

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

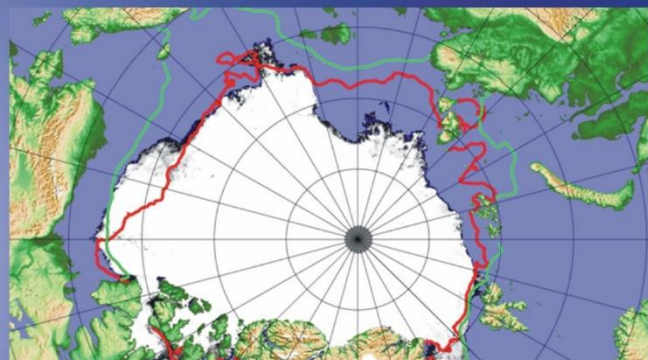
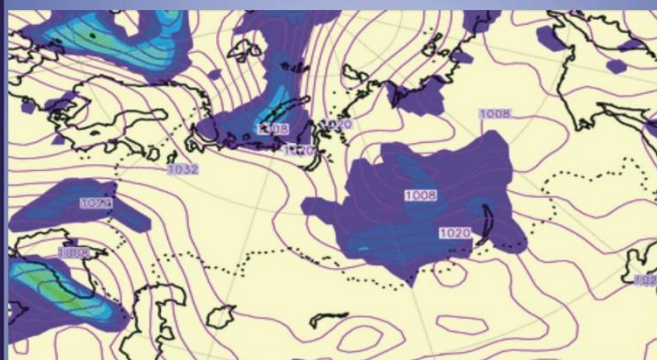


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2024





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в апреле-июне 2024 г.	4
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2024 г.	17
3. Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2024 г.	34
3.1. Термохалинные условия	34
3.2. Уровень арктических морей	37
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей во 2 квартале 2024 г.	42



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во 2 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 АНИИ, 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 апреле-июне 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 апреля по июнь 2024 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов во втором квартале проводились с учетом процессов за предшествующий период, 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.

Особенности развития атмосферных процессов во втором квартале 2024 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма — А.А. Гирса, а также карт средних месячных полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземных значений давления и температуры воздуха и их аномалии. Расчеты средних значений метеорологических показателей



проводились по данным диагноза глобальной прогностической системы метеослужбы США (NOAA и NWS). Расчеты значений аномалий температуры проводились относительно норм за период с 1991 по 2020 гг.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с апреля по июнь 2024 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй 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 период с апреля по июнь 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 апреля по июнь представлен на рис. 1.1.

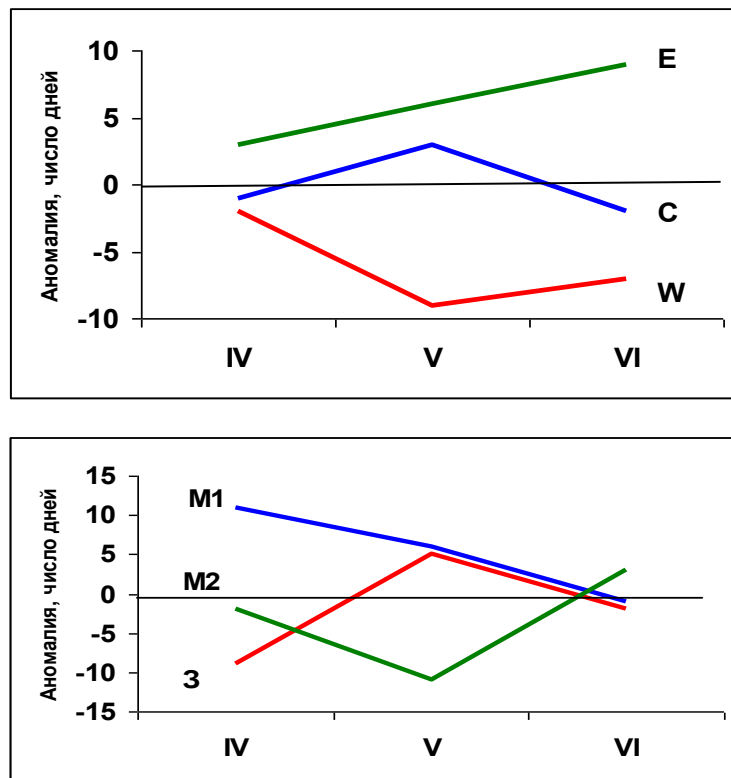


Рис. 1.1. Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период апрель-июнь 2024 г.

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 апреля по июнь 2024 г. выглядит следующим образом:

Апрель – E_{M1} → Май – $(E+C)_{3+M1}$ → Июнь – E_{M2}

В *первом секторе* Северного полушария во всех месяцах атмосферные процессы развивались на фоне аномальной высокой повторяемости восточной (E) формы циркуляции. Наибольшее число дней с данной формой циркуляции отмечено в июне. Число дней с меридиональными процессами незначительно превысило норму в мае.

Во *втором секторе* наибольшую повторяемость имели меридиональные процессы типа M_1 , которые превысили норму на 5 дней.

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

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

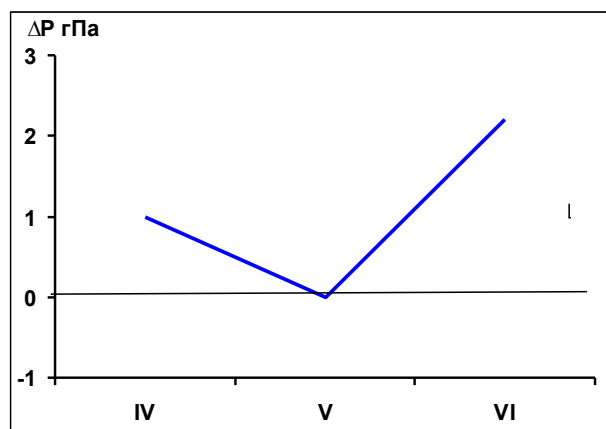


Рис. 2. Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в апреле-июне 2024 г. в полярном районе Арктики

В период с апреля по июнь под влиянием арктического антициклона фон давления в полярном районе сформировался выше нормы. Наибольшее усиление арктического антициклона отмечалось в июне.

В среднем за второй квартал 2024 г. фон давления над полярным районом выше нормы на 1,2 гПа и по сравнению со вторым кварталом прошлого года повысился от отрицательной до положительной аномалии на 4,8 гПа.

Во всех месяцах второго квартала преобладала адвекция теплых воздушных масс. Наиболее высокие положительные значения аномалий температуры отмечался в апреле, до 2,5 °C (рис. 1.3).



В мае и июне при более частых отходах в тыловой части циклонов воздушных потоков к северо-западу произошло ослабление адвекции теплых воздушных масс в полярный район.

В среднем за второй квартал 2024 г. фон температуры над полярным районом был выше нормы 2,3 °С, что незначительно ниже прошлогоднего значения.

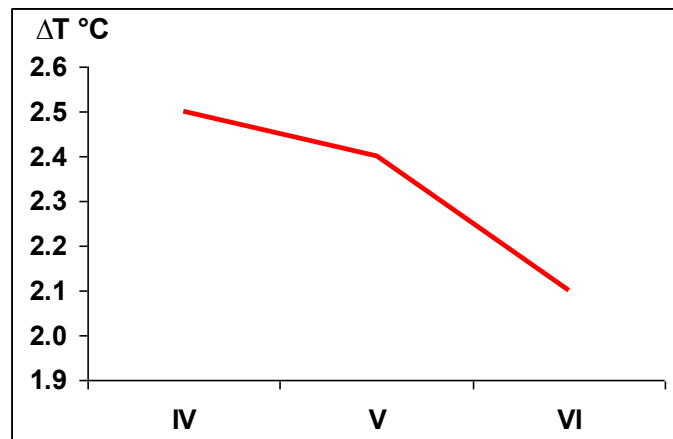


Рис.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в апреле -июне 2024 г.

Анализ структурных особенностей развития атмосферных процессов во втором 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 апреле-июне 2024 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

Значения приземного давления и температуры представлены ниже, на рисунках в виде полей среднего месячного давления и температуры и их аномалий (рис. 1.4 – 1.12).

В *апреле 2024 г.* основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе моря Лаптевых, где в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность.

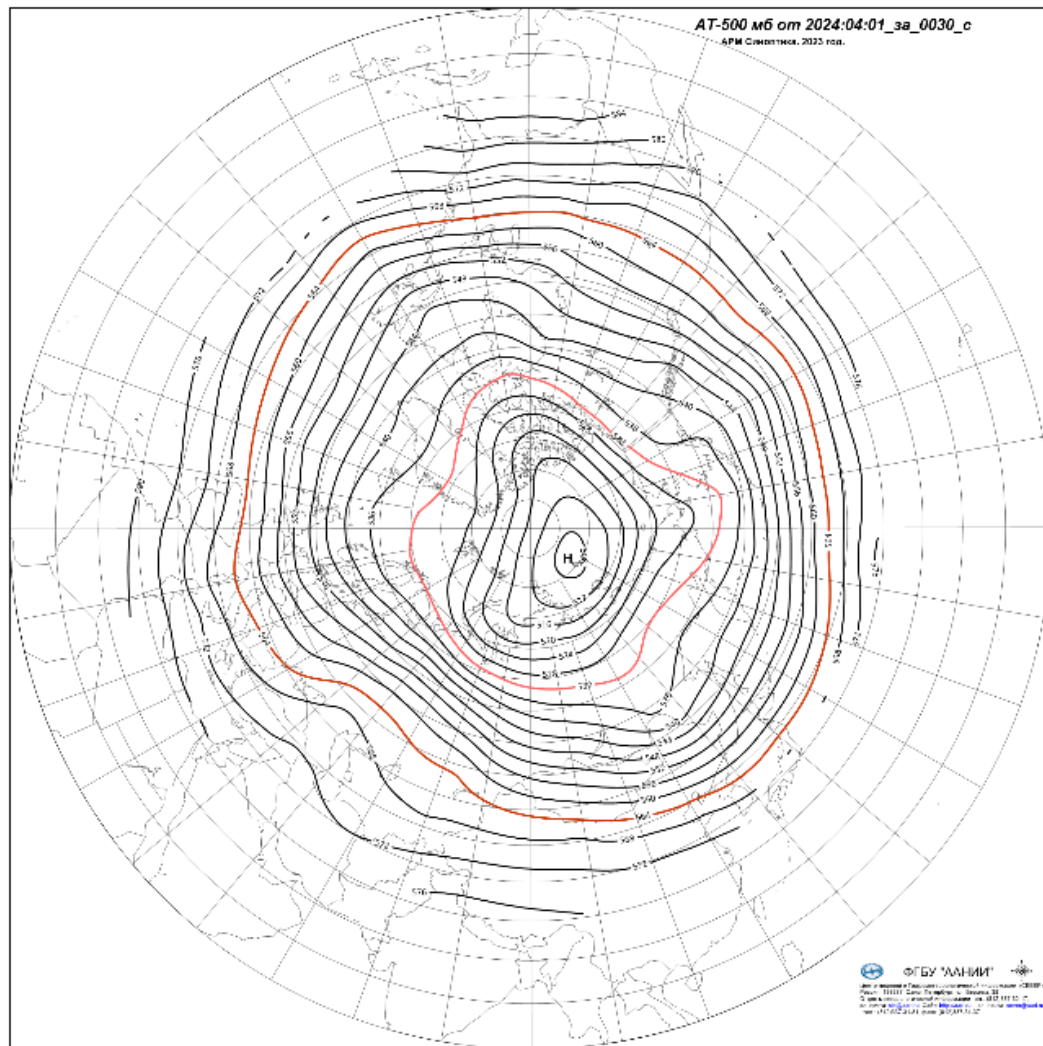


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2024 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе Северного полушария отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов восточной E формы циркуляции.

Особенностью данного макропроцесса явилось развитие устойчивого антициклона в западном секторе Арктики. Вследствие этого циклоны из северной Атлантики смещались, по сравнению с нормой, по низкоширотным траекториям через Европу в район п-ова Таймыр и моря Лаптевых.

В западном секторе Арктики при воздушных потоках северо-западных направлений преобладала адвекция холодных воздушных масс. В среднем за месяц фон температуры был ниже нормы на 1 - 3 °C (рис. 1.6).

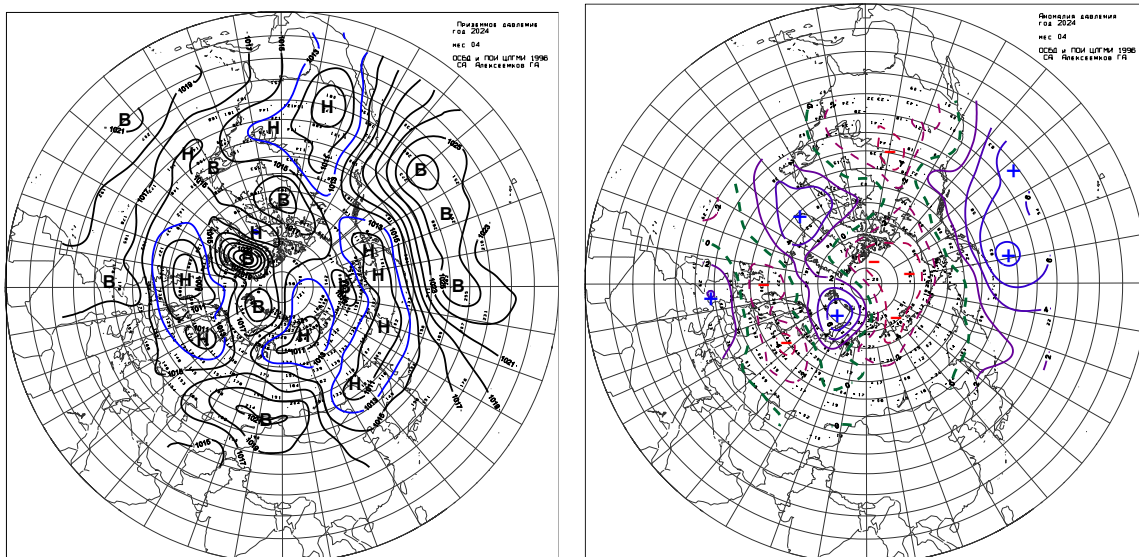


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в апреле 2024 г.(гПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость имели меридиональные процессы типа M_1 . Характерной особенностью развития атмосферных процессов явилось усиление блокирующего гребня антициклона над Тихим океаном.

Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям в восточный сектор Арктики.

При преобладающих воздушных потоках южных и юго-восточных направлений температурный фон был выше нормы на 1 - 4 °С.

