

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



ISSN 2618-673X (Print)

ISSN 2618-6721 (Online)

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
А Р К Т И Ч Е С К И Й
И А Н Т А Р К Т И Ч Е С К И Й
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И Н С Т И Т У Т

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов
в Северной полярной области

2024



Санкт-Петербург, 2024

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

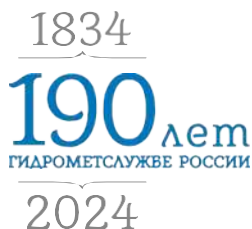


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ



**ОБЗОР
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В СЕВЕРНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ
2024**

*Под редакцией
д-ра геогр. наук А.С. Макарова*



Санкт-Петербург
АНИИ
2024

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северной полярной области, Северном Ледовитом океане и его морях в 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 станциях и НИС «Ледовая база Мыс Баранова».

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

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария за период январь — декабрь 2024 г	6
2. Ледовые условия и процессы на акватории Северного Ледовитого океана и его морей.....	16
2.1. Развитие ледовых условий в зимний период (январь — март).....	17
2.2. Развитие ледовых условий в весенний период (апрель — июнь)	28
2.3. Развитие ледовых условий в летний период (июль — сентябрь).....	39
2.4. Развитие ледовых условий в осенний период (октябрь — декабрь).....	49
2.5. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек	61
3. Гидрологические условия на акватории Северного Ледовитого океана и его морей	72
3.1. Термохалинные условия.....	72
3.2. Уровень арктических морей.....	76
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	83
3.4. Обзор распределения гидрохимических характеристик	88
Заключение	102

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в 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 станциях, научно-исследовательских судах (НИС) и научной обсерватории «Ледовая база 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 лаборатории долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный — зав. лабораторией канд. геогр. наук В.В. Иванов).

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

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

Общее руководство подготовкой обзора осуществлялось директором ААНИИ д-ром геогр. наук А.С. Макаровым.

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

В составлении обзора принимали участие ведущие специалисты ААНИИ:

В.В. Иванов, заведующий лабораторией (п. 1.1);

Г.А. Алексеенков, начальник отдела (п. 1.1);

А.В. Юлин, заведующий лабораторией (п. 2.1 — 2.4);

В.М. Смоляницкий, заведующий лабораторией (п. 2.1 — 2.4);

Е.А. Павлова, научный сотрудник (п. 2.1 — 2.4);

Д.М. Демчев, ведущий инженер (п. 2.1 — 2.4);

М.Ю. Кулаков, старший научный сотрудник (п. 2.1 — 2.4);

А.Б. Тимофеева, научный сотрудник (п. 2.1 — 2.4);

Т.В. Шевелева, младший научный сотрудник (п. 2.1 — 2.4);

Н.В. Беляева, начальник сектора (п. 2.5);
Е.С. Лазуткина, ведущий инженер (п. 2.5);
М.А. Ступичева, ведущий инженер (п. 2.5);
М.С. Махотин, - заведующий лабораторией (п. 3.1);
Н.В. Лебедев, научный сотрудник (п. 3.1);
И.М. Ашик, заместитель директора (п. 3.2);
В.А. Меркулов, научный сотрудник (п. 3.2);
В.И. Дымов, научный сотрудник (п. 3.3);
Н.П. Яковлева, главный специалист (п. 3.3)
А.Е. Новихин, научный сотрудник (п. 3.4);
Н.К. Алексеева, научный сотрудник (п. 3.4);
А.В. Весман, младший научный сотрудник (п. 3.4);
А.Д. Морковских, инженер ОПК (п. 3.4).

1. МОНИТОРИНГ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛЯРНОМ РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ЗА ПЕРИОД ЯНВАРЬ — ДЕКАБРЬ 2024 г.

В настоящем разделе приводятся основные результаты мониторинга развития атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба и связанных с ними изменений метеорологических условий в полярном районе Северного полушария за период с января по декабрь 2024 г.

При анализе крупномасштабных процессов 2024 г. учитывались развитие и перестройка общей циркуляции атмосферы (ОЦА), местоположение центра планетарного циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа, географическая ориентация планетарной фронтальной зоны, состояние длинных термобарических волн, развитие стационарных циклонов и антициклонов (центров действия атмосферы), траектории фронтальных циклонов и антициклонов. Оценка пространственно-временной изменчивости процессов проводилась средствами комплексного аэросиноптического анализа термобарических полей в толще тропосферы путем выделения квазиоднородных циркуляционных периодов с однонаправленным развитием крупномасштабных процессов.

Особенности развития атмосферных процессов в 2024 г. представлены в виде годовых и среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма — А.А. Гирса (табл. 1.1 и рис. 1.1, 1.2), карт среднегодовых полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземных значений давления и температуры воздуха и их аномалии (рис. 1.3 — 1.8). Расчеты среднегодовых значений метеорологических показателей проводились по данным диагноза глобальной прогностической системы метеослужбы США (NOAA и NWS). Расчеты значений аномалии давления и температуры воздуха проводились относительно норм за период с 1991 по 2020 гг.

Для ретроспективного анализа климатических условий и периодов потепления и похолодания в полярном районе были использованы среднемесячные и среднегодовые значения аномалий температуры воздуха, рассчитанные в узлах регулярной сетки ($5 \times 10^\circ$) в зоне $70\text{—}85^\circ\text{с.ш.}$ вокруг всего арктического региона.

Анализ многолетней изменчивости годовых и средних месячных значений аномалий давления для центрального полярного района проводился по данным осредненных аномалий давления, рассчитанных в узлах регулярной сетки ($5 \times 10^\circ$) в полярной зоне $80\text{—}85^\circ\text{с. ш.}$, т.е. зоны наиболее частого влияния арктического антициклона в полярном районе.

В первом секторе Северного полушария в 2024 г., как и в прошлом году, в большинстве месяцев преобладали крупномасштабные атмосферные процессы восточной формы циркуляции. При этом число дней с меридиональной формой в этом году увеличилось на 17 дней.

Во втором секторе Северного полушария наибольшее число дней в году составили крупномасштабных атмосферных процессов меридионального типа M_2 .

По сравнению с прошлым годом возросло на 44 дня число дней с зональными процессами.

Отмеченные особенности в изменении крупномасштабных атмосферных процессов нашли отражение в метеорологических условиях как в целом для полярного района, так и морей российской Арктики.

Таблица 1.1

**Годовые значения числа дней с формами и типами циркуляции
и их отклонение от нормы в 2023 и 2024 гг.**

Год	Индекс циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	3	M ₁	M ₂
2024	108	86	172	100	111	155
2023	125	69	171	56	155	154
Разность	-17	17	1	44	-44	1

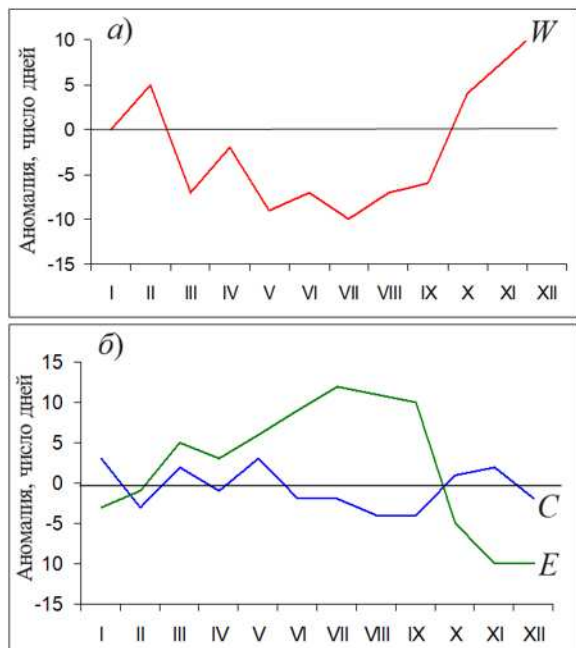


Рис. 1.1. Годовой ход среднемесячных значений аномалии числа дней с зональной (а) и меридиональными (б) формами циркуляции в атлантико-евразийском секторе в 2024 г. W — западная (зональная) форма, C — меридиональная форма, E — восточная (меридиональная) форма.

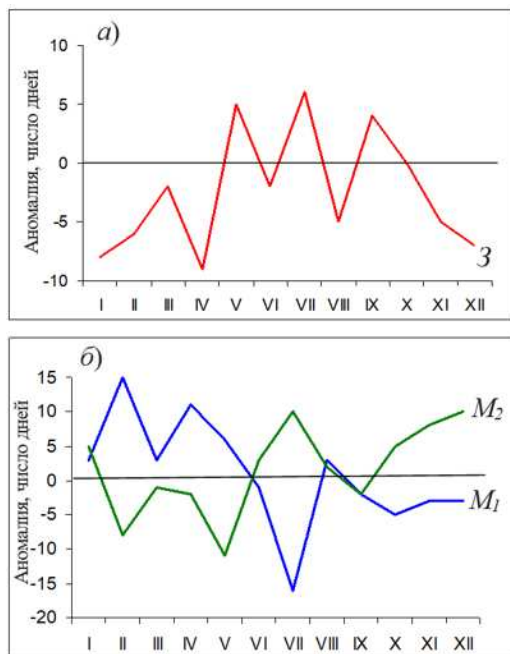


Рис. 1.2. Годовой ход среднемесячных аномалий числа дней с зональной (а) и меридиональными (б) формами циркуляции в тихоокеано-американском секторе в 2024 г. 3 — зональная форма, M_1 — первая меридиональная форма, M_2 — вторая меридиональная форма.

Средние за 2024 г. значения геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа и его аномалии относительно нормы представлены на рис. 1.3 и 1.4.

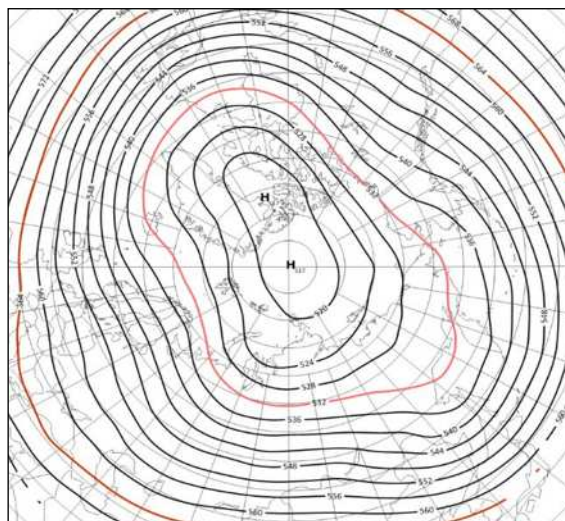


Рис. 1.3. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за период январь — декабрь 2024 г.

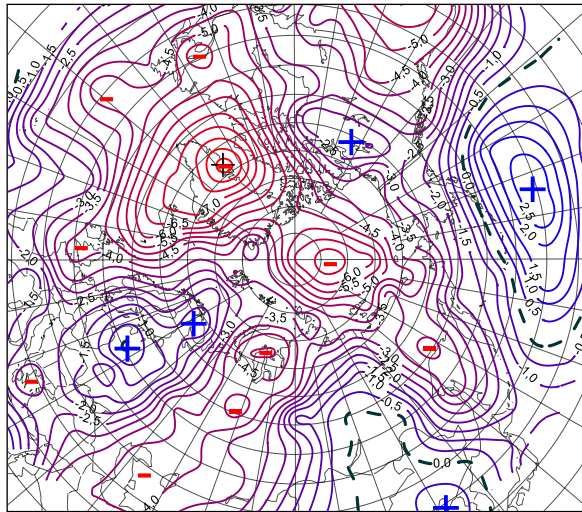


Рис. 1.4. Поле средней аномалии геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за период январь — декабрь 2024 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе полушария по среднегодовым данным в средней тропосфере на изобарической поверхности 500 гПа ось высотного гребня, блокирующего генеральный западный перенос воздушных масс в толще тропосферы, чаще всего формировалась над континентальной частью Европы (восточная форма циркуляции E). В зонах влияния высотных блокирующих гребней сформировались наиболее крупные положительные аномалии геопотенциала на изобарической поверхности 500 гПа (см. рис. 1.5). Вследствие такого характера макропроцессов в большинстве месяцев 2024 г. высотная фронтальная зона (ВФЗ) в атлантико-евразийском секторе Северного полушария располагалась чаще севернее своего многолетнего положения. В результате смещение циклонов в системах исландского минимума в полярный район происходило, по сравнению с нормой, по высокоширотным траекториям.

При высокой повторяемости высокоширотных траекторий приземных циклонов в системе исландского минимума отмечалось усиление циклонической деятельности в западном секторе полярного района и преобладание отрицательных аномалий давления (рис. 1.5 и 1.6).

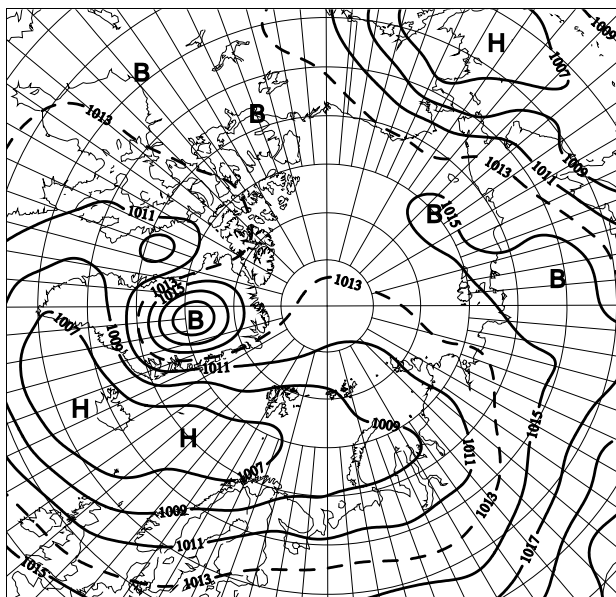


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (гПа) за период январь — декабрь 2024 г.

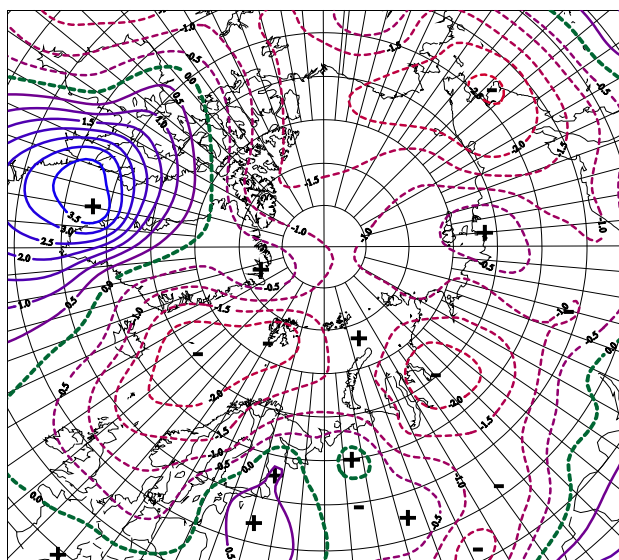


Рис. 1.6. Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за период январь — декабрь 2024 г.

Во втором (тихоокеано-американском) секторе полушария блокирующие гребни чаще формировались над восточной частью Тихого океана (меридиональная циркуляция типа M_2). В поле приземного давления циклоны в системах алеутского минимума чаще смещались по ВФЗ по траекториям близкими к норме через акваторию Берингова моря и далее в канадский сектор полярного района Арктики. При такой направленности крупномасштабных атмосферных процессов в восточном секторе полярного района

преобладали отрицательные аномалии давления (рис. 1.5 и 1.6).

Отмеченные особенности в направленности крупномасштабных атмосферных процессов в двух секторах Северного полушария в 2024 г. способствовали преобладанию адвекции теплых воздушных масс и формированию фона в полярном районе в среднем за год с положительными аномалиями температуры воздуха.

Наиболее крупные среднегодовые положительные аномалии температуры воздуха отмечались в западном секторе Арктики. Этот сектор внес наибольший вклад в формирование высокого температурного фона полярного района в 2024 г. (рис. 1.7).

При этом высокий фон с положительными аномалиями температуры воздуха в среднем по полярному району в 2024 г. оказался близок к среднему годовому значению 2023 г. (рис. 1.8).

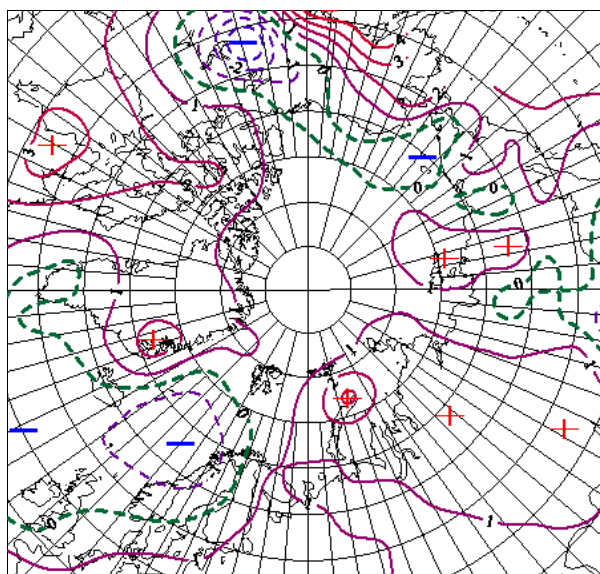


Рис. 1.7. Поле средней аномалии приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) за период январь — декабрь 2024 г.

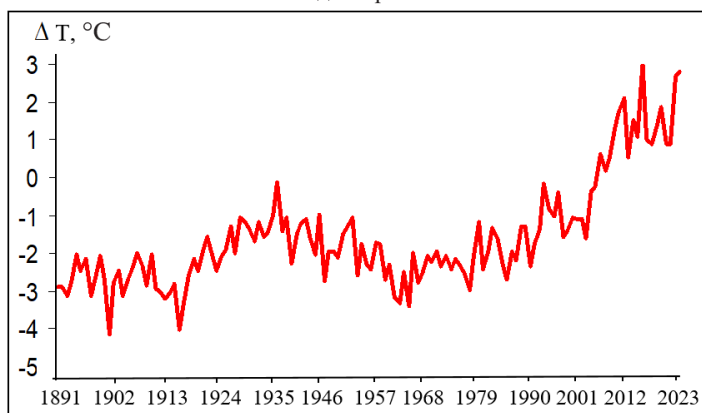


Рис. 1.8. Средние годовые значения аномалии температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в полярном районе (в широтном поясе 70 — 85° с.ш.) с 1891 по 2024 г.

Структурный анализ внутригодовых и внутримесячных особенностей развития атмосферных процессов в 2024 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (форма, тип циркуляции, их разновидности, направление воздушных потоков, давление и температура воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Анализ развития процессов показал, что в течение 2024 г. от месяца к месяцу отмечались частые изменения направленности развития крупномасштабных атмосферных процессов (см. рис. 1.1 и 1.2).

Внутри года выделен ряд стадий с однонаправленным развитием процессов, каждая из которых характеризуется разновидностью форм и типов циркуляции атмосферы в атлантико-евразийском и тихоокеано-американском секторах Северного полушария.

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с января по декабрь 2024 г. по среднемесячным данным выглядит следующим образом:

Январь – $(C+W)_{M_2} \rightarrow$ Февраль – $W_{M_1} \rightarrow$ Март – $E_{M_2} \rightarrow$
 Апрель – $E_{M_1} \rightarrow$ Май – $(E+C)_{3+M_1} \rightarrow$ Июнь – $E_{M_2} \rightarrow$
 Июль – $E_{3+M_2} \rightarrow$ Август – $E_{M_1} \rightarrow$ Сентябрь – $E_3 \rightarrow$
 Октябрь $W_{M_2} \rightarrow$ Ноябрь $W_{M_2} \rightarrow$ Декабрь – W_{M_2}

На рис. 1.9 представлены изменения средних месячных значений аномалии давления в центральном полярном районе Арктики в январе — декабре 2024 г.

Перестройки в направленности крупномасштабных атмосферных процессов в течение 2024 г. отразилась на изменении показателей аномалий давления и температуры в полярном районе.

В большинстве месяцев 2024 г. отмечалась активизация в полярном районе циклонической деятельности с понижением фона давления до отрицательных аномалий. Влияние наиболее глубоких циклонов из системы исландского минимума имело место в феврале, июле и августе 2024 г.

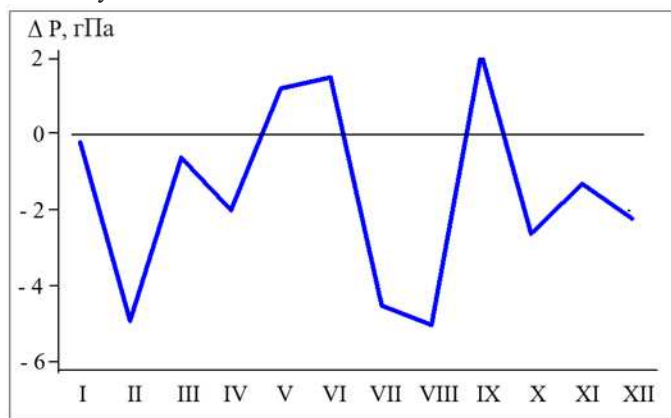


Рис. 1.9. Среднемесячные значения аномалии давления в январе — декабре 2024 г. в центральном полярном районе Арктики

Как уже отмечалось, преобладание отрицательных аномалий давления в среднем по полярному району во многом было обусловлено преобладанием высокоширотных траекторий циклонов, особенно, в атлантико-евразийском секторе Северного полушария.

Внутригодовые изменения среднемесячных значений аномалии температуры воздуха в Арктике в январе — декабре 2024 г. представлены на рис. 1.10.

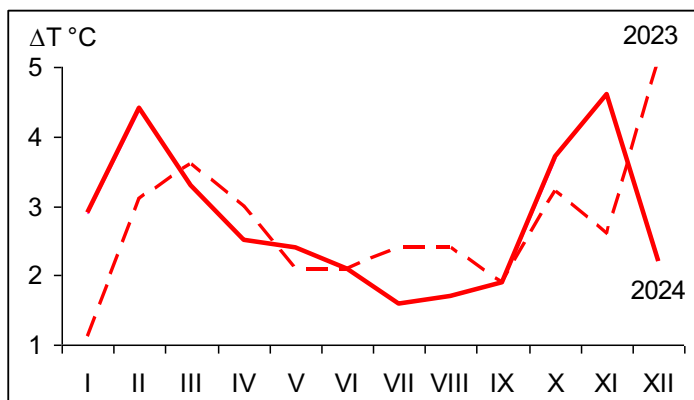


Рис. 1.10. Значения средних месячных аномалий температуры воздуха (°C) в полярном районе (в широтном поясе 70 — 85° с.ш.) в январе — декабре в 2023 и 2024 гг.

Из рисунка 1.1.10. видно, что во всех месяцах в 2024 года, как и в прошлом 2023 году, в полярном районе преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс.

В среднем за 2024 г. значение положительной аномалии температуры воздуха по полярному району близко к среднегодовому значению 2023 г.

Изменения среднегодовых значений аномалий температуры воздуха для акватории морей российской Арктики в 2023 и 2024 гг. приводятся на рис. 1.11.

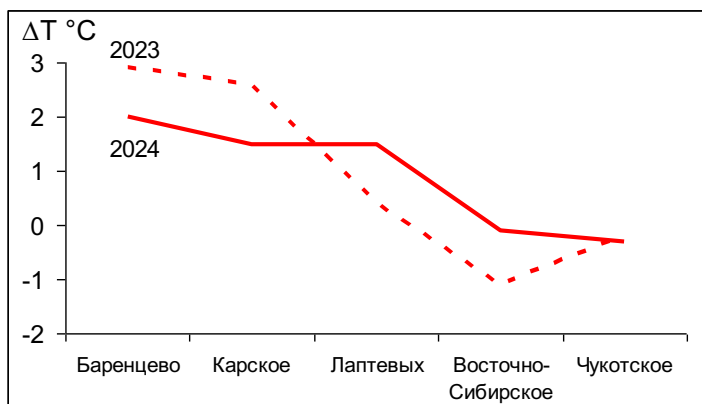


Рис. 1.11. Значения средних годовых аномалий температуры воздуха по акватории арктических морей Евразии в 2023 и 2024 гг.

На акватории всех российских арктических морей в 2024 г. преобладали положительные аномалии температуры воздуха. Наиболее высокие аномалии температуры отмечались на акватории Баренцева, Карского и Лаптевых морей, наиболее низкие значения аномалий близкие к норме – на акватории Чукотского и Восточно-Сибирского морей.

На трассе СМП арктических морей России в 2024 г., по сравнению с прошлым годом, фон температуры понизился в Карском и Баренцевом морях. Повышение температурного фона имело место в море Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря.

Отмеченные тенденции изменения температуры воздуха в полярном районе и арктических морях в течение 2024 г. в целом согласуются с перестройкой в направленности крупномасштабных атмосферных процессов и сменой направления преобладающих воздушных потоков. Наибольшие значения положительных аномалий температуры в полярном районе и его морей отмечались в холодные месяцы года под влиянием адвекции теплых воздушных масс из Северной Атлантики и Тихого океана.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в 2024 г. проводился по естественным стадиям однонаправленного развития процессов по 26 разновидностям элементарных синоптических процессов (ЭСП) атлантико-евразийского сектора Северного полушария.

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, что было обусловлено крупномасштабной перестройкой разновидностей атмосферных процессов в двух секторах Северного полушария. Разновидности основных форм циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария с типами циркуляции в тихоокеано-американском секторе для каждого ЭСП с января по декабрь 2024 г. представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Каталог макросиноптических процессов
по классификации Г.Я. Вангенгейма — А.А. Гирса с января по декабрь 2024 г.
с внутримесячной детализацией атмосферных процессов
по элементарным синоптическим процессам**

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

Окончание табл. 1.2

Апрель			Май			Июнь		
ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А
1—7	W	M ₁	1—9	C	3	1—6	E	3
8—13	E	M ₁	10—13	C	3	7—12	C	M ₂
14—16	E	M ₁	14—17	E	M ₁	13—15	W	M ₁
17—23	C	M ₂	18—20	E	3	16—20	E	M ₁
24—27	E	M ₂	21—31	E	M ₁	21—23	C	M ₂
28—30	E	M ₁				24—26	E	M ₁
						27—30	E	M ₁
Итого	W 7 (–2) C 7 (–1) E 16 (3)	3 0 (–9) M ₁ 19 (11) M ₂ 11 (–2)	Итого	W 0 (–9) C 13 (3) E 18 (6)	3 16 (5) M ₁ 15 (6) M ₂ 0 (–11)	Итого	W 3 (–7) C 9 (–2) E 18 (9)	3 6 (–2) M ₁ 15 (–1) M ₂ 9 (3)
Июль			Август			Сентябрь		
ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А
1—2	E	3	1—3	E	M ₁	1—4	E	M ₂
3—9	C	3	4—9	E	M ₂	5—8	E	M ₁
10—17	E	M ₂	10—12	C	M ₁	9—12	E	3
18—22	E	M ₂	13—16	E	M ₁	13—15	E	3
23—29	E	3	17—22	E	M ₁	16—19	W	3
30—31	C	M ₁	23—27	W	3	20—23	C	3
			28—31	E	3	24—27	E	3
						28—30	W	M ₁
Итого	W 0 (–10) C 9 (–2) E 22 (12)	3 16 (6) M ₁ 2 (–16) M ₂ 13 (10)	Итого	W 5 (–7) C 3 (–4) E 23 (11)	3 9 (–5) M ₁ 16 (3) M ₂ 6 (2)	Итого	W 7 (–6) C 4 (–4) E 19 (10)	3 19 (4) M ₁ 7 (–2) M ₂ 4 (–2)
Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А
1—5	C	3	1—5	C	M ₂	1—5	W	M ₂
6—8	W	M ₂	6—9	W	3	6—10	W	M ₂
9—12	E	M ₂	10—12	C	3	11—13	C	3
13—15	C	M ₂	13—17	W	M ₂	14—19	E	M ₂
16—23	W	3	18—20	W	M ₂	20—31	W	M ₂
24—28	W	M ₂	21—23	E	M ₂			
29—31	E	3	24—30	W	M ₂			
Итого	W 16 (4) C 8 (1) E 7 (–5)	3 0 (–16) M ₁ 10 (5) M ₂ 21 (11)	Итого	W 19 (8) C 8 (2) E 3 (–10)	3 7 (–5) M ₁ 0 (–3) M ₂ 23 (8)	Итого	W 22 (12) C 3 (–2) E 6 (–10)	3 3 (–7) M ₁ 0 (–3) M ₂ 28 (10)

Примечание. ЭСП — элементарный синоптический процесс; А—Е — атлантико-европейский сектор полушария; Т—А — тихоокеано-американский сектор полушария; в скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типами (3, M₁, M₂) атмосферной циркуляции.

2. ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ И ПРОЦЕССЫ НА АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА И ЕГО МОРЕЙ

Оценки развития ледовых условий в 2024 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, по данным экспедиционных исследований, проводимых в ААНИИ на ЛСП «Северный полюс» и научной обсерватории «Ледовая база Мыс Баранова», а также при осуществлении ряда международных проектов.

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5 и 50 % (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО «Глобальный банк цифровых данных по морскому льду» за 1945—2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945—1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960—1979 гг., Национального ледового центра США за 1972—2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968—1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970—2006 гг.).

Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2024 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду.

Со всей доступной исходной информацией можно ознакомиться на сайте ААНИИ по ссылке <http://wdc.aari.ru/datasets/>.

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

Для цветовой окраски карт использован стандарт ВМО (WMO/Std. 1215) для зимнего (по возрасту) и летнего (по общей сплоченности) периодов. В зонах стыковки карт ААНИИ и КЛС, НЛЦ наблюдается определенная несогласованность границ и характеристик ледовых зон вследствие ряда различий в ледовых информационных системах ААНИИ и КЛС, НЛЦ. Однако данная несогласованность не существенна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация доступна на сервере МЦД МЛ по адресам <http://wdc.aari.ru/datasets/d0004> (карты ААНИИ), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0031> (карты КЛС), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0032> (карты НЛЦ).

