

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

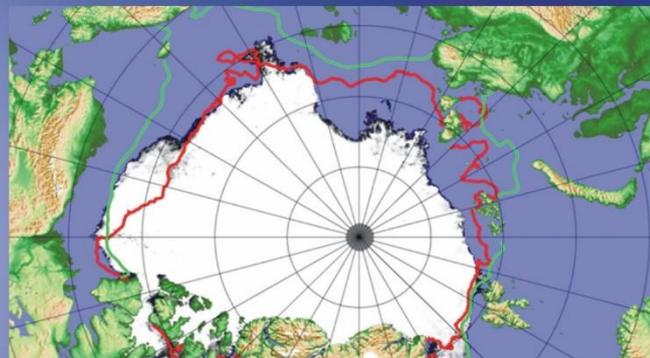


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2024





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в период июль – сентябрь 2024 г.....	4
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2024 г.....	14
3. Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 3 квартале 2024 г. ...	29
3.1. Термохалинные условия	29
3.2 Уровень арктических морей	32
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей	38



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в 3 квартале 2024 г. Фактическая информация для составления обзора была получена по данным государственной наблюдательной сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ, и наблюдений непосредственно на береговых и научной обсерватории «Мыс Баранова».

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

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

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

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

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

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



1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в период июль – сентябрь 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 июля по сентябрь 2024 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 аэроиноптического 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 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 июля по сентябрь 2024 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за третий 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.

Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с июля по сентябрь 2024 г. представлен на рисунке 1.1.

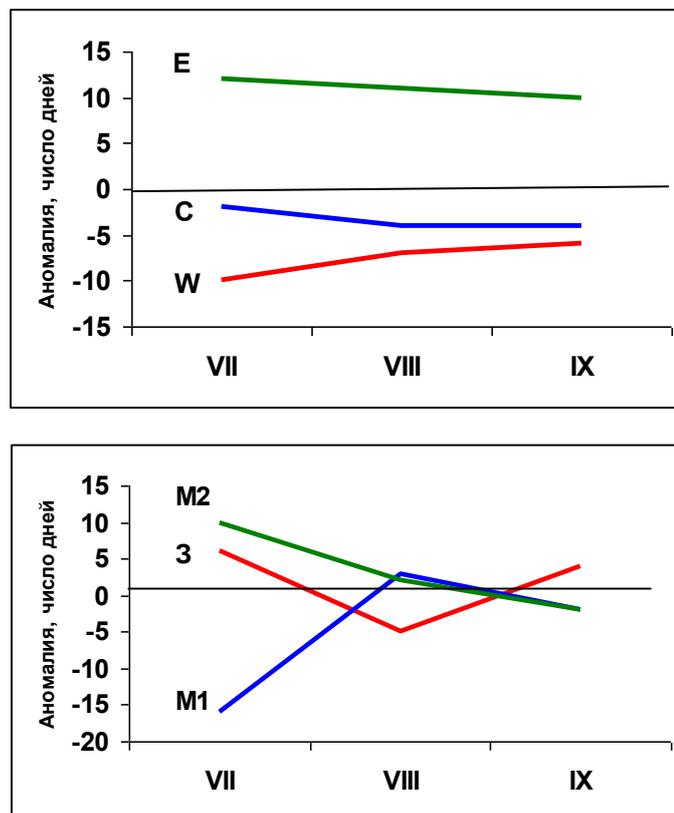


Рис. 1.1 Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период июль – сентябрь 2024 г.

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 2024 г. выглядит следующим образом:

Июль – E_{3+M2} → Август – E_{M1} → Сентябрь – E_3



В *первом секторе* Северного полушария в июле атмосферные процессы развивались на фоне устойчивой аномально высокой повторяемости восточной (Е) формы циркуляции.

Во втором секторе отмечались частые перестройки в направленности крупномасштабных атмосферных процессов (рис. 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 и августе под влиянием циклонов из Северной Атлантики фон давления в полярном районе сформировался ниже нормы.

В дальнейшем при перестройке направленности крупномасштабных атмосферных процессов произошло усиление арктического антициклона. Фон давления в полярном районе повысился до положительной аномалии.

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

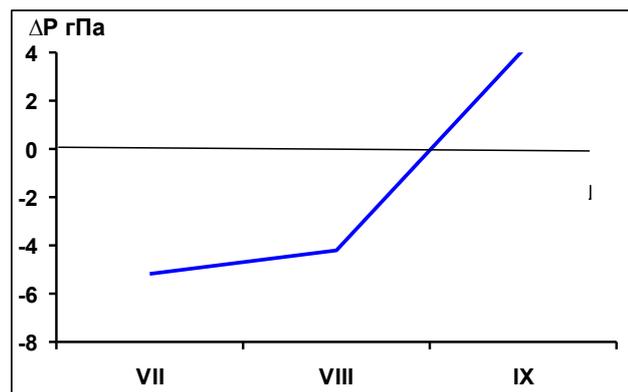


Рис. 1.2. Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в период июль – сентябрь 2024 г. в полярном районе Арктики

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

В среднем за третий квартал 2024 г. фон температуры над полярным районом выше нормы на 2,1 °С, что близко к прошлогоднему значению. (рис. 1.3).

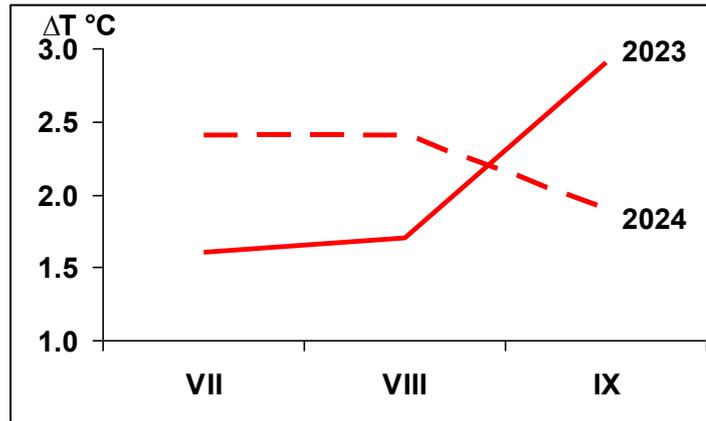


Рис.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в период июль – сентябрь 2024 г.

Структурные особенности развития атмосферных процессов в третьем квартале 2024 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуры воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов в период с июля по сентябрь 2024 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

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

В *июле 2024 г.* основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа сформировался в приполюсном районе, основная ложбина которого была ориентированы на канадский сектор Арктики (рис. 1.4).

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

Особенностью данного макропроцесса явилось развитие антициклона над ЕТР. Вследствие этого циклоны из северной Атлантики смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям в полярный район Арктики.

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 °C (рис. 1.5).

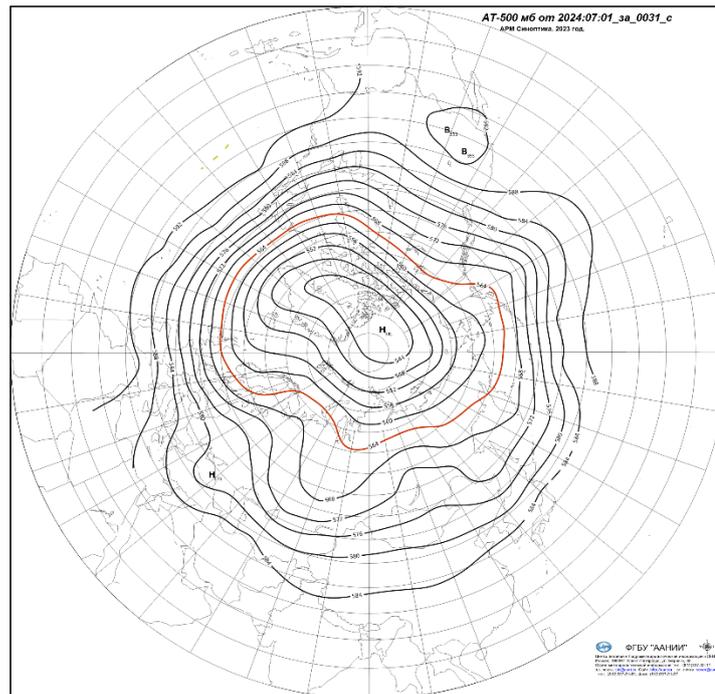


Рис. 1.4. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июле 2024 г.

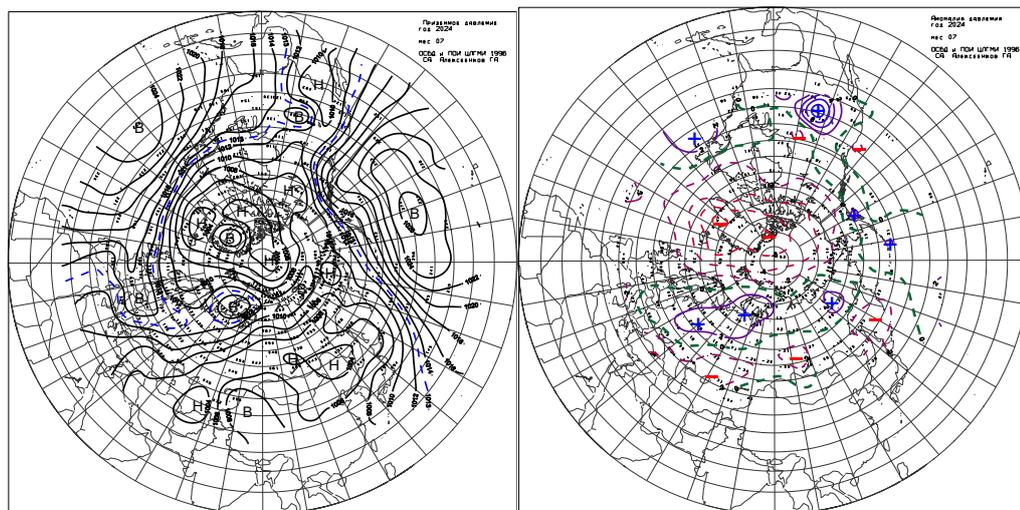


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июле 2024 г.(гПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость имели зональные и меридиональные процессы типа M_2 . Характерной особенностью развития атмосферных процессов явилось усиление блокирующих гребней антициклонов над Тихим океаном и Северной Америкой. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума часто смещались в зональном направлении и оказывали влияния на полярный район Арктики.

При преобладающих воздушных потоках юго-восточных направлений с отходами с северо-востоку температурный фон был около нормы, аномалия составила $-1...+1$ °C (рис. 1.6).

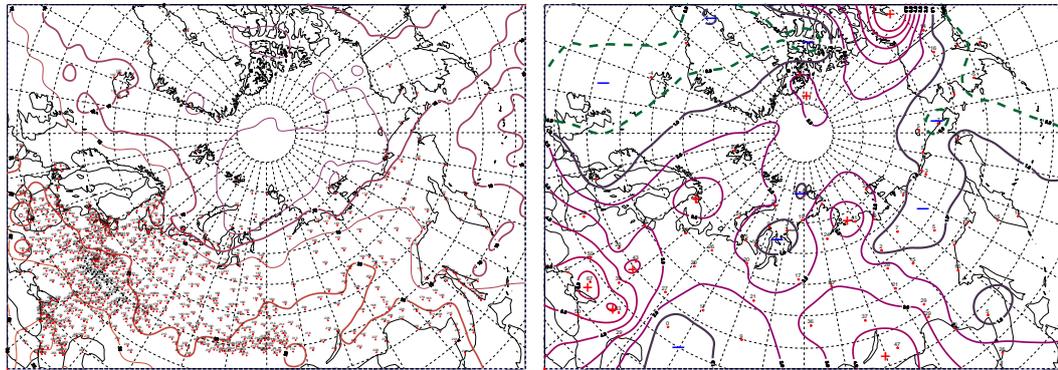


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2024 г., (°C)

В августе 2023 г. центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился в восточный район Арктики, основные ложбина которого была ориентированы на западный сектор Арктики (рис. 1.7).

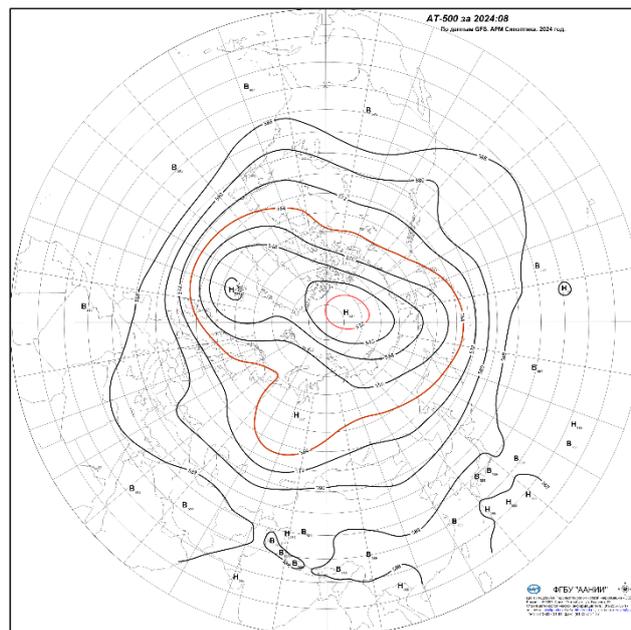


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в августе 2024 г.

