и его морях. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела океанологии (ответственный — и.о. зав. отделом, М.С. Махотин).

Общее руководство подготовкой обзора осуществлялось директором ААНИИ, доктором геогр. наук А.С. Макаровым.

Обзор предназначен для широкого круга специалистов, занимающихся изучением природной среды Арктики и осуществляющих хозяйственную деятельность в этом регионе.



1 Метеорологические условия в северной полярной области: мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в январе — марте 2023 г.

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба и метеорологических условий в полярном районе Северного полушария за период с января по март 2023 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводились с учетом процессов за предшествующий период январь — декабрь 2022 г., особенности которого более подробно были представлены ранее.

При анализе и диагнозе крупномасштабных процессов учитывались основные элементы ОЦА: местоположение центра планетарного циркумполярного вихря изобарической поверхности 500 гПа, географическая ориентация планетарной фронтальной зоны, состояние длинных термобарических волн, развитие стационарных циклонов и антициклонов (центров действия атмосферы) и траектории фронтальных циклонов и антициклонов.

Оценка пространственно-временной изменчивости процессов производилась средствами комплексного аэросиноптического анализа термобарических полей в толще тропосферы путем выделения квазиоднородных циркуляционных периодов с однонаправленным развитием крупномасштабных процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса. Формы (атлантико-евразийский сектор) и типы (тихоокеано-американском сектор) отражают основные состояния атмосферы в двух секторах северного полушария.

Каждая из форм и типов имеет ряд разновидностей, отражающих возможные варианты перестроек от одного макропроцесса к другому. Разновидности макропроцессов на полушарии имеют значимые различия в направленности крупномасштабных атмосферных процессов, состоянии и пространственной локализации основных центров действия атмосферы. При этом для каждой из разновидностей характерна географическая ориентация основных блокирующих гребней антициклонов, влияющих на более высокоширотные или более низкоширотные по сравнению с нормой траектории циклонов в Арктику в системах исландского и алеутского минимумов.

Расчеты средних месячных значений метеорологических показателей проводились по данным диагноза глобальной прогностической системы метеослужбы США (NOAA и



NWS). Расчеты значений аномалии давления и температуры воздуха проводились относительно норм за период с 1991 по 2020 гг.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с января по март 2023 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за первый квартал 2023 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификациям Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземного давления и температуры воздуха и их аномалий.

Анализ процессов показал, что в январе – марте 2023 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с января по март 2023 г. представлен на рис. 1.1.

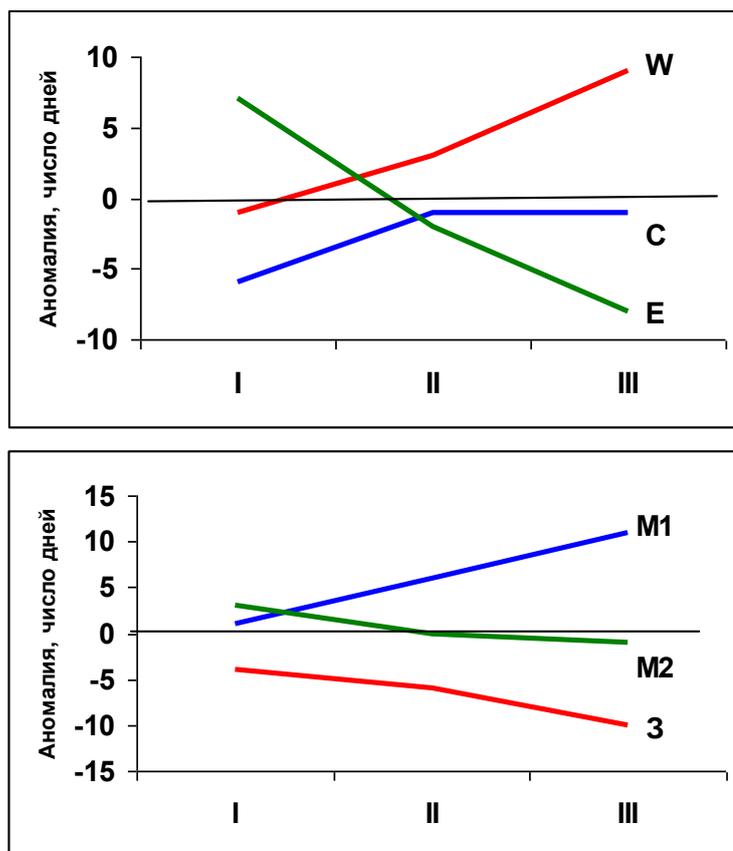


Рис. 1.1. Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период январь – март 2023 г.

W – западная форма, *E* – восточная форма, *C* – меридиональная форма, *3* – зональный тип, *M₁* – первый меридиональный тип, *M₂* – второй меридиональный тип



Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с января по март 2023 г. выглядит следующим образом:

Январь – E_{M2} → Февраль – W_{M1} → Март – W_{M1}

В течение первого квартала происходила перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от восточной к западной форме циркуляции.

Отмеченные тенденции в перестройках крупномасштабных атмосферных процессов Северного полушария нашли свое отражение в изменении метеорологических условий каждого месяца в полярном районе Арктики.

В январе отмечалась усиление арктического антициклона. Фон давления в полярном районе значительно выше нормы. В дальнейшем феврале и марте под влиянием усиления циклонической деятельности фон давления имел тенденцию к понижению. Наибольшая активизация циклонической деятельности отмечалась в марте, когда фон давления под влиянием циклонов из Северной Атлантики фон давления резко понизился до отрицательных аномалий. В среднем за период фон давления выше нормы на 1 гПа.

Изменения средних месячных значений аномалий давления от месяца к месяцу в центральном полярном районе Арктики представлены на рис. 1.2.

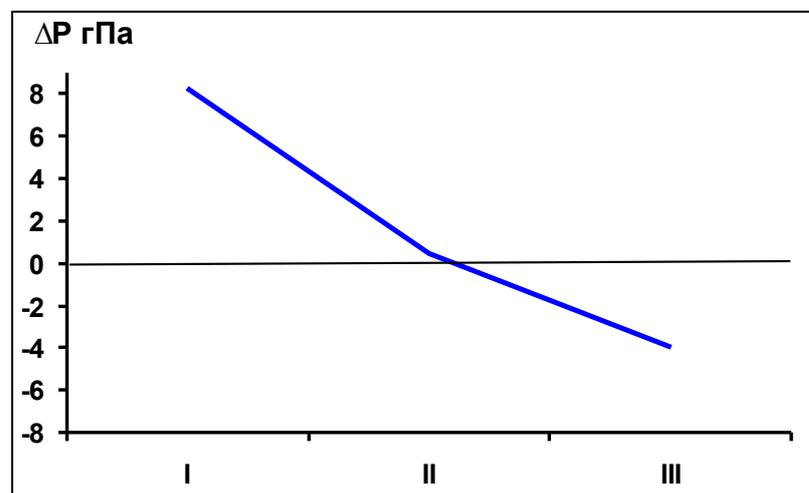


Рис. 1.2. Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в январе – марте 2023 г. в полярном районе Арктики

В течение первого квартала 2023 г. над полярным районом преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс. В среднем за период фон температуры выше нормы на 2,6 °С. Наиболее высокие аномалий температуры до значений до 3,6 °С отмечались в марте.



Изменения в январе – марте 2023 г. среднемесячных значений аномалий температуры в среднем по полярному району представлены на рис. 1.3.

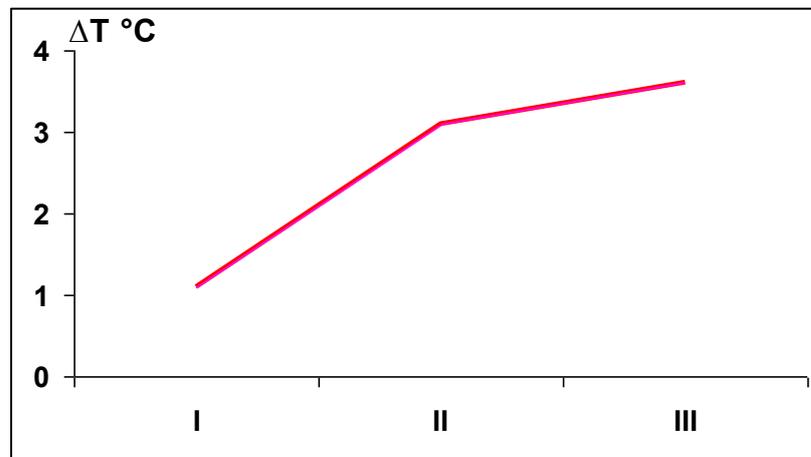


Рис.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – марте 2023 г.

По сравнению с первым кварталом прошлого года в этом году фон температуры в полярном районе повысился на 0,9 °C.

Структурные особенности развития атмосферных процессов в первом квартале 2023 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуры воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов в январе – марте 2023 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

Значения приземного давления и температуры представлены на рисунках в виде полей среднего месячного давления и температуры и их аномалий.

В **январь 2023 г.** полярный район находился под влиянием высотных гребней, которые блокировали выходы циклонов в Арктику. В приземном поле под высотным гребнем в полярном районе сформировался обширный устойчивый антициклон. Основной центр циркумпольного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в канадском секторе Арктики. Высотная фронтальная зона (ВФЗ) была ориентирована в зональном направлении из Северной Атлантики в западный сектор



полярного район, под которой отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность (рис. 1.4, 1.5).

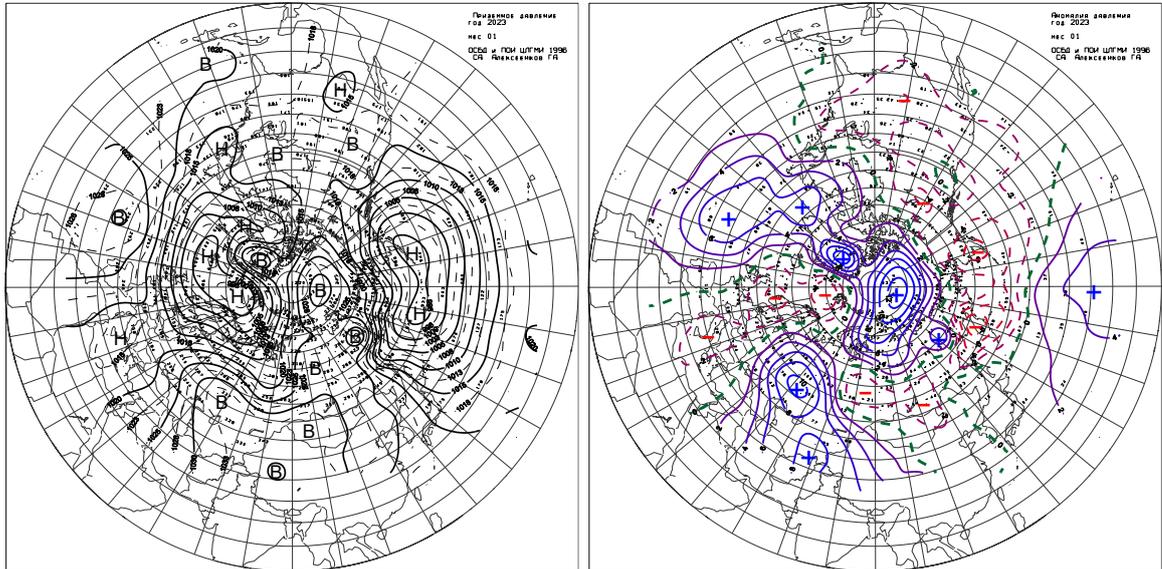


Рис. 1.4. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в январе 2023 г.(гПа)

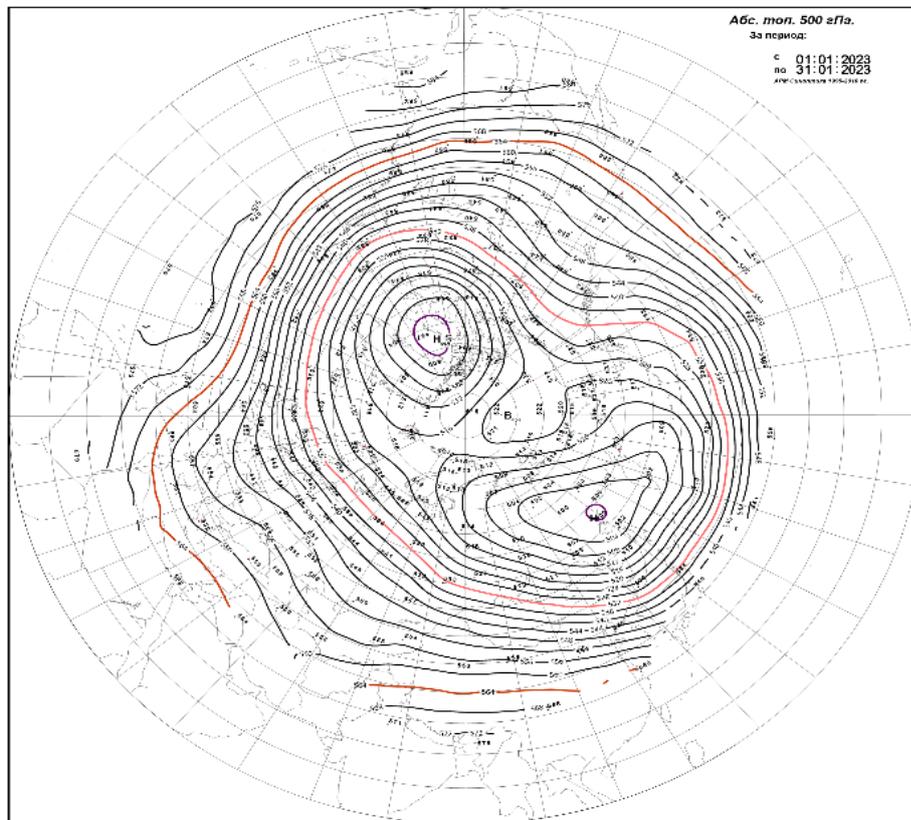


Рис. 1.5. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в январе 2023 г.



В *первом (атлантико-евразийском) секторе Северного полушария* отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов восточной формы циркуляции. Циклоны в системе исландского минимума смещались над Северной Атлантикой до акватории Баренцева моря. Далее их движение на восток было блокировано азиатским и арктическим антициклонами.

В западном секторе Арктики под влиянием циклонов сформировался фон давления ниже нормы. При воздушных потоках юго-западных направлений преобладала адвекция теплых воздушных масс. В среднем за месяц фон температуры выше нормы до 4 – 5 °С.

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость имели меридиональные процессы типа М₂. Характерной особенностью развития данного макропроцесса явилось усиление арктического и американского антициклонов.

Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались до побережья Северной Америки по низкоширотным траекториям и не оказывали влияния на полярный район.

При преобладающих воздушных потоках юго-восточных направлений сформировался температурный фон с аномалиями выше нормы на 1 – 4 °С (рис. 1.6).