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

Для расчета аномалий площади льда в СЛО и его морях, аномалий интенсивности сокращения и нарастания льда в различные периоды года используются нормы, рассчитанные за весь доступный период микроволновых наблюдений за морским льдом в Северном полушарии с 1979 по 2024 г. На рис. 2.В.1 показаны положение и границы

квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

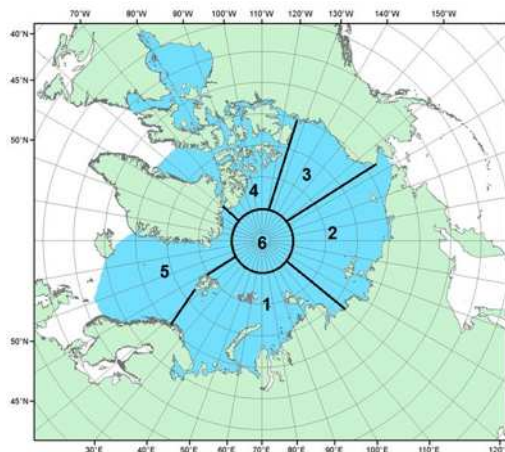


Рис. 2.В.1. Районы Северного Ледовитого океана.

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

2.1. РАЗВИТИЕ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД (ЯНВАРЬ — МАРТ)

Ледообразование в СЛО в предшествующий осенний период (2023 г.) началось в массиве старых и остаточных льдов в начале сентября. Во второй декаде сентября начальные льды появились на открытой воде среди островов Канадского Арктического архипелага. В третьей декаде сентября молодые льды вышли из границы старых и остаточных льдов и стали наблюдаться на чистой воде в виде полосы шириной от 50 до 100 миль между меридианами 90° в.д. и 150° в.д.

Ледообразование развивалось достаточно интенсивно. В конце октября ледообразование охватило северную часть Карского моря, северную и прибрежную части моря Лаптевых, всю акваторию Восточно-Сибирского моря, северную и прибрежную части Чукотского моря и большую часть акватории моря Бофорта. Основной особенностью ледообразования в осенний сезон 2023 г. стало его начало в сроки близкие к среднемуголетним в тех районах, в которых сохранились остаточные льды (северо-восточной части Карского и восточной части Восточно-Сибирского морей, северной части моря Бофорта), и более позднее начало в районах, которые были полностью свободны ото льда.

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

Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины сентября по

середину октября, составило около 1,9 млн км², что было очень близко к среднему многолетнему значению (1,8 млн км²) за длинный ряд наблюдений 1979—2023 гг.

В ноябре продолжалось интенсивное развитие ледообразования и увеличение площади молодых и однолетних льдов. В середине ноября молодыми льдами были покрыты все арктические моря, кроме Баренцева, юго-запада Карского и восточной части Чукотского. В этих морях сохранялись обширные зоны чистой воды. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины октября по середину ноября, составило 3,1 млн км², что на 38 % – значительно превысило среднемноголетние значения (2,2 млн км²).

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

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

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря 2023 г. составила 11,1 млн км² при норме 11,6 млн км², т. е. оказалась на 3,5 % меньше средних многолетних значений. Площадь распространения льдов в конце года в 2023 г. оказалась близка к среднему многолетнему значению за ряд наблюдений с 1978 по 2023 г.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градам на середину каждого месяца и поля среднемесячного дрейфа за период январь – март 2024 г. приведены рис. 2.1.1 – 2.1.9.

Близкое к среднемноголетним срокам начало ледообразования среди остаточных льдов и более позднее в тех морях, которые были полностью очищены ото льда, но вместе с тем большая его интенсивность в ноябре—декабре 2023 г., привели к быстрому увеличению площади ледяного покрова. В январе все арктические моря были покрыты дрейфующими и припайными льдами разного возрастного состава.

В середине января в Баренцевом, юго-западной части Карского, западной части Лаптевых, а также в Чукотском морях, преобладали молодые и однолетние тонкие льды. В остальных морях – в северо-восточной части Карского, восточной части Лаптевых, Восточно-Сибирском и Бофорта, начали преобладать однолетние средние льды (диапазон толщины 70—120 см). Однако в этих морях также сохранялось большое количество однолетних тонких льдов. Появление однолетних средних льдов (диапазон толщины 70—120 см) и их преобладание на акватории этих морей уже в середине января свидетельствует о большой интенсивности нарастания толщины ледяного покрова. В северной части Восточно-Сибирского моря, в Чукотском море и в море Бофорта в конце января начали появляться зоны с однолетними толстыми льдами (диапазон толщины более 120 см).

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

Становление и развитие припая вдоль побережья всех арктических морей, вокруг островов и проливов, происходило с запозданием по отношению к норме. Припай установился вдоль береговой черты всех морей российского сектора Арктики, вокруг архипелагов ЗФИ, Северная земля и Новосибирские острова, но развит был меньше среднеголетних размеров. В проливе Вилькицкого припай не установился. В проливах островов Канадского арктического архипелага припай установился средних размеров. Развитие заприпайных полыней в течение января было слабым (рис. 2.1.1).

Поле сплоченности льда было достаточно однородным. Преобладали сплоченные льды (сплоченность 9 –10 баллов). Границы дрейфующих льдов в Гренландском и Баренцевом морях были близки к своему среднеголетнему положению для января (рис. 2.1.2).

На рис. 2.1.1 приведено распределение льда по возрасту, а на рис. 2.1.2 — распределение льда по сплоченности на середину января 2024 г.

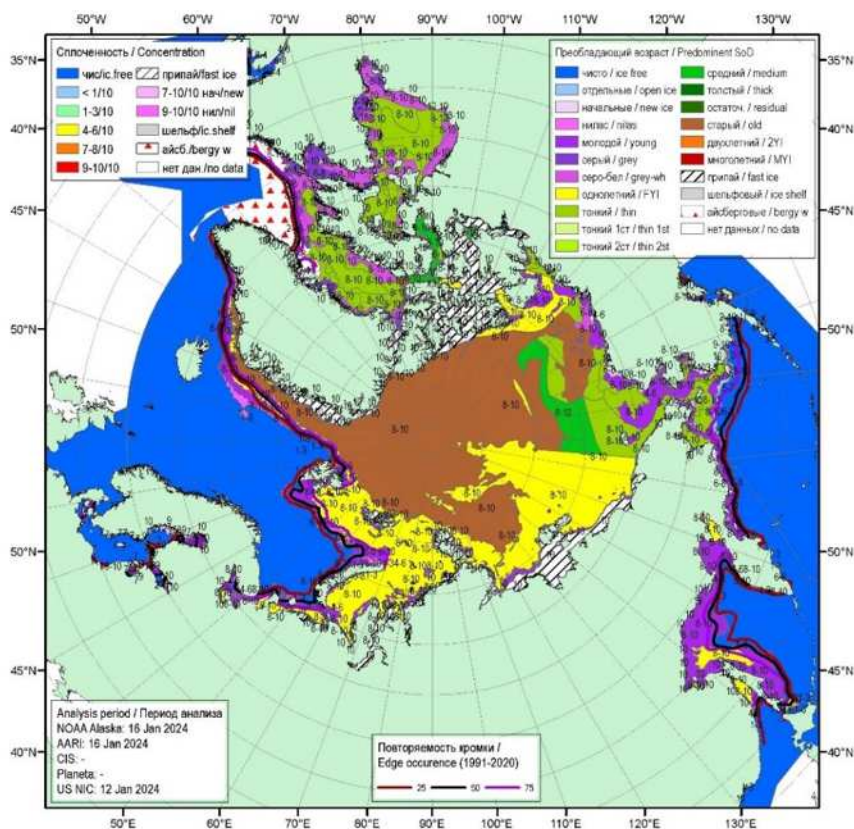


Рис. 2.1.1. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 12–16 января 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

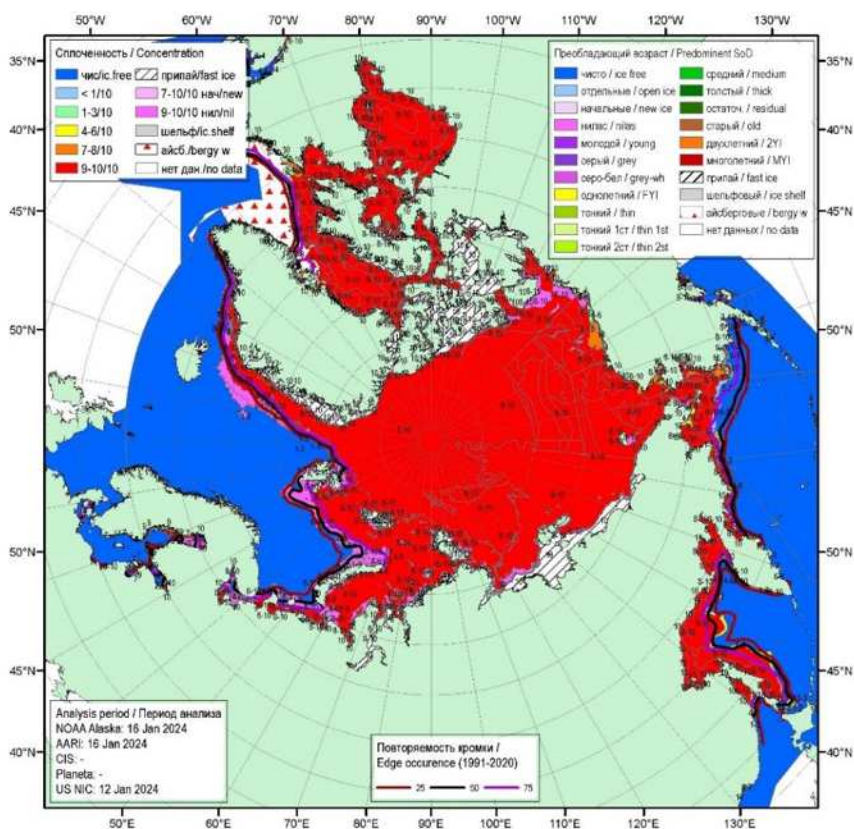


Рис. 2.1.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 12–16 января 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

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

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

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

Дополнительно к наблюдаемым традиционным структурам дрейфа в январе сформировался редкий восточный поток льдов, проходящий с запада на восток по акваториям моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Поток льдов из западной

и северной частью моря Лаптевых переносил их в восточную часть Восточно-Сибирского моря. Скорости дрейфа льдов в этом потоке составляли 2 – 4 км/сут (рис. 2.1.3).

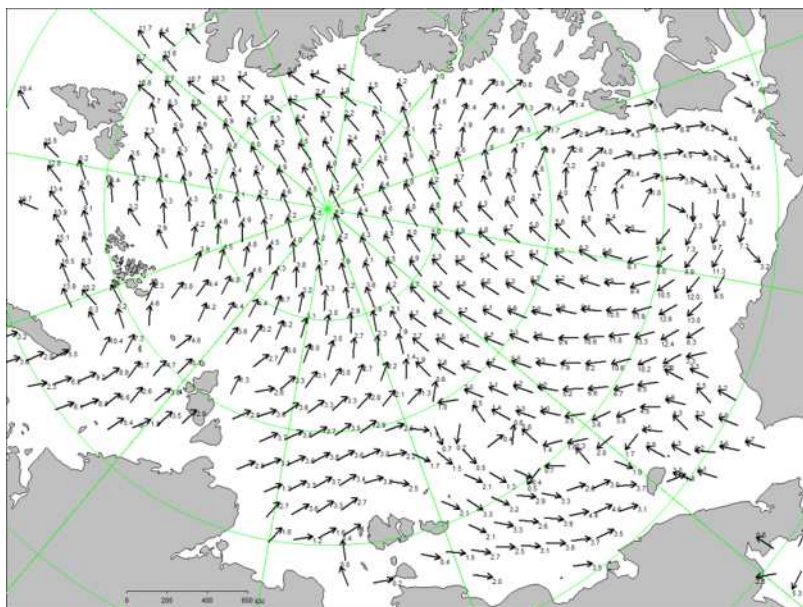


Рис. 2.1.3. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в январе 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

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

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

В северной части моря Лаптевых и на востоке моря Бофорта наблюдалось большое количество старых (двухлетних) льдов в виде обширных вытянутых языков, которые располагались во всех акваториях морей.

В морях западного района российского сектора Арктики (Баренцева, Карского, Лаптевых) до конца февраля появление однолетних толстых льдов (диапазон толщины более 120 см) не отмечалось. Такое незначительное распространение однолетних толстых льдов, является не характерным для февраля. В среднем в конце февраля количество однолетних толстых льдов уже сопоставимо по площади с более тонкими однолетними льдами. Это свидетельствует о малой интенсивности нарастания толщины льдов в течение

января и февраля (рис.2.1.4).

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

Основной массив старых льдов в СЛО был смещен в гренландский, канадский сектора и в приполюсный районы Арктики (рис 2.1.4).

Поле сплоченности льдов было достаточно однородным, что характерно для середины зимы. Преобладали сплоченные льды (сплоченность 9 – 10 баллов). Границы дрейфующих льдов в Гренландском и в западном районах Баренцева моря были близки к своему среднемугодовому положению для февраля, а в северо-восточной части близки к своему минимальному положению для данного периода года (рис. 2.1.5).

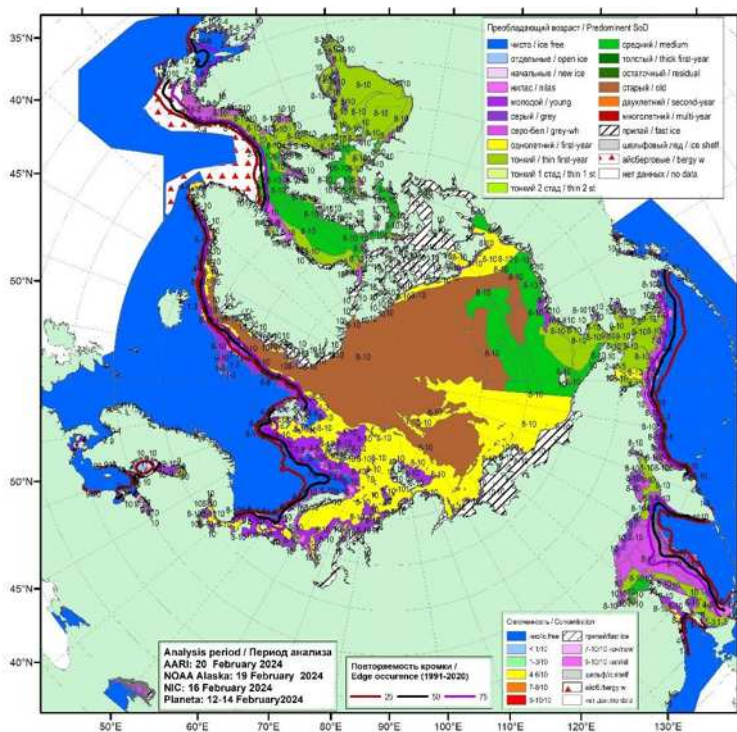


Рис. 2.1.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 13 – 21 февраля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

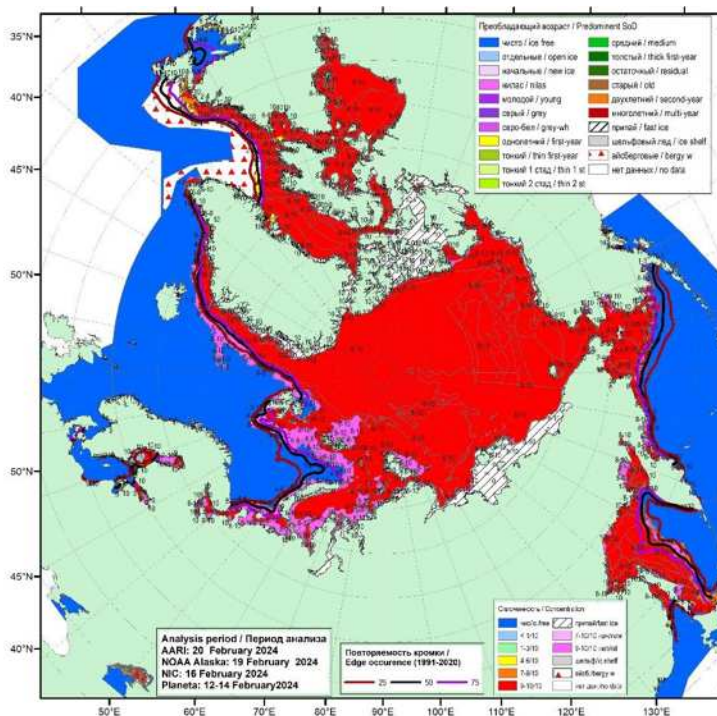


Рис. 2.1.5. Обзорная ледовая карта САО по сплоченности льда за 13 – 21 февраля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

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

Канадский антициклонический круговорот полностью отсутствовал. Вместо него в восточной части САО, наблюдался обширный восточный перенос льдов, который брал свое начало из северной части моря Лаптевых и переносил весь поток льдов в море Бофорта, в котором поток поворачивал вдоль побережья в Чукотское море и Берингов пролив (рис. 2.1.6).

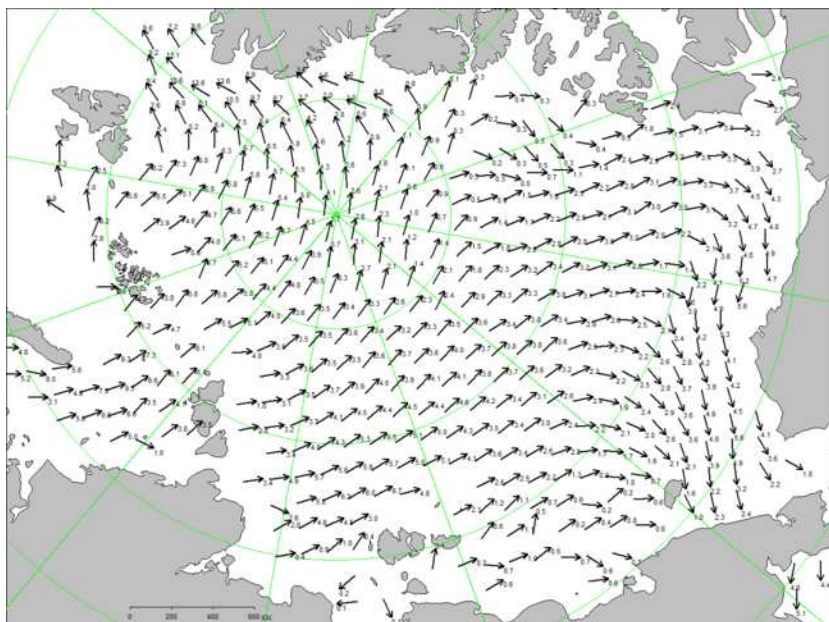


Рис. 2.1.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в феврале 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

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

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

В северных районах морей Восточно-Сибирского, Чукотского и Бофорта в течение марта зона однолетних средних льдов расширилась, но полного перехода к преобладанию однолетних толстых льдов не произошло. В этих морях преобладали однолетние средние льды. Подобная ситуация, когда в марте в восточных арктических морях еще не наблюдается преобладание однолетних толстых льдов, является нехарактерной и свидетельствует о слабом нарастании толщины ледяного покрова.

В возрастном составе льдов во всех российских арктических морях и в море Бофорта по-прежнему преобладал смешанный состав льдов. Также наблюдалось много однолетних тонких и молодых льдов в Баренцевом море и юго-западной части Карского моря. В юго-западной части Карского моря в середине марта только начали появляться однолетние средние льды. Молодые, однолетние тонкие и средние льды преобладали в северо-восточной части Карского и море Лаптевых. В морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта преобладали однолетние

средние, а в северных районах этих морей однолетние толстые льды.

Из-за постоянного выноса льдов в западной части моря Лаптевых не установился припай на восточных подходах к проливу Вилькицкого. Припай во всех российских арктических морях был развит меньше нормы (рис. 2.1.7).

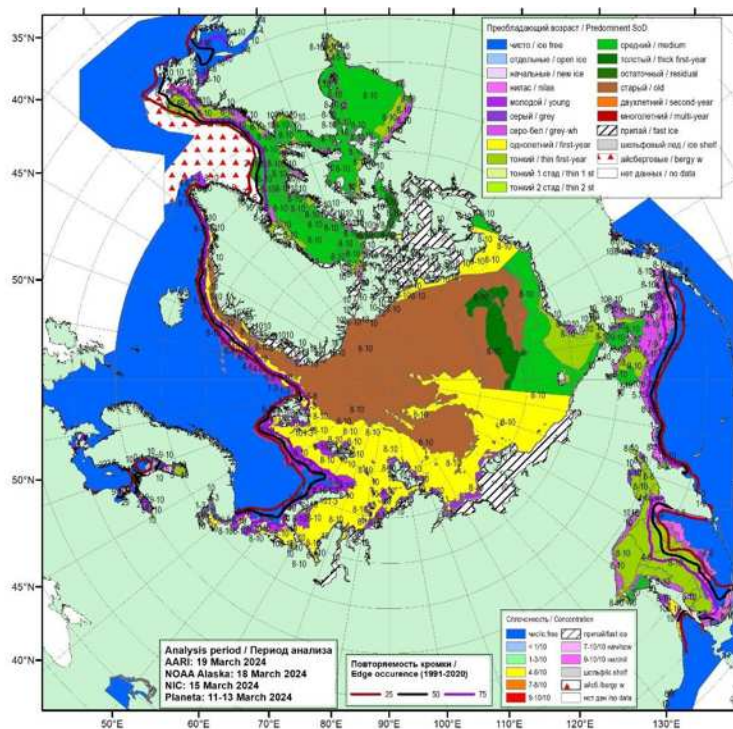


Рис. 2.1.7. Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту льда за 11–19 марта 2024г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В поле сплоченности наблюдалось большая однородность, характерная для холодных зимних месяцев, когда любая полынья или разрыв в ледяном покрове сразу покрывается начальными и молодыми льдами. В результате быстрого замерзания появившихся пространств чистой воды, в холодные месяцы всегда наблюдается лед сплоченностью 9—10 баллов, хотя толщина его может быть совершенно различной. Граница дрейфующих льдов в западном районе Арктики, в морях Гренландском и Баренцевом была близка к своему среднему многолетнему положению для марта (рис. 2.1.8).

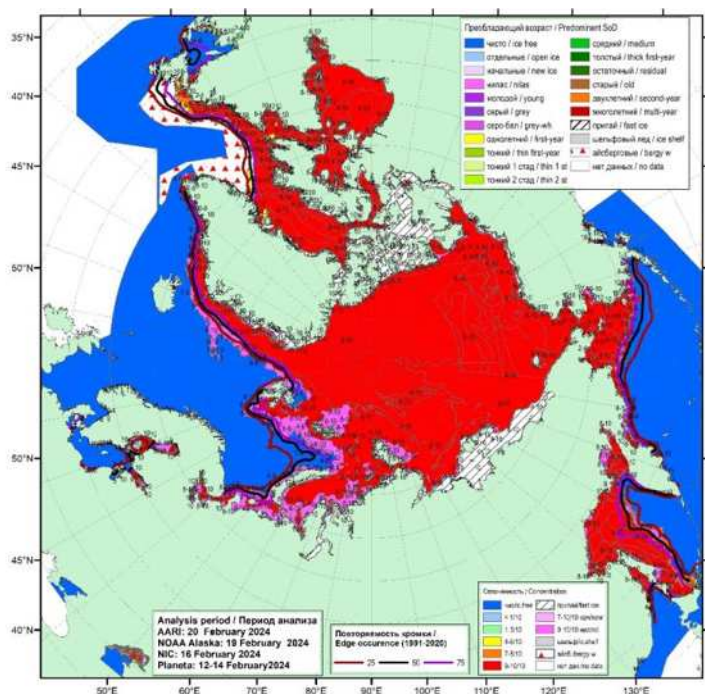


Рис. 2.1.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 11—19 марта 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В марте начало формироваться очень нетипичное поле дрейфа ледяного покрова, состоящее из единственной, но весьма обширной структуры – Трансарктического западного переноса льда, который представлял собой единый мощный поток льдов, и занимал всю акваторию СЛО. Канадский антициклонический круговорот полностью отсутствовал.

Обширный Трансарктический западный перенос, начинался из северных районов морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Далее, этот гигантский поток льда через приполюсный район выносился в пролив Фрама и в пролив между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Шпицберген. Скорости дрейфа в основном потоке были невысокими и составляли 3 – 5 км/сут. Скорости дрейфа существенно возрастали на подходе и при выносе льдов в пролив Фрама и между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Шпицберген до 10 – 15 км/сут. Подтверждением слабо развитого дрейфа льдов в СЛО и его морях может служить отсутствие заприпайных полыней в морях восточного района российского сектора Арктики. Результирующее поле среднемесячного дрейфа за март приведено на рис. 2.1.9.



Рис. 2.1.9. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в марте 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

Позднее начало ледообразования в российских арктических морях и небольшая интенсивность его нарастания привела к формированию отрицательных аномалий толщины припайного льда во всех российских арктических морях, кроме района архипелага Северная Земля и моря Лаптевых. По данным полярных станций в течение зимних месяцев отрицательная аномалия толщины льда сформировалась по всему побережью российских арктических морей. В Карском море аномалия составила $-10 \dots -20$ см, в районе архипелага Северная Земля и море Лаптевых, около нормы. По побережью восточной части Восточно-Сибирского моря и чукотскому побережью аномалии составили до -30 см. На рисунке 2.1.10 приведены результаты дистанционной оценки распределения толщины льда в российских арктических морях по данным ИСЗ CryoSAT-2 – SMOS за 20.03 – 26.03.2023 (AWI SIRAL).

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

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

Общее количество льдов в СЛО по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2024 г. составило 11,9 млн. км², что было очень близко к среднему многолетнему значению за длинный ряд наблюдений (с 1978 г.). Количество льдов, наблюдавшееся в СЛО в конце марта 2024 г. на 2 % превысило среднее многолетнее значение.

Сезонный ход изменения площади ледяного покрова в СЛО и его основных

секторах приведен на рис. 2.4.11 а-г. Необходимо отметить, что развитие ледяного покрова в СЛО в целом и в отдельных его секторах была близкой к среднемноголетним значениям за ряд наблюдений с 1978 – 2023 гг.

Нужно отметить, что если в начале января 2024 г. отрицательная аномалия общего количества льда в СЛО составила 3,5 %, то за первый квартал 2024 г. развитие площади ледяного покрова происходило более интенсивно и количество льдов в СЛО приблизилась к среднему многолетнему значению. Однако, если площадь льда в СЛО в первом квартале 2024 г. развивалась достаточно интенсивно, то толщина льдов в морях были значительно меньше среднемноголетних значений. Как показывает модельный расчет, объем накопленного в СЛО льда в марте 2024 г. занимал первое место по рангу минимумов (рис. 2.4.10).

2.2. РАЗВИТИЕ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД (АПРЕЛЬ — ИЮНЬ)

Распределение ледяного покрова по возрастным градациям и по сплоченности, а также поля среднемесячного дрейфа за каждый месяц за период с апреля по июнь 2024 г. приведены на рисунках 2.2.1 – 2.2.10.

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

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

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

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

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

Старые льды наблюдались в гренландском и канадском секторе СЛО, а также в приполюсном районе Арктики. Большое количество двухлетних льдов сохранялось в северной части морей Бофорта и Лаптевых в виде отдельных, вытянутых в меридиональном направлении протяженных зон (рис. 2.2.1).

В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась большая однородность. Преобладали сплоченные льды, что характерно для зимних месяцев в СЛО. Граница распространения ледяного покрова в морях Баренцевом, Гренландском, Баффина и Лабрадор была близка к среднему многолетнему положению, а в отдельных районах морей даже превышала его, приближаясь к своему экстремальному большому положению (рис. 2.2.2).

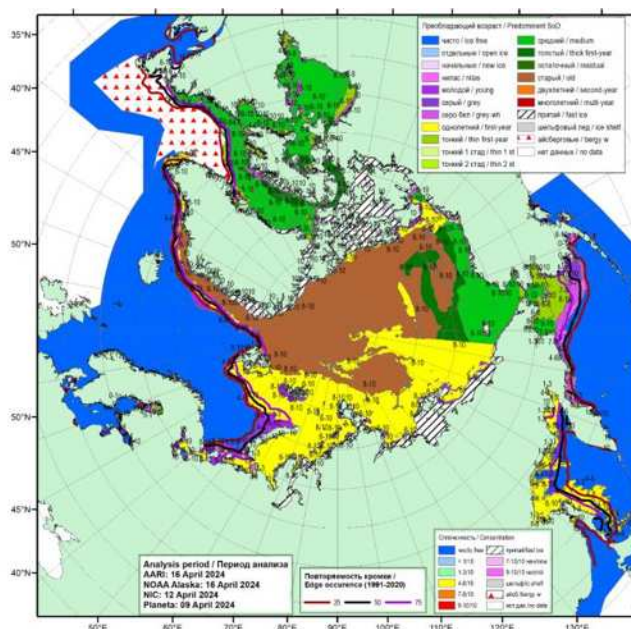


Рис. 2.2.1. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 9—16 апреля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

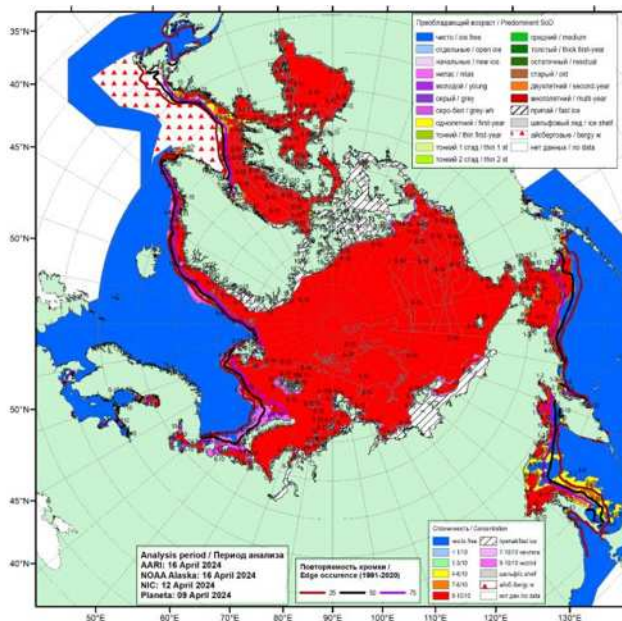


Рис. 2.2.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 9—16 апреля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Из основных структур дрейфа льда в СЛО в апреле были развиты Трансарктический перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот.

Скорости дрейфа льдов в этих структурах были незначительными и не превышали 5 км/сут.

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

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

Над морем Лаптевых был развит локальный циклонический круговорот, скорость дрейфа льда в котором не превышала 1–3 км/сут. (рис. 2.2.3).

