

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

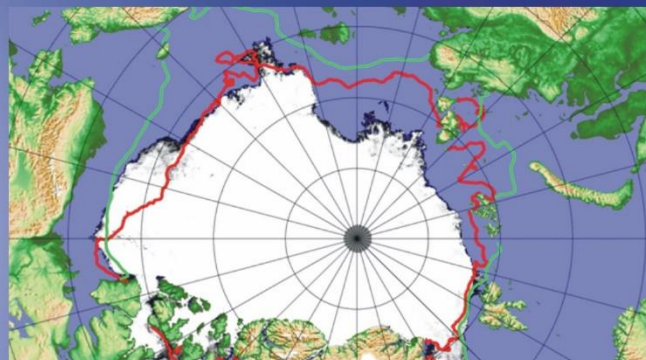
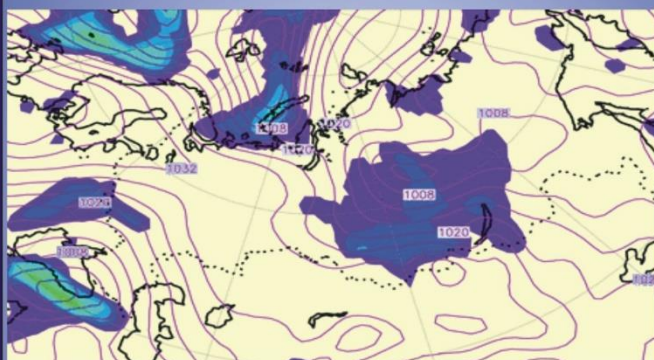


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

I квартал 2024





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в январе – марте 2024 г.	4
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе – марте 2024 года.....	16
3 Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей в январе – марте 2024 г.	35
3.1 Термohалинные условия.....	35
3.2 Уровень арктических морей	38
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей в январе – марте 2024г.	44



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в 1 квартале 2024 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, 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 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в январе – марте 2024 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 2024 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – декабрь 2023 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 2024 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за первый квартал 2024 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 2024 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 2024 г. представлен на рис. 1.1

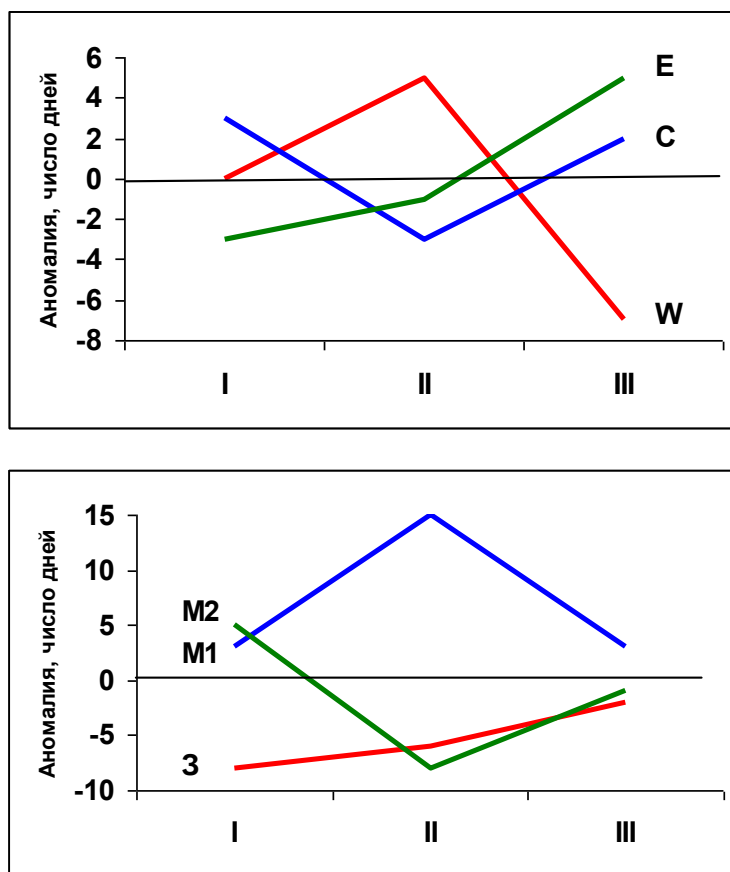


Рис. 1.1 Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период январь – март 2024 г.

W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма,
3 – зональный тип, M_1 – первый меридиональный тип, M_2 – второй меридиональный тип

В течение первого квартала происходила перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов. Схема развития и перестройки



крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с января по март 2024 г. выглядит следующим образом:

Январь – $(C+W)_{M2} \rightarrow$ Февраль – $W_{M1} \rightarrow$ Март – E_{M2}

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

В январе и феврале под влиянием циклонов из Северной Атлантики фон давления резко понизился до отрицательных аномалий. В дальнейшем, в марте, отмечалось усиление арктического антициклона. Фон давления в полярном районе повысился до положительных аномалий.

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

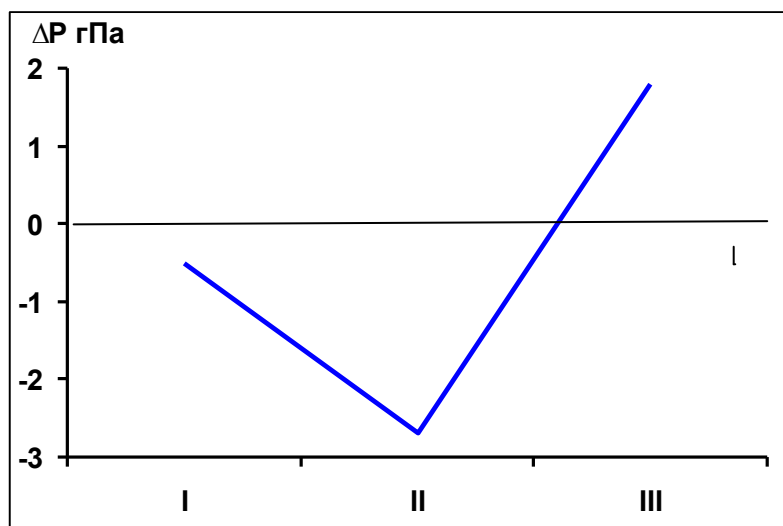


Рис. 1.2. Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в январе-марте 2024 г. в полярном районе Арктики

В течение первого квартала 2024 г. над полярным районом преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс. Наиболее высокие аномалий температуры до значений 4,4 °С отмечались в феврале.

В среднем за период январь – март 2024 г. фон температуры был выше нормы на 3,6 °С и по сравнению с прошлым годом повысился на 0,9 °С.

Изменения в январе – марте 2024 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.3.

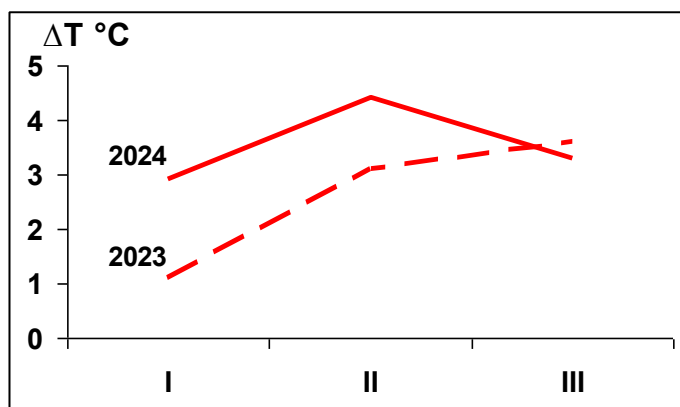


Рис.1.3 Среднемесячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – марте 2024 г.

Анализ структурных особенностей развития атмосферных процессов в первом квартале 2024 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 2024 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, а также их аномалий.

В *январе 2024 г.* полярный район находился под влиянием высотных гребней. Высотная фронтальная зона (ВФЗ) была ориентирована из Северной Атлантики в западный сектор полярного район, под которой отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность (рис. 1.4).

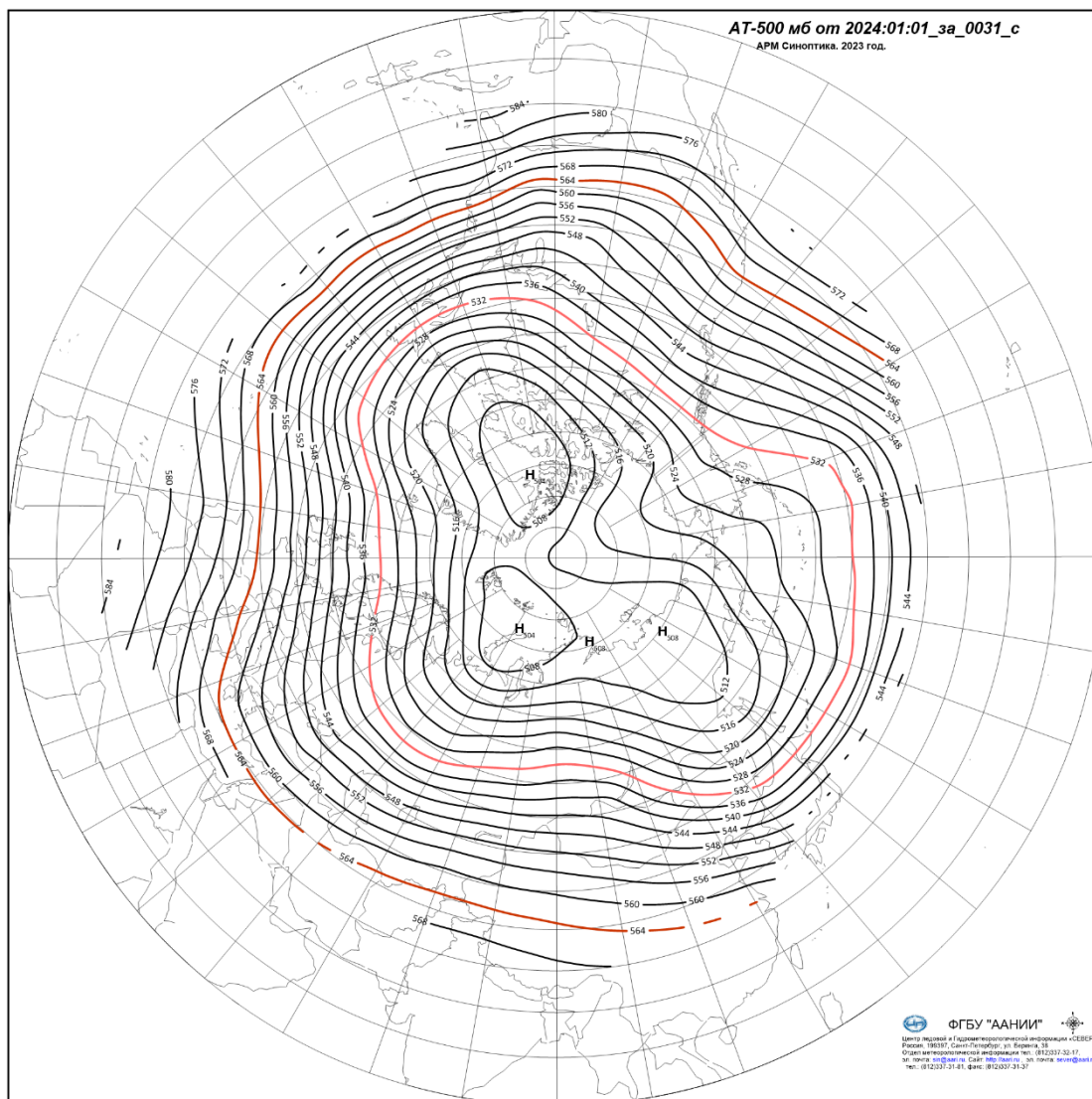


Рис. 1.4 Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в январе 2024 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе Северного полушария отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов меридиональной формы циркуляции. Циклоны в системе исландского минимума смещались над Северной Атлантикой до акватории Баренцева моря и далее меридиональным направлением на континентальную часть европейской территории России.

В западном секторе Арктики под влиянием циклонов сформировался фон давления ниже нормы. При воздушных потоках юго-западных и юго-восточных направлений преобладала адвекция теплых воздушных масс. В среднем за месяц фон температуры был выше нормы на 1 – 5 °С.

Поле среднего приземного давления и его аномалии в январе 2024 г. приведено на рисунке 1.5.

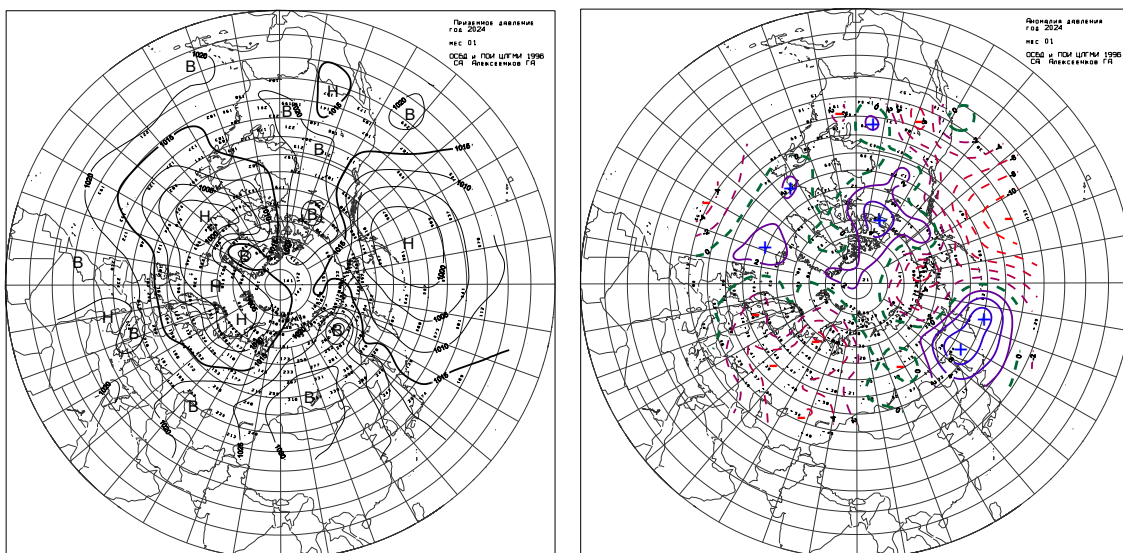


Рис. 1.5 Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в январе 2024 г.(гПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость имели меридиональные процессы типа M_2 . Характерной особенностью развития данного макропроцесса было 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 фон температуры в Чукотском и Восточно-Сибирском морях сформировался выше нормы на 3 – 7 °C .

Поле средней месячной приземной температуры воздуха и её аномалий в январе 2024 г. приведено на рисунке 1.6.

