

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

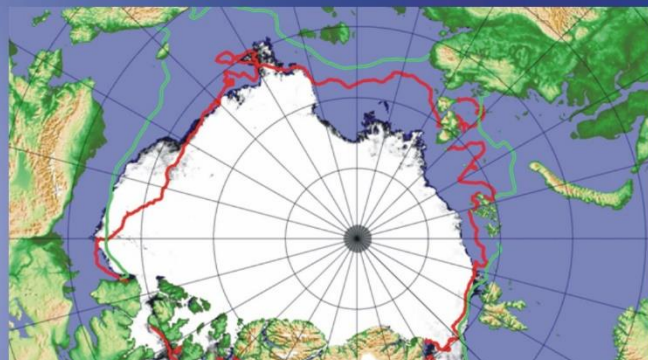
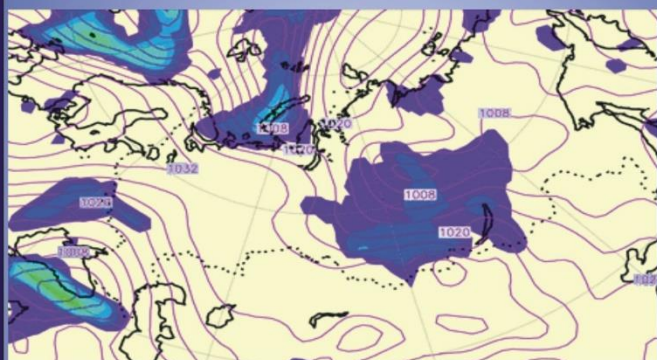


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2023





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в июле – сентябре 2023 г.....	4
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2023 года.....	16
2.1 Развитие ледовых условий за период с июля по сентябрь	16
3. Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей с июля по сентябрь 2023 г.....	32
3.1 Термохалинные условия.....	32
3.2 Уровень арктических морей	35
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей в 3 квартале 2023г.	41



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в 3 квартале 2023 г. Фактическая информация для составления обзора была получена по данным государственной наблюдательной сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ, и наблюдений непосредственно на береговых и научной обсерватории «Мыс Баранова».

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

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

Ледовый раздел посвящен описанию развития ледяного покрова и особенностям ледовых явлений в океане, арктических морях и устьевых областях основных арктических рек. Основой для такого анализа послужили данные постоянного спутникового мониторинга, экспедиционных наблюдений на судах и дрейфующих станциях и архивные климатические данные. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела ледового режима и прогнозов (ответственные — зав. лабораторией канд. геогр. наук А.В. Юлин, 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 июле – сентябре 2023 г.

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

Анализ и оценка тенденций развития процессов в третьем квартале проводился 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 в третьем квартале 2023 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 июля по сентябрь 2023 г. были выявлены следующие особенности их развития.

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

Анализ процессов показал, что в период с июля по сентябрь 2023 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

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

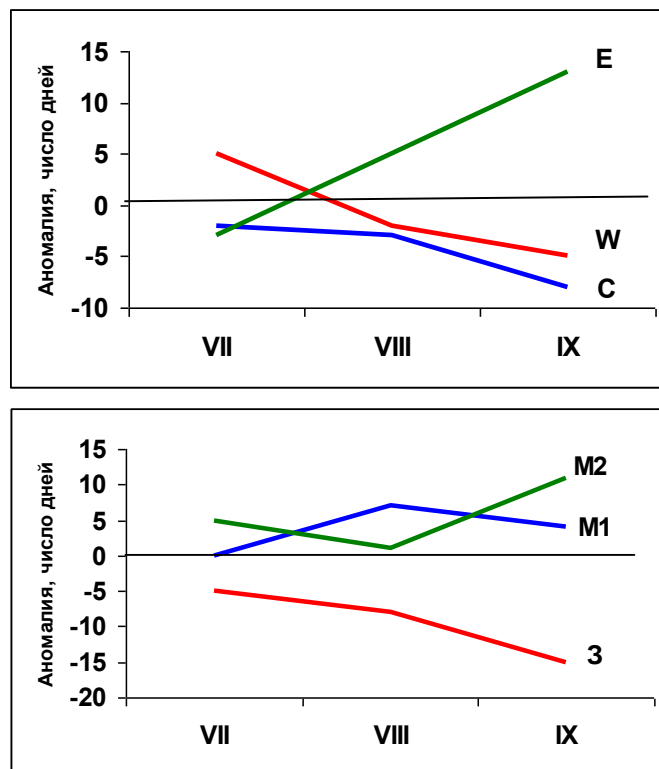


Рис. 1. Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период июль – сентябрь 2023 г.

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



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

Июль – W_{M1} → Август– E_{M1} → Сентябрь– E_{M2+M1}

В *первом секторе* Северного полушария в июле атмосферные процессы развивались на фоне аномальной высокой повторяемости западной (W) формы циркуляции. В дальнейшем произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов в системе общей циркуляции атмосферы (ОЦА) от западной к восточной (E) форме циркуляции. Наибольшее число дней с данной формой циркуляции отмечено в сентябре (рис. 1.1).

Во *втором секторе* наибольшую повторяемость во всех месяцах имели меридиональные процессы типа M_1 .

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

В июле под влиянием арктического антициклона фон давления в полярном районе сформировался выше нормы. Циклоны в системе исландского и алеутского минимумов не оказывали существенного влияния на полярный район.

В дальнейшем (в августе и сентябре) при перестройке направленности крупномасштабных атмосферных процессов произошло усиление континентального антициклона, циклоны смещались в Арктику по высокоширотным траекториям. Фон давления в полярном районе понизился до отрицательных аномалий.

В среднем за третий квартал 2023 г. фон давления над полярным районом был около нормы. Изменения средних месячных значений аномалий давления от месяца к месяцу в центральном полярном районе Арктики представлены на рис. 1.2.

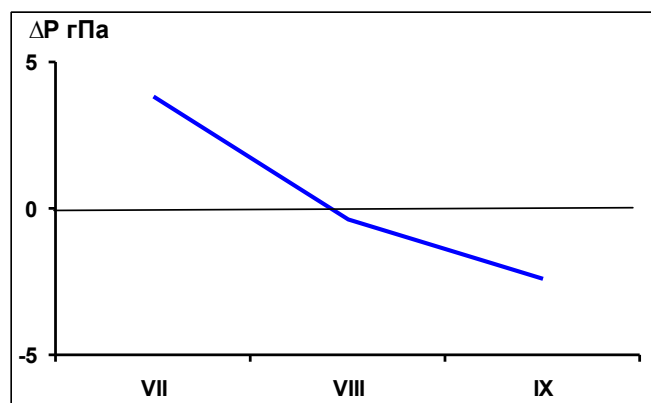


Рис. 2. Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в период с июля по сентябрь 2023 г. в полярном районе Арктики



Во всех месяцах при адвекции теплых воздушных масс с материка отмечались высокие положительные значения аномалий температуры.

В среднем за третий квартал 2023 г. фон температуры над полярным районом был выше нормы на 2,2 °С. По сравнению с третьим кварталом прошлого года в этом году фон температуры в полярном районе повысился на 1,4 °С (рис. 1.3).

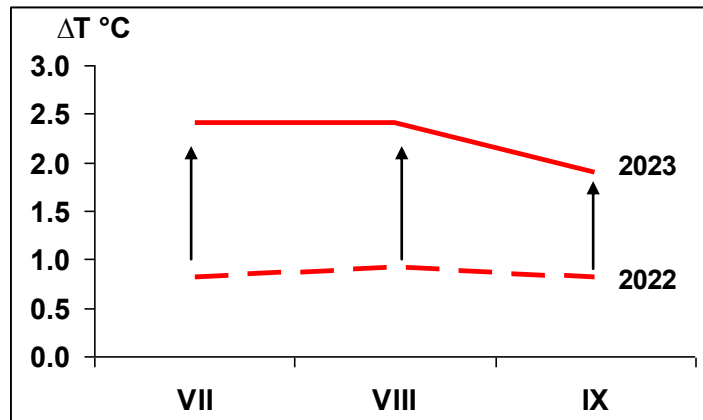


Рис.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°С) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в период июль – сентябрь 2023 г.

Анализ структурных особенностей развития атмосферных процессов в третьем квартале 2023 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, атмосферному давлению и температуре воздуха, а также их аномалиям) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов **в период июль-сентябрь 2023 г.** и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

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

В июле 2023 г. основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа сформировался в районе моря Лаптевых. Центральный полярный район находился под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле сформировался антициклон (рис. 1.4).

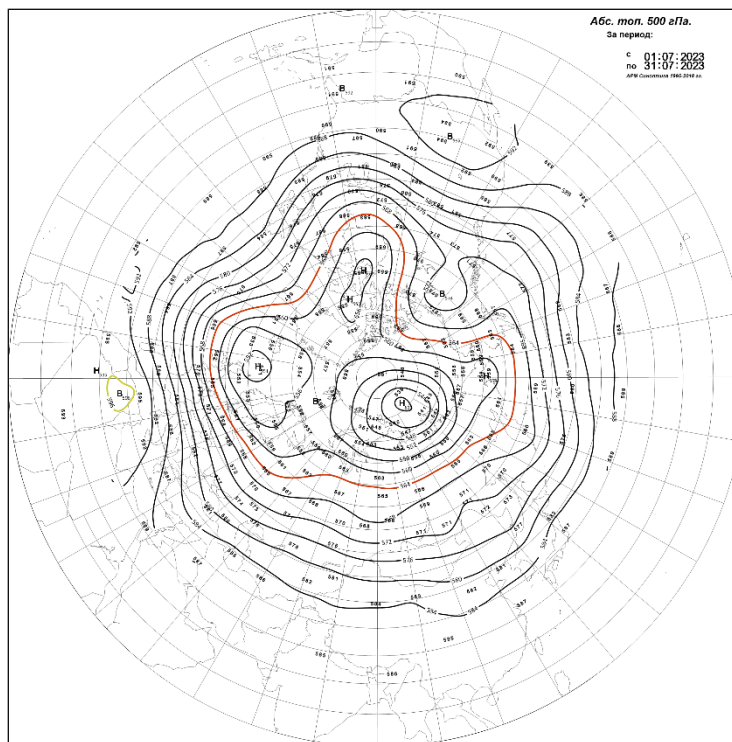


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июле 2023 г.

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

Особенностью данного макропроцесса являлось развитие устойчивого антициклона над полярным районом. Вследствие этого циклоны из северной Атлантики смещались по сравнению с нормой по низкоширотным траекториям, по континентальной части Евразии.

В западном секторе Арктики при воздушных потоках южных направлений преобладала адвекция теплых воздушных масс. В среднем за месяц фон температуры был выше нормы на 1-3 °С (рис. 1.5).

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, который значительно ослабил циклоническую деятельность в системе алеутского минимума. Циклоны не оказывали существенного влияния на полярный район Арктики. При преобладающих воздушных потоках юго-восточных направлений температурный фон был выше нормы на 2-8 °С (рис. 1.6).

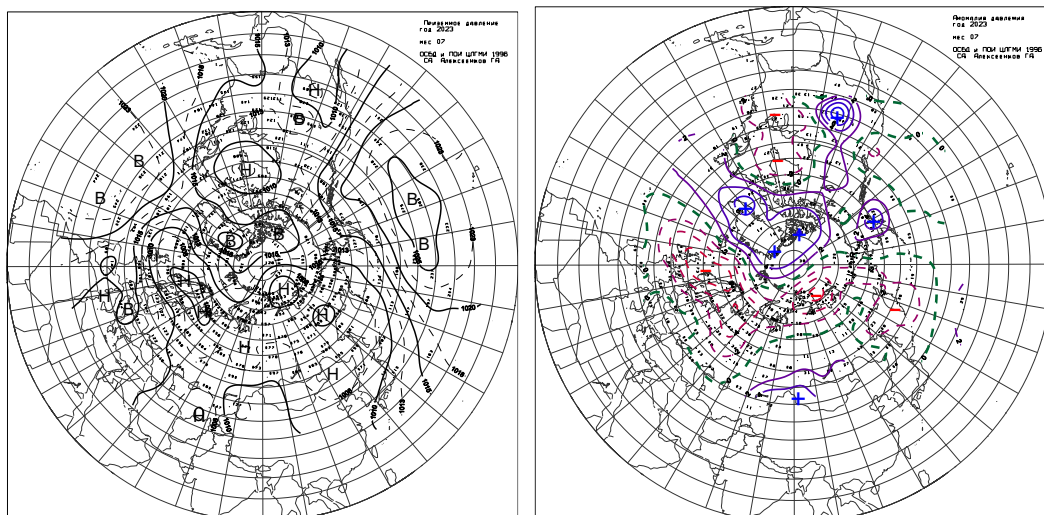


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июле 2023 г.(гПа)

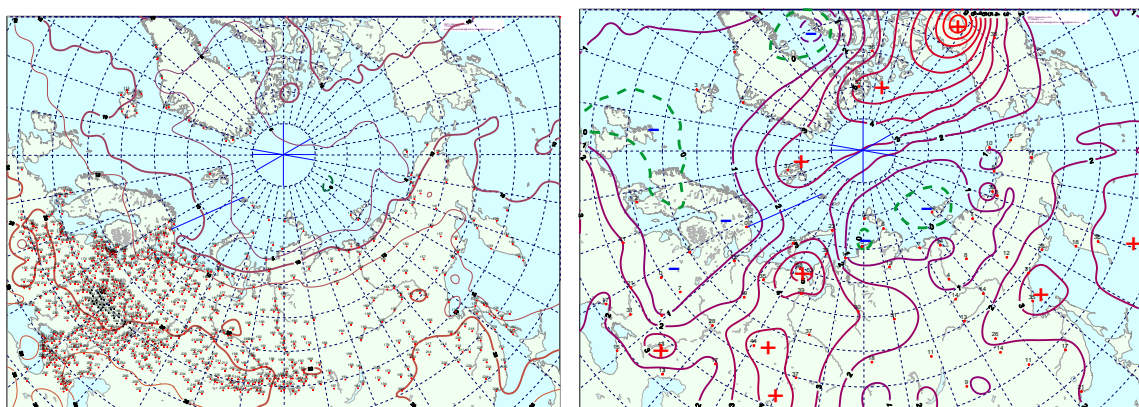


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2023 г., (°C)

В *августе 2023 г.* центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился в восточный район Арктики, основные ложбины которого были ориентированы на западный сектор Арктики.