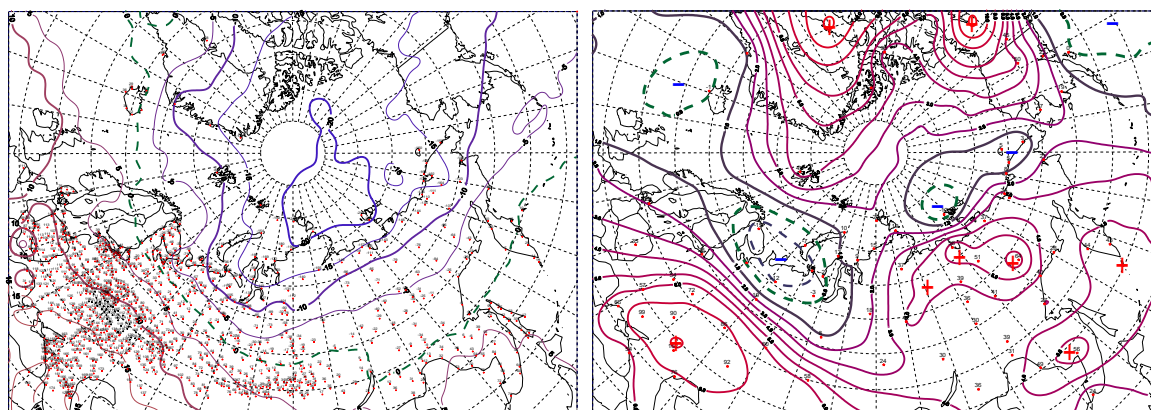


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2024 г., (°С)

В *мае 2024 г.* центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился в район Карского моря, основные ложбины которого были ориентированы на



канадский сектор Арктики. Европа находилась под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле сформировался устойчивый антициклон.

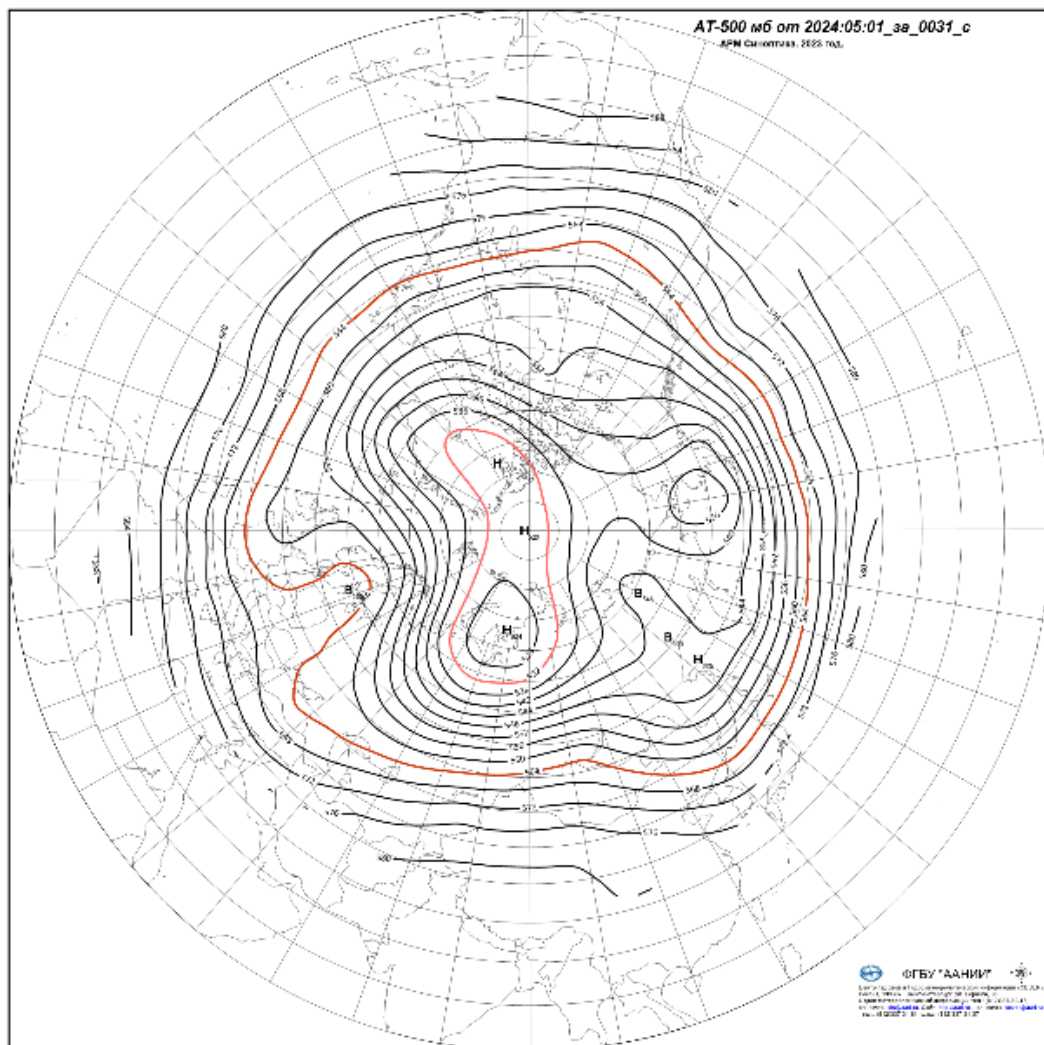


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2024 г.

В *первом секторе* преобладали атмосферные процессы восточной (Е) и меридиональной (С) форм циркуляции. При усилении антициклона над Европой циклоны в системе исландского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям через акваторию Баренцева моря и далее в меридиональном направлении на Западную Сибирь.

В западном районе Арктики сформировался фон давления незначительно ниже нормы. Наиболее низкий фон с отрицательными аномалиями температуры сформировался в тыловой части циклонов над Уралом и Западной Сибирью (рис. 1.8 и 1.9).

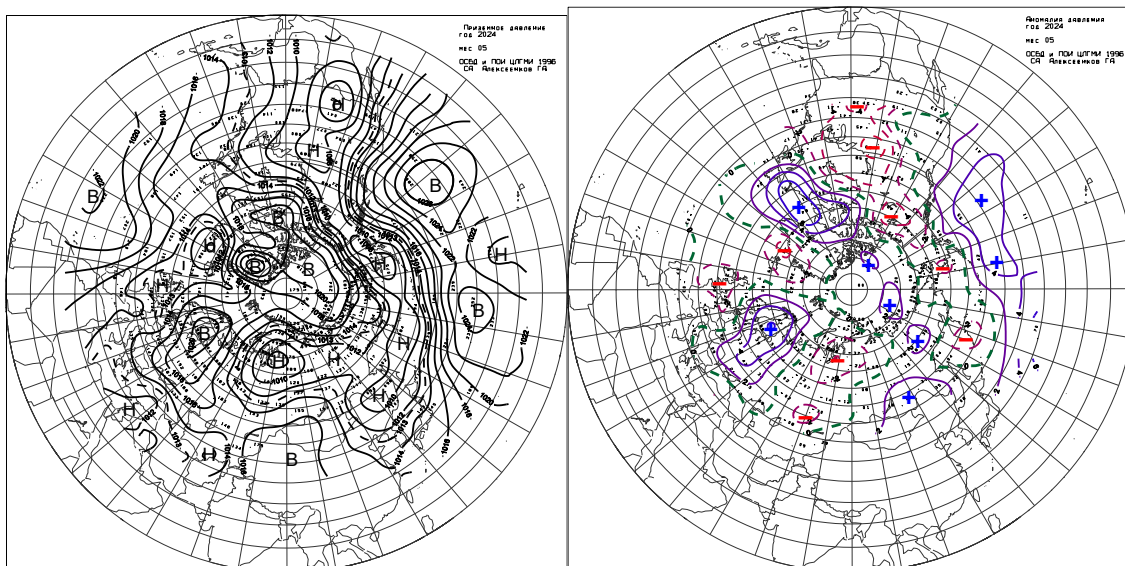


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2024 г., (гПа)

Во *втором секторе* наибольшую повторяемость имели крупномасштабные атмосферные процессы меридионального типа M_1 и зонального типа. Под влиянием над Тихим океаном антициклона циклоны в системе алеутского минимума смещались через акватории Охотского и Берингова морей до Северной Америки.

При адвекции теплых воздушных масс с юга в восточном секторе полярного района Арктики сформировался устойчивый фон с положительными аномалиями температуры. (рис. 1.9).

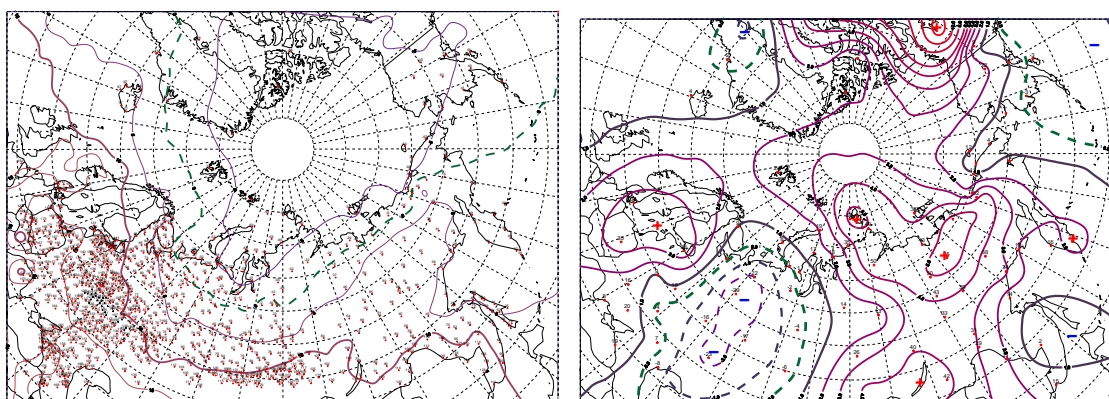


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2024 г., ($^{\circ}\text{C}$)

В *июне 2024 г.* восточный сектор полярного района находилась под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле сформировался устойчивый антициклон.



В западном секторе центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сформировался над северо-восточной частью Карского моря.

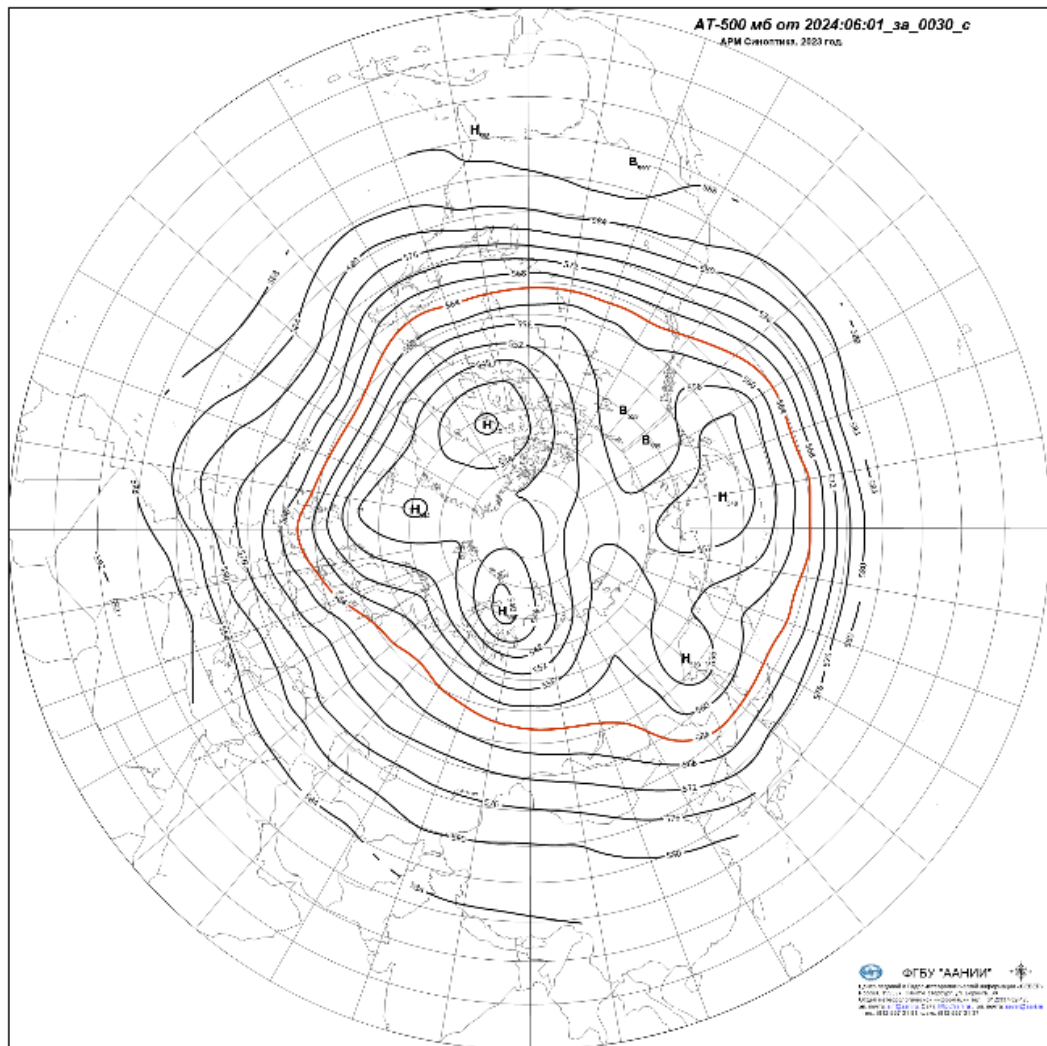


Рис. 1.10. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2024 г.

В *первом секторе* циклоны из Северной Атлантики смещались через Баренцево и Карское моря. При преобладании воздушных потоков юго-западных направлений фон температуры выше нормы на 1 - 3 °С.

В юго-западной части Карского моря в тыловой части проходящих циклонов при частых отходах воздушных потоков к северо-западным направлениям сформировался фон температуры около нормы.

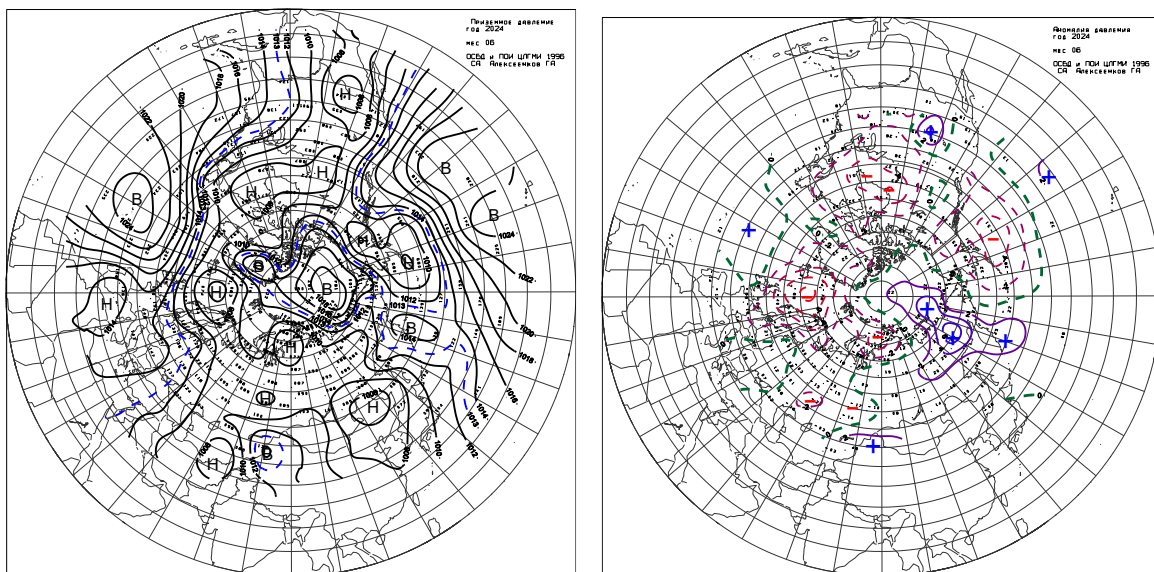


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2024 г.(гПа)

Во *втором секторе* под влиянием теплой части антициклона преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс. При устойчивых преобладающих воздушных потоках юго-восточных направлений фон температуры был выше нормы до 5 - 8 °С (см. рис 1.12).