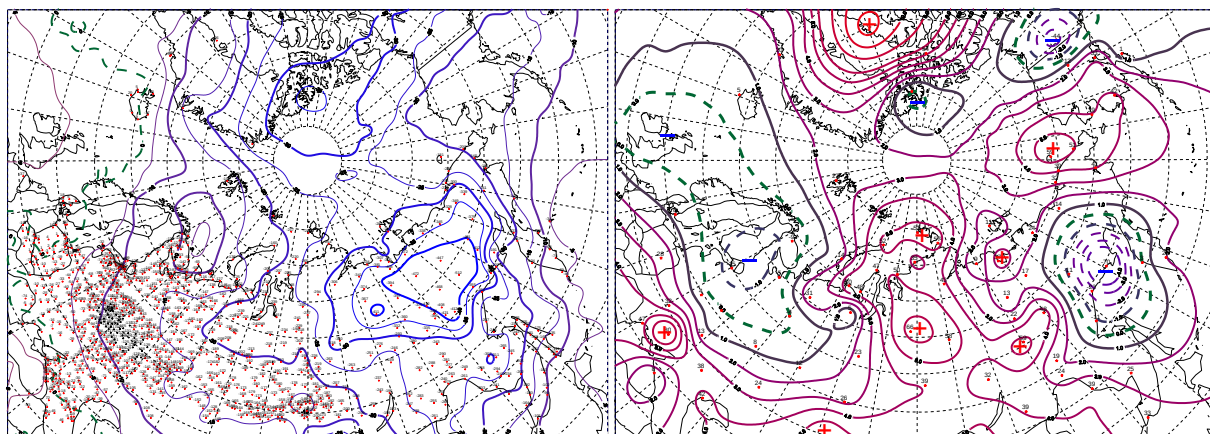


Рис. 1.6 Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в январе 2024 г., (°C)

В *феврале 2024 г.* центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в канадском секторе Арктики. При этом центр высотного гребня сместился в район восточных морей российской Арктики.

Высотная фронтальная зона (ВФЗ) из Северной Атлантики была направлена в западный и центральный районы полярного района (рис. 1.7).

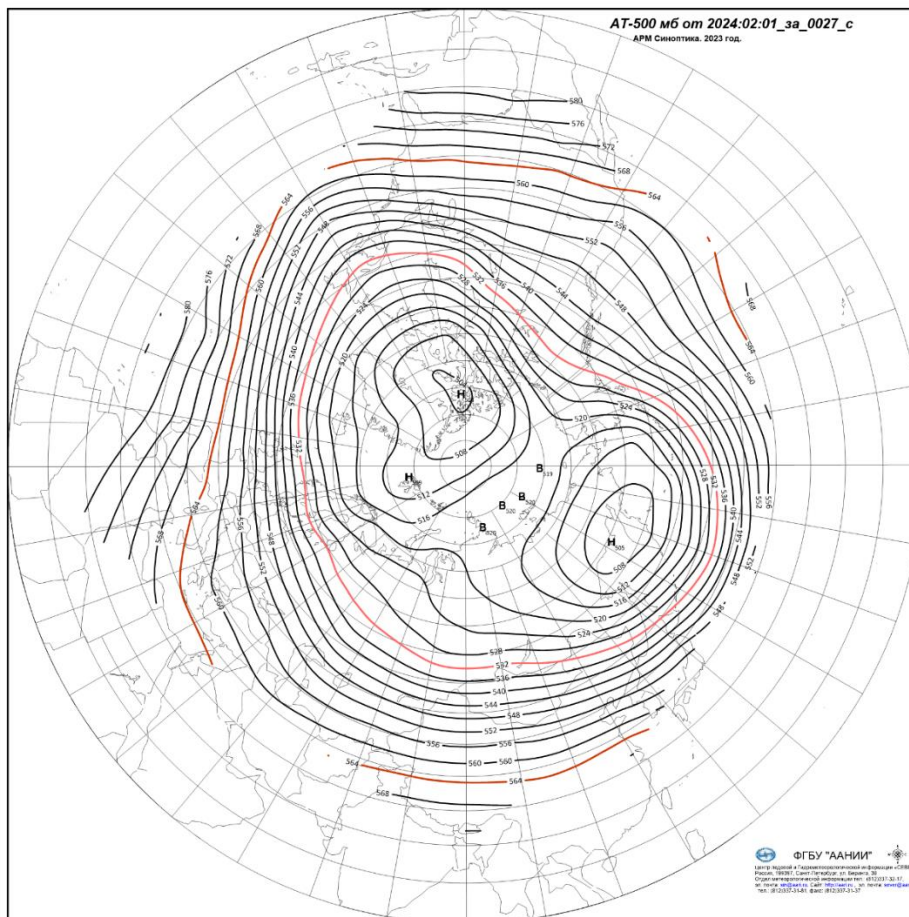


Рис. 1.7 Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в феврале 2024 г.

В *первом секторе* в феврале в приземном поле при западной форме циркуляции преобладала циклоническая деятельность. Циклоны в системе исландского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. Фон давления имел отрицательные аномалии до 2 – 8 гПа.

При воздушных потоках юго-западных и западных направлений усилилась адвекция теплого воздуха из Северной Атлантики. Наиболее высокий фон температуры отмечался в Карском море, до $-9...-11^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.8 и 1.9).

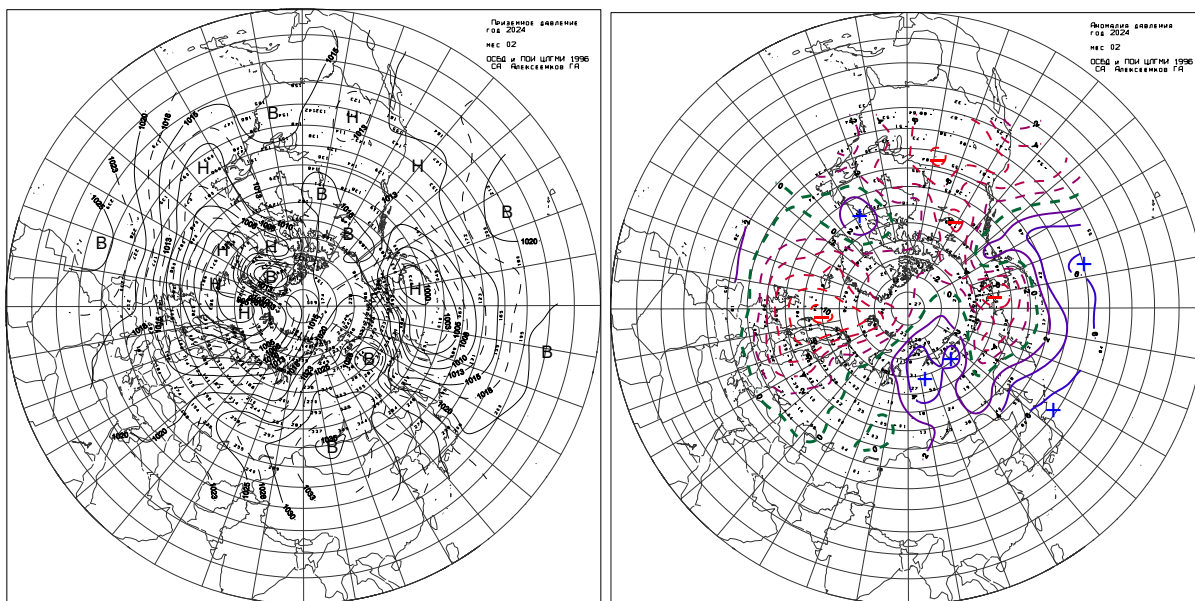


Рис. 1.8 Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в феврале 2024 г., (гПа)

Во *втором секторе* отмечалось усиление крупномасштабных атмосферных процессов типа M_1 . Под влиянием блокирующего гребня гавайского антициклона над Тихим океаном произошло ослабление адвекции теплых воздушных масс с Тихого океана. В восточном секторе полярного района сформировался фон с аномалиями температуры 2 – 4 °C выше нормы (рис. 1.9).

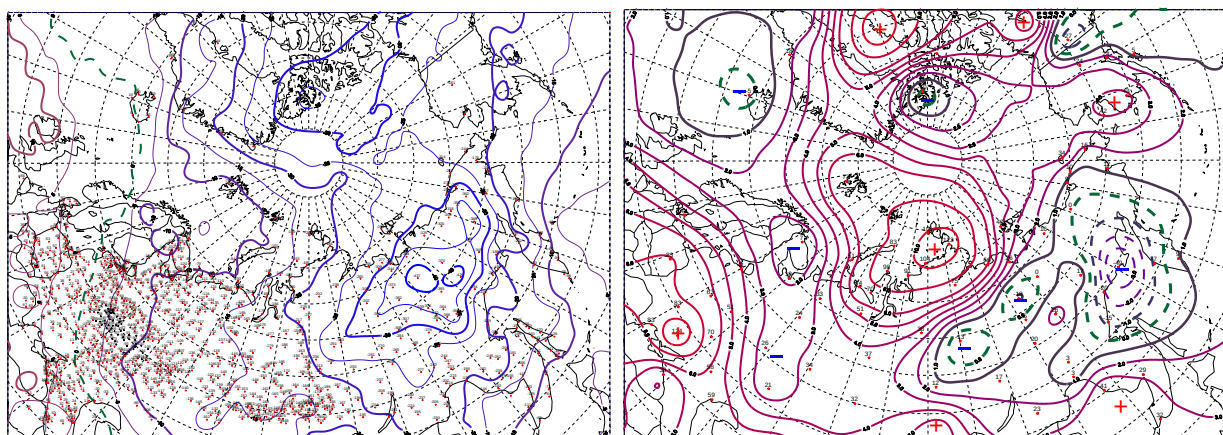


Рис. 1.9 Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в феврале 2024 г., (°C)

В *марте 2024 г.* основной центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа сместился из канадского сектора в западный сектор. В соответствие с этим ось ВФЗ сменила свою ориентацию на более южное направление (рис. 1.10).

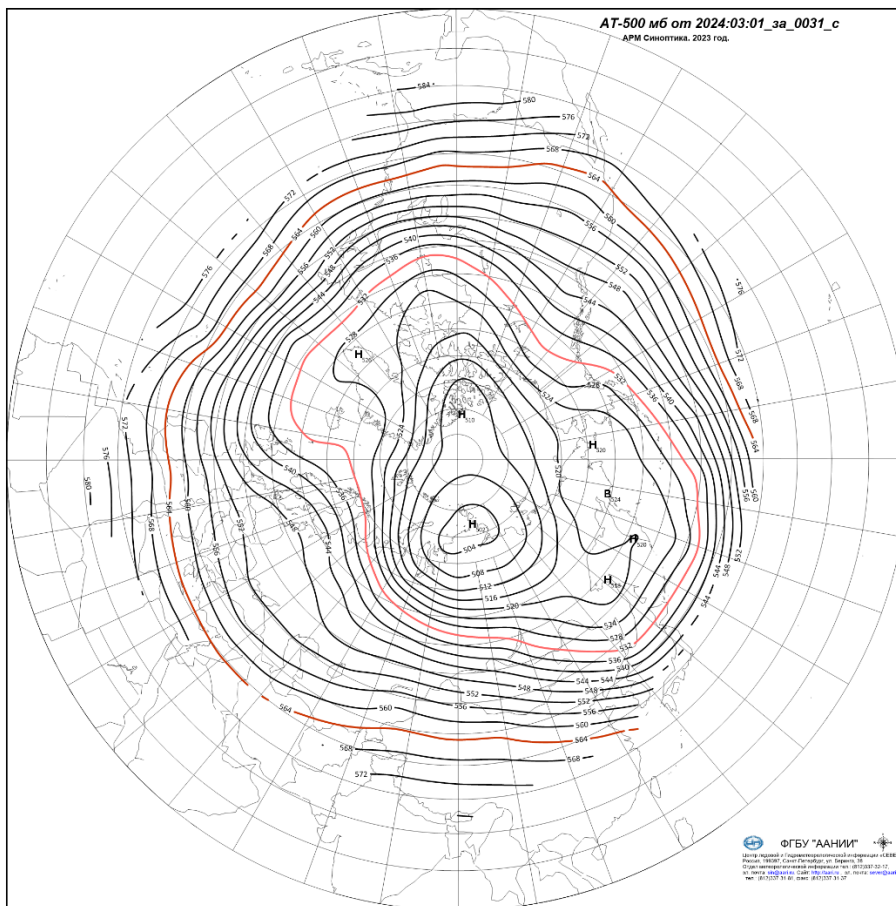


Рис. 1.10 Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в марте 2024 г.

В *первом секторе* в марте преобладали крупномасштабные атмосферные процессы восточной 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 Карского моря, где сформировались наиболее низкие значения с отрицательными аномалиями давления (рис. 1.11).

Фон температуры в большинстве районов западного сектора Арктики был выше нормы на 3 – 6 °С.

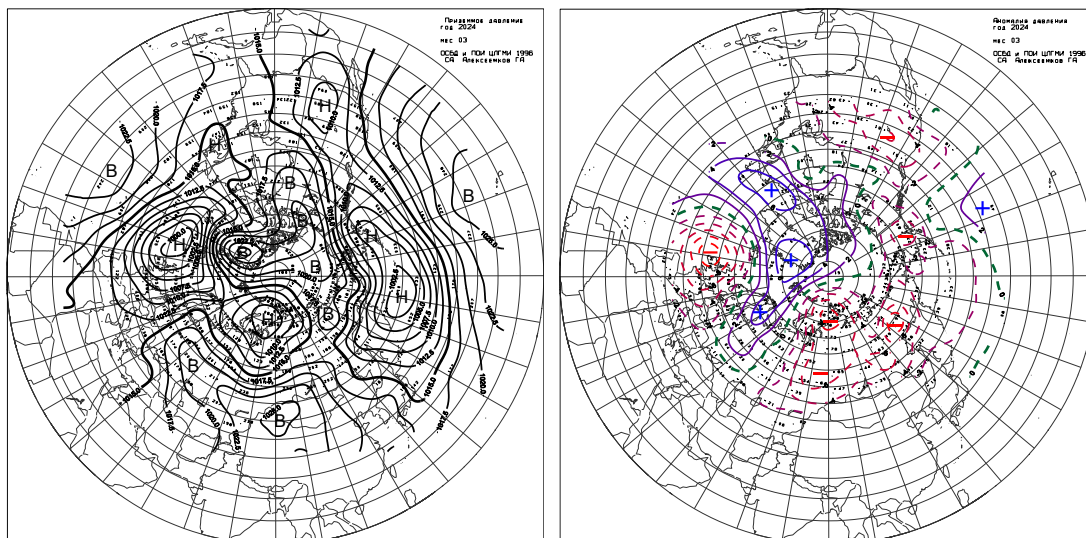


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в марте 2024 г.(гПа)

Во *втором секторе* наблюдалось повышение числа дней с крупномасштабными атмосферными процессами типа M_2 . При данном макропроцессе, под влиянием гребня арктического антициклона, циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по низкоширотным траекториям. Под влиянием антициклона фон давления в этом секторе Арктики сформировался выше нормы.

Фон температуры характеризовался значениями положительных аномалий 2 – 3 °С (рис. 1.12).