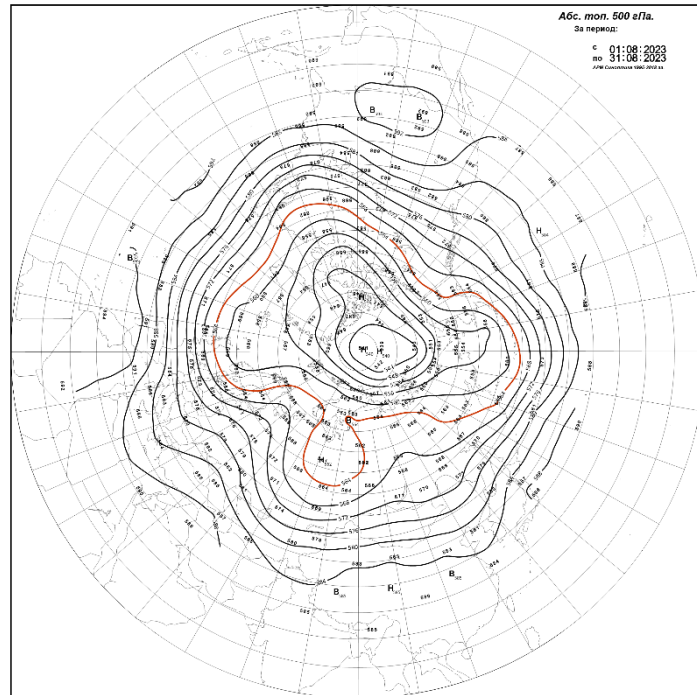


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в августе 2023 г.

В первом секторе преобладали атмосферные процессы восточной (Е) формы циркуляции. При усилении антициклона над Европой циклоны в системе исландского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям в полярный район Арктики. В западном районе Арктики сформировался фон давления ниже нормы. При воздушных потоках юго-западных направлений преобладала адвекция теплых воздушных масс. Наиболее высокие положительные аномалии (до 6 °С) отмечались в Карском и Баренцевом морях (рис. 1.8 и 1.9).

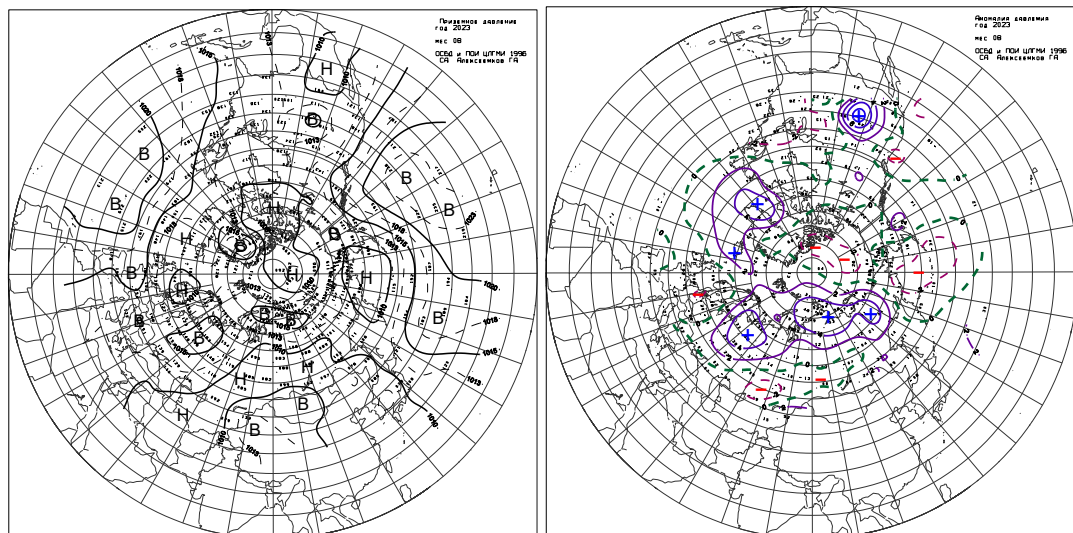


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в августе 2023 г., (гПа)



Во *втором секторе* наибольшую повторяемость имели крупномасштабные атмосферные процессы типа M_1 . Циклоны в системе алеутского минимума смещались через акватории Охотского и Берингова морей под влиянием антициклона над Тихим океаном. При адвекции теплых воздушных масс с юга сформировался фон с положительными аномалиями температуры воздуха со значениями 1-2 °С (рис. 1.9).

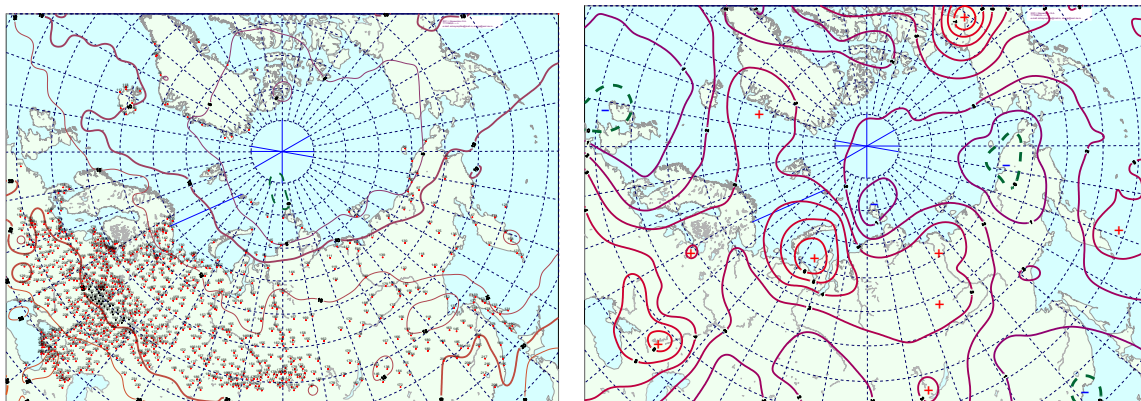


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2023 г., (°С)

В *сентябре 2023 г.* ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа сформировался с центром в приполюсном районе. Западный сектор полярного района находился под влиянием ложбины ЦПВ (рис. 1.10).

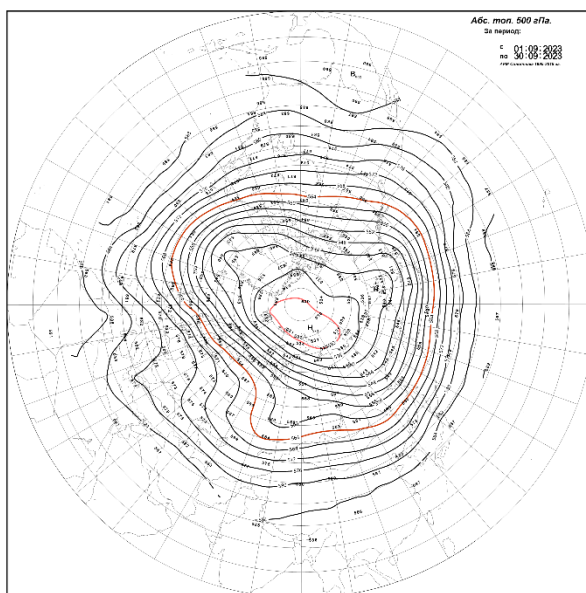


Рис. 1.10. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в сентябре 2023 г.

В *первом секторе* под влиянием устойчивого континентального антициклона (восточная форма циркуляции) циклоны Северной Атлантики смещались в полярный район

по высокоширотным траекториям. Фон давления наблюдался ниже нормы на 2-4 гПа. При преобладании воздушных потоков юго-западных и юго-восточных направлений с кратковременными отходами к северо-западу преобладал фон температуры выше нормы на 1-2 °С (рис. 1.11).

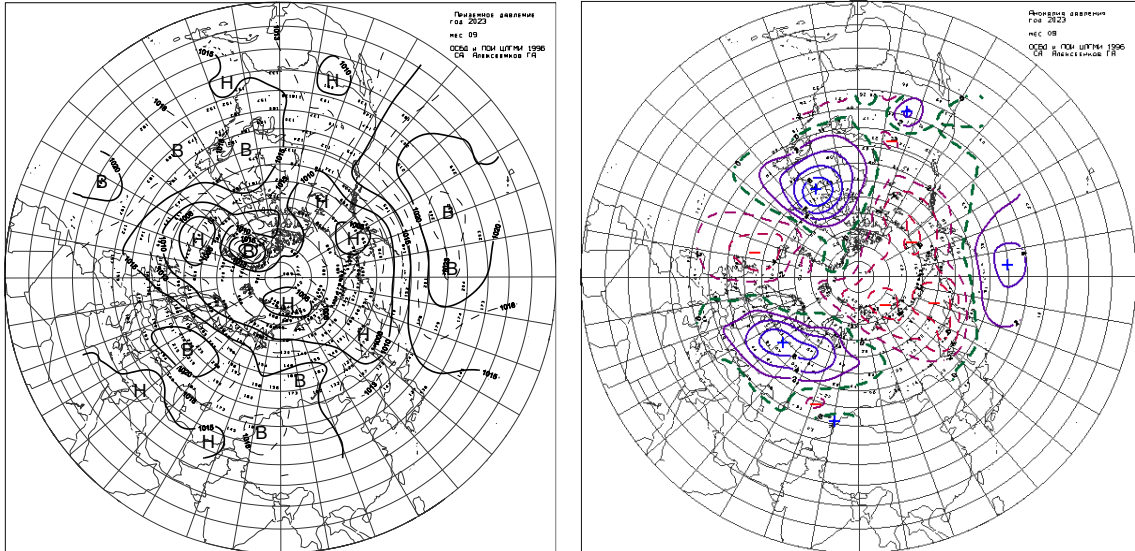


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в сентябре 2023 г.(гПа)

Во *втором секторе* направленность крупномасштабных атмосферных процессов типа M_1 сохранилась. Циклоны смещались в системе алеутского минимума через Охотское в Берингово море.

При преобладающих воздушных потоках юго-восточных направлений с отходами в тыловой части проходящих циклонов к северо-западу. Фон температуры незначительно выше нормы (рис. 1.12).

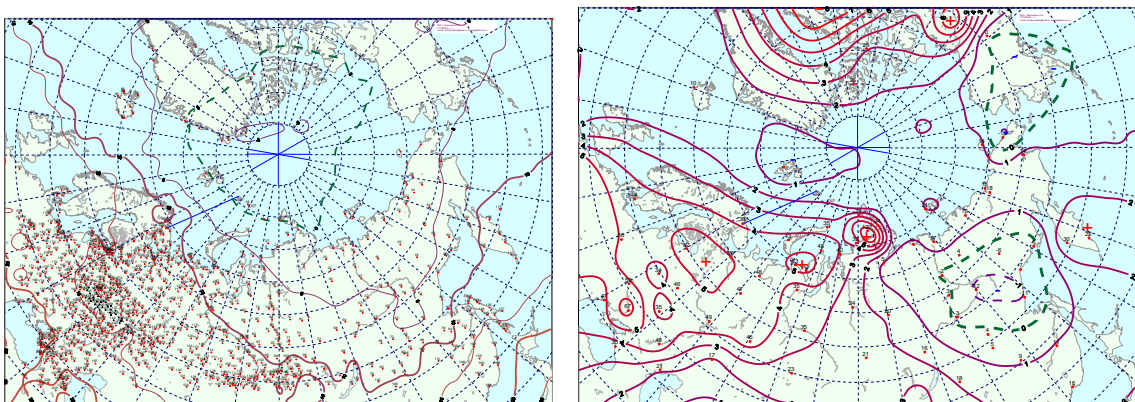


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2023 г., (°С)

Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов показал, что

основным отличием с прошлым, 2022 г., было повышение температурного фона как по полярному району Арктики, так и морей трассовой части СМП.

На рисунке 1.13 приводятся фоновые средние значения температуры воздуха за третий квартал 2023 г., значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с третьим кварталом прошлого, 2022 г.

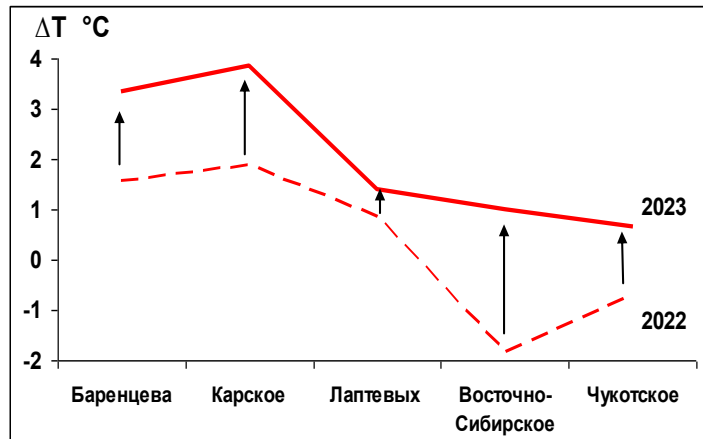


Рис. 1.13. Средние за третий квартал значения аномалий температуры воздуха (°C) для акваторий морей российской Арктики в 2022 и 2023 гг.

В третьем квартале 2023 г. в морях на трассе СМП наибольший аномально высокий фон температуры сформировался в Карском и Баренцевом морях, а наиболее низкий – в Чукотском море (рис. 1.13). Наибольшее повышение температурного фона произошло в Восточно-Сибирском море, на 3,2 °C

В среднем за третий квартал 2023 г. по акватории всех морей фон температуры был выше нормы на 2,1 °C, что выше прошлогоднего значения на 1,7 °C.

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

Анализ показал, что для каждого месяца характерна большая повторяемость перестройки процессов. Переходы от одного ЭСП к другому сопровождались сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики и были обусловлены крупномасштабной перестройкой разновидностей атмосферных процессов в двух секторах Северного полушария. Основные формы циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария с типами циркуляции в



тихоокеано-американском секторе полушария для каждого ЭСП с июля по сентябрь 2023 г. представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с июля по сентябрь 2023 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Июль 2023			Август 2023			Сентябрь 2023		
ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А
1-3	E	M ₁	1-6	E	M ₁	1-5	E	M ₁
4-7	W	M ₁	7-11	E	M ₂	6-13	E	M ₂
8-12	C	3	12-14	W	3	14-21	W	M ₁
13-16	E	M ₂	15-17	E	3	22-30	E	M ₂
17-20	C	M ₂	18-21	C	M ₁			
21-27	W	M ₁	22-28	W	M ₁			
28-31	W	M ₁	29-31	E	M ₁			
Итого	W 15 (5)	3 5 (-5)	Итого	W 10 (-7)	3 6 (-8)	Итого	W 8 (-5)	3 0 (-15)
	C 9 (-2)	M₁ 18 (0)		C 4 (-3)	M₁ 20 (7)		C 0 (-8)	M₁ 13 (4)
	E 7 (-3)	M₂ 8 (5)		E 17 (+5)	M₂ 5 (1)		E 22 (13)	M₂ 17 (11)

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 июля по сентябрь 2023 г., можно сделать следующие основные выводы.

1. В целом, несмотря на сохранение положительных значений аномалий температуры воздуха в Арктике, крупномасштабные атмосферные процессы в июле – сентябре 2023 г., по сравнению с третьим кварталом 2022 г., имели существенные отличия.
2. В первом секторе в июле преобладали процессы западной формы циркуляции, а в августе и сентябре – восточной. Во втором секторе наиболее высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₁.
3. В июле фон давления над полярным районом под влиянием антициклона был выше нормы. В августе и сентябре под влиянием циклонов фон давления понизился до отрицательных аномалий.