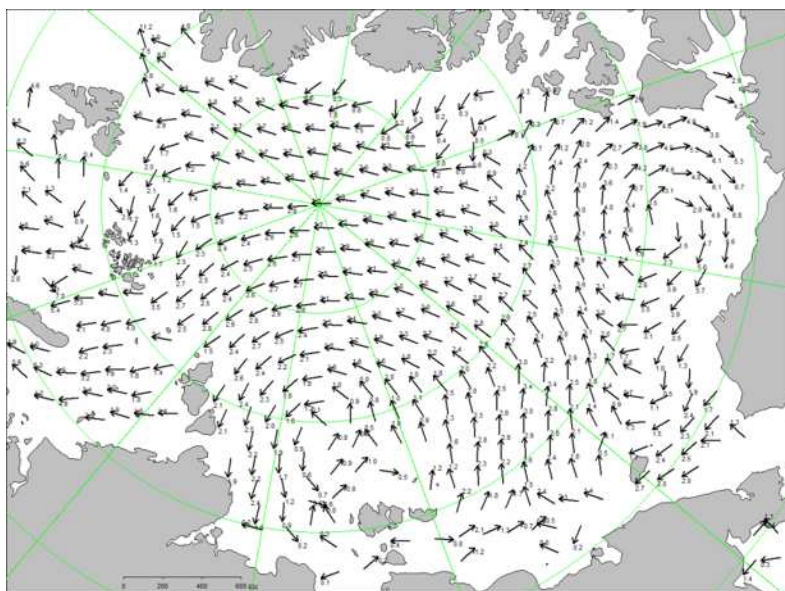


Рис. 2.2.3. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в апреле 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

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

Однолетние льды занимали весь российский сектор, около трети приполюсного района и две трети аляскинского сектора Арктики. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах Арктики и в значительной части приполюсного района. Из части приполюсного района со стороны побережья Евразии старые льды были в значительной степени вытеснены и замещены однолетними льдами. Два обширных, вытянутых в меридиональном направлении языки старых льдов наблюдались в морях Лаптевых и Бофорта (рис. 2.2.4).

Припай был развит слабо в морях западного района российского сектора Арктики и приближался к средним многолетним размерам в восточных секторе арктических морей. Наиболее обширный припай наблюдался в районе Новосибирских островов, в западной части Восточно-Сибирского моря и между островами Канадского арктического архипелага. Заприпайные полыньи не имели большого развития и наблюдались в Карском и Лаптевых морях, практически полностью отсутствовали в Восточно-Сибирском и Чукотском морях. (рис. 2.2.4).

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

Отсутствие крупных и развитых заприпайных полыней в арктических морях в мае 2024 года привело к тому, что не произошло формирования крупных очагов очищения, которые были характерны для развития ледовых условий в предыдущие годы (рис. 2.2.5).

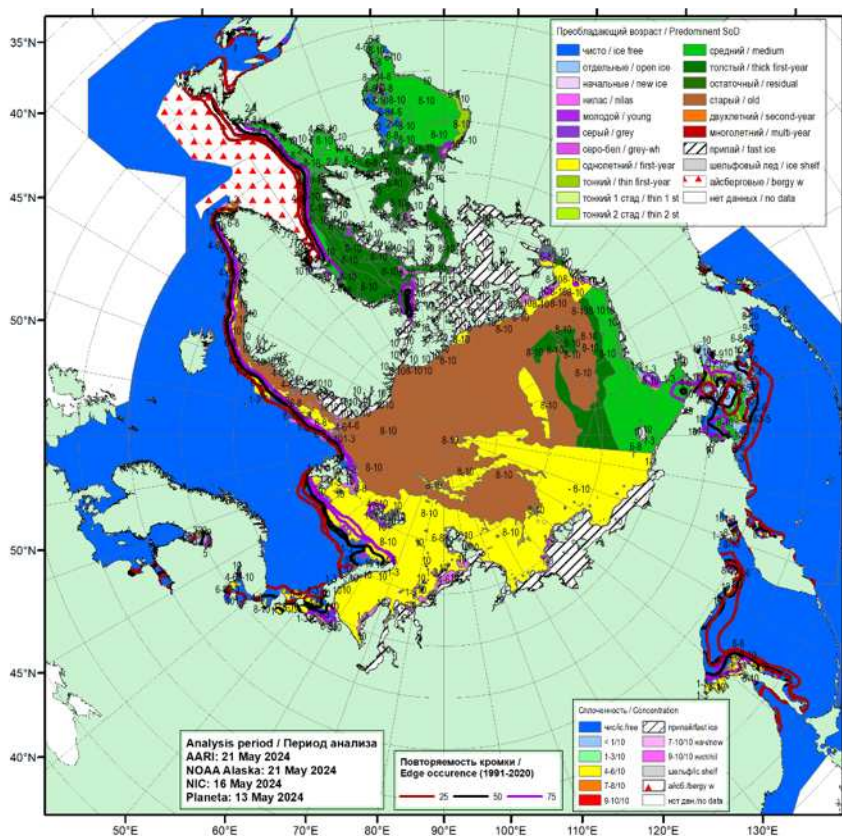


Рис. 2.2.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 13—21 мая 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

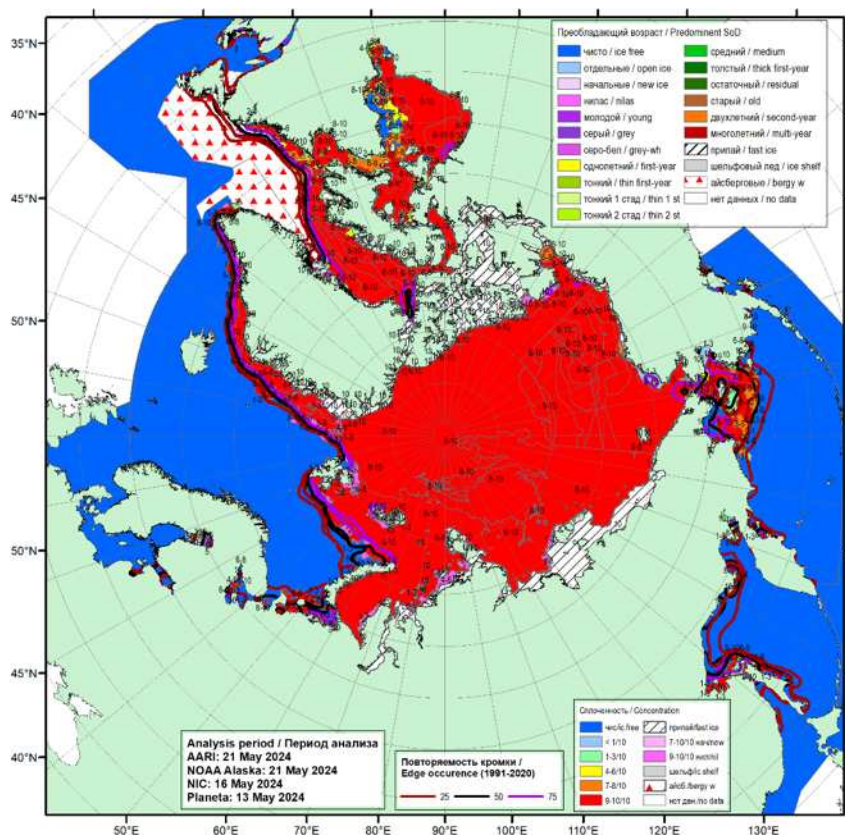


Рис. 2.2.5. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13—21 мая 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

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

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

Канадский антициклонический круговорот значительно уменьшился в размерах. Его центр располагался в северной части моря Бофорта. Скорости дрейфа льда в круговороте также уменьшилась и составляла менее 5 км/сут. (рис. 2.2.6).

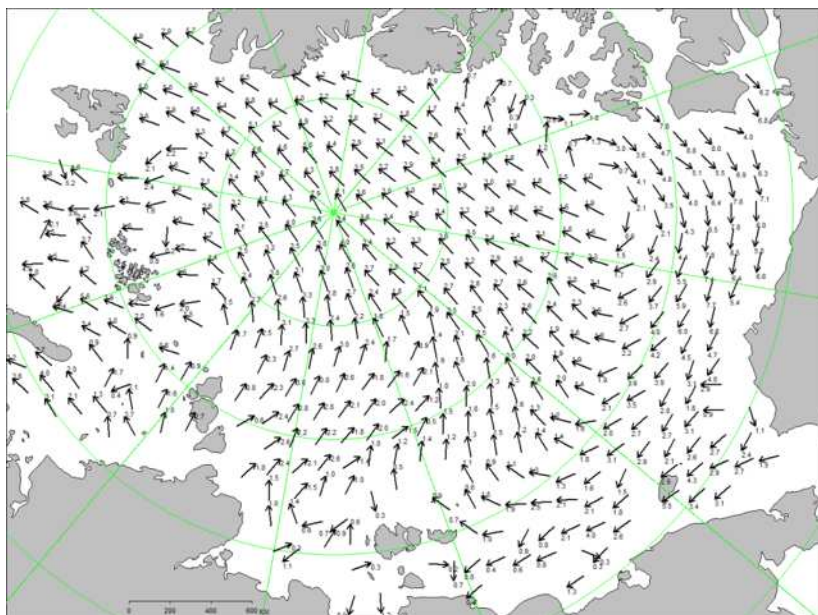


Рис. 2.2.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в мае 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

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

Распределение расчетной средневзвешенной толщины льда по совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института для всего СЛО приведено на рис. 2.2.7.

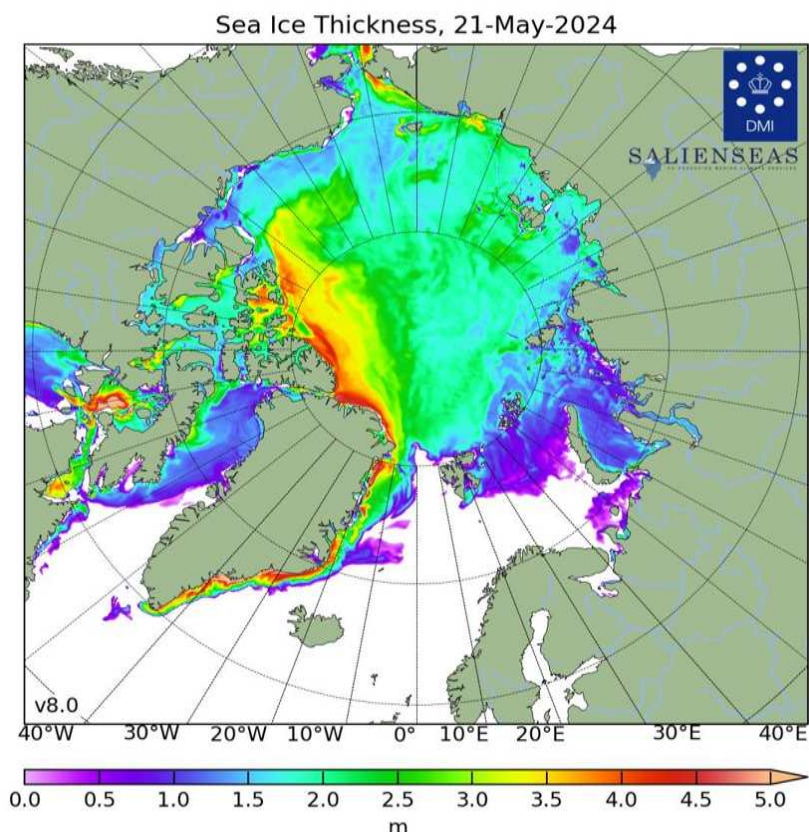


Рис. 2.2.7. Поля распределения средневзвешенной толщины льда совместной модели морской лед–океан HYCOM/CICE Датского метеорологического института 21.05.2024 г.

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

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

Положение границы дрейфующих льдов было близко к минимальному значению в ряде районов морей – в Гренландском, в северной части Баренцева, восточной части Лаптевых и восточной части моря Бофорта. Очищение этих морей

в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекцией тепла в этих районах и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда.

Наблюдалось начало разрушения припая во всех арктических морях, в проливах морей и среди островов Канадского арктического архипелага. Припай в проливе Вилькицкого в результате действия интенсивных западных ветров взломался в середине третьей декады июня. Припай в районе Новосибирских островов и между островами Канадского арктического архипелага еще сохранялся в течение июня (рис. 2.2.8).

В возрастном составе льдов на начало активного таяния и разрушения льдов преобладали однолетние толстые и средние льды. Старые льды занимали около 35 %, однолетние льды, среди которых преобладали однолетние толстые льды, составляли около 60 % СЛО. Остальную часть СЛО занимали разряжения и заприпайные полыньи вдоль побережий.

Основными очагами очищения морей послужили: прикромочная зона в северной части Баренцева, заприпайный район в северо-восточной части Карского и восточной части моря Лаптевых, а также районы, прилегающий к Берингову проливу в Чукотском море и в восточной части моря Бофорта (рис. 2.2.9).

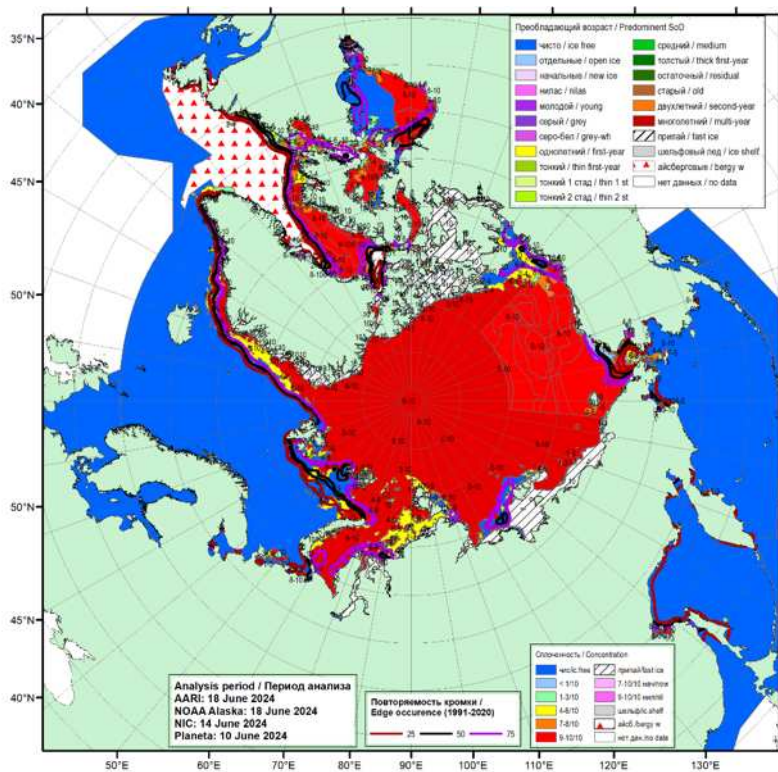


Рис. 2.2.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 10—18 июня 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

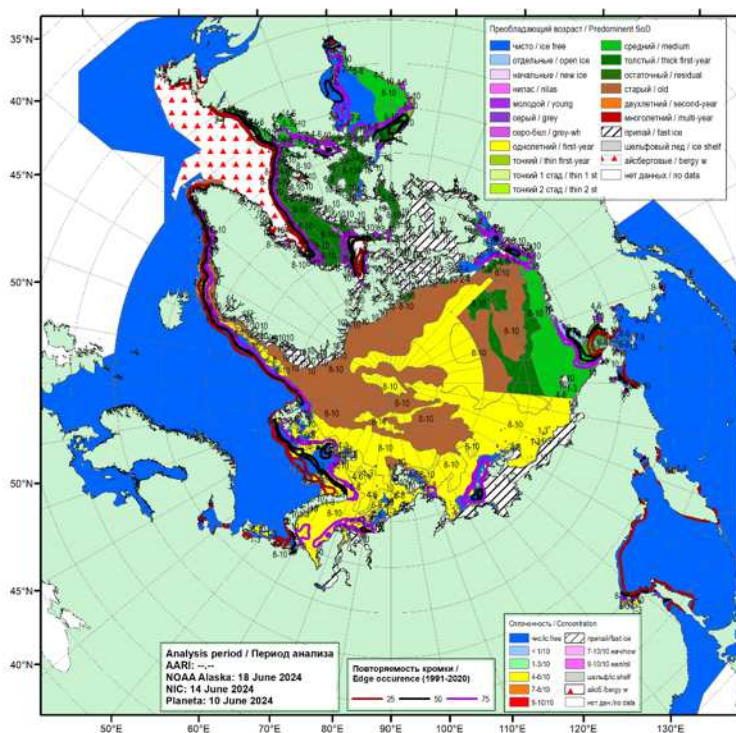


Рис. 2.2.9. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 10—18 июня 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В июне в поле дрейфа льда в СЛО изменения были мало заметны. Наблюдалось сохранение тех же структур дрейфа, которые сформировались в мае.

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

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

Центр Канадского антициклонического круговорота был смещен в северную часть моря Бофорта, и был значительно меньше своих обычных размеров. Скорости дрейфа в центральной части круговорота составляли 1—3 км/сут., а на периферии круговорота 4—7 км/сутки (рис. 2.2.10).

Общее количество льдов в СЛО в конце июня, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составила 10,1 млн. км², что оказалось на 9,4 % меньше среднеемноголетнего значения по длинному ряду наблюдений с 1978 по 2023 гг.

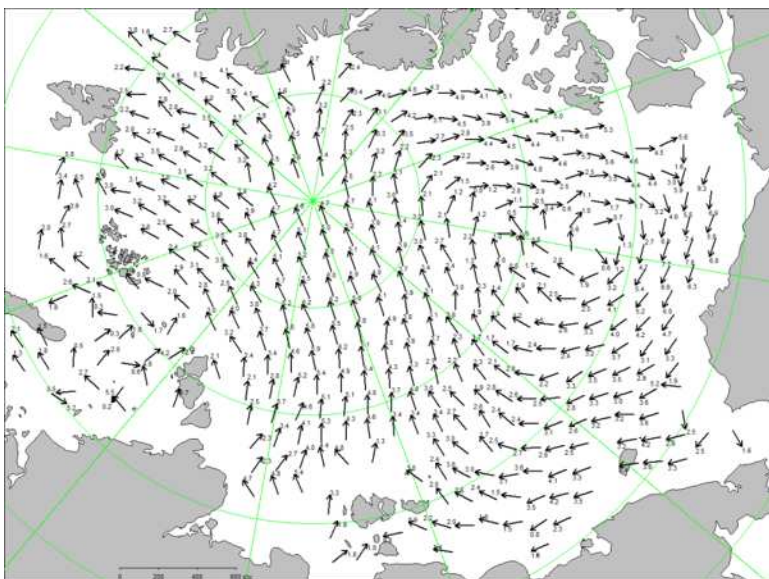


Рис. 2.2.10. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в июне 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

2.3. РАЗВИТИЕ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД (ИЮЛЬ — СЕНТЯБРЬ)

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 2.3.1–2.3.9.

В июле активно продолжалось очищение морей и их районов: Баренцева, северо-восточной части Карского, Лаптевых, западной части Восточно-Сибирского, восточной часть 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. 2.3.1).

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. 2.3.1).

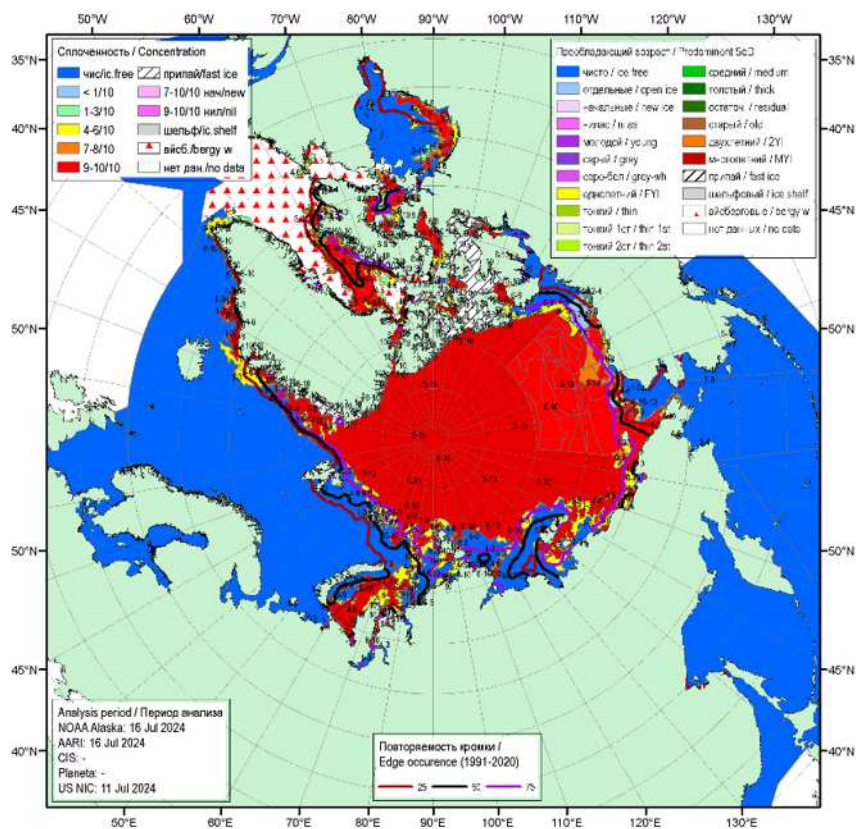


Рис. 2.3.1. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 11 – 16 июля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

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. 2.3.2).

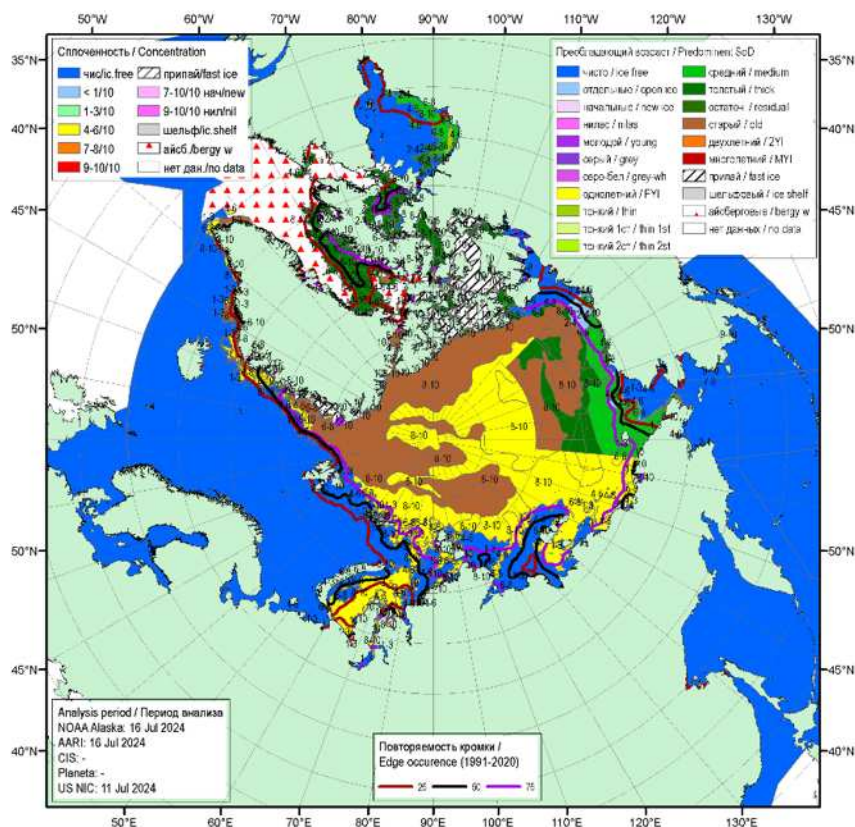


Рис. 2.3.2. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 11 – 16 июля 2024 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛЦ США.

Среднемесячное поле дрейфа ледяного покрова в СЛО приведено на рис. 2.3.3. 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. 2.3.3).

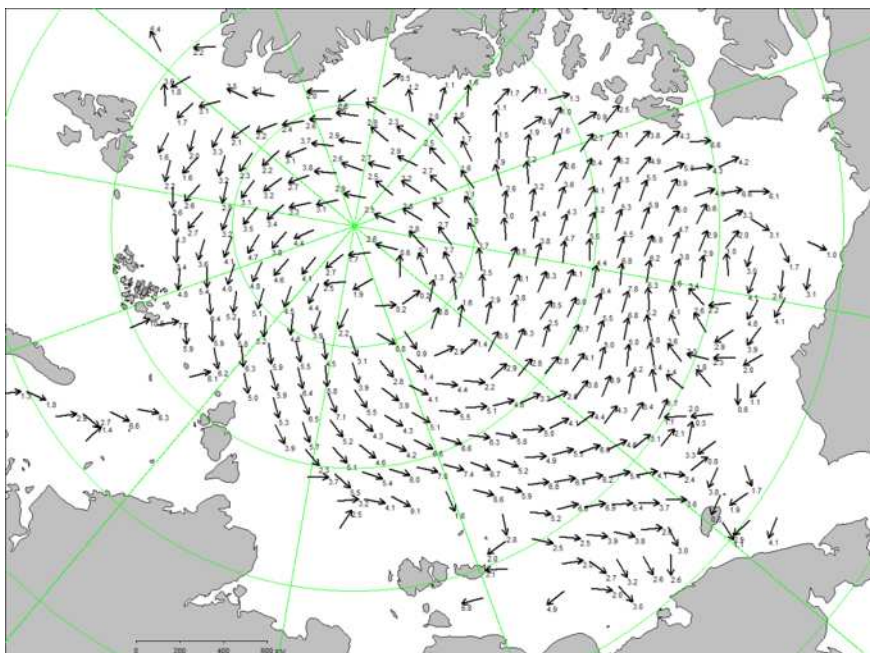


Рис. 2.3.3. Поле скорости дрейфа морского льда в июле 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

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. 2.3.4).

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 приполюсном 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. 2.3.5).

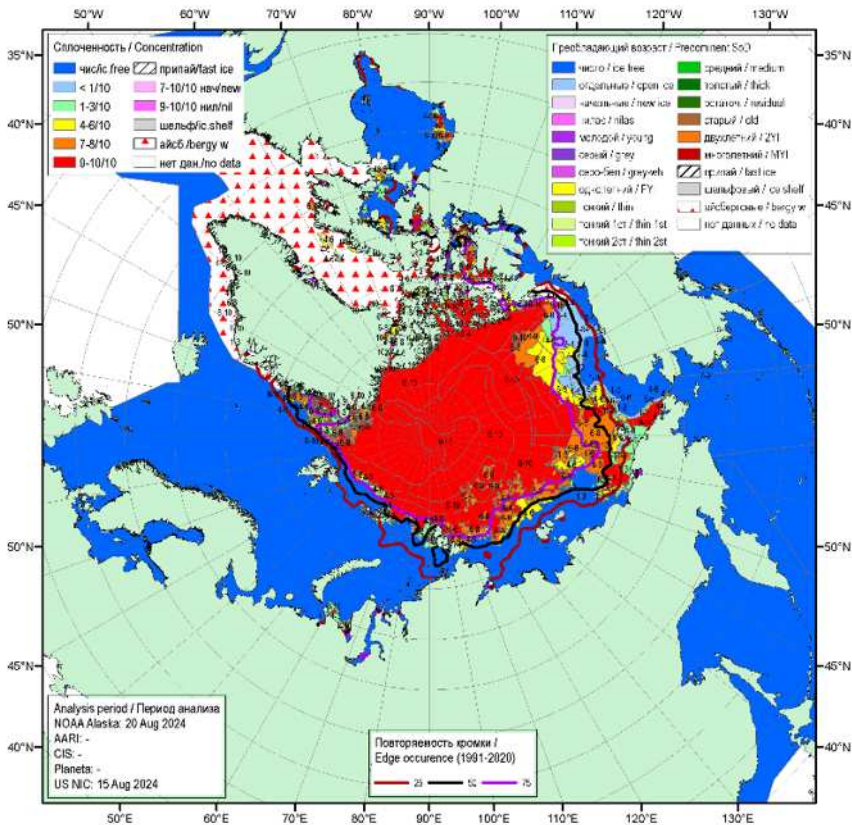


Рис. 2.3.4. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 15 – 20.08. 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

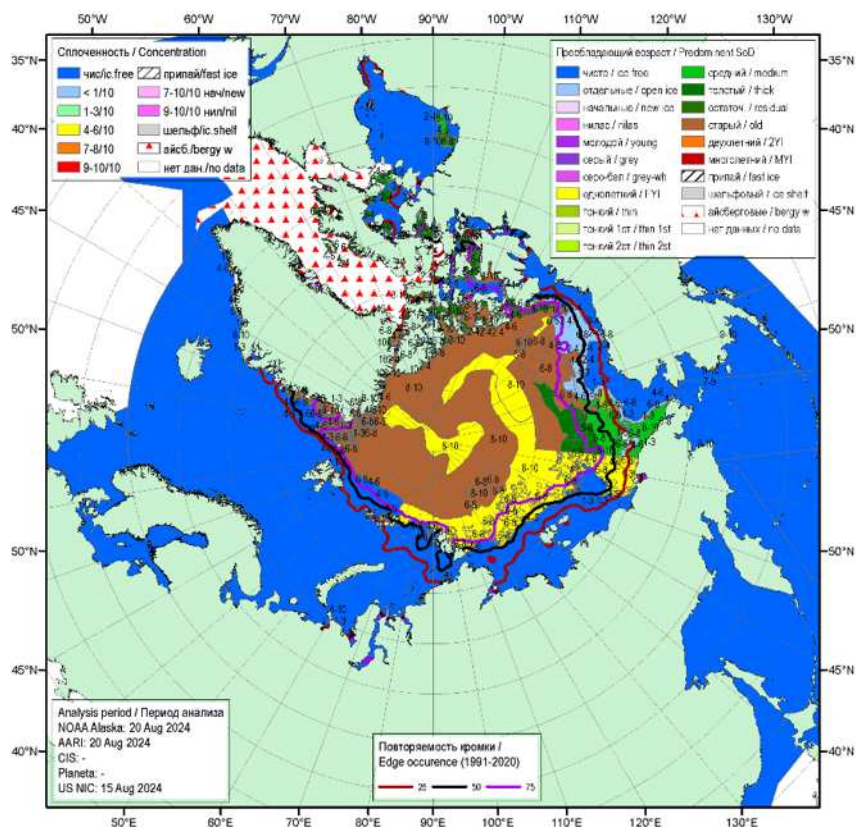


Рис. 2.3.5. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 15–20.08.2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

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 развивался 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. 2.3.6).