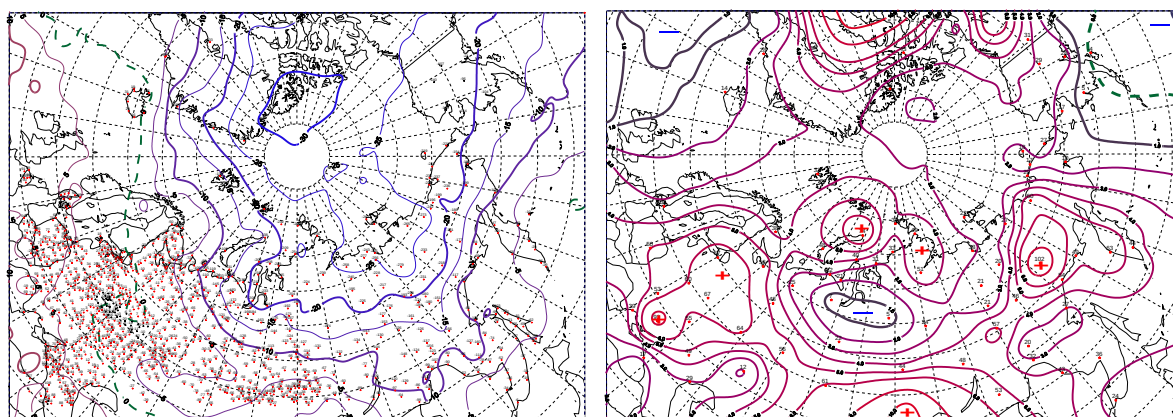


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в марте 2024 г., (°С)

Средние фоновые значения аномалий температуры за первый квартал 2024 г. для акваторий морей российской Арктики представлен на рисунке 1.13.

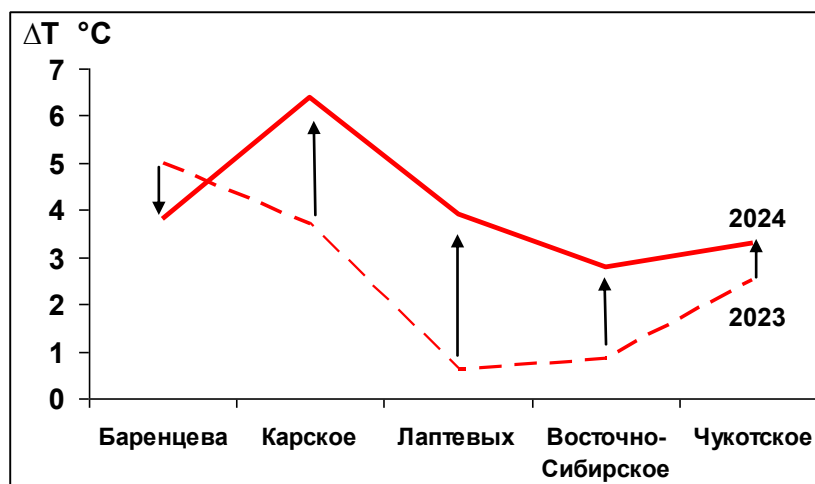


Рис. 1.13. Средние за январь-март значения аномалий температуры воздуха (°C) для акваторий морей российской Арктики в 2023 и 2024 гг.

В первом квартале 2024 г. на трассе СМП наиболее высокая температура с положительной аномалией сформировалась в Карском море, а наиболее низкая – в Восточно-Сибирском море.

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

В среднем за первый квартал по акватории всех пяти морей фон температуры выше нормы на 4 °C, что выше прошлогоднего значения на 1,5 °C.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в январе – марте 2024 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 форм циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария с типами циркуляции в тихоокеано-американском секторе полушария для каждого ЭСП с января по март 2024 г. представлены в табл. 1.1.



Таблица .1.1

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с января по март 2024 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Январь 2024			Февраль 2024			Март 2024		
ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А
1-4	<i>E</i>	<i>M₂</i>	1-4	<i>W</i>	<i>M₁</i>	1-2	<i>E</i>	<i>M₁</i>
5-7	<i>C</i>	<i>M₁</i>	5-9	<i>E</i>	<i>M₁</i>	3-5	<i>E</i>	<i>M₁</i>
8-13	<i>C</i>	<i>M₁</i>	10-16	<i>E</i>	<i>M₂</i>	6-13	<i>C</i>	<i>З</i>
14-18	<i>W</i>	<i>M₂</i>	17-19	<i>C</i>	<i>M₂</i>	14-16	<i>W</i>	<i>M₂</i>
19-21	<i>E</i>	<i>M₂</i>	20-25	<i>W</i>	<i>M₁</i>	17-18	<i>C</i>	<i>M₂</i>
22-24	<i>W</i>	<i>M₂</i>	26-29	<i>W</i>	<i>M₁</i>	19-22	<i>E</i>	<i>M₁</i>
25-27	<i>E</i>	<i>M₂</i>				23-27	<i>E</i>	<i>M₂</i>
28-31	<i>W</i>	<i>M₂</i>				28-31	<i>E</i>	<i>M₂</i>
Итого	<i>W 12 (0)</i>	<i>З 0 (-8)</i>	Итого	<i>W 14 (5)</i>	<i>З 0 (-6)</i>	Итого	<i>W 3 (-7)</i>	<i>З 8 (-2)</i>
	<i>C 9 (3)</i>	<i>M₁ 9 (3)</i>		<i>C 3 (-3)</i>	<i>M₁ 19 (15)</i>		<i>C 10 (2)</i>	<i>M₁ 9 (3)</i>
	<i>E 10(-3)</i>	<i>M₂ 22 (5)</i>		<i>E 12 (-1)</i>	<i>M₂ 10 (-8)</i>		<i>E 18 (5)</i>	<i>M₂ 14 (-1)</i>

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*, *C*, *E*) и типами (*З*, *M₁*, *M₂*) атмосферной циркуляции.

Обобщая результаты мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период январь – март 2024 г., можно сделать следующие основные выводы.

1. В течение первого квартала происходили перестройки в направленности крупномасштабных атмосферных процессов, которые нашли свое отражение в изменении метеорологических условий в полярном районе Арктики.

2. В январе и феврале под влиянием циклонов из Северной Атлантики фон давления в полярном районе сформировался ниже нормы. В марте наблюдалось усиление арктического антициклона. Фон давления повысился до положительных аномалий.

3. В полярном районе в течение первого квартала преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс. Фон температуры в среднем за квартал выше нормы на 3,6 °С, что выше прошлогоднего значения на 0,9 °С.

4. На трассе СМП в среднем за первый квартал 2024 года наиболее высокая положительная аномалия температуры сформировалась в Карском море, а наиболее низкая – в Восточно-Сибирском море. В среднем за первый квартал по акватории всех пяти морей фон температуры выше нормы на 4 °С, что выше прошлогоднего значения на 1,5 °С.



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе – марте 2024 года

Оценки развития ледовых условий в первом квартале 2024 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, по данным экспедиционных исследований, проводимых на ЛСП «Северный Полюс» и на исследовательской полевой 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 2024 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду.

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).



Для расчета аномалий ледовых параметров, включающих в себя оценки состояния припайного льда (толщина и взлом припая) и основные фазы весенних и осенних ледовых явлений (сроки очищения, сроки ледообразования), использовались нормы, рассчитанные для каждой полярной станции с 1991 по 2020 гг. (длина рядов для расчета средних многолетних значений составляет 30 лет).

Для расчета аномалий площади льда в СЛО и его морях, аномалий интенсивности сокращения и нарастания льда в различные периоды года используются нормы, рассчитанные за весь доступный период микроволновых наблюдений за морским льдом в Северном полушарии с 1979 по 2024 г.

На рисунке 2.В.1 показано положение и границы квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

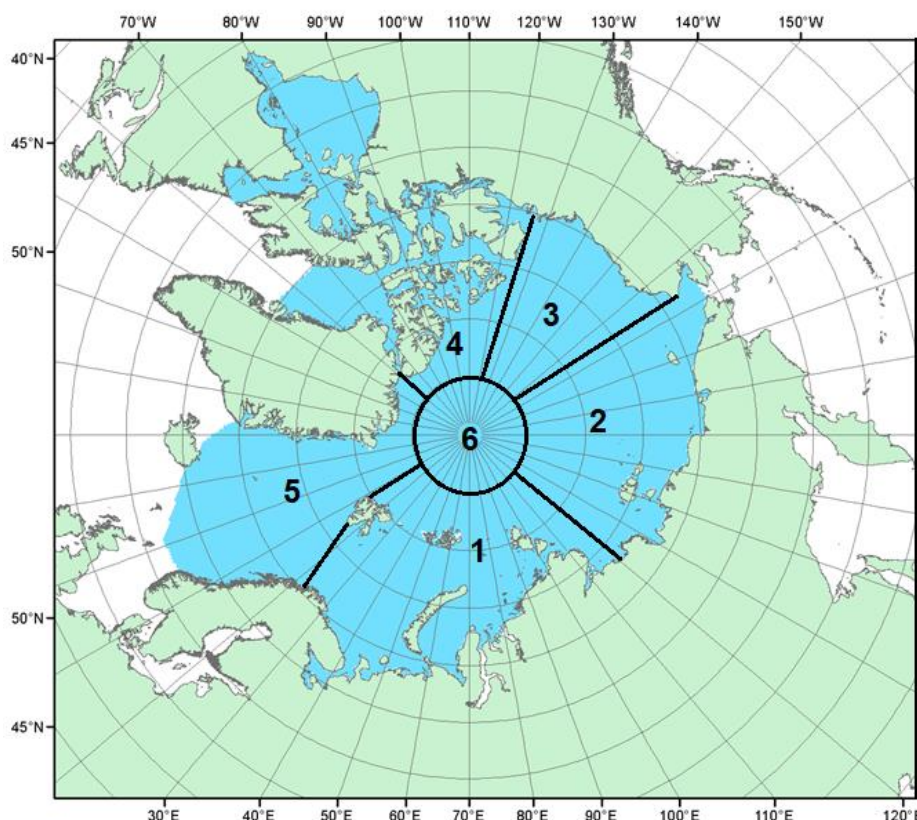


Рис. 2.В.1. Районы Северного Ледовитого океана

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

Ледообразование в СЛО в осенний период 2023 г. началось в массиве старых и остаточных льдов в начале сентября. Далее, во второй декаде сентября начальные льды появились на открытой воде среди островов Канадского Арктического архипелага. В третьей декаде сентября молодые льды вышли из границы старых и остаточных льдов и



стали наблюдаться на чистой воде в виде полосы шириной 50 – 100 миль между меридианами 90° в.д. – 150° в.д.

Наиболее интенсивное формирование молодых льдов наблюдалось в северных частях морей Баренцева, Карского и Лаптевых. На северной границе восточных морей – Восточно-Сибирского, Чукотского и Бофорта появление начальных и молодых льдов до конца сентября не наблюдалось. Необходимо отметить, что в этих морях вплоть до конца сентября наблюдалось сокращение площади льдов.

Ледообразование в осенний период 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 морей и большую часть акватории моря Бофорта. Основной особенностью ледообразования в осенний сезон 2023 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 первой декаде октября молодые льды наблюдались на чистой воде в прикромочной зоне на широком фронте от Гренландского моря до моря Бофорта. Ширина полосы составляла от 100 до 200 км. Ледообразование развивалось интенсивно. В середине октября ледообразование охватило акватории большинства арктических морей — северную часть Карского моря, северную и прибрежную части моря Лаптевых, всю акваторию восточной части Восточно-Сибирского и прибрежную части Чукотского морей. В третьей декаде октября свободными ото льда оставались акватории морей: Баренцева, юго-западной части Карского, восточной части Чукотского и прибрежная часть Бофорта. На акватории остальных морей наблюдались молодые льды. В северо-западной части моря Лаптевых сохранялись протяженные языки остаточных и старых льдов.

Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины сентября по середину октября, составило около 1,9 млн км², что было очень близко к среднему многолетнему значению (1,8 млн км²) за длинный ряд наблюдений 1979 — 2024 гг.

В ноябре продолжалось интенсивное развитие ледообразования и увеличение площади молодых и однолетних льдов. В середине ноября молодыми льдами были покрыты акватории всех арктических морей, кроме Баренцева, юго-запада Карского и восточной части Чукотского. В этих морях сохранялись обширные зоны чистой воды. Количество

молодых льдов, появившихся в СЛО с середины октября по середину ноября, составило 3,1 млн км², что значительно, на 38 % превысило среднемноголетнее значение (2,3 млн км²).

В декабре продолжилось увеличение площади и толщины ледяного покрова. Однако, интенсивность нарастания площади льда по сравнению с ноябрем уменьшилась и приблизилась к норме. Количество молодых и однолетних льдов, появившихся в СЛО и его морях с середины ноября по середину декабря, составило 1,5 млн км², что оказалось только на 8 % больше среднего многолетнего значения (1,3 млн км²).

В середине декабря ледообразование охватило всю северную часть Баренцева моря, а также полностью Карское и Чукотское моря. Свободными ото льда оставалась только южная часть Баренцева моря. На акватории Баренцева моря, юго-западной части Карского моря и восточной части Чукотского моря наблюдались молодые льды (серые и серо-белые). На акватории остальных морей наблюдалось преобладание однолетнего тонкого льда.

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря 2023 г. составила 11,1 млн км² при норме 11,5 млн км², т. е. оказалась на 3,5 % меньше средних многолетних значений. Площадь распространения льдов в конце 2023 года оказалась близка к среднему многолетнему значению за ряд наблюдений с 1978 по 2023 г. Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градам на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь–март 2024 г. приведены рис. 2.1 – 2.10.

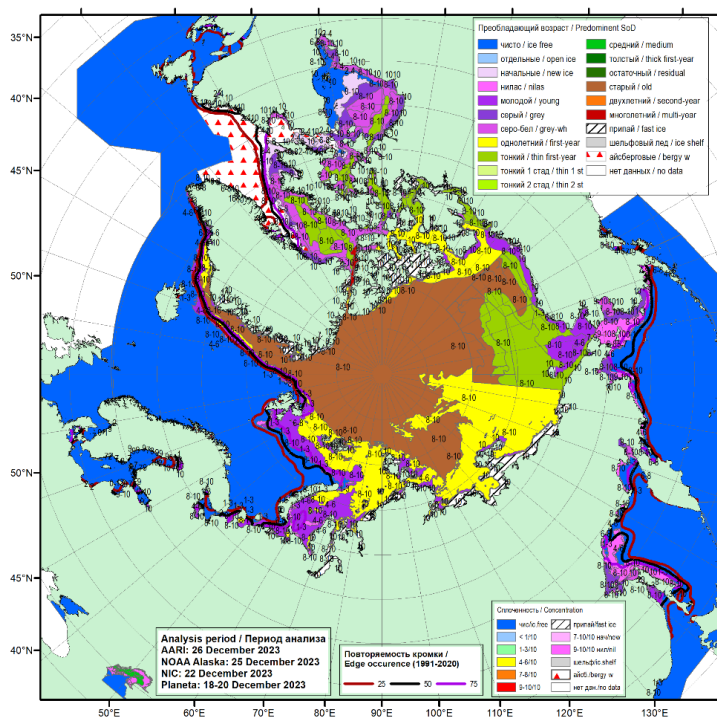


Рис. 2.1 Обзорная ледовая карта СЛО на конец декабря 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США



На рис. 2.2 приведено распределение льда по возрасту, а на рис. 2.3 распределение льда по сплоченности на середину января 2024 г.

Близкое к среднемноголетним срокам начало ледообразования среди остаточных льдов и более позднее в тех морях, которые были полностью очищены ото льда, но вместе с тем большая его интенсивность в ноябре – декабре 2023 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 и Чукотском море преобладали молодые и однолетние тонкие льды. В остальных морях – в северо-восточной части Карского, восточной части Лаптевых, Восточно-Сибирском и Бофорта, начали преобладать однолетние льды средней толщины (диапазон толщины 70 – 120 см). Однако в этих морях также сохранялось большое количество однолетних тонких льдов. Появление однолетних льдов средней толщины и их преобладание на акватории морей уже в середине января свидетельствует о большой интенсивности нарастания толщины ледяного покрова. В северной части морей Восточно-Сибирского, Чукотского и Бофорта в конце января начали появляться зоны с однолетними толстыми льдами (диапазон толщины более 120 см).