4. В среднем за третий квартал 2023 г. фон температуры над полярным районом был выше нормы $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. По сравнению с третьим кварталом прошлого года в этом году фон температуры в полярном районе повысился на $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$
5. В третьем квартале 2023 г. в морях на трассе СМП наибольшая аномально высокая температура сформировалась в Карском и Баренцевом морях, а наиболее низкая – в Чукотском море. В среднем за третий квартал 2023 г. по акватории всех морей фон температуры был выше нормы на $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что выше прошлогоднего значения на $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2023 года

2.1 Развитие ледовых условий за период с июля по сентябрь

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле–сентябре 2023 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» в июле-сентябре, данным, полученным на ЛСП «Северный полюс», данным, полученным на научной базе «Мыс Баранова» и в ряде международных проектов.

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). Как результат, карты ААНИИ характеризуют ледовые условия морей от Гренландского до Чукотского, а также Берингова, Охотского и Балтийского; карты КЛС – морей Бофорта, Канадского архипелага, Баффина, Девисова пролива, Лабрадор, Св. Лаврентия, а карты НЛЦ - Арктического Бассейна, Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ – вся акватория СЛО и субполярные моря). Для построения совмещенных карт использовался архив данных в формате СИГРИД–3 Мирового центра данных по морскому льду (МЦД МЛ). В пределах отдельного месяца выборка карт из архива проводилась по критериям близости к середине месяца и интервала времени между картами ААНИИ и КЛС–НЛЦ в 1 сутки (день недели выпуска карт ААНИИ – каждая среда, КЛС – каждый вторник, НЛЦ – 1 раз в 2 недели по вторникам). Для цветовой окраски карт в зимний (по возрасту) и летний (по общей сплоченности) периоды использован стандарт ВМО (WMO/Td. 1215). Следует также отметить, что 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 (КЛС и НЛЦ имеют единую информационную систему в рамках Североамериканской ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО СИГРИД–3 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 получения оценок ледовитости на основе данных спутниковых систем пассивного микроволнового зондирования SSMR-SSM/I-SSMIS в МЦД МЛ ААНИИ принята следующая технология расчетов:

- источник данных – архивные и оперативные задержкой 1–2 дня ежедневные матрицы (поля распределения) оценок общей сплоченности Северной (севернее 45° с.ш.) полярной области по алгоритму NASATEAM за период с 26 октября 1978 г. по настоящий момент времени, копируемые с сервера НЦДСЛ;
- область расчета – Северная полярная область и ее регионы с использованием масок океан/суша НЦДСЛ (http://nsidc.org/data/polar_stereo/tools_masks.html) и региональных масок ААНИИ;
- вычислительные особенности расчета – авторское программное обеспечение ААНИИ с сохранением точности расчетов и оценке статистических параметров по гистограмме распределения.

Результаты расчетов ледовитости Северной полярной областей и их регионов доступны также на сервере МЦД МЛ ААНИИ (<http://wdc.aari.ru/datasets/ssmi/data/>).

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5 % и 50 % (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945–2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945–1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960–1979 гг., Национального ледового центра США за 1972–2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968–1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970–2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2023 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (<http://nsidc.org>).

На рис. 2.1.1 показаны границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

В конце второго квартала 2023 г., начался процесс очищения морей российского сектора Арктики. Очищение началось рано. Центры очищения сформировались в четырех районах арктических морей – в центральной части Баренцева, в юго-западной части Карского, восточной части Лаптевых и восточной части Чукотского. В Восточно-Сибирском море и море Бофорта признаков начала очищения не наблюдалось.

В западных арктических морях сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости.

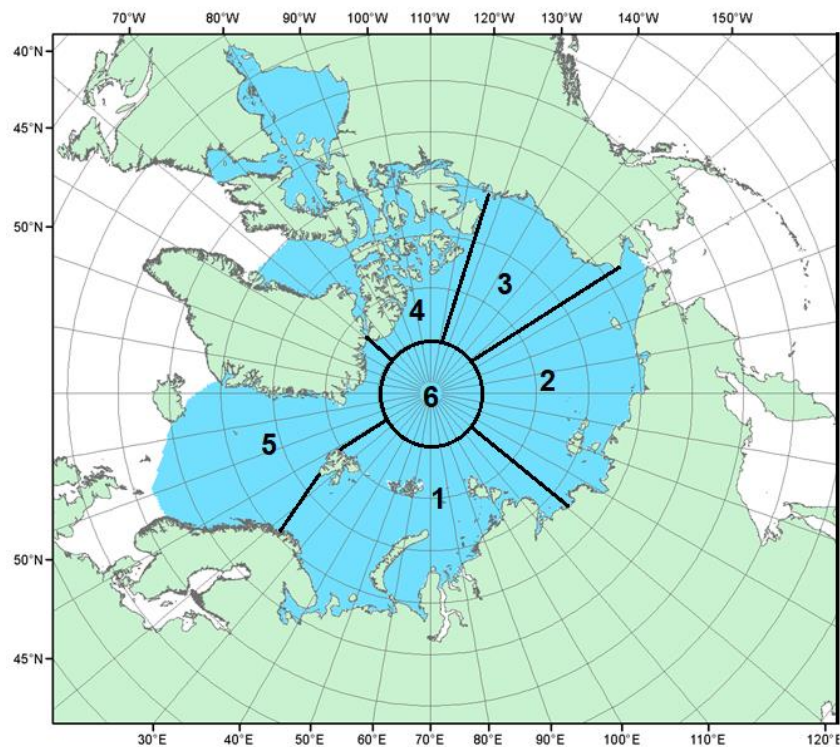


Рис. 2.1.1. Квазиоднородные районы, выделенные в Северном Ледовитом океане

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

В третьей декаде июня аномалии ледовитости в морях составили: в Баренцевом –15 %, в юго-западной части Карского –30 %, ледовитость остальных морей была близка к норме. Наблюдалось значительное отступление границы дрейфующих льдов к северу в Баренцевом море и в юго-западной части Карского моря. Очищение этих морей было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекцией тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния.

Началось разрушение 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 июля. Припай в районе Новосибирских островов и между островами Канадского арктического архипелага еще сохранялся в течение июня.

В возрастном составе льда в конце июня преобладали однолетние толстые и средние льды. Образование начальных и молодых льдов в морях прекратилось. Старые льды занимали около 35 % акватории СЛО. Однолетние льды, среди которых преобладали однолетние толстые льды, составляли около 60 %. Остальную часть акватории СЛО занимали разряжения и полыньи за припаем вдоль побережий.

Основными очагами очищения морей послужили: прикромочная зона в северной



части Баренцева моря, вся юго-западная часть Карского моря, западная часть и заприпайный район в море Лаптевых, а также район, прилегающий к Берингову проливу в Чукотском море (рис. 2.1.2).

Общая площадь льдов в СЛО в конце июня составила 9287 млн. км², что оказалось на 8,1 % меньше среднемноголетнего значения (по ряду наблюдений с 1978–2023 гг.) и близким по величине к среднему значению за десятилетний период 2011–2023 гг. Отрицательная аномалия общей площади льда 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.) (рис. 2.1.2).

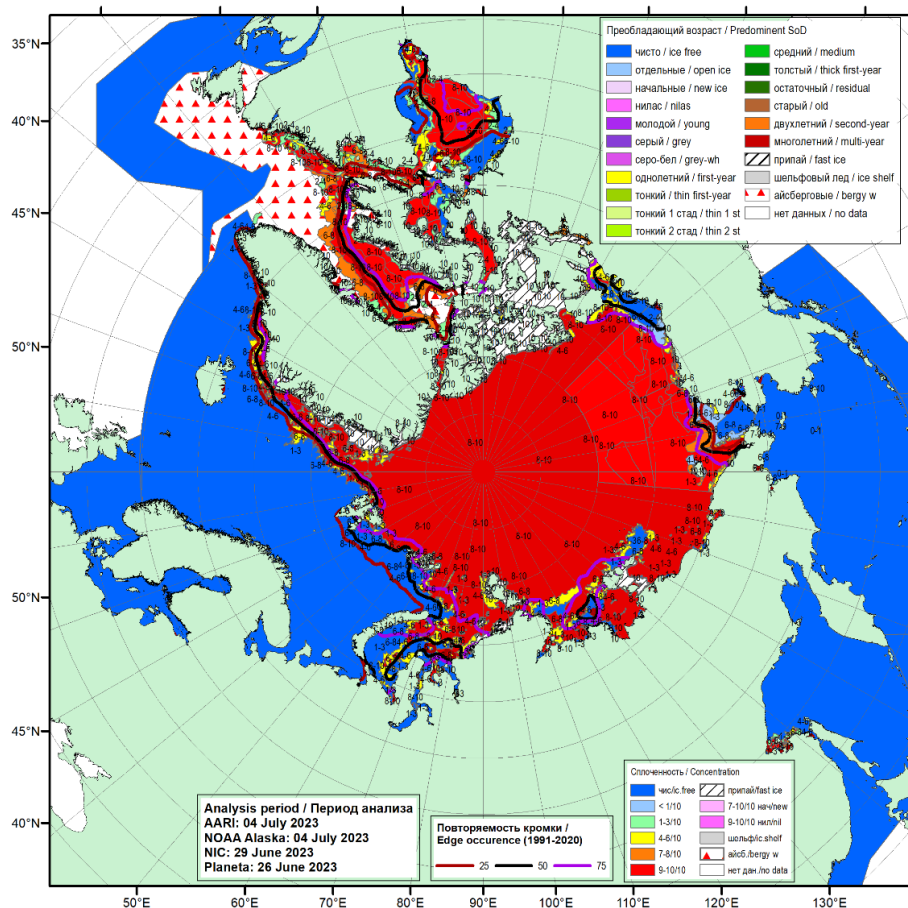


Рис. 2.1.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности с 26 июня 2023 по 04 июля 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

На благоприятном фоне, который сформировался в начале летнего периода и особенно хорошо проявился в западных морях российского сектора Арктики, продолжили развиваться летние процессы.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям за



каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль-сентябрь 2023 г. приведены на рисунках 2.1.3–2.1.11.

В июле продолжалось интенсивное очищение морей западного района российского сектора Арктики (Баренцева, юго-западной части Карского, восточной части Лаптевых), а также наблюдалось активное очищение в юго-восточной части Чукотского моря, в районе Берингова пролива. В конце второй декады июля исчезли сплоченные льды Новосибирского ледяного массива в юго-западной части Карского моря. К концу июля на большей части акватории этих морей наблюдались обширные пространства редких льдов и чистой воды. Аномалии ледовитости в этих морях составляли $-10\dots-20$ %. Значительно медленнее процессы таяния развивались в северо-восточной части Карского, западной части Лаптевых и Восточно-Сибирском морях.

Припай в районе островов Новосибирского архипелага практически полностью разрушился в конце первой декады июля, что произошло в среднем на 10–15 суток раньше среднемноголетних сроков. Припай в проливе Вилькицкого уже был взломан к началу июля. Припай среди островов Канадского арктического архипелага в течение июля начал частично разрушаться, но сохранялся до конца месяца. Для летнего сезона 2023 г. было характерно раннее разрушение припая (рис. 2.1.3).

Вынос однолетних толстых и старых льдов из СЛО через пролив Фрама был близок к среднемноголетнему значению, что прослеживается по ширине ледового потока и скоростям дрейфа (рис. 2.1.3).

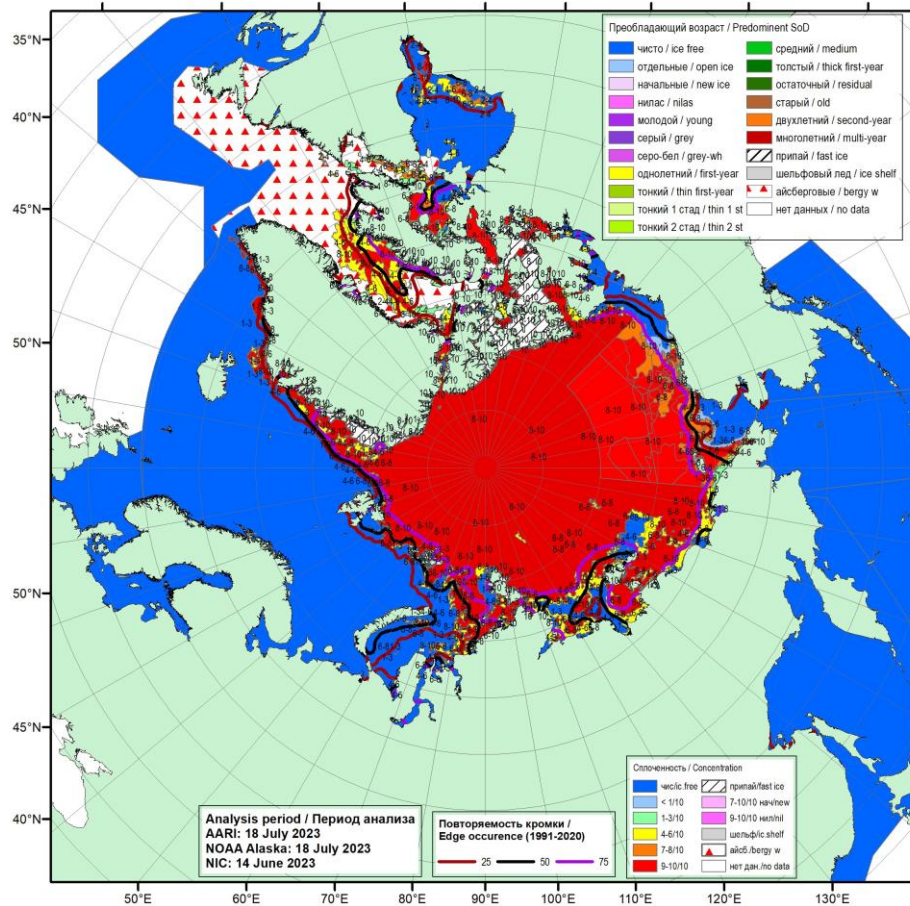


Рис. 2.1.3. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 14–18 июля 2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В возрастном составе льда наблюдалось дальнейшее сокращение количества однолетних толстых льдов в окраинных морях. Ледовитость всех арктических морей начала значительно уменьшаться. Значительное количество старых льдов сохранилось в северной части моря Лаптевых. Локальные полосы и пятна старых льдов сохранялись в восточной части Восточно-Сибирского моря. В целом по СЛО старые льды наблюдались в гренландском, канадском секторах СЛО и частично в приполюсном районе. (рис. 2.1.4).