В первом секторе преобладали атмосферные процессы восточной (E) 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 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ отмечались в Карском море (рис. 1.8 и 1.9).

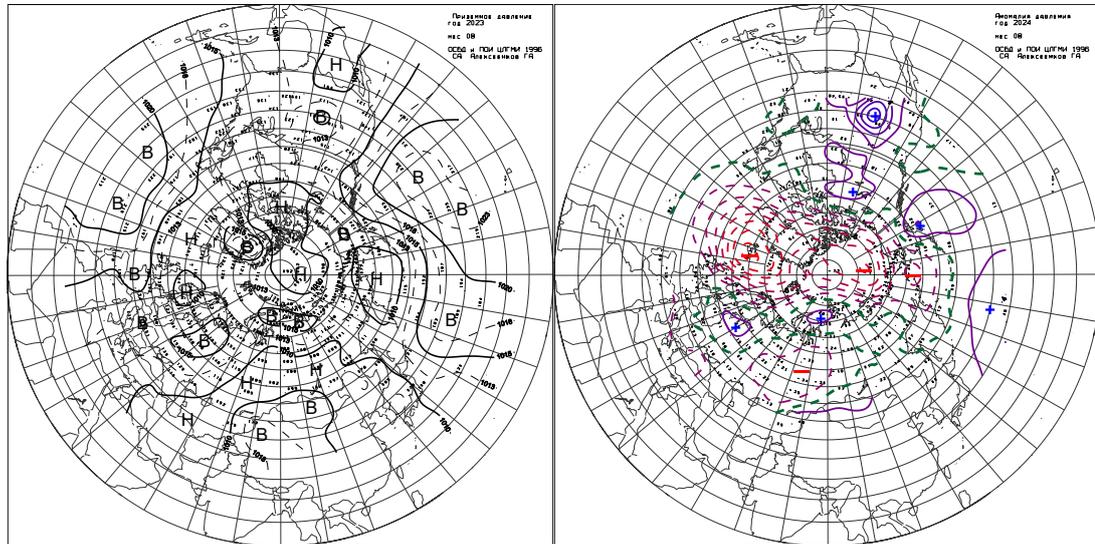


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в августе 2024 г., (гПа)

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

При адвекции воздушных масс северо-восточных направлений юга сформировался фон со значениями аномалии температуры от 0 до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

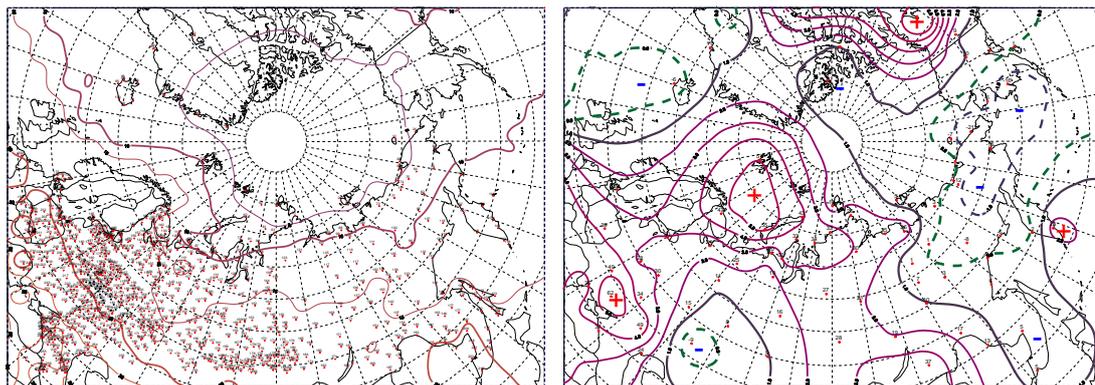


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2024 г., ($^{\circ}\text{C}$)

В *сентябре 2023 г.* приполюсный район на изобарической поверхности 500 гПа часто находился под влиянием высотного гребня антициклона. Вследствие этого ВФЗ была ориентирована южнее своего многолетнего положения.

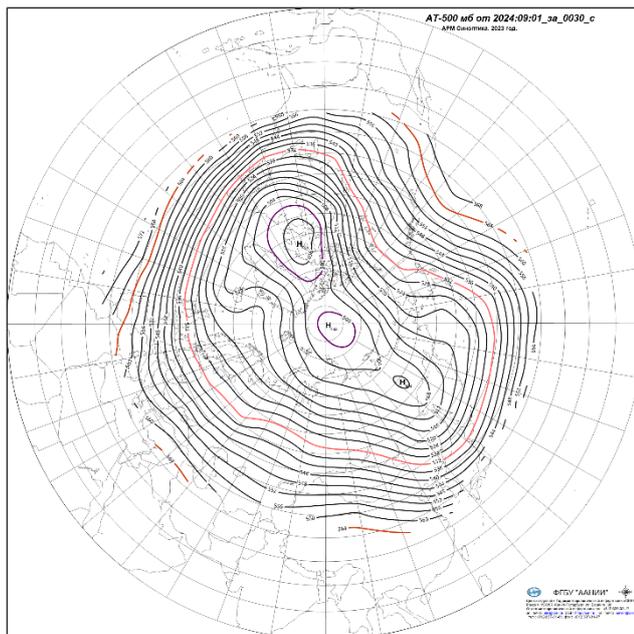


Рис. 1.10. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в сентябре 2024 г.

В первом секторе под влиянием гребня устойчивого континентального антициклона (восточная форма циркуляции) выходы циклон Северной Атлантики в полярный район были блокированы. Фон давления выше нормы на 2-6 гПа.

При преобладании воздушных потоков юго-восточных направлений преобладал фон температуры был выше нормы на 3...5 °С (рис. 1.11).

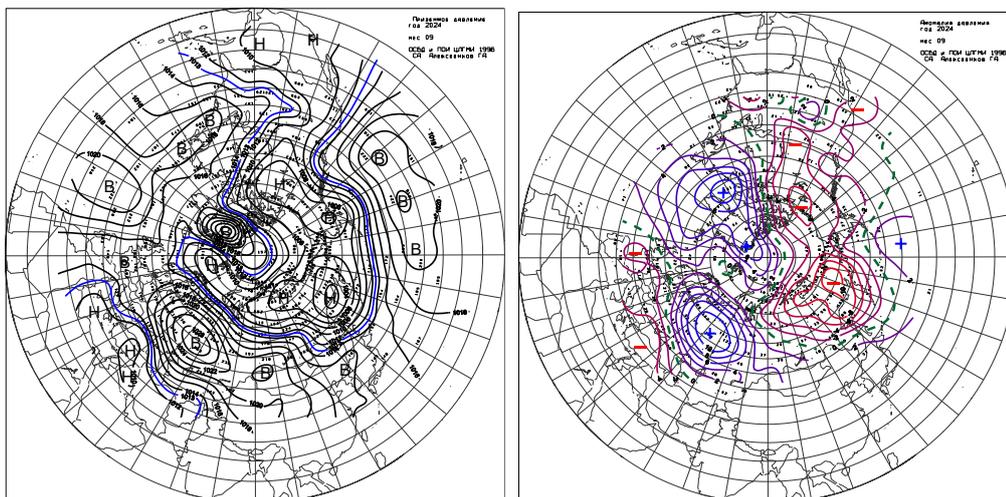


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в сентябре 2024 г.(гПа)

Во втором секторе преобладала зональная направленность крупномасштабных атмосферных процессов. Циклоны в системе алеутского минимума смещались через Охотское и Берингово моря.

При преобладающих воздушных потоках юго-восточных направлений с отходами в тыловой части проходящих циклонов к северо-востоку сформировался фон температуры выше нормы на 1...2 °С (рис 1.12).

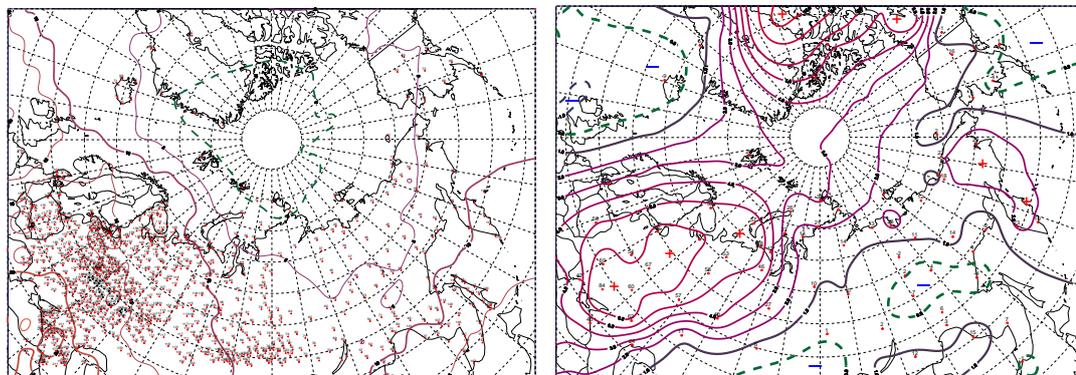


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2024 г., (°С)

На рисунке 1.13 приводятся фоновые средние за третий квартал 2024 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с третьим кварталом прошлого 2023 г.

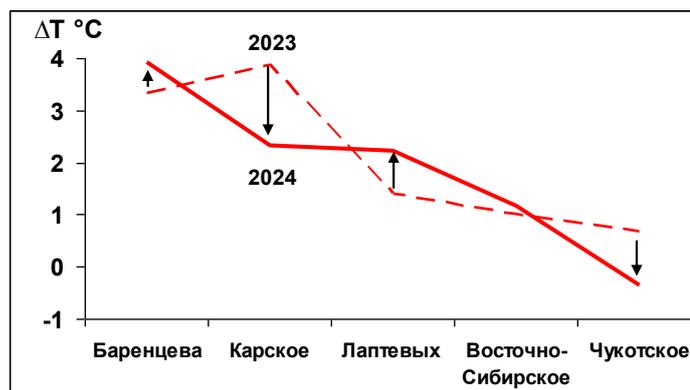


Рис. 1.13. Средние за третий квартал значения аномалий температуры воздуха (°С) для акваторий морей российской Арктики в 2023 и 2024 гг.

В третьем квартале 2024 г. в морях на трассе СМП наиболее аномально высокая температура сформировалась в Баренцевом море, а наиболее низкая – в Чукотском море (рис. 1.13).

В среднем за третий квартал по акватории всех морей фон температуры близок к прошлогоднему значению.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в период с июля по сентябрь 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 июля по сентябрь 2024 г. представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

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

Июль 2024			Август 2024			Сентябрь 2024		
ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А
1-2	<i>E</i>	3	1-3	<i>E</i>	<i>M</i> ₁	1-4	<i>E</i>	<i>M</i> ₂
3-9	<i>C</i>	3	4-9	<i>E</i>	<i>M</i> ₂	5-8	<i>E</i>	<i>M</i> ₁
10-17	<i>E</i>	<i>M</i> ₂	10-12	<i>C</i>	<i>M</i> ₁	9-12	<i>E</i>	3
18-22	<i>E</i>	<i>M</i> ₂	13-16	<i>E</i>	<i>M</i> ₁	13-15	<i>E</i>	3
23-29	<i>E</i>	3	17-22	<i>E</i>	<i>M</i> ₁	16-19	<i>W</i>	3
30-31	<i>C</i>	<i>M</i> ₁	23-27	<i>W</i>	3	20-23	<i>C</i>	3
			28-31	<i>E</i>	3	24-27	<i>E</i>	3
						28-30	<i>W</i>	<i>M</i> ₁
Итого	<i>W</i> 0 (-10) <i>C</i> 9 (-2) <i>E</i> 22 (12)	3 16 (6) <i>M</i> ₁ 2 (-16) <i>M</i> ₂ 13 (10)	Итого	<i>W</i> 5 (-7) <i>C</i> 3 (-4) <i>E</i> 23 (11)	3 9 (-5) <i>M</i> ₁ 16 (3) <i>M</i> ₂ 6 (2)	Итого	<i>W</i> 7 (-6) <i>C</i> 4 (-4) <i>E</i> 19 (10)	3 19 (4) <i>M</i> ₁ 7 (-2) <i>M</i> ₂ 4 (-2)

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, *M*₁, *M*₂) атмосферной циркуляции



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2024 г.