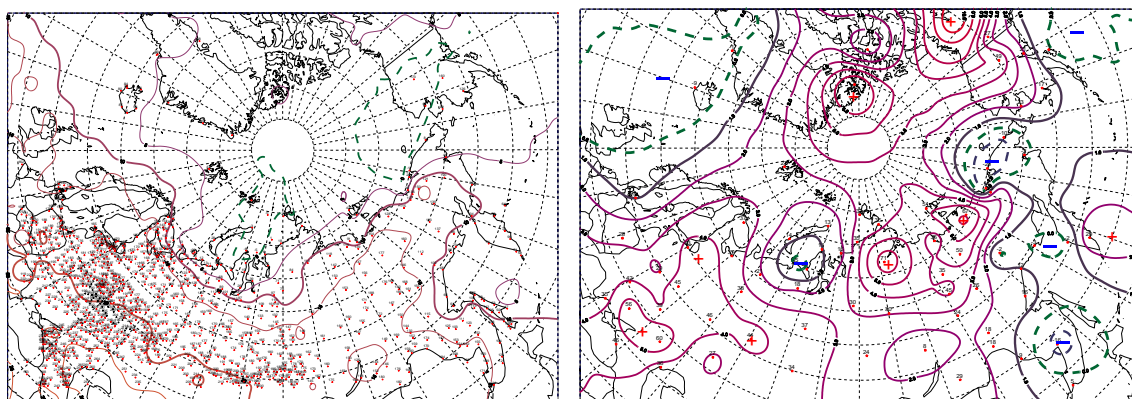


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2024 г., (°С)

На рисунке 1.13 приводятся фоновые средние за второй квартал 2024 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнении со вторым кварталом прошлого, 2023 г.

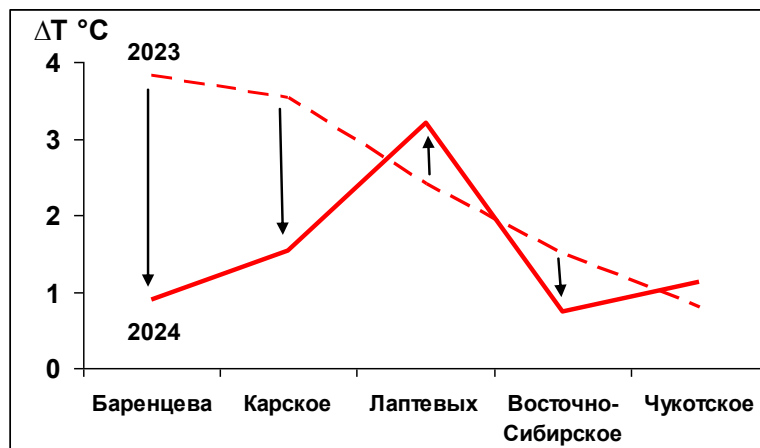


Рис. 1.13. Средние за второй квартал значения аномалий температуры воздуха (°C) для акваторий морей российской Арктики в 2023 и 2024 гг.

Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов в 2024 г. показал, что основным отличием от прошлого, 2023 г., явилось понижение температурного фона атмосферы в районах морей трассовой части СМП.

Во втором квартале 2024 г. в морях на трассе СМП наиболее аномально высокая температура сформировалась в море Лаптевых, а наиболее низкая – в Баренцевом и Восточно-Сибирском морях. Наибольшее понижение температурного фона произошло в Баренцевом море на 2,9 °C.

В среднем по акватории всех морей фон температуры был выше нормы на 1,5 °C, что ниже прошлогоднего значения на 0,9 °C.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в апреле-июне 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 разновидности основных форм циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария с типами циркуляции в тихоокеано-американском секторе полушария для каждого ЭСП с апреля по июнь 2024 г. представлены в таблице 1.2.



Таблица 1.2

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

Апрель 2024			Май 2023			Июнь 2023		
ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А
1-7	W	M ₁	1-9	C	3	1-6	E	3
8-13	E	M ₁	10*13	C	3	7-12	C	M ₂
14-16	E	M ₁	14-17	E	M ₁	13-15	W	M ₁
17-23	C	M ₂	18-20	E	3	16-20	E	M ₁
24-27	E	M ₂	21-31	E	M ₁	21-23	C	M ₂
28-30	E	M ₁				24-26	E	M ₁
						27-30	E	M ₁
Итого	W 7 (-2)	3 0 (-9)	Итого	W 0 (-9)	3 16 (5)	Итого	W 3 (-7)	3 6 (-2)
	C 7 (-1)	M ₁ 19 (11)		C 13 (3)	M ₁ 15 (6)		C 9 (-2)	M ₁ 15 (-1)
	E 16 (3)	M ₂ 11 (-2)		E 18 (6)	M ₂ 0 (-11)		E 18 (9)	M ₂ 9 (3)

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 (3, 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 с апреля по июнь 2024 г., можно сделать следующие основные выводы.

В целом, несмотря на сохранение положительных значений аномалий температуры воздуха в Арктике, крупномасштабные атмосферные процессы в апреле-июне 2024 г., по сравнению со вторым кварталом 2023 г., имели существенные отличия.

В первом секторе преобладали процессы восточной формы циркуляции. Во втором секторе наиболее высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₁.

В среднем за второго квартала 2024 г. под влиянием арктического антициклона фон давления над полярным районом по сравнению со вторым кварталом прошлого года повысился.

В среднем за второй квартал 2024 г. фон температуры над полярным районом был выше нормы. По сравнению со вторым кварталом прошлого года в этом году фон температуры в полярном районе понизился незначительно.



Во втором квартале 2024 г. в морях на трассе СМП наибольшая положительная аномалия температуры воздуха сформировалась в море Лаптевых, а наибольшая отрицательная – в Баренцевом и Восточно-Сибирском морях.

В среднем по акватории всех морей фон температуры выше нормы на 1,5 °С, что ниже прошлогоднего значения на 0,9 °С.



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2024 г.

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

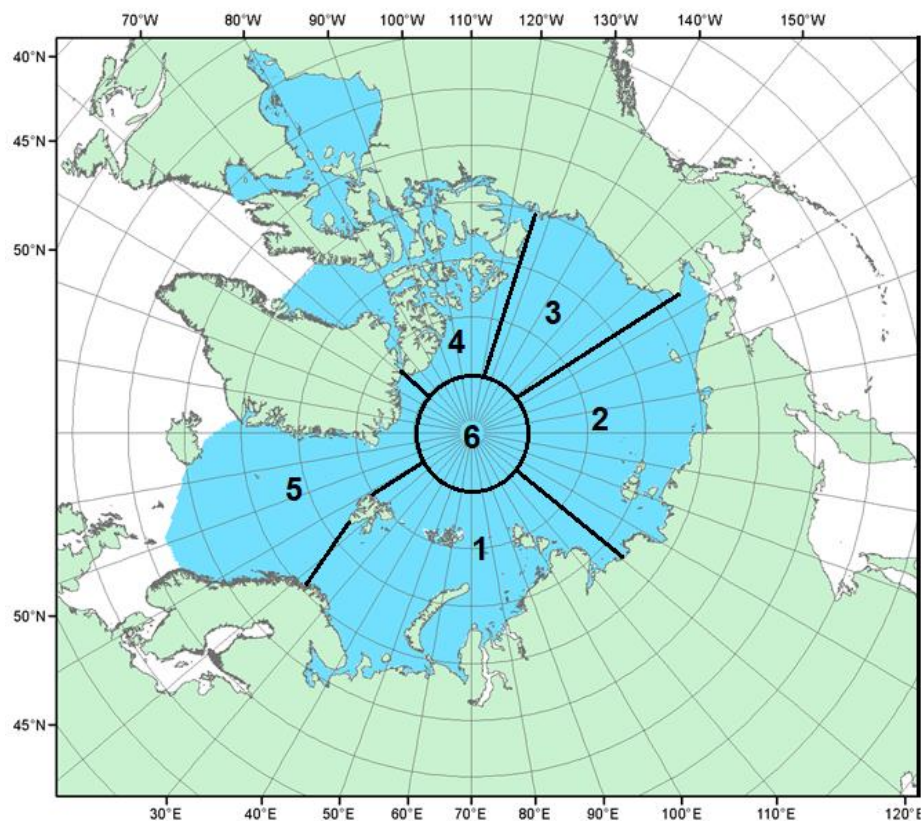


Рис. 2.1 Районы Северного Ледовитого океана

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

В конце первого квартала 2024 г. в СЛО и его морях сложилась следующая ледовая обстановка.

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, нарастание толщины льда на полярных станциях.

Однолетних толстых льдов не наблюдалось в Баренцевом, Карском и Лаптевых морях. В западном районе российского сектора СЛО зона однолетних толстых льдов наблюдалась в виде неширокой полосы (50–100 км), расположенной южнее массива старых льдов.

В Восточно-Сибирском, Чукотском морях и море Бофорта в течение марта зона однолетних толстых льдов в северных районах 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 льдов, состоящий из 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 Восточно-Сибирском, Чукотском морях и в море Бофорта преобладали однолетние средние, а в северных районах этих морей однолетние толстые льды.

Развитие припая в арктических морях в течение первых зимних месяцев проходило с малой интенсивностью. Площадь припая во всех российских арктических морях была меньше средних многолетних значений, а в проливе Вилькицкого припай не установился. 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.

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... –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.

Распространение ледяного покрова в Северной полярной области в начале апреля приведено на рис. 2.2.

Общее количество льдов в СЛО по оценкам, выполненным в АНИИ, 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, наблюдавшееся в СЛО в конце марта 2024 г. на 2 % превысило среднее значение за десятилетний период 2014–2023 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 льдов в морях были значительно меньше среднемноголетних значений, что подтверждается модельными расчетами объема накопленного льда в СЛО. Как показали модельные расчеты объем накопленного льда в СЛО в марте 2024 г. был минимальным за расчетный ряд с 2004 по 2024 гг. и занимал первое место в ранге минимумов, сформировав новый абсолютный минимум.

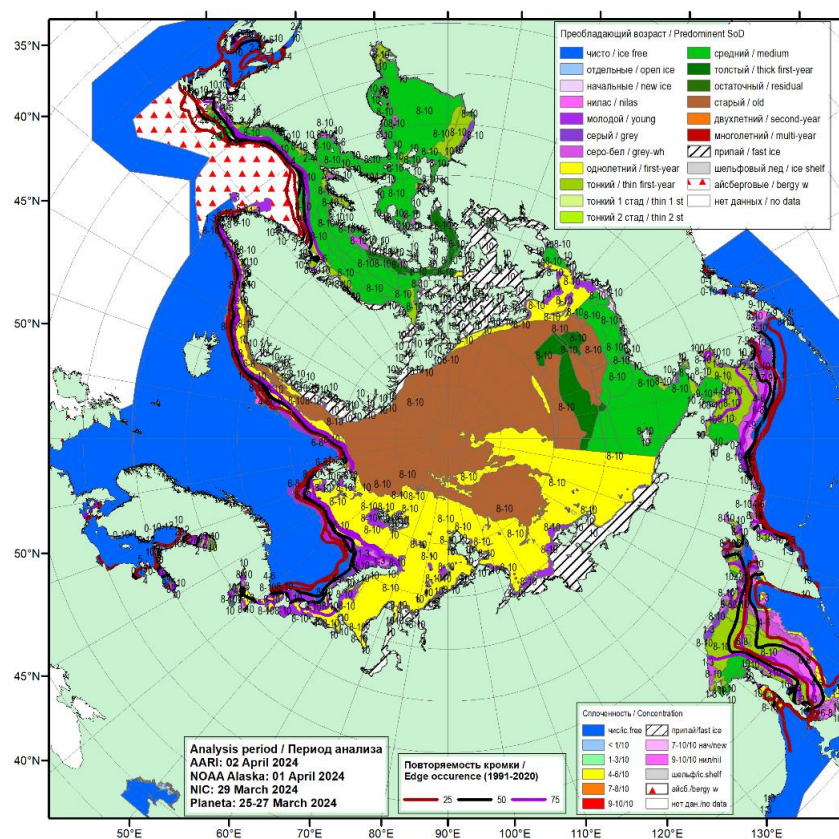


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 25 марта – 2 апреля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

Распределение ледяного покрова по возрастным градиентам и по сплоченности, а также поля среднемесячного дрейфа за каждый месяц за период с апреля по июнь 2024 г.



приведены на рисунках 2.3 – 2.13.

В апреле наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и переход однолетних тонких льдов в возрастную градацию средних льдов в Баренцевом и юго-западной части Карского морях, и в градацию однолетних толстых льдов в Восточно-Сибирском море.

На обширных акваториях северо-восточной части Карского, Лаптевых и юго-западной части Чукотского морей сохранялось преобладание однолетних средних льдов, а однолетние толстые наблюдались только в северных частях морей.

Процесс нарастания толщины льда в весенний период 2024 г. и появление градации однолетних толстых льдов во всех морях российского сектора Арктики происходил со значительным запаздыванием по сравнению с нормой.

Заприпайные полыньи в арктических морях были развиты слабо. Они отмечались только в районе припая Новосибирских островов. В связи с этим молодых льдов в арктических морях (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало. Только в Баренцевом море наблюдались обширные зоны молодых льдов в прикромочной зоне и вдоль архипелага Новая Земля.

Припай вдоль побережья Карского моря и вокруг островов архипелага Северная Земля, вдоль побережий в западной части моря Лаптевых был развит слабо. Очень хорошо был развит припай в районе архипелага Новосибирских островов, вдоль Чукотского побережья и между островами Канадского арктического архипелага.

Старые льды наблюдались в гренландском и канадском секторе СЛО, а также в приполюсном районе Арктики. Большое количество двухлетних льдов сохранялось в северной части морей Бофорта и Лаптевых в виде отдельных, вытянутых в меридиональном направлении протяженных зон (рис. 2.3).

В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась большая однородность. Преобладали сплоченные льды, что характерно для зимних месяцев в СЛО. Граница распространения ледяного покрова в морях Баренцевом, в Гренландском, Баффина и Лабрадор была близка к среднему многолетнему положению, а в отдельных районах морей даже превышала его, приближаясь к своему экстремальному большому положению (рис. 2.4).