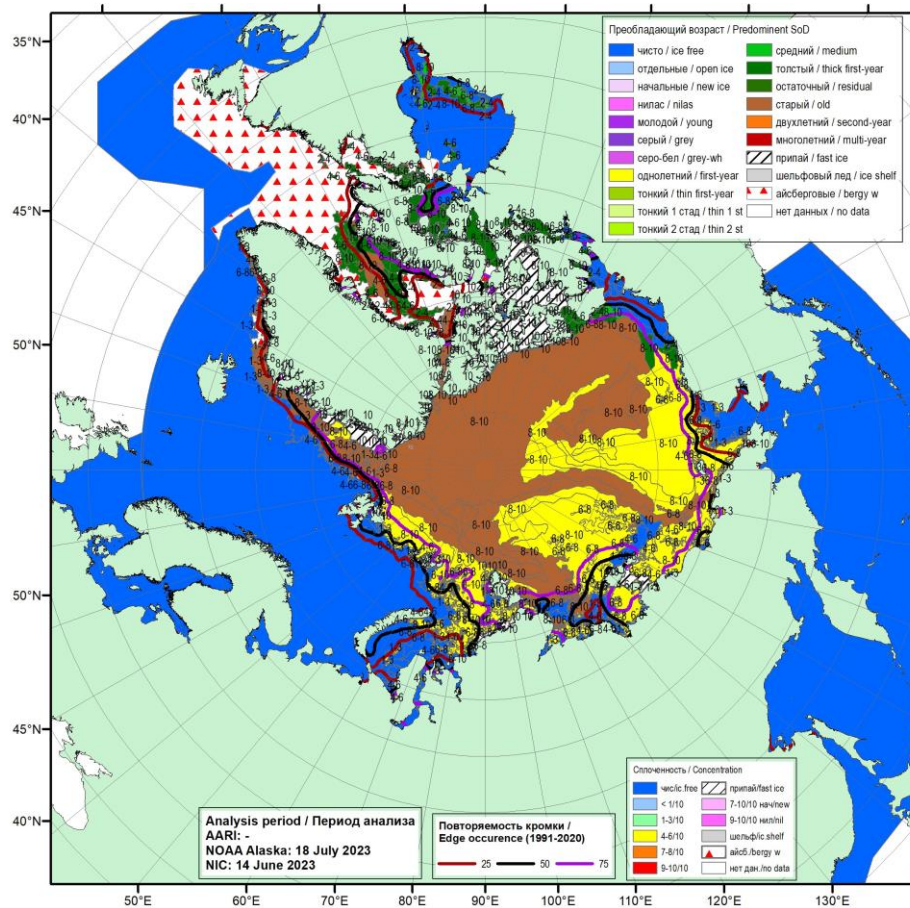


Рис. 2.1.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 14–18 июля 2023 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛЦ США

Среднемесячное поле дрейфа ледяного покрова в СЛО приведено на рис. 2.1.5. В июле сформировалось достаточно нетипичное поле дрейфа. Наблюдалось хорошо выраженное развитие Трансарктического переноса льдов со значительными скоростями дрейфа до 5–10 км/сут. Стрежень переноса был значительно смещен на восток. Он брал свое начало из северо-восточной части Восточно-Сибирского моря. Далее поток дрейфующих льдов строго по меридиану 180° через приполюсный район выносился в пролив Фрама.

Одновременно с хорошо развитым Трансарктическим переносом льдов на акватории океана сформировались два слабовыраженных вихря, один из которых наблюдался в западной, а второй – в восточной частях СЛО.

Первый вихрь, сформировался над северной частью моря Лаптевых и имел циклонический характер. Средние скорости дрейфа составляли менее 5 км/сут. Ледяной покров из восточной части моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря поднимался на север вдоль 150° в.д., и далее разделялся на две ветви. Часть вихря соединялась с трансарктическим переносом, а вторая часть вдоль северных границ морей

Карского и Лаптевых, возвращалась в северо-восточную часть Карского моря и западную часть моря Лаптевых, поддерживая в этих районах высокую ледовитость.

Вихрь в восточной части СЛО представлял собой слабо выраженный Канадский антициклонический круговорот с центром над северной частью моря Бофорта. Интенсивность и скорости дрейфа в этом антициклоническом круговороте были невелики и составляли менее 5 км/сут (рис. 2.1.5).

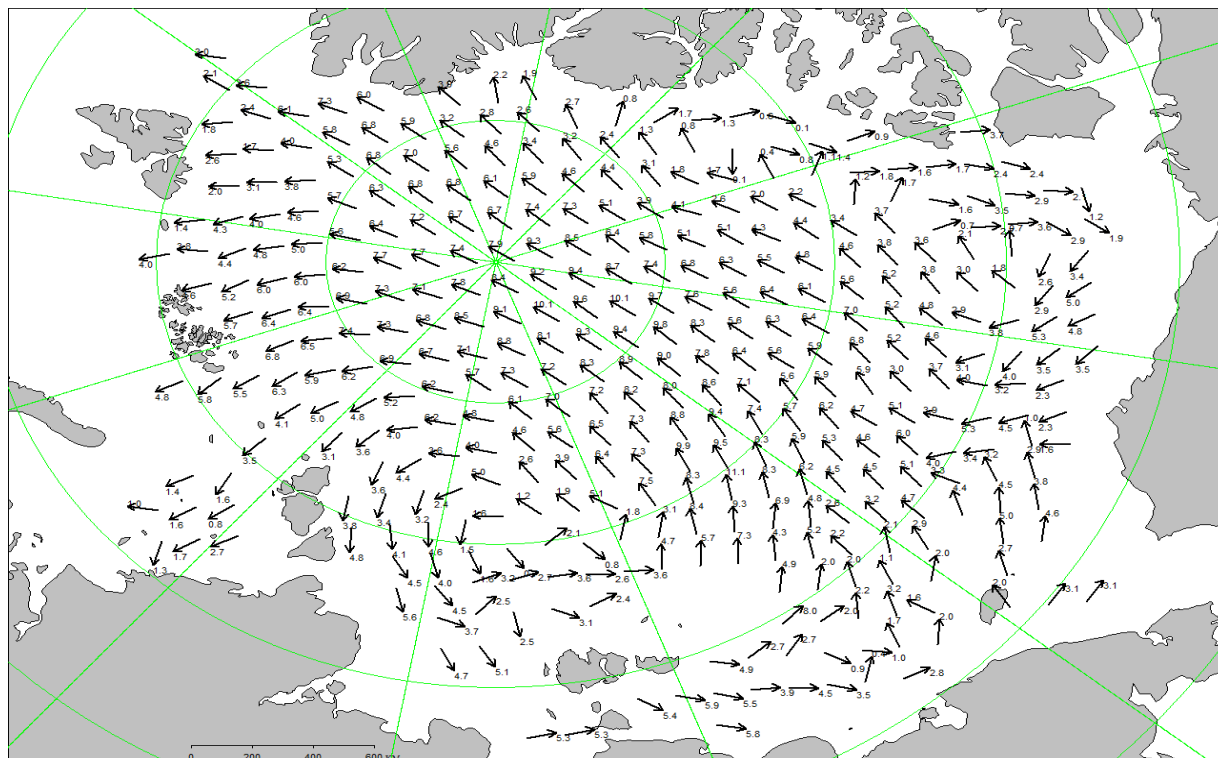


Рис. 2.1.5. Поле скорости дрейфа морского льда в июле 2023 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В течение августа продолжалось интенсивное сокращение ледяного покрова в СЛО и его морях. Уменьшение площади льда происходило в основном за счет его разрушения в окраинных морях российского сектора Арктики – в Баренцевом и Карском, а также Чукотском. Интенсивно очищались мелководные акватории восточной части моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря. В первой декаде августа исчезли сплоченные льды Янского ледяного массива в восточной части моря Лаптевых, а в середине августа льды Новосибирского ледяного массива в западной части Восточно-Сибирского моря.

Началось разряжение льдов в прибрежных частях моря Бофорта. В морях Баренцевом, Карском, Лаптевых и Чукотском сформировались большие отрицательные



аномалии ледовитости, составляющие от -10 до -20 %. В Баренцевом море граница отступления дрейфующих льдов была близка к среднемноголетнему положению. В западной части Восточно-Сибирского моря граница дрейфующих льдов занимала аномально высокое северное положение. В целом ряде районов морей – северо-восточной части Карского, западной части Лаптевых, восточной части Восточно-Сибирского, юго-западной части Чукотского, граница дрейфующих льдов была близка к аномально южному положению и наблюдалась в непосредственной близости от берега.

В середине августа произошло полное разрушение припая в районе островов Канадского арктического архипелага (рис. 2.1.6).

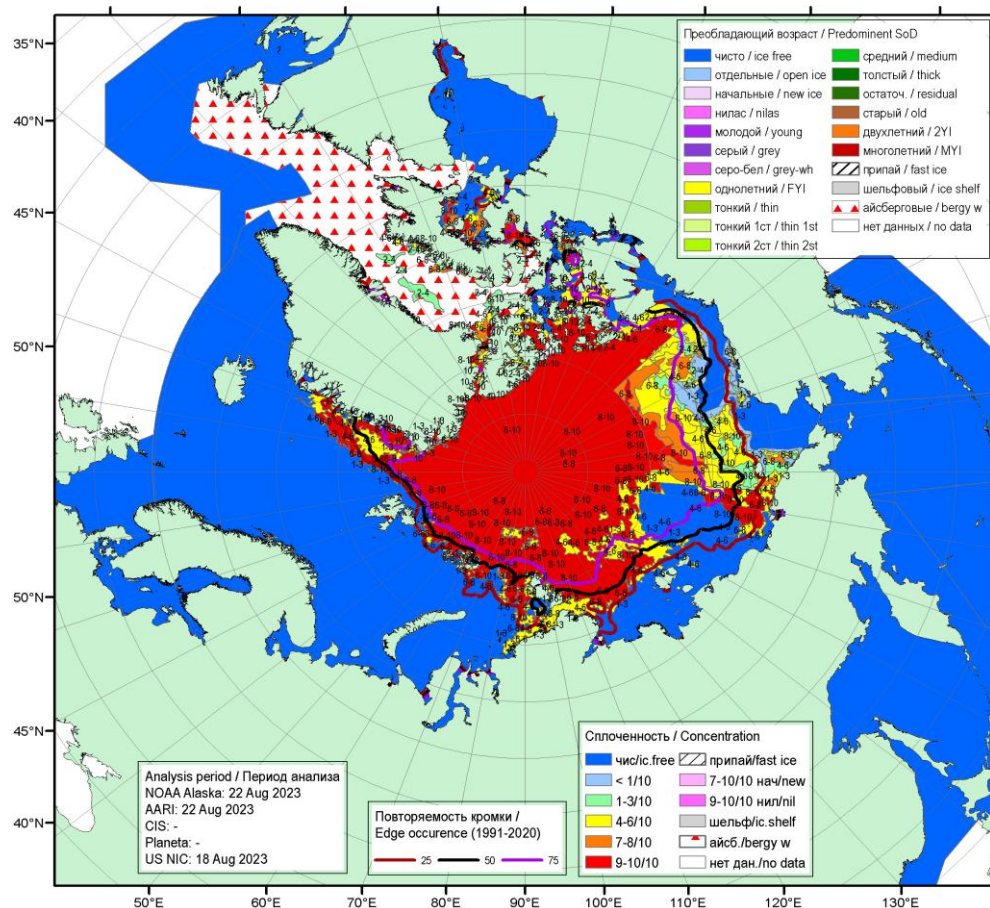


Рис. 2.1.6. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 18–22.08.2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В возрастном составе льдов СЛО и его морях наблюдались старые и однолетние льды. Старые льды наблюдались в гренландском и канадском секторах Арктики, а также в части приполюсного районе Арктики. Оставшиеся льды представляли собой однолетние толстые льды различной сплоченности и разрушенности. Много сплоченных льдов

наблюдалось в северных частях морей и в трассовой части – в северо-восточной части Карского, западной части Лаптевых, восточной части Восточно-Сибирского морей и в проливе Лонга. Аномалии площадей ледяных массивов в этих морях составляли 10 – 20 % (рис. 2.1.7).

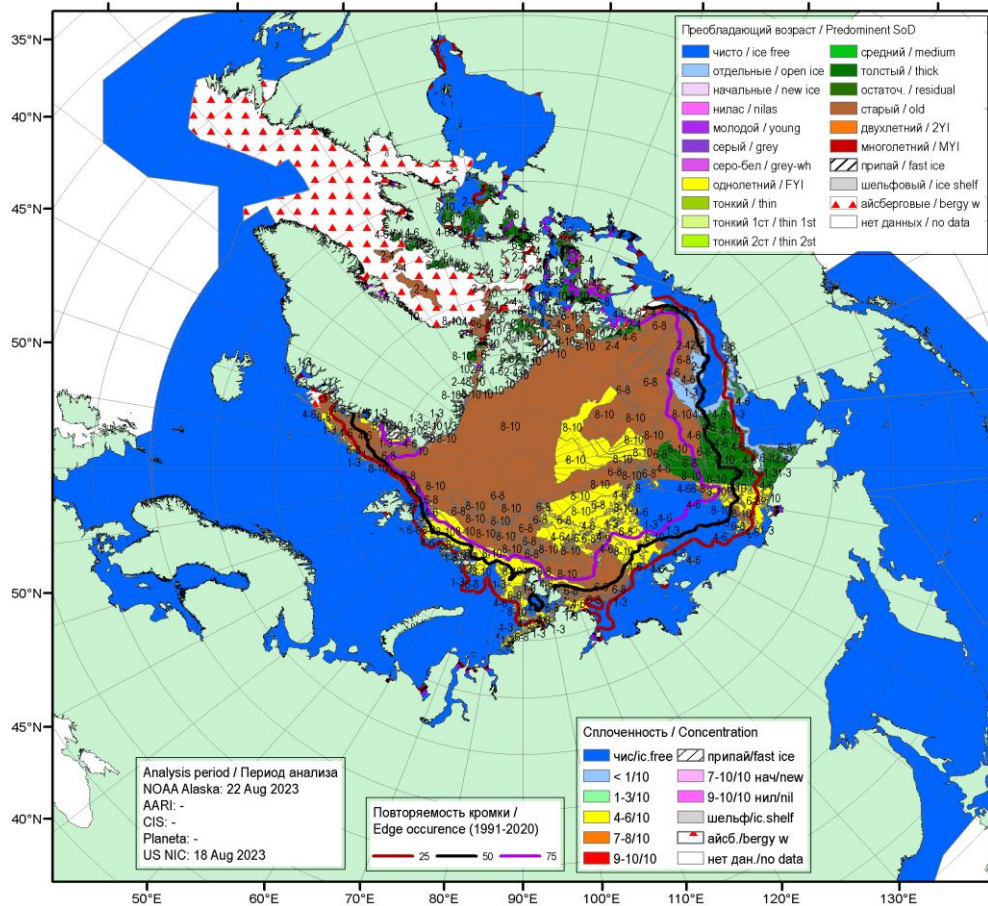


Рис. 2.1.7. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 18–22.08.2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В августе в поле дрейфа ледяного покрова произошли существенные изменения. Исчезли, наблюдавшиеся в июле, два слабовыраженных вихря в западной и восточной частях СЛО, а также разрушился хорошо развитый Трансарктический перенос льда. Вместо него сформировался необычный для СЛО, но хорошо выраженный циклонический круговорот, распространившийся на значительную часть акватории СЛО. Центр циклонического круговорота размещался на 83° с.ш. и 170° в.д. Скорости дрейфа в циклоническом круговороте не превышали 5 км/сут.