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле–сентябре 2024 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований на, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» данным экспедиционных исследований, проводимых ФГБУ «ААНИИ» в июле-сентябре на ЛСП «Северный полюс», на научной базе «Мыс Баранова» и ряде международных проектов.

Со всей доступной исходной информацией по разделу можно ознакомиться на сайте ААНИИ по ссылке <http://www.aari.nw.ru/projects/ecimo/index.php>

Для иллюстрации ледовых условий в годовом цикле представлены совмещенные региональные карты ААНИИ, Канадской ледовой службы – КЛС и Национального ледового центра США - НЛЦ. Совмещение карт выполнено путем перекрытия слоев (ААНИИ, верхний слой) – (КЛС, средний слой) – (НЛЦ, нижний слой). 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 2024 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 показаны границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

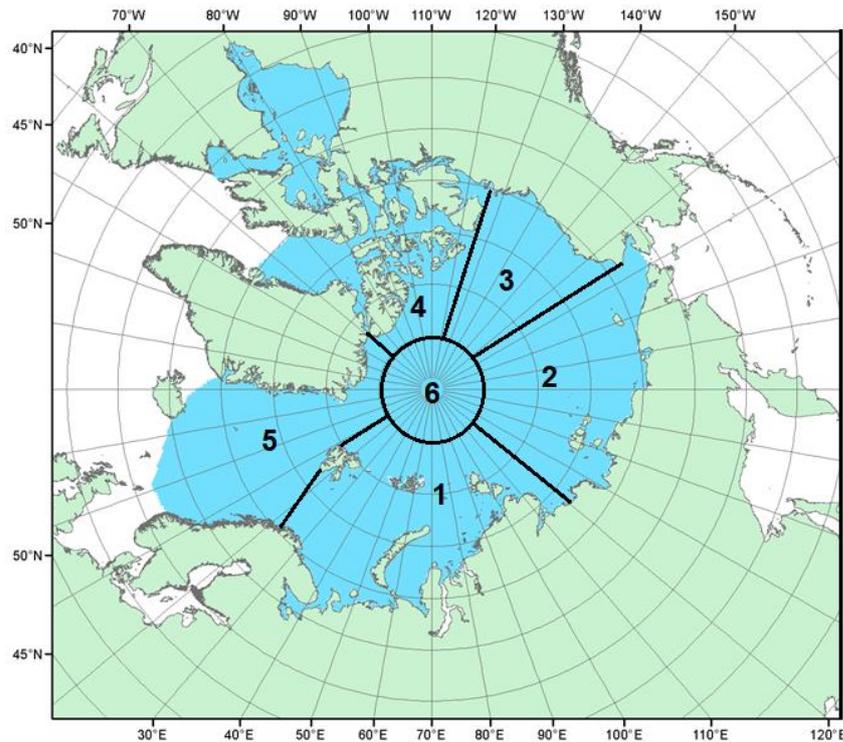
В июне начался процесс активного очищения арктических морей ото льда. Процесс очищения начался с морей западного района российского сектора Арктики – от Баренцева до Лаптевых и в море Бофорта. Очищение началось рано, но развивалось медленно.

В первой половине месяца центры очищения сформировались в четырех районах арктических морей – в северной части Баренцева, в северо-восточной части Карского, в восточной части Лаптевых и в восточной части Бофорта. В этих морях сформировались близкие к норме аномалии ледовитости.

В юго-западной части Карского, Восточно-Сибирском и Чукотском морях очагов



очищения ото льдов не наблюдалось, здесь сформировались большие положительные аномалии ледовитости порядка 22–29 %.



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

Рис. 2.1 Квазиоднородные районы, выделенные в Северном Ледовитом океане

К концу июня в российских арктических морях сложилась необычная ситуация – крупные положительные аномалии ледовитости и площади сплоченных льдов наблюдались в окраинных районах морей – юго-западных частях Карского и Чукотского, а близкие к норме, с развивающимися очагами очищения в остальных арктических морях. Развитие границы дрейфующих льдов было близким к минимальному положению в ряде районов морей – в Гренландском, в северной части Баренцева, восточной части Лаптевых и восточной части Бофорта. 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.

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 июня. Припай в районе Новосибирских островов и между островами Канадского арктического архипелага сохранялся в течение июня. 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 %. Остальную часть СЛО занимали разрежения и полыньи за припаем и вдоль побережий (рис. 2.2).

Общее количество льдов в СЛО в конце июня, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составила 10 млн. км², что оказалось на 9,4 % меньше среднемноголетнего значения по длинному ряду наблюдений с 1978–2023 гг. и близким по величине к среднему значению за десятилетний период 2014–2023 гг.

Отрицательная аномалия общей площади льда в СЛО 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).

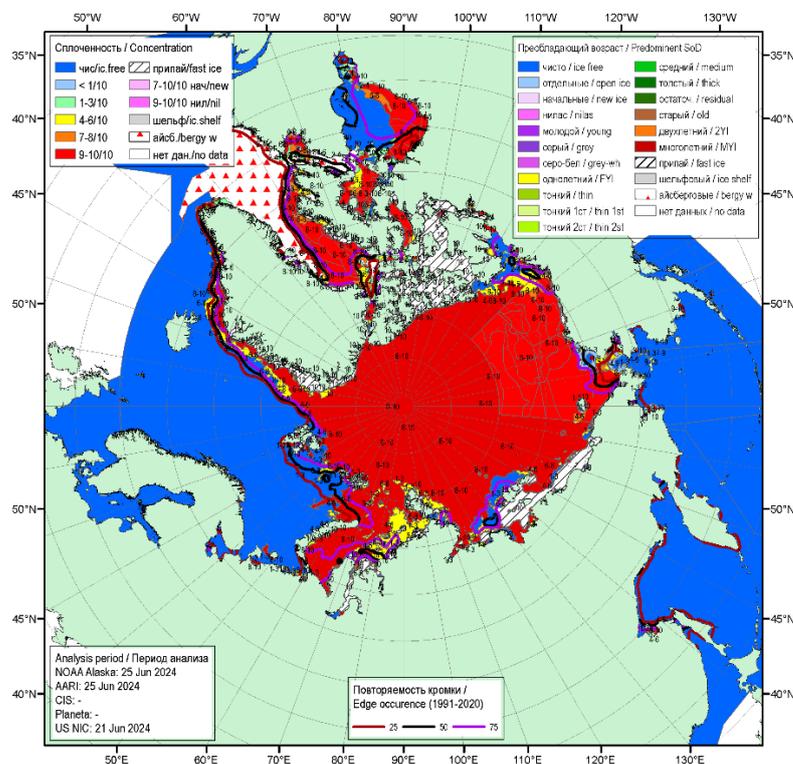


Рис. 2.2 Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности с 21 по 25 июня 2024 гг., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В целом на конец июня благоприятный фон развития ледовых условий наблюдался в морях: Баренцевом, северо-восточной части Карского, Лаптевых. Средний фон ледовых условий установился в Восточно-Сибирском море. Более сложные ледовые условия сформировались в окраинных арктических морях – в юго-западной части Карского и юго-западной части Чукотского.



Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям за каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль-сентябрь 2024 г. приведены на рисунках 2.3–2.11.

В июле активно продолжалось очищение морей и их районов: Баренцева, северо-восточной части Карского, Лаптевых, западной части Восточно-Сибирского, восточной части Чукотского и Бофорта. Большие пространства чистой воды сформировались на северо-востоке Карского моря, в прибрежной части моря Лаптевых, в Чукотском море у побережья Аляски и в районе Берингова пролива.

Более медленно процессы очищения происходили в юго-западной части Карского, в восточной части Восточно-Сибирского и в юго-западной части Чукотского морей.

В юго-западных частях Карского и Чукотского морей наблюдались сложные ледовые условия. В этих районах сформировалась аномально высокая положительная ледовитость – около 30 %. Таких значений не наблюдалось за последние 25 – 30 лет.

Припай в районе архипелага Новосибирские острова практически полностью разрушился в середине 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 частично разрушился, но сохранялся до конца месяца. Для летнего сезона 2024 г. было характерно раннее разрушение припая (рис. 2.3).

Вынос однолетних толстых и старых льдов из СЛО в пролив Фрама был близок к среднемноголетнему значению, что прослеживается по ширине ледового потока в проливе Фрама и скоростям дрейфа (рис. 2.3).

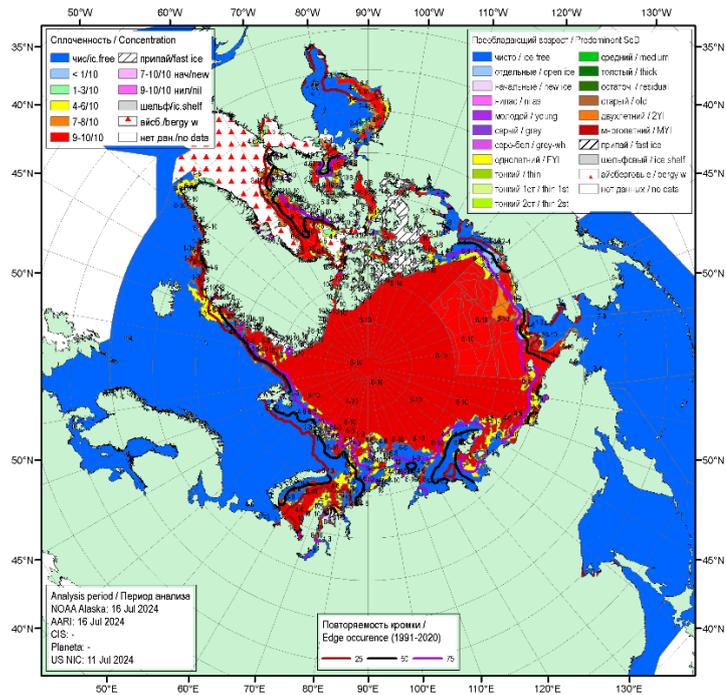


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 11–16 июля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В возрастном составе льдов преобладали однолетние толстые льды, которые наблюдались в морях. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском, канадском секторах СЛО и частично в аляскинском и приполюсном районе. Значительное количество старых льдов сохранилось в северной части моря Лаптевых в виде вытянутого обширного «языка». Локальные пятна старых льдов сохранялись на северо-востоке Восточно-Сибирского моря. (рис. 2.4).

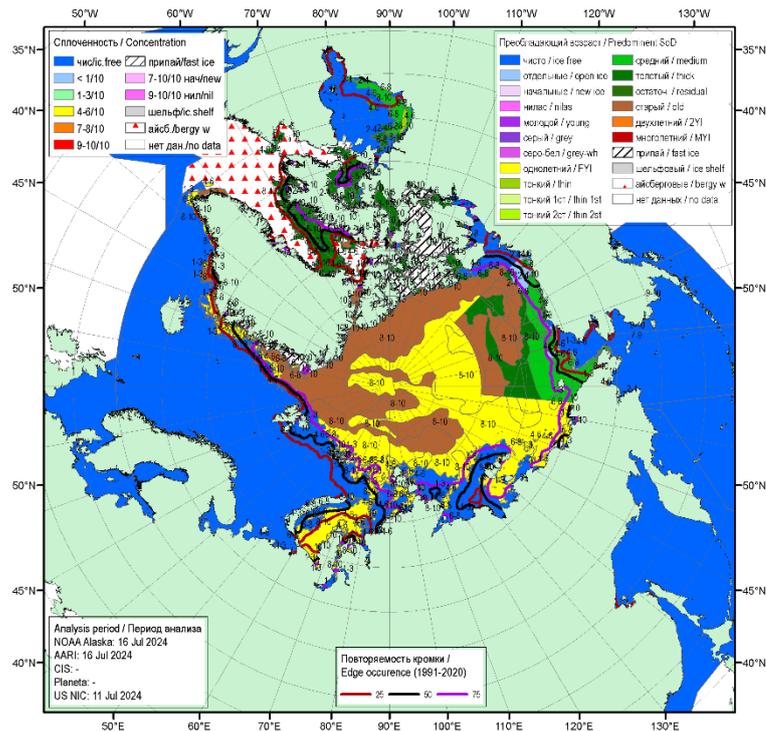


Рис. 2.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 11–16 июля 2024 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛЦ США

Среднемесячное поле дрейфа ледяного покрова в СЛО приведено на рис. 2.5. В июле сформировалось нетипичное поле дрейфа льда. Трансарктический перенос льдов полностью отсутствовал. На акватории океана сформировались два хорошо выраженных вихря, один из которых наблюдался в западной, а второй – в восточной частях СЛО.

Первый вихрь, сформировался в западной части СЛО с центром в приполюсном районе и имел циклонический характер. Средние скорости дрейфа льда составляли менее 5 км/сут. Ледяной покров из центральной части СЛО выносило в северные части морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Вихрь в восточной части СЛО представлял собой хорошо выраженный Канадский антициклонический круговорот с центром в море Бофорта. Интенсивность и скорости дрейфа льда в этом антициклоническом круговороте составляли в среднем около 5 км/сут (рис. 2.5).