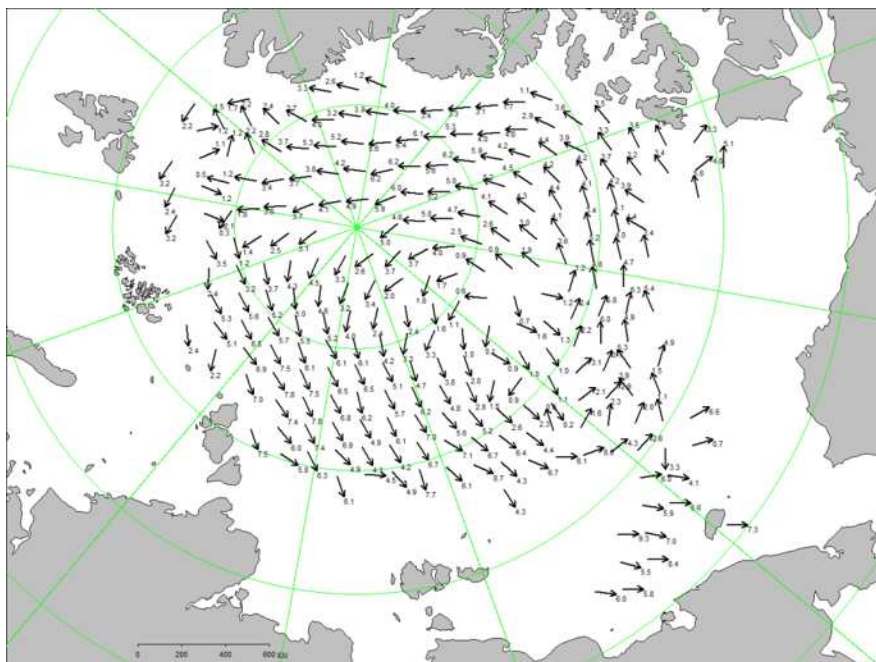


Рис. 2.3.6. Поле скорости дрейфа морского льда в августе 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

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 раньше.

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. 2.3.7).

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. 2.3.8).

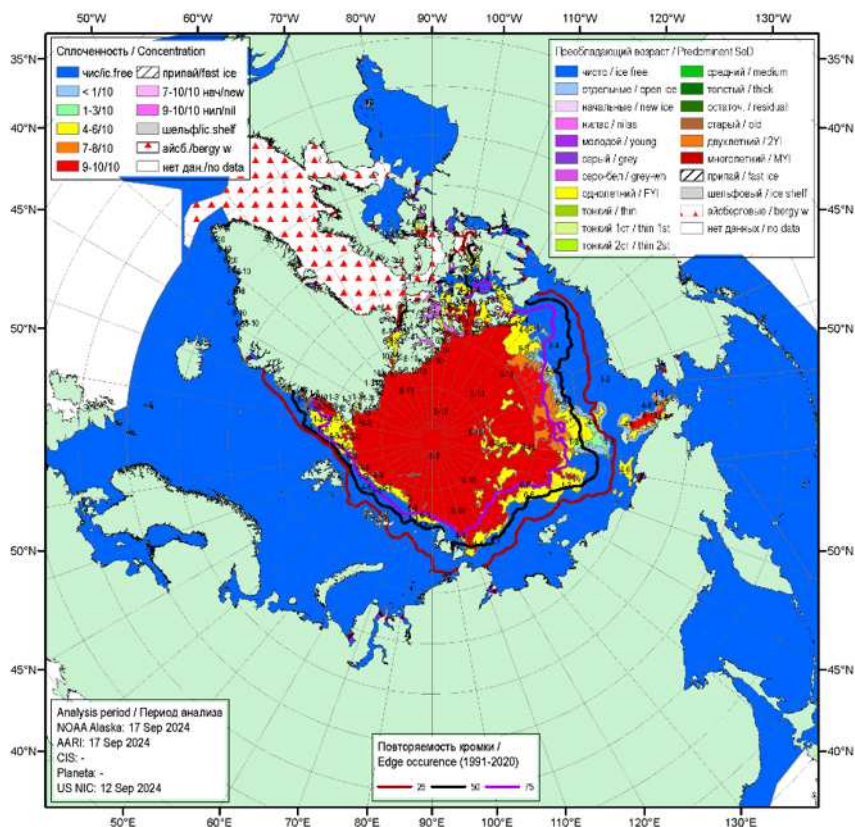


Рис. 2.3.7. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности за 12 – 17.09.2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

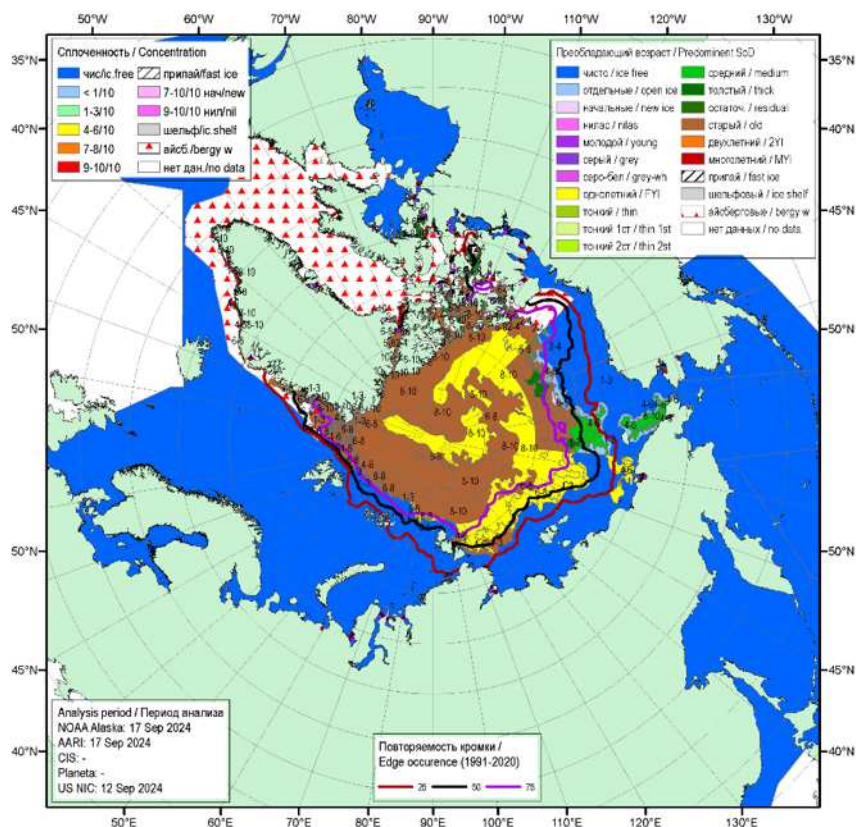


Рис. 2.3.8. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 12 – 17.09.2024 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США.

Дрейф ледяного покрова в сентябре приведен на рисунке 2.3.9. 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. 2.3.9).

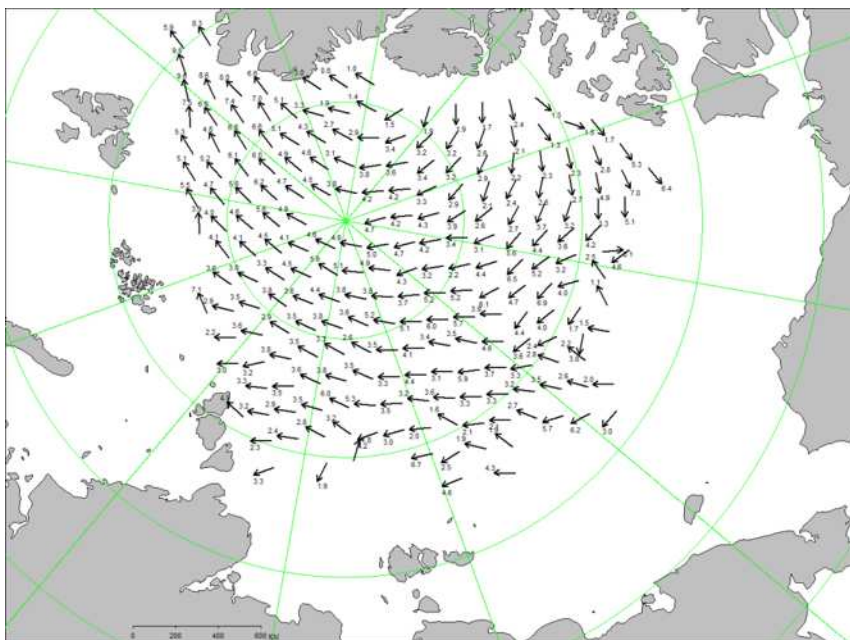


Рис. 2.3.9. Поле скорости дрейфа морского льда в сентябре 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

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 среднеегоголетнего значения. По расчетному объему льдов сентябрь 2024 г. занял 1 место в ранге минимумов, ниже значения 2020 г. (рис. 2.1.12).

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 среднеегоголетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО оказались на 1,6 млн. км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978 по 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 приведены на рисунке 2.4.11.

2.4. РАЗВИТИЕ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД (ОКТАБРЬ — ДЕКАБРЬ)

Распределение ледяного покрова по возрастным грациям и по сплоченности, а также поля среднемесячного дрейфа льда за каждый месяц за период октябрь – декабрь 2024 г. приведены на рис. 2.4.1 – 2.4.9.

Ледообразование в СЛО в осенний период 2024 г. началось в массиве старых и остаточных льдов в начале сентября. В первой декаде сентября начальные льды начали появляться и активно развиваться среди островов Канадского Арктического архипелага. В начале третьей декады сентября ледообразование началось на чистой воде вдоль границы старых и остаточных льдов. Полоса молодых льдов шириной 20 – 50 миль появилась в северных районах Баренцева и Карского морей, в районе архипелага Северная земля и к северу от Новосибирских островов, а также в Чукотском море. Необходимо отметить, что в восточной части Восточно-Сибирского моря и юго-западной части Чукотского моря до конца сентября продолжались процессы разрушения остаточных льдов. В конце третьей декады сентября процессы ледообразования начались повсеместно вдоль всей границы массива старых и остаточных льдов в виде полосы шириной 30 – 60 миль, а также в обширной зоне остаточного льда в юго-западной части Чукотского моря.

В начале первой декады октября ледообразование началось в прибрежной полосе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. В середине октября ледообразование охватило северные и прибрежные части большинства арктических морей — северо-восточную часть Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, юго-западную часть Чукотского, Бофорта (в северной его части) и район островов Канадского Арктического архипелага. Экстремально быстро, всего за 2 – 2,5 декады, произошло замерзание акватории морей Лаптевых и Восточно-Сибирского (рис. 2.4.1).

В третьей декаде октября свободными ото льда оставались Баренцево, западная часть Карского, восточная часть Чукотского морей и прибрежная часть моря Бофорта. На акватории остальных морей наблюдались молодые льды.

Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины сентября по середину октября 2024 года, составило около 1,5 млн км², что было на 16 % меньше среднего многолетнего значения (1,8 млн км²) за длинный ряд наблюдений 1979 – 2023 гг.

Поле сплоченности ледяного покрова в районах, в которых ледообразование уже началось, было достаточно однородным. Здесь преобладали молодые льды сплоченностью 9 – 10 баллов.

Граница дрейфующих льдов располагалась близко к своему среднемноголетнему положению в морях Гренландском, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском. В Баренцевом море и восточных арктических морях (Чукотском и Бофорта) граница льдов располагалась значительно севернее среднемноголетнего положения. Это свидетельствует о близком к среднему развитию осенних ледовых процессов в центральных арктических морях и более медленном в Баренцевом, Чукотском и Бофорта в октябре 2024 г. (рис 2.4.2).

Во второй половине октября вдоль береговой черты всех арктических морей наблюдалось становление припая.

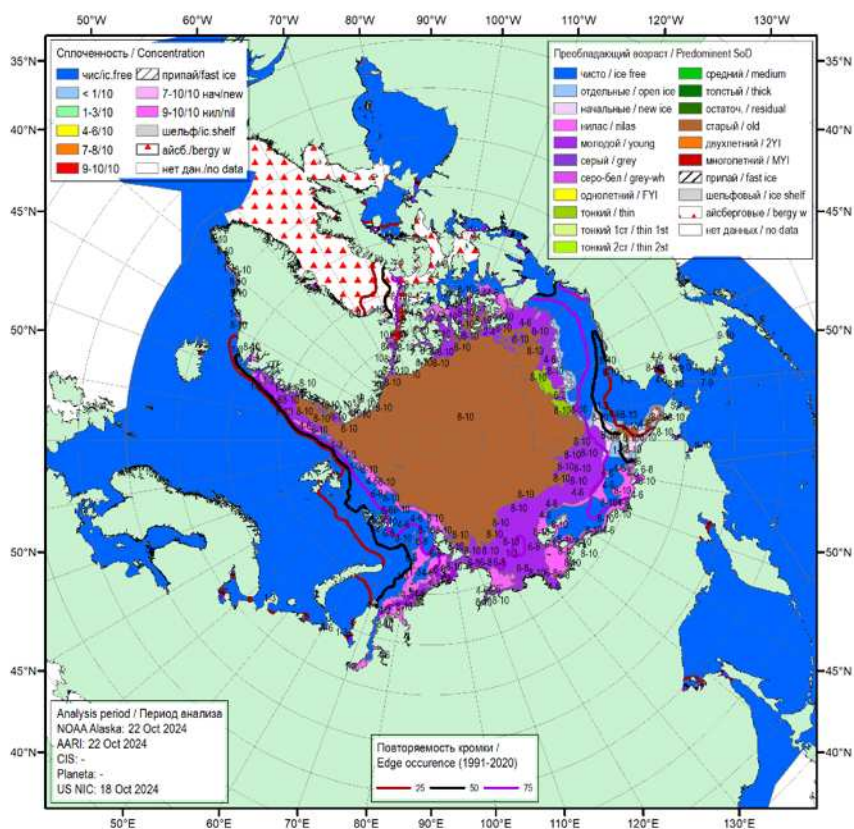


Рис. 2.4.1. Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту льда за 18 – 22 октября 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

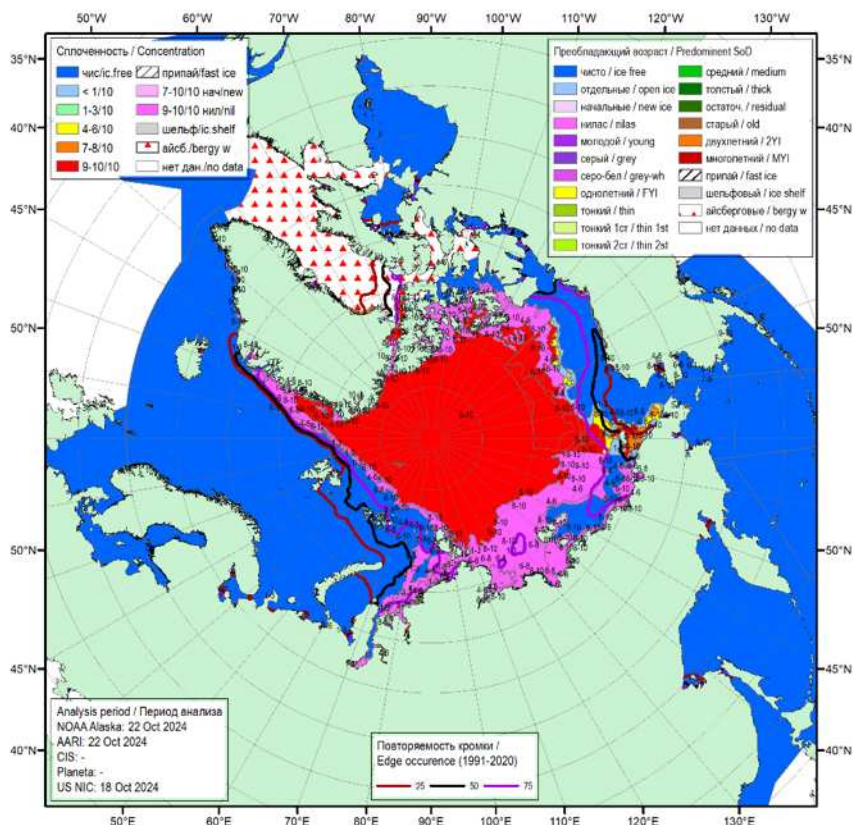


Рис. 2.4.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 18 – 22 октября 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В октябре в СЛО сформировались две нетипичные крупномасштабные структуры дрейфа — традиционный Трансарктический перенос льдов и обширный трансарктический перенос, направленный с запада на восток.

Трансарктический перенос льдов был выражен хорошо, но развивался крайне нехарактерно. Его стрежень был сильно смещен к западу, к островам арктических архипелагов Земля Франца-Иосифа и Шпицберген. Перенос льдов начинался из северной части Карского моря и через приполюсный район выносил льды в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов в основном переносе составляла 4 – 5 км/сут, а в проливе Фрама скорость увеличивалась до 10 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот полностью отсутствовал. Вместо традиционного антициклонического круговорота на акватории СЛО сформировался мощный трансарктический перенос в направлении с запада на восток. Обширный перенос занимал часть западного и всю восточную часть российского сектора Арктики, приполюсный район, канадский и аляскинский сектора Арктики. В результате восточного трансарктического переноса, лед приносило в восточную часть Восточно-Сибирского и юго-западную часть Чукотского морей.

Скорость дрейфа ледяного покрова составила 4 – 6 км/сут (рис. 2.4.3).

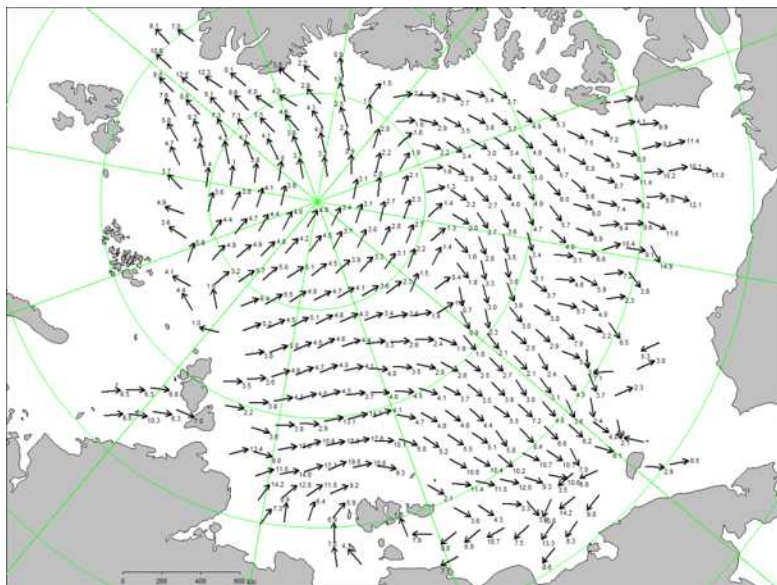


Рис. 2.4.3. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в октябре 2024 г.

В ноябре продолжалось интенсивное увеличение площади льдов. В середине ноября молодыми льдами были покрыты акватории всех арктических морей, кроме Баренцева, юго-запада Карского и восточной части Чукотского. В этих морях сохранялись обширные зоны чистой воды. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины октября по середину ноября, составило 3,0 млн км², что на 34 % превысило среднемноголетнее значение (2,3 млн. км²).

Наращение толщины ледяного покрова также было значительным, что прослеживалось по увеличению площади однолетних тонких льдов (диапазон толщины 30 –70 см). Если в начале ноября однолетние тонкие льды только появились в северных районах морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского и Бофорта, то в конце ноября они распространились на значительную часть акватории всех морей, от северо-восточной части Карского моря до моря Бофорта. Молодые льды наблюдались в Баренцевом море, юго-западной части Карского и Чукотского морей и прибрежном районе моря Бофорта.

Старые льды занимали приполюсный, гренландский, канадский районы и северную часть аляскинского сектора Арктики. В морях Восточно-Сибирском и Бофорта сохранялись обширные зоны остаточных льдов. Сплощенные льды наблюдались по всей акватории океана и его окраинных морей.

Свободной ото льда оставалась значительная часть акваторий Баренцева, небольшие части акватории юго-западной части Карского и восточной части Чукотского морей. Но если в Карском и Чукотском морях положение границы дрейфующего льда было близким к норме, то в Баренцевом море положение границы дрейфующего льда было близким к экстремально северному положению (рис. 2.4.4).

В конце ноября припай начал формироваться вокруг островов российских архипелагов Северная Земля и Новосибирские острова, а также вдоль побережий российских арктических морей. Вокруг островов Канадского арктического

архипелага также появился припай, но формирование единого припая, охватывающего весь архипелаг, до конца ноября не произошло (рис. 2.4.5).

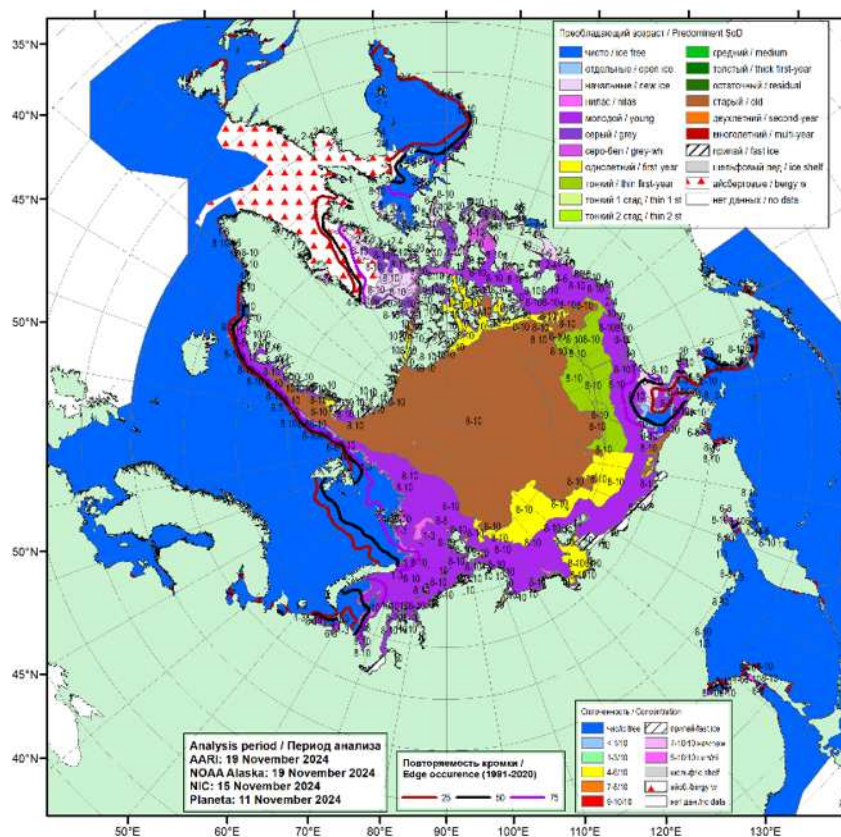


Рис. 2.4.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 11 – 19 ноября 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

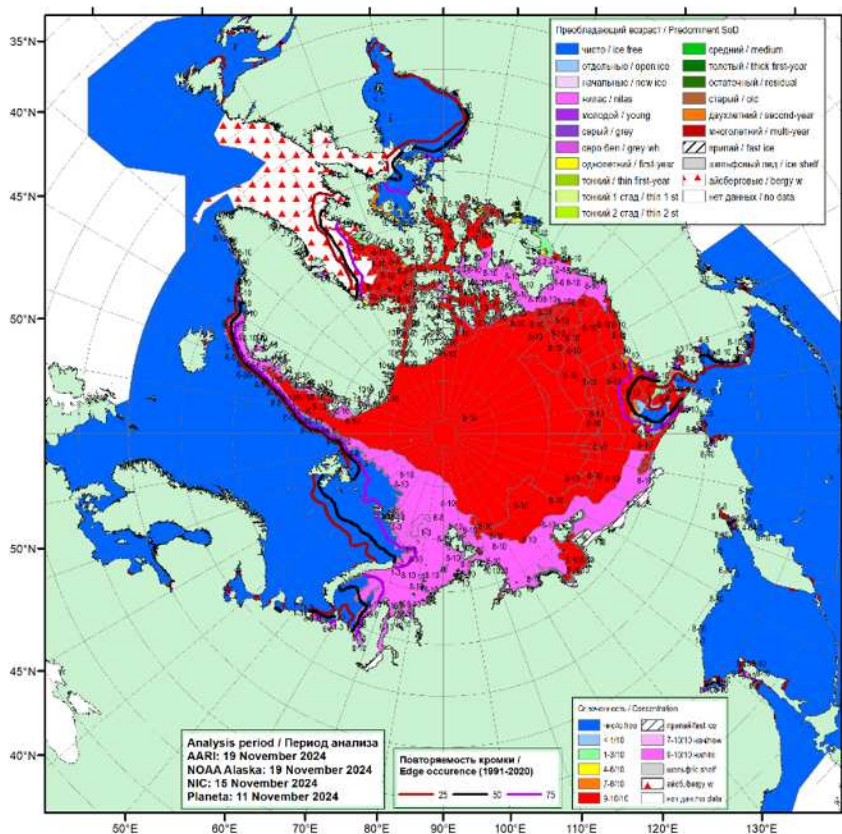


Рис. 2.4.5. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 11 – 19 ноября 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В ноябре в поле дрейфа льда в СЛО сформировались две традиционные крупномасштабные структуры дрейфа – Трансарктический перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот.

Трансарктический перенос льдов начинался из северной части моря Лаптевых. Далее поток льдов разделялся на две ветви. Одна из ветвей со стречнем, смещённым к островам арктических архипелагов Земля Франца-Иосифа и Шпицберген, непосредственно формировала Трансарктический перенос, который через приполюсный район выносился в пролив Фрама. Скорости дрейфа на протяжении всего потока составляли 5 – 10 км/сут (рис. 2.4.6).

Вторая, восточная ветвь переноса, в приполюсном районе вливалась в гигантский антициклонический круговорот. Канадский антициклонический круговорот в виде обширного вихря занимал всю восточную часть СЛО. Центр его находился над северо-восточной частью Восточно-Сибирского моря. Скорости дрейфа льдов в Канадском антициклоническом круговороте составляли до 5 – 7 км/сут на периферии круговорота и 2 – 4 км/сут в центральной части вихря.

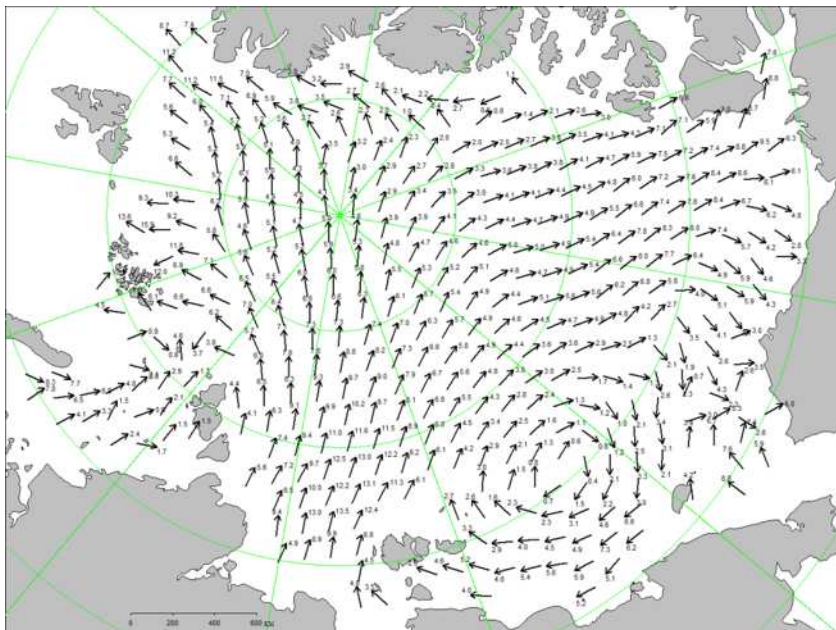


Рис. 2.4.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в ноябре 2024 г.

В декабре продолжилось увеличение площади и толщины ледяного покрова.

Интенсивность нарастания площади льда в декабре была больше нормы. Количество молодых и однолетних льдов, появившихся в СЛО и его морях с середины ноября по середину декабря, составило 1,6 млн км², что оказалось на 18 % больше среднего многолетнего значения (1,4 млн км²).

В середине декабря ледообразование охватило северную часть Баренцева моря, а также юго-западные части Карского и Чукотского морей. Свободными ото льда оставались только центральная часть Баренцева моря, подходы к проливу Карские ворота со стороны Карского моря и к Берингову проливу со стороны Чукотского моря.

В северной части Баренцева, юго-западной части Карского, центральной и прибрежной частях Чукотского морей, а также в прибрежной части моря Бофорта наблюдались молодые льды (серые и серо-белые). На акватории остальных морей преобладал однолетний тонкий лед (рис. 2.4.7).

По всей акватории СЛО и его морей сформировалось однородное поле сплоченности льда 9 – 10 баллов. Крупных разрывов и разряжений в ледяном покрове не наблюдалось. Граница распространения дрейфующих льдов в Гренландском море была близка к своему среднему многолетнему положению, а в Баренцевом море располагалась несколько севернее среднего многолетнего положения.

В течение декабря продолжилось развитие припая в районе архипелагов Северная Земля и Новосибирские острова. В конце первой декады декабря полностью замерзли проливы Новосибирских островов. Припай окончательно установился вдоль всего побережья российских арктических морей. Формирование обширного припая произошло в районе островов Канадского Арктического архипелага. В течение всего декабря во всех российских арктических морях наблюдалось развитие заприпайных полыней (рис. 2.4.8).