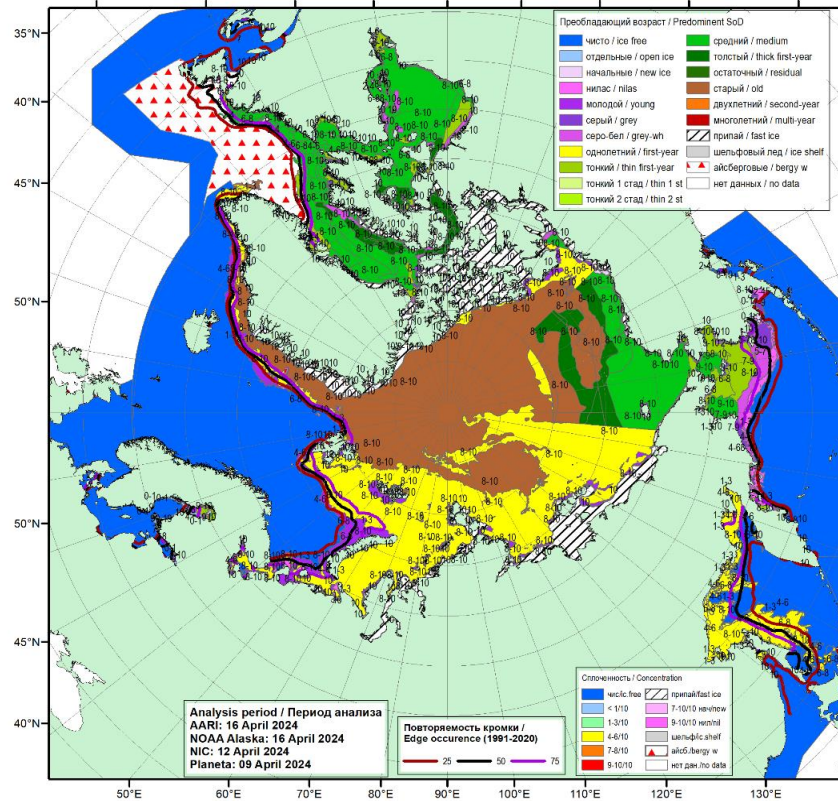


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 9–16 апреля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

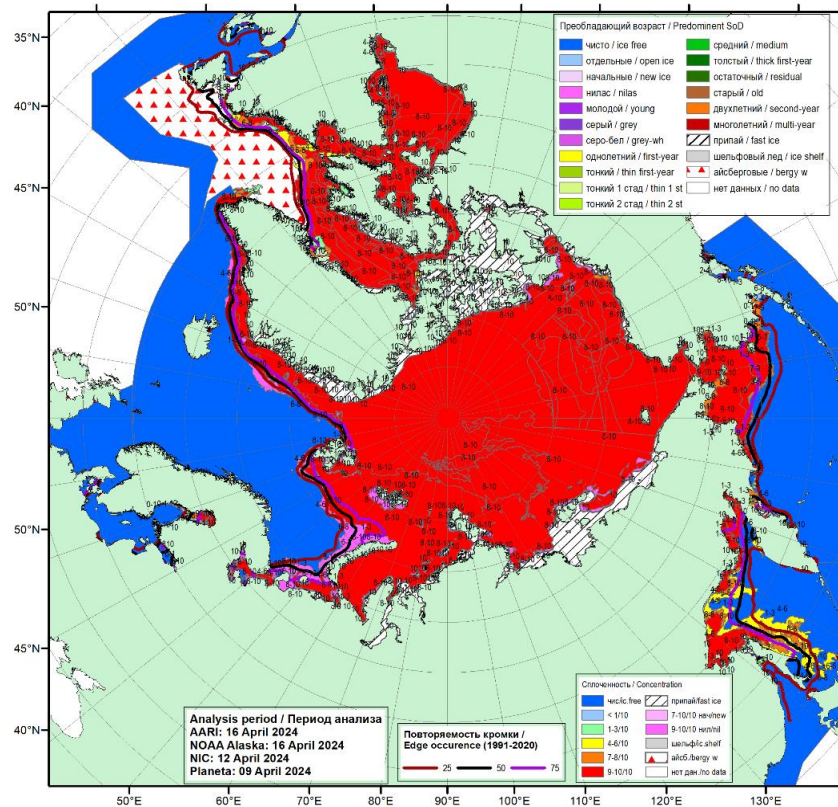


Рис. 2.4. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 9–16 апреля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США



Из основных структур дрейфа льда в СЛО в апреле были развиты Трансарктический перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот. Скорости дрейфа льдов в этих структурах были незначительными и не превышали 5 км/сут.

Трансарктический перенос льдов начинался от северной границы Восточно-Сибирского моря, проходил через приполюсный район и выносил льды непосредственно в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов в Трансарктическом переносе составляла 1–3 км/сутки. На подходах к проливу Фрама и в самом проливе скорости дрейфа льда возрастали до 4–8 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот, наблюдался преимущественно над акваторией моря Бофорта и был развит очень слабо. Скорость дрейфа в периферийной ветви круговорота, которая проходит вдоль побережья Аляски составляла около 3–5 км/сут. В северной части Чукотского моря и вдоль побережья островов Канадского арктического архипелага скорость дрейфа составляла около 1–3 км/сут.

Над морем Лаптевых был развит локальный циклонический круговорот, скорость дрейфа льда в котором не превышала 1–3 км/сут. (рис. 2.5).

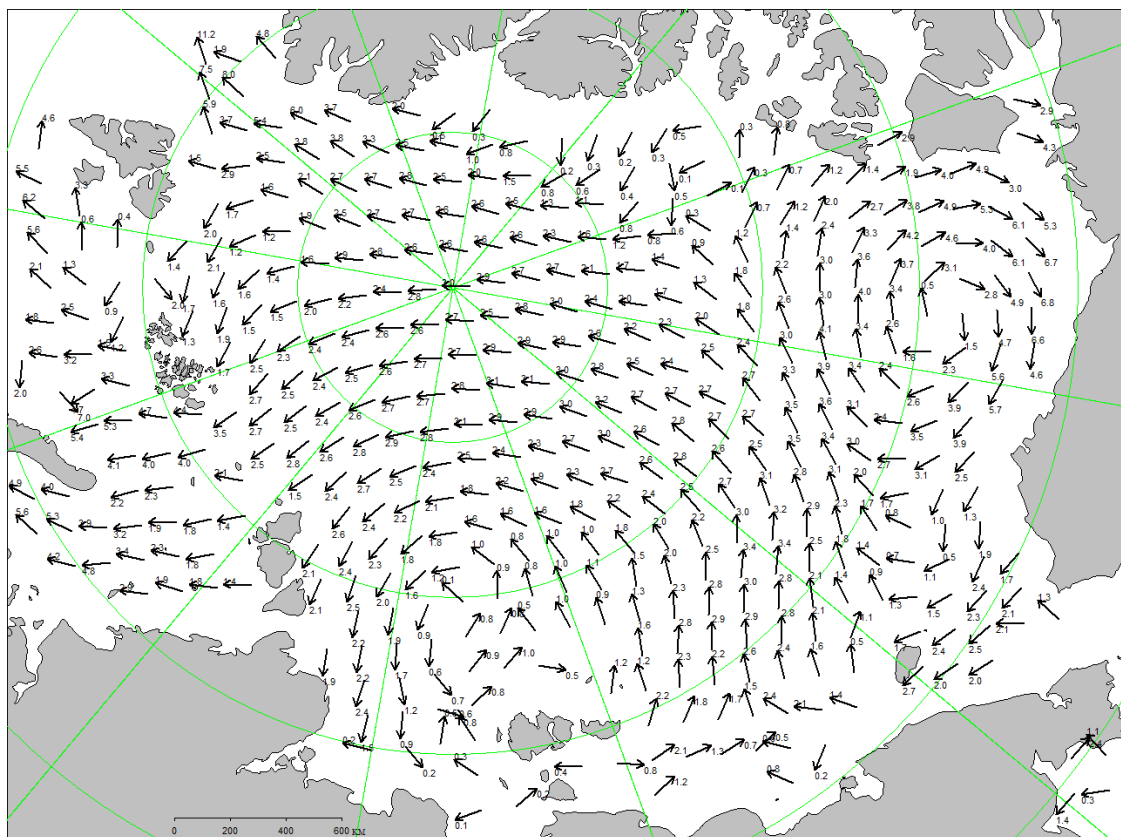


Рис. 2.5. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в апреле 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне



В течение мая, который считается периодом максимального развития и накопления ледяного покрова, в структурном составе дрейфующих льдов Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды (преимущественно однолетние толстые и средние льды), которые составляли около 60–62,5 % от общего количества льда. Около 35 % от общего количества льда составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено молодыми льдами в прикромочной зоне западных морей (Гренландском и Баренцевом морях) или молодыми льдами в заприпайных полыньях моря Лаптевых.

Однолетние льды занимали весь российский сектор, около трети приполюсного района и две трети аляскинского сектора Арктики. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах Арктики и в значительной части приполюсного района. Из части приполюсного района со стороны побережья Евразии старые льды были в значительной степени вытеснены и замещены однолетними льдами. Два обширных, вытянутых в меридиональном направлении языка старых льдов наблюдались в морях Лаптевых и Бофорта (рис. 2.6).

Припай был развит слабо в морях западного района российского сектора Арктики и приближался к средним многолетним размерам в восточных секторе арктических морей. Наиболее обширный припай наблюдался в районе Новосибирских островов, в западной части Восточно-Сибирского моря и между островами Канадского арктического архипелага. Заприпайные полыньи не имели большого развития и наблюдались в морях Карском и Лаптевых, практически полностью отсутствовали в Восточно-Сибирском и Чукотском морях. (рис. 2.6).

В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась достаточная однородность. По всей акватории океана и морей преобладали сплоченные льды, что характерно для зимних месяцев в СЛО. Граница распространения ледяного покрова в Баренцевом море, а также морях Гренландском, Баффина и Лабрадор была близка к среднему многолетнему положению.

Отсутствие крупных и развитых заприпайных полыней в арктических морях в мае 2024 года привело к тому, что не произошло формирования крупных очагов очищения, которые были характерны для развития ледовых условий в предыдущие годы (рис. 2.7).

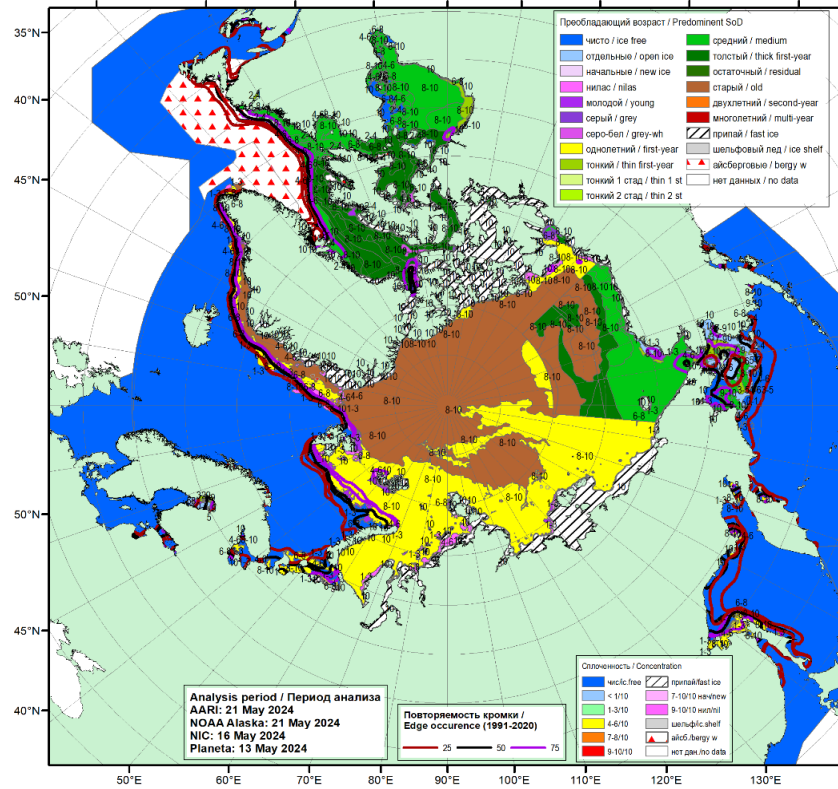


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту за 13–21 мая 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

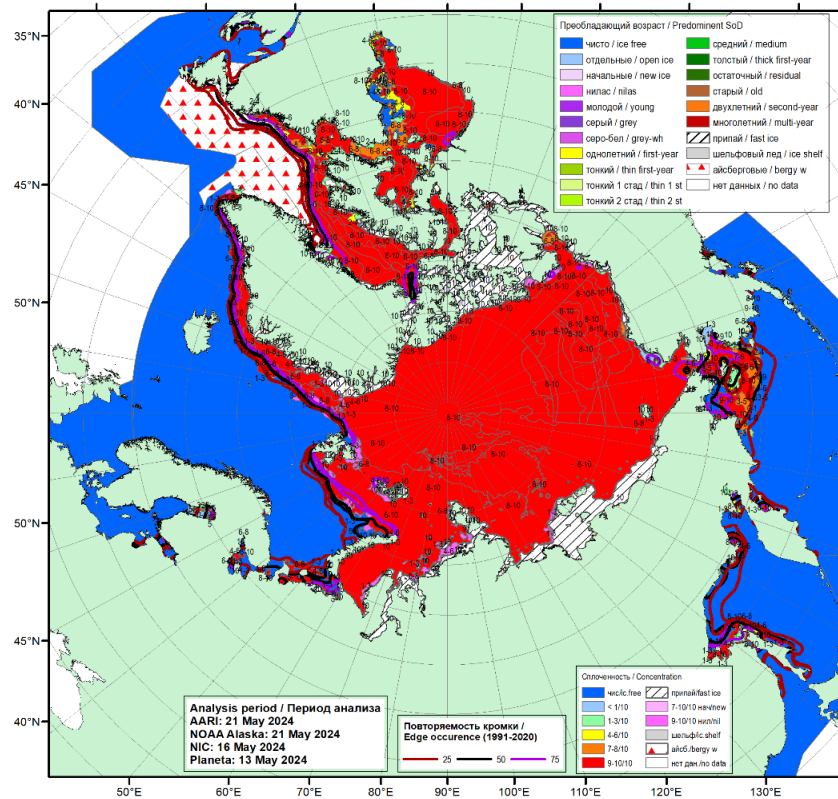


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности льда за 13–21 мая 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США



В мае в поле дрейфа произошли изменения, связанные со значительным развитием Трансарктического переноса льдов, охватившего две трети акватории СЛО. Трансарктический перенос начинался по широкому фронту из северных частей морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Далее перенос льдов широким потоком проходил через приполюсный район и выносил льды в пролив Фрама и в район между архипелагами Шпицберген и Земля Франца Иосифа. Скорости дрейфа льда в начале потока составляли 2–3 км/сут.