Над морем Бофорта отмечался слабо развитый Канадский антициклонический круговорот с центром над северной частью моря Бофорта. Интенсивность и скорости

дрейфа в этом антициклоническом круговороте были невелики и составляли менее 5 км/сут (рис. 2.1.8).

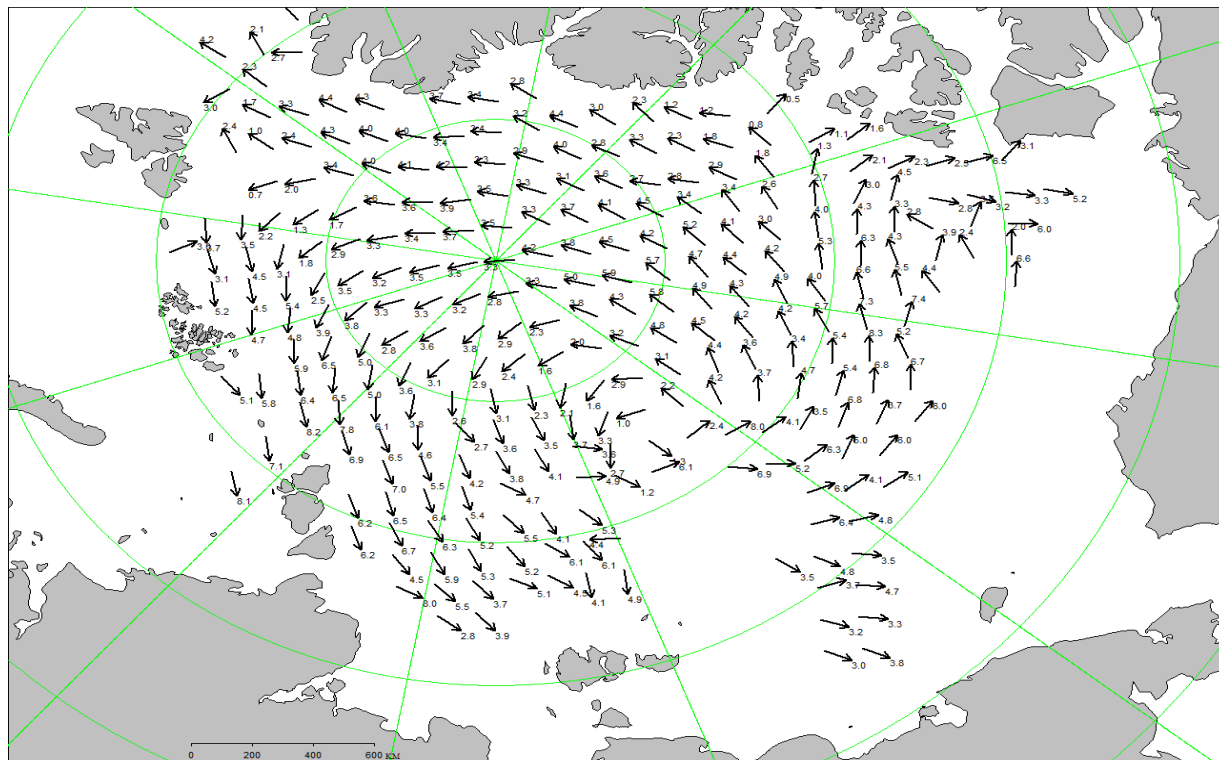


Рис. 2.1.8. Поле скорости дрейфа морского льда в августе 2023 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В середине сентября площадь ледяного покрова в СЛО достигла своего минимального значения. В конце сентября сокращение площади льдов полностью прекратилось. Среди остаточных льдов к северу от $80 - 82^\circ$ с.ш. стало наблюдаться ледообразование.

В середине третьей декады сентября в прикромочной зоне на чистой воде по широкому фронту от моря Баренцева до Бофорта и среди островов Канадского арктического архипелага началось ледообразование, что в среднем было на 10–15 суток позже среднемноголетних сроков. Начальные и молодые льды вышли из границы остаточных льдов и в виде узкой полосы шириной 10–50 км наблюдались южнее границы остаточных льдов над северной частью Карского и Восточно-Сибирского морей.

Таким образом, характерной чертой начала осеннего ледообразования 2023 г. является его позднее начало и медленное развитие на начальном этапе.

Основная масса льдов, сохранившихся после периода летнего таяния, была смещена



в западную часть СЛО. Массив остаточных льдов наблюдался в Гренландском и канадском секторах СЛО и в приполюсном районе. Обширный язык остаточных льдов сохранился в северо-западной части моря Лаптевых, Остаточные льды сохранились также среди островов Канадского арктического архипелага (рис. 2.1.9).

Положение границы дрейфующих льдов в сентябре 2023 г. было близким к среднемуголетнему в Гренландском, Баренцевом и Карском морях. Над Восточно-Сибирским морем наблюдалось значительное смещение границы остаточных льдов к северу. Над Чукотским морем и морем Бофорта граница остаточных льдов была близка к своему крайнему северному положению (рис. 2.1.10).

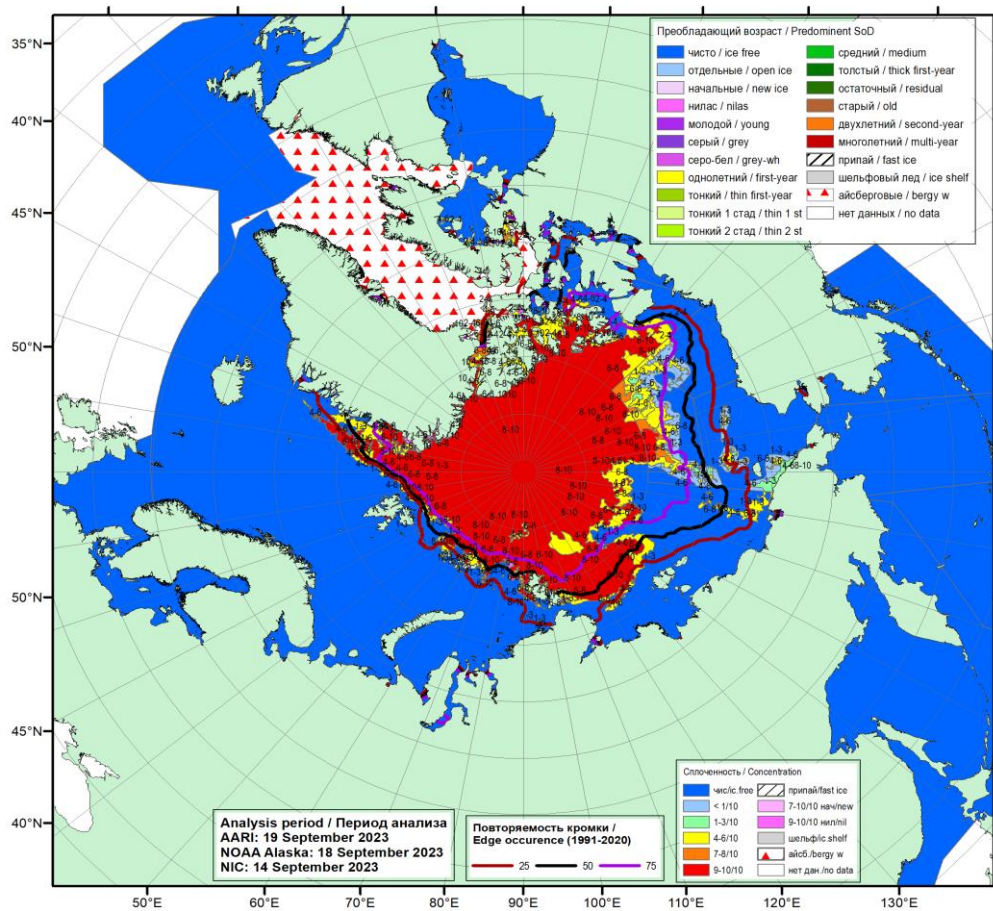


Рис. 2.1.9. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 14–19.09.2023 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

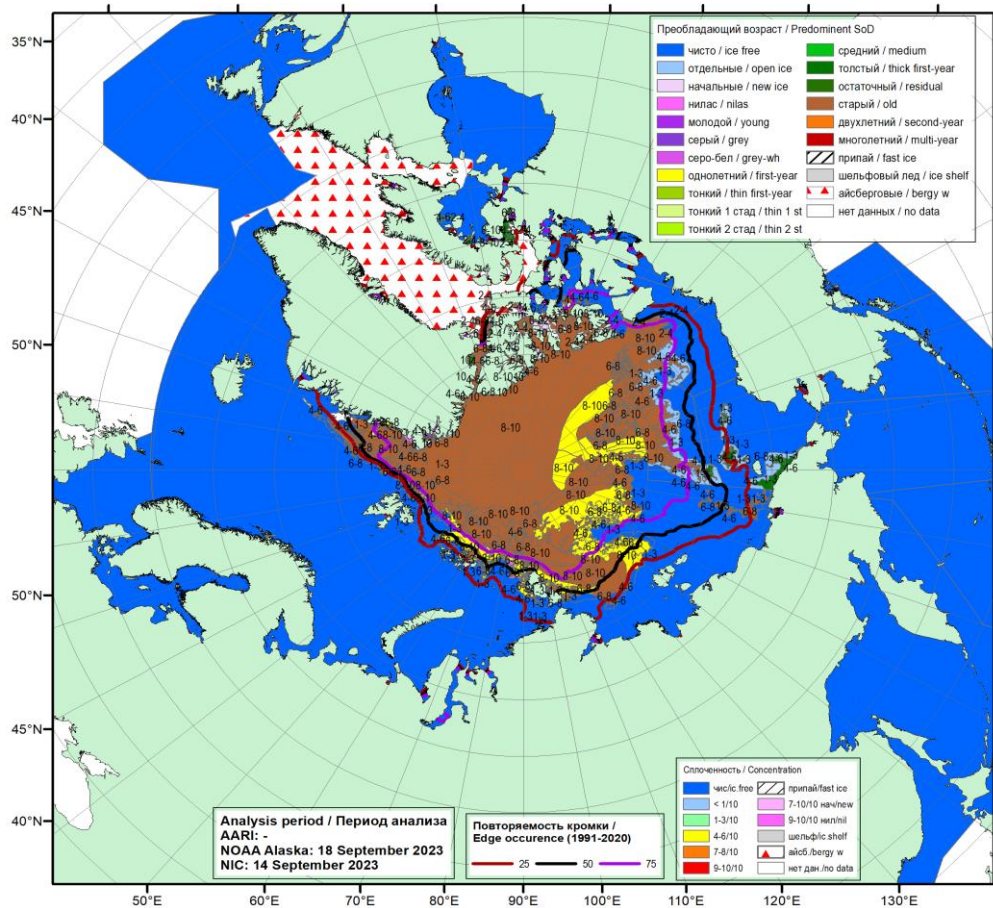


Рис. 2.1.10. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 14–19.09.2023 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США

Дрейф ледяного покрова в сентябре приведен на рисунке 2.1.11. В сентябре сформировался традиционно наблюдаемый в СЛО Трансарктический перенос льдов. Трансарктический дрейф льдов был выражен достаточно хорошо. Перенос льдов начинался к северу от Чукотского моря и через приполюсный район выносил льды в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов составляла 5–10 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот отсутствовал полностью. К северу от моря Лаптевых наблюдался циклонический круговорот, приводящий к постоянному приносу льдов в западную часть моря Лаптевых. Скорости дрейфа ледяного покрова были незначительными и составили менее 5 км/сут (рис. 2.1.11).

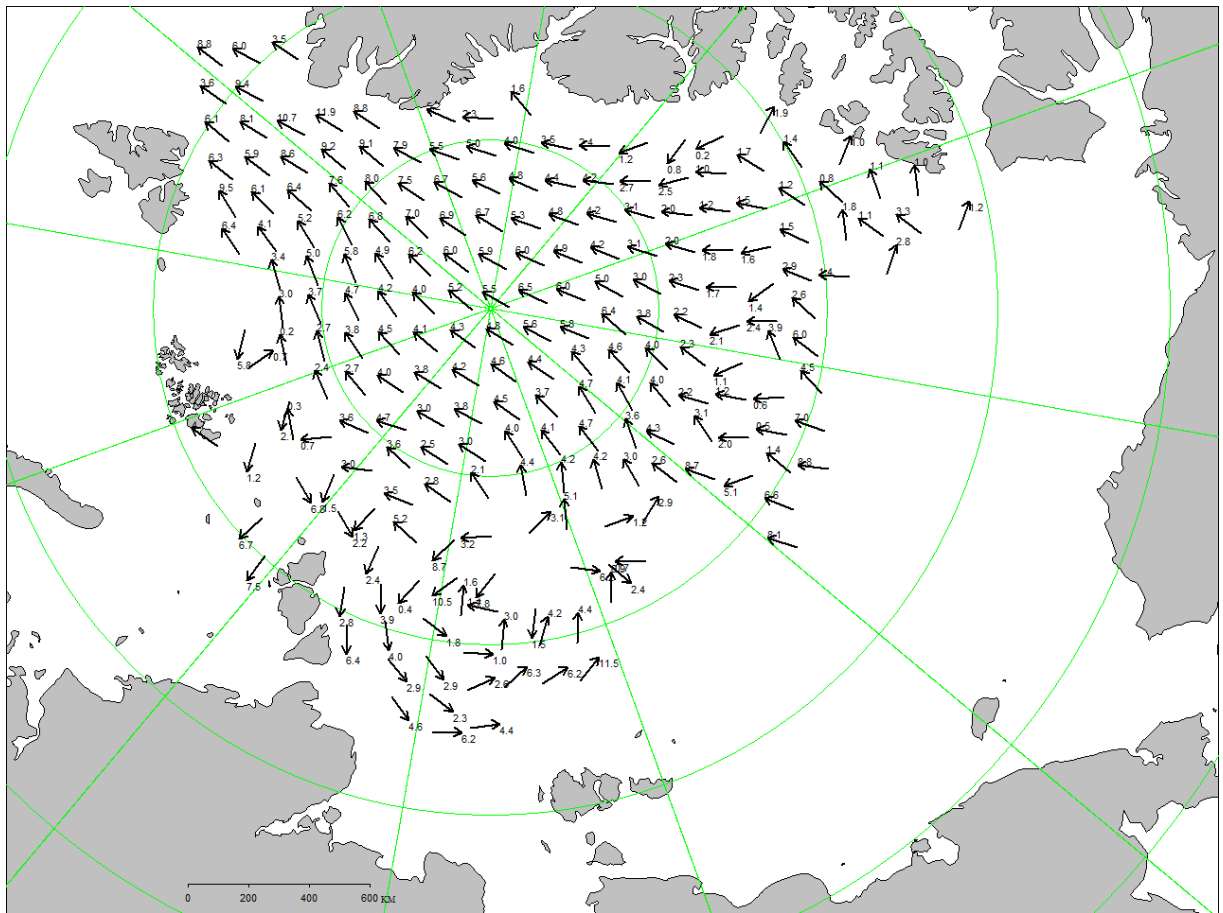


Рис. 2.1.11. Поле скорости дрейфа морского льда в сентябре 2023 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

По модельным оценкам Датского метеорологического института объем морского льда в середине сентября (максимальное сокращение) составил около 6,0 тыс. км³, что на 1,5 тыс. км³ (около 20 %) меньше среднемноголетнего значения. По расчетному объему льдов сентябрь 2023 г. занял 2 место в ранге минимумов, превышая значения 2020 гг. (рис. 2.1.12).