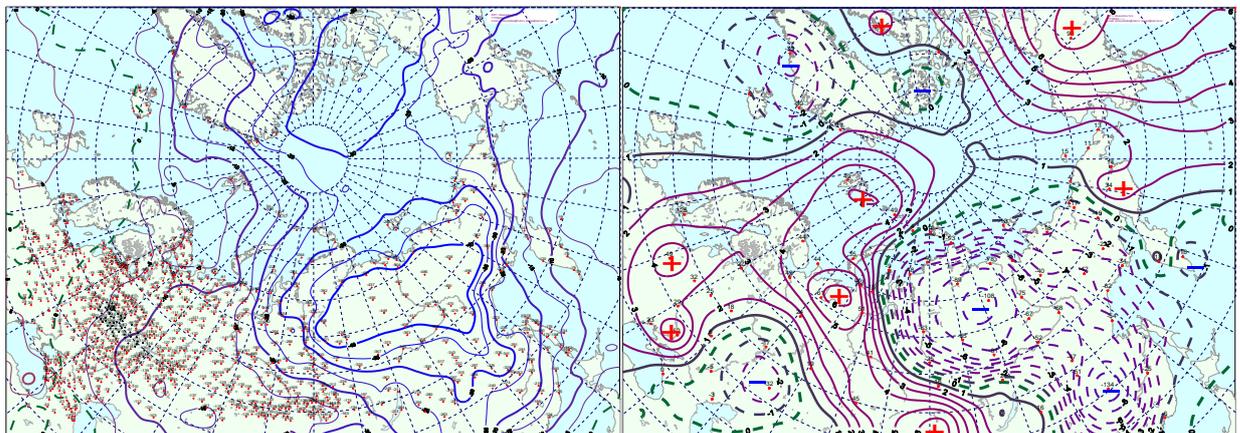


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в январе 2023 г., (°С)

В *феврале 2023 г.* центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа, как и в январе, располагался в канадском секторе Арктики. При этом центр высотного гребня сместился в восточный сектор полярного района (рис. 1.7).



Отмечалось усиление высотной фронтальной зоны (ВФЗ) из Северной Атлантики в западный сектор полярного района.

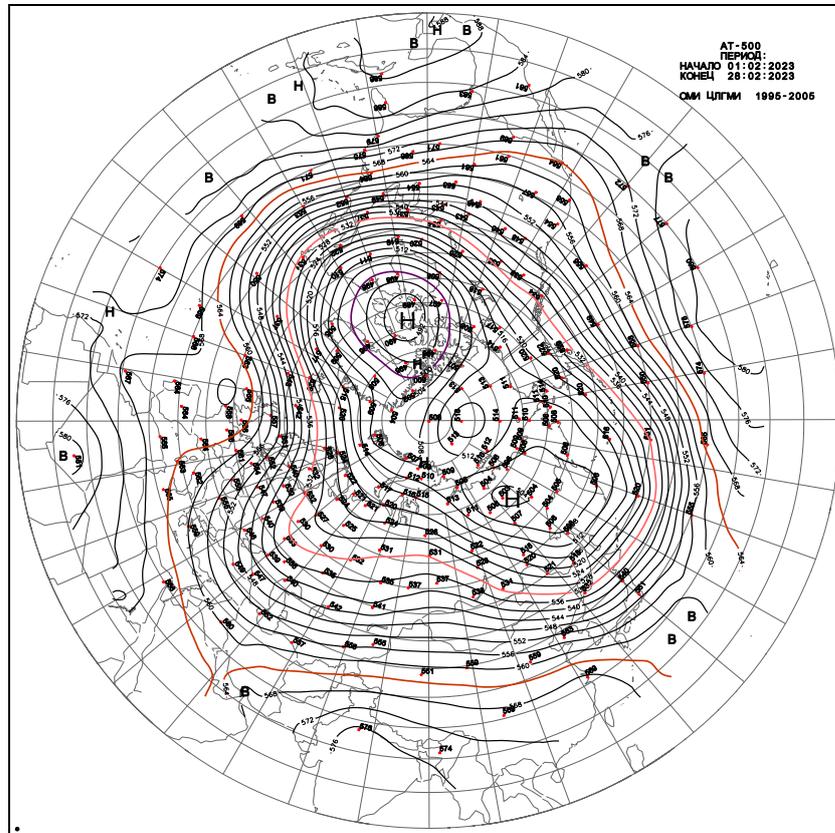


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в феврале 2023 г.

В *первом секторе* в феврале в приземном поле преобладала циклоническая циркуляция. Циклоны в системе исландского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. Фон давления с отрицательными аномалиями по сравнению с январем понизился на 2 – 5 гПа.

При воздушных потоках юго-западных и западных направлений усилилась адвекция теплых воздуха из Северной Атлантики. Наиболее высокий фон температуры отмечался в Баренцевом и Карском морях до +8 ...+9 °С (рис. 1.8).

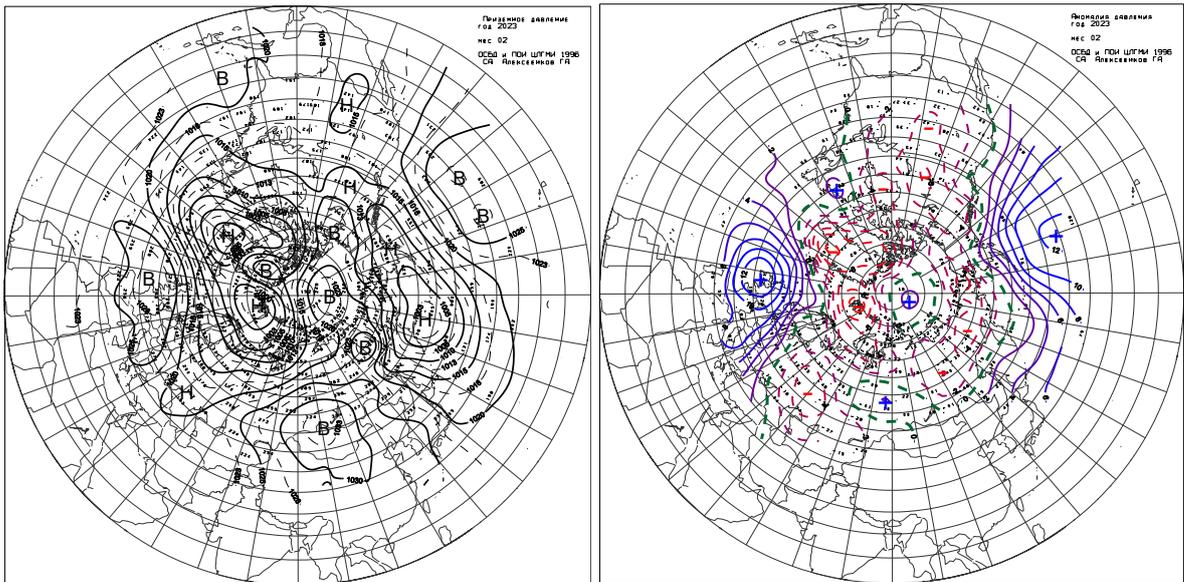


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в феврале 2023 г., (гПа)

Во *втором секторе* отмечалось усиление крупномасштабных атмосферных процессы типа M_1 . Под влиянием блокирующего гребня гавайского антициклона над Тихим океаном произошло ослабление алеутского минимума и ослабление адвекции теплых воздушных масс с Тихого океана. В восточном секторе полярного района сформировался фон с аномалиями температуры близким к норме (рис. 1.9).

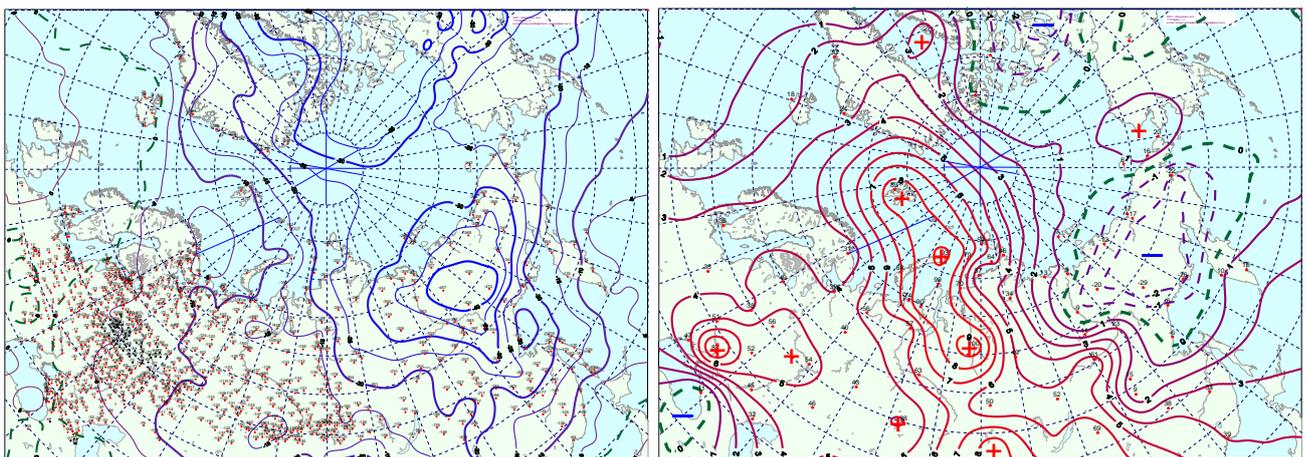


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в феврале 2023 г., ($^{\circ}C$)

В *марте 2023 г.* основной центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа сместился из канадского сектора в западный сектор. В соответствии с этим ось ВФЗ сменила свою ориентацию на более южное направление (рис. 1.10).

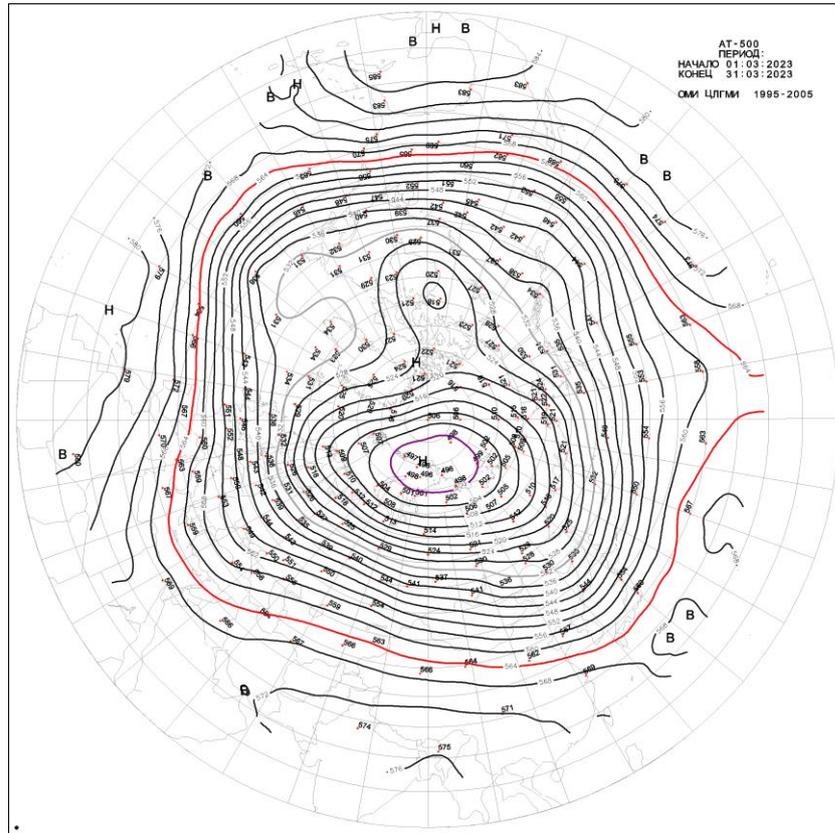


Рис. 1.10. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в марте 2023 г.

В первом секторе в марте преобладали крупномасштабные атмосферные процессы западной формы циркуляции.

Циклоны в системе исландского минимума смещались по ВФЗ в широтном направлении по более низкоширотным траекториям, чем в феврале, через Баренцево море и далее до акватории Восточно-Сибирского моря, где сформировались наиболее низкие значения с отрицательными аномалиями давления.

Фон температуры в большинстве районов западного сектора Арктики выше нормы (рис. 1.11).

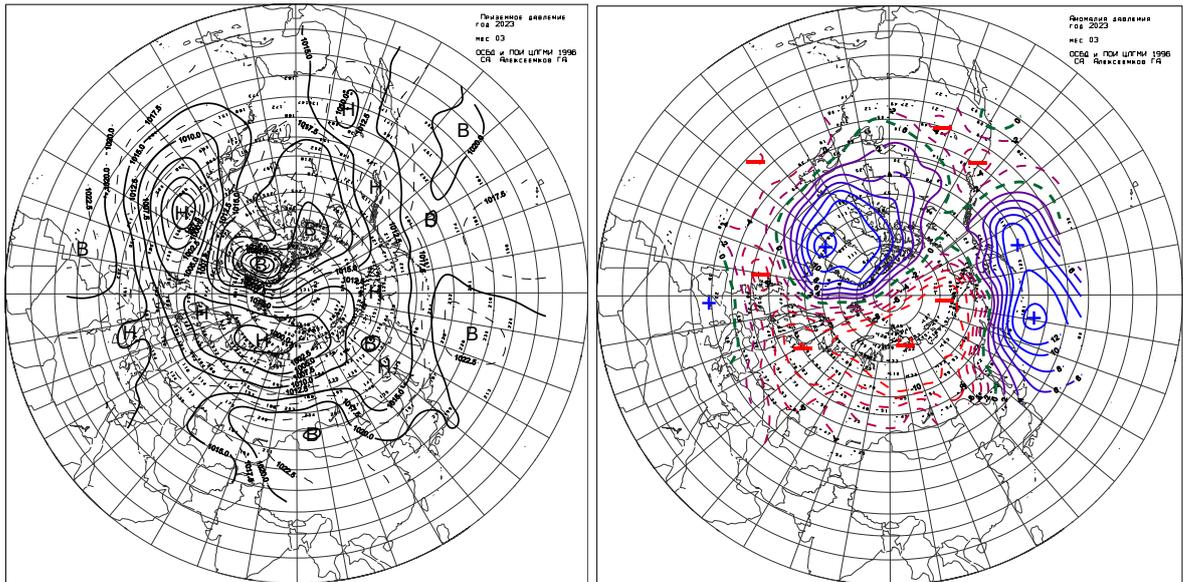


Рисунок 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в марте 2023 г.(гПа)

Во *втором секторе* наблюдалось повышение числа дней с крупномасштабными атмосферными процессами типа M_1 . Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. Под влиянием циклонов фон давления в этом секторе Арктики сформировался незначительно ниже нормы. Фон температуры преобладал со значениями положительных аномалий 4 – 6 °С (рис. 1.12).