В северной части Карского моря сформировался локальный циклонический вихрь, по северной и западной периферии которого переносились льды из северной части моря Лаптевых в моря Карское и западную часть Баренцева. Часть льдов на восточной периферии вихря попадали в Трансарктический перенос. Скорости дрейфа льда в циклоническом вихре составляли 1–3 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот значительно уменьшился в размерах. Его центр располагался в северной части моря Бофорта. Скорости дрейфа льда в круговороте также уменьшилась и составляла менее 5 км/сут. (рис. 2.8).

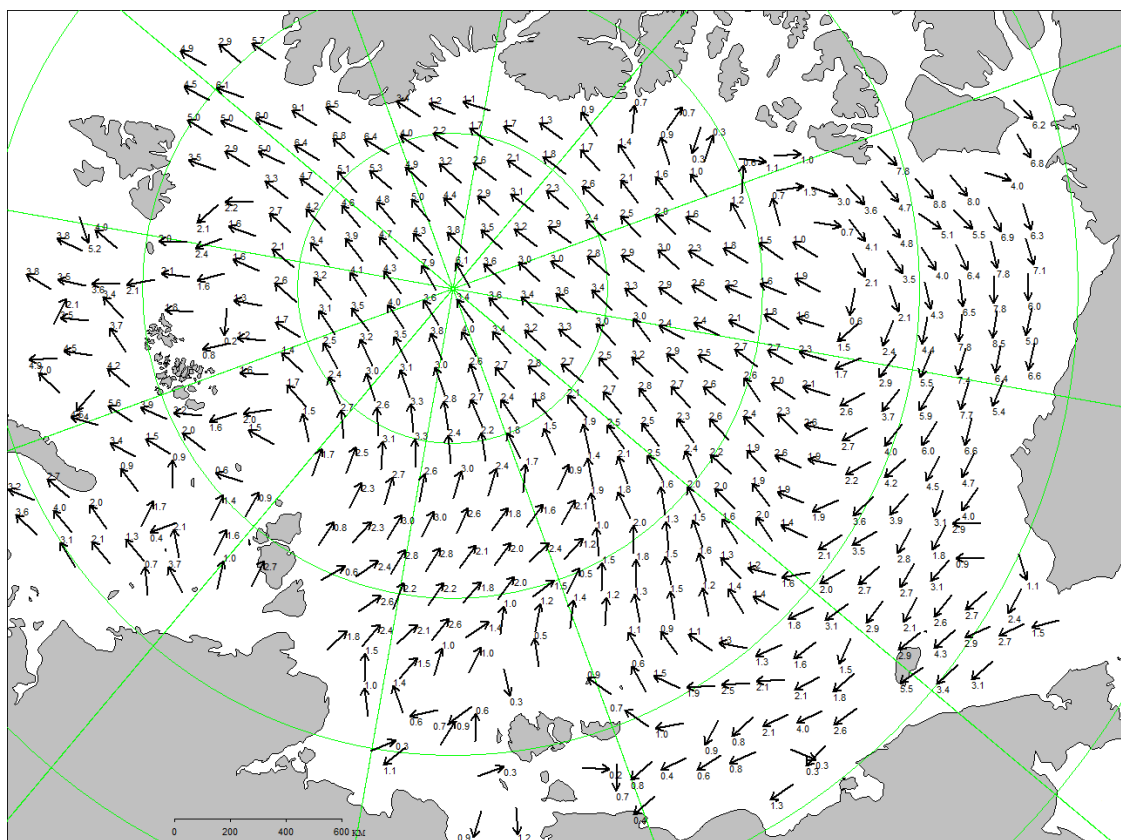


Рис. 2.8. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в мае 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда была близка к норме в морях западного района российского сектора Арктики, и менее нормы в восточной. В прибрежных районах Карского и Лаптевых морей толщина льда по данным полярных станций приблизилась к среднемноголетним значениям. Вдоль побережья восточной части Восточно-Сибирского моря и вдоль чукотского побережья сформировались отрицательные аномалии толщины льда. Толщина льда вдоль чукотского побережья была меньше нормы на 10–30 см.

Распределение аномалии толщины льда по морям в конце периода нарастания (середина мая) приведены на рис. 2.9.

Распределение расчетной средневзвешенной толщины льда по совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института для всего СЛО приведено на рис. 2.10.

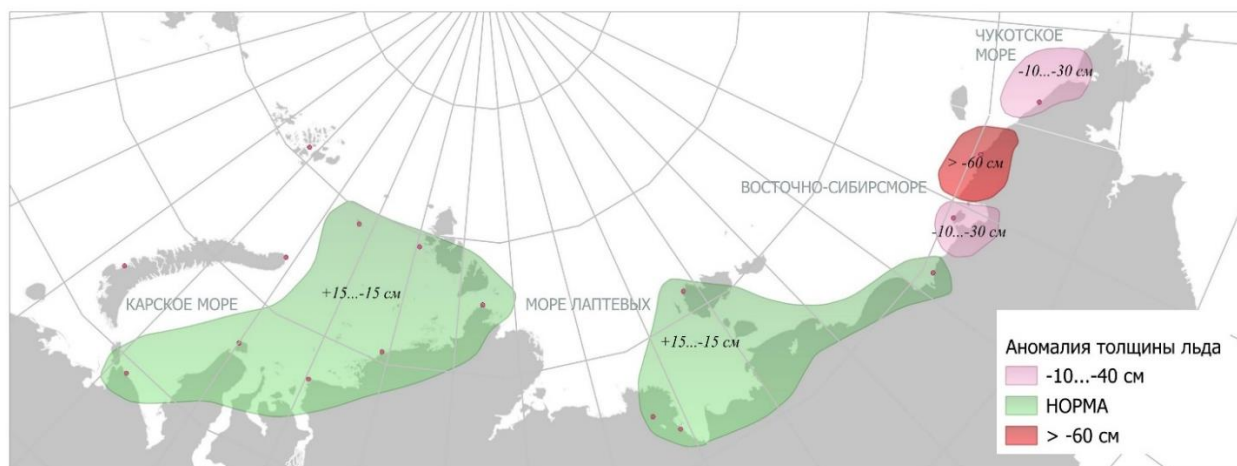


Рис. 2.9. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2024 г. (конец мая)

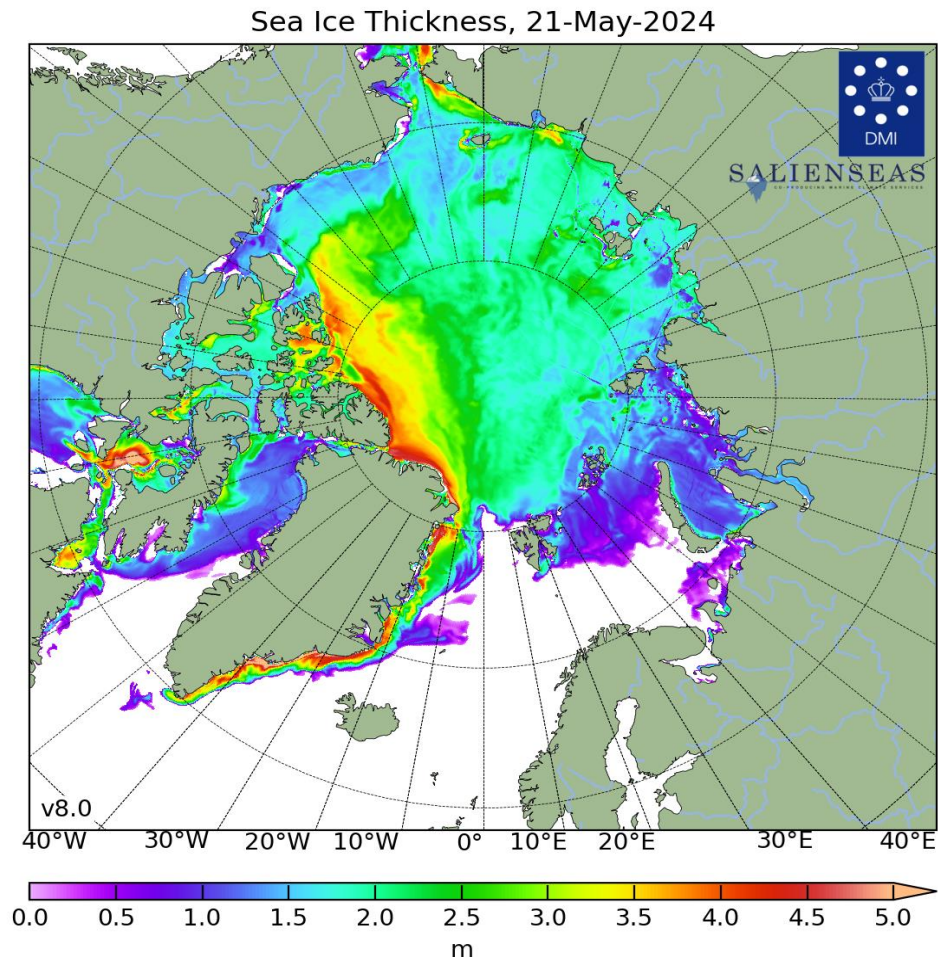


Рисунок 2.10. Поля распределения средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда–океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института 21.05.2024 г.

В июне начался процесс активного очищения арктических морей ото льда. Процесс очищения начался с морей западного района российского сектора Арктики – от Баренцева до Лаптевых и в море Бофорта. Очищение началось рано, но развивалось медленно. Центры очищения сформировались в четырех районах арктических морей – в северной части Баренцева, в северо-восточной части Карского, восточной части Лаптевых и восточной части Бофорта. В юго-западной части Карского, Восточно-Сибирском и Чукотском морях очагов очищения не наблюдалось, здесь сформировались большие положительные аномалии ледовитости порядка 22–29 %. В остальных арктических морях сформировались близкие к норме аномалии ледовитости.

К концу июня в российских арктических морях сложилась необычная ситуация – крупные положительные аномалии ледовитости и площади сплоченных льдов сформировались в окраинных районах морей – юго-западной части Карского и Чукотского морей, а близкие к норме, с развивающимися очагами очищения в остальных морях.

Положение границы дрейфующих льдов было близко к минимальному значению в



ряде районов морей – в Гренландском, в северной части Баренцева, восточной части Лаптевых и восточной части Бофорта моря. Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекцией тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда.

Наблюдалось начало разрушения припая во всех арктических морях, в проливах морей и среди островов Канадского арктического архипелага. Припай в проливе Вилькицкого в результате действия интенсивных западных ветров взломался в середине третьей декады июня. Припай в районе Новосибирских островов и между островами Канадского арктического архипелага еще сохранялся в течение июня (рис. 2.11).

В возрастном составе льдов на начало активного таяния и разрушения льдов преобладали однолетние толстые и средние льды. Образование начальных и молодых льдов в окраинных морях прекратилось. Старые льды занимали около 35 %, однолетние льды, среди которых преобладали однолетние толстые льды, составляли около 60 % СЛО. Остальную часть СЛО занимали разряжения и полыньи за припаем вдоль побережий.

Основными очагами очищения морей послужили: прикромочная зона в северной части Баренцева, заприпайный район в северо-восточной части Карского и восточной части моря Лаптевых, а также районы, прилегающий к Берингову проливу в Чукотском море и в восточной части моря Бофорта (рис. 2.12).

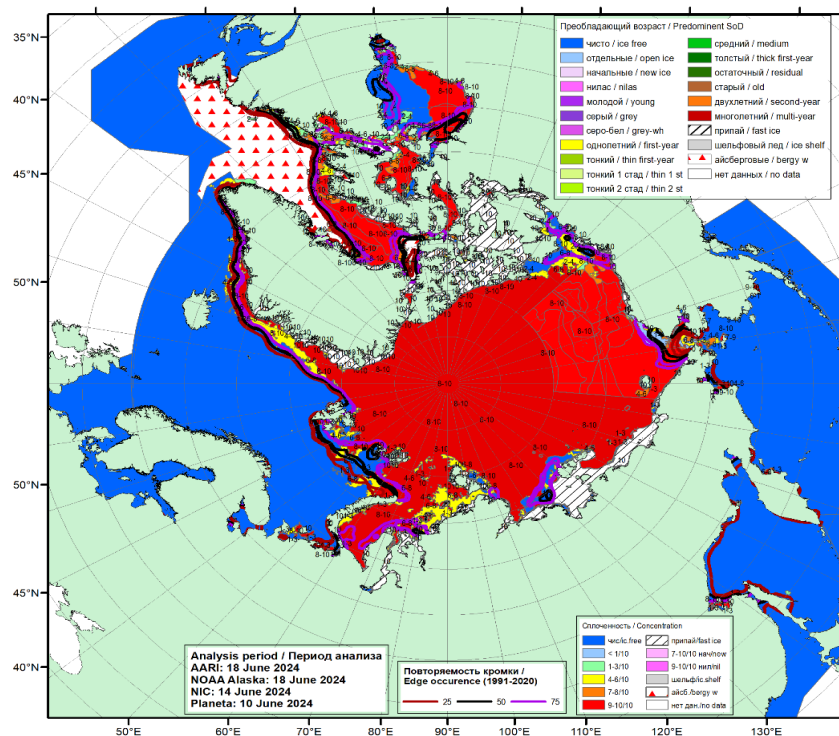


Рис. 2.11. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 10–18 июня 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

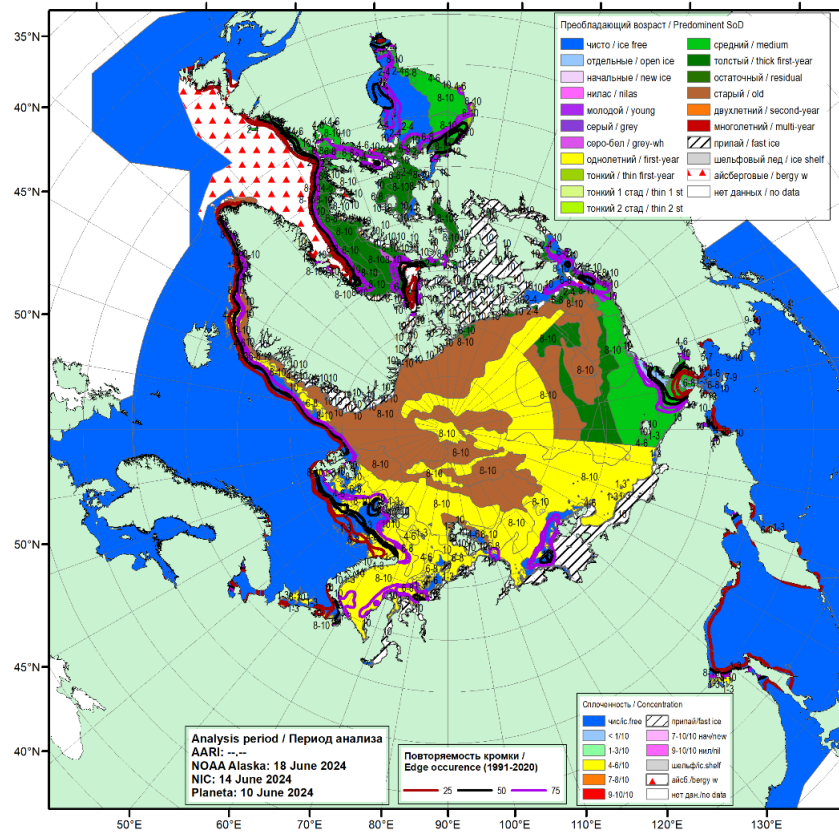


Рис. 2.12. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 10–18 июня 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В июне в поле дрейфа льда в СЛО изменения практически не произошли. Наблюдалось сохранение тех же структур дрейфа, которые сформировались в мае.