Основной массив старых льдов располагался в приполюсном районе, гренландском и канадском секторах Арктики. Большое количество старых льдов (преимущественно двухлетних) в виде больших вытянутых отрогов отмечались в морях Лаптевых и восточной части Бофорта.

Становление и развитие припая вдоль арктического побережья всех арктических морей, вокруг островов и проливах происходило с запозданием по отношению к норме. Припай установился вдоль береговой черты всех морей российского сектора Арктики, вокруг архипелагов Земля Франса-Иосифа, Северная земля и Новосибирские островов, но развит был меньше среднемноголетних размеров. Не установился припай в проливе Вилькицкого. В проливах островов Канадского арктического архипелага припай установился в средних размерах. Развитие заприпайных полыней в течение января было слабым (рис. 2.2).

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. 2.3).

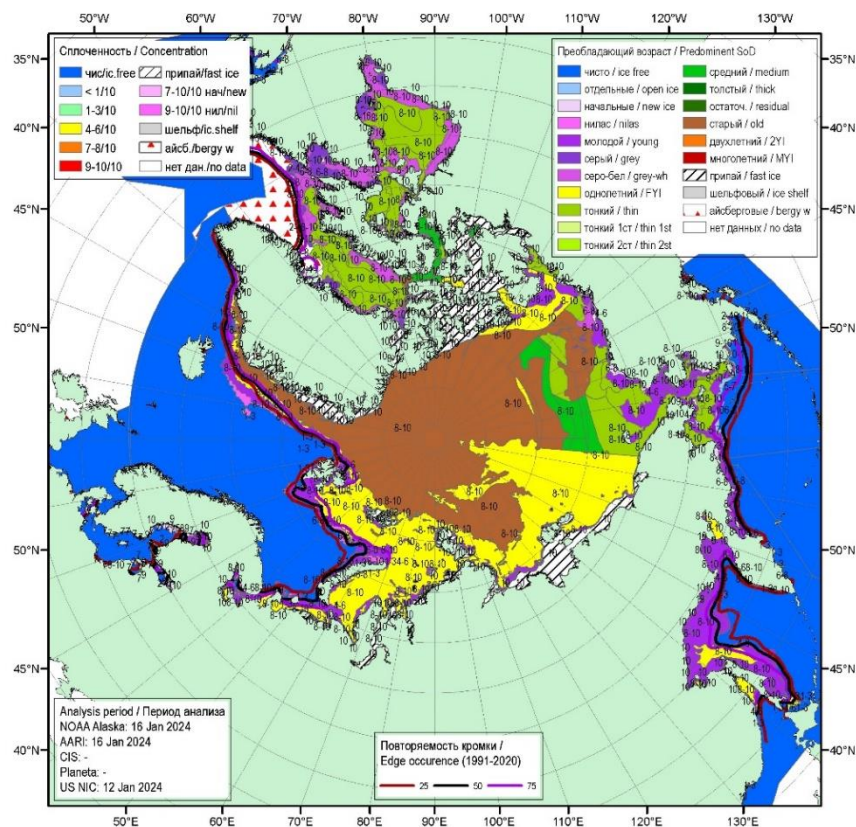


Рис. 2.1.2. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 12–16 января 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

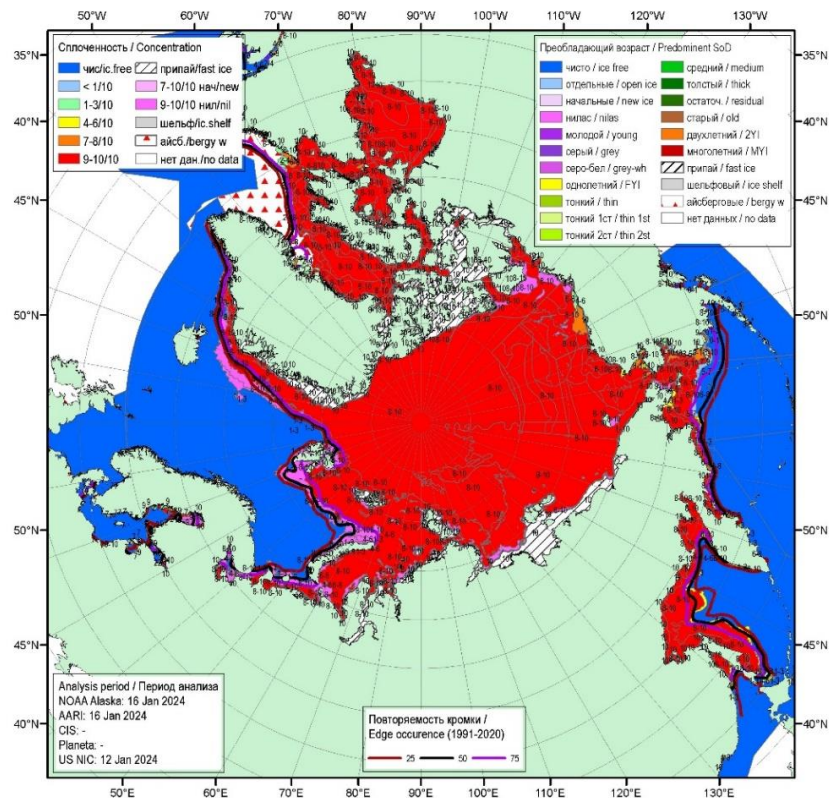


Рис. 2.1.3. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 12–16 января 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США



В январе получили хорошее развитие основные структуры дрейфа льда в СЛО – Трансарктический перенос и Канадский антициклонический круговорот, а также, редко наблюдаемый, восточный перенос льдов, проходящий по акватории морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Трансарктический перенос льдов брал свое начало из северо-восточной части Карского моря. Стрежень потока был смещен к западу к архипелагам Земля Франца-Иосифа и Шпицберген. Поток льдов проходил западнее от приполюсного района и выносил льды прямо в пролив Фрама. Скорости дрейфа льда на всем протяжении переноса составляла до 5 км/сут и возрастала на подходе и в самом проливе Фрама до 10 км/сут.

Канадского антициклонического круговорота также имел хорошее развитие. Центр его наблюдался над морем Бофорта. В результате огромного вихря льды из северных частей морей Восточно-Сибирского и Чукотского выносило в приполюсный район, далее из приполюсного района к побережью островов Канадского арктического архипелага. Далее вдоль побережья Аляски льды из моря Бофорта попадали в северную часть Чукотского моря. Скорость дрейфа льдов в этом гигантском круговороте составляла от 5 до 10 км/сут на различных участках.

Дополнительно к наблюдаемым традиционным структурам дрейфа в январе сформировался необычный и редко наблюдаемый восточный поток льда, проходящий с запада на восток по акватории морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Поток льда из западной и северной частей моря Лаптевых переносился в восточную часть Восточно-Сибирского моря. Скорости дрейфа льда в этом потоке составляли 2 – 4 км/сут (рис. 2.4).

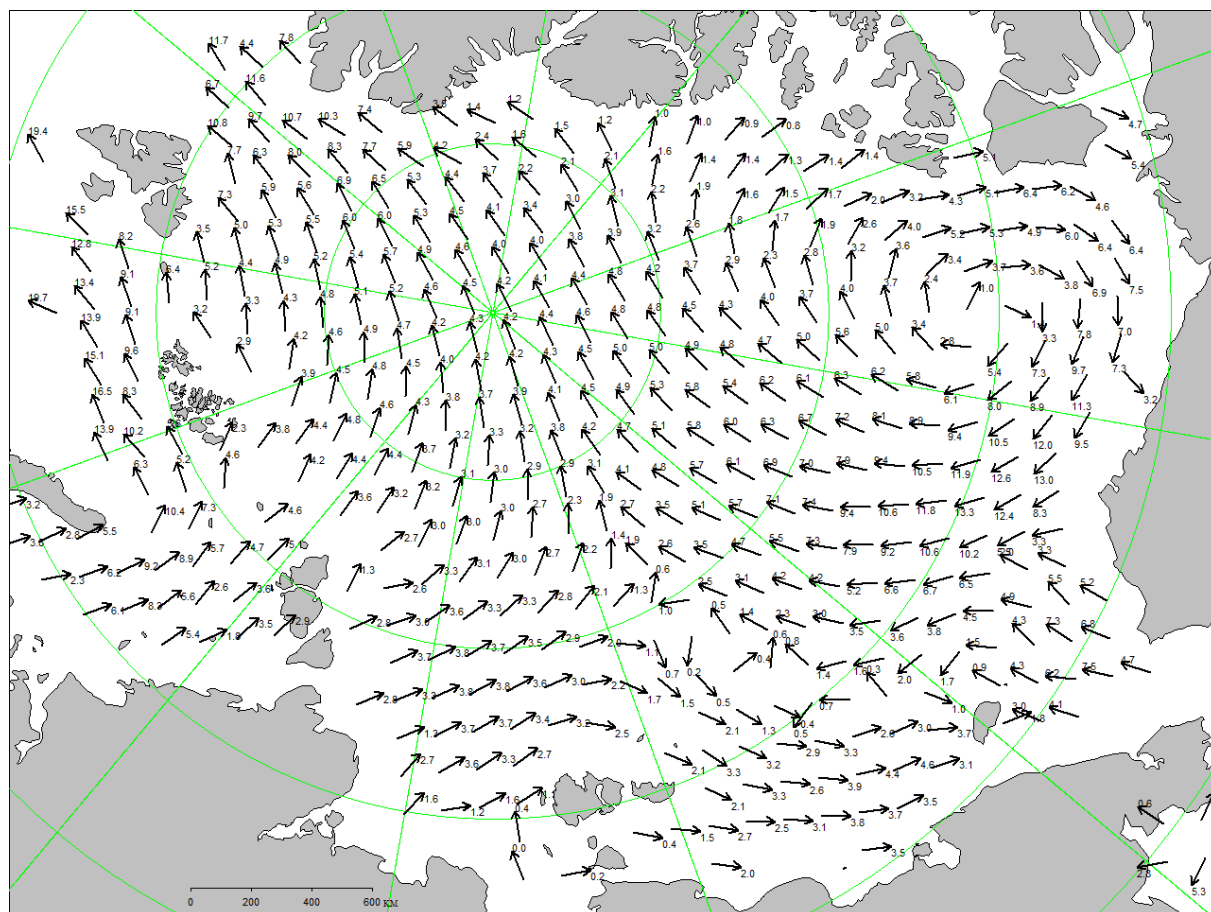


Рис. 2.4. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в январе 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В феврале наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и нарастания толщины льда. В западном районе российского сектора Арктики, в морях Баренцевом, Юго-западной части Карского и западной части Лаптевых Карском и Лаптевых, преобладали однолетние тонкие (диапазон толщины 30 – 70 см) и молодые льды. В восточных частях морей Карского и Лаптевых преобладали однолетние средние льды. В восточном районе российского сектора Арктики, в морях Восточно-Сибирском и Чукотском, а также в море Бофорта преобладали однолетние средние льды, но в северных районах этих морей уже появились обширные зоны с преобладанием однолетних толстых (диапазон толщины более 120 см).

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

В северной части моря Лаптевых и на востоке моря Бофорта наблюдалось большое количество старых (двухлетних) льдов в виде обширных вытянутых языков старого, которые располагались по всей акватории районов морей.



На акватории морей западного района российского сектора Арктики (Баренцева, Карского, Лаптевых) до конца февраля 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.2.5).

Припай во всех арктических морях был развит меньше своего среднего многолетнего значения. Припай в проливе Вилькицкого не установился. Наблюдался хорошо развитый припай в районе Новосибирских островов (близкий к норме) и в районе островов Канадского арктического архипелага. Заприпайные полыньи наблюдались в юго-западной части Карского и западной части моря Лаптевых. В остальных морях развитие заприпайных полыней было незначительным.

Основной массив старых льдов в СЛО был смещен в гренландский и канадский сектора Арктики и в приполюсный район (рис 2.5).

Поле сплоченности льда было достаточно однородным, что в общем то характерно для середины зимы. Преобладали сплоченные льды (сплоченность 9 – 10 баллов). Граница дрейфующих льдов в Гренландском и в западном районе Баренцева моря была близка к своему среднемноголетнему положению для февраля, а в северо-восточной части близка к своему минимальному положению (рис. 2.6).

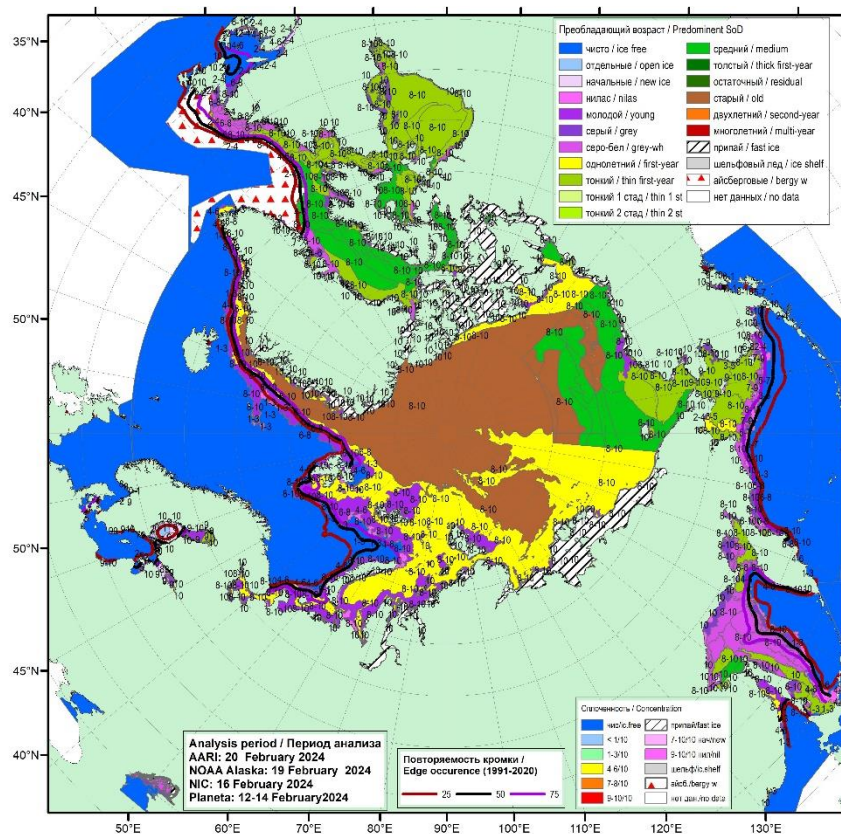


Рис. 2.1.5. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 12 – 20 февраля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