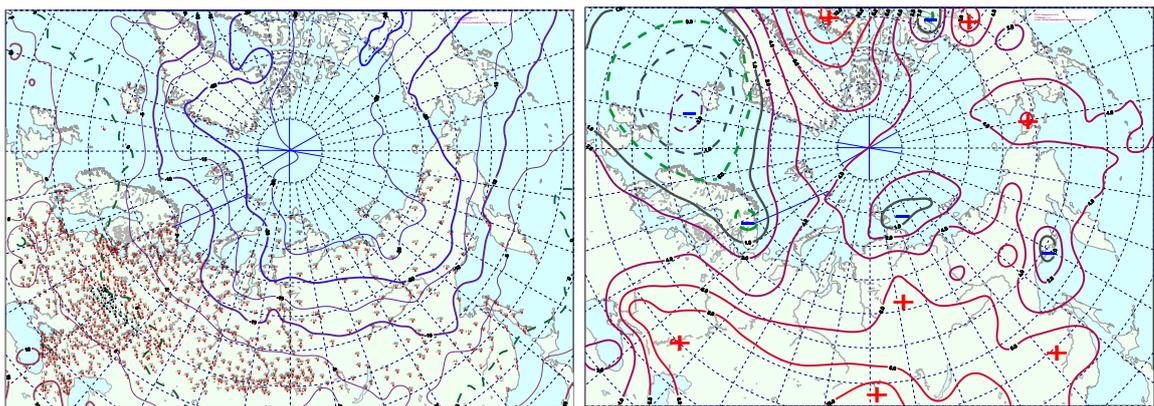


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в марте 2023 г., (°С)

Средние фоновые значения аномалий температуры за первый квартал 2023 г. для акваторий морей российской Арктики представлены на рисунке 1.13.

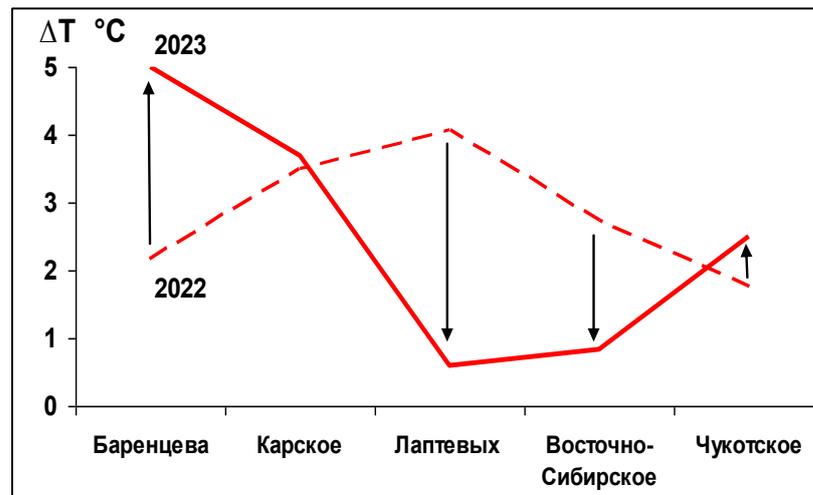


Рис. 1.13. Средние за первый квартал значения аномалий температуры воздуха (°C) для акваторий морей российской Арктики в 2023 и 2022 гг.

В первом квартале 2022 г. в морях на трассе СМП наиболее высокая температура с положительной аномалией сформировалась в Баренцевом море, а наиболее низкая – в Лаптевых и Восточно-Сибирском морях.

По сравнению с первым кварталом прошлого года наибольшее повышение температуры в этом году отмечено в Баренцевом море на 2,8 °C, а понижение в море Лаптевых на 3,5 °C (рис. 1.13).

В среднем по акватории всех пяти морей фон температуры повысился на 0,4 °C.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в январе – марте 2023 г. проводился по естественным стадиям однонаправленного развития процессов — по 26 разновидностям элементарных синоптических процессов (ЭСП) атлантико-евразийского сектора Северного полушария, процессы которого являются определяющими для перестройки циркуляции атмосферы в полярном районе Арктики.

Анализ показал, что для каждого месяца характерна большая повторяемость перестройки процессов. Переходы от одного ЭСП к другому сопровождались сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики и были обусловлены крупномасштабной перестройкой разновидностей атмосферных процессов в двух секторах Северного полушария. Основные разновидности основных форм циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария с типами циркуляции в тихоокеано-американском секторе полушария для каждого ЭСП с января по март 2023 г. представлены в табл. 1.1.



Таблица 1.1

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с января по март 2023 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам²⁰

Январь 2023			Февраль 2023			Март 2023		
ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А
1 – 3	Е	М ₂	1 – 2	W	М ₂	1 – 5	С	М ₁
4 – 10	Е	М ₂	3 – 6	Е	М ₂	6 – 13	W	М ₂
11 – 20	Е	М ₂	7 – 16	W	М ₁	14 – 45	Е	М ₁
21 – 24	W	3	17 – 23	Е	М ₂	16 – 19	W	М ₂
25 – 31	W	М ₁	24 – 28	С	М ₂	20 – 26	W	М ₁
						27 – 28	С	М ₂
						29 – 31	Е	М ₁
Итого	W 11 (–1) С 0 (–6) Е 20(7)	3 4 (–4) М ₁ 7 (1) М ₂ 20 (3)	Итого	W 12 (3) С 5 (–1) Е 11 (–2)	3 0 (–6) М ₁ 10 (6) М ₂ 18 (0)	Итого	W 19 (9) С 7 (–1) Е 5 (–8)	3 0 (–10) М ₁ 17 (11) М ₂ 14 (–1)

Примечания:

1. ЭСП – элементарный синоптический процесс;
2. А – Е – атлантико – европейский сектор полушария;
3. Т – А – тихоокеано – американский сектор полушария;
4. В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, С, Е) и типами (3, М₁, М₂) атмосферной циркуляции.



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе-марте 2023 г.

Оценки развития ледовых условий в первом квартале 2023 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, по данным экспедиционных исследований, проводимых в ААНИИ на ЛСП «Северный Полюс» и на исследовательской базе «Мыс Баранова», и при осуществлении ряда международных проектов.

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5 и 50 % (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО «Глобальный банк цифровых данных по морскому льду» за 1945–2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945–1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960–1979 гг., Национального ледового центра США за 1972–2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968–1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970–2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2023 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду.

Со всей доступной исходной информацией можно ознакомиться на сайте ААНИИ по ссылке <http://old.aari.ru/projects/ECIMO/index.php>

Для иллюстрации ледовых условий в годовом цикле представлены совмещенные региональные карты ААНИИ, Канадской ледовой службы (КЛС) и Национального ледового центра США (НЛЦ). Совмещение карт выполнено путем перекрытия слоев: ААНИИ, верхний слой – КЛС, средний слой – НЛЦ, нижний слой. В результате карты ААНИИ характеризуют ледовые условия морей от Гренландского до Чукотского, а также Берингова, Охотского и Балтийского, карты КЛС – морей Бофорта, Баффина, Лабрадор, пролива Девисов и проливов Канадского арктического архипелага, а карты НЛЦ – Арктического Бассейна, моря Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ – вся акватория СЛО и субполярные моря).

Для цветовой окраски карт использован стандарт ВМО (WMO/Std. 1215) для зимнего (по возрасту) и летнего (по общей сплоченности) периодов. В зонах стыковки карт ААНИИ и КЛС, НЛЦ наблюдается определенная несогласованность границ и характеристик ледовых зон вследствие ряда различий в ледовых информационных системах ААНИИ и КЛС, НЛЦ. Однако данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная



информация доступна на сервере МЦД МЛ по адресам <http://wdc.aari.ru/datasets/d0004> (карты ААНИИ), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0031> (карты КЛС), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0032> (карты НЛЦ).

На рисунке 2.1 показаны положение квазиоднородных районов и их границы, по которым проводится описание развития ледовых условий.

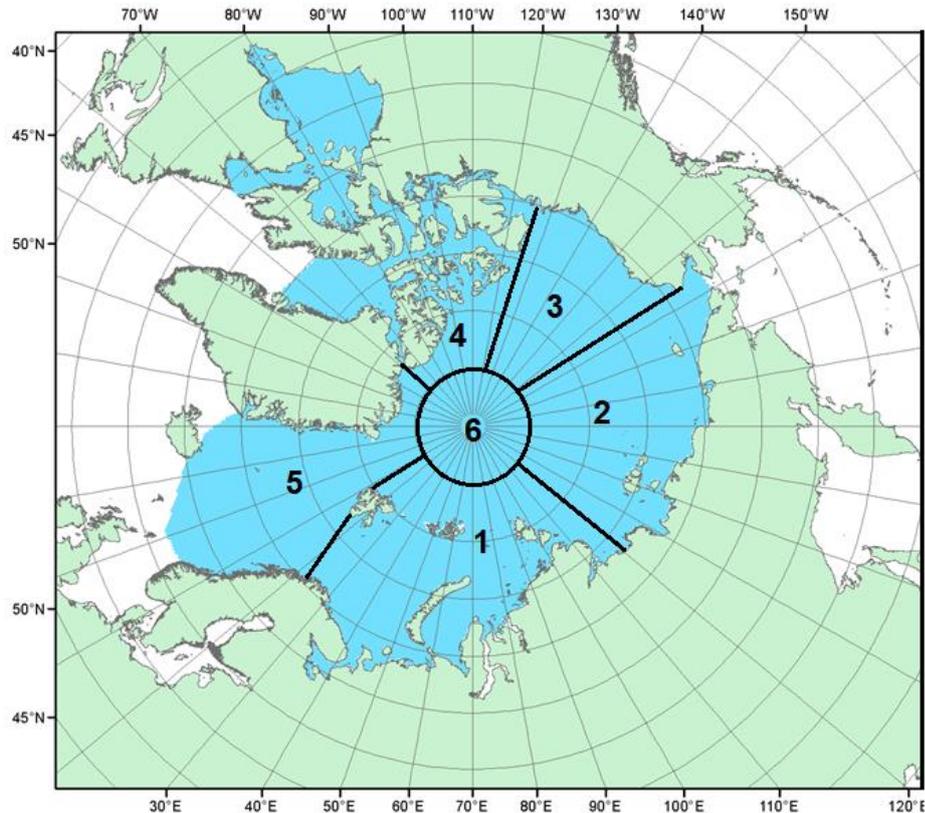


Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана

1–западный район российского сектора, 2–восточный район российского сектора, 3–алаянский сектор, 4–канадский сектор, 5–гренландский сектор, 6–приполюсный район

Ледообразование в СЛО в осенний период 2022 г. началось в массиве старых и остаточных льдов в конце августа. В первой декаде сентября начальные льды появились на открытой воде среди островов Канадского арктического архипелага.

В третьей декаде сентября начальные и молодые льды наблюдались на широком фронте от Гренландского до моря Бофорта в прикромочной зоне за остаточными льдами. Ширина полосы молодых льдов составляла в западных арктических морях от 50 до 100 км, а в восточных морях — от 100 до 200 км.



В начале октября начальные льды появились на северной границе морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Бофорта и одновременно с этим в прибрежных районах этих морей.

Ледообразование развивалось достаточно интенсивно. В конце октября ледообразование охватило северную часть Карского моря, северную и прибрежную части моря Лаптевых, всю акваторию Восточно-Сибирского моря, северную и прибрежную части Чукотского моря и большую часть акватории моря Бофорта.

Основной особенностью ледообразования в осенний сезон 2022 г. стало его начало в сроки близкие к среднемноголетним в тех районах, в которых сохранились остаточные льды (северо-восточной части Карского и восточной части Восточно-Сибирского морей, северной части моря Бофорта), и более позднее начало в районах, которые были полностью свободны ото льда.

В третьей декаде октября свободными ото льда оставались Баренцево, юго-западная часть Карского и центральная часть Чукотского морей. На акватории остальных морей наблюдались молодые льды, а в северной части морей Лаптевых, Восточно-Сибирском и Бофорта наблюдался переход молодых льдов в однолетние тонкие. В западной части Лаптевых в центральной части Восточно-Сибирского морей и восточной части моря Бофорта сохранялись протяженные языки остаточных льдов.

Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины сентября по середину октября, составило 1,7 млн км², что было близко к среднему многолетнему значению за длинный ряд наблюдений с 1979 – 2021 гг. (1,8 млн. км²).

В ноябре развитие ледообразования продолжилось и наблюдалось увеличение площади молодых и однолетних льдов. Льдами были покрыты акватории всех арктических морей, кроме Баренцева, юго-запада Карского и восточной части Чукотского, в которых сохранялись обширные зоны чистой воды. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины октября по середину ноября, составило 2,81 млн. км², что на 23 % превысило среднее многолетнее значение (2,28 млн. км²).

В декабре продолжилось увеличение площади и толщины ледяного покрова. Количество молодых и однолетних льдов, появившихся в СЛО и его морях с середины ноября по середину декабря, составило около 1,53 млн. км², что оказалось на 13 % больше среднего многолетнего значения (1,35 млн. км²).

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря 2022 г. составила 11,15 млн. км² при норме 11,55 млн. км², т.е. оказалась на



3,5 % меньше средних многолетних значений. По площади распространения льдов в конце года, текущий 2022 год оказался очень близким к среднемноголетнему значению за ряд наблюдений с 1978 по 2022 гг. (рис. 2.2).

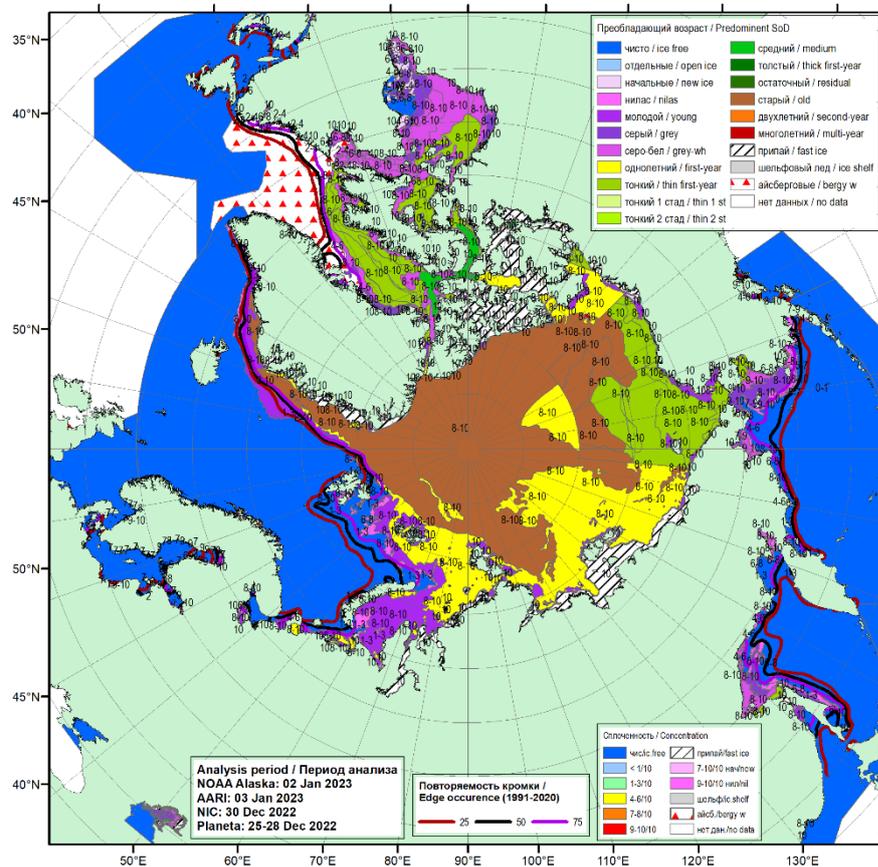


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛЮ на конец декабря 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным грациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь-март 2023 г. приведены рис. 2.3 – 2.11.