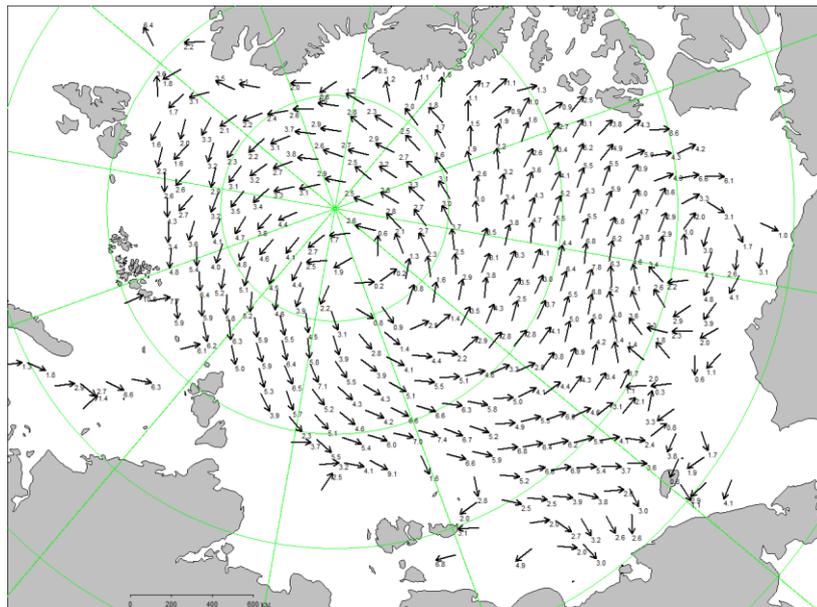


Рис. 2.5. Поле скорости дрейфа морского льда в июле 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В течение августа продолжалось интенсивное сокращение ледяного покрова в СЛО и его морях. Уменьшение площади льда происходило в основном за счет его разрушения в морях западного сектора Арктики – в Баренцевом, Карском и в Лаптевых. Интенсивно очищалась ото льда западная часть Восточно-Сибирского моря, а также прибрежная часть моря Бофорта. В морях: Карском, Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского сформировались большие отрицательные аномалии ледовитости, составляющие от -20 до -40 %.

В восточной части Восточно-Сибирского и в юго-западной части Чукотского морей сохранялось большое количество сплоченных льдов.

В Баренцевом море граница отступления дрейфующих льдов достигла максимального северного положения. В целом ряде районов морей – Карского и Лаптевых, а также западной части Восточно-Сибирского и Бофорта положение границы дрейфующих льдов было близким к среднему многолетнему. Граница дрейфующих льдов в восточном районе Восточно-Сибирского и юго-западной части Чукотского морей, была близка к аномально южному положению.

В конце второй декады августа произошло полное разрушение припая в районе островов Канадского арктического архипелага (рис. 2.6).

В возрастном составе льдов СЛО и его морях преобладали старые и однолетние толстые 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. Большое количество



сплоченных льдов наблюдалось в восточной части Восточно-Сибирского, юго-западной части Чукотского и в проливе Лонга. Аномалии площади Врангелевского ледяного массива в Чукотском море составила 27 % (рис. 2.7).

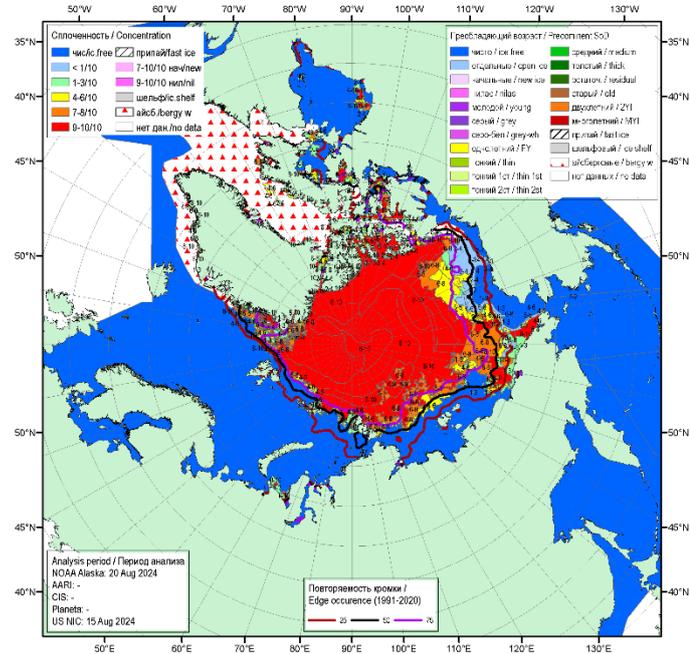


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности за 15–20.08.2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

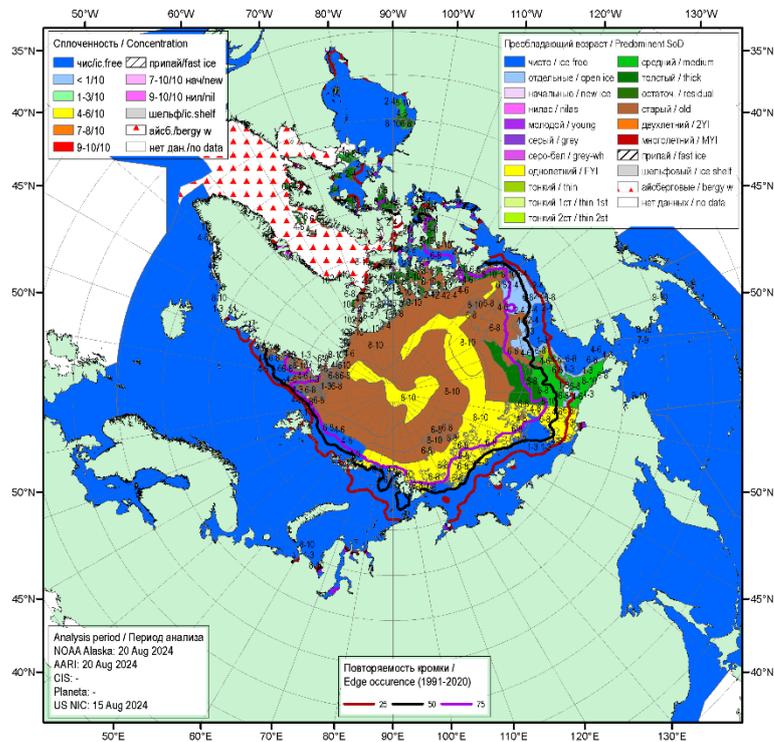


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту за 15–20.08.2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В августе в поле дрейфа ледяного покрова произошли значительные изменения. Наблюдавшийся в июле Канадский антициклонический круговорот, в восточной части СЛО с центром в северной части моря Бофорта, полностью исчез. Обширный циклонический круговорот, который развился в июле, получил дальнейшее развитие и наблюдался по всей акватории СЛО. Центр циклонического круговорота размещался на 83° с.ш. и 165° з.д. Скорости дрейфа в этом гигантском циклоническом круговороте не превышали 5 км/сут. (рис. 2.8).

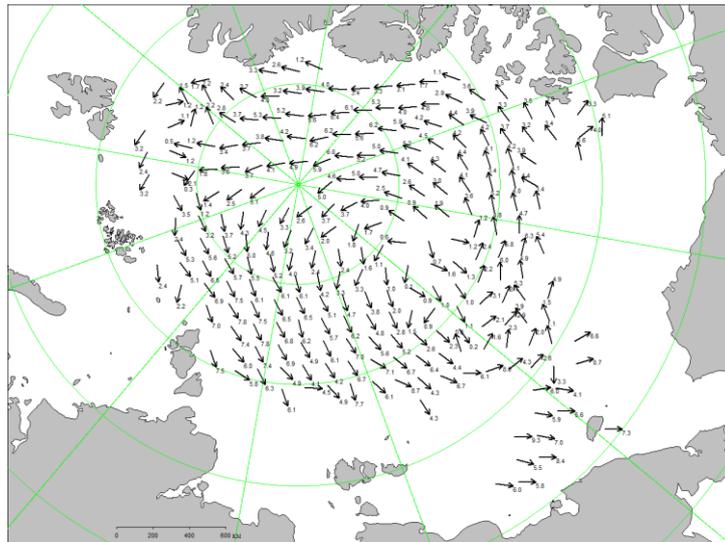


Рис. 2.8. Поле скорости дрейфа морского льда в августе 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В середине сентября площадь ледяного покрова в СЛО уменьшилась до своего минимального значения. В конце сентября сокращение площади льдов полностью прекратилось.

Среди остаточных льдов к северу от 83° с.ш. стало наблюдаться появление начальных и молодых льдов. Процесс ледообразования также начался на чистой воде среди островов Канадского арктического архипелага.

В середине третьей декады сентября ледообразование вышло из массива остаточных льдов на чистую воду и начало развиваться в прикромочной зоне, что в среднем было на 10–15 суток позже среднемноголетних сроков. Начальные и молодые льды появились у границы массива остаточных льдов в виде узкой полосы шириной 10–50 км, в секторе от Баренцева моря до моря Лаптевых. Ледообразование также началось среди остаточных льдов в юго-западной части Чукотского моря приблизительно на 20 дней.

Таким образом, характерной чертой начала осеннего ледообразования 2024 г. является его позднее начало и медленное развитие на начальном этапе во всех арктических



морях. Только в юго-западной части Чукотского моря, вдоль чукотского побережья и в проливе Лонга, где сохранились остаточные льды, ледообразование началось раньше среднемноголетних сроков.

Основная масса остаточных льдов, сохранившихся после летнего таяния, была смещена в восточную часть СЛО. Обширный массив льдов сохранился в юго-западной части Чукотского моря. В северных частях моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря наблюдались обширные отроги старых и остаточных льдов. (рис. 2.9).

Положение границы дрейфующих льдов в сентябре 2024 г. было близким к среднемноголетнему положению кромки дрейфующих льдов в морях: Гренландском, Карском и Лаптевых. В Баренцевом море и море Бофорта граница дрейфующих льдов была расположена гораздо севернее среднемноголетнего положения. В восточной части Восточно-Сибирского и в юго-западной части Чукотского морей наблюдалось значительное смещение границы остаточных льдов к югу вплоть до самого побережья. (рис. 2.10).

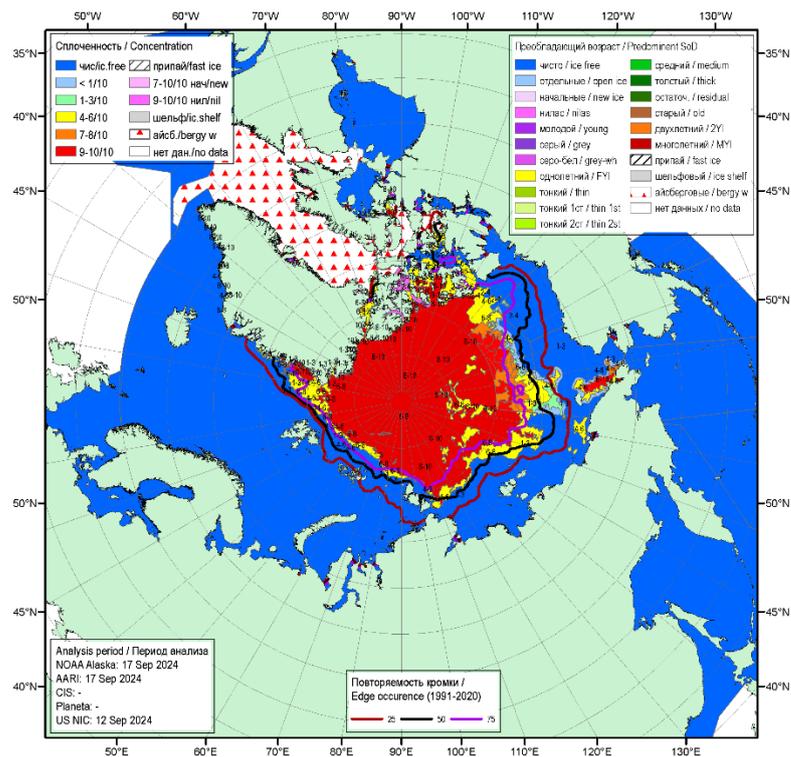


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 12–17.09.2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