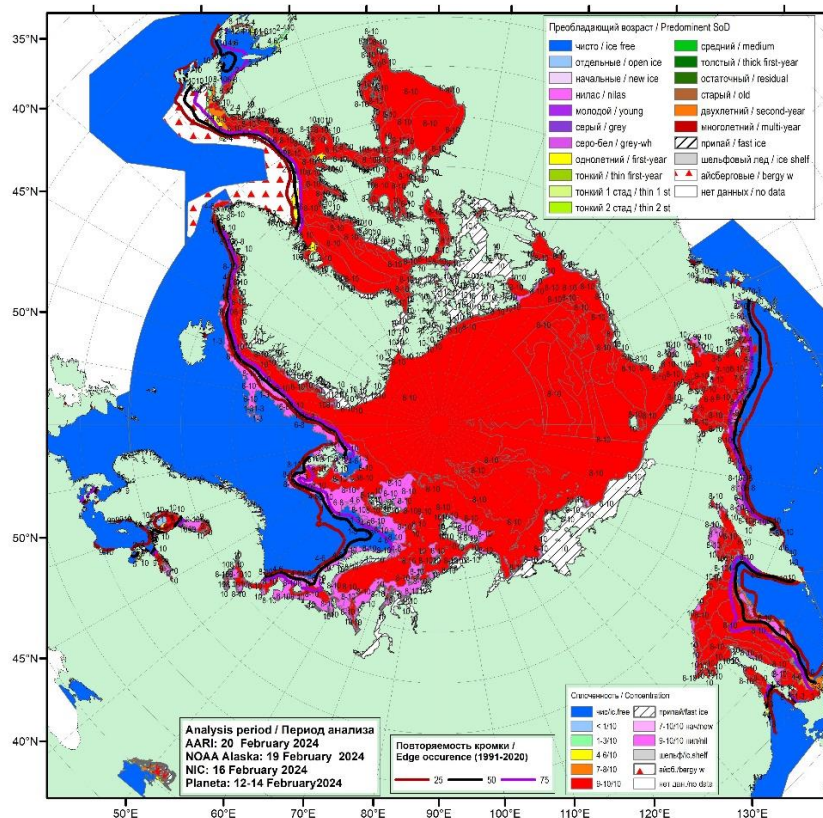


Рис. 2.1.6. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13 – 21 февраля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В феврале в поле дрейфа произошла значительная трансформация основных структур дрейфа льда. Трансарктический перенос льда был развит в прежних границах. Перенос льдов брал свое начало из северо-восточной части Карского моря. Стрежень потока был смещен к западу к архипелагам Земля Франца-Иосифа и Шпицберген. Поток льдов проходил западнее от приполюсного района и выносил льды прямо в пролив Фрама. Скорости дрейфа льда на всем протяжении переноса составляла 5 – 7 км/сут и возрастала на подходе и в самом проливе Фрама до 10 – 13 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот полностью отсутствовал. Вместо него в восточной части СЛО, наблюдалось обширный восточный перенос льда, который брал свое начало из северной части моря Лаптевых и переносил весь поток льда в море Бофорта, в котором поток поворачивал вдоль побережья в Чукотское море и в Берингов пролив (рис. 2.7).

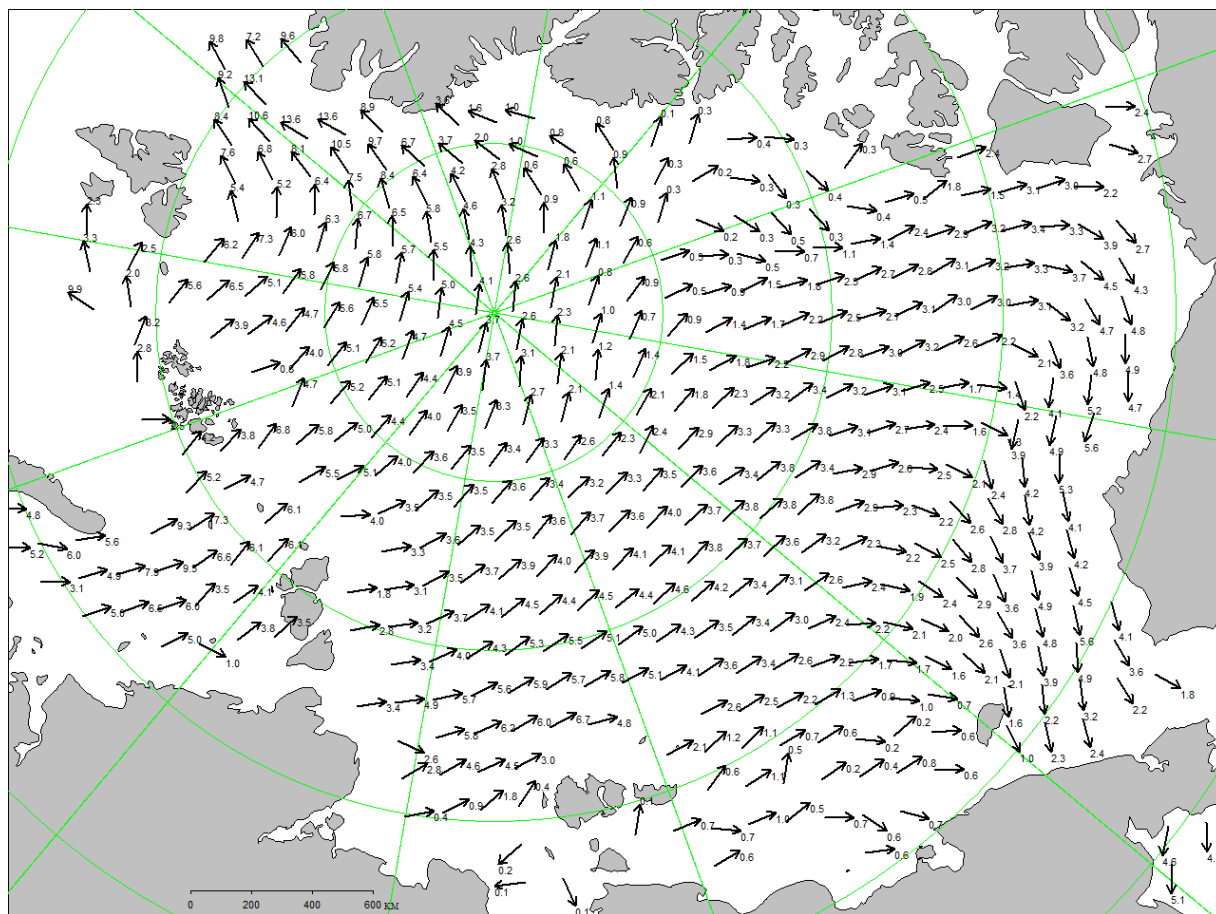


Рис. 2.7. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в феврале 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне



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 (50 – 100 км), расположенной южнее массива старых льдов.

В морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта в течение марта зона однолетних толстых льдов в северных районах этих морей расширилась, но полного перехода к преобладанию однолетних толстых льдов не произошло. В этих морях преобладали однолетние средние льды. Подобная ситуация, когда в марте в морях восточного района российского сектора Арктики 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 и море Бофорта по-прежнему преобладал смешанный состав, состоящий из льдов всех возрастных категорий. По-прежнему, наблюдалось много однолетних тонких и молодых льдов в Баренцевом море и юго-западной части Карского. В юго-западной части Карского моря в середине марта только начали появляться однолетние средние льды. Молодые, однолетние тонкие и средние льды преобладали в северо-восточной части Карского и море Лаптевых. В морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта преобладали однолетние средние, а в северных районах этих морей однолетние толстые льды.

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. 2.8).

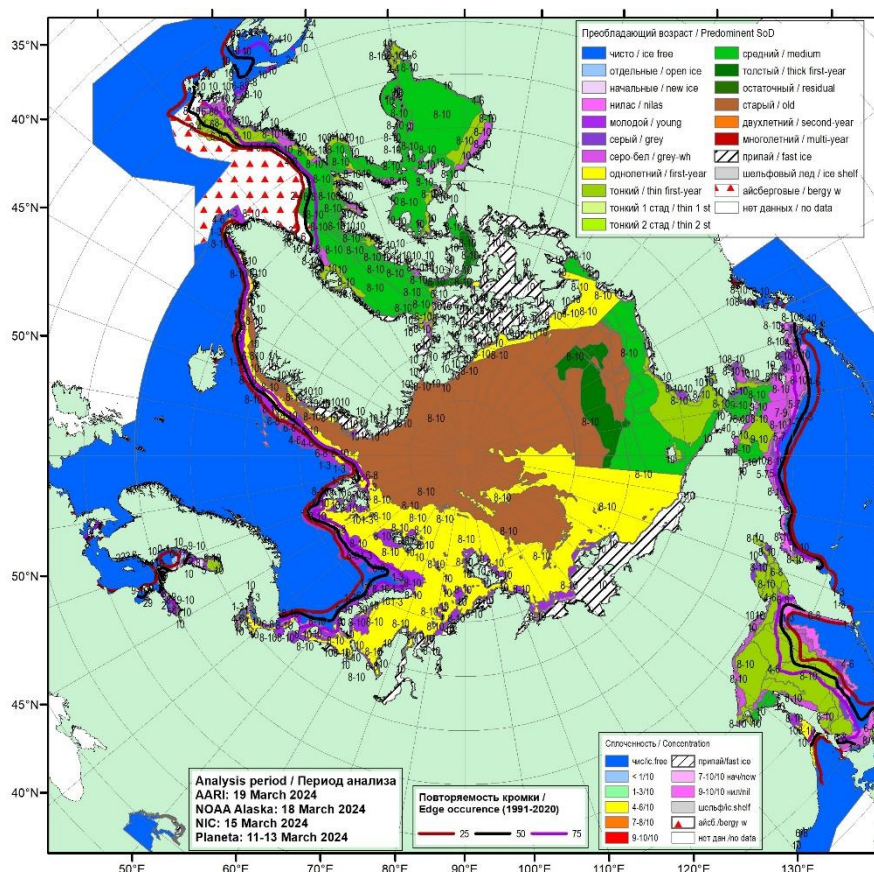


Рис. 2.8. Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту льда за 11–19 марта 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В поле сплоченности наблюдалось 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 среднему многолетнему положению для марта (рис. 2.9).

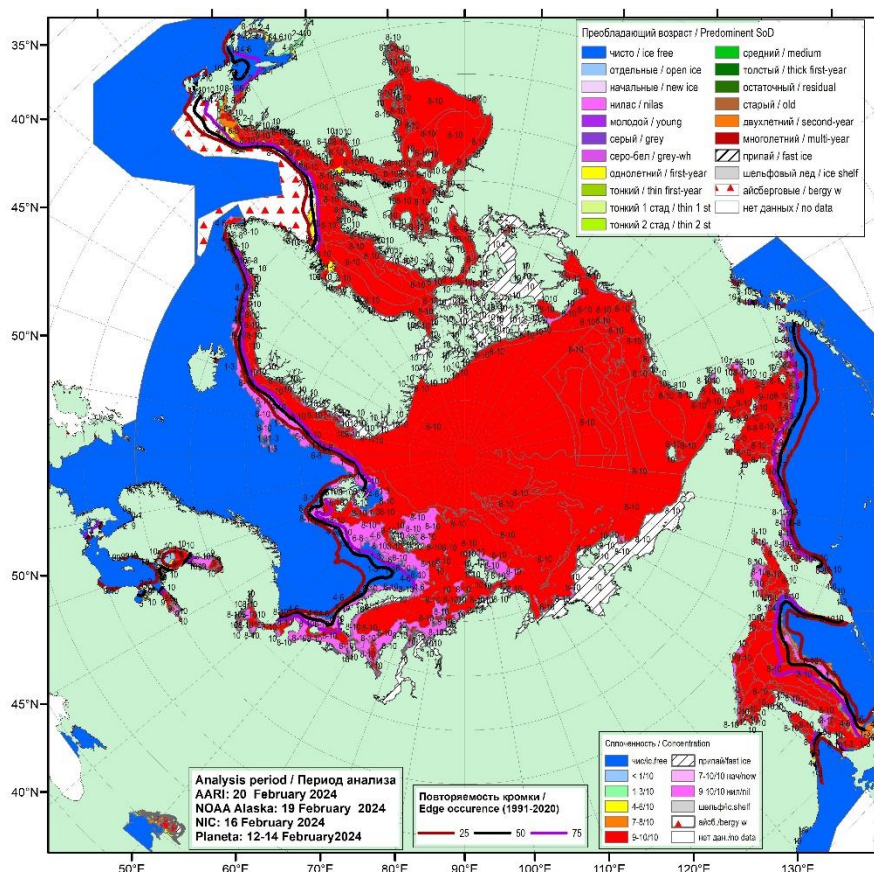


Рис. 2.1.9. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 11 – 19 марта 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В марте начало формироваться очень необычное поле дрейфа ледяного покрова, состоящее из единственной, но необыкновенно обширной структуры – Трансарктического переноса льда, который трансформировался в единый мощный транс океанический перенос и занимал собой всю акваторию СЛО. Канадский антициклонический круговорот полностью отсутствовал.

Обширный транс-океанический перенос, начинался из северных районов морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Далее, этот гигантский поток льда через приполюсный район выносился в пролив Фрама и в пролив между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Шпицберген. Скорости дрейфа в основном потоке были невысокими и составляли 3 – 5 км/сут. Скорости дрейфа существенно возрастали при подходе и при выносе льдов в пролив Фрама и между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Шпицберген до 10 – 15 км/сут. Подтверждением слабо развитого дрейфа льда в СЛО и его морях может служить отсутствие заприпайных полыней в морях восточного района российского сектора Арктики. Результирующее поле среднемесячного дрейфа за март приведено на рис. 2.10.

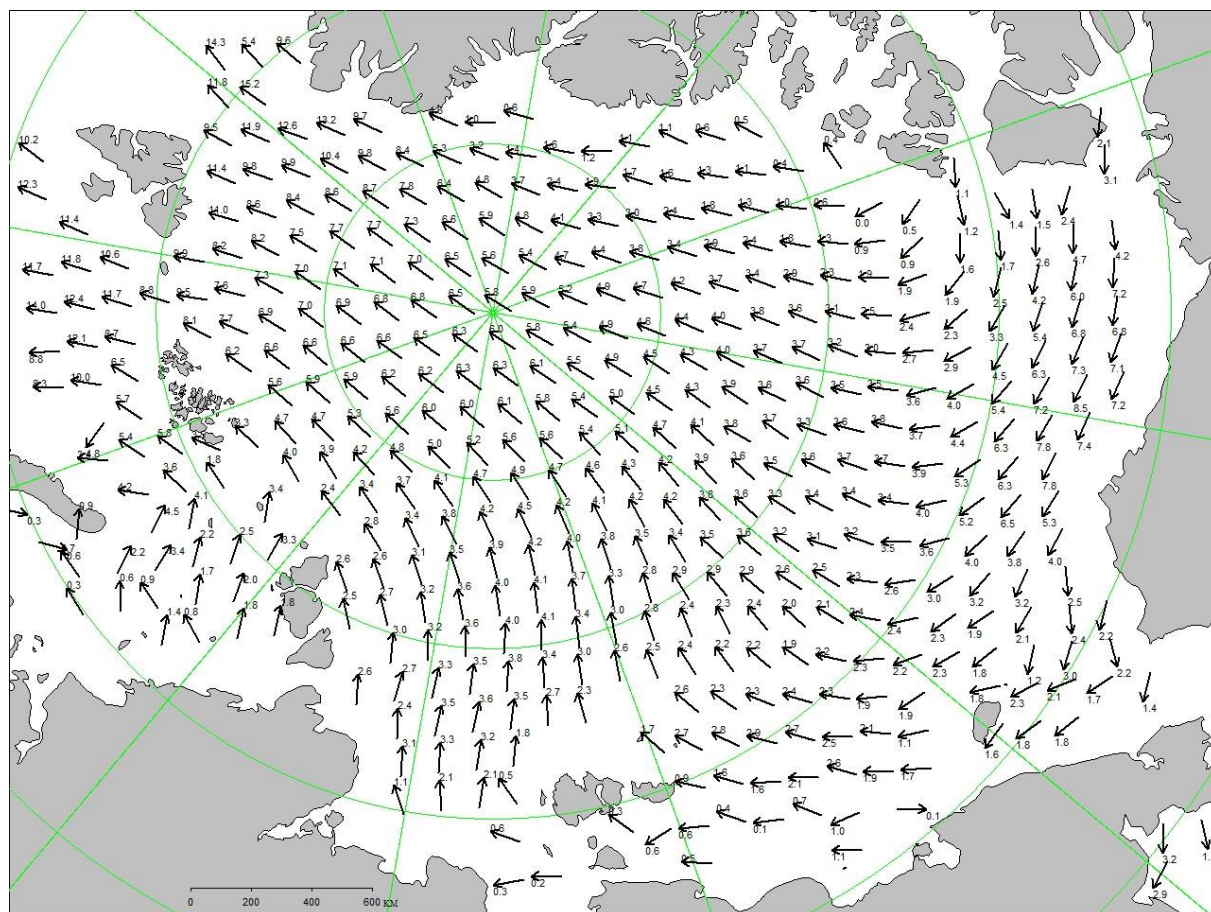


Рис. 2.10. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в марте 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

Позднее начало ледообразования в российских арктических морях и небольшая интенсивность его нарастания привела к формированию отрицательных аномалий толщины припайного льда во всех российских арктических морях, кроме района архипелага Северная Земля и моря Лаптевых. По данным полярных станций в течение зимних месяцев отрицательная аномалия толщины льда сформировалась по всему побережью российских арктических морей. В Карском море аномалия составила $-10 \dots -20$ см, в районе архипелага Северная Земля и море Лаптевых, около нормы. По побережью восточной части Восточно-Сибирского моря и чукотскому побережью аномалии составили до -30 см. Аномалии толщины льда по данным полярных станций, во всех морях российского сектора Арктики приведены на рис. 2.11. На рисунке 2.12 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. Не установился припай в проливе Вилькицкого.