На рис. 2.3 приведено распределение льда по возрасту, а на рис. 2.4 распределение льда по сплоченности на середину января 2023 г.

Позднее начало ледообразования в осенний период, но вместе с тем большая его интенсивность в октябре–ноябре 2021 г., привели к быстрому увеличению площади ледяного покрова. В январе все арктические моря были покрыты дрейфующими и припайными льдами разного возрастного состава. В середине января в морях Баренцевом, юго-западной части Карского, западной части Лаптевых преобладали молодые и однолетние тонкие льды. В остальных морях – в северо-восточной части Карского,



восточной части Лаптевых, Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта, появились однолетние средние льды (диапазон толщины 70–120 см), которые начали преобладать на акватории этих морей в конце января.

Появление однолетних средних льдов (диапазон толщины 70–120 см) уже в середине января свидетельствует о большой интенсивности нарастания толщины ледяного покрова. В северной части морей Чукотского и Бофорта в конце января начало отмечаться появление зон однолетних толстых льдов (диапазон толщины более 120 см).

Основной массив старых льдов располагался в приполюсном районе, гренландском и канадском секторах Арктики. Большое количество старых льдов (преимущественно двухлетних) отмечалось в морях Восточно-Сибирском, северной части Чукотского и Бофорта. В этих морях наблюдались обширные локальные зоны и пятна с преобладанием старых (преимущественно двухлетних) льдов.

Становление припая вдоль арктического побережья всех арктических морей и их проливах происходило близко к норме. Припай установился вдоль береговой черты всех морей российского сектора Арктики, вокруг архипелагов ЗФИ, Северная земля и Новосибирские островов, а также в проливах островов Канадского арктического архипелага. Установился припай в проливе Вилькицкого. Наблюдалось развитие обширных полыней вдоль ямальского побережья и в Обь-Енисейском районе Карского моря (рис. 2.3).

Поле сплоченности льда было достаточно однородным. Преобладали сплоченные льды (сплоченность 9–10 баллов). Границы дрейфующих льдов в Гренландском и Баренцевом морях были близки к своему среднемноголетнему положению для января (рис. 2.4).

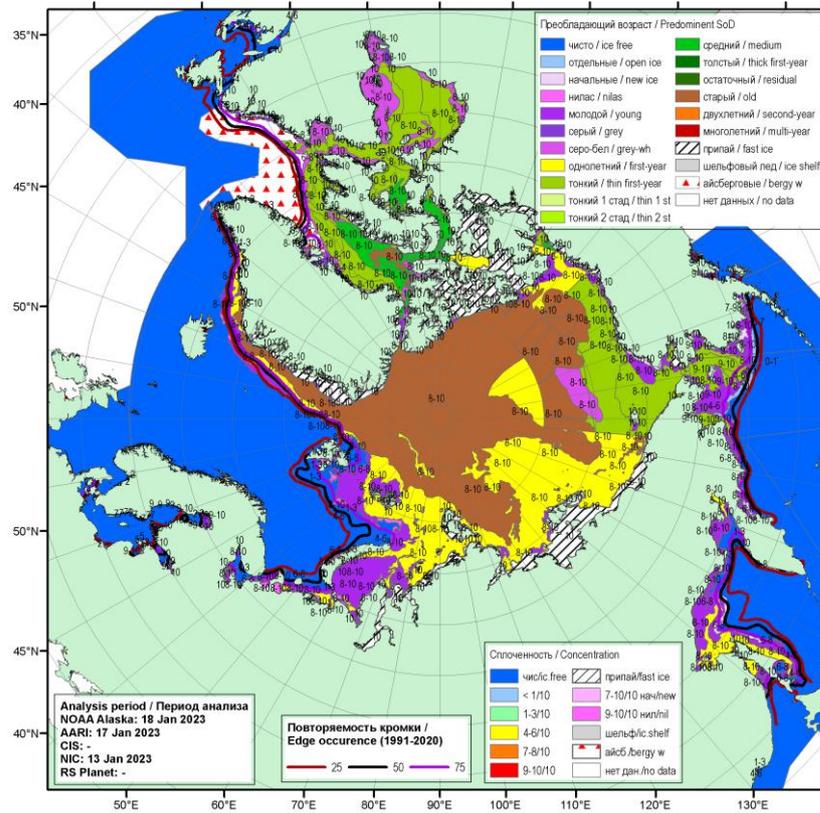


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 13–18 января 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

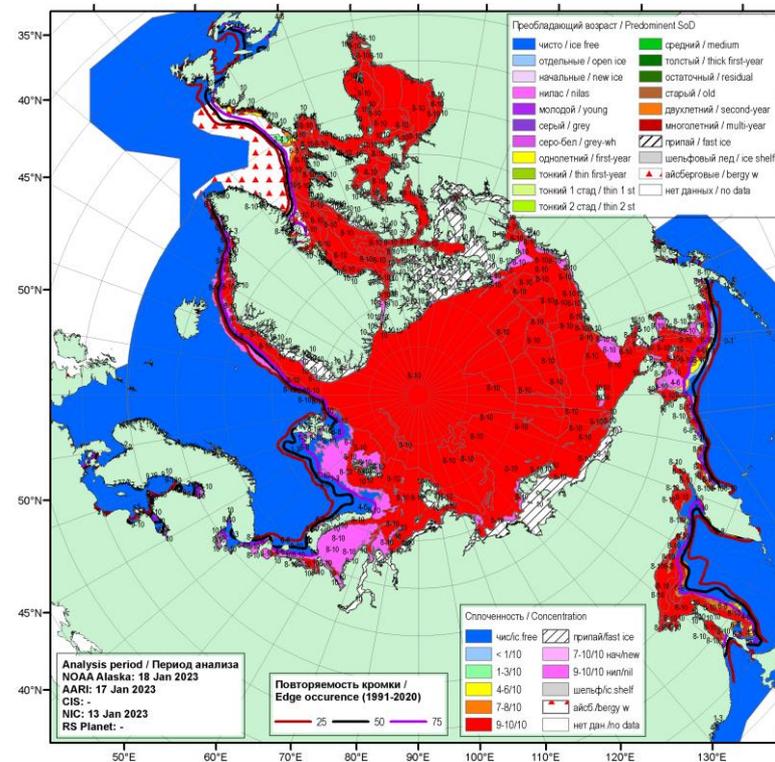


Рис. 2.4. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13–18 января 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США



В январе получила хорошее развитие одна из двух основных структур дрейфа льда в СЛО – Трансарктический перенос льда. Канадский антициклонический круговорот, как полноценная структура дрейфа, представляющая собой антициклонический круговорот льда, не сформировался.

Трансарктический перенос льдов брал свое начало из северо-восточной части Карского моря и западной части моря Лаптевых. Стрежень потока был близок к своему обычному положению. Поток льдов проходил через приполюсный район. Далее основная его часть выносилась в пролив Фрама. Скорости дрейфа потока льда значительно увеличивались на подходе и в самом проливе Фрама, составляя 10 км/сут (рис. 2.5).

Вместо Канадского антициклонического круговорота получил развитие очень специфический поток в северо-западном направлении от архипелага Новосибирские острова в море Бофорта. Причиной формирования этого потока стала аномально повышенная повторяемость меридиональных процессов типа M_2 , характерной особенностью которых является усиление арктического и американского антициклонов и преобладающих воздушных потоков юго-восточных направлений. В результате этого льды из восточной части моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря переносились в море Бофорта (рис. 2.5).

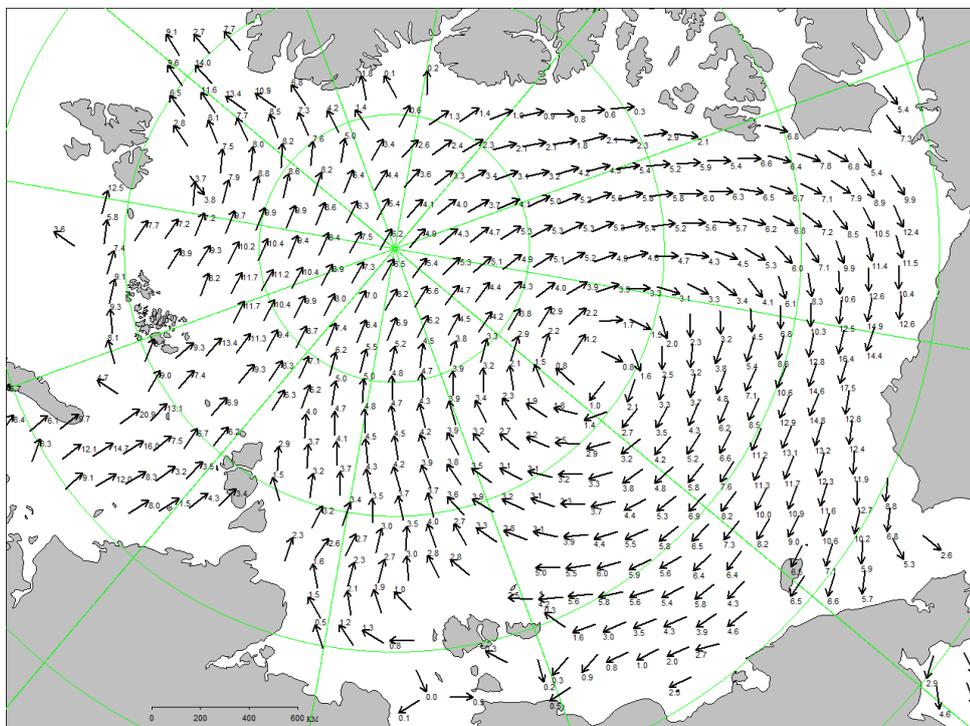


Рис. 2.5. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в январе 2023 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне



В феврале наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и нарастания толщины льда. В западном районе российского сектора Арктики, в морях Баренцевом, Карском и Лаптевых, преобладали однолетние тонкие (диапазон толщины 30–70 см) и средние льды (диапазон толщины 70–120 см). В восточном районе российского сектора Арктики, в морях Восточно-Сибирском и Чукотском, а также в море Бофорта преобладали однолетние средние льды.

Большое количество молодых льдов наблюдалось в прикромочной зоне Баренцева моря, а также в западных частях морей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского, что было связано с образованием обширных заприпайных полыней в этих районах.

В морях Восточно-Сибирском и Бофорта наблюдалось большое количество старых (двухлетних) льдов в виде обширных локальных зон, полос и пятен, которые располагались по всей акватории морей и даже достигали прибрежных районов.

Появление однолетних толстых льдов наблюдалось в виде неширокой полосы (50–150 км) за северной границей российских арктических морей в непосредственной близости от границы старых льдов.

На акватории российских арктических морей, а также в море Бофорта появление однолетних толстых льдов (диапазон толщины более 120 см) не отмечалось. Такое незначительное распространение однолетних толстых льдов, является не характерным для февраля. В среднем в конце февраля количество однолетних толстых льдов уже сопоставимо по площади с более тонкими однолетними льдами. Это свидетельствует о малой интенсивности нарастания толщины льда в течение января и февраля (рис.2.6).

Припай во всех арктических морях был развит меньше своего среднего многолетнего значения. Припай в проливе Вилькицкого был развит на западных подходах (со стороны Карского моря) и очень слабо развит на восточных подходах к нему (со стороны моря Лаптевых). Наблюдался хорошо развитый припай в районе Новосибирских островов (близкий к норме) и в районе островов Канадского арктического архипелага.

Заприпайные полыни наблюдались в юго-западном районе Карского, западных частях морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. В остальных морях развитие заприпайных полыней было незначительным.

Основной массив старых льдов в СЛО был смещен в гренландский и канадский сектора Арктики и приполюсный район (рис 2.6).

Поле сплоченности льда было достаточно однородным. Преобладали сплоченные льды (сплоченность 9–10 баллов). Граница дрейфующих льдов в Гренландском море была



близка к своему среднелетнему положению для февраля, а в Баренцевом море близка к своему минимальному положению (рис. 2.7).

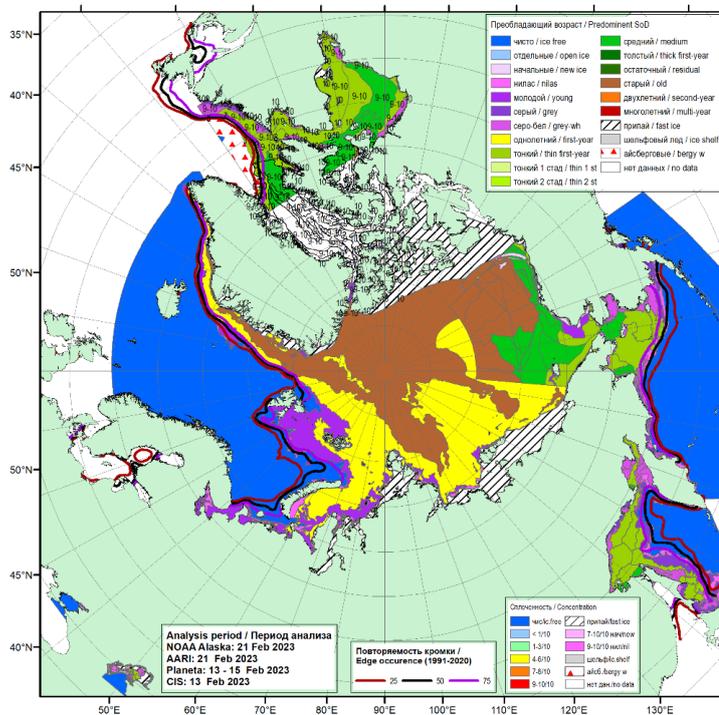


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту льда за 13–21 февраля 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

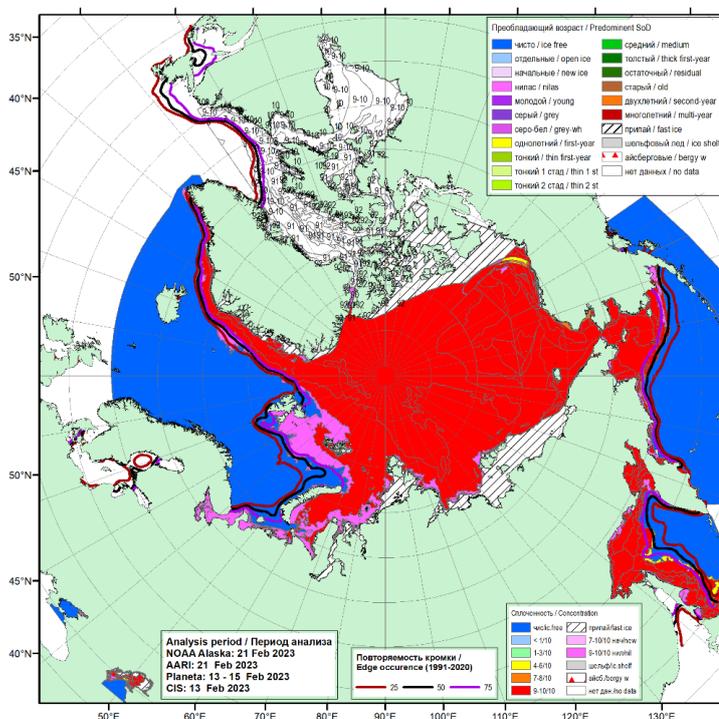


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности льда за 13–21 февраля 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В феврале в поле дрейфа произошла значительная трансформация основных структур дрейфа льда. Трансарктический перенос льда был развит слабо и смещен на западную периферию океанического ледяного массива. Перенос льда начинался из северных частей морей Карского и Лаптевых и далее по западной периферии ледяного массива неширокая полоса Трансарктического переноса выносилась в пролив Фрама. Скорость дрейфа льда была невысока и составляла около 5 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот полностью отсутствовал. В восточной части СЛО, наблюдалось мало-градиентное поле давления с очень слабым и неустойчивым дрейфом льда по направлениям (рис. 2.8).