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября (на 11–19 сентября) 2023 г. составила 4,2 млн. км² при норме 5,8 млн. км², что на 27,5 % меньше среднемноголетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО оказались на 1,6 млн. км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978–2023 гг.). По площади остаточного льда 2023 г. стал четвертым по рангу минимумов в группе легких лет (на середину сентября). Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на середине сентября, а также сравнение с ледовитостью за ряд лет, начиная с 2018 г., приведены в таблице 2.1.1 и на рисунке 2.1.13.

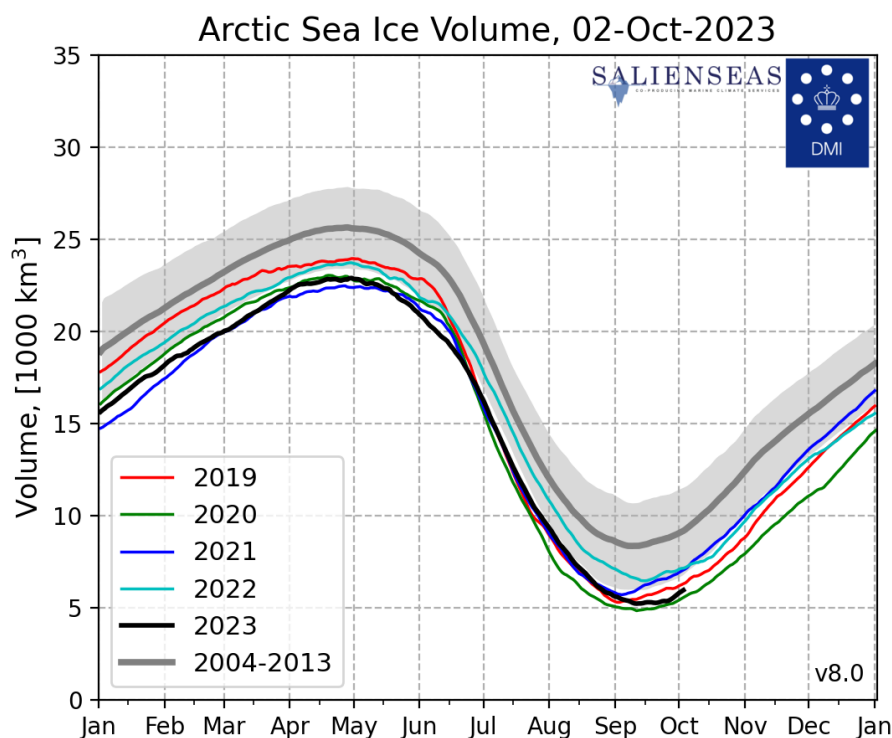


Рис. 2.1.12. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда в СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института с 28 февраля 2004 по 02 октября 2023 гг.

Таблица 2.1.1

Значения ледовитости за 11–19 сентября 2023 г. и её аномалии от значений периодов 2013-2023 гг. и 1978-2023 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS

Район, сектор	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ²						
		2018	2019	2020	2021	2022	2012–2022	1978–2022
Северный Ледовитый океан	4175,8	-377,0	27,8	515,7	-463,2	-445,2	-281,6	-1585,3
Сектор 45° з.д. – 95° в.д. (Гренландское - Карское моря)	1235,8	256,3	61,3	384,0	295,4	-27,2	134,1	-146,4
Сектор 95° в.д. – 170° з.д. (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское)	1224,1	-37,6	208,3	424,3	-121,6	-199,0	-29,1	-651,7
Сектор 170° – 45° з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика)	2003,19	-372,8	-13,8	-270,9	-622,7	-188,8	-239,4	-593,3

На рисунке 2.1.13 приведены ежедневные оценки сезонного хода площади льдов для Северного Ледовитого океана и его отдельных секторов за период с 26 октября 1978 по 19 сентября 2023 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм



NASATEAM. Ход изменения площади льдов показывает, что практически весь летний сезон количество льда в СЛО в целом было меньше среднемноголетнего значения (нормы за 1978-2023 гг.). Малая ледовитость СЛО в 2023 г. в основном была обусловлена малой ледовитостью двух секторов Арктики – сектор 95° в.д. – 170° з.д. (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и сектор $170 - 45^{\circ}$ з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика). Напротив, в секторе 45° з.д. – 95° в.д. (Гренландское – Карское моря) ледовитость в летний сезон 2023 г. была близка к среднемноголетнему значению (норма за 1978–2023 гг.).

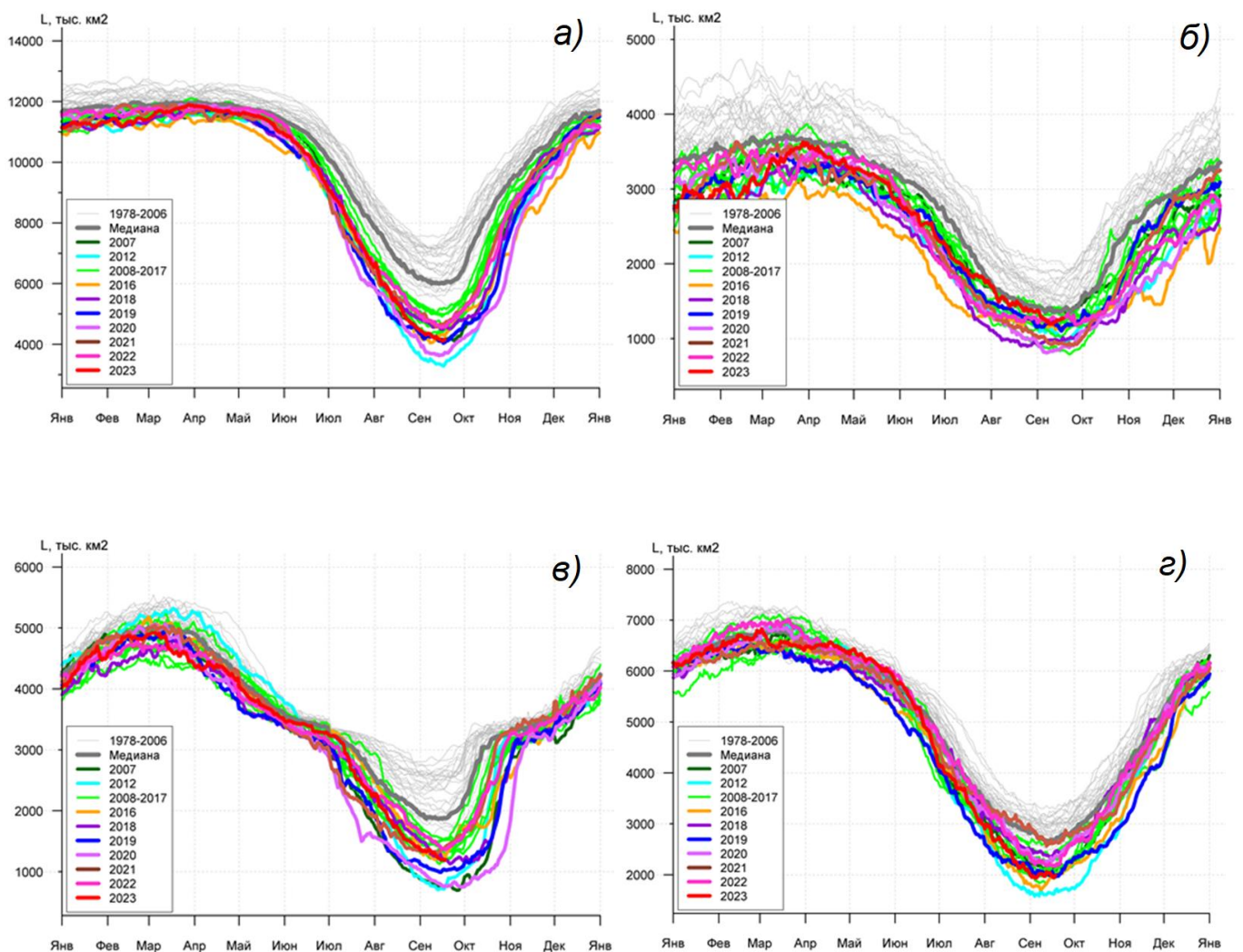


Рис.2.1.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и трех меридиональных секторов за период 26 октября 1978 по 19 сентября 2023 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM.

- а) Северный Ледовитый океан; 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 $170 - 45^{\circ}$ з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика).



3 Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей с июля по сентябрь 2023 г.

3.1 Термохалинные условия

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

Таблица 3.1.1

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

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 126	01.07.2023	13.07.2023	26
2	ИТР 130	01.07.2023	11.07.2023	41
3	ИТР 135	04.09.2023	30.09.2023	108
4	ИТР 136	01.07.2023	27.09.2023	328
5	ИТР 137	01.07.2023	30.09.2023	368
6	ИТР 138	25.09.2023	30.09.2023	12
7	ИТР 139	26.09.2023	30.09.2023	10
8	ИТР 140	29.08.2023	31.08.2023	11
9	ИТР 141	19.09.2023	30.09.2023	43

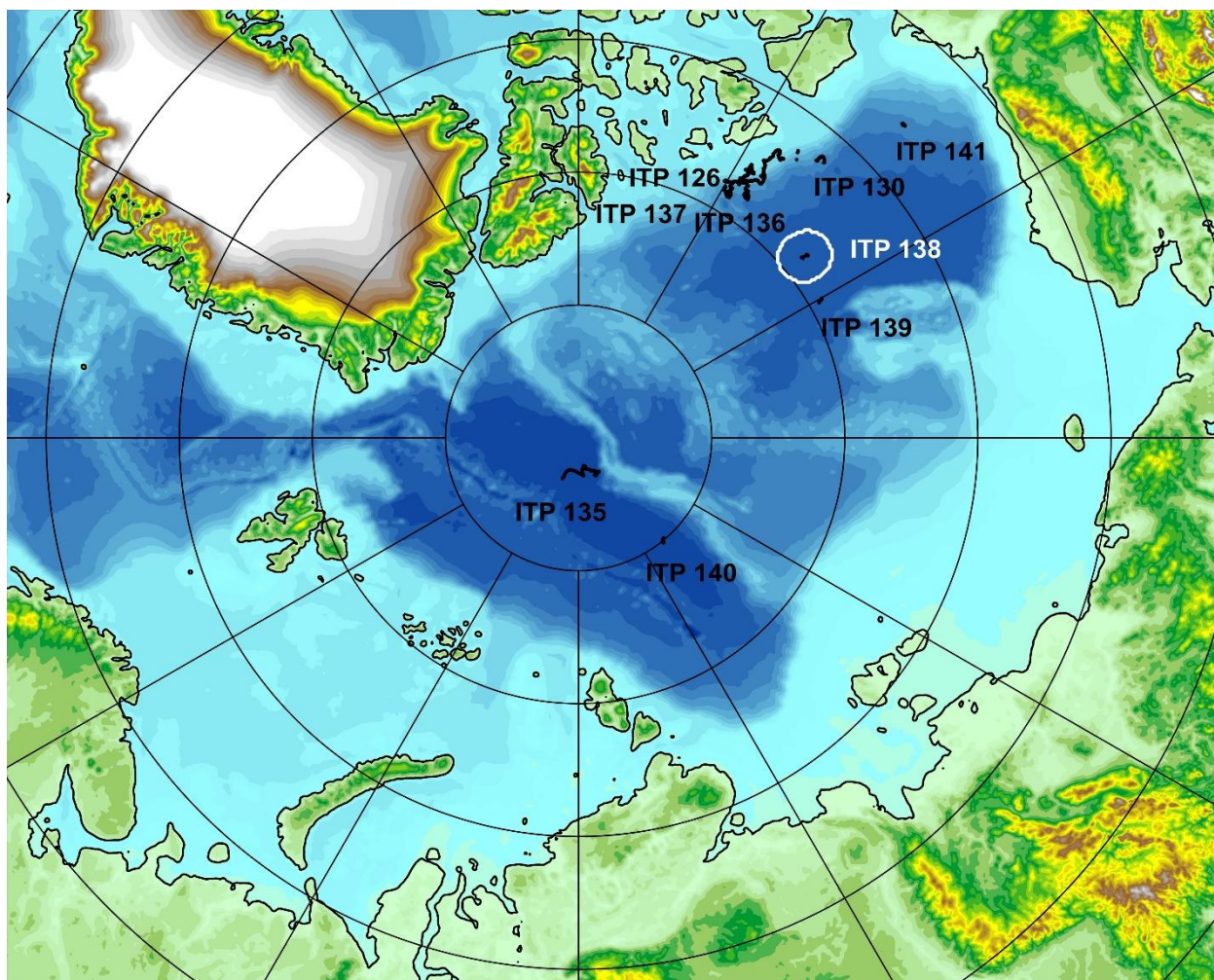


Рис. 3.1.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2023 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ.

3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в третьем квартале 2023 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солёности в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР 138 в Канадской глубоководной котловине (рис. 3.1.1). В выделенной группе станций рассчитывались основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солёности. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическими средними и их стандартными отклонениями, рассчитанными за климатический период с 1991 по 2020 гг., принятый за климатическую норму, для этого же района. Область поиска исторических данных (рис. 3.1.1, белый контур) был на 50-100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, используемых для анализа в 2023 году.



Амеразийский суббассейн

В третьем квартале 2023 г. в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 138 поверхностный слой был незначительно распреснен (27,26 ‰) по сравнению с климатической нормой (27,79 ‰). Аномалия составила -0,53 ‰, что соответствует значениям третьего квартала 2022 года. В свою очередь температура поверхностного слоя в 2023 г. была на 0,1 °С ниже по сравнению с климатической нормой (-1,38 °С).

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 138 составило -0,23 °С, превышая климатическую норму на 0,57 °С.

Так же было отмечено незначительное увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 160 м (140 м согласно климатическим данным).

На глубинах 170-180 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. По данным ИТР 138 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 175 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м.

Глубже 180 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °С) по данным третьего квартала 2023 г. располагалась на глубине 280 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,85 °С (495 м глубины), что на 0,15 °С превышает климатическую норму.