В середине марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 425 тыс. км² при норме 586 тыс. км², что на 27 % меньше средних многолетних значений.

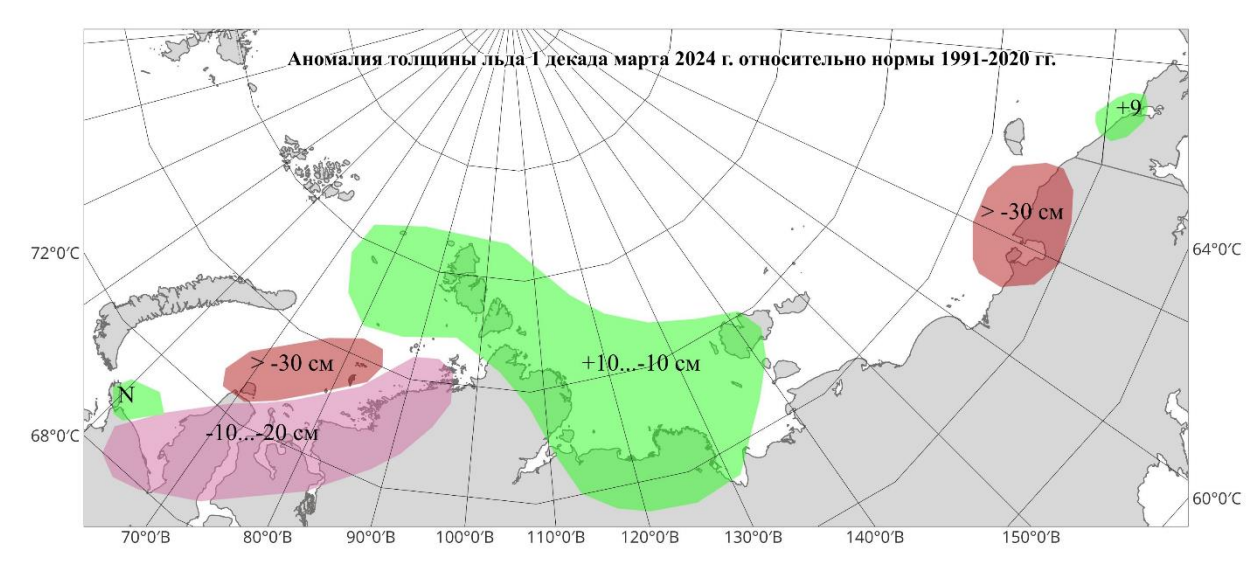


Рис. 2.11. Аномалии толщины льда в российских арктических морях в середине марта 2024 г.

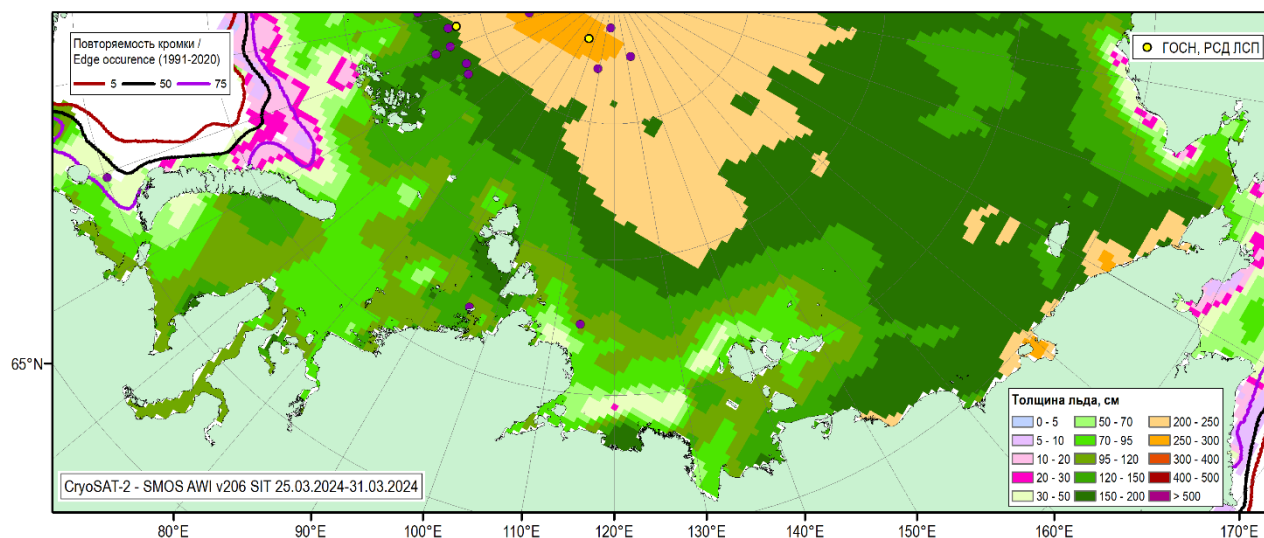


Рис. 2.12. Дистанционная оценка толщин льда по данным ИСЗ CryoSAT-2– SMOS AWI v206 за 25.03 – 31.03.2024 (AWI SIRAL)



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 HYCOM/CICE Датского метеорологического института приведены на рис. 2.13. Как показывает модельный расчет объем накопленного льда в СЛО в марте 2024 г. был минимальным за расчетный ряд с 2004 – 2024 гг. и занимал первое место в ранге минимумов, сформировав новый абсолютный минимум.

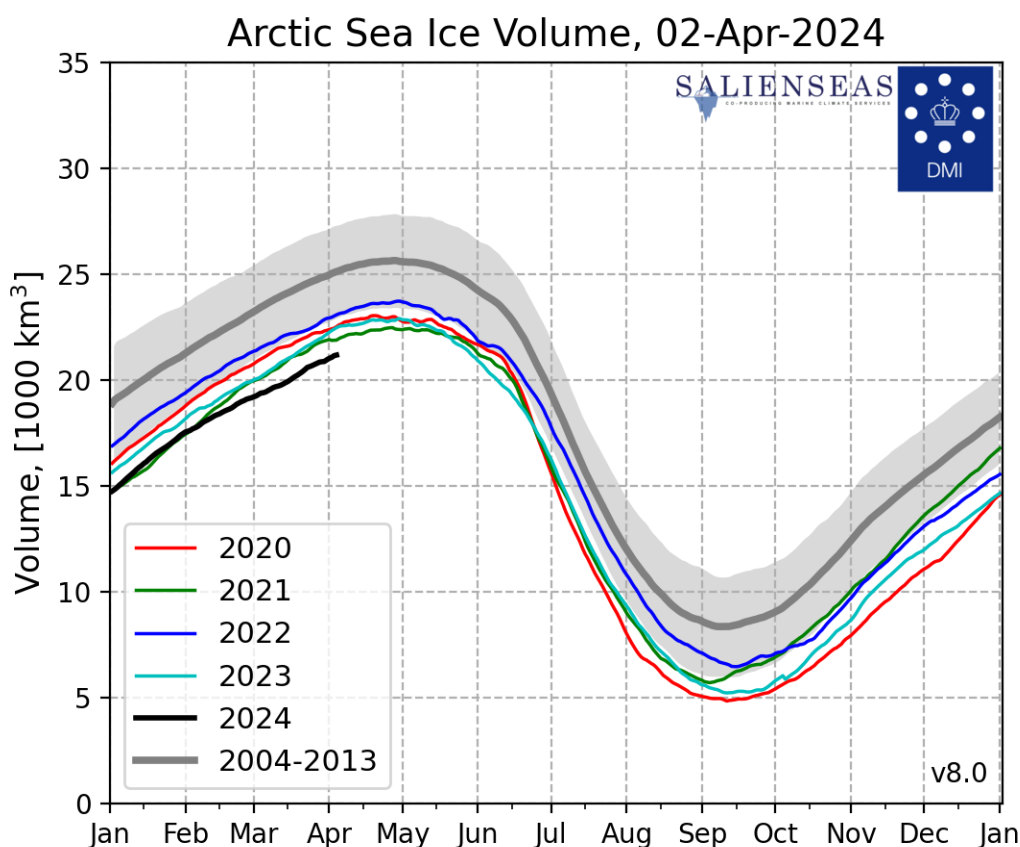


Рис. 2.13. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института с 28.02.2004 по 02.04.2024 гг.

Общее количество льдов в СЛО (ледовитость) по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2024 г. составило 11,9 млн. км², что было очень близко к среднему многолетнему значению за длинный ряд наблюдений (с 1978 г.). Количество льда на акватории, наблюдавшееся в СЛО в конце марта 2024 г. на 2,0 % превысило среднее значение за десятилетний период 2014 – 2023 гг. (табл. 2.1).



Таблица 2.1

Медианные значения ледовитости для Северного Ледовитого океана и 3-х меридиональных секторов текущие 7-дневные интервалы и её аномалии от 2018–2023 гг. и интервалов 2013–2023 гг. и 1978–2023 гг. по данным наблюдений SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритмы NASATEAM на конец марта (25–31.03.2024 г.)

Район, сектор	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ²						
		2019	2020	2021	2022	2023	2014 – 2023	1978 – 2023
СЛО	11939,4	239,7	178,2	265,0	226,5	78,9	237,7	– 16,6
Сектор 45° з.д.– 95° в.д. (Гренландское – Карское моря)	3654,9	374,4	269,4	287,3	270,4	68,5	319,9	– 6,7
Сектор 95° в.д.– 170° з.д. (моря Лаптевых – Чукотское, Берингово, Охотское)	4900,9	179,6	334,7	120,0	310,5	403,6	271,4	13,0
Сектор 170° – 45° з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика)	6574,8	344,3	– 59,7	23,7	– 224,4	109,2	16,9	– 74,1

Сезонный ход изменения площади ледяного покрова в СЛО и его основных секторах приведен на рисунке 2.14 а-г. Необходимо отметить, что развитие ледяного покрова в СЛО в целом и в отдельных его секторах была близкой к среднемноголетним значениям за ряд наблюдений с 1978 – 2023 гг.

Нужно отметить, что если в начале января 2024 г. отрицательная аномалия общего количества льда в СЛО составила 3,5 %, то за первый квартал 2024 г. развитие площади ледяного покрова происходило более интенсивно и площадь льда в СЛО приблизилась к среднему многолетнему значению. Однако, если площадь льда в СЛО в первом квартале 2024 г. развивалась достаточно интенсивно, то возрастной состав льдов и толщина льда в морях были значительно меньше среднемноголетних значений.

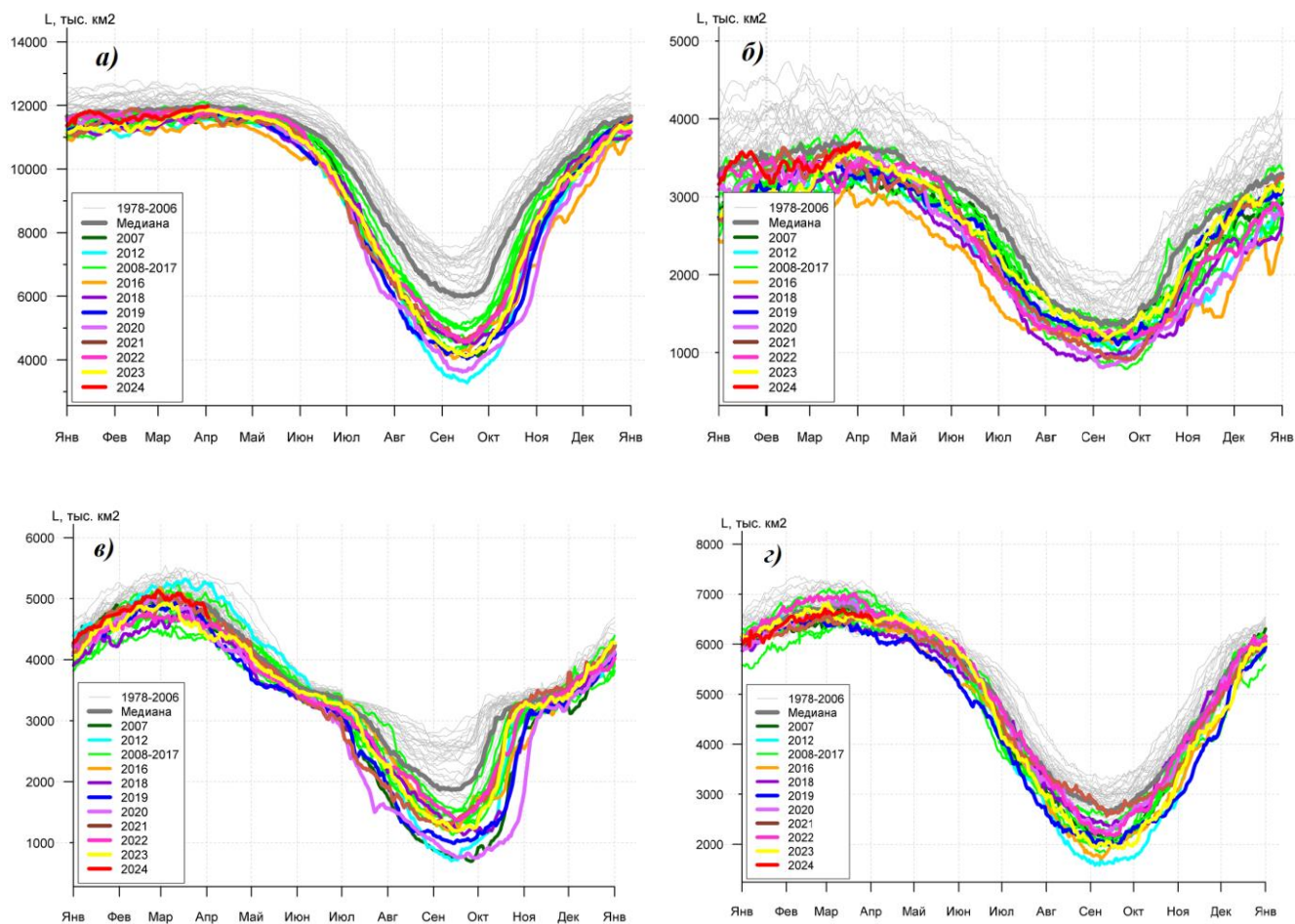


Рис. 2.1.14. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и трех меридиональных секторов за период 26.10.1978 – 26.03.2024 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

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 январе – марте 2024 г.