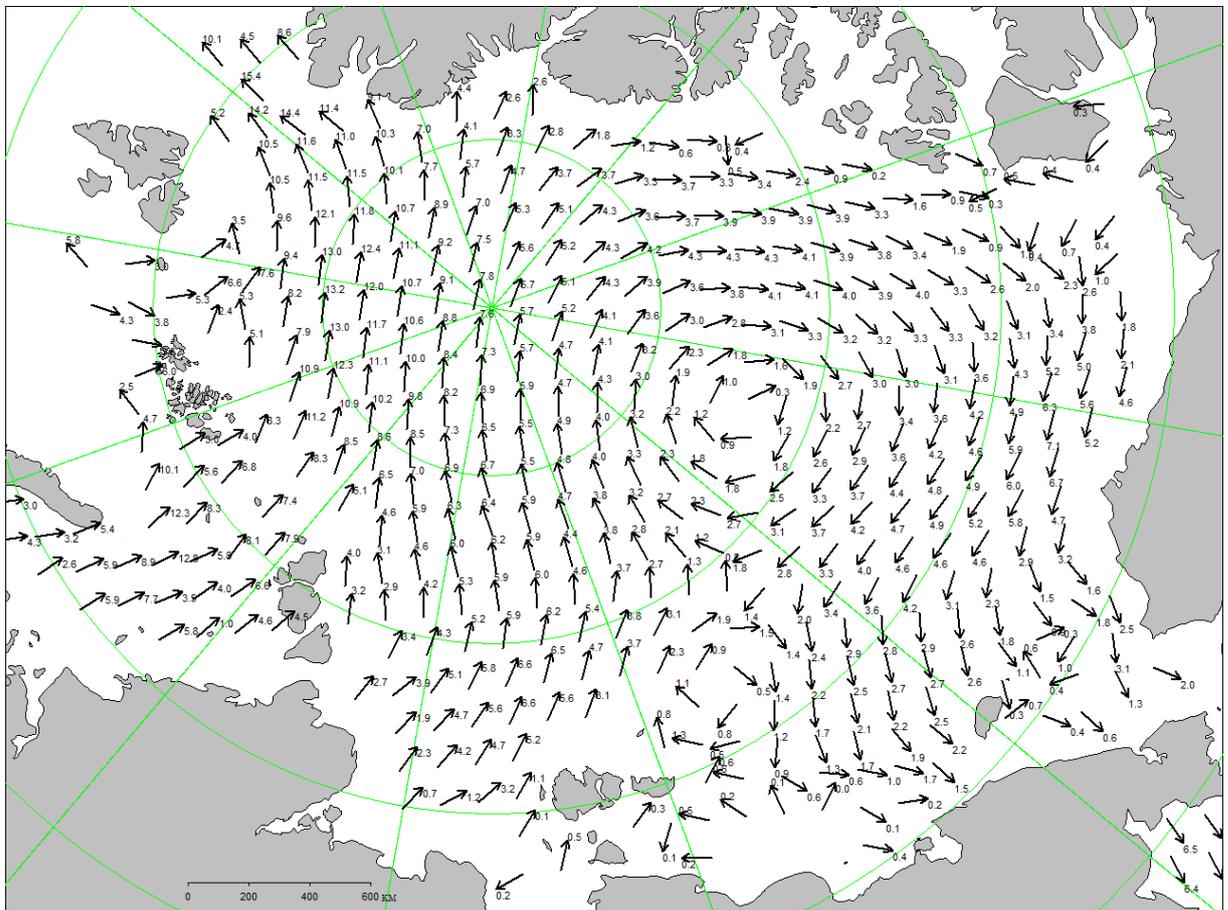


Рис. 2.8. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в феврале 2023 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В марте наблюдалось дальнейшее нарастание и развитие ледяного покрова, но происходило оно с малой интенсивностью. Об этом свидетельствуют медленное распространение однолетних толстых льдов в арктических морях и более медленное, по



сравнению с нормой, нарастания толщины льда на полярных станциях.

Однолетних толстых льдов не наблюдалось в морях Баренцевом, Карском и Лаптевых. В западном районе российского сектора СЛО зона однолетних толстых льдов наблюдалась в виде неширокой полосы (100–150 км), расположенной южнее массива старых льдов. В морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта в течение марта произошел полный переход однолетних льдов в возрастную градацию однолетних толстых. Подобная ситуация, когда в марте в части российских арктических морях еще не наблюдается преобладание однолетних толстых льдов является достаточно необычной и свидетельствует о слабом нарастании толщины ледяного покрова.

В возрастном составе льдов во всех морях российского сектора Арктики по-прежнему преобладал смешанный состав, состоящий из льдов всех возрастных категорий. По-прежнему, наблюдалось много однолетних тонких и молодых льдов в Баренцевом море. Молодые, однолетние тонкие и средние льды преобладали в морях Карском и Лаптевых. В Восточно-Сибирском и Чукотском морях преобладали однолетние средние и толстые льды. В море Бофорта преобладали однолетние толстые льды. В восточной части Восточно-Сибирского моря и в море Бофорта сохранялось значительное количество старых льдов.

Из-за постоянного выноса льдов в западной части моря Лаптевых не установился припай на восточных подходах к проливу Вилькицкого. Припай во всех арктических морях был развит меньше нормы (рис. 2.9).

В поле сплоченности наблюдалась большая однородность, характерная для холодных зимних месяцев, когда любая полынья или разрыв в ледяном покрове сразу покрывается начальными и молодыми льдами. В результате быстрого замерзания появившихся пространств чистой воды, в холодные месяцы всегда наблюдается лед сплоченностью 9-10 баллов, хотя толщина его может быть совершенно различной. Граница дрейфующих льдов в западном районе Арктики, в морях Гренландском и Баренцевом была близка к своему минимальному положению для марта (рис. 2.10).

В марте начало формироваться традиционное поле дрейфа ледяного покрова, состоящее из двух основных структур – Трансарктического переноса льда и Канадского антициклонического круговорота. Однако обе структуры дрейфа были развиты очень слабо и скорости дрейфа по всему СЛО были низкими, не превышающими 5 км/сут. Подтверждением крайне слабо развитого дрейфа льда в СЛО и его морях может служить полное отсутствие заприпайных полыней в морях. Результирующее поле среднемесячного дрейфа за март приведено на рис. 2.11.

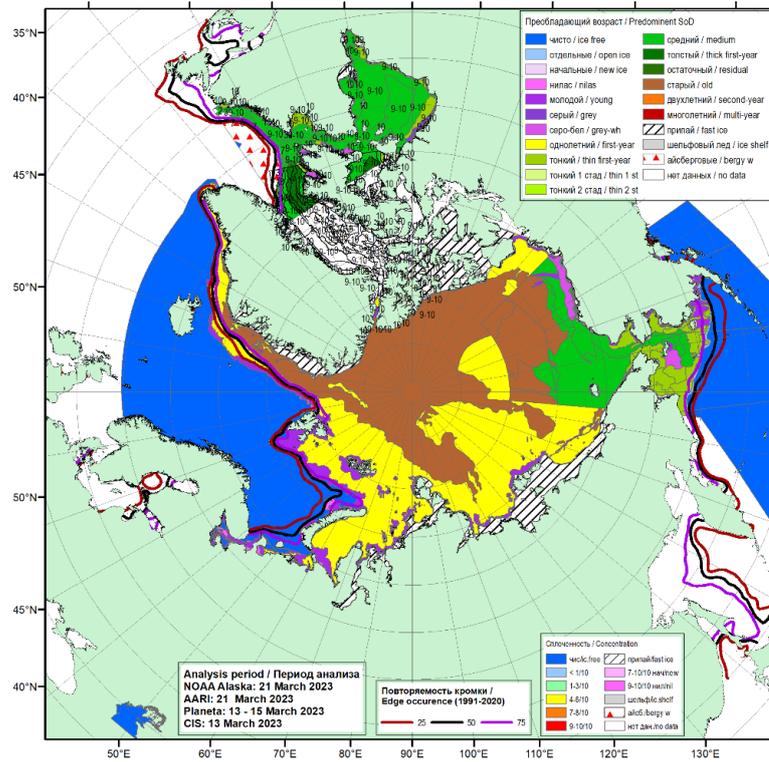


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 13–21 марта 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

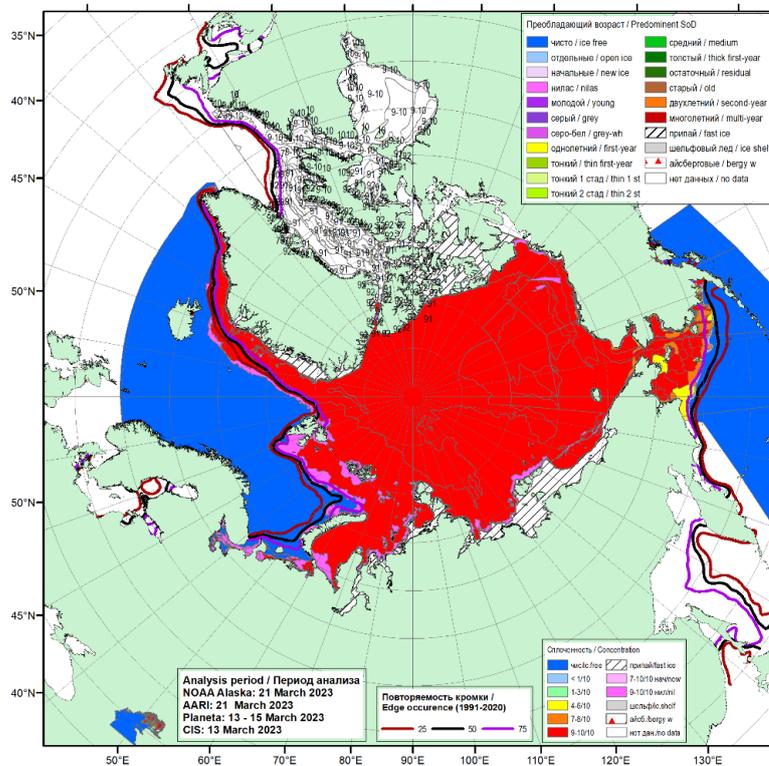


Рис. 2.10. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13–21 марта 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

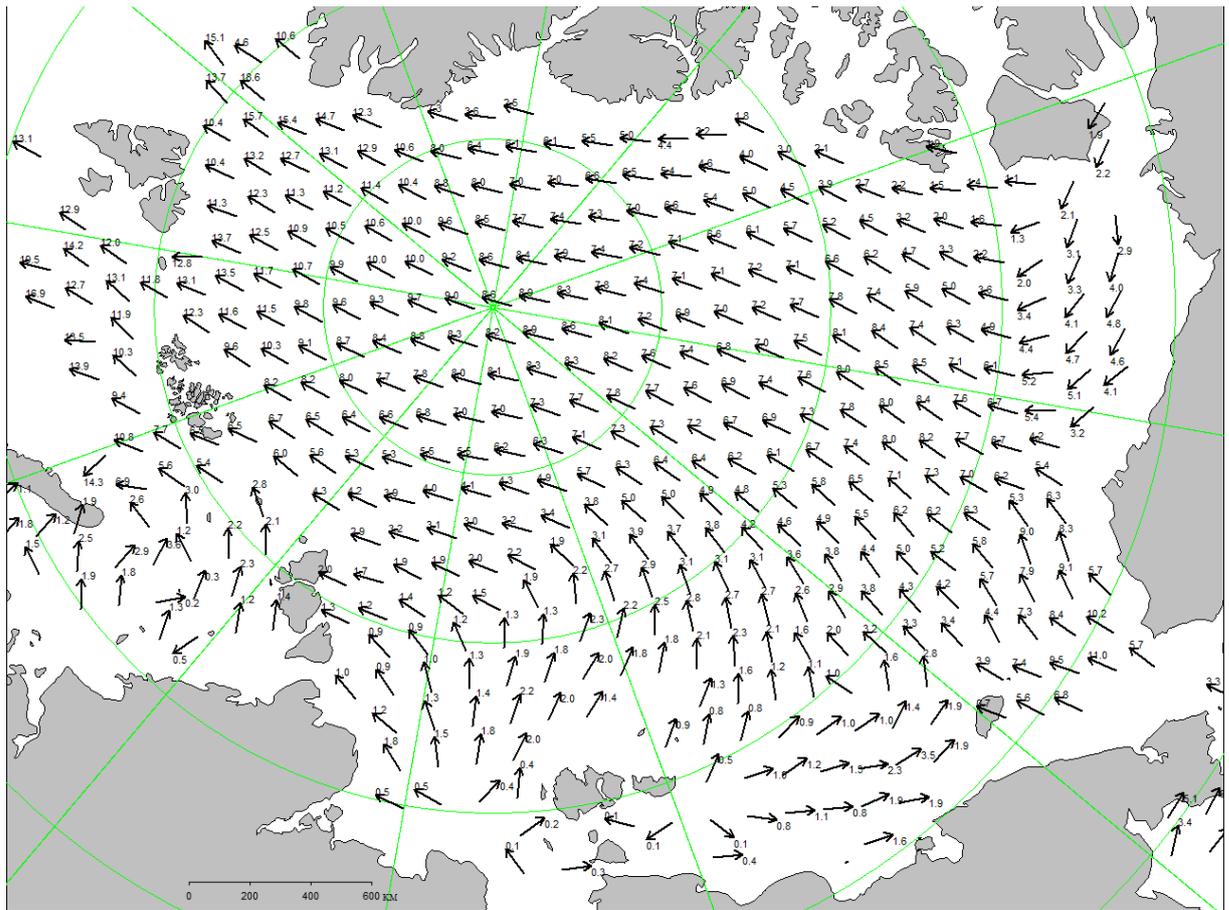


Рис. 2.11. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в марте 2023 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

Позднее начало ледообразования в российских арктических морях и небольшая интенсивность его нарастания привела к формированию отрицательных аномалий толщины припайного льда. По данным полярных станций в течение зимних месяцев отрицательная аномалия толщины льда сформировалась по всему побережью российских арктических морей. В Карском море аномалия составила $-15...-20$ см, в море Лаптевых и в районе Новосибирских островов $-5...-15$ см. По побережью восточной части Восточно-Сибирского моря и чукотскому побережью аномалии составили $-15...-20$ см. Аномалии толщины льда по данным полярных станций, во всех морях российского сектора Арктики приведены на рис. 2.12. На рисунке 2.13 приведены результаты дистанционной оценки распределения толщины льда в российских арктических морях по данным ИСЗ CryoSAT-2 – SMOS за 20.03 – 26.03.2023 (AWI SIRAL).