В западном районе СЛО сохранялся хорошо развитый Трансарктический перенос льдов. Перенос начинался из северной части моря Лаптевых. Далее перенос льдов проходил через приполюсный район и выносил льды в пролив Фрама и в район между архипелагами Шпицберген и Земля Франца Иосифа. Скорости дрейфа льда составляли 4–6 км/сут.

В западном районе СЛО, в северной части Карского моря сохранялся локальный циклонический вихрь, по северной и западной периферии которого переносились льды из северной части моря Лаптевых в моря Карское и западную часть Баренцева. Часть льдов на восточной периферии вихря попадали в Трансарктический перенос. Скорости дрейфа льда в циклоническом вихре составляли 1–3 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот был смещен в море Бофорта. и значительно меньше своих обычных размеров. Его центр располагался в северной части моря Бофорта. Скорости дрейфа в центральной части круговорота составляли 1–3 км/сут., а на периферии круговорота 4–7 км/сутки (рис. 2.13).

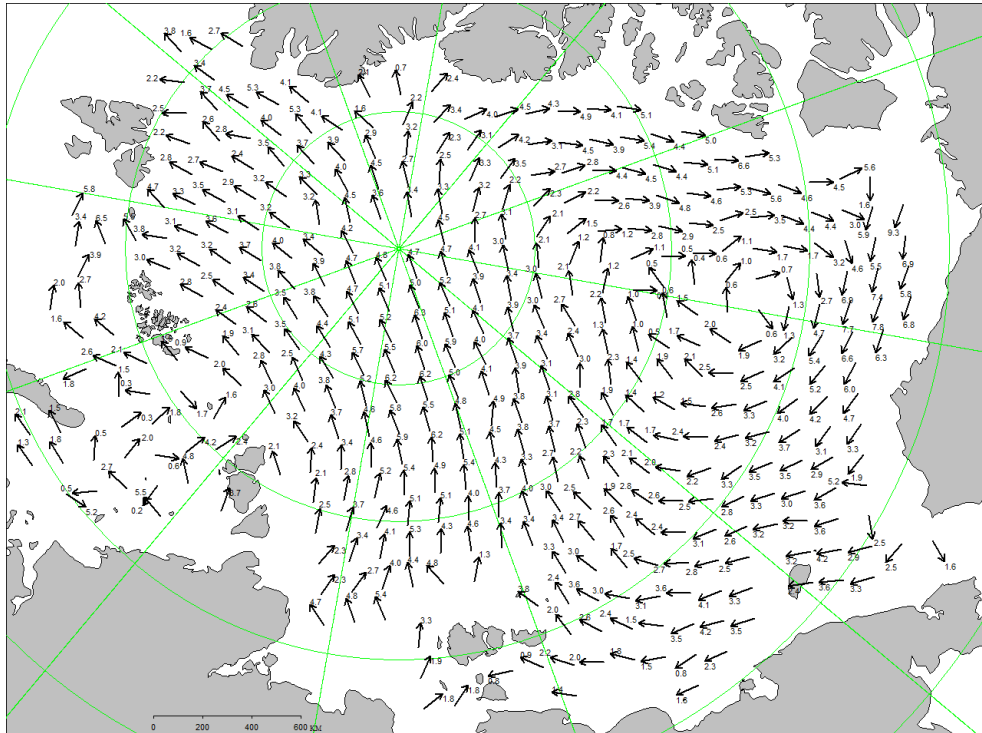


Рис. 2.13. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в июне 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

Общее количество льдов в СЛЮ в конце июня, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составила 10004 тыс. км², что оказалось на 9,4 % меньше среднемноголетнего значения по длинному ряду наблюдений с 1978–2024 гг. и близким по величине к среднему значению за десятилетний период 2014–2024 гг.

Отрицательная аномалия общей площади льда в СЛЮ, составившая 9,4 % сформировалась, главным образом, за счет малой ледовитости, наблюдавшейся в секторе 45 °з.д.–95 °в.д. (моря Гренландское, Баренцево и Карское) и секторе 170–45°з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика) (табл.2.1).

Таблица 2.1

Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в конце июня 2024 г. и её аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

Район	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ²						
		2019	2020	2021	2022	2023	2014–2024	1978–2024
Северный Ледовитый океан	10004,8	45,6	154,7	133,1	137,7	-37,2	60,1	-626,9
Сектор 45°з.д.–95°в.д. (Гренландское – Карское моря)	2686,1	79,7	334,2	282,2	404,1	157,6	274,7	-142,2
Сектор 95°в.д.–170°з.д. (моря Лаптевых – Чукотское, Берингово, Охотское)	3340,4	149,5	200,4	237,3	71,5	-3,7	90,9	-43,8
Сектор 170–45°з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика)	4751,9	121,3	-306,1	-312,6	-340,9	-277,8	-190,4	-396,4



При развитии площади ледяного покрова близкой к норме за последнее десятилетие (2014–2024 гг.), 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. 2.14. Как показывает модельный расчет, объем накопленного льда в СЛО в июне 2024 г. стал новым абсолютным минимумом, занимая 1 место в ранге минимумов.

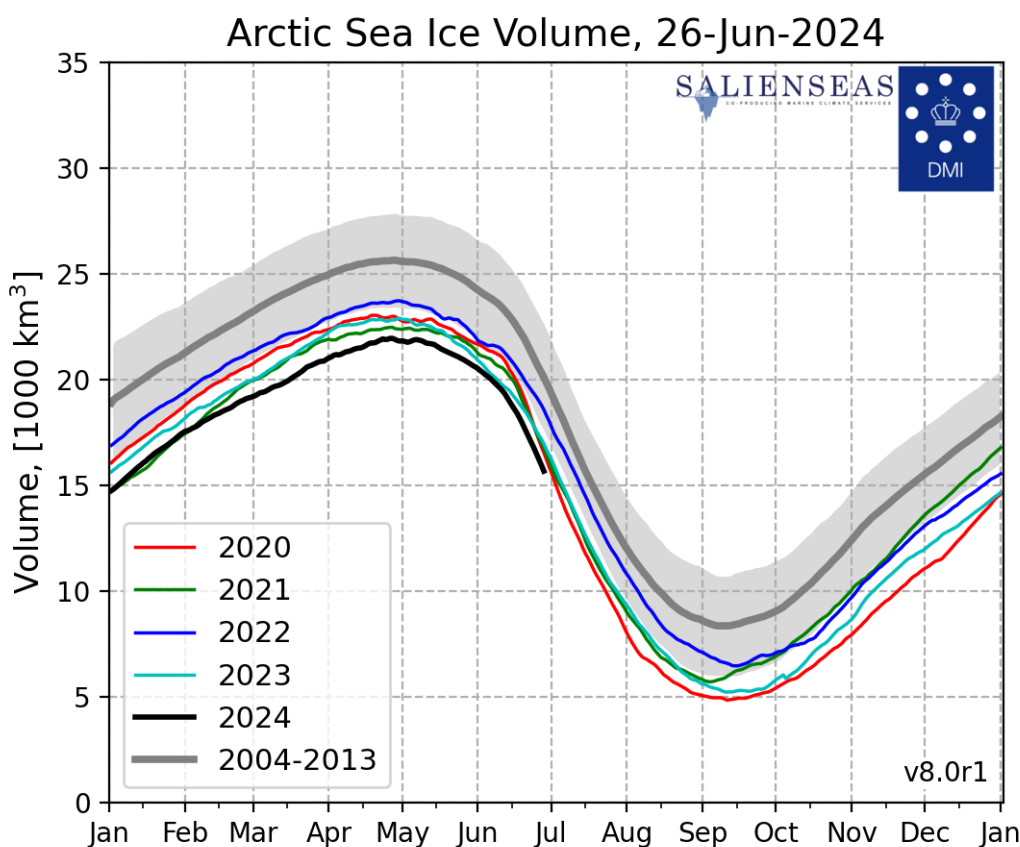


Рисунок 2.14 – Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института с 28.02.2004 по 26.06.2024 гг.

Ход изменения кривой площади льдов в СЛО и его отдельных секторах представлен на рисунке 2.15. Хорошо видно, что в конце зимнего и в начале летнего сезонов развитие ледяного покрова в СЛО было близко к среднему многолетнему, но с началом таяния в мае кривая переместилась в нижнюю часть пучка реализаций сезонного хода.

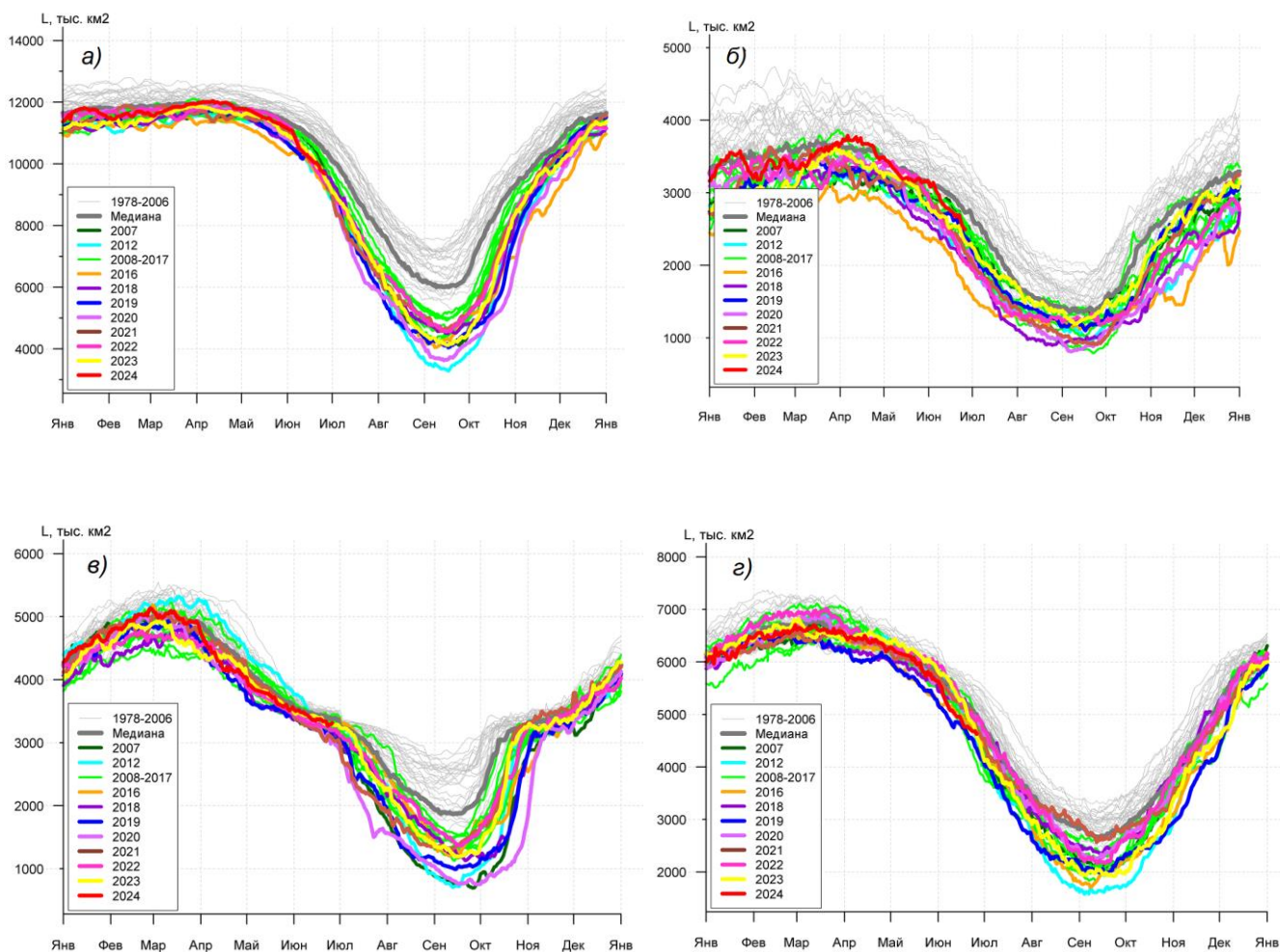


Рис. 2.15. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости

а) для Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов 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) и г) сектор 170–45°з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика) за период 26.10.1978 – 25.06.2024 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM



3. Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2024 г.

3.1. Термохалинные условия

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

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 135	01.04.2024	15.04.2024	59
2	ИТР 139	01.04.2024	30.06.2024	450

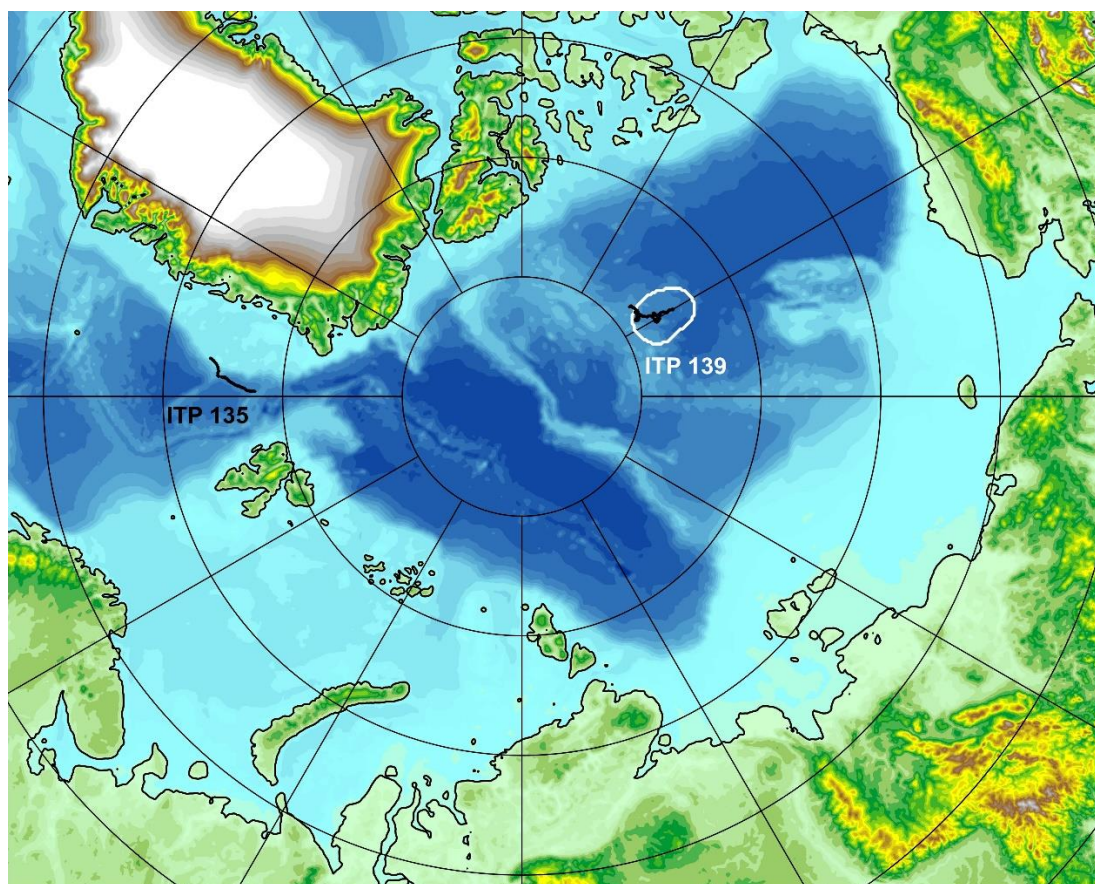


Рис. 3.1.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2024 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ



3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО во втором 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

Во втором квартале 2024 г. в северной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 139 соленость поверхностного слоя была на 2 ‰ выше по сравнению с климатической нормой (28,3 ‰). Температура поверхностного слоя (-1,65 °C) была незначительно ниже климатической нормы (-1,5 °C), что связано по всей видимости с более высокой соленостью.