3.1 Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в первом квартале 2024 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 2024 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 135	01.01.2024	31.03.2024	364
2	ИТР 139	01.01.2024	31.03.2024	182

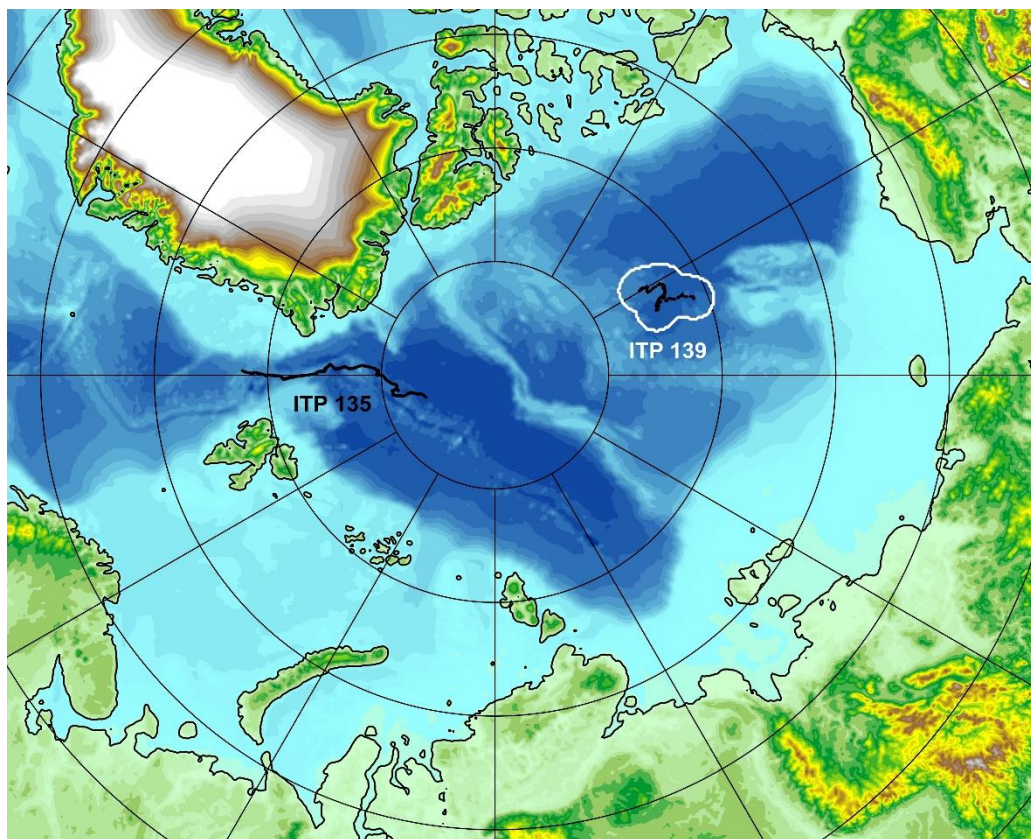


Рис. 3.1.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2024 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ



3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в первом квартале 2024 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР 139 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 солености. 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 2024 году.

Амеразийский суббассейн

В первом квартале 2024 г. в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 139 поверхностный слой был более соленый (29,54 ‰) по сравнению с климатической нормой (29,32 ‰). Аномалия составила 0,22 ‰. Температура поверхностного слоя соответствовала норме (−1,6 °C). Следует отметить, что в этот же период 2023 г. соленость поверхностного слоя (27,53 ‰) была ниже нормы на 0,6 ‰.

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 соленостью от 31 до 33 ‰. Максимальное значение температуры слоя ЛТВ по данным ИТР 139 составило −1.2 °C, превышая климатическую норму всего на 0,14 °C. Вероятно такая незначительная положительная аномалия температуры ЛТВ по сравнению с предыдущими годами связана с расположением станций ИТР 139, дрейф которого проходил на периферии круговорота Бофорта вблизи хребта Менделеева.

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 соленостью равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод, которое не прослеживается по данным ИТР

139, что связано как уже было отмечено выше со смещением исследуемой акватории из Канадской глубоководной котловины в сторону котловины Подводников.

Глубже 150 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0°C) по данным первого квартала 2024 года располагалась на глубине 250 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило $0,85^{\circ}\text{C}$ (470 м глубины), что соответствует климатической норме и свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Амеразийском суббассейне СЛО. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в январе-марте 2024 г. показано на рисунке 3.1.2.

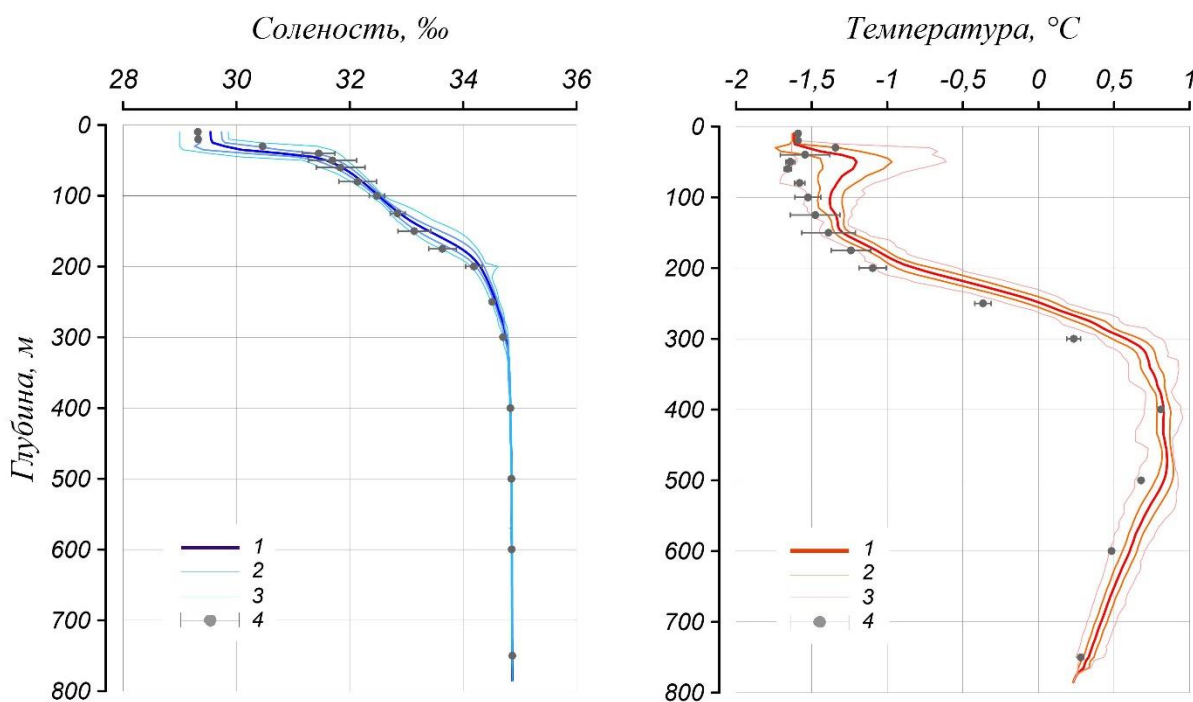


Рис. 3.1.2. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в январе-марте 2024 г. по результатам измерений профилографа ИТР 139

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.

Согласно результатам наблюдений, выполненных в первом квартале 2024 г. в Амеразийском суббассейна, поверхностный слой был более солёный по сравнению с климатической нормой. Аномалия составила $0,22\text{‰}$.



Максимальные значения температуры атлантических вод были близки к норме и составили 0,85 °С.

В отличие от предыдущих лет значения температуры слоя ЛТВ совсем незначительно превышали климатическую норму (всего на 0,14 °С). Вероятно, такое незначительное значение положительной аномалии температуры воды связано с расположением станций ИТР 139, дрейф которого проходил на периферии круговорота Бофорта вблизи хребта Менделеева фактически на границе распространения ЛТВ.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по март 2024 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 12-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 2024 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
Амдерма	69° 45' N	61° 42' E
Усть-Кара	69° 15' N	64° 31' E
Сопочная Карга	71° 52' N	82° 42' E
о. Диксон	73° 30' N	80° 24' E
Мыс Стерлегова	75° 25' N	88° 54' E
ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина)	77° 43' N	104° 17' E
о-ва Известий ЦИК	75° 57' N	82° 57' E
Море Лаптевых		
Анабар	73° 13' N	113° 30' E
м. Кигилях	73° 20' N	139° 52' E
пр. Санникова	74° 40' N	138° 54' E
о. Котельный	76° 00' N	137° 52' E
бухта Тикси	71° 38' N	128° 53' E

На юго-западе Карского моря, по данным станций Амдерма и Усть-Кара (рис. 3.2.1, табл. 3.2.2) колебания уровня происходили в основном на повышенном фоне, хотя ниже среднегололетней отметки уровень моря опускался довольно часто. Например, в середине января наблюдался сгон, когда на станции Амдерма уровень моря опустился до –33 см, а на станции Усть-Кара до –49 см. 28 февраля существенное падение уровня было зафиксировано на станции Усть-Кара, когда уровень моря опустился до –59 см. В среднем



уровень моря здесь был выше в январе месяце (Амдерма – +19 см, Усть-Кара – +20 см). Самый высокий уровень моря на станции Амдерма был зафиксирован 2 февраля (+71 см), а на станции Усть-Кара – 13 марта (+91 см).

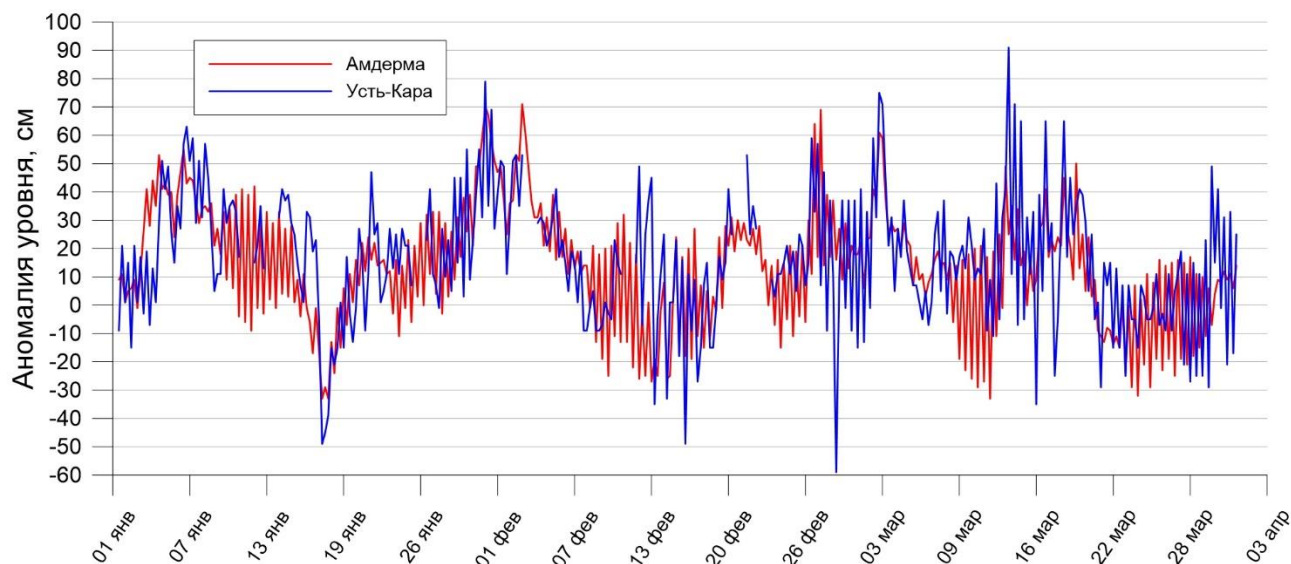


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2024 г.

Таблица 3.2.2

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2024 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
Амдерма	h_{cp} (см)	19	14	9
	σ_h (см)	21	22	20
	h_{min} (см)	-33	-27	-33
	Дата	17	13	11
	h_{max} (см)	70	71	61
	Дата	30	2	2
Усть-Кара	h_{cp} (см)	20	14	14
	σ_h (см)	23	22	24
	h_{min} (см)	-49	-59	-35
	Дата	17	28	15
	h_{max} (см)	79	59	91
	Дата	30	26	13

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



Таблица 3.2.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря январе – марте 2024 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
о. Диксон	h_{cp} (см)	17	13	11
	σ_h (см)	6	10	6
	h_{min} (см)	1	-6	-3
	Дата	15	10	1
	h_{max} (см)	29	34	25
	Дата	23	19	29
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	-7	-10	6
	σ_h (см)	24	28	17
	h_{min} (см)	-84	-73	-31
	Дата	19	6	16
	h_{max} (см)	45	49	57
	Дата	23	3	4
Мыс Стерлегова	h_{cp} (см)	15	13	16
	σ_h (см)	25	29	15
	h_{min} (см)	-71	-57	-11
	Дата	18	10	10
	h_{max} (см)	76	75	69
	Дата	21	1	1
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{cp} (см)	23	13	12
	σ_h (см)	21	25	12
	h_{min} (см)	-24	-41	-15
	Дата	19	11	10
	h_{max} (см)	63	63	42
	Дата	30	3	1
Известий ЦИК О-ва	h_{cp} (см)	-	7	3
	σ_h (см)	-	16	12
	h_{min} (см)	-	-22	-18
	Дата	-	9	10
	h_{max} (см)	-	40	39
	Дата	-	27	1

На северо-востоке Карского моря по данным станций о. Диксон, Мыс Стерлегова, ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) и о-ва Известий ЦИК (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) колебания уровня моря происходили на повышенном фоне. Здесь средний уровень моря имел довольно высокие значения – выше +10 см. Но при этом на станции Сопочная Карга средний уровень моря в январе и феврале был ниже среднегололетнего (–7 и –10 см соответственно). Сложно объяснить причину столь высокой разницы. Но в первую очередь необходимо учитывать тот факт, что станция Сопочная Карга является устьевой (расположена в Енисейском заливе), и режим изменения уровня на ней при прочих условиях может отличаться от режима на остальных станциях, которые расположены непосредственно на побережье Карского моря. По графику на рисунке 3.2.2 хорошо видно,



что на станции Сопочная Карга в январе и феврале наблюдались очень сильные и довольно длительные сгоны. 19 января уровень моря здесь опустился до -84 см, 10 января – до -57 см. На станциях Мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) в эти дни также наблюдалось падение уровня моря до -71 и -24 см соответственно (19 января), до -57 и -41 см (10 января, 11 января).