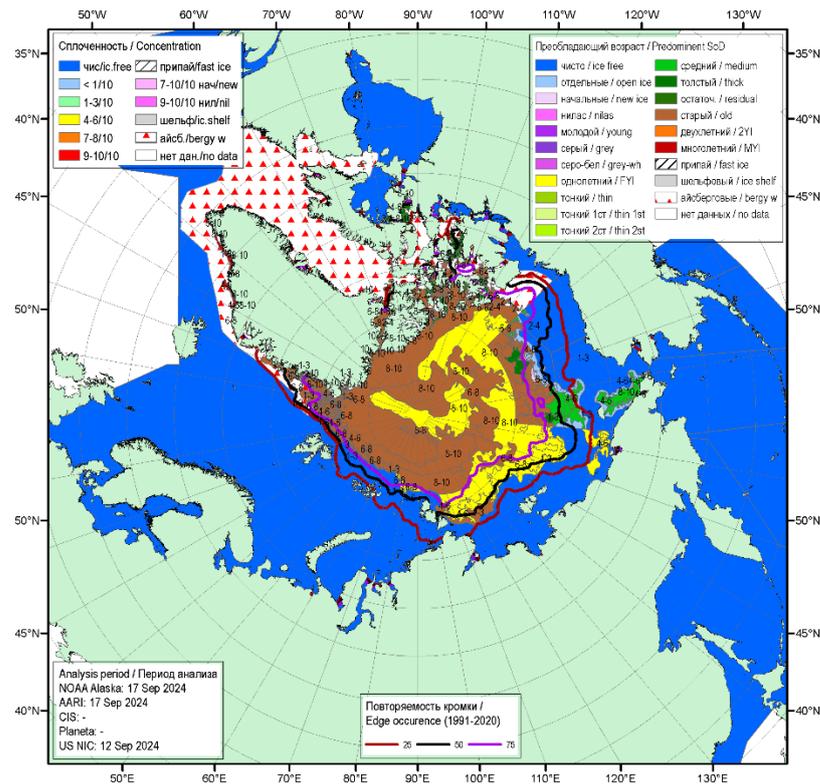


Рис. 2.10. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 12–17.09.2024 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США

Дрейф ледяного покрова в сентябре приведен на рисунке 2.11. В сентябре сформировался традиционно наблюдаемый в СЛО Трансарктический перенос льдов. Трансарктический перенос был выражен достаточно хорошо, но имел необычное положение. Перенос льдов начинался к северу от Канадского арктического архипелага и через приполюсный район выносил льды в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов составляла 3–5 км/сут в основном потоке и увеличилась на подходах к проливу Фрама до 8–9 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот отсутствовал полностью. (рис. 2.11).

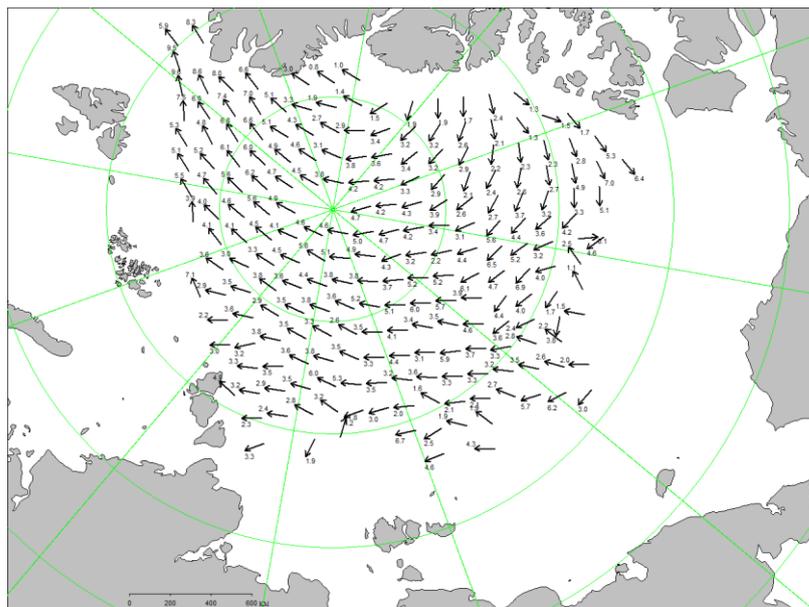


Рис. 2.11. Поле скорости дрейфа морского льда в сентябре 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

По модельным оценкам Датского метеорологического института объем морского льда в середине сентября (максимальное сокращение) составил около 4,9 тыс. км³, что на 2,6 тыс. км³ (около 35 %) меньше среднееголетнего значения. По расчетному объему льдов сентябрь 2024 г. занял 1 место в ранге минимумов, ниже значения 2020 г. (рис. 2.12).

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2024 г. составила 4,27 млн. км² при норме 5,8 млн. км², что на 26 % меньше среднееголетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО оказались на 1,6 млн. км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978–2024 гг.). По площади остаточного льда 2024 г. стал пятым по рангу минимумов в группе легких лет. Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на конец сентября, а также сравнение с ледовитостью за ряд лет, начиная с 2019 г. и по 2023 г., приведены в таблице 2.1 и на рисунке 2.13.

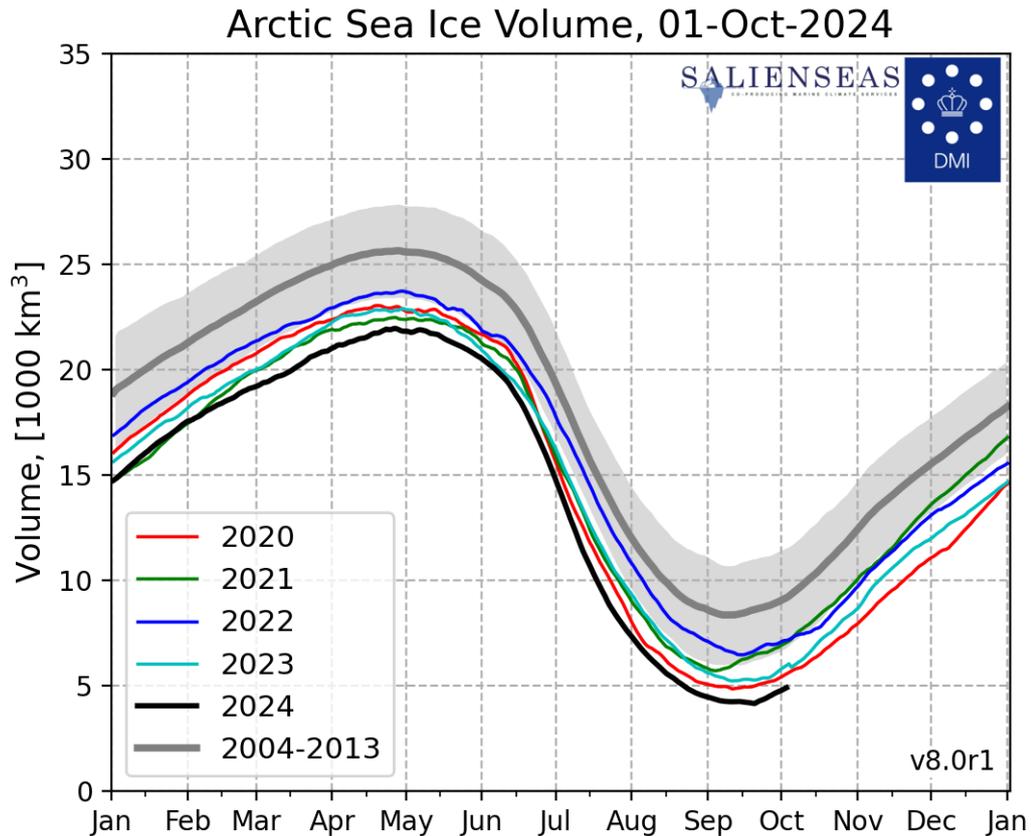


Рис. 2.12. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института с 28.02.2004 по 01.10.2024 гг.

Таблица 2.1

Значения ледовитости за 5–17 сентября 2024 г. и её аномалии от значений периодов 2019–2024 гг. и 1978–2024 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS

Район, сектор	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ²						
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2014–2023 гг.	1978–2023 гг.
Северный Ледовитый океан	4392,3	6,3	422,3	-570,5	-524,1	-31,3	-257,1	-1585,0
Сектор 45° з.д. – 95° в.д. (Гренландское - Карское моря)	959,6	-227,3	66,6	0,4	-296,2	-329,3	-171,3	-443,3
Сектор 95° в.д. – 170° з.д. (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское)	1542,8	485,4	691,9	136,0	42,8	262,1	231,3	-368,3
Сектор 170° – 45° з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика)	2029,5	-53,5	-344,8	-711,3	-274,3	42,7	-211,0	-606,1

На рисунке 2.13 приведены ежедневные оценки сезонного хода площади льдов для Северного Ледовитого океана и его отдельных секторов за период с 26 октября 1978 по 30 сентября 2024 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 среднееголетнего значения (нормы за 1978-2023 гг.). Малая ледовитость СЛО в 2024 г. в основном была обусловлена малой ледовитостью всех трех секторов Арктики – сектор 45° з.д. – 95° в.д. (Гренландское – Карское моря), сектор 95° в.д. – 170° з.д. (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и сектор 170° – 45° з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика) (рис.2.13).

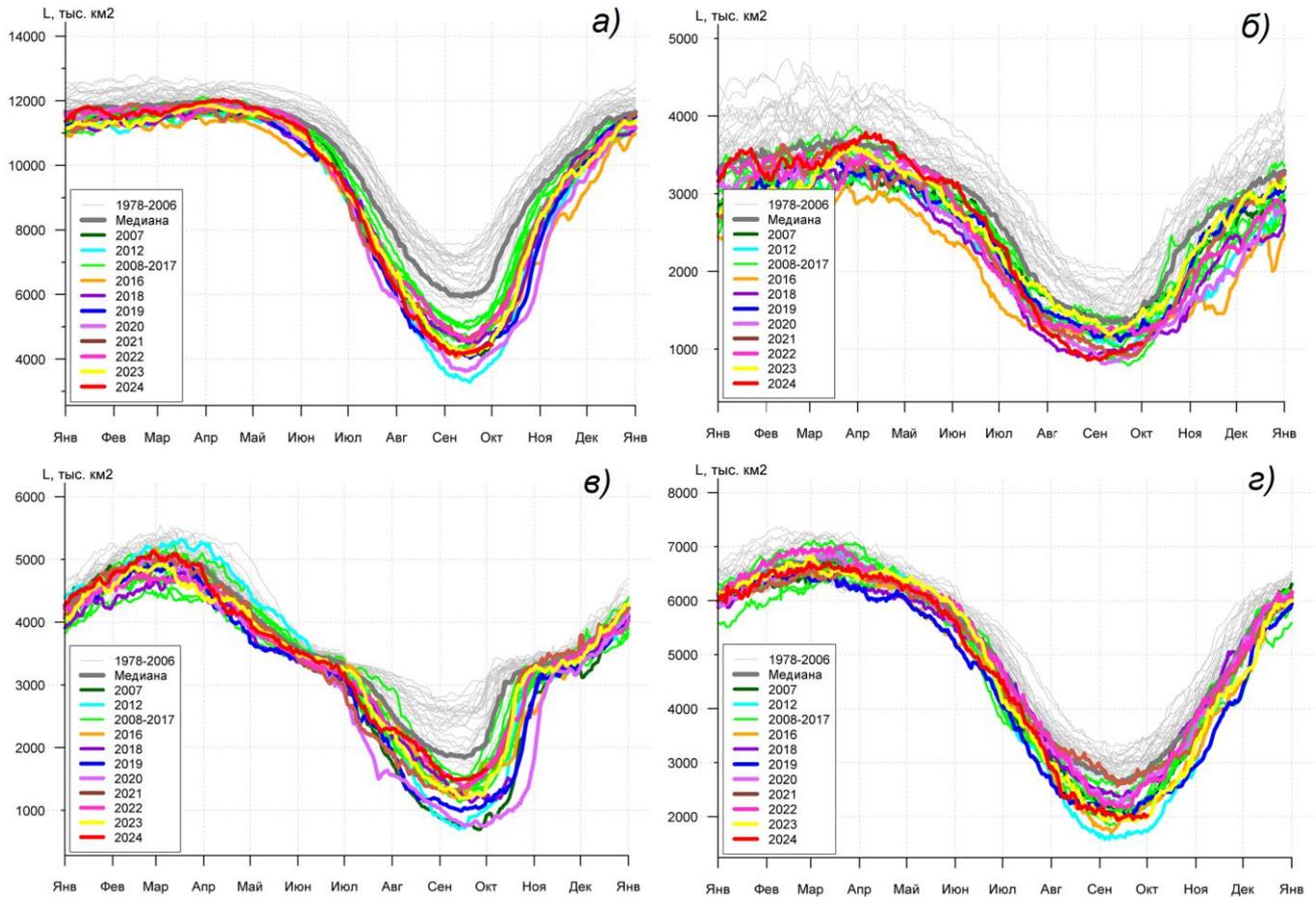


Рис.2.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и трех меридиональных секторов за период 26 октября 1978 по 30 сентября 2024 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM.