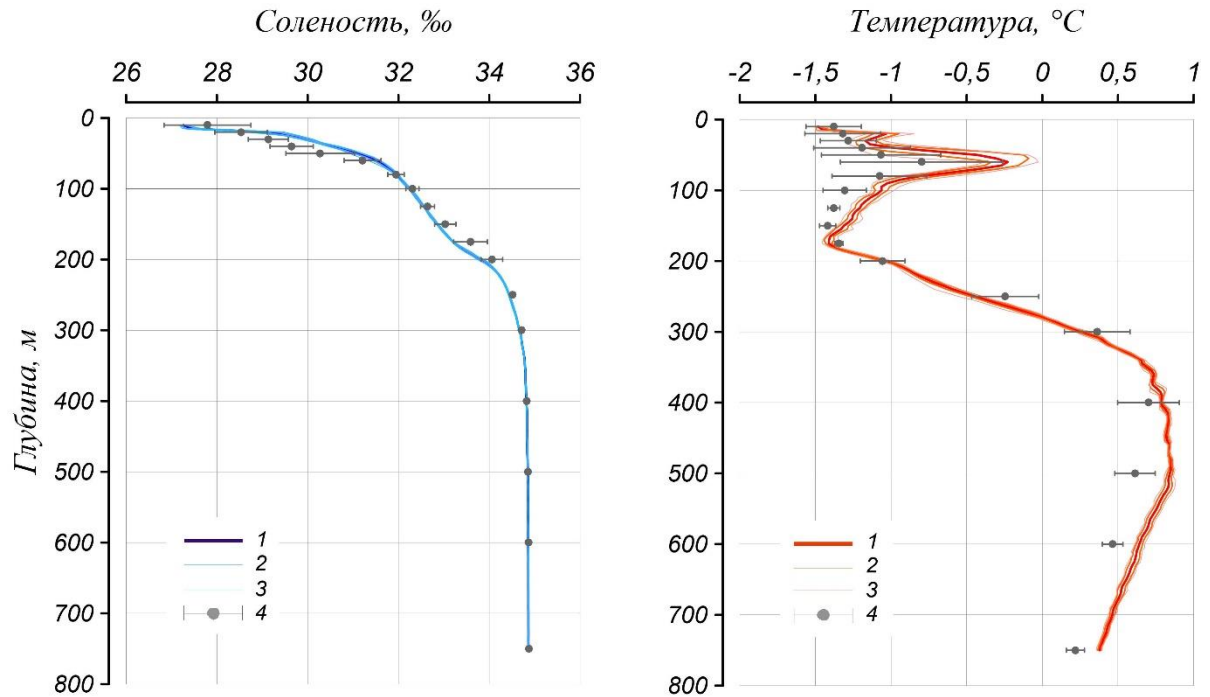


Рис. 3.1.2 – Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в сентябре 2023 г. по результатам измерений профилографа ИТР 138.

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

Согласно результатам наблюдений, выполненных в третьем квартале 2023 г., гидрологический режим СЛО близок по своим характеристикам к климатической норме.

В Канадской глубоководной котловине наблюдались незначительные отрицательные аномалии значений солености. Аномалия составила $-0,53$ ‰, что соответствует значениям третьего квартала 2022 года.

Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило $0,85$ °С, что на $0,15$ °С превышает климатическую норму.

Как и в предыдущие годы наблюдалась положительная аномалия температуры летних тихоокеанских вод, которая составила $+0,57$ °С.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 2023 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 10-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.2.1). В Восточно-



Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2.1

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период июль - сентябрь 2023 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
им. М.В. Попова (о. Белый)	73° 20' N	70° 03' 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

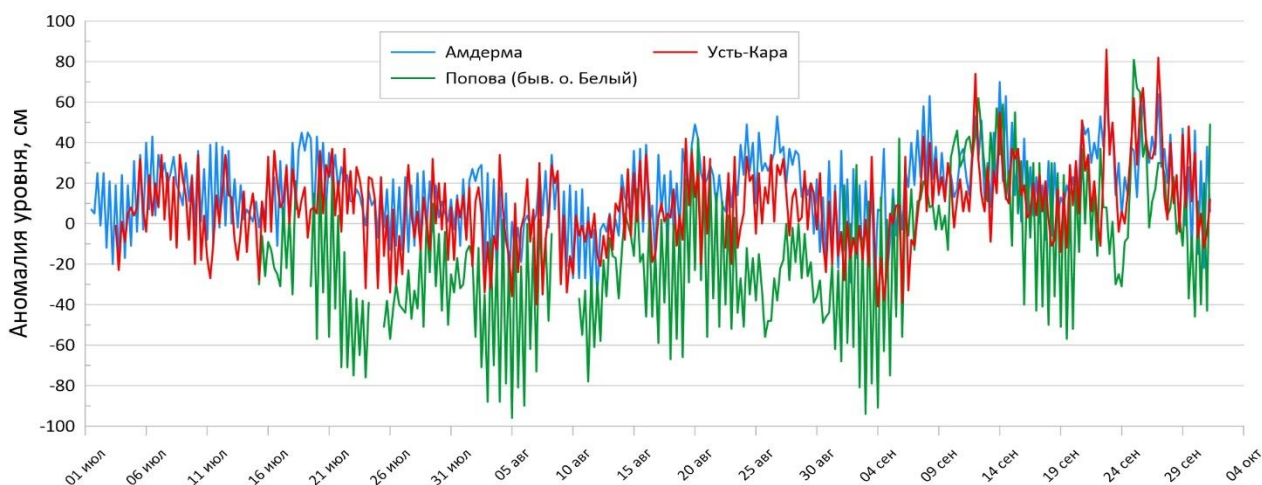


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2023 г.

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.2.1, табл. 3.2.2) колебания уровня происходили на повышенном фоне на всех станциях, за исключением уровенного поста на станции им. М.В.Попова (о. Белый), где среднее значение уровня в августе было на 28 см ниже среднемноголетнего. В целом колебания уровня моря в рассматриваемом районе происходили без значительных подъемов и понижений. Заметный подъём воды наблюдался в конце сентября, когда на станциях Усть-Кара и им. М.В.Попова (о. Белый) аномалия уровня составила +86 и +81 см соответственно. На станции Амдерма максимальный уровень моря наблюдался 13 сентября (+70 см). Минимальные значения уровня были



зафиксированы в начале августа и сентября на станции им. М.В.Попова (о. Белый), когда их значения упали до -96 и -94 см.

Таблица 3.2.2

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

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
Амдерма	h_{cp} (см)	13	13	23
	σ_h (см)	16	22	21
	h_{min} (см)	-21	-35	-33
	Дата	3	11	3
	h_{max} (см)	45	66	70
	Дата	18	25	13
Усть-Кара	h_{cp} (см)	6	3	15
	σ_h (см)	17	19	24
	h_{min} (см)	-34	-40	-41
	Дата	25	6	30 (3)
	h_{max} (см)	37	42	86
	Дата	20,21	18	22
Попова (быв. о. Белый)	h_{cp} (см)	-	-28	4
	σ_h (см)	-	29	36
	h_{min} (см)	-	-96	-94
	Дата	-	4	2
	h_{max} (см)	-	42	81
	Дата	-	5 (19)	24

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

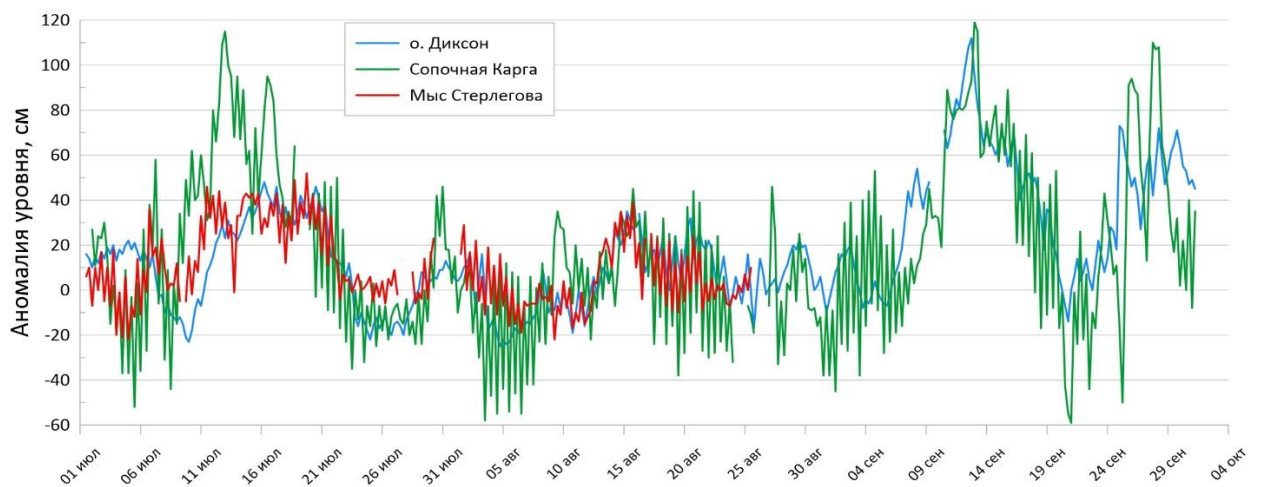


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в июле – сентябре 2023 г.



Таблица 3.2.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в июле – сентябре 2023 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
о. Диксон	h_{cp} (см)	11	4	38
	σ_h (см)	19	14	29
	h_{min} (см)	-23	-25	-14
	Дата	9	4	20
	h_{max} (см)	48	35	112
	Дата	15	14	12
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	21	-1	30
	σ_h (см)	38	24	41
	h_{min} (см)	-52	-58	-59
	Дата	5	3	20
	h_{max} (см)	115	46	119
	Дата	12	26	12
Мыс Стерлегова	h_{cp} (см)	15	4	-
	σ_h (см)	18	14	-
	h_{min} (см)	-22	-22	-
	Дата	4	8	-
	h_{max} (см)	52	39	-
	Дата	19	15	-

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) на станциях Сопочная Карга, о. Диксон и мыс Стерлегова в июле месяце наблюдался довольно сильный подъём уровня моря, особенно на станции Сопочная Карга (до +115 см 12 июля). В августе колебания уровня на рассматриваемых станциях были не так существенны, и среднемесячное значение было близки к среднемноголетним значениям. 12 сентября на станциях Сопочная Карга и о. Диксон снова наблюдался резкий подъём уровня до значения +119 и +112 см соответственно. В конце сентября на станции Сопочная Карга аномалия уровня моря снова превысила отметку +100 см. Наименьшее значение уровня моря наблюдалось на станции Сопочная Карга 20 сентября и составило -59 см.

В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.3, табл. 3.2.4) в течение всего периода наблюдений колебания уровня моря происходили на повышенном фоне. В июле среднемесячное значение уровня моря достигло +14 см, в августе – +26 см, в сентябре +29 см. Максимальное значение уровня наблюдалось 20 августа и составило +134 см. Самый низкий уровень моря наблюдался 27 июля (-51 см).

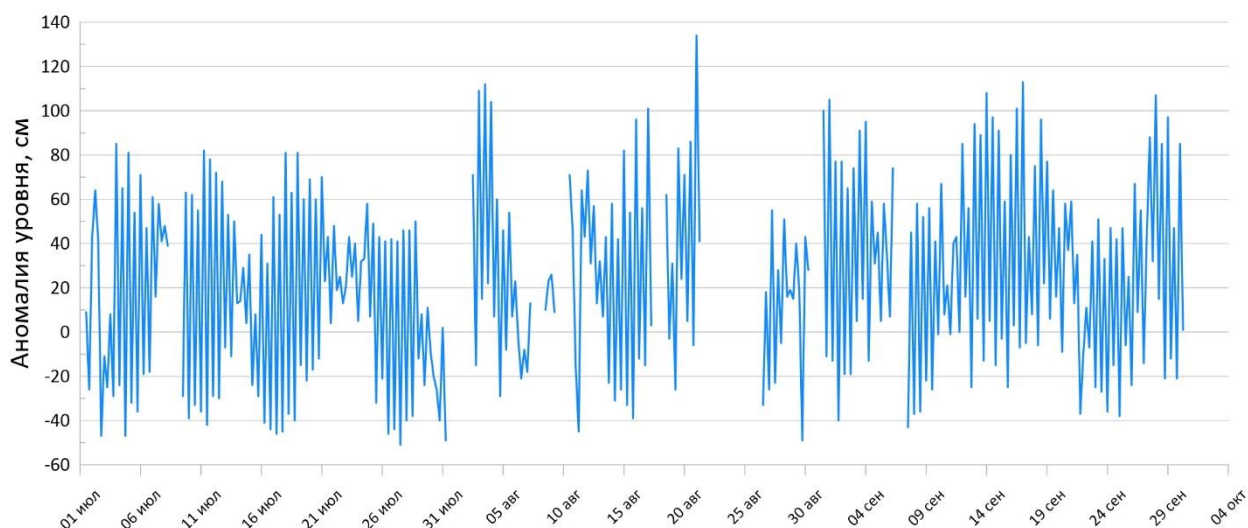


Рис. 3.2.3 Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в июле – сентябре 2023 г.

На востоке моря Лаптевых по данным станции пр. Санникова (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) колебания уровня происходили на повышенном фоне. Среднемесячный уровень моря здесь не опускался ниже среднемноголетнего значения и в основном всё время превышал отметку +20 см. Наименьший уровень здесь наблюдался 25 сентября и составил -2 см. Наибольший уровень зафиксирован 13 августа и 1 сентября (+63 см).

По данным станции м. Кигилях уровень моря в течение рассматриваемых 3 месяцев колебался в районе среднемноголетнего значения. В июле и августе среднемесячное значение уровня моря составило +1 см, в сентябре - +6 см. Уровень моря опускался здесь до -21 см 19 августа. Максимальный уровень был зафиксирован 29 сентября, когда отметка уровня моря достигла +29 см.

На станции о. Котельный в июле среднемесячное значение уровня моря составило +27 см, в августе – +23 см, в сентябре +38 см. Максимальное значение уровня наблюдалось 30 сентября, когда уровень поднялся до +76 см. Самый низкий уровень моря наблюдался 4 августа (-19 см).

В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.