Под верхним перемешанным слоем глубже 40 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 -1,0 °C, превышая климатическую норму на 0,2 °C. Незначительные положительные аномалии слоя ЛТВ связаны с тем, что дрейф ИТР 139 за рассматриваемый период проходил в северной части Канадской глубоководной котловины, в то время как основное ядро ЛТВ залегает в центральной и южной частях котловины.

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 заглупление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 139 ядро холодных



тихоокеанских вод залегало на глубине 115 м. По климатическим средним ядро этих вод наблюдалось на 100 м.

Глубже 120 м в северной части Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °С) по данным второго квартала 2024 года располагалась на глубине 245 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,73 °С (445 м глубины), что соответствует климатической норме и свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Северном суббассейне СЛО.

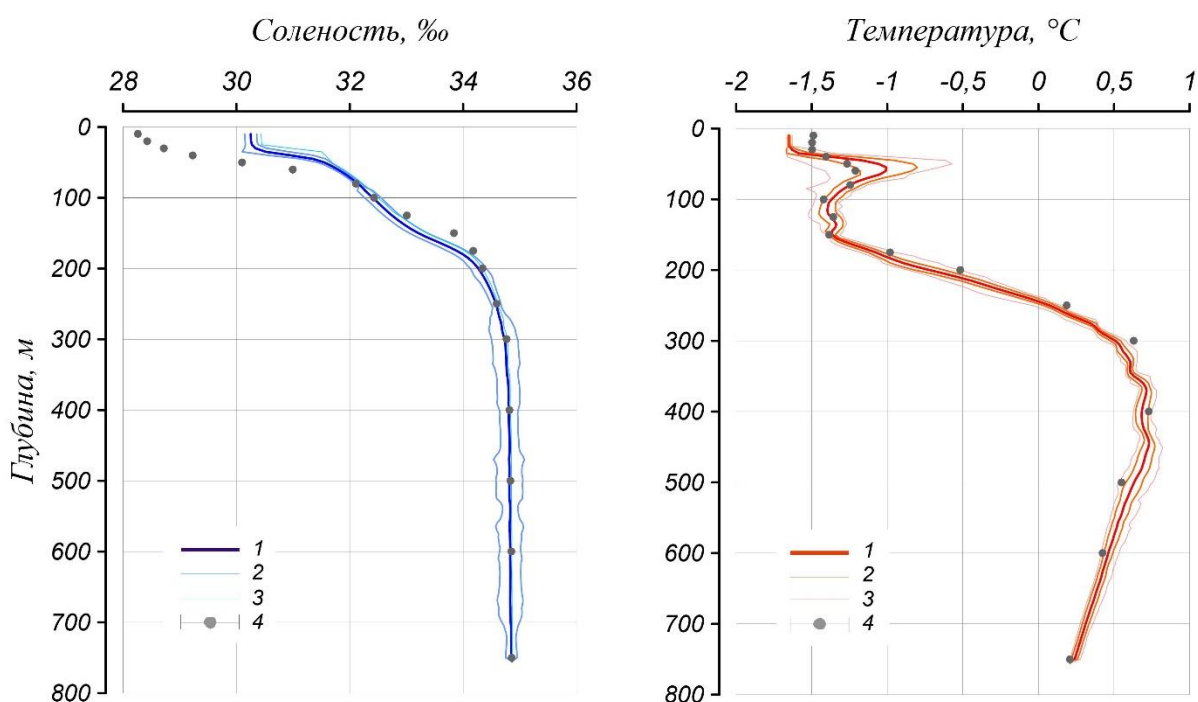


Рис. 3.1.2 – Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле 2024 г. по результатам измерений профилографа ГТР 139

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 ААНИИ за апрель-июнь в период с 1991 по 2020 гг.

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных во втором квартале 2024 г. в северной части Канадской глубоководной котловины, соленость поверхностного слоя была на 2 ‰ выше по сравнению с климатической нормой (28,3 ‰).

Максимальные значения температуры атлантических вод были близки к норме и составили 0,73 °С.



Как и в предыдущие годы, наблюдается положительная аномалия температуры летних тихоокеанских вод, значение которой во втором квартале 2024 года составило $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Незначительная положительная аномалии слоя ЛТВ в 2024 году по сравнению с предыдущими годами связана с более северным (удаленным от основного ядра ЛТВ) дрейфом ИТР 139 за рассматриваемый период.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 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 апрель-июнь 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
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 на станции Амдерма среднее значение уровня моря в апреле и мае было ниже среднемноголетнего. Это можно объяснить наличием двух довольно сильных сгонов, наблюдавшихся в конце апреля, когда на станции Амдерма уровень моря опускался до -61 см, а на станции Усть-Кара до -57 см, и во второй четверти мая, когда на станции Амдерма уровень моря опустился до -63 см, а на станции Усть-Кара до -45 . В апреле так же наблюдался довольно высокий нагон: на станции Амдерма – до $+43$ см, а на станции Усть-Кара – до $+75$ см. Пик паводковых процессов для станции Усть-Кара пришёлся на 17 июня,



когда уровень моря поднялся до +65 см. На станции Амдерма максимальный уровень за счёт паводка наблюдался 23 июня (+58 см).

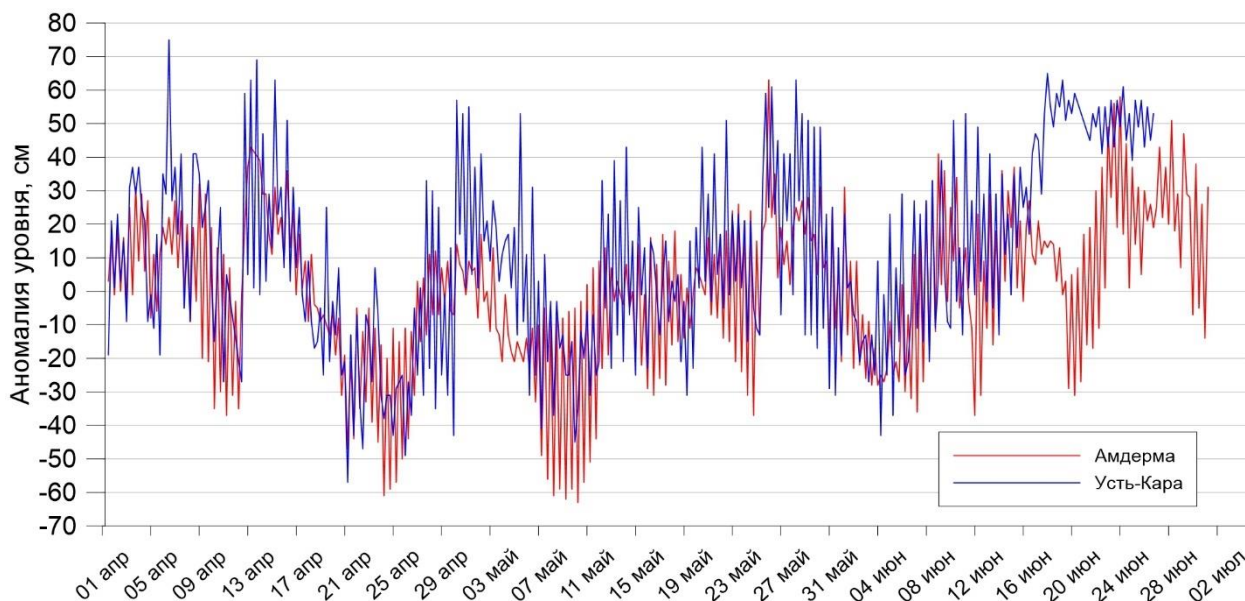


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2024 г.

Таблица 3.2.2

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

Станция	Хар-ки	Месяц		
		апрель	май	июнь
Амдерма	h_{cp} (см)	-1	-4	8
	σ_h (см)	23	23	23
	h_{min} (см)	-61	-63	-37
	Дата	23	9	11
	h_{max} (см)	43	63	58
	Дата	12	25	23
Усть-Кара	h_{cp} (см)	4	6	23
	σ_h (см)	29	25	29
	h_{min} (см)	-57	-45	-43
	Дата	20	9	3
	h_{max} (см)	75	63	65
	Дата	6	27	17

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

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) колебания уровня моря происходили как на повышенном, так и на пониженном фоне. В апреле и первой половине мая уровень моря колебался около среднегололетней отметки. В период с 7 по 9 апреля на всех станциях рассматриваемого района наблюдался нагон: на станции о. Диксон – до +25 см, на станции Сопочная Карга – до +38 см, на станции Известий ЦИК о-ва – до +30 см, а выше всего уровень моря поднялся на станциях мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Федорова



(м. Челюскина) – до +58 и +50 см соответственно. На станциях Сопочная Карга, о-ва Известий ЦИК, Мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) в период с 9 по 11 мая наблюдался существенное понижение уровня до –59 см, до –43 см, до –64 см и до –31 см соответственно.

Таблица 3.2.3

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

Станция	Хар-ки	Месяц		
		апрель	май	июнь
о. Диксон	h_{cp} (см)	7	10	7
	σ_h (см)	8	6	7
	h_{min} (см)	-8	-4	-10
	Дата	4	7	26
	h_{max} (см)	25	21	22
	Дата	8	3	12
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	-2	8	59
	σ_h (см)	17	26	16
	h_{min} (см)	-60	-59	19
	Дата	6	11	26
	h_{max} (см)	38	70	95
	Дата	7	28	29
Мыс Стерлегова	h_{cp} (см)	9	1	17
	σ_h (см)	17	23	20
	h_{min} (см)	-39	-64	-33
	Дата	6	10	8
	h_{max} (см)	58	56	81
	Дата	7	23	30
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{cp} (см)	12	4	-
	σ_h (см)	16	16	-
	h_{min} (см)	-33	-31	-
	Дата	22	9	-
	h_{max} (см)	50	38	-
	Дата	9	25	-
о-ва Известий ЦИК	h_{cp} (см)	-5	4	26
	σ_h (см)	14	21	15
	h_{min} (см)	-44	-43	-4
	Дата	21	10	8
	h_{max} (см)	30	49	69
	Дата	7	28	29

В июне практически на всех станциях, за исключением о. Диксон, наблюдался постепенный подъём уровня моря. В особенности сильно это проявилось на станции Сопочная Карга, где в целом среднемесячный уровень моря за июнь составил +59 см. На станциях Известий ЦИК о-ва и мыс Стерлегова наиболее явное повышение уровня моря начало наблюдаться в 3 декаде июня. На станции Сопочная Карга в июне уровень моря достиг отметки +95 см, на станции Известий ЦИК о-ва - +69 см, на станции мыс Стерлегова +81 см. При этом на станции о. Диксон в июне уровень моря не превышал отметки +22 см.

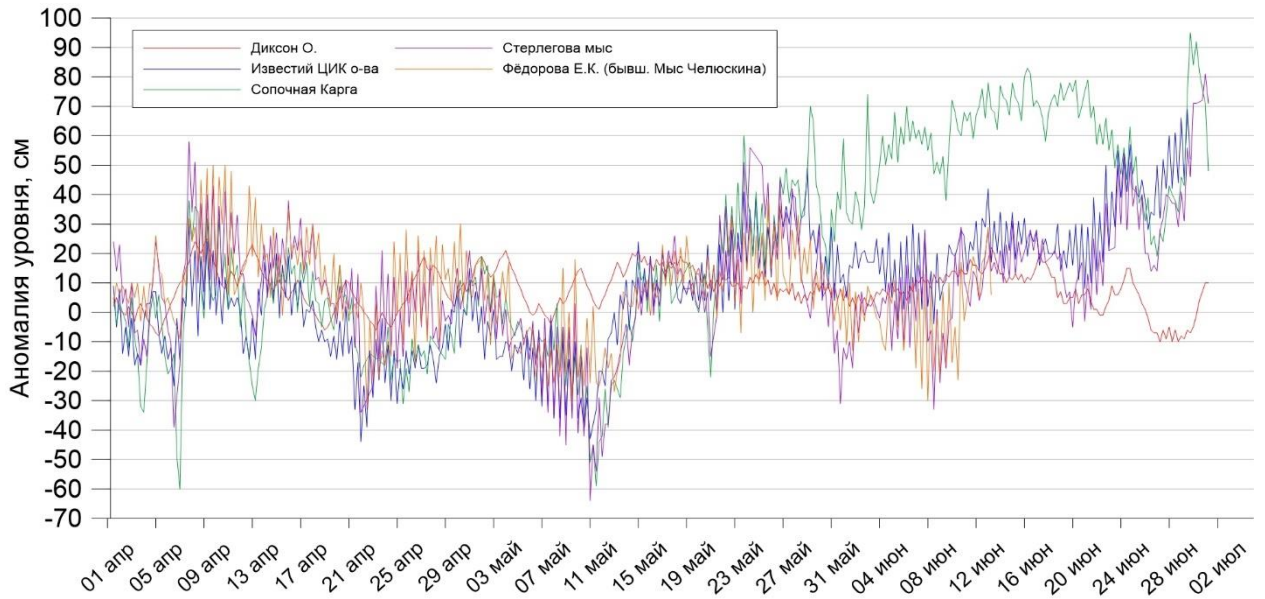


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в апреле – июне 2024 г.