- 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° з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика)



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

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в третьем квартале 2024 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ИТР (Ice-Tethered Profiler) и ТОР (Tethered Ocean 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 2024 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии АНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 96	07.09.2024	30.09.2024	96
2	ИТР 106	10.09.2024	30.09.2024	64
3	ИТР 133	12.09.2024	30.09.2024	170
4	ИТР 139	01.07.2024	30.09.2024	183
5	ИТР 142	10.09.2024	30.09.2024	84
6	ИТР 143	14.09.2024	28.09.2024	56
7	ТОР 7	01.07.2024	30.09.2024	835
8	ТОР 8	01.07.2024	30.09.2024	432
9	ТОР 12	09.09.2024	30.09.2024	109
10	ТОР 13	07.09.2024	30.09.2024	116
11	ТОР 14	08.09.2024	30.09.2024	133
12	ТОР 15	10.09.2024	30.09.2024	123

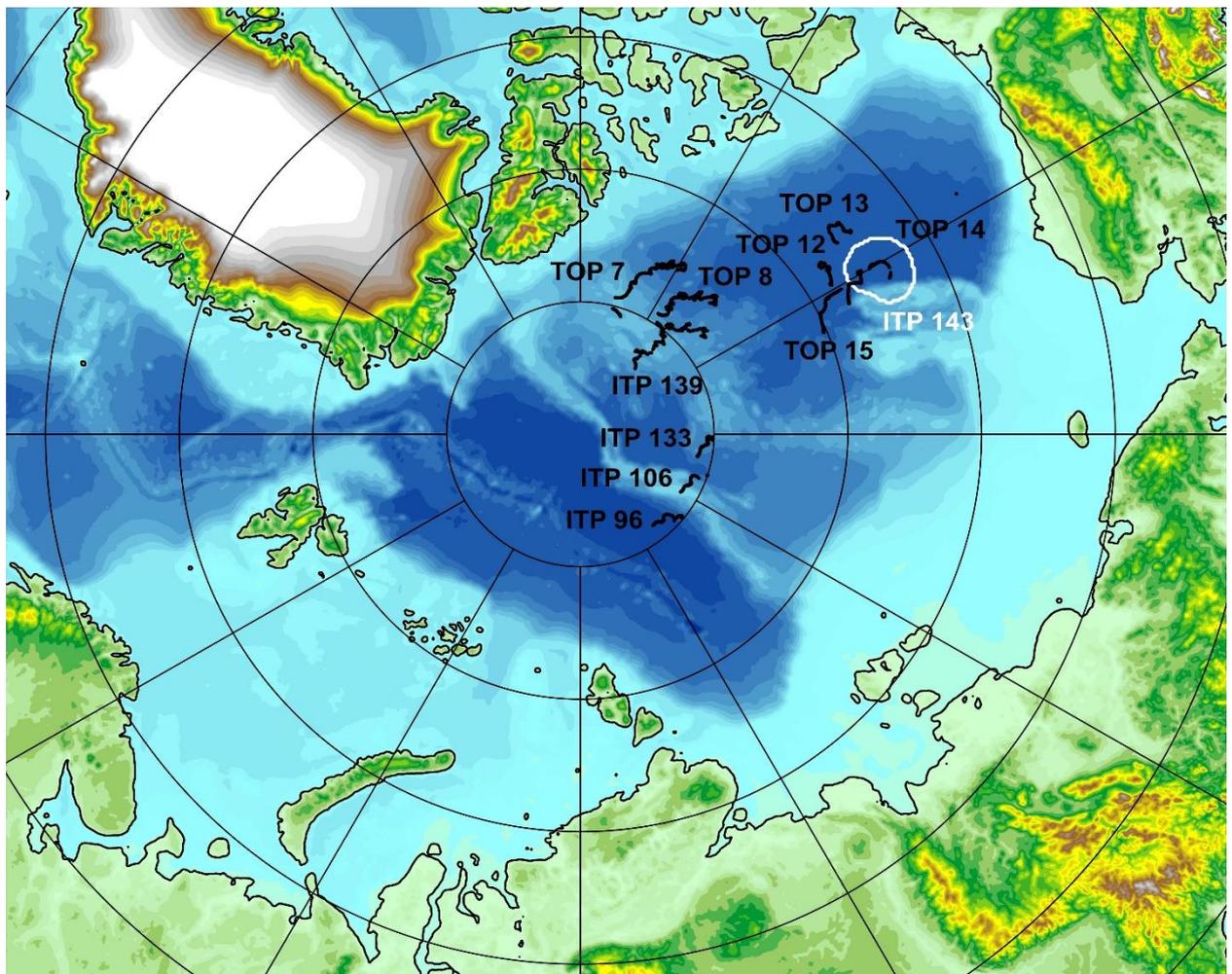


Рис. 3.1.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2024 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в третьем квартале 2024 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солёности в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР 143 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 2024 году.

Амеразийский суббассейн

В третьем квартале 2024 г. в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 143 средние значения поверхностной солености (31,91 ‰) значительно превышали климатическую норму (27,51 ‰). При этом следует отметить большой разброс значений поверхностной солености от 26,7 до 35,3 ‰, что затрудняет интерпретацию наблюдаемых значений и ставит под сомнение адекватность работоспособности датчика электропроводности STD зонда ИТР 143. В свою очередь температура поверхностного слоя изменялась от -1,42 до -0,8 °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 143 составило -0,38 °С, превышая климатическую норму на 0,2 °С.

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 143 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 175 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м.

Глубже 190 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 2024 года располагалась на глубине 310 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,85 °С (500 м глубины), что на 0,11 °С превышает климатическую норму.

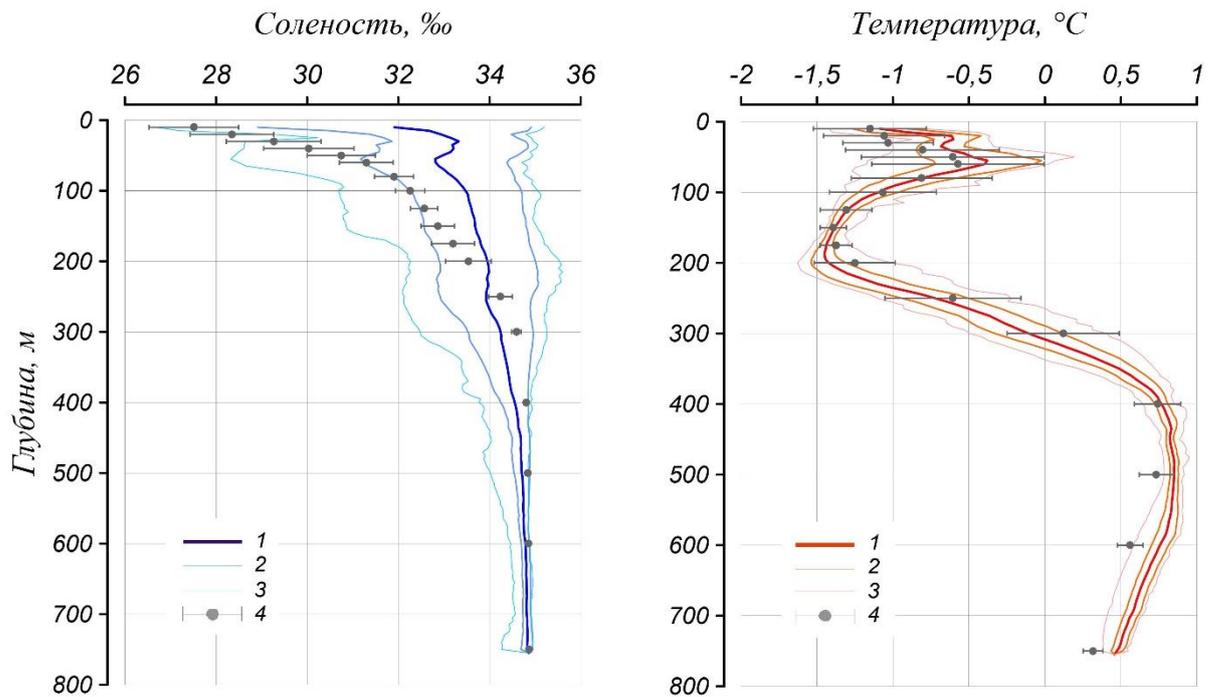


Рис. 3.1.2 – Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в сентябре 2024 г. по результатам измерений профилографа ИТР 143

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 август-сентябрь в период с 1991 по 2020 гг.

Согласно результатам наблюдений, выполненных в третьем квартале 2024 г., гидрологический режим СЛО близок по своим характеристикам к климатической норме.

Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,85 °С, что на 0,11 °С превышает климатическую норму.

Как и в предыдущие годы наблюдалась положительная аномалия температуры летних тихоокеанских вод, которая составила +0,2 °С.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 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 июль-сентябрь 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. В июле месяце наблюдения за уровнем моря пропроводились только на станции Амдерма. Средний уровень моря здесь составил +6 см, минимум уровня моря наблюдался 28 июля и составил –36 см, максимум – 6 июля составил +50 см. Во второй половине августа и в сентябре на юго-западе Карского моря наблюдался явный подъём уровня моря. В сентябре среднемесячное значение уровня для станции Амдерма составило +29 см, а для станции Усть-Кара — +31 см. Максимальный уровень моря на станции Амдерма наблюдался 30 сентября (+82 см), а на станции Усть-Кара – 8 сентября (+102 см).

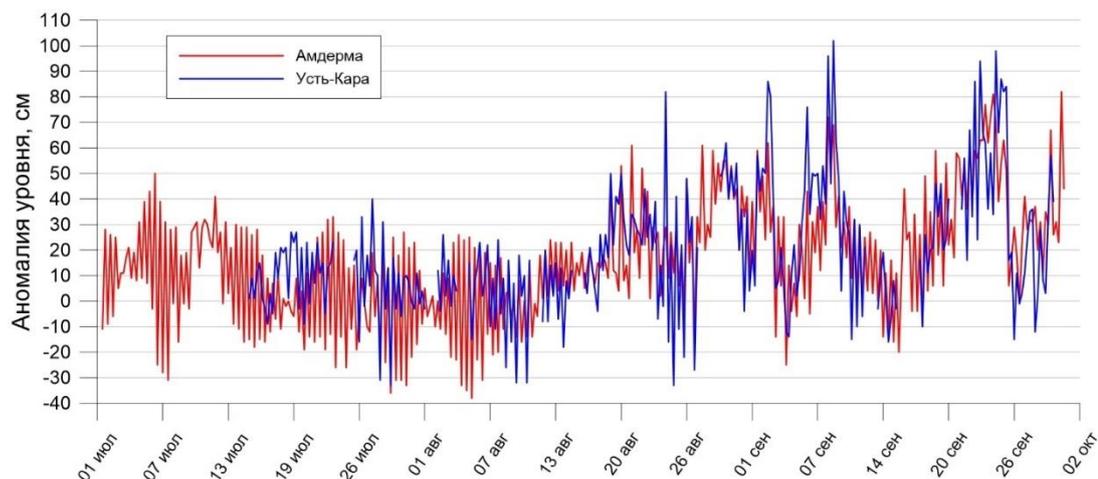


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2024 г.



Таблица 3.2.2

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

Станция	Хар-ки	Месяц		
		июль	август	сентябрь
Амдерма	h_{cp} (см)	6	14	29
	σ_h (см)	20	21	24
	h_{min} (см)	-36	-38	-25
	Дата	28	5	4
	h_{max} (см)	50	61	82
	Дата	6	20,27	30
Усть-Кара	h_{cp} (см)	-	15	31
	σ_h (см)	-	22	29
	h_{min} (см)	-	-33	-16
	Дата	-	24	14
	h_{max} (см)	-	82	102
	Дата	-	23	8

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

Таблица 3.2.3

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

Станция	Хар-ки	Месяц		
		июль	август	сентябрь
о. Диксон	h_{cp} (см)	-2	10	28
	σ_h (см)	13	20	27
	h_{min} (см)	-29	-26	-47
	Дата	29	5,23,25	26
	h_{max} (см)	26	58	68
	Дата	16,17	29	16
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	20	6	25
	σ_h (см)	32	30	55
	h_{min} (см)	-51	-53	-57
	Дата	30	13	24
	h_{max} (см)	96	88	224
	Дата	6	31	9
Мыс Стерлегова	h_{cp} (см)	-	5	-
	σ_h (см)	-	16	-
	h_{min} (см)	-	-21	-
	Дата	-	12	-
	h_{max} (см)	-	39	-
	Дата	-	29	-
о-ва Известий ЦИК	h_{cp} (см)	-	21	24
	σ_h (см)	-	13	13
	h_{min} (см)	-	0	-2
	Дата	-	11,13	29
	h_{max} (см)	-	53	53
	Дата	-	29	2

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) колебания уровня моря происходили в основном на повышенном фоне. В июле на станции о. Диксон колебания уровня происходили около среднегодовой отметки, но в августе уровень повысился. Наименьшее значение уровня моря здесь наблюдалось 26 сентября и составило -47 см.