Развитие припая в морях в течение первых зимних месяцев проходило с малой интенсивностью. Площадь припая во всех российских арктических морях была меньше



средних многолетних значений, кроме припая вокруг архипелага Новосибирских островов. В середине марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 485 тыс. км² при норме 586 тыс. км², что на 17 % меньше средних многолетних значений.

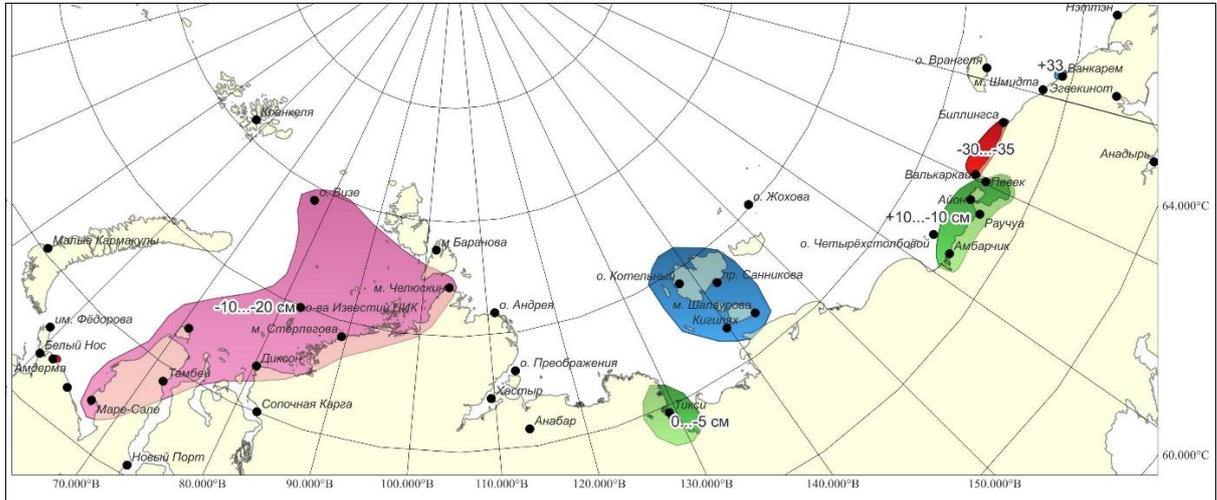


Рис. 2.12. Аномалии толщины льда в российских арктических морях в марте 2023 г.

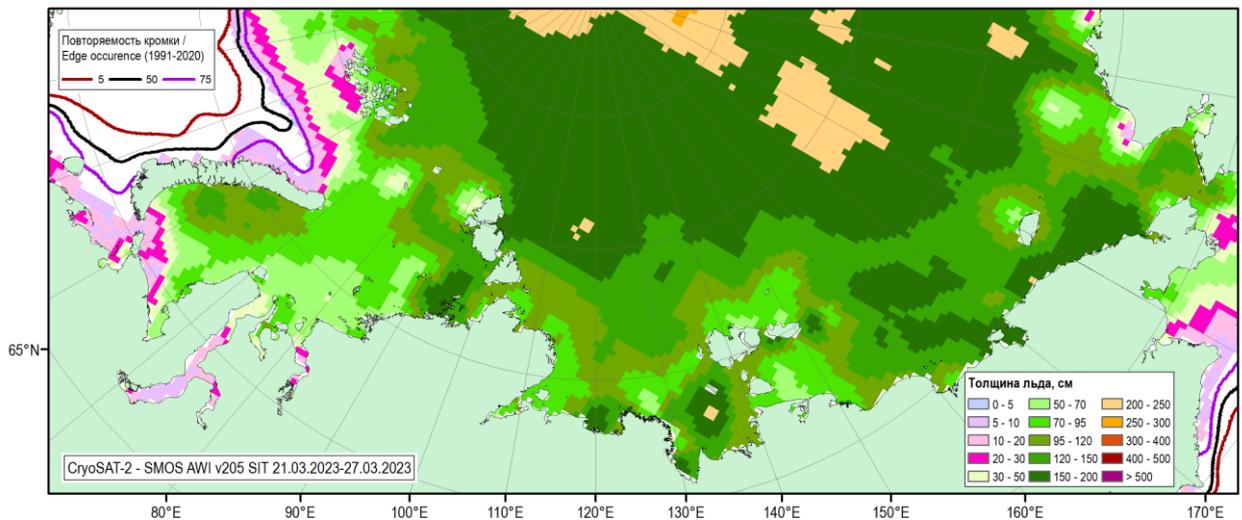


Рис. 2.13. Дистанционная оценка толщин льда по данным ИСЗ CryoSAT – 2 – SMOS за 21.03–27.03.2023 (AWI SIRAL)

Общее количество льдов в СЛЮ по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2022 г. составило 11,62 млн. км², что на 2,6 % меньше среднего многолетнего значения за длинный ряд наблюдений (с 1978 г.). Количество льда, наблюдавшееся в СЛЮ в конце марта 2022 г., оказалось очень близким по величине к среднему значению за десятилетний период 2012–2022 гг. (табл. 2.1, рис. 2.15 а).

Нужно отметить, что если в начале января 2022 г. отрицательная аномалия общего



количества льда в СЛО составила 2 %, то за первый квартал 2022 г. аномалия пусть незначительно, но увеличилась на 0,6 % и составила 2,6 %, что свидетельствует о медленном развитии площади льда в СЛО в первом квартале года. Возрастной состав льдов и толщина льдов в морях были значительно меньше среднемноголетних значений.

Таблица 2.1

Медианные значения ледовитости для Северного Ледовитого океана и 3-х меридиональных секторов за текущие 7-дневные интервалы и её аномалии от 2015–2020 гг. и интервалов 2010–2021 гг. и 1978–2022 гг. по данным наблюдений SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритмы NASATEAM на конец марта (22–26.03.2023 г.)

Район	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ²						
		2018 г	2019 г	2020	2021	2022 г.	2013- 2023 гг.	1978- 2023 гг.
Северный Ледовитый океан	11800,6	189,7	67,3	-31,8	45,4	257,3	114,4	-139,9
Сектор 45°з.д. – 95°в.д. (Гренландское – Карское моря)	3536,2	271,9	195,2	92,2	79,6	321,5	209,9	-118,4
Сектор 95°в.д. – 170°з.д. (моря Лаптевых – Чукотское, Берингово, Охотское)	4582,4	-124,5	-295,4	-138,4	-282,1	-51,7	-122,0	-343,8
Сектор 170° – 45°з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика)	6515,5	232,3	211,8	-194,9	-15,7	-398,9	-60,0	-171,1

При развитии площади ледяного покрова близкой к норме, толщина ледяного покрова была значительно меньше нормы по всему СЛО и его морям, что подтверждается модельными расчетами объема накопленного льда в СЛО. Ежедневные оценки объема морского льда СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана NУСОМ/СIСЕ Датского метеорологического института приведены на рис. 2.14. Как показывает модельный расчет объем накопленного льда в СЛО в марте 2022 г. этот год занимает 3 место в ранге минимумов, превосходя только 2020 и 2021 гг.

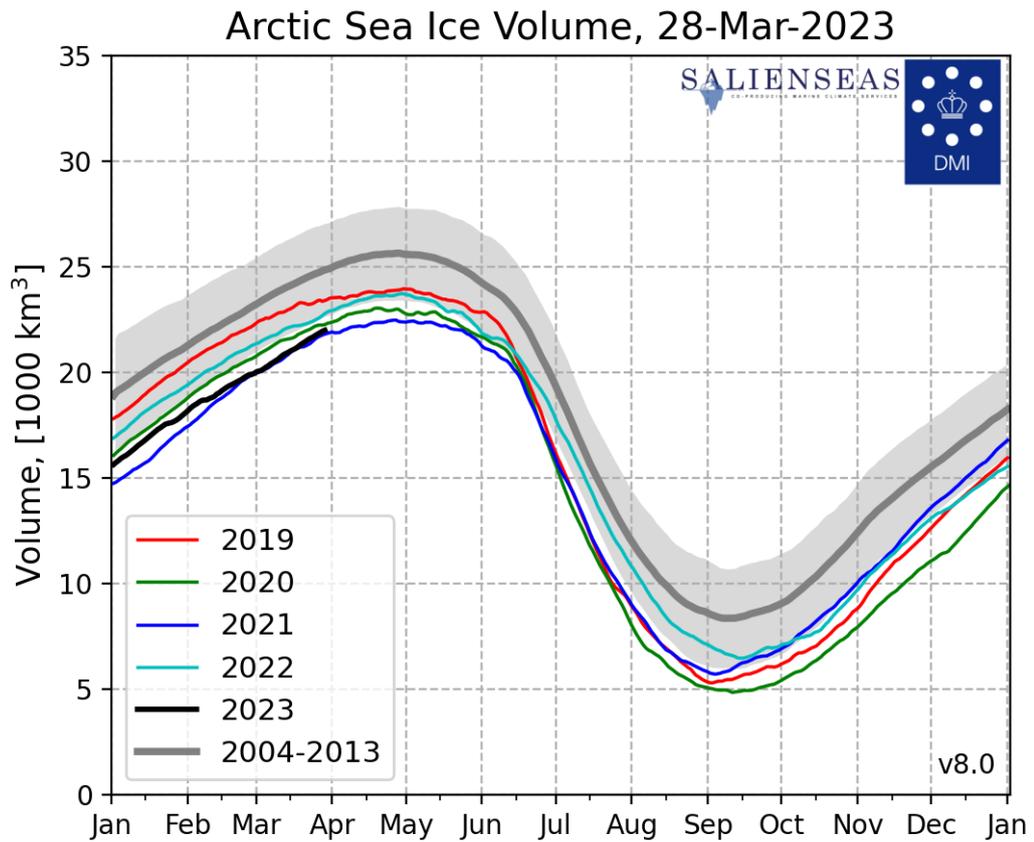


Рис. 2.14. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института с 28.02.2004 по 28.03.2023 гг.

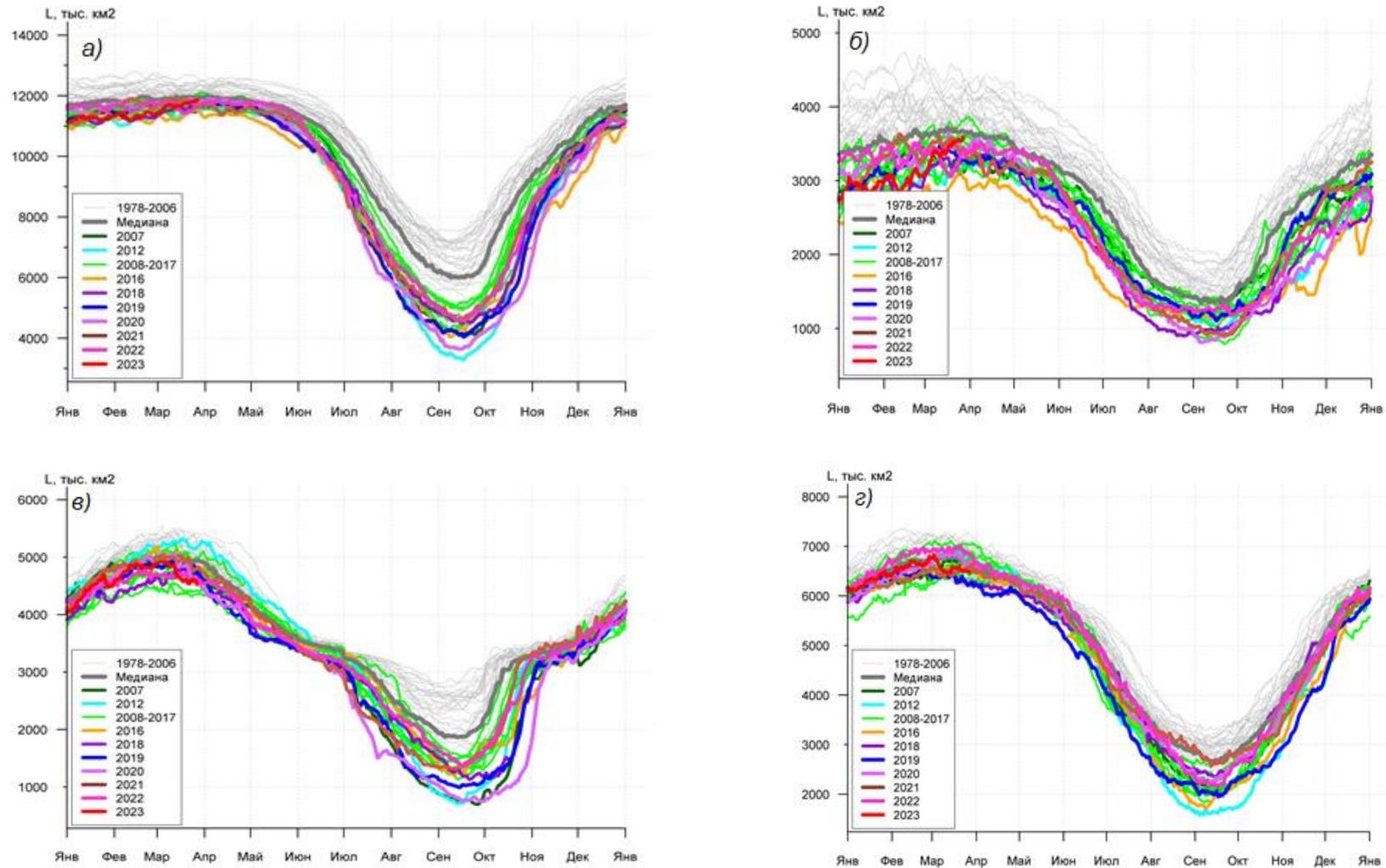


Рис. 2.15. Оценки сезонного хода ледовитости для СЛО и трех меридиональных секторов за период 26.10.1978 – 26.03.2023 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM: а) СЛО, б) сектор 45°з.д.– 95°в.д. (Гренландское–Карское моря), в) сектор 95°в.д.–170°з.д. (моря Лаптевых–Чукотское и Берингово–Охотское), г) сектор 170° – 45°з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика)

3 Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2023 г.