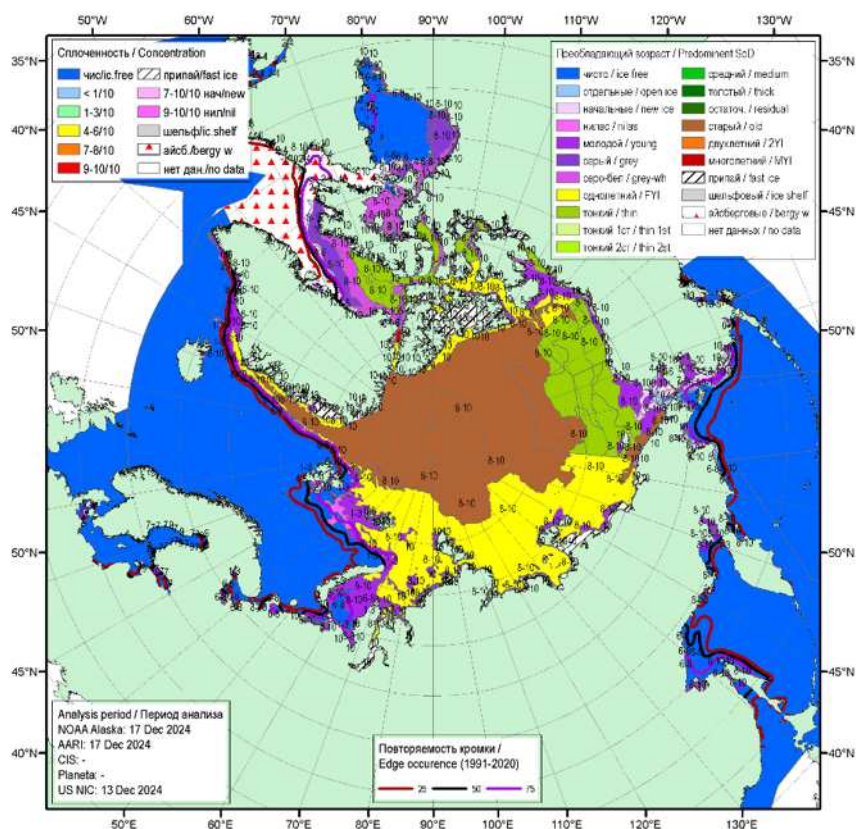


Рис. 2.4.7. Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту льда за 13 – 17 декабря 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

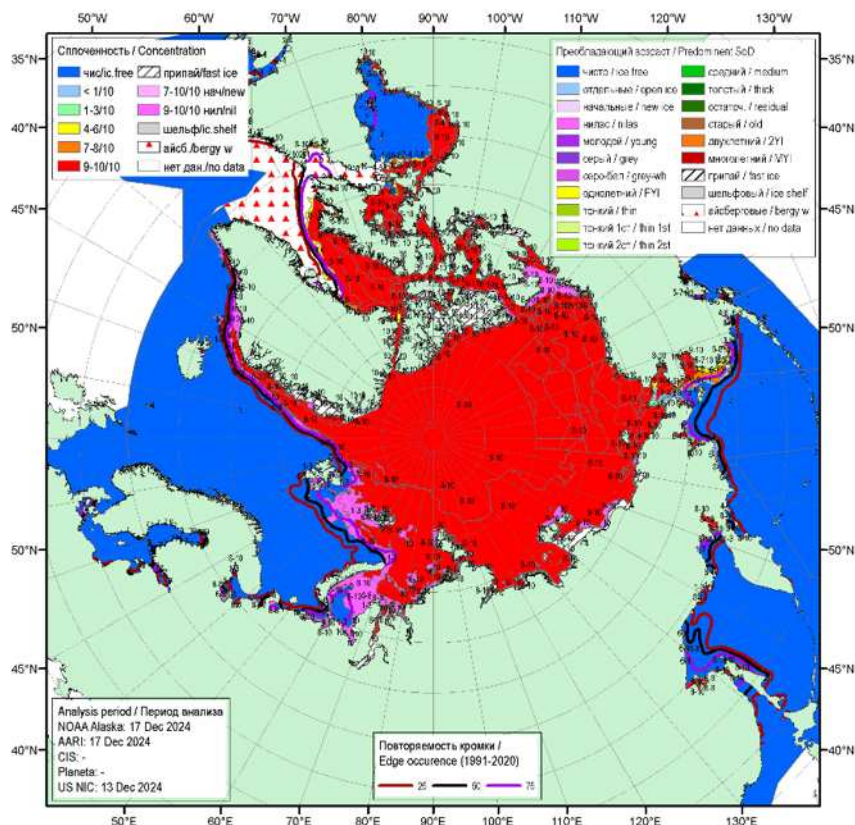


Рис. 2.4.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13 – 17 декабря 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В декабре получили развитие две основные традиционно наблюдаемые структуры дрейфа льда в СЛО — Трансарктический перенос льда и Канадский антициклонический круговорот.

Трансарктический перенос льдов был хорошо развит. Перенос льдов брал свое начало из северных частей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей. Стрежень потока был близок к своему среднему положению. Поток льдов проходил через приполюсный район, и далее основная его часть выносилась в пролив Фрама. Скорость дрейфа льда в основном потоке составляла 5 – 7 км/сут, и увеличивалась на подходе к проливу и в самом проливе Фрама — до 10 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот был так же хорошо развит. Центр круговорота был расположен над северной частью моря Бофорта. Поток льдов из приполюсного района поступал к северному побережью островов Канадского арктического архипелага и далее вдоль побережья Аляски льды выносились в северную часть Чукотского моря. В центральной части Канадского антициклонического круговорота скорость дрейфа льдов составляли 2 – 3 км/сут, а на периферии круговорота возрастала до 5 – 10 км/сут (рис. 2.4.9).

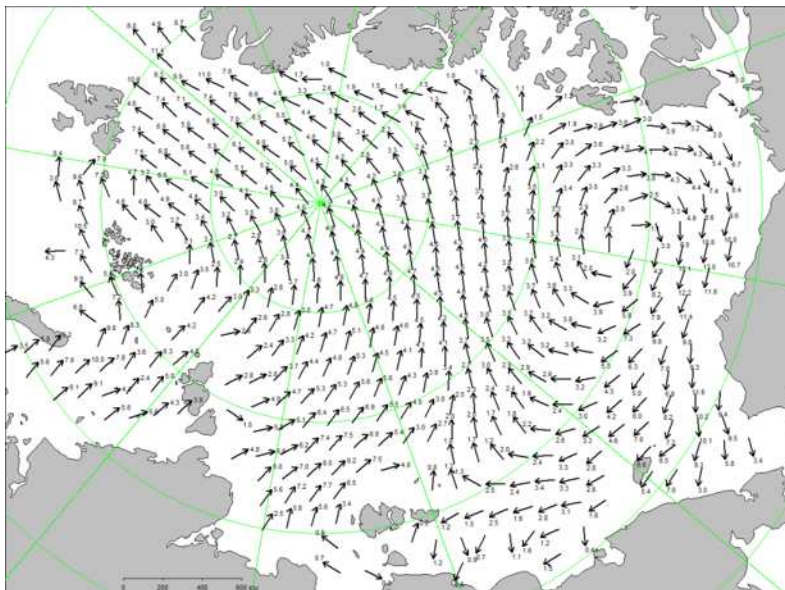


Рис. 2.4.9. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в декабре 2024 г.

На рис. 2.4.10 приведены оценки сезонного хода объема морского льда в СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда по совместной модели морского льда — океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института, дающей возможность оценить сезонные и межгодовые изменения объема морского дрейфующего льда в СЛО. Согласно результатам расчетов, в первой половине года объем льда был ближе к минимальным расчетным значениям и занимал первое – второе место по рангу минимумов, (совместно с показателями 2021 г.). В результате летнего таяния, которое было достаточно интенсивным, объем сохранившегося льда во второй половине года 2024 г. оказался на первом месте по рангу в ряду минимумов, превышая минимальный объем, наблюдаемый в 2020 гг.

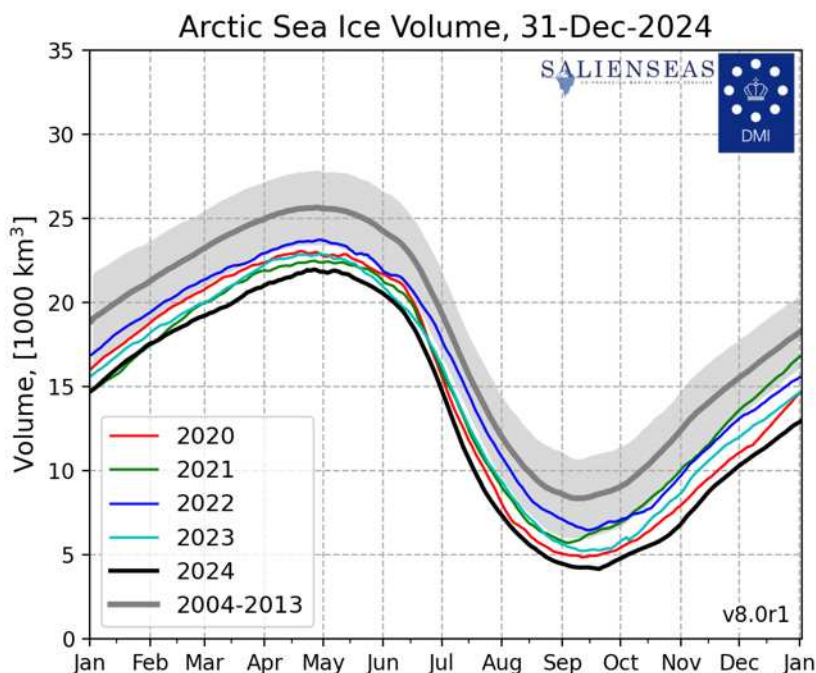


Рис. 2.4.10. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда в СЛО (10^3 км^3) на основе расчетов средневзвешенной толщины льда по совместной модели морского льда — океана NCOM/CICE Датского метеорологического института с 1 января 2004 г. по 26 декабря 2024 г.

На рис. 2.4.11 приведены ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для СЛО и его отдельных секторов по годам (за период с октября 1978 г. по декабрь 2024 г.) на основе расчетов по данным SSMR—SSM/I, алгоритм NASATEAM. По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря 2024 г. составила 10,8 млн км^2 при норме 11,6 млн км^2 , т. е. оказалась на 6 % меньше средних многолетних значений. Площадь распространения льдов в конце года в 2024 г. оказалась минимальной за ряд наблюдений с 1978 по 2024 г.

Сезонный ход ледовитости СЛО показывает, что общее количество льдов в течение зимнего и весеннего периодов было близким к средним многолетним значениям для всего ряда наблюдений 1978 – 2023 гг. Однако в течение летнего периода общая площадь льдов существенно сократилась и к концу летнего периода таяния оказалась на 27,5 % меньше среднего многолетнего значения за весь ряд наблюдений с 1978 по 2023 г. По общей площади остаточного льда в середине сентября 2024 год стал пятым по рангу в ряду минимумов в группе легких лет.

Развитие ледовых условий в разных секторах выявило интересные особенности, проявившиеся в 2024 г. Основной вклад в формирование легких ледовых условий в течение года вносили моря двух секторов Арктики – сектор 95°

в.д. – 170° з.д. (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и сектор 170 – 45° з.д. (море Бофорта и Канадская Арктика). Напротив, в секторе 45° з.д. – 95° в.д. (Гренландское – Карское моря) ледовитость в летний сезон 2024 г. была близка к среднемуголетнему значению (норма за 1978–2023 гг.) (рис. 2.4.11).

Развитие ледовых условий в 2024 г. в СЛО и его морях сохранило тенденцию, наблюдающуюся в последнее десятилетие. После аномально легкого развития ледовых условий в 2012 г. во все последующие годы, включая 2024 г., наблюдалось развитие умеренно малой ледовитости (на 5 – 10 % меньше средних многолетних значений) в течение всего года, кроме летнего периода. В летний период происходило значительное сокращение ледовитости и формировались легкие ледовые условия (ледовитость на 20 – 30 % меньше средних многолетних значений). В осенний сезон года (между октябрем и ноябрем) наблюдалось аномальное быстрое увеличение площади молодых льдов.

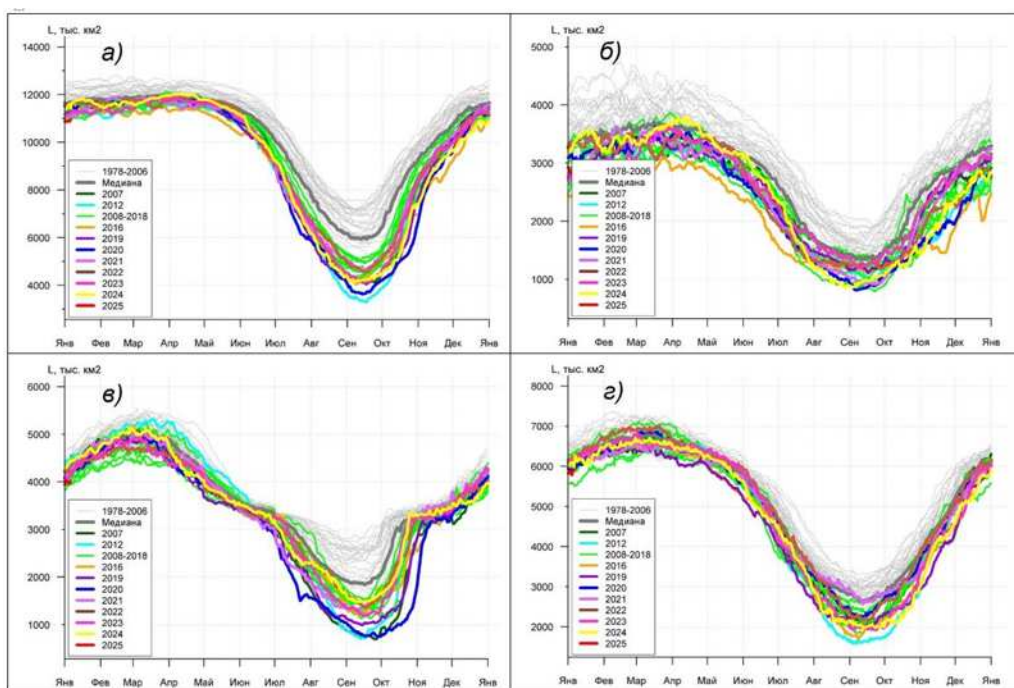


Рис. 2.4.11. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и трех меридиональных секторов за период с 26 октября 1978 г. по 26 декабря 2024 г. по годам на основе расчетов по данным SSMR — SSM/I — SSMIS — AMSR2.

- 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).

2.5. ЛЕДОВО–ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЯХ РЕК

Обзор ледово-гидрологических условий на устьевых участках рек бассейнов морей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского составлен на основе ежедневной информации, полученной на АСПД ААНИИ кодом КН-15 с постов стационарной сети Росгидромета и кодом КН-02-SEA с полярных станций, расположенных на устьевых взморьях рек Обь и Енисей.

Ледово–гидрологические условия в устьевых областях рек бассейна Карского моря

Наращение льда в зимне–весенний период

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек Обь и Енисей наблюдалось в январе, на реке Таз п. Тазовское в январе и феврале. С конца февраля по конец апреля на реке Оби в районе п. Салехард нарастание льда не отмечалось. В таблице 2.5.1 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его ежемесячного нарастания с января по апрель.

Таблица 2.5.1

Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) от месяца к месяцу на устьевых участках рек бассейна Карского моря

Река	Пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
		H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
Обь	Салехард	69	+30	85	+16	85	+2	85	0
Таз	Тазовское	81	+20	101	+20	113	+15	117	+4
Енисей	Игарка	65	+15	73	+8	75	0	77	+2
	Дудинка	94	+29	106	+12	110*	+4*	125	+15
	Караул	82	+19	96	+14	108	+12	116	+8

*- данные за 20 марта

На устьевых участках рек Обь, Таз и Енисей толщина льда на конец апреля отмечалась меньше среднеголетних значений на 6–19 см. Высота снега на льду в конце апреля отмечена: на р. Обь 26—35 см, р. Таз 51—70 см, на р. Енисей от 26 до 50 см. В таблице 2.5.2 приведены аномалии толщин льда на конец апреля, т.е. в период, близкий к максимальной толщине льда.

Таблица 2.5.2

Толщина льда на конец апреля и ее аномалия на устьевых участках рек бассейна Карского моря

Река	Пункт	Толщина, см		
		2024 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	85	101	–16
Таз	Тазовское	117	131	–14
Енисей	Игарка	77	96	–19
	Дудинка	125	131	–6
	Караул	116	133	–17

В табл. 2.5.3 приведены данные о нарастании льда ежемесячно с января по апрель.

Таблица 2.5.3

**Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) от месяца к месяцу
на устьевых взморьях рек Оби и Енисей**

Устьевое взморье	Пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
		H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
Обская губа	Новый Порт	120*	+41*	150	+30	169	+19	180	+11
Енисейский залив	Сопочная Карга	83	+20	106	+23	119	+13	128	+9

*- данные за 2 февраля

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевом взморье реки Обь наблюдалось в январе, на устьевом взморье реки Енисей в феврале.

В табл. 2.5.4 приведены значения аномалии толщины льда на устьевом взморье рек Оби и Енисей на конец апреля, т. е. в период, близкий к периоду максимального нарастания льда.

Таблица 2.5.4

**Толщина льда и ее аномалия на конец апреля
на устьевых взморьях рек Оби и Енисей**

Устьевое взморье	Пункт	Толщина льда, см		
		2024 г.	Среднее	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	180	143	+37
Енисейский залив	Сопочная Карга	128	16	-34

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье реки Оби отмечена больше среднемноголетнего значения на 37 см, а на устьевом взморье р. Енисей меньше среднемноголетнего на 34 см.

Высота снега на льду в конце апреля составила 50 см в п. Новый Порт и 32 см в п. Сопочная Карга.

Характеристика процесса вскрытия

Признаком начала разрушения льда весной является образование закраин.

Появление воды на льду и закраин на устьевом участке реки Оби отмечено в конце первой – второй декадах мая. На реке Таз вода на льду и закраины появилась в конце третьей декады мая. На р. Енисей появление воды на льду и закраин наблюдалось в конце второй начале третьей декады мая. Подвижки льда на реке Оби отмечены в конце третьей декады мая, на реке Енисей (п. Дудинка, п. Караул) в конце третьей декады мая — начале первой декады июня. На реке Енисей п. Игарка подвижек не наблюдалось. На реке Таз подвижки наблюдались 15 июня. Затоп льда был отмечен на р. Таз 16 июня, на устьевых участках рек Обь и Енисей затопов не наблюдалось.

Весенний ледоход на устьевых участках рек Обь и Таз начался позже среднемноголетних сроков на 4—6 дней. Ледоход на р. Енисей (п. Игарка) произошло в срок близкий среднемноголетней дате, в районе п. Дудинка и п. Караул в сроки, соответствующие среднемноголетним датам. Очищение на устьевом участке р. Обь и р. Таз произошло позже среднемноголетних сроков на 5—7 дней. На р. Енисей (п. Игарка, п. Дудинка) очищение отмечено в сроки близкие к среднемноголетним, в п. Караул в срок, соответствующий

среднемноголетней дате. Продолжительность весеннего ледохода на устьевых участках рек Таз, Обь и Енисей составила от 2 до 7 суток.

В таблице 2.5.5 приведены сроки начала весеннего ледохода и очищения ото льда, а также их аномалии по отношению к средним многолетним на устьевых участках рек Обь, Енисей и Таз.

Таблица 2.5.5

Сроки вскрытия, очищения и их аномалии на устьевых участках рек							
Река	Пункт	Дата начала ледохода			Дата очищения от льда		
		2024 г.	Средняя	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут
Обь	Салехард	30.05	26.05	+4	06.06	30.05	+7
		16.06	10.06	+6	18.06	13.06	+5
Таз	Тазовское	29.05	28.05	+1	05.06	06.06	–1
Енисей	Игарка	04.06	04.06	0	11.06	10.06	+1
	Дудинка	04.06	07.06	–3	08.06	15.06	–7

В табл. 2.5.6 приведены сроки взлома припая и очищения ото льда, а также аномалии по отношению к средним многолетним срокам на устьевых взморьях рек Оби и Енисей.

Таблица 2.5.6

Сроки вскрытия, очищения и их аномалии на устьевых взморьях рек Оби и Енисей					
Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2024 г.	Средняя	Аномалия, сут
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	26.06	19.06	+7
		Очищение ото льда	06.07	28.06	+8
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	22.06	19.06	+3
		Очищение ото льда	05.07	28.06	+7

Вода на льду, закраины и подвижки льда на устьевых взморьях рек бассейна Карского моря не были отмечены. Взлом припая и очищение устьевых участков рек Обь и Енисей произошли позже среднемноголетних сроков на 7—3 и 8—7 дней соответственно.

Характеристика процесса замерзания

Замерзание крупных рек бассейна Карского моря как правило начинается с появления заберегов. Осенью 2024 года появление заберегов зафиксировано на 6—9 дней позже среднемноголетних сроков. Устойчивое появление плавающего льда отмечено на 2—6 дней позже среднемноголетних сроков. Ледостав установился также позже среднемноголетних сроков на 7—12 дней, кроме р. Енисей, где ледостав произошел в сроки близкие к среднемноголетним. Продолжительность периода с плавающим льдом составила 0—4 дня на реке Енисей и 6—15 дней на реках Таз и Обь.

В таблице 2.5.7 приведены сроки наступления осенних ледовых явлений и их аномалии на устьевых участках рек Обь, Таз и Енисей.

Таблица 2.5.7

Сроки наступления ледовых явлений и их аномалии на устьевых участках рек

Река, пункт	Дата появления заберегов			Дата устойчивого появления плавучего льда			Дата ледостава		
	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут
Обь, Салехард	29.10	20.10	+9	27.10	21.10	+6	11.11	30.10	+12
Таз, Тазовское	16.10	10.10	+6	16.10	13.10	+3	22.10	15.10	+7
Енисей, Игарка	нб	17.10	—	21.10	19.10	+2	25.10	23.10	+2
Енисей, Дудинка	нб	15.10	—	23.10	18.10	+5	23.10	24.10	–1
Енисей, Караул	22.10	14.10	+8	23.10	18.10	+5	23.10	23.10	0

В табл. 2.5.8 приведены сроки замерзания, а также аномалии по отношению к средним многолетним срокам на устьевых взморьях рек Оби и Енисей.

Таблица 2.5.8

**Сроки наступления ледовых явлений и их аномалии
на устьевых взморьях рек Оби и Енисей**

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2024 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Устойчивое появление плавучего льда	21.10	11.10	+10
		Полное замерзание	01.11	19.10	+13
Енисейский залив	Сопочная Карга	Устойчивое появление плавучего льда	15.10	11.10	+4
		Полное замерзание	21.10	24.10	–3

На устьевом взморье появление плавучего льда происходило на 4—10 дней позже среднемноголетних дат. Полное замерзание на устьевом взморье реки Оби произошло позже среднемноголетней даты на 13 дней, на устьевом взморье реки Енисей на 3 дня раньше. Продолжительность периода с плавучим льдом в п. Сопочная Карга и в п. Новый Порт составила 6 и 11 дней соответственно.

Нарастание льда в осенне–зимний период

В табл. 2.5.9 приведены данные о нарастании льда по толщине за ноябрь — декабрь.

Таблица 2.5.9

**Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) в от месяца к месяцу
на устьевых участках рек бассейна Карского моря**

Река	Пункт	31 октября	30 ноября		31 декабря	
		H	H	ΔH	H	ΔH
Обь	Салехард	—	23	+23	38	+15
Таз	Тазовское	—	44	+44	60	+16
Енисей	Игарка	5	23	+18	33	+10
	Дудинка	10	29	+19	49	+20
	Караул	10	43	+33	53	+10

Наибольшее нарастание толщины льда с момента начала ледообразования на устьевых участках рек Обь и Енисей (п. Игарка и п. Караул) наблюдалось в ноябре. На устьевом участке реки Енисей (п. Дудинка) — в декабре.

В табл. 2.5.10 приведены значения аномалии толщины льда в конце декабря по отношению к средним многолетним значениям на устьевых участках рек.

Таблица 2.5.10

**Толщина льда и ее аномалия в конце декабря
на устьевых участках рек бассейна Карского моря**

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2024 г.	Среднее	Аномалия
Обь	Салехард	38	62	–24
Таз	Тазовское	60	76	–16
Енисей	Игарка	33	59	–26
	Дудинка	49	72	–23
	Караул	53	82	–29

Толщина льда в конце декабря 2024 г. на устьевых участках рек Обь и Енисей была меньше среднемноголетних значений на 16—29 см.

Высота снега на льду в рассматриваемых пунктах устьевых участков рек Обь и Енисей на конец декабря составила от 21—25 см до 26—35 см.

В таблице 2.5.11 приведены данные о нарастании толщины льда за октябрь—декабрь, а в таблице 2.5.12 — аномалии толщин льда на конец декабря на устьевых взморьях рек Обь и Енисей.

Таблица 2.5.11

**Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) в осенне–зимний период
на устьевых взморьях рек Оби и Енисей**

Устьевое взморье	Пункт	31 октября	30 ноября		31 декабря	
		H	H	ΔH	H	ΔH
Обская губа	Новый Порт	—	36	+36	62	+26
Енисейский залив	Сопочная Карга	22	49	+27	76	+27

В осенне—зимний период наибольшее нарастание льда на устьевом взморье реки Обь было отмечено в ноябре (с момента начала ледообразования), на устьевом взморье реки Енисей нарастание льда проходило равномерно на 27 см.

Таблица 2.5.12

Толщина льда и ее аномалия в конце декабря на устьевых взморьях рек Оби и Енисей

Устьевое взморье	Пункт	Толщина льда, см		
		2024 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	62	77	+15
Енисейский залив	Сопочная Карга	76	96	+20

Толщина льда в конце декабря 2024 г. на устьевом взморье рек Обь и Енисей была больше средне многолетних значений на 15—20 см.

Высота снега на льду на конец декабря на устьевом взморье реки Обь — 41 см, на устьевом взморье реки Енисей — 22 см.

Ледово–гидрологические условия на устьевых участках крупных рек бассейна моря Лаптевых

Нарастание льда в зимне–весенний период

Наибольшее нарастание толщины льда, по имеющимся данным, на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых отмечено в январе. С января по апрель во всех пунктах отмечено нарастание толщины льда, кроме реки Хатанги (п. Хатанга) и Лены (п. Кюсюр), где к концу апреля наблюдалось таяние льда.

В таблице 2.5.13 приведены данные о нарастании толщины льда ежемесячно с января по апрель на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых.

Таблица 2.5.13

Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) от месяца к месяцу в зимне–весенний период на устьевых участках рек

Река	Пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
		H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
Хатанга	Хатанга	115	—	147	+32	149	+2	140*	-9*
Оленёк	Тюмети	68	+11	77	+9	85	+8	—	—
	Усть–Оленёк	123	+41	151	+28	180	+29	185	+5
Лена	Кюсюр	130	+46	143	+13	149	+6	147	-2
	Хабарово (Бык, протока)	164	+62	189	+25	199	+9	201	+2
Яна	Юбилейная	73	+21	86	+13	98	+12	106	+8

*Данные за 20 апреля 2024 г.

В табл. 2.5.14 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, т. е. в период, близкий к периоду максимального нарастания льда.

Толщина льда и ее аномалия на конец апреля на устьевых участках рек

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2024 г.	Среднее	Аномалия
Хатанга	Хатанга	140*	151	—
Оленёк	Тюмети	—	134	—
	Усть–Оленёк	185	189	–4
Лена	Кюсюр	147	173	–26
	Хабарово	201	223	–22
	(Бык, протока)			
Яна	Юбилейная	106	148	–42

*Данные за 20 апреля 2024 г.

Толщина льда в конце апреля на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых наблюдалась значительно ниже среднесноголетних значений на 4—42 см. Высота снега на льду в конце апреля на реке Оленек (п. Усть–Оленек) и Яне составила 36—50 см, в устьевой части реки Лены (п. Хабарово) высота снега наблюдалась 11—15 см, в п. Кюсюр — 51—70 см.

Характеристика процесса вскрытия

На устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых появление воды на льду наблюдалось в конце второй — третьей декаде мая.

Закраины отмечены в третьей декаде мая. На р. Яна закраины не наблюдались. Подвижки на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых отмечались в п. Хатанга, п. Кюсюр и п. Хабарово в третьей декаде мая начале первой декады июня. На р. Оленек и р. Лена (п. Кусюр) процесс вскрытия сопровождался образованием заторов.

Начало весеннего ледохода и очищения на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых произошло раньше среднесноголетних сроков на 2—9 дней и 4—9 дней соответственно. Продолжительность ледохода на реках составила: Хатанга — 8 дней, Оленек — 7 дней, Лена от 4 до 10 дней, Яна — 3 дня.

В таблице 2.5.15 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Хатанга, Оленек, Лена, Яна и их аномалии.

Таблица 2.5.15

Сроки вскрытия, очищения и их аномалии устьевых участках рек

Река	Пункт	Дата начала ледохода			Дата очищения от льда		
		2024 г.	Средняя	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут
Хатанга	Хатанга	02.06	11.06	–9	10.06	16.06	–6
Оленёк	Тюмети	29.05	01.06	–3	04.06	11.06	–7
	Усть–Оленёк	07.06	16.06	–9	13.06	20.06	–7
Лена	Кюсюр	27.05	01.06	–5	06.06	10.06	–4
	Хабарово	31.05	06.06	–6	04.06	13.06	–9
	(Бык, протока)						
Яна	Юбилейная	27.05	29.05	–2	30.05	05.06	–6

Характеристика процесса замерзания

Появление заберегов на устьевых участках рек моря Лаптевых началось позже среднемноголетних сроков на 5—7 дней.

В табл. 2.5.16 приведены сроки наступления осенних ледовых явлений на устьевых участках рек Хатанги, Оленёк, Лены, Яны и их аномалии.

Устойчивое появление плавучего льда и ледостав были отмечены позже среднемноголетних сроков на 3 — 12 дней.

Продолжительность периода с плавучим льдом составила 3 — 11 дня.

Таблица 2.5.16

Сроки наступления осенних ледовых явлений и их аномалии на устьевых участках рек

Река, пункт	Дата появления заберегов			Дата устойчивого появления плавучего льда			Дата ледостава		
	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут
Хатанга,	08.10	—	—	06.10	02.10	+4	16.10	04.10	+12
Хатанга									
Оленёк,	04.10	29.09	+5	06.10	01.10	+5	17.10	10.10	+7
Тюмети									
Оленёк,	05.10	30.09	+5	05.10	01.10	+4	09.10	06.10	+3
Усть–									
Оленёк									
Лена,	15.10	08.10	+7	18.10	09.10	+9	29.10	23.10	+6
Кюсюр									
Лена,	17.10	12.10	+5	17.10	11.10	+6	29.10	19.10	+10
Хабарово									
(Бык. протока)									
Яна,	05.10	28.09	+7	08.10	01.10	+7	11.10	06.10	+5
Юбилейная									

Нарастание льда в осенне–зимний период

В табл. 2.5.17 приведены данные о нарастании льда по толщине за ноябрь — декабрь, а в табл. 2.5.18 — толщина льда и ее аномалия на конец декабря.

Таблица 2.5.17

Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) от месяца к месяцу в осенне–зимний период на устьевых участках рек

Река	Пункт	31 октября	30 ноября		31 декабря	
		H	H	ΔH	H	ΔH
Хатанга	Хатанга	18	49	+31	81	+32
Оленёк	Тюмети	19	39	+20	60	+21
	Усть–Оленёк	22	70	+48	95	+25
Лена	Кюсюр	22	49	+27	89	+40
	Хабарово	—	77	+77	111	+34
	(Бык. протока)					
Яна	Юбилейная	26	49	+23	64	+15

В осенне-зимний период нарастание льда с момента начала ледообразования на устьевых участках рек моря Лаптевых неравномерное.

Таблица 2.5.18

Толщина льда и ее аномалия в конце декабря на устьевых участках рек

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2024 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	81	—	—
Оленёк	Тюмети	60	80	–20
	Усть–Оленёк	95	101	–6
Лена	Кюсюр	89	88	+1
	Хабарово	111	117	–6
	(Бык, протока)			
Яна	Юбилейная	64	69	–5

На устьевых участках рек моря Лаптевых толщина льда в конце декабря отмечена меньше средних многолетних значений на 5—20 см, за исключением п. Кусюр, где значение толщины льда близко к среднемноголетним.