Наибольшее значение уровня моря наблюдалось 16 сентября и составило +68 см. На станции Сопочная Карга явное падение уровня моря наблюдалось в августе, когда среднемесячное значение составило +6 см. Наименьшее значение уровня моря наблюдалось 24 сентября (-57 см). Стоит отметить, что на станции Сопочная Карга 9 сентября наблюдался аномально высокий подъём уровня – на 224 см выше среднемноголетнего значения. Исходя из архивных данных, подобный нагон на станции наблюдался 23 июня 1979 года, когда уровень моря достигал отметки +208 см, а также 21 июня 1994 года, когда наблюдался подъём до +201 см. Можно утверждать, что такой значительный подъём уровня был обусловлен анемобарической ситуацией, наблюдавшей в Карском море. 8-9 сентября через северную часть Карского моря проходил глубокий циклон с высокоградиентным полем давления в тыловой части. Сильные ветра северо-западного направления в сочетании с пониженным давлением и обусловили, наблюдавшийся подъём уровня.

На станции мыс Стерлегова стабильные наблюдения происходили только в августе. Средний уровень моря в августе здесь составил +5 см. На станции ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) наблюдения были очень обрывочными и практически не проводились. Со станции о-ва Известий ЦИК имеются данные в августе и сентябре. Уровень моря в эти месяцы здесь был довольно высок. Минимальное значение уровня моря, зафиксированное 29 сентября составило всего -2 см. Максимум уровня – +53 см наблюдался 29 августа и 2 сентября.

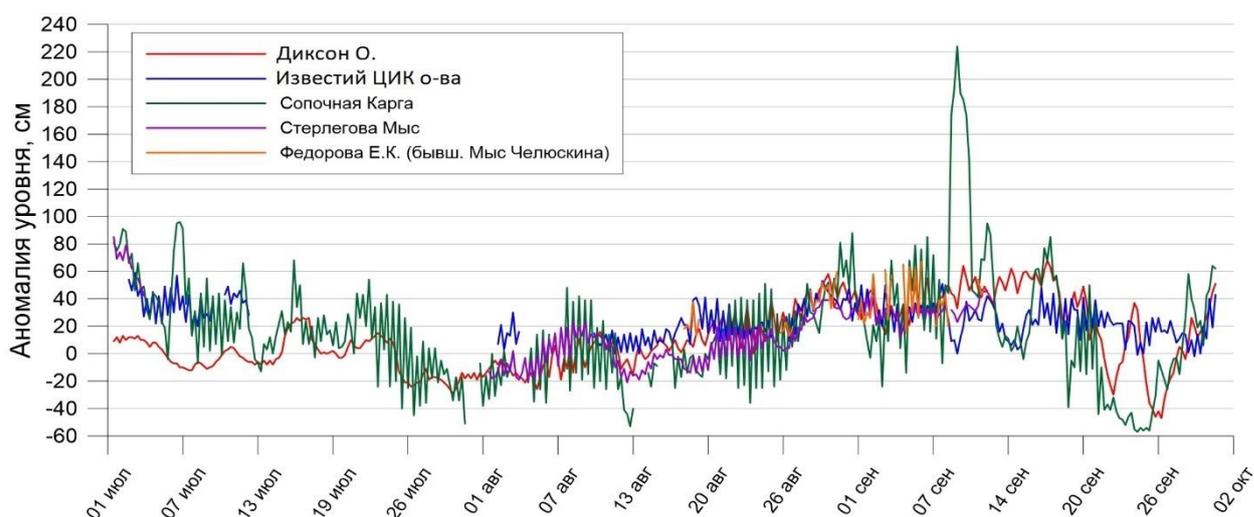


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в июле – сентябре 2024 г.

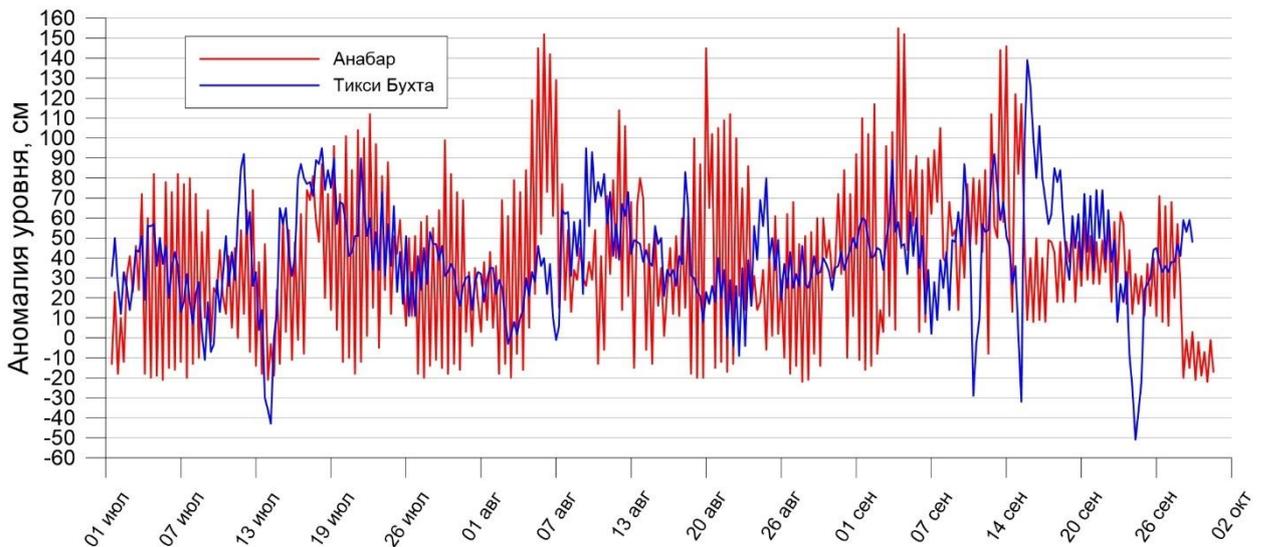


Рис. 3.2.3 Колебания уровня в южной части моря Лаптевых (Анабар и Тикси) в июле – сентябре 2024 г.

На юго-западе моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.3, табл. 3.2.4) колебания уровня происходили на повышенном фоне. Значения уровня моря в июле были низкими по сравнению с августом и сентябрём. В августе максимум уровня составил +152 см (6 августа), а в сентябре — +155 см (4 сентября). Минимальный уровень не опускался ниже отметки –22 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. Также как и на станции Анабар, здесь наблюдались довольно высокие значения уровня моря: в июле — +40 см, в августе — +37 см, а в сентябре — +46 см. Минимальное значение уровня моря здесь наблюдалось 26 сентября (-51 см), а максимальное — 17 сентября (+139 см).

На востоке моря Лаптевых по данным станции мыс Кигилях (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) в течение июля происходил постепенный подъём уровня моря. В июле среднемесячное значение здесь составило +11 см, а в августе — +22 см. Во второй половине сентября вновь произошло падение уровня моря, и среднемесячное значение сентября составило +16 см. Максимум уровня моря здесь наблюдался 25 июля (+30 см), а минимум — 4 и 6 июля (-8 см).



Таблица 3.2.4

**Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря
Лаптевых в июле – сентябре 2024 г.**

Станция	Хар-ки	Месяц		
		июль	август	сентябрь
Анабар	h_{cp} (см)	30	40	44
	σ_h (см)	38	42	40
	h_{min} (см)	-21	-22	-22
	Дата	5,14	27	30
	h_{max} (см)	112	152	155
	Дата	22	6	4
м. Кигилях	h_{cp} (см)	11	22	16
	σ_h (см)	10	3	6
	h_{min} (см)	-8	13	3
	Дата	4,6	2,5	26
	h_{max} (см)	30	29	28
	Дата	25	12,16,19	9,15
пр. Санникова	h_{cp} (см)	30	28	27
	σ_h (см)	17	11	12
	h_{min} (см)	-12	1	4
	Дата	16	23	24
	h_{max} (см)	66	63	68
	Дата	19	23	16
о. Котельный	h_{cp} (см)	12	0	12
	σ_h (см)	21	20	20
	h_{min} (см)	-33	-33	-21
	Дата	8	12	23
	h_{max} (см)	52	48	67
	Дата	22,24	21	6
Тикси	h_{cp} (см)	40	37	46
	σ_h (см)	26	21	31
	h_{min} (см)	-43	-9	-51
	Дата	15	24	26
	h_{max} (см)	95	95	139
	Дата	19	11	17

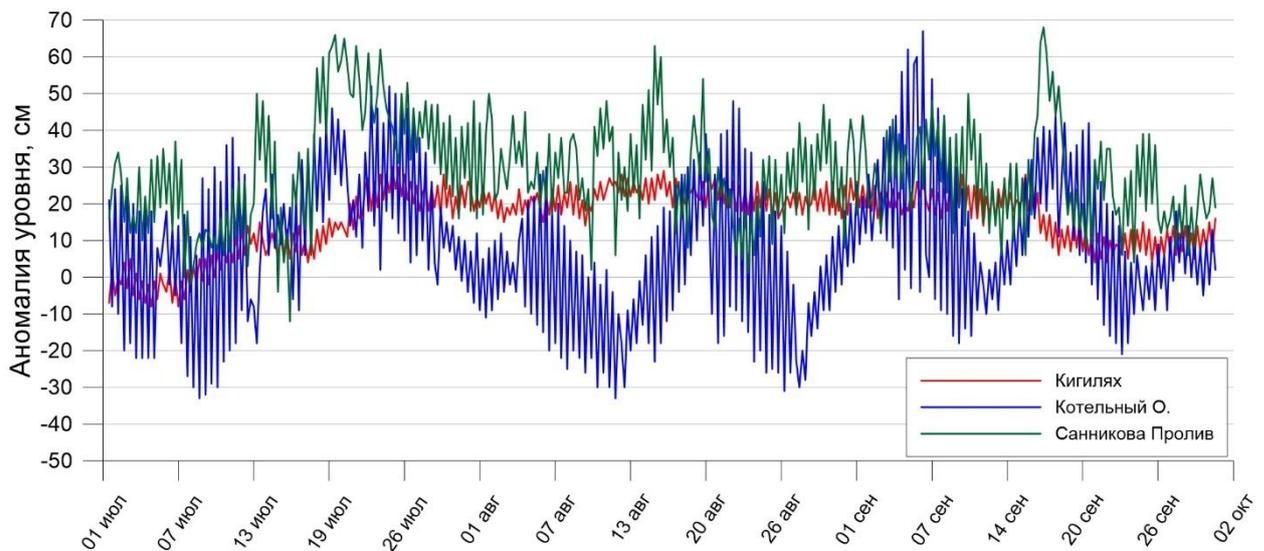


Рис. 3.2.4. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле – сентябре 2024 г.

По данным станции пр. Санникова колебания уровня моря происходили на повышенном фоне. Как и на южных станциях, среднемесячные значения были довольно высокими и составили в июле — 30 см, в августе — 28 см, в сентябре — 27 см. Максимальное значение уровня моря здесь наблюдалось 16 сентября и составило +68 см.

На станции о. Котельный средний уровень моря был несколько ниже. В июле и сентябре он составил +12 см, а в августе произошло понижение уровня моря до отметки среднемноголетнего значения. Максимум уровня моря здесь был зафиксирован 6 сентября — 67 см.

3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей

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 2024 г. Расчеты и прогнозы ветрового волнения осуществлялись по авторской технологии, основанной на спектрально-параметрической модели (СПМ) ветрового волнения АНИИ (AARI-PD2). В 2010 г. данная технология была представлена на ЦМКП и решением комиссии рекомендована к использованию в АНИИ 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 2024 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Самыми штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн в этот период составила более 6,5 м (20 сентября на 06 ч и 27 сентября на 00, 06, 12 и 18 ч), что на 1,5 м выше, чем в 2023 г.

Таблица 3.3.1

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

Месяц	Высота волн, м						
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7
Июль	1	14	11	2	3	–	–
Август	1	15	8	6	1	–	–
Сентябрь	–	1	6	9	3	7	4
Итого	2	30	25	17	7	7	4

На рисунке 3.3.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря 27 сентября 2024 г. на 12 ч UTC.