Таблица 3.2.4

**Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря
Лаптевых в июле – сентябре 2023 г.**

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
Анабар	h_{cp} (см)	14	26	29
	σ_h (см)	41	42	42
	h_{min} (см)	-51	-49	-43
	Дата	27	29	7
	h_{max} (см)	85	134	113
	Дата	3	20	16
м. Кигилях	h_{cp} (см)	1	1	6
	σ_h (см)	9	12	11
	h_{min} (см)	-19	-21	-13
	Дата	18, 22	19	20
	h_{max} (см)	16	26	29
	Дата	5, 7	4	29
пр. Санникова	h_{cp} (см)	29	36	37
	σ_h (см)	9	10	10
	h_{min} (см)	14	19	-2
	Дата	7, 13	21	25
	h_{max} (см)	58	63	63
	Дата	25	13	1
о. Котельный	h_{cp} (см)	27	23	38
	σ_h (см)	23	21	20
	h_{min} (см)	-16	-19	2
	Дата	30	4	22
	h_{max} (см)	71	70	76
	Дата	10	20	30

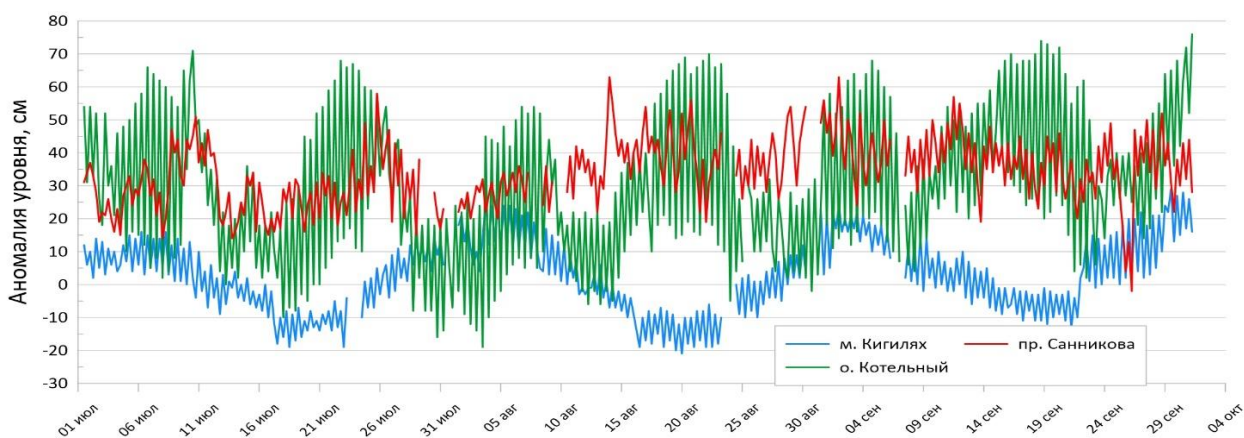


Рис. 3.2.4. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле – сентябре 2023 г.



3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей в 3 квартале 2023г.

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с июля по сентябрь 2023 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. В 2013 г. получено свидетельство о государственной регистрации авторской технологии прогноза параметров (элементов) ветрового волнения, скорости (степени) брызгового обледенения судов в Реестре программ для ЭВМ (№2013617230 от 06 августа). Основными исходными данными модели являлись поля атмосферного давления на уровне моря (или составляющие скорости ветра на 10-ти метровом горизонте) и температура воздуха на высоте 2 м центра Брекнелл (Великобритания, EGRR), оперативно поступающие в ААНИИ в центр коммутации сообщений (ЦКС UNIMAS) автоматизированной системы передачи данных (АСПД) Росгидромета (формат данных GRIB1). Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по данным реанализа сплоченности льда ААНИИ. Расчеты проводились для морей Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Сведения о распределении высот волн H_s для этих морей приведены в таблицах 3.3.1–3.3.5.

Как видно из таблицы 3.3.1, в третьем квартале 2023 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Самыми штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн в этот период составила более 5 м 10 сентября 2023 г. на 00 ч.

Таблица 3.3.1

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

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	2	14	11	2	2	–
Август	–	12	14	3	2	–
Сентябрь	–	4	10	9	6	1
Итого	2	30	35	14	10	1



На рисунке 3.3.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря 10 сентября 2023 г. на 00 ч.

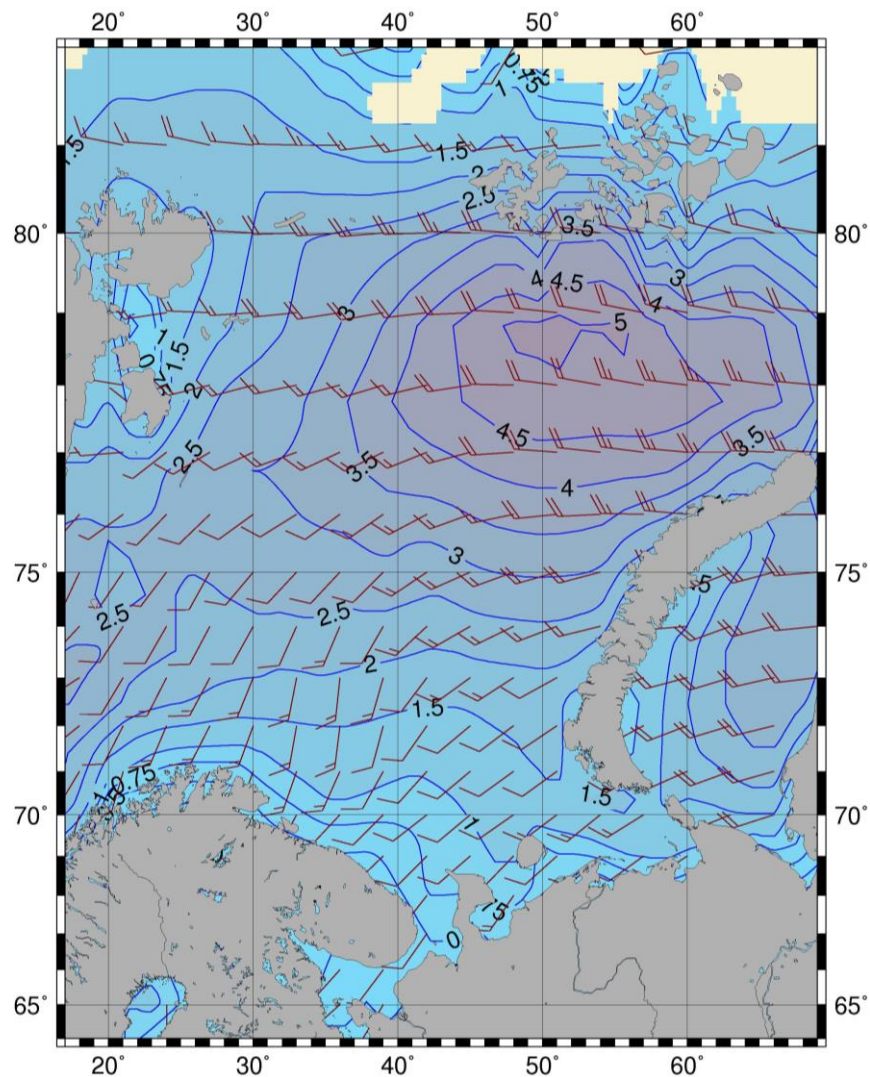


Рисунок 3.3.1 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 10 сентября 2023 г.

В Карском море (табл. 3.3.2) в третьем квартале 2023 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн более 4,5 м была рассчитана 10 сентября на 06 и 12 ч и 12 сентября на 00 ч. В конце сентября Карское море полностью очистилось ото льда. В это время граница области чистой воды в Карском доходила до 81-82° с.ш.

На рисунке 3.3.2, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Карского моря на 12 ч 10 сентября 2023 г.



Таблица 3.3.1

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Карском море
в третьем квартале 2023 г.**

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	4	20	7	–	–
Август	2	17	10	2	–
Сентябрь	–	11	14	2	3
Итого	6	48	31	4	3

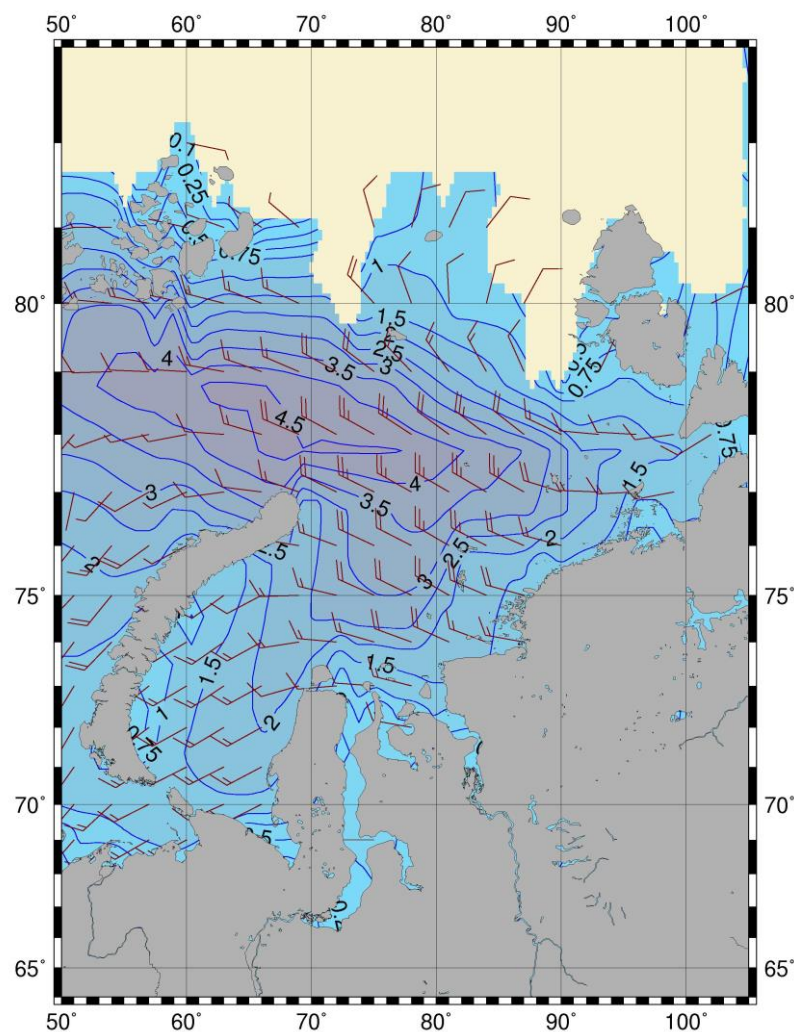


Рисунок 3.3.2 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Карском море на 12 ч UTC 10 сентября 2023 г.

Сведения о распределении высот волн H_s в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском даны в таблицах 3.3.3 – 3.3.5.

Как видно из таблиц, в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском море и Чукотском преобладало волнение от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем в море Лаптевых и



Восточно-Сибирском море стал сентябрь, а в Чукотском море наиболее штормовыми месяцами стали август и сентябрь.

Наибольшая расчетная высота волны в море Лаптевых составила более 5,5 м (27 сентября).

Наибольшая расчетная высота волны в Восточно-Сибирском море составила более 4,5 м (26 сентября).

Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила более 3,5 м (23 и 24 августа).

Таблица 3.3.3

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

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	11	16	4	–	–	–
Август	8	16	6	1	–	–
Сентябрь	2	12	8	5	2	1
Итого	21	44	18	6	2	1

Таблица 3.3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2023 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	7	23	1	–	–
Август	4	17	9	1	–
Сентябрь	–	9	10	6	5
Итого	11	49	20	7	5

Таблица 3.3.5

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

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	8	23	–	–
Август	–	13	13	5
Сентябрь	1	11	13	5
Итого	9	47	26	10

Море Лаптевых полностью освободилось ото льда в сентябре. Граница области чистой воды в море Лаптевых дошла в сентябре до 76-77°с.ш.

Восточно-Сибирское море стало открываться в конце июня - начале июля. К началу августа западная часть моря была открыта не полностью, но в конце августа чистая вода была на



всей западной половине моря до 80° с.ш. Полностью Восточно-Сибирское море освободилось ото льда лишь к концу сентября, но оставались еще небольшие ледяные поля в восточной части моря. Граница области чистой воды в Восточно- Сибирском море доходила в конце сентября до $81-82^{\circ}$ с.ш.

Чукотское море к концу августа было открыто до 72° с.ш., а в конце сентября граница области чистой воды дошла до 77° с.ш.

Таким образом, моря восточной Арктики в третьем квартале 2023г. были наиболее открыты в конце сентября.

На рисунке 3.3.3, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s для морей восточной Арктики на 06 ч UTC 27 сентября 2023 г.

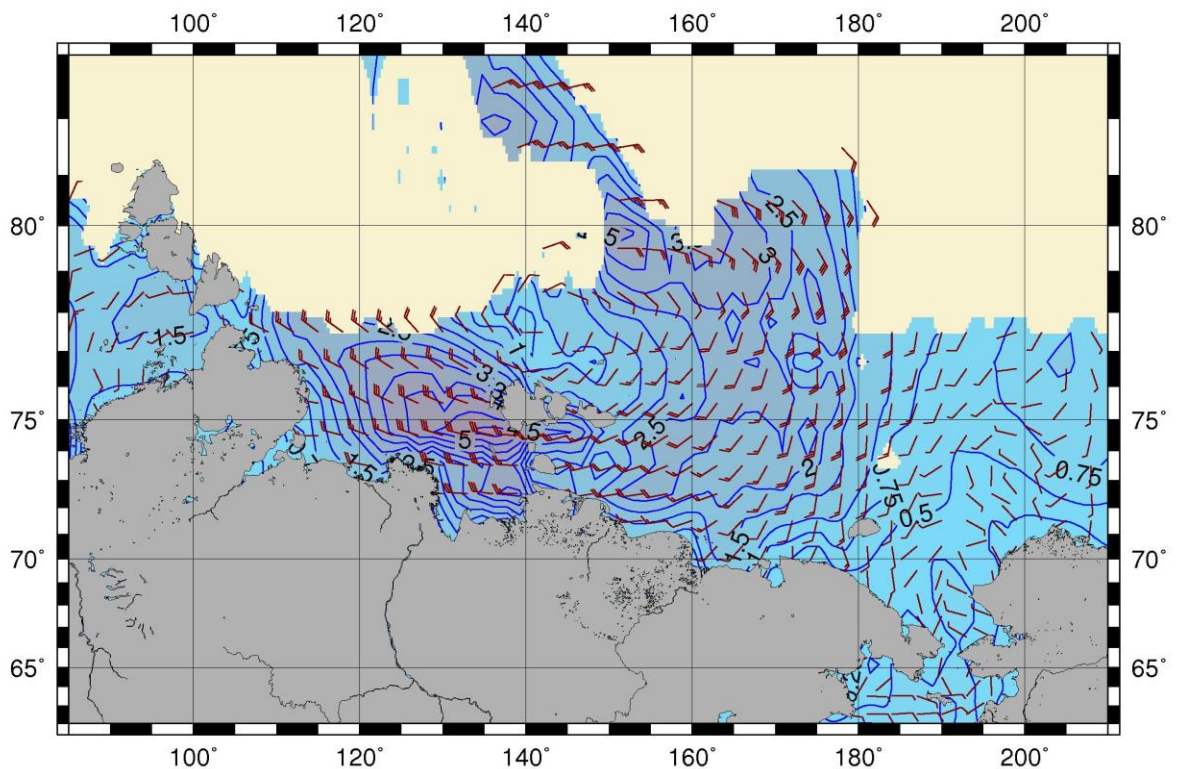


Рисунок 3.3.3 –Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях восточной Арктики на 06 ч UTC 27сентября 2023г.