3.1 Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в первом квартале 2023 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ИТР (Ice-Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающими непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1.1, рис. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2023 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 126	01.01.2023	29.03.2023	175
2	ИТР 130	01.01.2023	29.03.2023	350
3	ИТР 136	01.01.2023	29.03.2023	350
4	ИТР 137	01.01.2023	29.03.2023	349

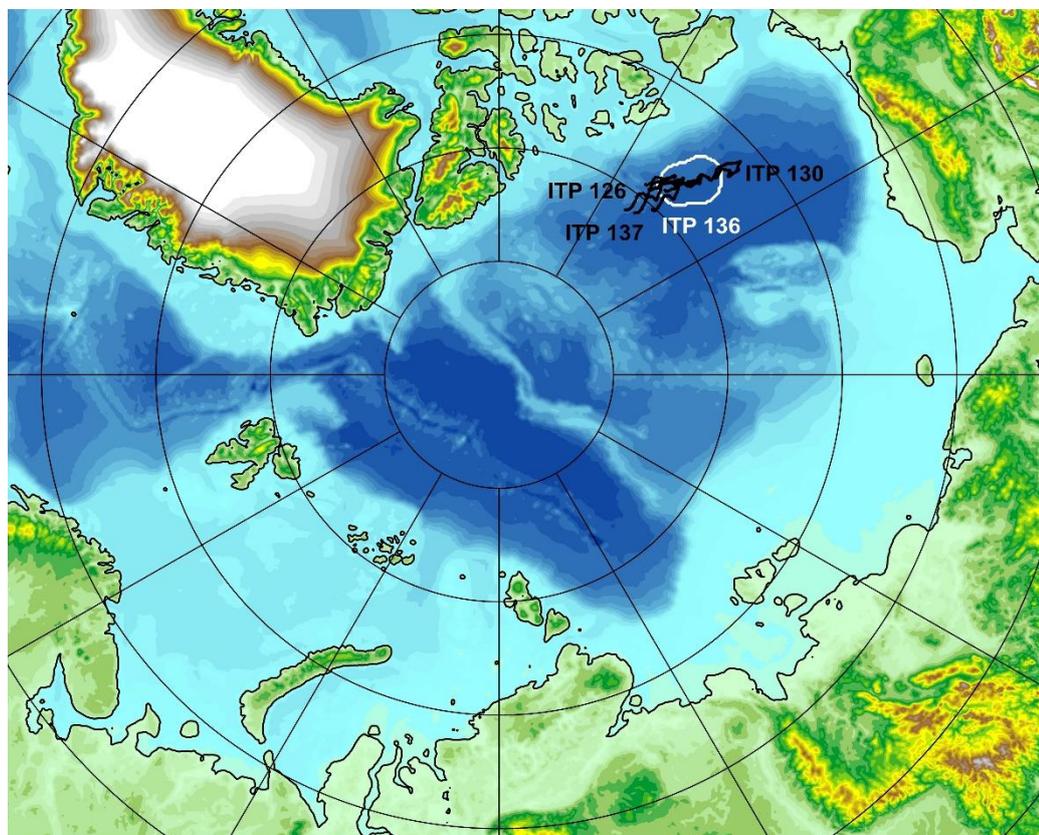


Рис. 3.1.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2023 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ



3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в первом квартале 2023 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солёности в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР 136 в Канадской глубоководной котловине (рис. 3.1.1). В выделенной группе станций рассчитывались основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солёности. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическими средними и их стандартными отклонениями, рассчитанными за климатический период с 1991 по 2020 гг., принятый за климатическую норму, для этого же района. Область поиска исторических данных (рис. 3.1.1, белый контур) был на 50 – 100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, используемых для анализа в 2023 году.

Амеразийский суббассейн

В первом квартале 2023 г. в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 136 поверхностный слой был менее солёный (27,53 ‰) по сравнению с климатической нормой (28,13 ‰). Аномалия составила 0,6 ‰. Температура поверхностного слоя соответствовала норме (-1,54 °С).

Под верхним перемешанным слоем глубже 35 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с солёностью от 31 до 33 ‰. Максимальное значение температуры слоя ЛТВ по данным ИТР 136 составило 0,36 °С, превышая климатическую норму на 1,24 °С.

Так же было отмечено незначительное увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 165 м (140 м согласно климатическим данным).

На глубинах 160-180 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и солёностью равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглублиение ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 136 ядро холодных

тихоокеанских вод залегало на глубине 190 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м.

Глубже 200 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °С) по данным первого квартала 2023 года располагалась на глубине 290 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,8 °С (495 м глубины), что соответствует климатической норме и свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Северном суббассейне СЛО.

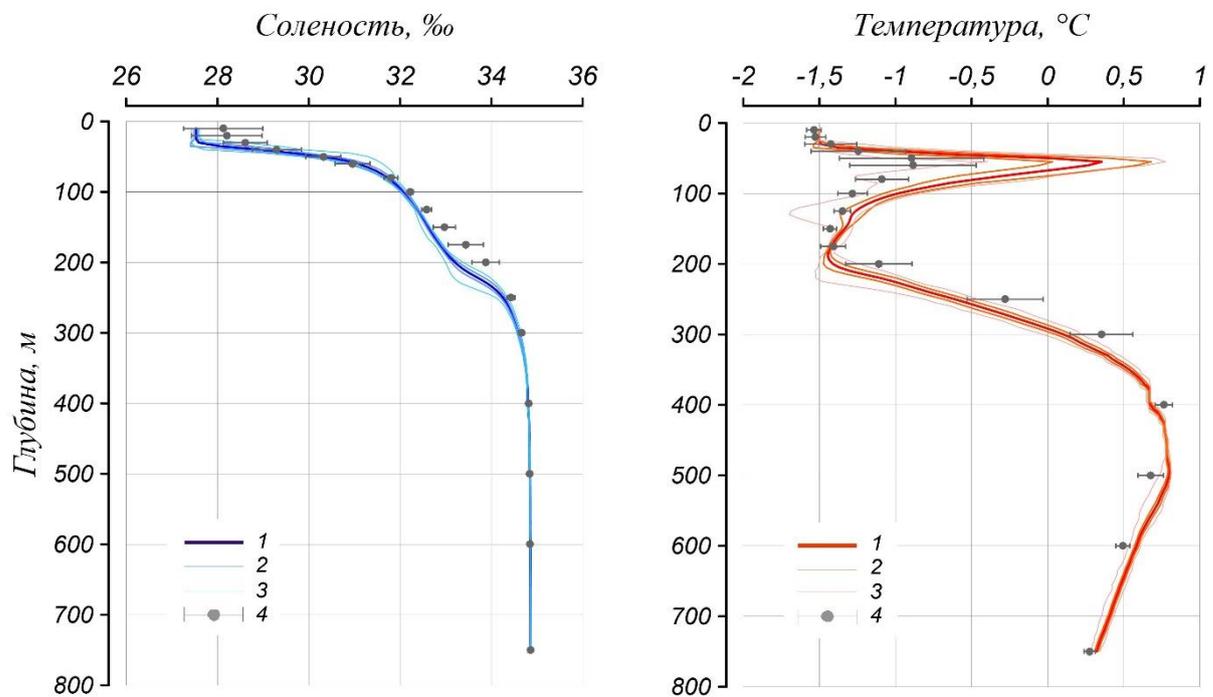


Рис. 3.1.2 – Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в январе-марте 2023 г. по результатам измерений профилографа ИТР 136

1 — профиль средних значений, 2 — область стандартного отклонения, 3 — минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 — средние климатические значения и их стандартные отклонения, рассчитанные по историческим данным базы термохалинных характеристик СЛО отдела океанологии АНИИ за январь-март в период с 1991 по 2020 гг.

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных в первом квартале 2023 г. в центральной части Канадской глубоководной котловины, поверхностный слой был незначительно распреснен по сравнению с климатической нормой. Аномалия составила - 0,6 ‰.



Максимальные значения температуры атлантических вод были близки к норме и составили $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Как и в предыдущие годы наблюдалось увеличение температуры летних тихоокеанских вод, температурная аномалия которых в первом квартале 2023 года составила $1,24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по март 2023 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 10-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.2.1). В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2.1

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период январь – март 2023 г.

Станция	Широта	Долгота
<i>Карское море</i>		
Амдерма	$69^{\circ} 45' \text{ N}$	$61^{\circ} 42' \text{ E}$
Усть-Кара	$69^{\circ} 15' \text{ N}$	$64^{\circ} 31' \text{ E}$
Сопочная Карга	$71^{\circ} 52' \text{ N}$	$82^{\circ} 42' \text{ E}$
о. Диксон	$73^{\circ} 30' \text{ N}$	$80^{\circ} 24' \text{ E}$
Мыс Стерлегова	$75^{\circ} 25' \text{ N}$	$88^{\circ} 54' \text{ E}$
ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина)	$77^{\circ} 43' \text{ N}$	$104^{\circ} 17' \text{ E}$
<i>Море Лаптевых</i>		
Анабар	$73^{\circ} 13' \text{ N}$	$113^{\circ} 30' \text{ E}$
м. Кигилях	$73^{\circ} 20' \text{ N}$	$139^{\circ} 52' \text{ E}$
пр. Санникова	$74^{\circ} 40' \text{ N}$	$138^{\circ} 54' \text{ E}$
о. Котельный	$76^{\circ} 00' \text{ N}$	$137^{\circ} 52' \text{ E}$

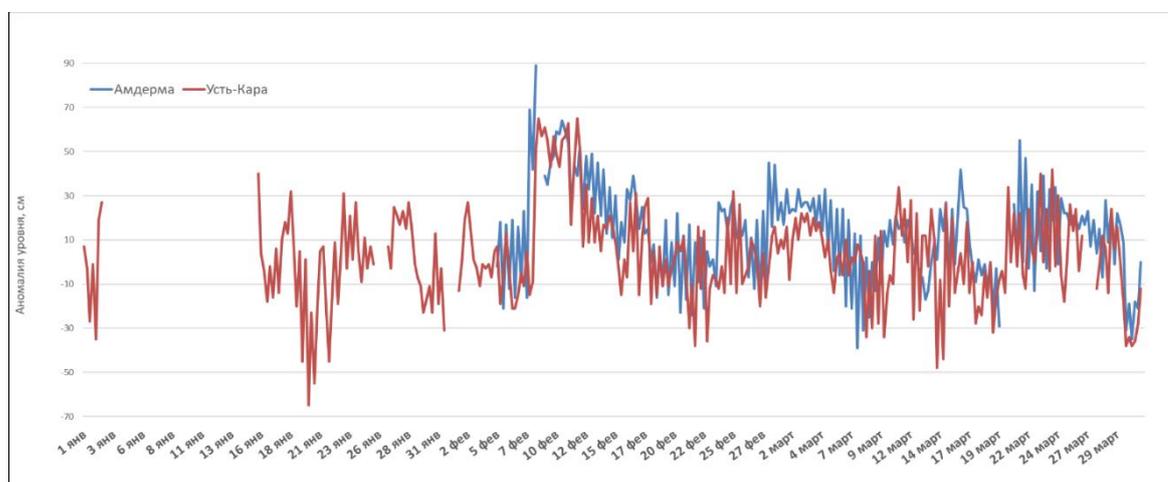


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2023 г.



Таблица 3.2.2

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2023 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Январь	Февраль	Март
Амдерма	h_{cp} (см)	–	18	10
	σ_h (см)	–	24	18
	h_{min} (см)	–	–24	–39
	Дата	–	21	07
	h_{max} (см)	–	89	55
	Дата	–	8	21
	Усть-Кара	h_{cp} (см)	–	8
σ_h (см)		–	24	19
h_{min} (см)		–	–38	–48
Дата		–	22	14
h_{max} (см)		–	65	42
Дата		–	8	24

Примечание:

h_{cp} – среднемесячный уровень; σ_h – среднеквадратическое отклонение уровня; h_{min} – минимальный уровень; h_{max} – максимальный уровень

По юго-западной части Карского моря (рис. 3.2.1, табл. 3.2.2) в январе данные поступали отрывочно, что не позволило оценить статистические характеристики колебаний уровня моря в этом районе. В конце первой декады февраля по данным станций Амдерма и Усть-Кара произошел резкий подъем уровня моря, а затем, до конца февраля происходило его постепенное снижение. В марте уровень моря в основном колебался около среднемноголетних значений.

Самые низкие значения уровня в данном районе наблюдались 20 января, когда на станции Усть-Кара уровень моря опустился на 65 см ниже среднемноголетнего значения. Самые сильные нагоны наблюдались 8 января, когда на станции Усть-Кара уровень поднялся до +65 см, а на станции Амдерма до +89 см выше среднемноголетних значений.

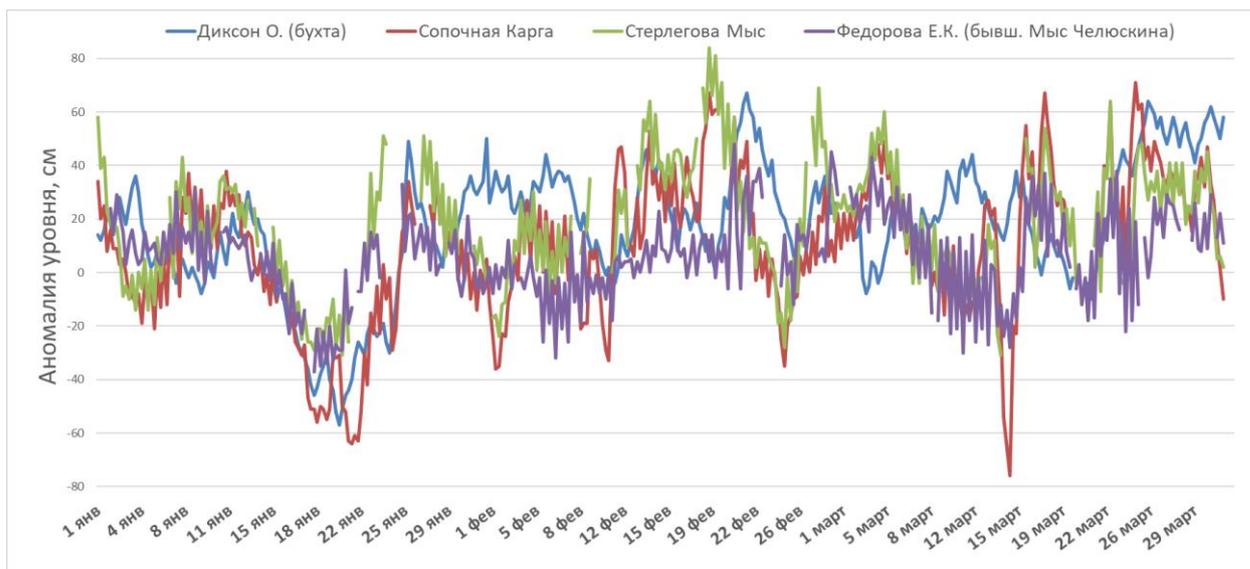


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в январе – марте 2023 г.