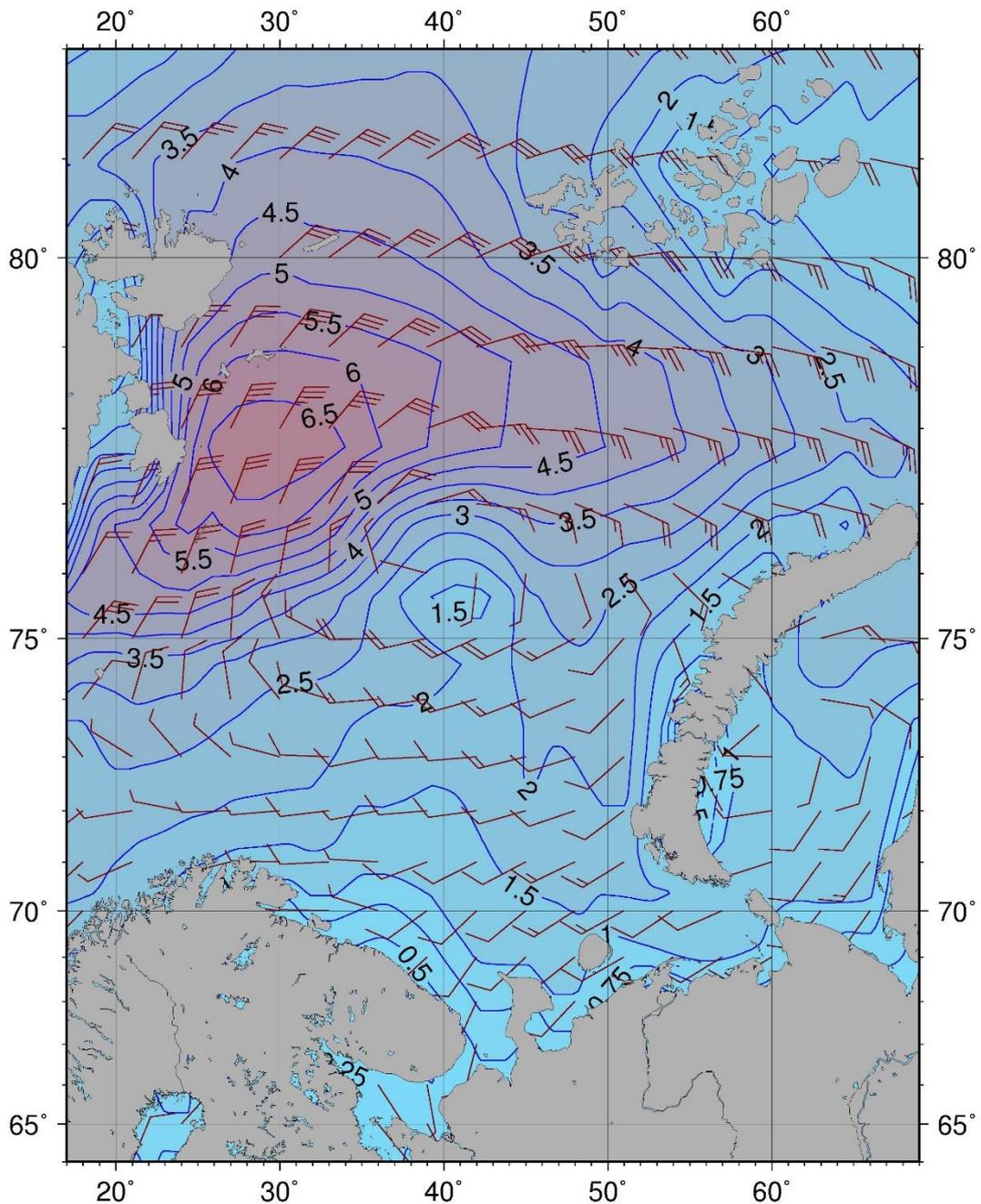


Рисунок 3.3.1 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 12 ч UTC 27 сентября 2024 г.

В Карском море (табл. 3.3.2) в третьем квартале 2024 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн более 5,5 м (на 1 м выше, чем в 2023 г.) была рассчитана 8 сентября на 18 ч и 9 сентября на 00 ч. Карское море в 2024 г. стало открываться лишь в начале июля, а в середине августа полностью очистилось ото льда. К концу сентября граница области чистой воды в Карском доходила до 82-83° с.ш.



Таблица 3.3.2

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Карском море в третьем квартале 2024 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль (с 7 июля)	7	16	2	–	–	–
Август	–	23	6	2	–	–
Сентябрь	–	2	16	5	4	3
Итого	7	41	24	7	4	3

На рисунке 3.3.2, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Карского моря на 18 ч UTC 8 сентября 2024 г.

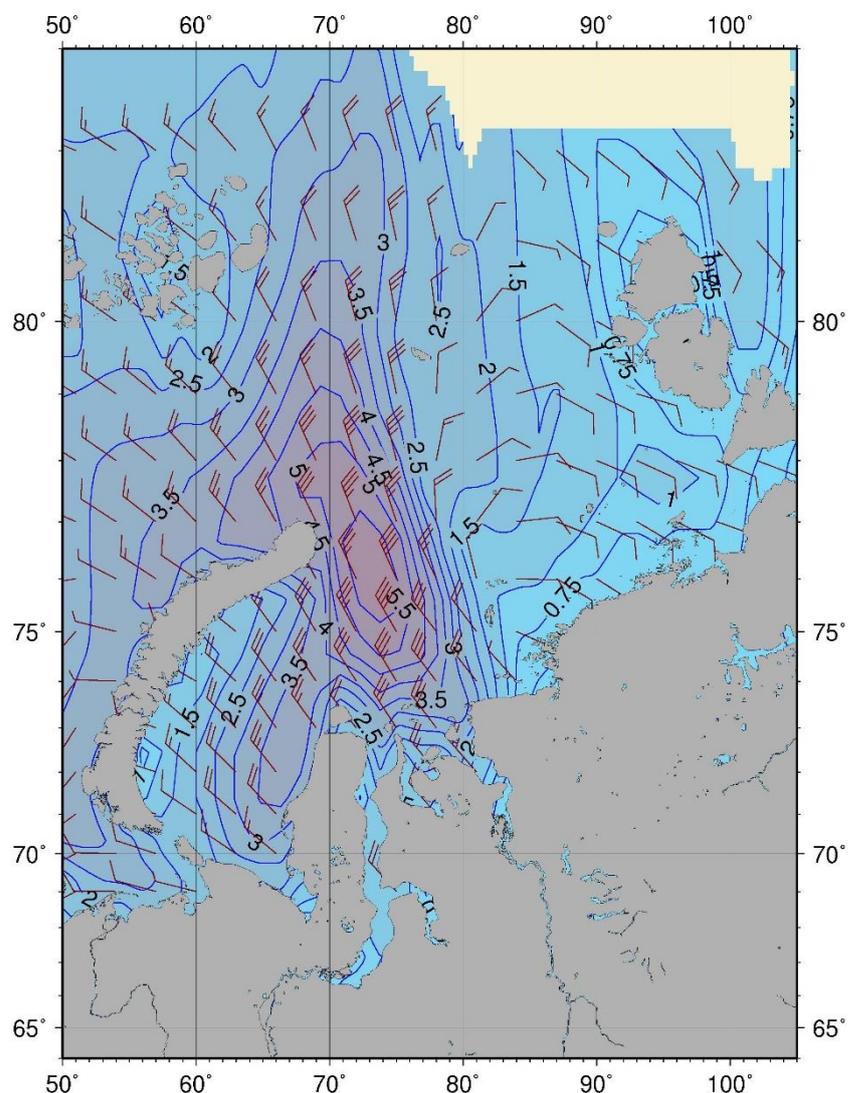


Рисунок 3.3.2 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Карском море на 18 ч UTC 8 сентября 2024 г.

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 3.3.3 – 3.3.5, в третьем квартале 2024 г. в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском преобладало волнение от 1 до 2 м, а в Чукотском море от 2 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем в море Лаптевых стал сентябрь, а в Восточно-Сибирском и Чукотском морях август.

Наибольшая расчетная высота волны в море Лаптевых составила более 4,0 м (13, 14, 16 и 18 сентября). Это значение на 1,5 м ниже, чем в 2023 г.

Наибольшая расчетная высота волны в Восточно-Сибирском море составила более 3,0 м (13, 20 и 27 августа). Это значение на 1,5 м ниже, чем в 2023 г.

Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила более 4,5 м (4 августа), что на 1 м выше, чем в 2023 г.

Таблица 3.3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в море Лаптевых в третьем квартале 2024 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	3	22	5	1	–
Август	4	15	12	–	–
Сентябрь	–	11	11	4	4
Итого	7	48	28	5	4

Таблица 3.3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2024 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	7	24	–	–
Август	3	12	13	3
Сентябрь	1	15	14	–
Итого	11	51	27	3

Таблица 3.3.5

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Чукотском море в третьем квартале 2024 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	5	15	10	1	–
Август	–	3	23	4	1
Сентябрь	1	18	9	2	–
Итого	6	36	42	7	1

Море Лаптевых стало открываться во второй декаде июня. В начале июля на море образовались две большие области чистой воды, а к концу августа море Лаптевых полностью



освободилось ото льда. В сентябре граница области чистой воды в море Лаптевых доходила до 78–80°с.ш.

Восточно-Сибирское море стало открываться в конце июня - начале июля. К середине августа открылась западная часть моря, а к концу сентября все море было открыто. Граница области чистой воды в Восточно-Сибирском море в сентябре менялась от 75 до 77° с. ш.

В Чукотском море в начале июля свободными ото льда были южная и восточная части моря. К концу августа море было открыто от 72 до 75°с.ш., а в конце сентября граница области чистой воды дошла до 77° с. ш., но при этом в юго-западной части моря еще оставался лед.

Таким образом, моря восточной Арктики в третьем квартале 2024 г. были наиболее открыты в сентябре.

На рисунке 3.3.3, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s для морей восточной Арктики на 12 ч UTC 18 сентября 2024 г.

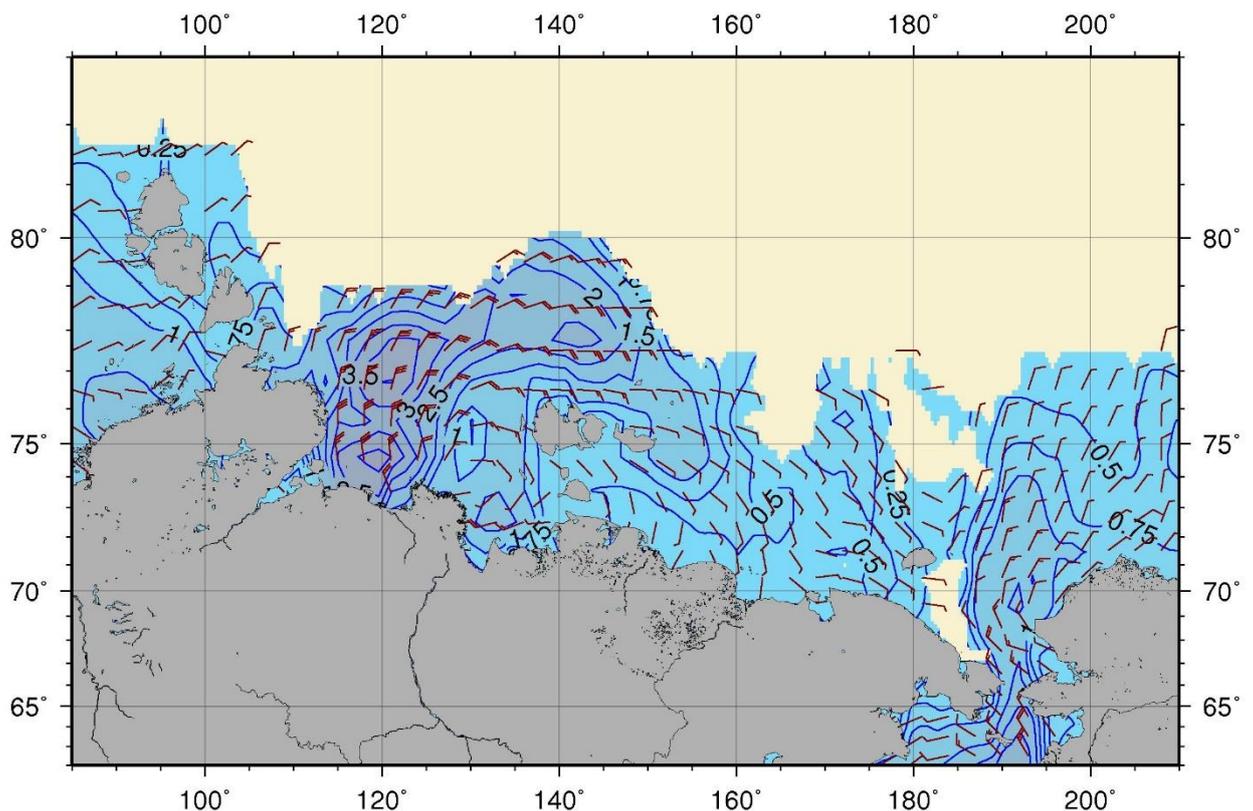


Рисунок 3.3.3 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях восточной Арктики на 12 ч UTC 18 сентября 2024 г.