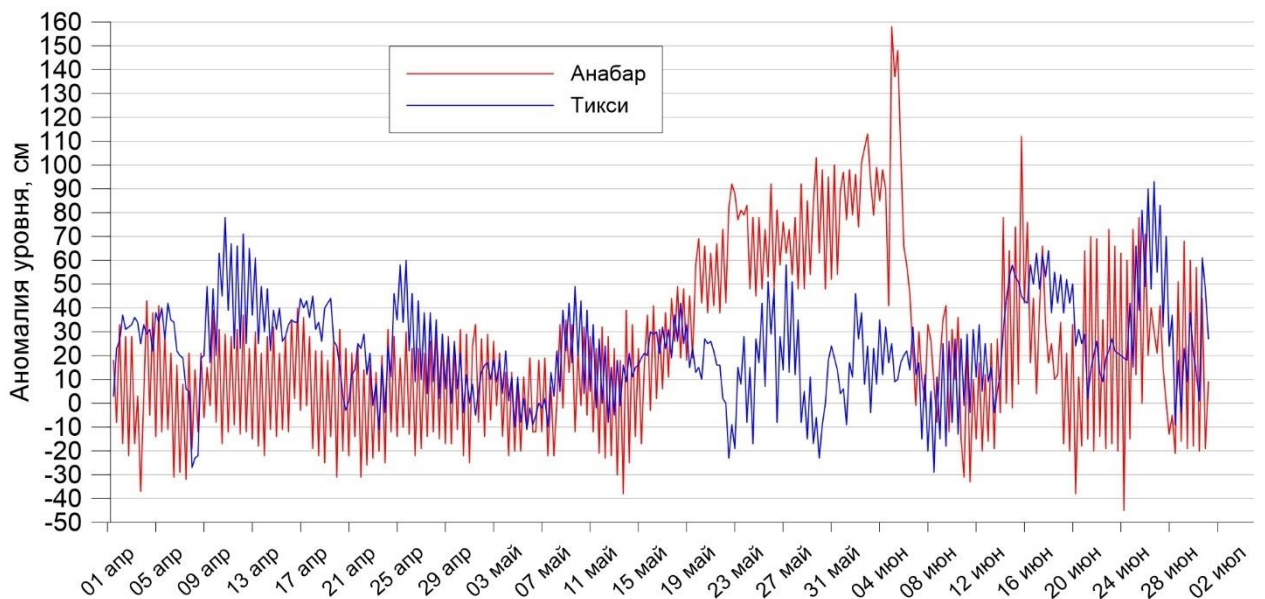


Рис. 3.2.3 Колебания уровня в южной части моря Лаптевых (Анабар и Тикси) в апреле – июне 2024 г.

На юго-западе моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.3, табл. 3.2.4) колебания уровня происходили на повышенном фоне. В апреле здесь не наблюдалось каких-либо существенных подъёмов или опусканий уровня моря, и в целом средняя отметка уровня была равна +5 см. В середине мая, по всей видимости за счёт начала паводковых процессов, на станции начался постепенный подъём уровня моря. Пик паводковых процессов был зафиксирован 4 июня, когда уровень моря поднялся до +158 см. В оставшуюся часть июня колебания уровня имели довольно высокую амплитуду и среднеквадратическое отклонение уровня в июне было равно 43 см.



В юго-восточной части моря Лаптевых по данным станции Тикси (рис. 3.2.3, табл. 3.2.4) колебания уровня происходили на повышенном фоне. Самые заметные изменения уровня моря наблюдались в первой половине апреля, а также во второй половине июня. В апреле стоит отметить сгон, произошедший 7 числа, когда уровень моря опустился до -27 см, а также нагон 10 числа, когда уровень моря достиг отметки +78 см. Самый заметный нагон наблюдался 26 июня, когда уровень моря поднялся до +93 см.

На востоке моря Лаптевых по данным станций о. Котельный и пр. Санникова (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) в апреле колебания уровня моря происходили на повышенном фоне, тогда как в мае и июне – на пониженном. Причем на станции пр. Санникова в мае и июне среднемесячный уровень моря составил 0 и -1 см, а на станции о. Котельный – -15 и -6 см.

Таблица 3.2.4

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в апреле – июне 2024 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		апрель	май	июнь
Анабар	h_{cp} (см)	5	34	32
	σ_h (см)	22	36	43
	h_{min} (см)	-37	-38	-45
	Дата	3	13	23
	h_{max} (см)	43	103	158
	Дата	3	29	4
м. Кигилях	h_{cp} (см)	7	2	4
	σ_h (см)	4	5	5
	h_{min} (см)	-4	-9	-8
	Дата	8	19	30
	h_{max} (см)	16	11	15
	Дата	24	1	7
пр. Санникова	h_{cp} (см)	15	0	-1
	σ_h (см)	13	10	18
	h_{min} (см)	-9	-25	-41
	Дата	8	7	8
	h_{max} (см)	52	18	31
	Дата	11	17	20
о. Котельный	h_{cp} (см)	1	-15	-6
	σ_h (см)	17	13	21
	h_{min} (см)	-33	-42	-44
	Дата	30	30	8
	h_{max} (см)	42	12	49
	Дата	13	28	28
Тикси	h_{cp} (см)	27	14	27
	σ_h (см)	19	17	23
	h_{min} (см)	-27	-23	-29
	Дата	7	22	8
	h_{max} (см)	78	58	93
	Дата	10	26	26

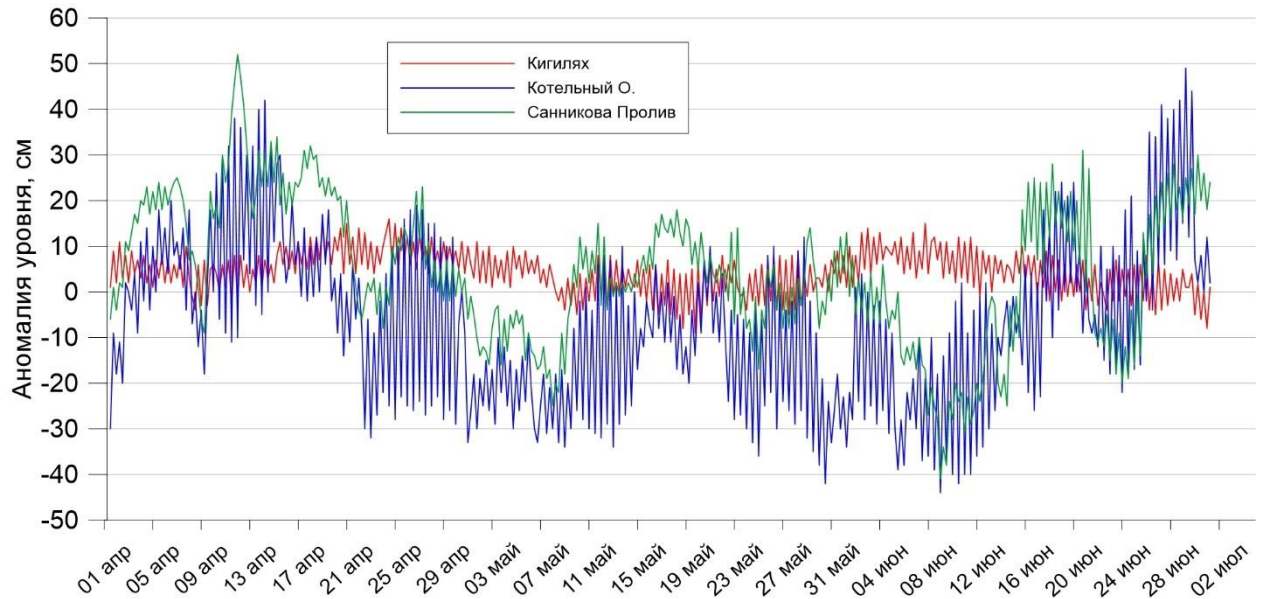


Рис. 3.2.4. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле – июне 2024 г.

В апреле уровень моря на станции пролив Санникова поднимался до отметки +52 см, а на станции о. Котельный – до +42 см. Затем к концу апреля произошло постепенное падение уровня и на одной, и на другой станции, и вплоть до середины июня значения уровня по большей части были ниже среднегодовой отметки. В июне начался постепенный подъём уровенной поверхности.

На станции мыс Кигилях уровень моря был на 4-7 см выше среднегодовой отметки, и в целом на этой станции не происходило каких-либо значительных колебаний уровня моря.

3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей во 2 квартале 2024 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 апреля по июнь 2024 г. Расчеты и прогнозы ветрового волнения осуществлялись по авторской технологии, основанной на спектрально-параметрической модели (СПМ) ветрового волнения ААНИИ (AARI-PD2). В 2010 г. данная технология была представлена на ЦМКП и решением комиссии рекомендована к использованию в ААНИИ для выполнения оперативных прогнозов на акватории морей Российской Арктики. Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по еженедельным данным диагноза сплоченности льда ААНИИ. Расчеты проводились для морей Баренцева,



Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Сведения о распределении высот волн H_s для морей приведены в таблицах 3.3.1–3.3.4.

Баренцево море. Как видно из таблицы 3.3.1, во втором квартале 2024 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 4 м. Наиболее штормовым месяцем стал май. Максимальная высота волн (более 6,5 м) была рассчитана 24 мая на 18 ч UTC. Продолжительность шторма составила 2 дня (с 24 по 25 мая).

Таблица 3.3.1

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2024 г.

Месяц	Высота волн, м						
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7
Апрель	–	7	7	11	4	1	–
Май	–	5	13	11	–	–	2
Июнь	–	8	14	6	2	–	–
Итого	–	20	34	28	6	1	2

На рисунке 3.3.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 18 ч UTC 24 мая 2024 г.

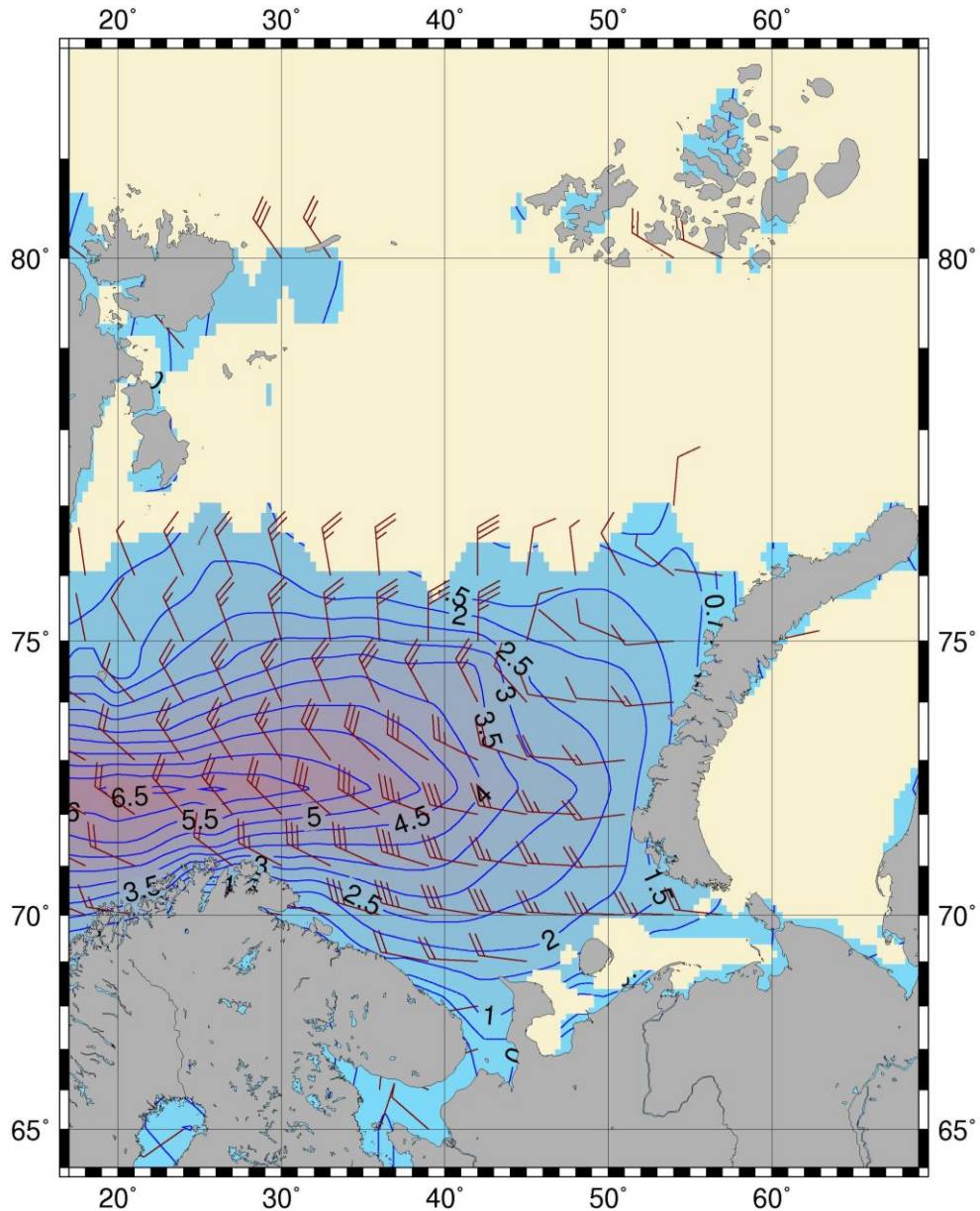


Рис. 3.3.1. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 24 мая 2024 г.

Карское море во втором квартале 2024 г. было покрыто льдом до конца июня, что в Карском море наблюдается не часто. Обычно Карское море начинает открываться в конце мая - начале июня.

В таблицах 3.3.2-3.3.4 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского моря во втором квартале 2024 г.



Таблица 3.3.2

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (Hs) в море Лаптевых во втором квартале 2024 г.

Месяц	Высота волн, м	
	0–1	1–2
Июнь (с 10 июня)	8	13
Итого	8	13

Таблица 3.3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (Hs) в Восточно-Сибирском море во втором квартале 2024 г.

Месяц	Высота волн, м	
	0–1	1–2
Июнь (с 15 июня)	11	5
Итого	11	5

Таблица 3.3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (Hs) в Чукотском море во втором квартале 2024 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Май (с 25 мая)	5	2	–
Июнь	16	11	3
Итого	21	13	3

Море Лаптевых стало открываться во второй декаде июня. Как видно из таблицы 3.3.2, расчетная высота волны на чистой воде в море Лаптевых в основном была от 1 до 2 м. Максимальная высота (более 1,5 м) была рассчитана 14, 25, 28, 29 и 30 июня. К концу июня в южной части моря Лаптевых вдоль припая образовалась область чистой воды (от 74°с.ш. до 77° с.ш.).

Восточно-Сибирском море стало открываться в середине июня к северу от Новосибирских о-вов. Как видно из таблицы 3.3.3, расчетная высота волны на чистой воде в Восточно-Сибирском море в основном была до 1 м. Максимальная высота (более 1,5 м) была рассчитана 30 июня.

Чукотское море стало открываться в конце мая - начале июня. Как видно из таблицы 3.3.4, высота волны в основном была до 1 м. Максимальная высота не превышала 2,5 м (4, 5 и 12 июня). К концу июня область чистой воды доходила до 71° с.ш.