Высота снега на льду в рассматриваемых пунктах на конец декабря составила от 5—10 см до 26—35 см.

Ледово–гидрологические условия на устьевых участках крупных рек бассейна Восточно–Сибирского моря

Нарастание льда в зимне–весенний период

В табл. 2.5.19 приведены данные о толщине льда и о его нарастании на конец месяцев в зимне–весенний период на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря.

Таблица 2.5.19

Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) от месяца к месяцу в зимне–весенний период на устьевых участках рек

Река	Пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
		H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
Индигоирка	Чокурдах	101	+33	119	+18	130	+11	136	+6
Колыма	Колымское	85	+26	102	+17	112	+10	116	+4
	Черский	117	+36	134	+17	142	+8	149	+7

Максимальное нарастание толщины льда в устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря по имеющимся данным наблюдалось в январе.

В табл. 2.5.20 приведены толщина льда и ее аномалии в период, близкий к периоду максимального нарастания льда — концу апреля.

Толщины льда в конце апреля на устьевом участке реки Индигоирки и Колымы (п. Колымское) наблюдались меньше среднемноголетних значений на 24—26 см. На устьевом участке реки Колымы (п. Черский) толщина льда в конце апреля наблюдалась больше среднемноголетнего значения на 12 см. Высота снега на реке

Индигирка составила 16—20 см, на реке Колыме (п. Колымское) — 26—35 см, на реке Колыме (п. Черский) снега в конце апреля не отмечено.

Таблица 2.5.20

Толщина льда и ее аномалия на конец апреля на устьевых участках рек

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2024 г.	Среднее	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	136	162	–26
Колыма	Колымское	116	140	–24
	Черский	149	137	+12

Характеристика процесса вскрытия

Вода на льду на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря была отмечена в первой и третьей декадах мая (кроме п. Колымское, где вода на льду не отмечена). Появление закраин наблюдалось в конце второй – третьей декады мая. Подвижки на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря наблюдались в третьей декаде мая. На устьевом участке реки Колымы (п. Колымское) наблюдался затор в третьей декаде мая. На устьевых участках рек Колыма (п. Черский) и Индигирка заторы не наблюдались.

Весенний ледоход на реках Индигирка и Колыма начался раньше среднемноголетних сроков на 1—6 дней. Очищение ото льда на реке Индигирке и реке Колыме (п. Колымское) отмечено раньше среднемноголетних сроков на 7 и 4 см. соответственно. Очищение на реке Колыме (п. Черский) на 3 дня позже среднемноголетней даты. Продолжительность ледохода составила 2—9 дней.

В табл. 2.5.21 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Индигирки и Колымы.

Таблица 2.5.21

Сроки вскрытия, очищения и их аномалии на устьевых участках рек

Река	Пункт	Дата начала ледохода			Дата очищения от льда		
		2024 г.	Средняя	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут
Индигирка	Чокурдах	31.05	06.06	–6	02.06	09.06	+7
Колыма	Колымское	23.05	29.05	–6	30.05	03.06	–4
	Черский	01.06	02.06	–1	10.06	07.06	+3

Характеристика процесса замерзания

Появление заберегов на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря отмечено: на реке Индигирке позже средних дат на 6 дней, на реке Колыма позже на 10 дней.

В табл. 2.5.22 приведены сроки наступления осенних ледовых явлений на устьевых участках рек Индигирки и Колымы и их аномалии.

Появление плавучего льда на устьевом участке реки Индигирка отмечалось позже среднемноголетней даты на 4 дня, на реке Колыма (п. Колымское) – на 9 дней. На устьевом участке р. Колымы (п. Черский) появление плавучего льда произошло близко к среднемноголетней дате. Ледостав на устьевых участках рек Индигирка и Колыма начался также позже среднемноголетних сроков на 5—9 дней. Продолжительность периода с плавучим льдом составила 5—12 дней.

Таблица 2.5.22

Сроки наступления ледовых явлений и их аномалии на устьевых участках рек

Река	Пункт	Дата появления заберегов			Дата устойчивого появления плавучего льда			Дата ледостава		
		2024 г.	Средняя	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя*	Аномалия, сут	2024 г.	Средняя	Аномалия, сут
Индиگیرка	Чокурдах	09.10	03.10	+6	09.10	05.10	+4	14.10	09.10	+5
Колыма	Колымское	16.10	06.10	+10	15.10	06.10	+9	24.10	11.10	+9
	Черский	16.10	06.10	+10	07.10	06.10	+1	19.10	11.10	+5

Нарастание льда в осенне–зимний период

В табл. 2.5.23 приведены данные о нарастании льда по толщине на устьевых участках рек Индиگیرки и Колымы за октябрь — декабрь, а в табл. 2.5.24 — аномалии толщины льда в декабре по отношению к среднему многолетнему значению.

Таблица 2.5.23

Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) от месяца к месяцу в осенне–зимний период на устьевых участках рек

Река	Пункт	31 октября	30 ноября		31 декабря	
		H	H	ΔH	H	ΔH
Индиگیرка	Чокурдах	14	48	+34	70	+22
Колыма	Колымское	14	61	+47	79	+18
	Черский	16	49	+33	70	+21

Таблица 2.5.24

Толщина льда и ее аномалия в конце декабря на устьевых участках рек

Река	Пункт	Толщина льда (см) на конец декабря на конец декабря		
		2024 г.	Среднее	Аномалия
Индиگیرка	Чокурдах	70	87	–17
Колыма	Колымское	79	74	+5
	Черский	70	61	+9

Максимальное нарастание толщины льда (с момента начала ледообразования) на устьевых участках рек Индиگیرка и Колыма отмечено в ноябре. В конце декабря толщина льда на устьевых участках реки Индиگیرка наблюдалась на 17 см меньше среднемноголетних значений, на р. Колыма толщина льда отмечена больше среднемноголетних значений на 5—9 см.

Высота снега на льду на конец декабря на устьевых участках рек Колыма и Индиگیرка составила 16—25 см.

3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА И ЕГО МОРЕЙ

3.1. ТЕРМОХАЛИННЫЕ УСЛОВИЯ

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в 2024 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ГТР (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 2023 г.
и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ**

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станции		Число станций
1	ГТР 96	07.09.2024	30.09.2024	96
2	ГТР 106	10.09.2024	30.09.2024	64
3	ГТР 133	12.09.2024	30.09.2024	170
4	ГТР 135	01.01.2024	15.04.2024	423
5	ГТР 139	01.01.2024	30.09.2024	815
6	ГТР 142	10.09.2024	30.09.2024	84
7	ГТР 143	14.09.2024	28.09.2024	56
8	ТОР 7	01.07.2024	30.09.2024	835
9	ТОР 8	01.07.2024	30.09.2024	432
10	ТОР 12	09.09.2024	30.09.2024	109
11	ТОР 13	07.09.2024	30.09.2024	116
12	ТОР 14	08.09.2024	30.09.2024	133
13	ТОР 15	10.09.2024	30.09.2024	123

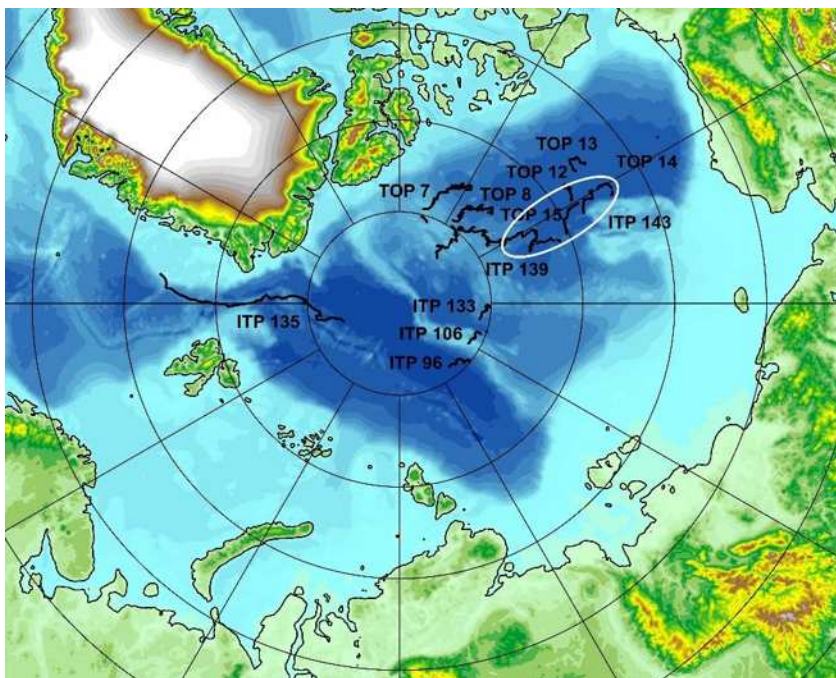


Рис. 3.1.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в 2024 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ.

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

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

Поверхностный слой в Канадской глубоководной котловине по данным ИТР буев в 2024 году обладал большей солёностью по сравнению с климатической нормой. Значения положительной аномалии солёности изменялись от 0,22 до 2 ‰. Надо отметить, что в 2023 году поверхностный слой наоборот был незначительно распреснен. Значения отрицательной аномалии солёности изменялись от -0,24 до -0,6 ‰ и соответствовали аномалиям, наблюдающимся в 2022 году. Температура поверхностного слоя в 2024 году соответствовала норме.

Под верхним перемешанным слоем глубже 35—40 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Американо-Азиатского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33 ‰. Максимальное значение температуры слоя ЛТВ в первом квартале 2024 г. составило $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, превышая климатическую норму всего на $0,14\text{ }^{\circ}\text{C}$, во втором квартале составило $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, превышая климатическую норму на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в третьем квартале составило $-0,38\text{ }^{\circ}\text{C}$, превышая климатическую норму на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для сравнения аномалия температуры слоя ЛТВ в 2023 г. составила $0,36\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в 2022 г. составила $0,6\text{—}0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Незначительные положительные аномалии слоя ЛТВ в 2024 году связаны с тем, что дрейф ИТР 139 проходил в северной части Канадской глубоководной котловины, в то время как основное ядро ЛТВ залегает в центральной и южной частях котловины.

На глубинах 160—180 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным третьего квартала 2024 г. ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 175 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м. По данным 2023 г. ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 180—190 м.

Глубже 150 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) в 2024 г. располагалась на глубине 250—310 м.

Максимальные значения температуры воды в ядре АВ в первом квартале 2024 года составило $0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ (470 м глубины), а во втором квартале составило $0,73\text{ }^{\circ}\text{C}$ (445 м глубины), что соответствует климатической норме. В третьем квартале 2024 года максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило $0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ (500 м глубины), что всего на $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ превышает климатическую норму. Отсутствующая или крайне незначительная наблюдающаяся положительная аномалия температуры АВ в 2024 году свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Азиатском суббассейне СЛО.

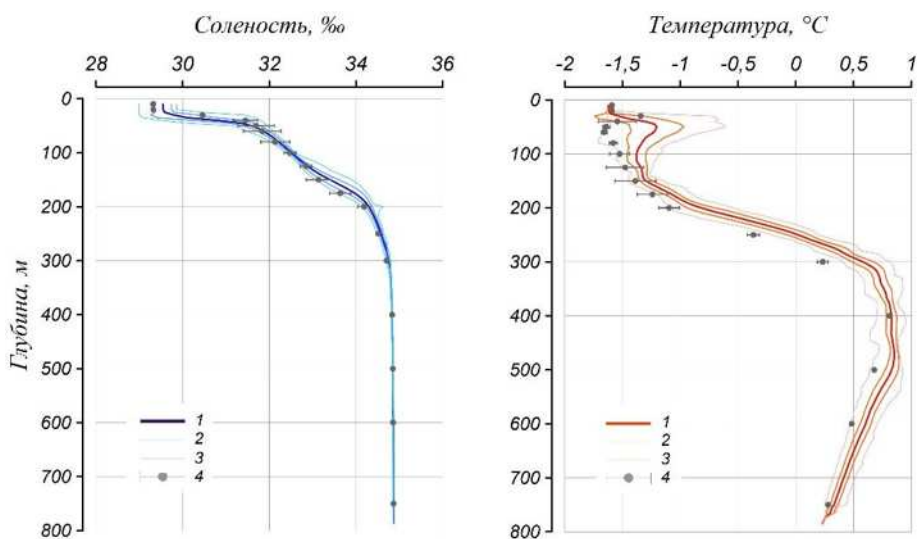


Рис. 3.1.2. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в январе — марте 2024 г. по результатам измерений профилографа ИТР 139.

1 — профиль средних значений; 2 — область стандартного отклонения; 3 — минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик; 4 — средние климатические значения и их стандартные отклонения, рассчитанные по историческим данным базы термохалинных характеристик СЛО отдела океанологии ААНИИ за апрель — июнь 1991—2020 гг.

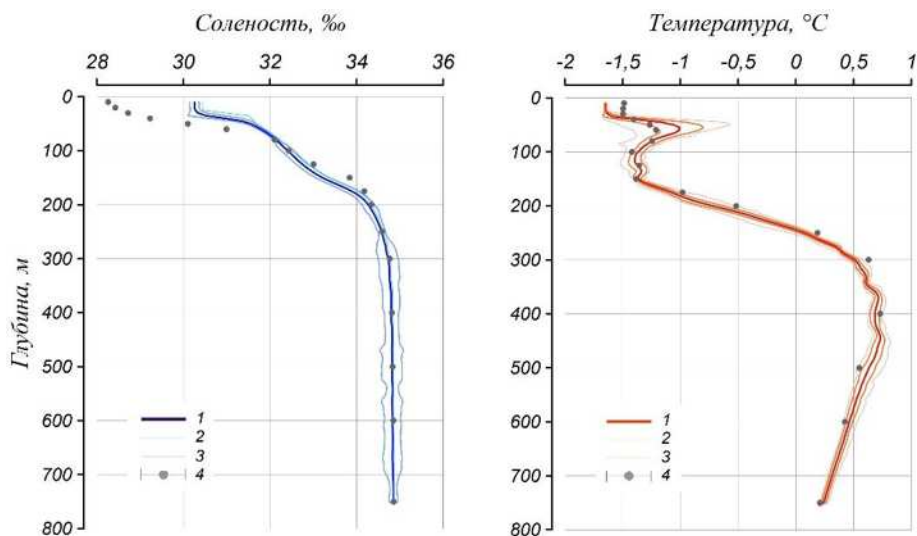


Рис. 3.1.3. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле — мае 2024 г. по результатам измерений профилографа ИТР 139.

Условные обозначения см. рис. 3.1.2.

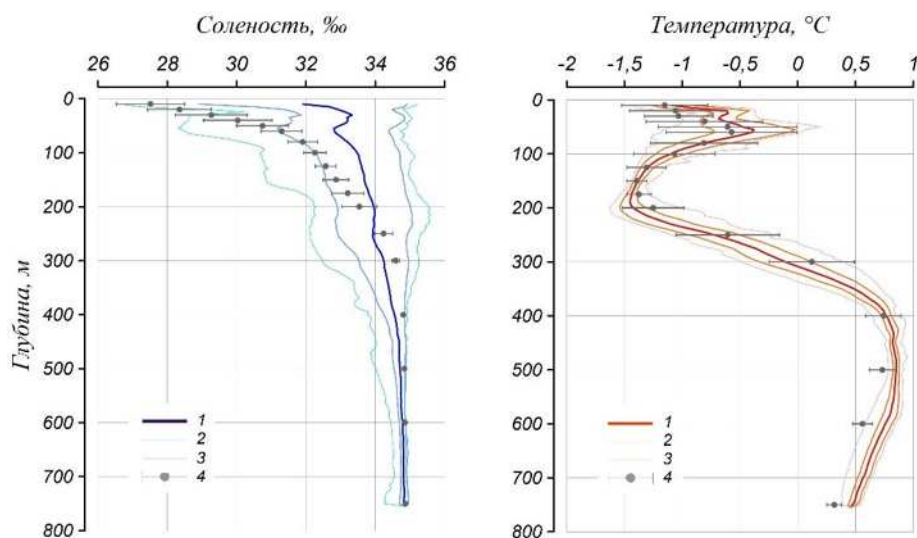


Рис. 3.1.4. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в сентябре 2024 г. по результатам измерений профилографа ИТР 143.
Условные обозначения см. рис. 3.1.2.

3.2. УРОВЕНЬ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

В 2024 году наблюдения за уровнем моря велись в Карском море на семи станциях, две из которых расположены в юго-западной части моря: Амдерма, Усть-Кара, и пять – в северо-восточной части моря: мыс Стерлегова, ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина), остров Диксон, Сопочная Карга и острова Известий ЦИК, в море Лаптевых на пяти станциях: Анабар, мыс Кигилях, пролив Санникова, остров Котельный, бухта Тикси. Чукотское и Восточно-Сибирское моря наблюдениями за уровнем моря освещены не были. Необходимо отметить, что на станциях бухта Тикси и острова Известий ЦИК наблюдения за уровнем моря были возобновлены после длительного перерыва. На станции острова Известий ЦИК измерения прекратились в 2015 году, а на станции бухта Тикси – в 2011 году.

На станциях Амдерма, остров Диксон, Сопочная Карга наблюдения за уровнем моря проводились в течение всего года, на станции Усть-Кара наблюдений не было в июле, октябре и ноябре, на станции мыс Стерлегова наблюдения проводились с января по июнь, а также в августе, на станции ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) – с января по май, а также в декабре, на станции острова Известий ЦИК наблюдений не было в январе, июле и октябре.

Относительно полноценные наблюдения в течение года были выполнены только на трёх станциях в Карском море (Амдерма, Сопочная Карга и о. Диксон) и пяти станциях в море Лаптевых.

На протяжении 2024 г. колебания уровня на всех станциях Карского моря, как в его юго-западной, так и в северо-восточной частях происходили на повышенном фоне. Аномалии среднегодовых уровней составили +15 см на станции Амдерма, +19 см на станции Усть-Кара, +15 см на станции Сопочная Карга, +11 см на станции о. Диксон, +11 см на станции мыс Стерлегова и +16 на

станции острова Известий ЦИК.

В море Лаптевых, на станциях, расположенных на Новосибирских островах, аномалии среднегодовых уровней составили +9 см на станции м. Кигилях, +14 см на станции пр. Санникова и +6 см на станции о. Котельный. На станции Анабар среднегодовая аномалия уровня составила +24 см, а на станции бухта Тикси — +42 см.

Сезонные колебания уровня арктических морей

Как правило, сезонные колебания уровня арктических морей отличаются хорошо выраженным годовым ходом, характеризующимся минимумом весной (март – май) и максимумом осенью (сентябрь – ноябрь). В 2024 г. сезонные колебания уровня в целом были близки к типичным, однако в некоторых случаях отмечались существенные отклонения. В юго-западной части Карского моря, в отличие от прошлых лет, в 2024 году постоянные измерения проводились только на двух станциях.

На станциях Амдерма и Усть-Кара (рис. 3.2.1) с самого начала года и до апреля и мая месяца происходило постепенное понижение уровня моря, причём на станции Амдерма в апреле и мае он опустился ниже среднемноголетнего значения (–1 см и –4 см соответственно). На станции Усть-Кара к июню произошёл резкий подъём уровня до значений +23 см. Кроме того стоит отметить довольно высокие среднемесячные значения уровня моря на станции Усть-Кара в сентябре (+31 см) и в декабре (+48 см). На станции Амдерма с мая по сентябрь происходил постепенный подъём уровня моря, и к сентябрю он достиг среднемесячной отметки +29 см. С октября и до конца года уровень моря на станции Амдерма сохранялся на средней отметке +30 см.

На востоке и северо-востоке Карского моря по данным станций на всех станциях сезонные изменения уровня моря происходили по-разному. На станции острова Известий ЦИК как и на станциях юго-западной части Карского моря до апреля происходило незначительное понижение уровня моря, а после происходил его рост вплоть до июня. До конца года на этой станции уровень моря сохранялся на отметке выше +20 см. На станции Сопочная Карга до мая уровень моря колебался в районе среднемноголетней отметки. В июне произошёл резкий подъём уровня моря до значения +59 см, обусловленный весенним паводком, в июле средний уровень опустился до +6, а потом поднялся и далее колебался в пределах +20 +25 см. На станции остров Диксон можно отметить значительный подъём среднего уровня моря в сентябре (до +28 см), и падение ниже среднемноголетней отметки в июле (до –2 см). На станции ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) и мыс Стерлегова в первую половину 2024 года можно отметить постепенное уменьшение уровня моря до мая месяца.

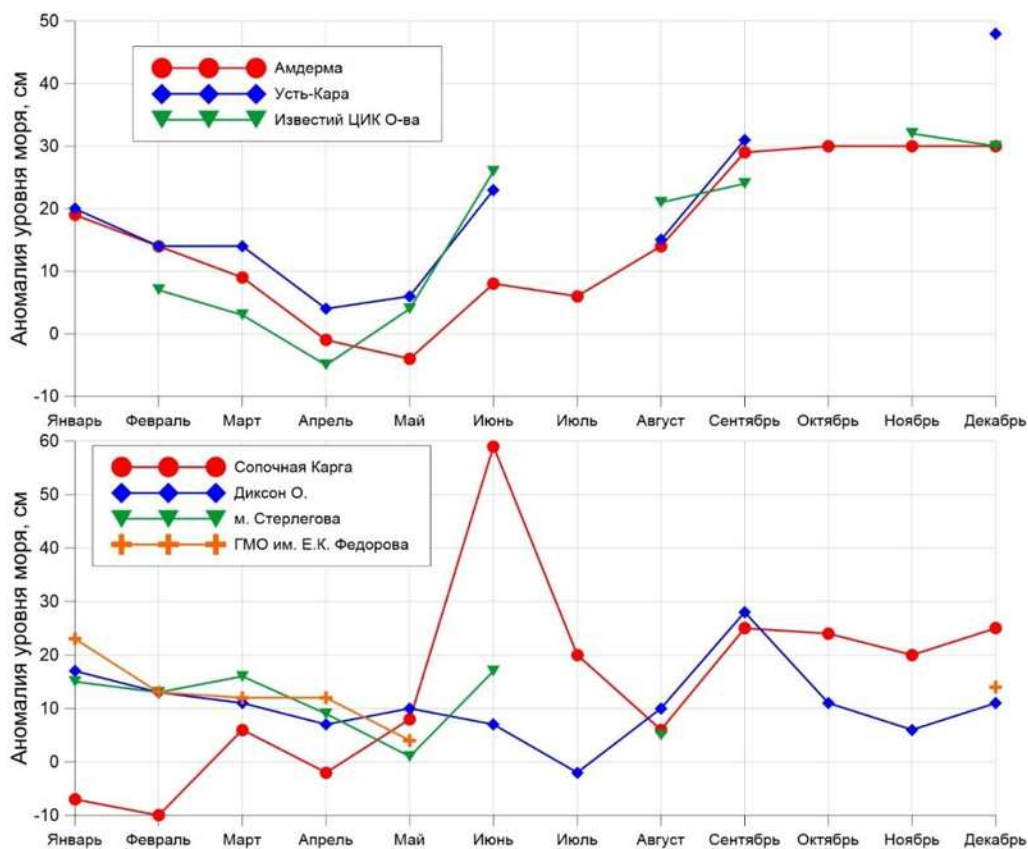


Рис. 3.2.1. Изменения среднемесячного значения уровня на станциях Карского моря в 2024 г.

В южной части моря Лаптевых по данным станций Анабар и бухта Тикси (рис. 3.2.2) вплоть до сентября происходил постепенный подъём уровня моря причём практически с одинаковой тенденцией. К сентябрю уровень моря на двух станциях поднялся до среднемесячного значения +45 см. Но затем на станции Анабар уровень моря упал, и в последнюю четверть года среднемесячные значения уровня моря здесь не поднимались выше +10 см.

На станции о. Котельный на Новосибирских островах до мая происходило постепенное понижение уровня моря (с +14 до -15 см), после чего к июлю уровень поднялся до +12 см. Так же на этой станции стоит отметить довольно высокое значение уровня моря в декабре — +26 см. На станции пролив Санникова подъём уровня моря наблюдался с июля по октябрь, когда его значения были в районе +30 — +32 см. На станции Кигилях так же можно отметить подъём уровня моря в летние месяцы, с максимумом в августе (+22 см).

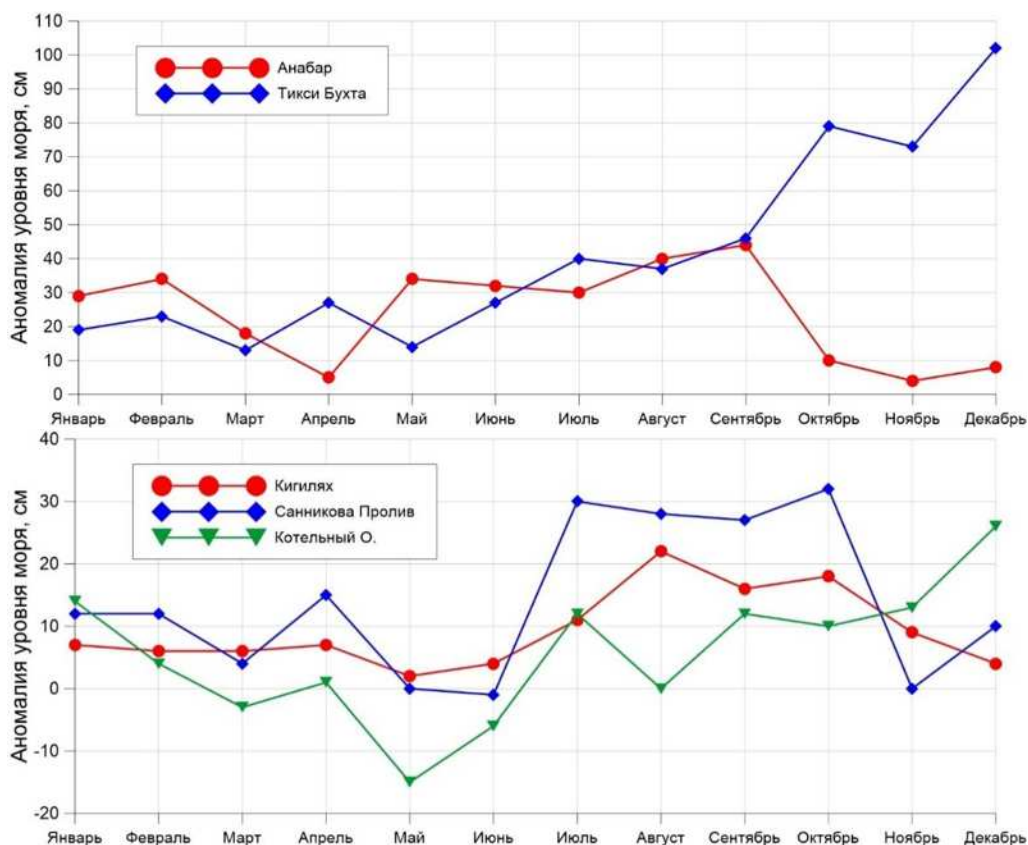


Рис. 3.2.2. Изменения среднemesячного значения уровня на станциях моря Лаптевых в 2024 г.

Сгонно–нагонные колебания уровня

Ранее, как правило, наиболее значительные анемобарические изменения уровня отмечались преимущественно в сентябре — октябре, реже в августе и ноябре и весьма редко в остальные месяцы года. В 2014 г. значительные сгонно–нагонные колебания наблюдались преимущественно в августе — сентябре. В 2015 году, наиболее существенные сгонно–нагонные колебания наблюдались преимущественно в ноябре — январе или июле — августе. В 2016 и 2017 гг. наиболее значительные сгонно–нагонные колебания наблюдались в январе — апреле. В 2018 году особо стоит отметить значительные сгонно–нагонные колебания в начале и в конце года. В 2019 — 2022 годах для Карского моря максимумы сгонно–нагонных колебаний наблюдались в различные периоды времени в зависимости от района, где размещена та или иная станция. В 2023 году в юго–западной части Карского моря максимальные сгоны наблюдались в апреле и мае, а максимальные нагоны — в феврале и октябре. На востоке Карского моря максимальный сгон наблюдался в марте, а нагон — в июне и сентябре. В море Лаптевых в 2023 году стоит отметить высокие нагоны в августе, а сгоны — в октябре.

В 2024 году на юго–западе Карского моря по данным станций Амдерма и

Усть-Кара в период с августа по декабрь наблюдались довольно высокие нагоны. На станции Амдерма в сентябре и октябре уровень моря поднимался до отметки +82 см, в ноябре – до +79 см, а в декабре – до +81 см. На станции Усть-Кара в августе был зафиксирован подъём морской поверхности до +82 см, в сентябре – до +102 см, а в декабре – до +99 см. И в целом, если посмотреть на среднемесячные значения уровня моря на этих станциях с сентября по декабрь, можно заметить, что он имел более высокие значения по сравнению с предыдущими годами. Таким образом становится очевидным большое влияние анемобарических факторов на изменчивость уровенной поверхности в юго-западной части Карского моря в последней трети 2024 года. Сильный сгон здесь наблюдался 20—23 апреля (-61 см – Амдерма, -57 см – Усть-Кара), а также 9 мая (-63 см – Амдерма, -45 см – Усть-Кара).

В восточной части Карского моря на станции Сопочная Карга можно отметить довольно сильное падение уровня 19 января (до -84 см) и 6 февраля (до -73 см). На станции острова Известий ЦИК существенные сгоны были зафиксированы 21 апреля и 10 мая (-44 и -43 см). На станции мыс Стерлегова максимальный сгон наблюдался 18 января (-71 см), а на станции ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) – 11 февраля (-41 см). На всех станциях восточной части Карского моря значительные нагоны отмечались в разное время года. Особенно необходимо отметить подъём уровня моря на станции Сопочная Карга 9 сентября, когда он достиг отметки +224 см. 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. В целом же во второй половине 2024 года на станции Сопочная Карга ежемесячно наблюдались довольно высокие подъёмы уровня моря до отметки +90 см и выше. На станции острова Известий ЦИК стоит отметить нагоны 28 ноября (до +77 см) и 1 декабря (до +71 см). На станции мыс Стерлегова сильный нагон произошёл 30 июня – до +81 см.

На юге моря Лаптевых, на станциях Анабар и бухта Тикси максимальный сгон был зафиксирован в ноябре – до -50 см и до -81 см соответственно. Сильные нагоны на станции Анабар наблюдались 4 июня – до +158 см, 6 августа – до +152 см и 4 сентября – до +155 см. На станции бухта Тикси высокие нагоны фиксировались в течение 4 последних месяцев года: в сентябре – до +139 см, в октябре – до +126 см, в ноябре – до +148 см, в декабре – до +152 см.