Таблица 3.2.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря январе – марте 2023 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Январь	Февраль	Март
о. Диксон	h_{cp} (см)	1	26	27
	σ_h (см)	24	15	20
	h_{min} (см)	-57	-4	-10
	Дата	20	11	21
	h_{max} (см)	49	67	64
	Дата	25	21	25
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	-4	12	21
	σ_h (см)	26	23	25
	h_{min} (см)	-64	-36	-76
	Дата	21	1	14
	h_{max} (см)	38	67	71
	Дата	11	18	24
Мыс Стерлегова	h_{cp} (см)	11	23	22
	σ_h (см)	22	25	19
	h_{min} (см)	-31	-28	-31
	Дата	20	24	14
	h_{max} (см)	62	84	64
	Дата	26	18	22
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{cp} (см)	3	5	10
	σ_h (см)	15	14	18
	h_{min} (см)	-37	-32	-30
	Дата	18	6	11
	h_{max} (см)	33	48	43
	Дата	25	20	3



На северо-востоке Карского моря (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) на станциях Сопочная Карга, о. Диксон и ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина) в январе уровень моря в основном колебался около отметки среднееголетних значений (от -4 см до $+3$ см). Только на станции Мыс Стерлегова колебания уровня происходили на повышенном фоне ($+11$ см). В феврале и марте колебания происходили на повышенном фоне на всех станциях (от $+5$ см до $+27$ см). В период 18–21 февраля в этом районе Карского моря наблюдался сильный нагон. На станции Мыс Стерлегова аномалия уровня моря составила $+84$ см, а на станциях о. Диксон и Сопочная Карга – $+67$ см. В марте значительный нагон наблюдался в период 22–25 марта, когда на станции Сопочная Карга аномалия составила $+71$ см, а на станциях о. Диксон и Мыс Стерлегова – $+64$ см. Необходимо так же отметить существенное падение уровня моря в конце января. 20 и 21 января уровень моря опустился до -57 см на станции Диксон и до -64 см на станции Сопочная Карга. 14 марта на станции Сопочная Карга уровень опустился на 76 см ниже среднееголетней отметки.

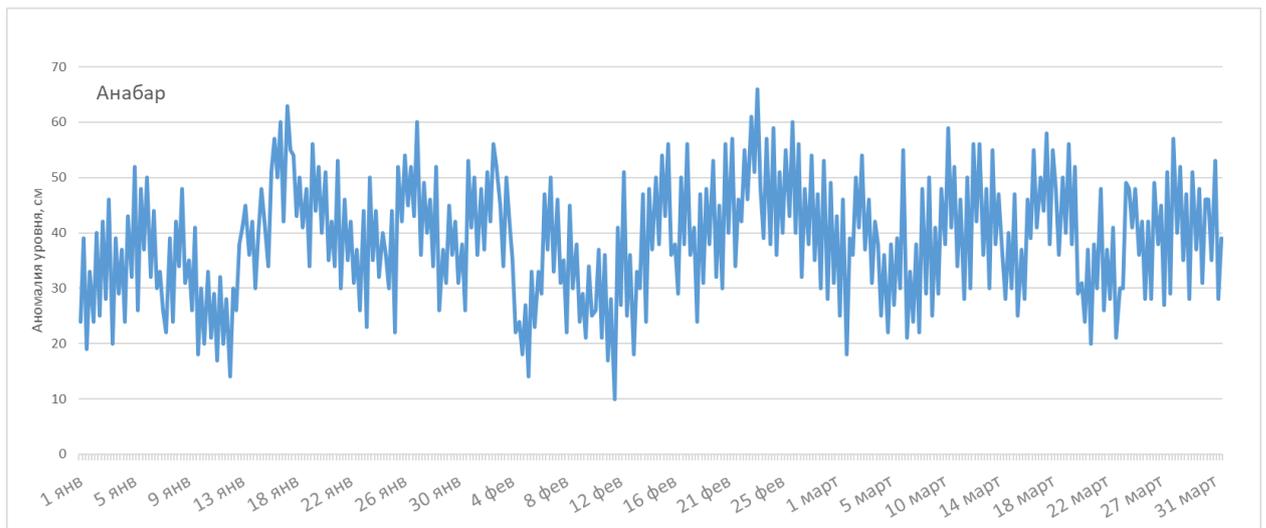


Рис. 3.2.3 Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в январе – марте 2023 г.

В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.3, табл. 3.2.4) в течение всего периода наблюдений колебания уровня моря происходили на повышенном фоне. В январе среднемесячное значение уровня моря достигло $+38$ см, в феврале и марте $+39$ см. Максимальное значение уровня наблюдалось 17 января и 23 февраля и составило $+63$ см и $+66$ см, соответственно. Самый низкий уровень моря наблюдался 12 февраля — $+10$ см.



Таблица 3.2.4

**Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря
Лаптевых в январе – марте 2023 г.**

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
Анабар	h_{cp} (см)	38	39	39
	σ_h (см)	11	12	10
	h_{min} (см)	14	10	18
	Дата	12	12	2
	h_{max} (см)	63	66	59
	Дата	17	23	10
м. Кигилях	h_{cp} (см)	4	6	8
	σ_h (см)	4	3	5
	h_{min} (см)	-5	1	-3
	Дата	17	8	13
	h_{max} (см)	14	16	20
	Дата	1	3	20
пр. Санникова	h_{cp} (см)	-7	-7	2
	σ_h (см)	17	15	22
	h_{min} (см)	-39	-36	-35
	Дата	29	16	10
	h_{max} (см)	40	26	58
	Дата	1	24	21
о. Котельный	h_{cp} (см)	16	27	47
	σ_h (см)	24	23	24
	h_{min} (см)	-27	-15	-13
	Дата	28	10	25
	h_{max} (см)	70	77	77
	Дата	1	22	14

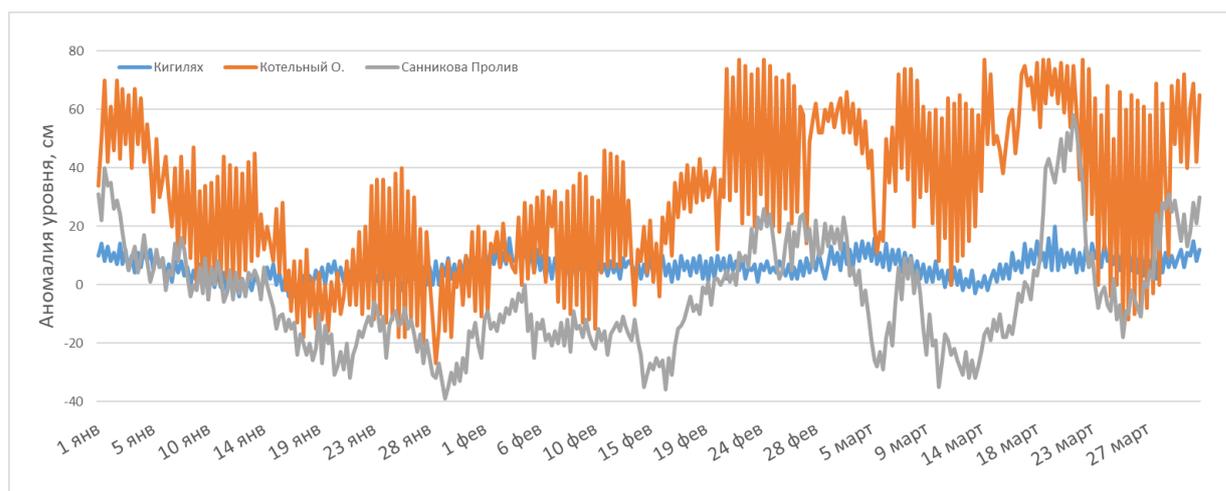


Рис. 3.2.4. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе – марте 2023 г.

(1 – м. Кигилях; 2 – о. Котельный; 3 – пр. Санникова)



На востоке моря Лаптевых по данным станции пр. Санникова (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) в январе и феврале колебания уровня происходили на пониженном фоне (-7 см) и только в марте среднее значение уровня моря достигло среднегодовалой отметки ($+2$ см). 29 января и 16 февраля здесь отмечались сильные сгоны, когда аномалия уровня моря достигала отметки -39 и -36 см, соответственно. Максимальное значение уровня моря на станции пр. Санникова было зафиксировано 21 марта и составило $+58$ см.

На станции мыс Кигилях (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) в течение всего периода уровень моря был несколько выше среднегодовалого (от $+4$ см до $+8$ см). В течение рассматриваемого периода на станции не наблюдалось значительных колебаний уровня.

На станции остров Котельный (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) колебания уровня происходили на повышенном фоне. Стоит отметить, что на этой станции среднее значение уровня понижалось до конца января, при аномалии среднего уровня $+16$ см, после чего наблюдалось постепенное повышение: в феврале аномалия среднего уровня составила $+27$ см, а в марте $+47$ см. Максимальные нагоны наблюдались 22 февраля и 14 марта, когда аномалия уровня моря достигла отметки $+77$ см. Максимальный сгон был отмечен 28 января, когда аномалия уровня составила до -27 см.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в первом квартале 2023 г. не производилось, в связи с чем, дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей в 1 квартале 2023 г.

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с января по март 2023 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИНе и модифицированной в ААНИИ. Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по еженедельным данным диагноза сплоченности льда ААНИИ.

Акватории морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского в первом квартале 2023 г. были покрыты льдом.

Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.3.1.



Таблица 3.3.1

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Баренцевом море в первом квартале 2023 г.

Месяц	Высота волн, м											
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12
Январь	–	–	2	5	9	6	3	4	–	–	–	2
Февраль	–	1	4	3	6	5	4	3	1	1	–	–
Март	–	–	15	5	8	3	–	–	–	–	–	–
Итого	–	1	21	13	23	14	7	7	1	1	–	2

Как видно из таблицы 3.4.1, в первом квартале 2023 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 3 м и от 4 до 5 м.

Число случаев, когда высота волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составило:

- 15 (48 %) – в январе;
- 14 (50 %) – в феврале;
- 3 (10 %) – в марте.

Самым штормовым месяцем в первом квартале стал январь. Максимальная расчетная высота волны в январе 2023 г. в Баренцевом море превысила 11,0 м (23 января на 18 ч UTC и 24 января на 00, 06 и 12 ч UTC). Продолжительность шторма составила 5 дней (с 22 по 26 января). Это максимальное значение ниже по сравнению с первым кварталом 2022 г. (в марте 2022 г. было более 12,0 м).

Следующим по силе штормовой активности стал февраль (высота волн более 9,0 м рассчитана в Баренцевом море 8 февраля на 12 ч UTC). Продолжительность шторма 8 дней (с 6 по 13 февраля).

На рисунке 3.3.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs на акватории Баренцева моря на 12 ч UTC 24 января 2023 г.

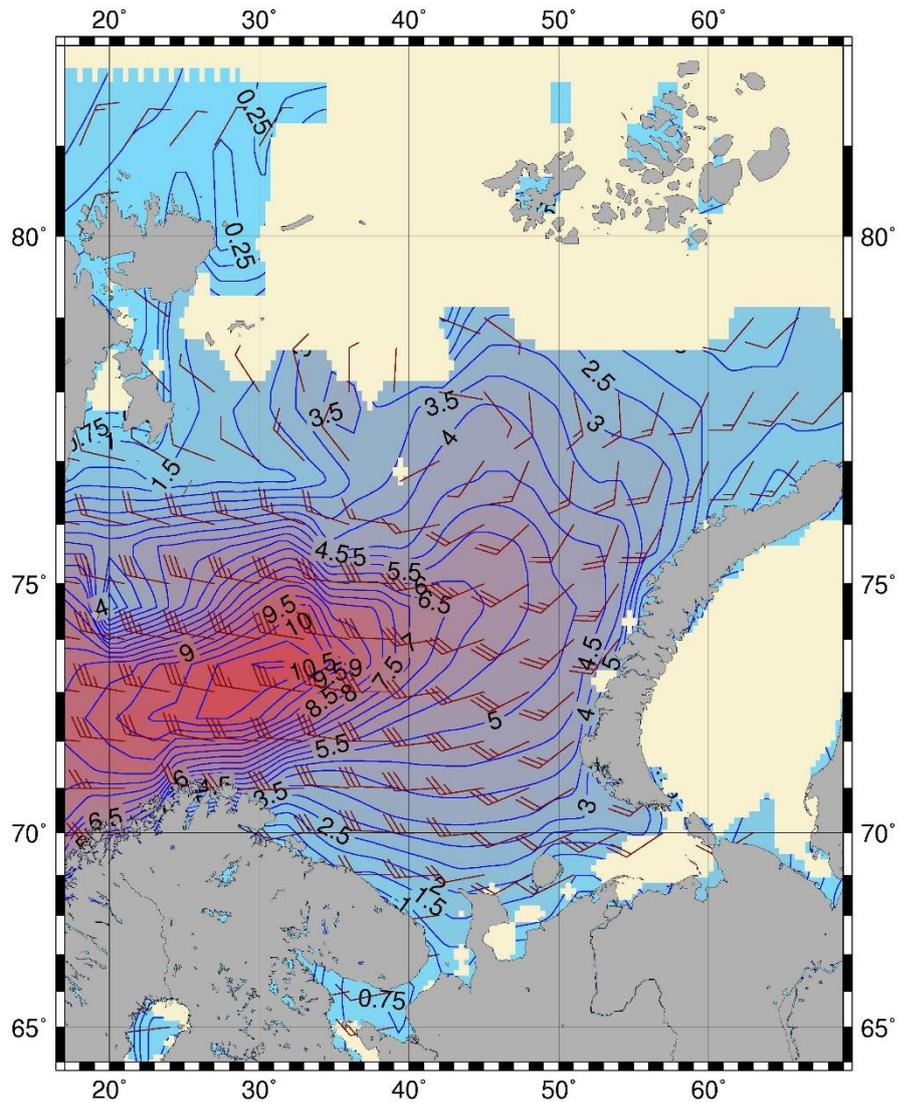


Рисунок 3.3.1 – Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 12 ч UTC 24 января 2023 г.

В Карском море в начале января пр. Карские ворота и небольшая область, прилегающая к нему в южной части моря, оставались открытыми. Закрылось Карское море в первой декаде января. Максимальная расчетная высота волны не превышала 2,5 м.