Значительный подъём уровня моря практически на всех станциях наблюдался в конце января начале февраля. В это время на станции Мыс Стерлегова уровень моря поднимался до $+76$ см, на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) до $+63$ см, а на станции о-ва Известий ЦИК до $+75$ см. В марте существенных сгонов и нагонов не наблюдалось.

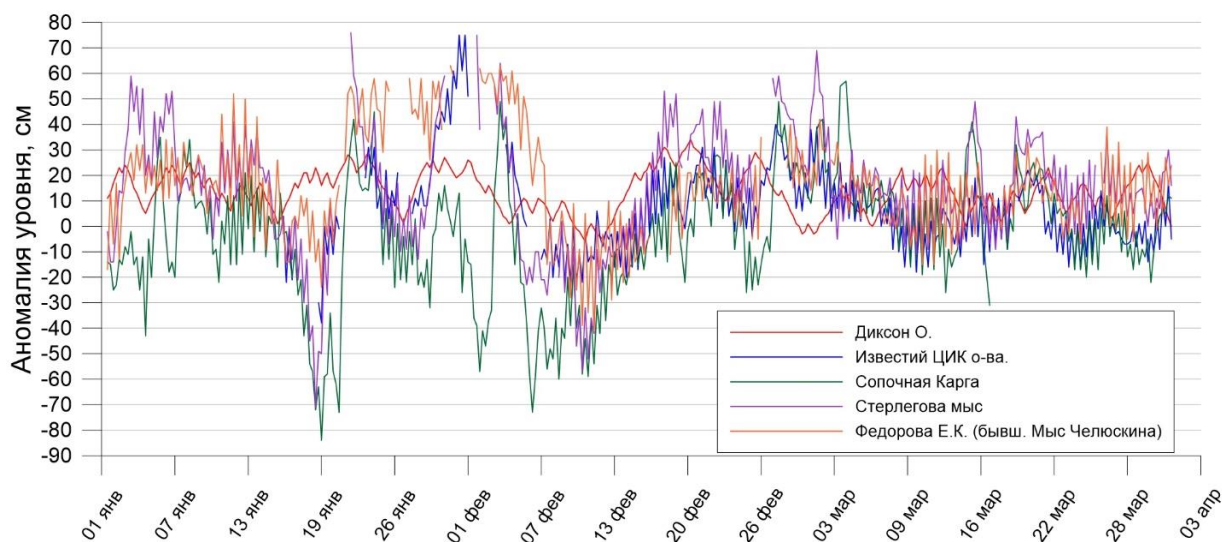


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в январе – марте 2024 г.

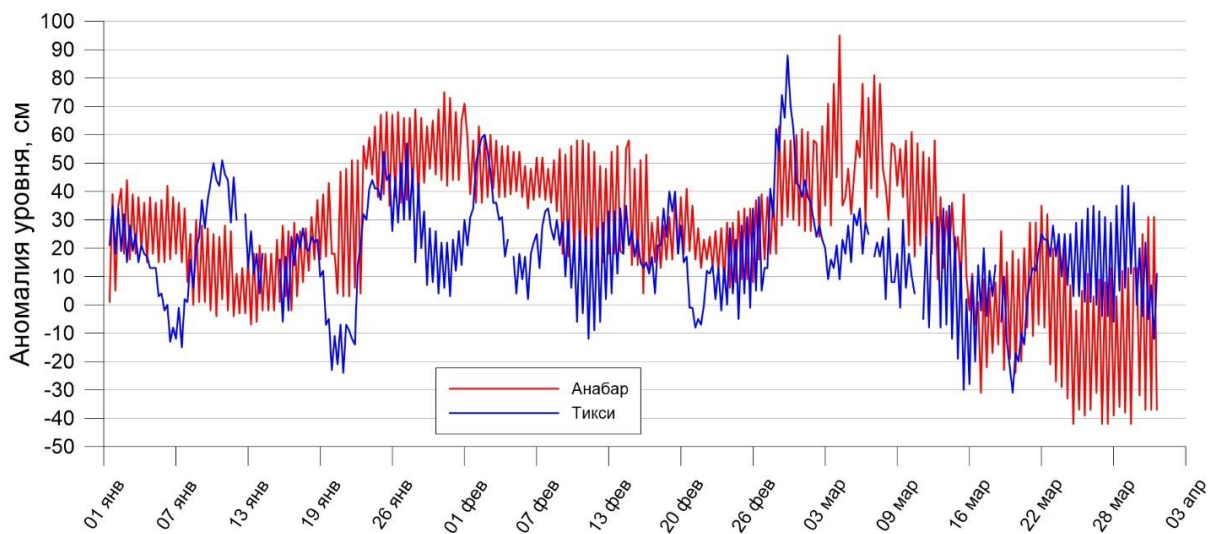


Рис. 3.2.3 Колебания уровня в южной части моря Лаптевых (Анабар и Тикси) в январе – марте 2024 г.



На юго-западе моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.3, табл. 3.2.4) колебания уровня происходили на повышенном фоне. Наиболее высокий среднемесячный уровень моря здесь наблюдался в феврале (+34 см). Но при этом максимум уровня был зафиксирован 4 марта, когда уровень моря здесь поднялся до +95 см. Минимальный уровень моря наблюдался 24 марта, когда он опустился до -42 см. В целом можно отметить, что на станции Анабар уровень моря практически не опускался ниже средне многолетних значений в январе и феврале.

В юго-восточной части моря Лаптевых по данным станции Тикси (рис. 3.2.3, табл. 3.2.4) колебания уровня происходили на повышенном фоне. В течение января и февраля довольно часто наблюдались существенные сгоны и нагоны. В январе наибольший сгон был зафиксирован 21 числа (-24 см), а нагон – 26 числа (+57 см). 11 февраля уровень моря опустился до -12 см, а 28 февраля наблюдался максимум для всего рассматриваемого периода – +88 см. 19 марта здесь наблюдался минимальный уровень моря, -31 см.

На востоке моря Лаптевых по данным станций м. Кигилях, пр. Санникова и остров Котельный (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) в январе и феврале колебания уровня происходили на повышенном фоне. В марте наблюдались довольно длительные периоды, когда уровень моря опускался ниже средне многолетней отметки. Наибольшие нагоны были зафиксированы в январе, когда на станции пр. Санникова уровень поднимался до отметки +53 см, а на станции остров Котельный – до +61 см. Так же стоит отметить довольно сильный подъём уровня моря 29 февраля: на станции пр. Санникова – до +53 см и на станции остров Котельный – до +50 см.

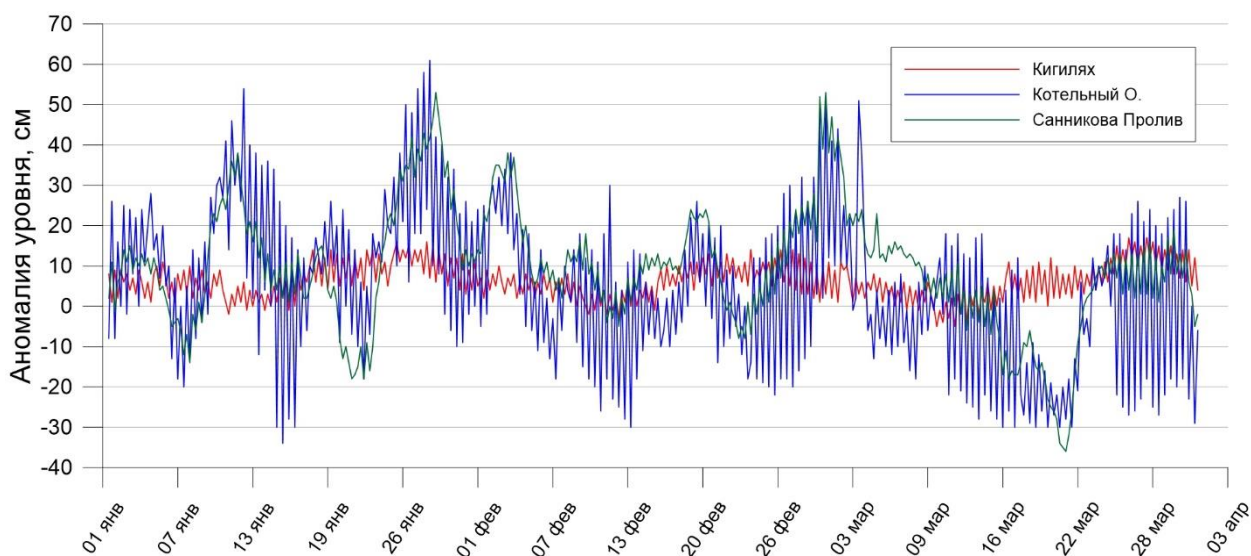


Рис. 3.2.4. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе – марте 2024 г.



Таблица 3.2.4

**Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря
Лаптевых в январе – марте 2024 г.**

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
Анабар	h_{cp} (см)	29	34	18
	σ_h (см)	22	17	33
	h_{min} (см)	-7	4	-42
	Дата	13	16	24
	h_{max} (см)	75	63	95
	Дата	30	2	4
м. Кигилях	h_{cp} (см)	7	6	6
	σ_h (см)	4	4	5
	h_{min} (см)	-2	-3	-5
	Дата	11	12	10
	h_{max} (см)	16	14	17
	Дата	25	20	26
пр. Санникова	h_{cp} (см)	12	12	4
	σ_h (см)	16	11	16
	h_{min} (см)	-18	-8	-36
	Дата	21	22	20
	h_{max} (см)	53	53	47
	Дата	28	29	1
о. Котельный	h_{cp} (см)	14	4	-3
	σ_h (см)	19	17	19
	h_{min} (см)	-34	-30	-30
	Дата	15	13	15
	h_{max} (см)	61	50	51
	Дата	27	29	3
Тикси	h_{cp} (см)	19	23	13
	σ_h (см)	18	19	17
	h_{min} (см)	-24	-12	-31
	Дата	21	11	19
	h_{max} (см)	57	88	44
	Дата	26	28	1

Довольно сильный и длительный сгон на станциях пр. Санникова и остров Котельный наблюдался в середине апреля, когда уровень моря на станции пр. Санникова упал до –36 см, а на станции остров Котельный – до –30 см.

На станции мыс Кигилях уровень моря был на 6 – 7 см выше среднемноголетней отметки, и в целом на этой станции не происходило каких-либо значительных колебаний уровня моря.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в первом квартале 2024 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 январе – марте 2024г.

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 2024 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 Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского в первом квартале 2024 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 (H_s) в Баренцевом море в первом квартале 2024 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
Январь	–	–	6	12	7	1	2	1	–	–	2
Февраль	–	–	10	4	3	8	4	–	–	–	–
Март	–	8	9	10	3	1	–	–	–	–	–
Итого	–	8	25	26	13	10	6	1	–	–	2

Как видно из таблицы 3.3.1, в первом квартале 2024 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 4 м.

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

- 6 (19 %) – в январе;
- 12 (41 %) – в феврале;
- 1 (3 %) – в марте.

Самым штормовым месяцем в первом квартале стал январь. Максимальная расчетная высота волны в январе 2024 г. в Баренцевом море превысила 10,5 м (30 января на 00 и 12 ч UTC). Продолжительность шторма составила 4 дня (с 28 по 31 января). Это

максимальное значение ниже по сравнению с первым кварталом 2023 г. (в январе 2023 г. было более 11,0 м).

Следующим по силе штормовой активности стал февраль (высота волн более 6,5 м рассчитана в Баренцевом море 2 февраля на 12 ч UTC и 16 февраля на 00 ч). Продолжительность штормов составила 5 дней в начале февраля (с 1 по 5 февраля) и 4 дня в середине февраля (с 14 по 17 февраля).

На рисунке 3.3.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 12 ч UTC 30 января 2024 г.

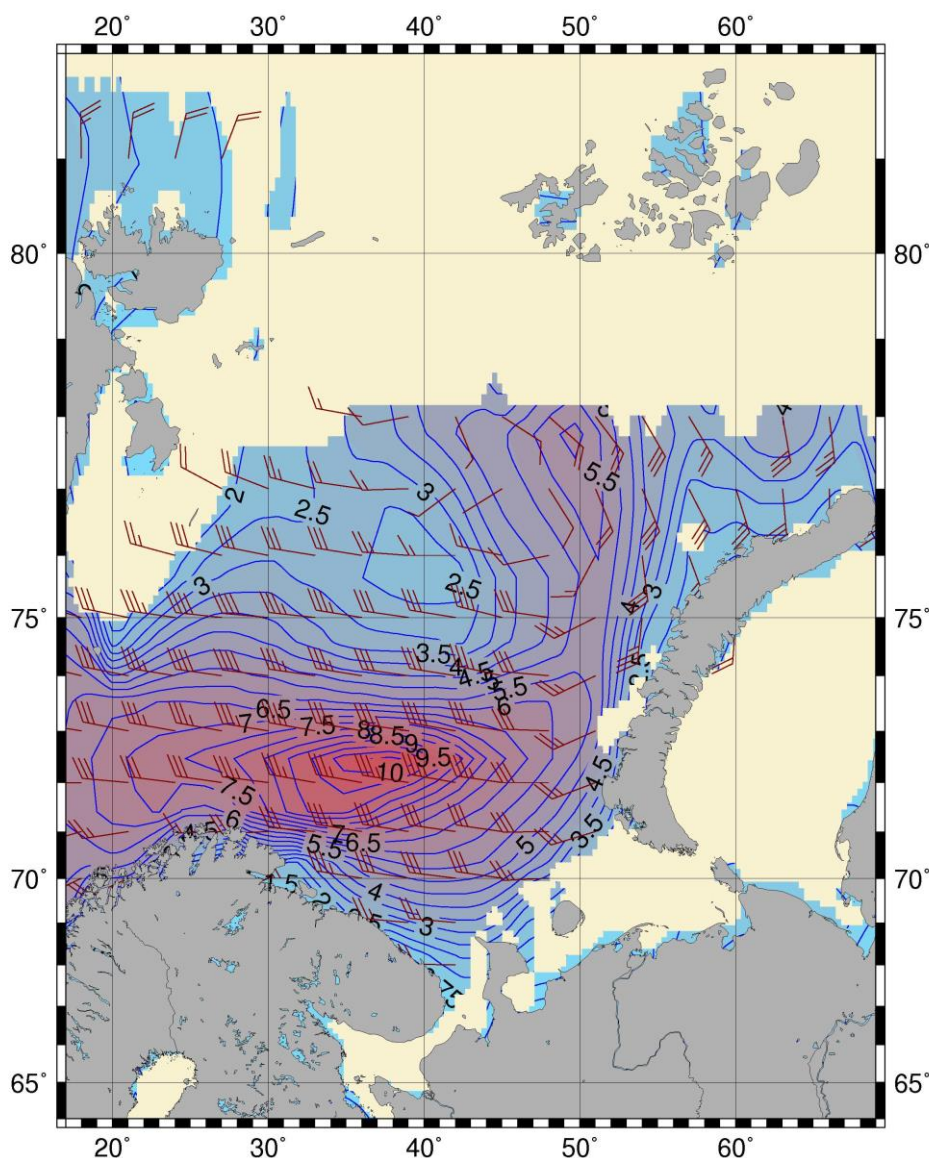


Рисунок 3.3.1. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 12 ч UTC 30 января 2024 г.