В восточной части моря Лаптевых на станции пролив Санникова максимальный сгон наблюдался 6 ноября – до -46 см, а нагон – 16 сентября – до +68 см. На станции остров Котельный сильный сгон зафиксирован 8 июня – до -44 см, а нагон – 17 ноября (+62 см) и 16 декабря (+61 см). На станции мыс Кигилях сильных сгонов отмечено не было, а самый высокий нагон был зафиксирован 8 октября – до +35 см.

Многолетние изменения уровня арктических морей

Практически во всех районах арктических морей колебания уровня моря до 1985 г. носили стационарный характер и линейный тренд уровня в этот период был близок к нулю или вовсе отрицательный (табл. 3.2.1). Его значение для разных станций составляло от -0,193 до 0,061 см/год при среднем значении 0,013 см/год.

**Линейный тренд уровня моря (см/год) по районам арктических морей,
определенный для трех периодов**

Район	Станция	Период					
		1950—2024		1950—1985		1985—2024	
		<i>y</i>	<i>R</i> ²	<i>y</i>	<i>R</i> ²	<i>y</i>	<i>R</i> ²
Юго-запад Карского моря	Амдерма	0,409	0,696	0,013	0,001	0,492	0,507
	Усть-Кара	0,25	0,474	–0,041	0,017	0,389	0,316
Восток Карского моря	Диксон	0,178	0,21	–0,017	0,001	0,234	0,085
	Сопочная Карга	0,240	0,373	–0,160	0,051	0,255	0,203
Новосибирские острова	Санникова	0,209	0,307	–0,076	0,018	0,317	0,214
	Кигилях	0,117	0,142	–0,193	0,112	0,206	0,126
Среднее		0,234		0,013		0,316	

Примечание. * — над чертой показано значение величины линейного тренда, под чертой – значение коэффициента детерминации линейного тренда.

После 1985 г. характер колебаний уровня на станциях арктических морей существенным образом изменился (рис. 3.2.3): в 1985 г. началось резкое повышение уровня моря, и в конце 1980-х — начале 1990-х годов его колебания происходили на повышенном фоне. Затем наблюдалось понижение уровня моря, и во многих районах арктических морей он даже вернулся к средним значениям. Однако в конце 1990-х — начале 2000-х годов уровень моря вновь стал повышаться и в 2005—2009 гг. достиг наблюдавшихся ранее максимумов и даже превысил их. В 2010 г. уровень моря снова понизился до отметок, близких к средним значениям, после чего вновь началось его повышение, носившее в период 2011—2021 гг. в разных районах арктических морей различный характер.

В юго-западной части Карского моря наблюдалось хорошо выраженное повышение уровня с возвратом к максимумам 2005–2009 гг. В 2013 г. в этом районе был зафиксирован исторический максимум уровня, перекрытый в 2016 г. После чего в 2017 году уровень незначительно опустился, оставаясь на повышенном фоне. В 2018 и 2019 годах уровень немного возрос по сравнению с 2017 годом. В восточной части Карского моря тенденции к повышению уровня были выражены слабо и, скорее, носили характер слабых колебаний на повышенном фоне. А в районе Новосибирских островов после подъема уровня моря с максимумом в 2012 г. произошло резкое понижение уровня с минимумом в 2014 г. В 2015 г. средний уровень моря несколько повысился, и в 2016 и 2017 г. это повышение продолжилось. В 2018 году среднегодовой уровень достиг максимального за последние годы значения, а в 2019—2023 гг. вновь несколько понизился.

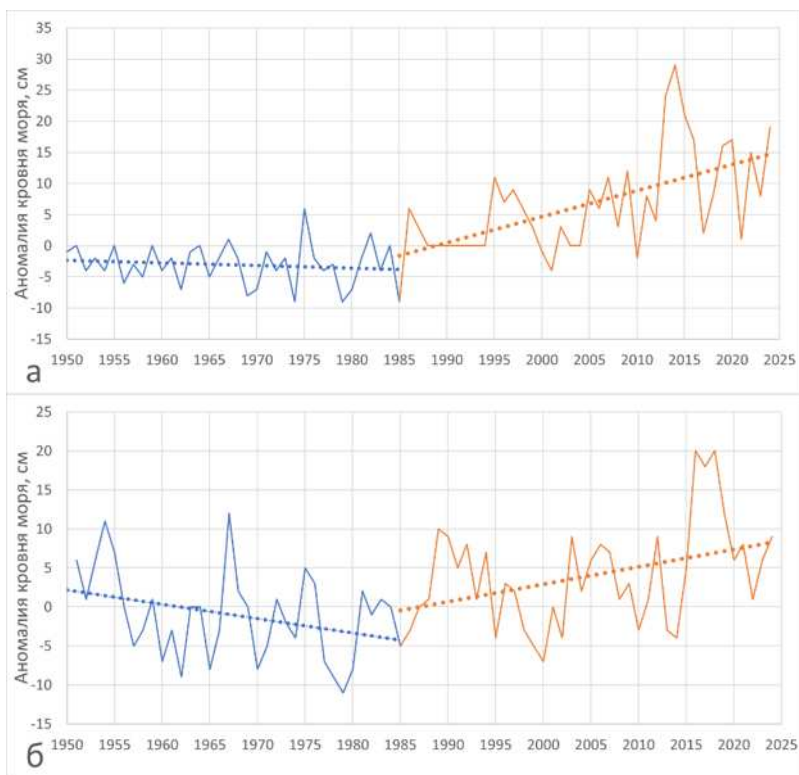


Рис. 3.2.3. Аномалия среднегодового уровня моря.

а – в юго-западной части Карского моря на станции Усть-Кара; б – на востоке моря Лаптевых на станции Кигильх

Значение тренда за период 1985–2024 гг. для различных станций, расположенных на побережье арктических морей, составило от 0,206 до 0,492 см/год при среднем значении тренда 0,316 см/год. При этом наиболее значительный тренд был зафиксирован, как и ранее, в юго-западной части Карского моря, особенно на станции Амдерма.

Необходимо отметить, что практически на всех рассматриваемых станциях величина тренда для периода с 1985 по 2024 год оказалась меньше, чем для периода с 1985 по 2023 год. Это связано с тем, что в последние 4—5 лет среднегодовое значение уровня моря для всех станций уменьшилось, по сравнению с периодом между 2015 и 2020 годами.

Как уже было отмечено выше, на станциях бухта Тикси и острова Известий ЦИК в 2024 году были возобновлены наблюдения за уровнем моря после длительного перерыва. И поэтому стоит отметить тот факт, что на станции острова Известий ЦИК среднегодовой уровень моря в 2024 году равен +16 см, тогда как в 2014 году он был равен +9 см, а в 2013 – -2 см.

3.3. ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ НА АКВАТОРИИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Ввиду отсутствия продолжительных инструментальных измерений волнения в арктических морях России обзор ветрового волнения основывается на результатах модельных расчетов и прогнозов. Мониторинг ветро-волновых условий осуществляется ежедневным использованием авторской спектрально-параметрической модели AARI-PD2, разработанной в ЛО ГОИН и модифицированной в ААНИИ. Район Российской Арктики аппроксимируется двумя большими расчетными областями с шагом $1,0^\circ$ по долготе и $0,5^\circ$ по широте. Первая расчетная область включает в себя Баренцево и Карское моря (западный сектор), а вторая – моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское (восточный сектор). Основными исходными данными модели являлись поля атмосферного давления на уровне моря (или поля составляющих скорости ветра на высоте 10 м), температура воздуха на высоте 2 м, а также батиметрические данные в узлах расчетной сетки. Исходные данные оперативно поступают из метеорологического центра Брекнелл (Великобритания, EGRR) 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.

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости значений максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height) обеспеченностью 13 % на акватории арктических морей России для отдельных месяцев года. Сведения о распределении величины H_s для Баренцева моря приведены в табл. 3.3.1, для Карского моря – в табл. 3.3.2, для акватории морей восточной части Арктики (Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского) – в табл. 3.3.3 – 3.3.5.

Баренцево море

Из табл. 3.3.1 видно, что на акватории Баренцева моря в 2024 г. преобладало волнение с высотой волн от 2 до 4 м (53 % случаев). Число случаев, когда высота максимумов значительных волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составило в 2024 г. 19 % (в 2007 г. – 30 %, 2008 г. – 27 %, 2009 г. – 24 %, 2010 г. – 23 %, 2011 г. – 16 %, 2012 г. – 13 %, 2013 г. – 10 %, 2014 г. – 8 %, 2015 г. – 15 %, 2016 г. – 11 %, 2017 г. – 13 %, 2018 г. – 13 %, 2019 г. – 9 %, 2020 г. – 17 %, 2021 г. – 11 %, 2022 г. – 12 %, 2023 г. – 15 %).

Самым штормовым месяцем в Баренцевом море в 2024 г. стал ноябрь (15 штормовых дней с высотой волн более 5 м). Также много штормовых дней было в феврале, сентябре, октябре и декабре. Однако, максимальная высота волны в Баренцевом море была рассчитана в январе 2024 г. Она превысила 10,5 м (30 января на 00, 06 и 12 ч UTC). Это значение высоты волны в 2024 г. ниже по сравнению с 2023 г. (в январе 2023 г. было более 11,0 м). Продолжительность шторма составила 9 дней (с 28 января по 5 февраля).

На рис. 3.3.1 в качестве примера приведены поля ветра и высоты волн H_s на акватории Баренцева моря на 12 ч UTC 24 января 2024 г.

Таблица 3.3.1

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs)
в Баренцевом море в 2024 г.**

Месяц	Высота волн, м											
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12
Январь	—	—	6	12	7	1	2	1	—	—	2	—
Февраль	—	—	10	4	3	8	4	—	—	—	—	—
Март	—	8	9	10	3	1	—	—	—	—	—	—
Апрель	—	7	7	11	4	1	—	—	—	—	—	—
Май	—	5	13	11	—	—	2	—	—	—	—	—
Июнь	—	8	14	6	2	—	—	—	—	—	—	—
Июль	1	14	11	2	3	—	—	—	—	—	—	1
Август	1	15	8	6	1	—	—	—	—	—	—	1
Сентябрь	—	1	6	9	3	7	4	—	—	—	—	—
Октябрь	—	—	7	10	2	3	7	—	2	—	—	—
Ноябрь	—	—	3	6	6	4	4	4	2	1	—	—
Декабрь	—	—	5	8	7	7	1	3	—	—	—	—
Год	2	58	99	95	41	32	24	8	4	1	2	2

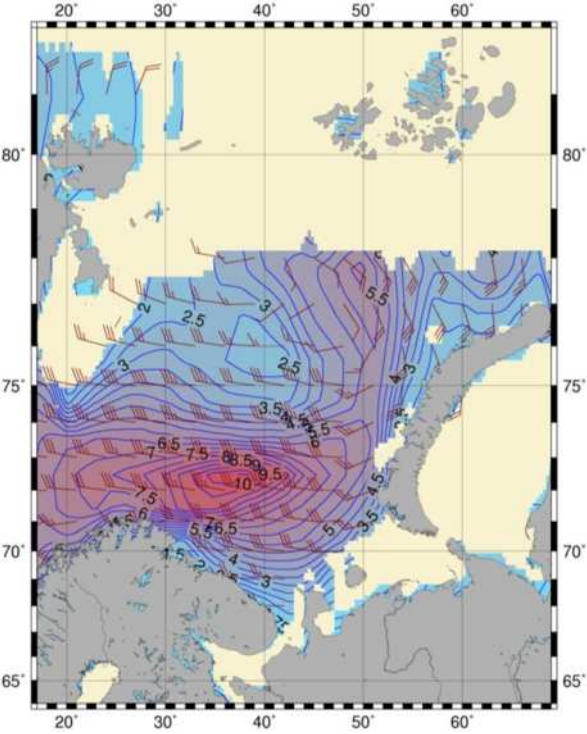


Рис. 3.3.1. Поле ветра и высоты волн (Hs, м) для акватории Баренцева моря на 12 ч UTC 30 января 2024 г.

Карское море

Карское море в 2024 г. было покрыто льдом до конца июня. Такая ситуация в Карском море наблюдается не часто. Обычно море начинает открываться в конце мая или в июне.

В таблице 3.3.2 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Карского моря в 2024 г. Как видно из табл. 3.4.2 в Карском море в 2024 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Наиболее штормовыми месяцами стали сентябрь и октябрь. 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 UTC, а также 17 октября на 06 и 12 ч UTC. Карское море в 2024 г. стало открываться лишь в начале июля, а к середине августа полностью очистилось ото льда. К концу сентября граница области чистой воды в Карском доходила до 82—83° с.ш. Необходимо отметить, что в конце 2024 г. пр. Карские Ворота был почти закрыт льдом, но в Карском море оставалась небольшая область чистой воды, прилегающая к проливу.

Таблица 3.3.2

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

Месяц	Высота волн, м				
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5
Январь (до 6 января)	7	16	2	—	—
Май (с 20 мая)	—	23	6	2	—
Июнь	—	2	16	5	4
Июль	—	5	8	10	6
Август	—	7	13	8	2
Сентябрь	4	17	8	2	—
Октябрь	11	70	53	27	12
Ноябрь	7	16	2	—	—
Декабрь (до 25 декабря)	—	23	6	2	—
Итого	—	2	16	5	4

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.

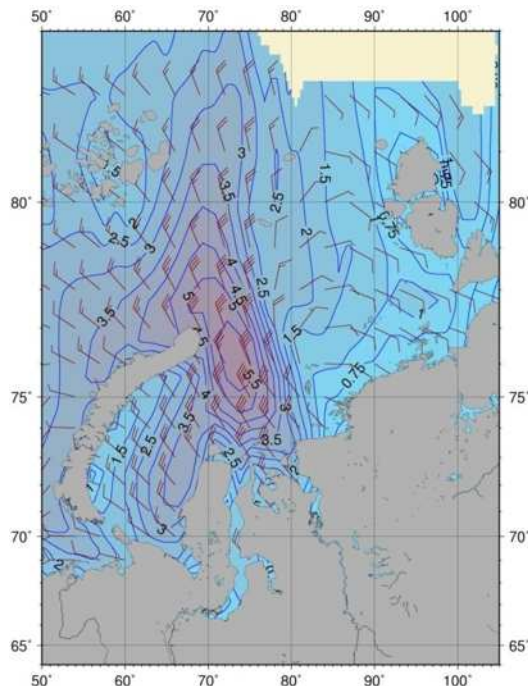


Рисунок 3.3.2 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Карском море на 18 ч UTC 8 сентября 2024 г.

Моря Лаптевых, Восточно–Сибирское и Чукотское

Поскольку большую часть года моря восточной части Арктики покрыты льдом, то в табл. 3.4.3–3.4.5 приведено распределение значительных высот волн только для тех месяцев, когда площадь свободных ото льда акваторий позволяла выполнить оценки основных характеристик волнения. В таблицах учтены случаи ветрового волнения на акваториях морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского на открытой воде до кромки льда.

Сведения о распределении высот волн H_s в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском даны в таблицах 3.4.3 – 3.4.5. Как видно из таблиц 3.4.3 – 3.4.5, в 2024 г. в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском преобладало волнение от 1 до 2 м, а в Чукотском море от 1 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем в море Лаптевых стал сентябрь, а в Восточно-Сибирском и в Чукотском морях октябрь.

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 6,0 м (22 октября). Это значение 1,5 м ниже, чем в 2023 г.

Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила более 5,5 м (22 октября), что на 0,5 м ниже, чем в 2023 г.

Таблица 3.3.3

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

Месяц	Высота волн, м					
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6
Июнь (с 20 июня)	8	13	—	—	—	8
Июль	3	22	5	1	—	3
Август	4	15	12	—	—	4
Сентябрь	—	11	11	4	4	—
Октябрь (до 25 октября)	3	10	4	2	—	3
Итого	18	71	32	7	4	18

Таблица 3.3.4

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

Месяц	Высота волн, м							
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8
Июнь (с 20 июня)	11	5	—	—	—	—	—	11
Июль	7	24	—	—	—	—	—	7
Август	3	12	13	3	—	—	—	3
Сентябрь	1	15	14	—	—	—	—	1
Октябрь	—	10	6	6	1	1	1	—
Итого	22	66	33	9	1	1	1	22

Таблица 3.3.5

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

Месяц	Высота волн, м						
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7
Июнь	5	2	—	—	—	—	5
Июль	16	11	3	—	—	—	16
Август	5	15	10	1	—	—	5
Сентябрь	—	3	23	4	1	—	—
Октябрь	1	18	9	2	—	—	1
Ноябрь	—	7	11	8	3	2	—
Декабрь (до 16 декабря)	—	8	4	14	4	—	—
Итого	—	3	4	—	—	—	—

Море Лаптевых стало открываться во второй декаде июня. К концу июня в южной части моря Лаптевых вдоль припая образовалась область чистой воды (от 74°с.ш. до 77° с.ш.). 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. В октябре море стало быстро закрываться и после 20 октября покрылось льдом.

Восточно-Сибирское море стало открываться в середине июня к северу от

Новосибирских островов. 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. Закрылось море в конце октября.

Чукотское море стало открываться в конце мая — начале июня. 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. Закрылось море в начале декабря.

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

На рисунке 3.4.3, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s для морей восточной Арктики на 12 ч UTC 18 сентября 2024 г.

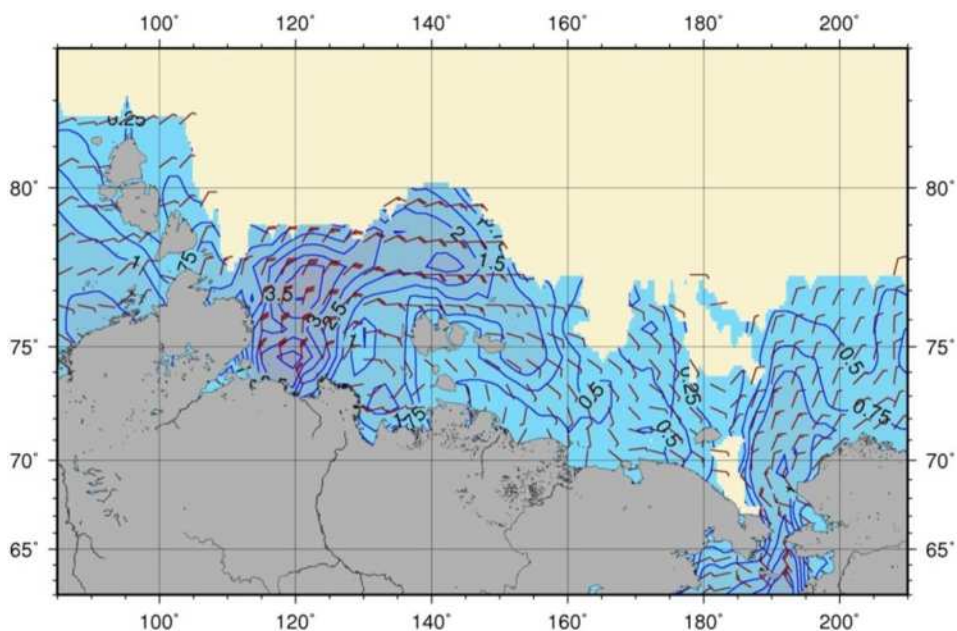


Рисунок 3.3.3 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях восточной Арктики на 12 ч UTC 18 сентября 2024 г.

3.4. ОБЗОР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В течение 2024 г. гидрохимические исследования проводились в апреле в заливах Грөнфьорд и Биллефьорд арх. Шпицберген, и в сентябре — в заливе Грөнфьорд. Основной целью было выявить особенности гидрохимической структуры и распределения биогеохимических параметров в заливах Западного

Шпицбергена (Исфьорд и Грёнфьорд).

Так же новые гидрохимические данные получены в ходе рейсов НЭС «Ак. Федоров», в ходе работы «Арктического плавучего университета» на борту НИС «Профессор Молчанов» в восточной и северо-восточной части Баренцева моря в июне—июле 2024 г., а также с борта дрейфующей ледостойкой платформы «Северный полюс» (ЛСП) в октябре—декабре 2024 г.

Новая информация о состоянии морских экосистем арктических морей и центрального бассейна СЛО включает данные с более чем 500 океанографических станций.

Данные о распределении гидрохимических характеристик, собранные в ходе летне-осеннего этапа экспедиции в августе 2024 г. в заливах Исфьорд и Грёнфьорд арх. Шпицберген, показывают, что значения общей щелочности увеличивались с глубиной от 1000 до 2250 мкмоль/кг (Рис. 3.4.1). Минимальные концентрации зафиксированы в кутовой части Грёнфорда, что связано с влиянием терригенного стока речных долин и ледникового стока. Диапазон значений pH находится в пределах 7,9–8,4 и также изменяется с глубиной. Рассчитанное парциальное давление углекислого газа в воде изменялось от 200 до 700 мкاتم.

В 2024 г. исследования выполнялись в заливе Гренфьорд, полученные данные в целом имеют сходимость с результатами 2022–2023 гг. В заливе Гренфьорд продукты диссоциации угольной кислоты в виде гидрокарбонатов (HCO_3^-) и карбонатов CO_3^{2-} в среднем составляют 1915 мкмоль/кг (HCO_3^-) и 95 мкмоль/кг (CO_3^{2-}).

Воды архипелага отличаются достаточной степенью насыщения арагонитом (при $\Omega_{\text{Ar}} > 1$). Данный показатель является важным для оценки морской экосистемы в условиях асидификации, так как арагонит выступает в роли строительного материала для большого числа морских организмов: кораллов, моллюсков. Водная среда заливов благоприятна для образования карбоната кальция (CaCO_3), раковин и скелетов морских организмов. Степень насыщения морских вод арагонитом (Ω_{Ar}) составляет от 1,4. Рассчитанные концентрации растворенного CO_2 варьируются в пределах 9–40 мкмоль/кг.

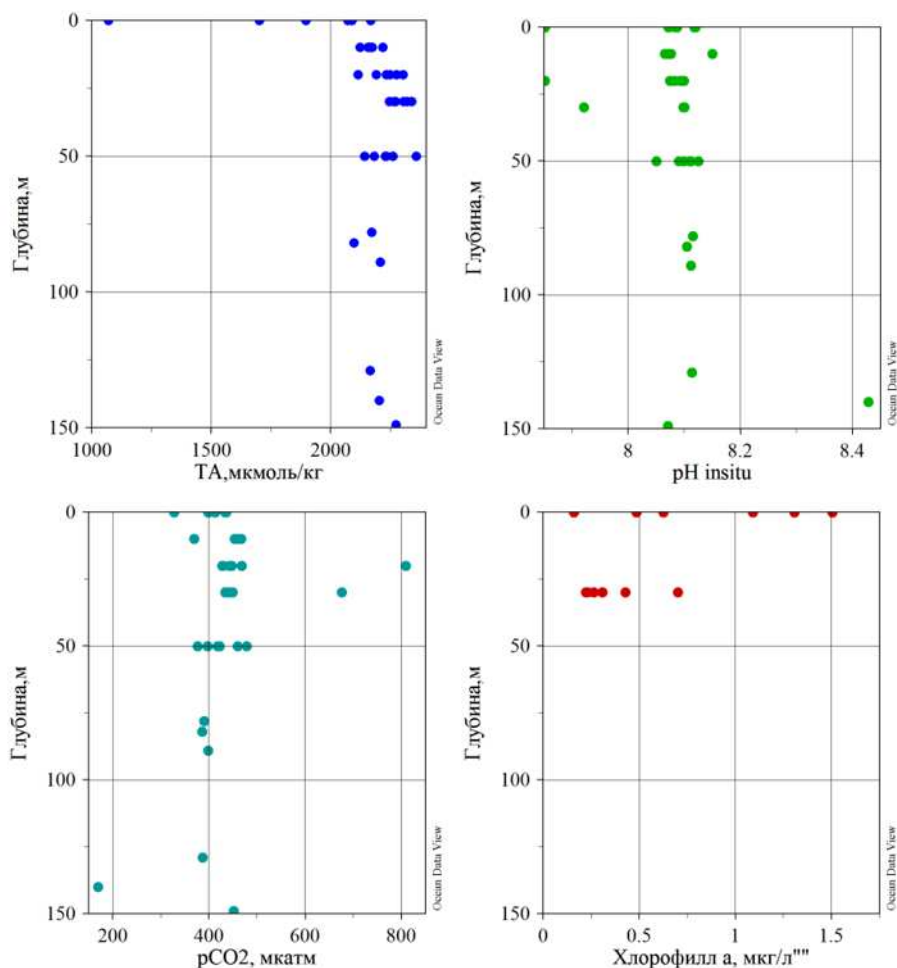


Рис. 3.4.1. Вертикальное распределение карбонатных параметров (общей щелочности, pH, pCO₂) и концентраций хлорофилла «а» в заливе Грёнфьорд, 07.09.2024 г.

В Грёнфьорде оценки потока CO₂ (FCO₂) проводились при низких скоростях ветра (<3 м/с) и продемонстрировали незначительное поглощение CO₂ из атмосферы (-0,007 ммоль м⁻²*сут⁻¹).

Содержание хлорофилла-А изменялось в широких пределах - 0,22 ...-1,5 мг/м³, со средним значением 0,65 мг/м³. Наблюдаемые относительно высокие значения хл-А в поверхностном слое (1,5 мг/м³) могут свидетельствовать о высокой степени чувствительности экосистема фьорда к внешним факторам, таким как увеличение питательных веществ, поступающим речного стока. Общая картина доли феофитина в исследуемый период неоднозначна. Наиболее угнетенное состояние микроводорослей наблюдалось локально, на глубинах 0 и 30 м, где значения

феофитина превышали 40 % (47–50 %). В остальных районах показатели были ≤ 40 %, что характеризует активную фазу развития фитопланктона. Наименьшее значение доли феофитина наблюдается в поверхностном слое.

В исследуемой области содержание кремния невелико (1,67–3,5 мкмоль/л), что указывает на отсутствие речного стока, влияющего на жизнедеятельность микроводорослей.

В 2024 г. в заливе Грёнфьорд наблюдалось снижение скорости поглощения CO_2 в сравнении с данными предыдущих лет (–1,52...–4,76 ммоль $\text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ в 2022–2023 гг.). Основная часть терригенного стока поступала в кутовую часть Грёнфьорда, где осуществлялась их трансформация с морскими водами. Было выявлено уменьшение pCO_2 и увеличение pH, что вероятно связано с активизацией фотосинтетической деятельности фитопланктона. Повышенная биопродуктивность для этого периода года вызвана активным прогревом поверхностного слоя и поступлением пресноводного стока, способствующего более интенсивному потреблению CO_2 , увеличению содержания кислорода и щелочности вод.

Содержание биогенных элементов в водах фьордов контролируется их потреблением фитопланктоном и характеризуется подповерхностным минимумом в слое скачка плотности, что косвенно свидетельствует об активном развитии слоя подповерхностного цветения фитопланктона, характерного для морских арктических экосистем при отсутствии сильного речного стока. В речных водах, поступающих в заливы, содержание фосфатов и нитритов минимально, в то время как силикаты выносятся реками в большом количестве. Повышенное содержание нитритов в придонном слое указывает на процессы разложения органического вещества, поступившего туда за летний период из вышележащих слоев.

Оценки буферной емкости морской экосистемы Грёнфьорда выявили ее устойчивость к воздействию внешних факторов. Это подтверждается и значениями фактора Ревеля (10–18), выражающего отношение между частичным изменением pCO_2 и изменением содержания растворенного неорганического углерода. Принятые нормальные значения для морской воды находятся между 8–20. С увеличением Фактора Ревеля буферная емкость морских вод будет снижаться быстрее, что приведет к изменениям pCO_2 в воде. На данный момент этого не наблюдается.

Данные рейса НЭС «Академик Федоров» включают содержание биогенных элементов, растворенного кислорода, pH и общей щелочности, хлорофилла-А на акватории морей Баренцева, Карского и Лаптевых.

Данные о распределении кремния на поверхности позволяют предварительно оценить характер распространения речного стока на акваториях морей Карского и Лаптевых (Рис. 3.4.2.).



Рис. 3.4.2. Поверхностное распределение силикатов (мкмоль/л) по данным рейса НЭС «Академик Федоров» в сентябре—октябре 2024 г.

Пользуясь содержанием силикатов, как критерием выделения речного стока (изолиния 10 мкмоль/л), можно предположить, что в Карском море характер распределения речного стока имел центральный или переходный тип, в связи с тем, что наиболее высокие концентрации силикатов (до 42 мкмоль/л) смещены в сторону юго-западной части моря. При этом значительного продвижения речных вод в восточном направлении не выявлено.

В море Лаптевых присутствие речных вод зафиксировано к северу от Новосибирских о-вов, где содержание силикатов на поверхности составляло 12—20,5 мкмоль/л, что так же может косвенно говорить о северном характере распределения речного стока.

Поверхностное распределение фосфатов в 2024 г. по данным рейса показывает, что в северо-восточной части Баренцева и в северной части Карского моря содержание фосфатов изменялось от 0,14 до 0,24 мкмоль/л и в среднем составляло 0,18 мкмоль/л (Рис. 3.4.3.).



Рис. 3.4.3. Поверхностное распределение фосфатов (мкмоль/л) по данным рейса НЭС «Академик Федоров» в сентябре—октябре 2024 г.

Данные о концентрациях фосфатов в поверхностном слое подтверждают предположения о низком содержании фосфатов в поверхностном слое на шельфе Арктических морей, особенно в северных районах. Низкое содержание фосфатов связано с их активным потреблением в процессе фотосинтеза. В северной части моря Лаптевых содержание фосфатов было еще ниже (0,16–0,19 мкмоль/л). В северо-западной части моря Лаптевых содержание фосфатов на поверхности несколько выше (0,17–0,25 мкмоль/л) и возрастает с севера на юг, достигая максимальных значений у побережья Новосибирских о-вов (0,27 мкмоль/л), что может объясняться распространением здесь влияния речного стока. Среднее содержание фосфатов в поверхностном слое моря Лаптевых осенью 2024 г. можно оценить в 0,17–0,2 мкмоль/л.

Азот нитритов является неустойчивым соединением, но его повышенные концентрации относительно неплохо отражают районы с активно протекающими процессами разложения органического вещества (ОВ) (Рис. 3.4.4).



Рис. 3.4.4. Поверхностное распределение нитритного азота (мкмоль/л) по данным рейса НЭС «Академик Федоров» в сентябре—октябре 2024 г.

В среднем, содержание нитритного азота в водах арктических морей невелико, и зачастую снижается до аналитического нуля. Данные рейса показывают сравнительно повышенные значения в восточной части Баренцева моря (до 0,15 мкмоль/л), а также в районе желоба св. Анны в Карском море (0,06–0,07 мкмоль/л). В южных районах Карского моря, в зоне активного влияния речного стока содержание нитритов на поверхности возрастает до 0,15–0,25 мкмоль/л, что, вероятно, вызвано активным разложением ОВ в районе гидрологического фронта зоны речного выноса. Далее к востоку в южных районах Карского моря содержание нитритов составляло 0,04–0,1 мкмоль/л.

Общее содержание нитритного азота в поверхностном слое моря Лаптевых изменялось в диапазоне 0,04–0,08 мкмоль/л. К северу от Новосибирских о-вов локально возрастало до 0,14–0,22 мкмоль/л, что, очевидно, связано с разложением ОВ, вынесенного речными водами и процессами продукции фитопланктона.

Зона относительно повышенных концентраций нитритов в северной части моря Лаптевых (0,08–0,11 мкмоль/л), вероятно связана с процессами продукции фитопланктона. Это соответствует относительно повышенному содержанию хлорофилла-а (Рис. 3.4.5).



Рис. 3.4.5. Поверхностное распределение хлорофилла-а (мг/м³) по данным рейса НЭС «Академик Федоров» в сентябре—октябре 2024 г.

Сроки проведения работа в рейсе пришлись на сентябрь—октябрь, период, когда процессы цветения фитопланктона заканчиваются и начинаются процессы отмирания водорослей.

Содержание хлорофилла-а на поверхности Карского моря в южных районах не превышало 0,13–0,56 мг/м³ с некоторым увеличением в зоне влияния речного стока. Наибольшие значения (0,25–0,8 мг/м³) наблюдались в северных районах моря, где период цветения фитопланктона еще не закончился. Максимальные значения наблюдались в центральной части Карского моря (0,67–0,88 мг/м³), что может быть связано с притоком в эти районы сравнительно теплых, насыщенных фитопланктоном вод атлантического происхождения.

Для моря Лаптевых содержание хлорофилла в поверхностном слое, в среднем, было выше (0,4–1,0 мг/м³). Что, вероятно, связано с более поздними процессами цветения фитопланктона в море Лаптевых и меньшим влиянием на эти районы вод речного стока осенью 2024 г. Наиболее продуктивным в море Лаптевых был район к северу от Новосибирских о-вов, где содержание хлорофилла достигало 1,0–1,47 мг/м³.

Распределение и функционирование фитопланктона арктических морей напрямую зависит от температуры, времени года, в которое проводился отбор проб, концентрации в воде минеральных веществ, солености, течений, проходящих в исследуемых районах и многих других факторов. В связи с этим, видовой состав в экосистемах морей арктического бассейна распределен неравномерно и меняется сообразно динамике вышеперечисленных факторов.

Продолжительность вегетационного периода в арктических морях в среднем составляет 3–4 месяца (май–август). После чего начинаются процессы отмирания и минерализации клеток фитопланктона, что влечет за собой некоторое локальное повышение концентрации биогенных элементов в поверхностном слое районов гидрологического фронта. Так же происходит осаждение отмершего фитопланктона в глубинные слои водной толщи, что вызывает снижение концентраций растворенного кислорода, который расходуется на окисление ОВ. Также происходит заметное снижение концентрации хлорофилла-а в поверхностном слое СЛО. Во многих случаях диатомовые водоросли, составляющие основу фитопланктонного сообщества арктических морей, после отмирания растворяются, не достигая дна, что сопровождается повышением концентраций фосфатов и силикатов.

Работы в рамках рейса «Арктический плавучий университет» проводились с борта НИС «Профессор Молчанов» в восточной и северо-восточной части Баренцева моря в июне–июле 2024 г. Гидрохимический раздел работ включал отбор и анализ проб морской воды для определения содержания растворенного кислорода, общей щелочности, показателя рН и биогенных элементов (фосфатов и силикатов). Всего было отобрано 1502 пробы воды на 29 океанографических станциях.

Распределение растворенного кислорода на разрезе 2 (о-в Нортбрук — бухта Русская гавань) демонстрирует сравнительно хорошее насыщение поверхностного слоя (7,2–8,3 мл/л) (Рис. 3.4.6, снизу). На горизонтах 20–50 м наблюдается хорошо заметный промежуточный максимум растворенного кислорода. Причем на разрезе 1 (п-ов Адмиралтейство – о-в Виктория) этот слой практически сплошной (Рис. 3.4.6, сверху), но абсолютное содержание кислорода в нем несколько ниже (до 8,2 мл/л), а далее в сторону Карского моря слой распадается на отдельные области, но увеличиваются концентрации кислорода (до 8,5 мл/л). Повышенное содержание кислорода в поверхностном слое и наличие его промежуточного максимума говорит об активных процессах фотосинтеза, протекающих в районе исследований.

Отдельно стоит упомянуть северную часть разреза 2 (Рис. 3.4.6, снизу). Здесь концентрации растворенного кислорода в слое максимума достигают 9,03 мл/л и повышенные его значения наблюдаются до глубин 200–250 м. Это связано со стоком с арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) дополнительных объемов талых вод, которые увеличивают прозрачность воды и глубину проникновения света, что создает хорошие условия для фотосинтеза. Кроме того, талые воды холодные и они постепенно опускаются глубже.

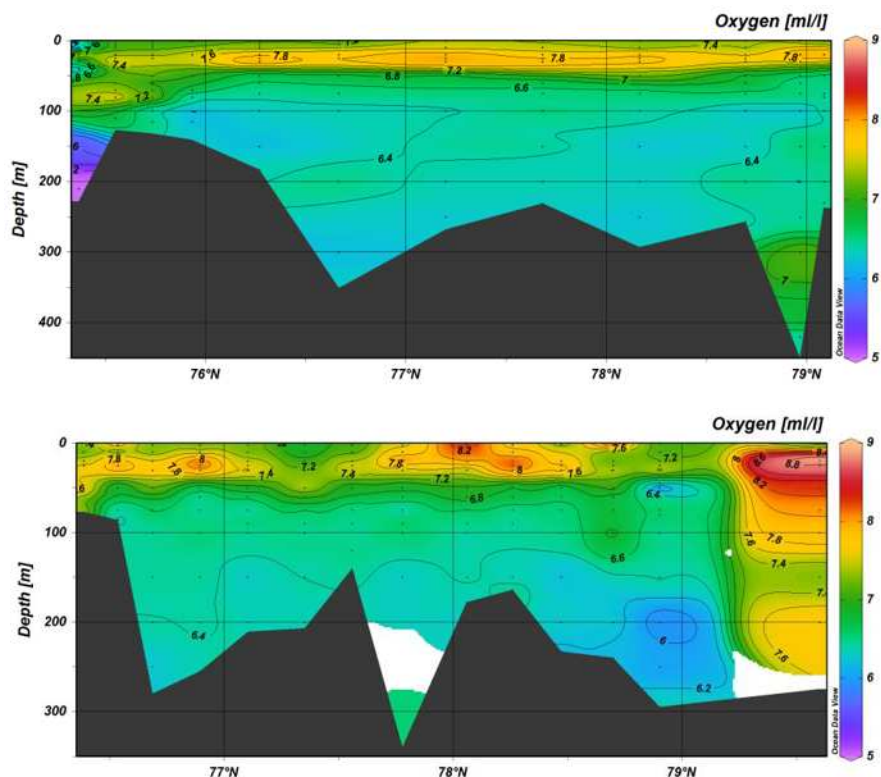


Рис. 3.4.6. Распределение растворенного кислорода (мл/л) в северо-восточной части Баренцева моря. Разрез 1, п-ов Адмиралтейство – о-в Виктория (сверху), Разрез 2, о-в Нортбрук – бухта Русская гавань (снизу) по данным рейса НИС «Профессор Молчанов» 2024 г.

Распределение кремния силикатов и минерального фосфора (фосфатов) на разрезе 1 показывает, что поверхностный слой преимущественно занят поверхностными водными массами СЛО, до глубин около 50 м содержание силикатов менее 2 мкмоль/л и фосфатов 0,2—0,5 мкмоль/л, что обусловлено потреблением фосфатов при фотосинтезе и расходом силикатов диатомовыми водорослями (Рис. 3.4.7).

В северной части разреза, ближе к берегам арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ), отмечается заглупление нижней границы поверхностного слоя до глубин 100–120 м, что, вероятно, связано с опусканием бедных биогенными элементами холодных талых вод с ледников ЗФИ. Это подтверждается и поверхностным распределением фосфатов (Рис. 3.4.7).

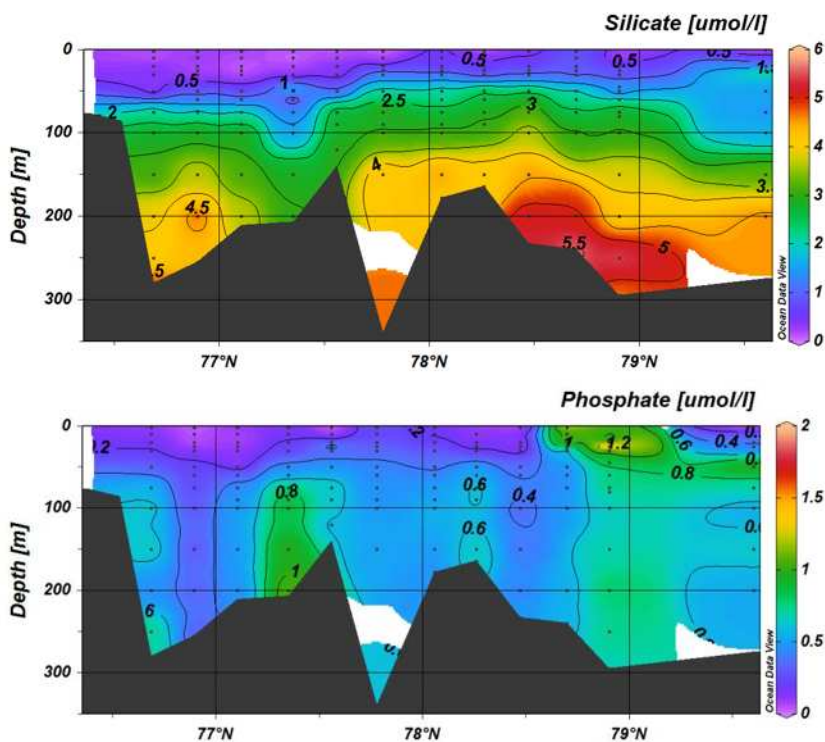


Рис. 3.4.7. Распределение силикатов и фосфатов (минеральный фосфор) (мкмоль/л) в северо-восточной части Баренцева моря, разрез п-ов Адмиралтейство – о-в Виктория по данным рейса НИС «Профессор Молчанов» 2024 г.

Однако, чуть южнее в поверхностном слое и в слое пикноклина в северной части разреза отмечаются локальные повышенные концентрации фосфатов (0,8—1,5 мкмоль/л), что может быть связано с проникновением сюда более теплой (0,8—1,5°C) воды из Баренцева моря, насыщенной биогенными элементами.

В глубинных водах содержание кремния и фосфатов возрастает и в придонных горизонтах достигает 4—6 мкмоль/л и 0,7—1,2 мкмоль/л соответственно.

По данным предыдущих лет на данных разрезах довольно отчетливо прослеживалось наличие как Фрамовской так и Баренцевоморской ветвей АВ, но в 2024 году Баренцевоморская ветвь, которая обычно наблюдается в южной части разреза на глубинах 100–200 метров, оказалась очень сильно трансформированной и слабо выраженной. На это могли оказать воздействие как местные процессы, такие как перемешивание, так и изменение режима поступления АВ.

Гидрохимические данные платформы «Северный Полюс» за 2024 г. позволяют оценить гидрохимические условия в районе хребта Ломоносова между котловинами Амундсена и Подводников, к северу от Новосибирских о-вов.

Данные показывают, что толщина верхнего перемешанного слоя составляла около 50 м. Поверхностные воды отличались низкими температурами (–1,0 — –

1,7°C), и очень низким содержанием биогенных элементов, что довольно типично для данного региона и сезона (Рис. 3.4.8). Со стороны котловины Амундсена концентрации фосфатов составляли 0,2—0,3 мкмоль/л, в котловине Подводников поверхностное содержание фосфатов местами опускалось до аналитического нуля (около 0,04 мкмоль/л) и не превышало 0,2 мкмоль/л. Содержание нитратного азота во всем слое изменялось от 0 до 4 мкмоль/л. Поверхностный слой по всей глубине (в среднем до 50 м) хорошо насыщен растворенным кислородом (8,1—9,0 мл/л). В связи с тем, что данные получены преимущественно в зимнее время, в районе не наблюдается повсеместно распространенный в летний период промежуточный максимум растворенного кислорода.

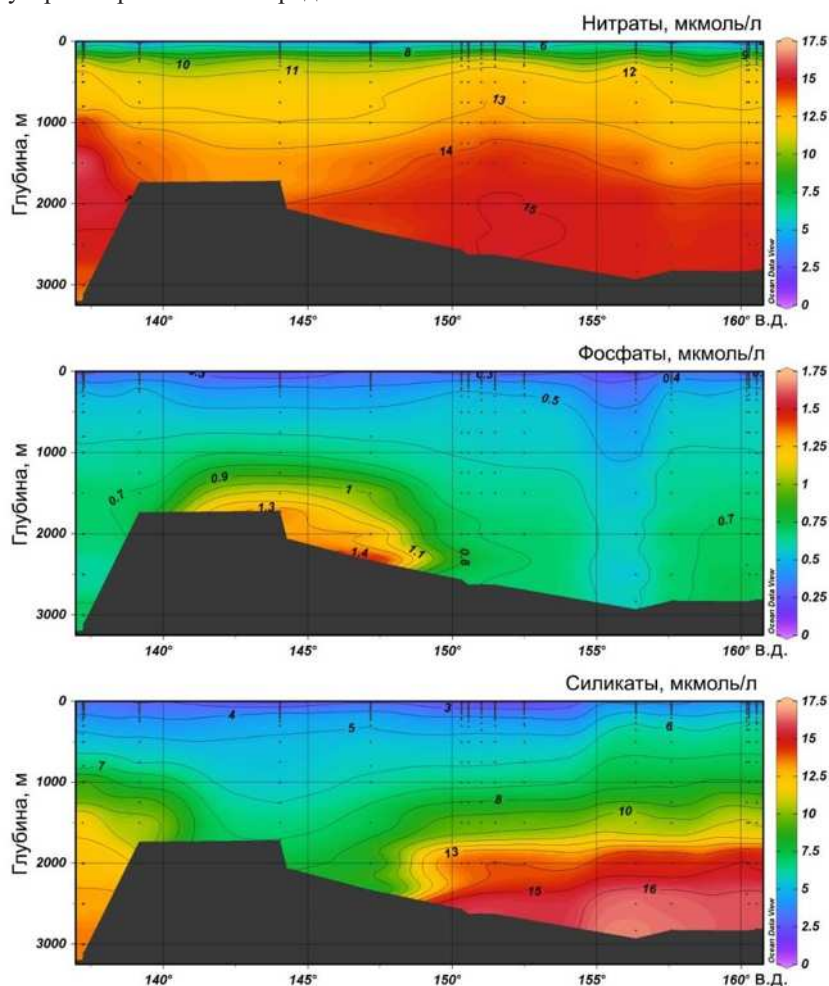


Рис. 3.4.8. Вертикальное распределение нитратов, фосфатов и силикатов ($\mu\text{mol/L}$) по ходу дрейфа ЛСП «Северный полюс» в октябре-декабре 2024 г.

Содержание кремния в поверхностных водах около 1–2 мкмоль/л со стороны котловины Амундсена и незначительно возрастает, до 3–4 мкмоль/л, в восточном направлении.

Хорошее перемешивание поверхностного слоя на глубину до 50–60 м и отсутствие выраженного холодного галоклина свидетельствует о влиянии процессов зимней конвекции.

На глубинах 100–500 м находился слой атлантических вод (АВ) с повышенными температурами (до 1,45°C). Содержание кислорода здесь уменьшается до 7,5–7,1 мл/л как вследствие увеличения глубины так и за счет повышения температуры воды. Содержание нитратного азота в слое АВ обычно повышенное, по данным 2024 г. наблюдались концентрации 8–14 мкмоль/л, что соответствует средним значениям для океанской воды. Содержание фосфатов в слое АВ увеличивается до 0,4–0,6 мкмоль/л, силикатов содержалось 4–6 мкмоль/л, а со стороны котловины Подводников 6–7 мкмоль/л.

В нижележащих слоях концентрации биогенных элементов продолжают увеличиваться с глубиной. Глубже 1000 м содержание нитратного азота достигает 13–16 мкмоль/л со стороны котловины Амундсена, и до 17 мкмоль/л со стороны котловины Подводников. В районе хребта Ломоносова придонные концентрации нитратного азота составляют 13,0–13,5 мкмоль/л. Содержание силикатов в придонных водах котловины Амундсена составляет 12–14 мкмоль/л, в котловине Подводников до 12–17 мкмоль/л. В районе хребта Ломоносова придонные концентрации силикатов составили 7–10 мкмоль/л. Придонное содержание фосфатов в котловинах достигает 0,70–0,75 мкмоль/л. В районе хребта с восточной стороны отмечается локальная область повышенного содержания фосфатов (до 0,9–1,56 мкмоль/л), что, вероятно, является результатом взаимодействия придонных вод с донными отложениями на склонах хребта. Предположение косвенно подтверждается пониженным содержанием здесь кислорода (6,37–6,8 мл/л), содержание которого в прилегающих водах изменяется в диапазоне 6,8–6,9 мл/л.

В целом, по данным 2024 г. в заливе Грэнфьорд наблюдалось снижение скорости поглощения CO₂ из атмосферы в сравнении с данными предыдущих лет. Так же отмечено увеличение показателя рН в связи с более активной фотосинтетической деятельности фитопланктона, что, по-видимому, связано с активным прогревом поверхностного слоя и поступлением пресноводного стока, способствующего более интенсивному потреблению CO₂. Буферная емкость морской экосистемы Грэнфьорда по данным наблюдений обеспечивает ее устойчивость к воздействию внешних факторов.

Степень насыщения вод фьордов арагонитом достаточна для создания благоприятных условий к образованию карбоната кальция и формированию раковин и скелетов целого ряда морских организмов. Содержание биогенных элементов в водах фьордов контролируется их потреблением фитопланктоном и характеризуется подповерхностным минимумом в слое скачка плотности, что косвенно свидетельствует об активном развитии слоя подповерхностного цветения фитопланктона, характерного для морских арктических экосистем при отсутствии сильного речного стока. Повышенное содержание нитритов в придонном слое

указывает на процессы разложения органического вещества, поступившего туда за летний период из вышележащих слоев.

В Карском море характер распределения речного стока в 2024 г. имел центральный или переходный тип, в связи с тем, что зона наиболее высоких концентраций силикатов смещена в сторону юго-западной части моря. Значительного продвижения речных вод в восточном направлении в данный год не выявлено. В море Лаптевых присутствие речных вод зафиксировано к северу от Новосибирских о-вов, что может косвенно говорить о северном типе распределения речного стока.

В целом за период 2020–2024 гг. сохраняются низкие концентрации биогенных элементов в поверхностном слое морей Карского и Лаптевых в летний период, что связано с активным их потреблением фитопланктоном. Результаты прямых наблюдений показывают хорошую насыщенность поверхностных вод кислородом (местами более 100%), что так же свидетельствует об активных процессах фотосинтеза. Содержание биогенных элементов и кислорода для поверхностного слоя морей не имеет существенных отличий от наблюдавшихся ранее. Это, в значительной степени, связано с тем, что фотосинтез в арктических морях лимитируется содержанием минерального азота, содержание которого в водах морей невелико и, несмотря на усиливающиеся процессы минерализации, азот ежегодно потребляется фитопланктоном практически полностью.

Наиболее продуктивными регионами СЛО остаются северные части морей, районы континентального склона и кромки дрейфующих льдов, что хорошо подтверждается наблюдаемыми повышенными концентрациями хлорофилла-а. В районах морей, не подверженных прямому влиянию речного стока, хорошо выражен промежуточный максимум хлорофилла-а и соответствующий ему максимум растворенного кислорода, образующийся вследствие активного цветения фитопланктона в слое пикноклина.

Данные 2020–2024 гг. показывают рост содержания неорганических форм азота и углерода, с одновременным уменьшением органической части на акватории котловины Нансена, что может косвенно свидетельствовать об активизации процессов минерализации органического вещества. Предположительно, это может быть связано с влиянием водных масс атлантического происхождения, в которых высока степень минерализации ОВ.

Поверхностные воды СЛО в октябре–декабре 2024 г. в районе Новосибирских о-вов отличались низкими температурами ($-1,0$ – $-1,7^{\circ}\text{C}$), и очень низким содержанием биогенных элементов, что довольно типично для данного региона и сезона. Концентрации фосфатов местами опускались до аналитического нуля и повсеместно не превышали $0,2$ мкмоль/л. Содержание нитратного азота во всем слое изменялось от 0 до 4 мкмоль/л. Поверхностный слой по всей глубине (в среднем до 50 м) хорошо насыщен растворенным кислородом ($8,1$ – $9,0$ мл/л).

В слое атлантических вод (АВ), на глубинах 100 – 500 м, содержание кислорода уменьшается до $7,5$ – $7,1$ мл/л как вследствие увеличения глубины так и за счет повышения температуры воды. Содержание нитратного азота в слое АВ в 2024 г. составляло 8 – 14 мкмоль/л, что соответствует средним значениям для океанской воды.

В нижележащих слоях концентрации биогенных элементов продолжают увеличиваться с глубиной. Глубже 1000 м содержание нитратного азота достигает 13–16 мкмоль/л со стороны котловины Амундсена, и до 17 мкмоль/л со стороны котловины Подводников. В районе хребта с восточной стороны отмечается локальная область повышенного содержания фосфатов, что, вероятно, является результатом взаимодействия придонных вод с донными отложениями на склонах хребта. Данное предположение косвенно подтверждается пониженным содержанием здесь кислорода относительно его концентраций в прилегающих водах. Процессы активной реминерализации ОВ в районе хребта Ломоносова отмечались и ранее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты мониторинга крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в Северной полярной области за период с января по декабрь 2024 г. позволяют сделать следующий вывод: в текущей циркуляционной эпохе сохраняется преобладание разновидностей крупномасштабных атмосферных процессов с высокоширотными траекториями циклонов в полярный район Арктики. При данных макропроцессах в полярном районе преобладает адвекции теплых воздушных масс и формирование устойчивых положительных аномалий температуры воздуха.

На трассе СМП наиболее высокие значения положительных аномалий температуры отмечались на акватории западных морей: Баренцева, Карского и Лаптевых, наиболее низкие значения аномалий близкие к норме – на акватории Чукотского и Восточно-Сибирского морей.

Ледообразование в СЛО в предшествующий осенний период (2023 г.) началось в массиве старых и остаточных льдов в начале сентября.

Ледообразование развивалось достаточно интенсивно и в конце октября охватило северную часть Карского моря, северную и прибрежную части моря Лаптевых, всю акваторию Восточно-Сибирского моря, северную и прибрежную части Чукотского морях и большую часть акватории моря Бофорта. Основной особенностью ледообразования в осенний сезон 2023 г. стало его начало в сроки близкие к среднемноголетним в тех районах, в которых сохранились остаточные льды (северо-восточной части Карского и восточной части Восточно-Сибирского морей, северной части моря Бофорта), и более позднее начало в районах, которые были полностью свободны ото льда.

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря 2023 г. составила 11,1 млн км² при норме 11,6 млн км², т. е. оказалась на 3,5 % меньше средних многолетних значений. Площадь распространения льдов в конце 2023 года оказалась близка к среднему многолетнему значению за ряд наблюдений с 1978 по 2023 г.

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

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

Положение границы дрейфующих льдов было близко к минимальному значению в ряде районов морей – в Гренландском, в северной части Баренцева, восточной части Лаптевых и восточной части моря Бофорта. Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекцией тепла в этих районах и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда.

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.

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 восточных частях СЛО.

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

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 среднегодовых 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.

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 среднегодового значения. По расчетному объему льдов сентябрь 2024 г. занял 1 место в ранге минимумов, ниже значения 2020 г.

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 среднегодовых значений. Значения общей ледовитости в СЛО

оказались на 1,6 млн. км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978 по 2024 гг.). По площади остаточного льда 2024 г. стал пятым по рангу минимумов в группе легких лет.

В восточной части Восточно-Сибирского моря и юго-западной части Чукотского моря до конца сентября продолжались процессы разрушения остаточных льдов.

В октябре в СЛО сформировались две нетипичные крупномасштабные структуры дрейфа — традиционный Трансарктический перенос льдов и обширный трансарктический перенос, направленный с запада на восток.

В середине октября ледообразование охватило северные и прибрежные части большинства арктических морей — северо-восточную часть Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, юго-западную часть Чукотского, Бофорта (в северной его части) и район островов Канадского Арктического архипелага. Экстремально быстро, всего за 2 – 2,5 декады, произошло замерзание акватории морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

В третьей декаде октября свободными ото льда оставались Баренцево, западная часть Карского, восточная часть Чукотского морей и прибрежная часть моря Бофорта. На акватории остальных морей наблюдались молодые льды.

Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины сентября по середину октября 2024 года, составило около 1,5 млн км², что было на 16 % меньше среднего многолетнего значения (1,8 млн км²) за длинный ряд наблюдений 1979 – 2023 гг.

Интенсивность нарастания площади льда в декабре была больше нормы. Количество молодых и однолетних льдов, появившихся в СЛО и его морях с середины ноября по середину декабря, составило 1,6 млн км², что оказалось на 18 % больше среднего многолетнего значения (1,4 млн км²).

Согласно результатам расчетов, в первой половине года объем льда был ближе к минимальным расчетным значениям и занимал первое – второе место по рангу минимумов, (совместно с показателями 2021 г.). В результате летнего таяния, которое было достаточно интенсивным, объем сохранившегося льда во второй половине года 2024 г. оказался на первом месте по рангу в ряду минимумов, превышая минимальный объем, наблюдаемый в 2020 гг.

Согласно результатам наблюдений, выполненных в 2024 г., гидрологический режим в Канадской глубоководной котловине СЛО был близок по своим характеристикам к климатической норме.

Поверхностный слой обладал большей соленостью по сравнению с климатической нормой. Значения положительной аномалии солености изменялись от 0,22 до 2 ‰ в отличие от 2023 года, когда поверхностный слой наоборот был незначительно распреснен.

Как и в предыдущие годы в Канадской глубоководной котловине наблюдалась положительная аномалия температуры летних тихоокеанских вод, которая составила около 0,2 °С. Незначительные положительные аномалии слоя ЛТВ в 2024 году связаны с тем, что дрейф ПТР 139 проходил в северной части Канадской глубоководной котловины, в то время как основное ядро ЛТВ залегает в центральной и южной частях котловины.

Максимальные значения температуры воды в ядре АВ в первом (0,85 °С) и втором (0,73 °С) кварталах 2024 года соответствовали климатической норме. В третьем квартале температура воды в ядре АВ всего на 0,11 °С превышала климатическую норму. Отсутствующая или крайне незначительная наблюдающаяся положительная аномалия температуры АВ в 2024 году свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Азиатском суббассейне СЛО.

Проведенный анализ данных наблюдений за колебаниями уровня на станциях арктических морей показал следующее:

На протяжении 2024 г. колебания уровня арктических морей в основном происходили на фоне, превышающем средние многолетние значения, но в целом, по сравнению с 2023 годом средний уровень моря не претерпел резких изменений;

В сезонном ходе уровня моря практически на всех станциях необходимо отметить наличие стандартного сезонного минимума в апреле и мае. При этом довольно высокие среднемесячные значения уровня моря на многих станциях наблюдались в последнюю треть года. Особенно ярко это было выражено на станциях Амдерма, Усть-Кара, Сопочная Карга, бухта Тикси и остров Котельный;

В 2024 г. наиболее существенные сгонно-нагонные колебания уровня наблюдались в разное время, в зависимости от района наблюдений. В первую очередь необходимо отметить экстремально сильный нагон 9 сентября на станции Сопочная Карга когда уровень моря здесь поднялся до +224 см. Кроме того с сентября по декабрь ежемесячно сильные нагоны наблюдались на станциях Амдерма, Усть-Кара, Сопочная Карга, острова Известий ЦИК, Анабар, бухта Тикси, остров Котельный;

В межгодовой изменчивости уровня сохраняется положительная тенденция на всех станциях Карского моря и моря Лаптевых, хотя величина тренда для межгодовой изменчивости многих станций стала ниже.

Анализ результатов модельных расчетов значительных высот волн ветрового волнения (Hs) за 2024 г. на акватории арктических морей России позволяет сделать следующие выводы:

В Баренцевом море преобладало волнение с высотой волн от 2 до 4 м. Число случаев, когда высота максимумов значительных волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составило в 2024 г. 19 %. Самым штормовым месяцем в Баренцевом море в 2024 г. стал ноябрь (15 штормовых дней с высотой волн более 5 м). Также много штормовых дней было в феврале, сентябре, октябре и декабре. Однако, максимальная значительная высота волн (более 10,5 м) в Баренцевом море была рассчитана 30 января 2024 г. Продолжительность шторма составила 9 дней (с 28 января по 5 февраля).

В Карском море в 2024 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Наиболее штормовыми месяцами стали сентябрь и октябрь. Максимальная высота волн более 5,5 м была рассчитана 8 и 9 сентября, а также 17 октября. Карское море в 2024 г. стало открываться лишь в начале июля, а к середине августа полностью очистилось ото льда. К концу сентября граница области чистой воды в Карском доходила до 82—83° с.ш. Необходимо отметить, что в конце

2024 г. пр. Карские Ворота был почти закрыт льдом, но в Карском море оставалась небольшая область чистой воды, прилегающая к проливу.

В морях Лаптевых и Восточно-Сибирском в 2024 г. преобладало волнение от 1 до 2 м, а в Чукотском море от 1 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем в море Лаптевых стал сентябрь, а в Восточно-Сибирском и в Чукотском морях октябрь.

Наибольшая расчетная высота волны в море Лаптевых составила более 4,0 м (13, 14, 16 и 18 сентября).

Наибольшая расчетная высота волны в Восточно-Сибирском море составила более 6,0 м (22 октября).

Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила более 5,5 м (22 октября).

Море Лаптевых стало открываться во второй декаде июня. К концу июня в южной части моря Лаптевых вдоль припая образовалась область чистой воды (от 74°с.ш. до 77° с.ш.). 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. В октябре море стало быстро закрываться и после 20 октября покрылось льдом.

Восточно-Сибирское море стало открываться в середине июня к северу от Новосибирских островов. 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. Закрылось море в конце октября.

Чукотское море стало открываться в конце мая — начале июня. 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. Закрылось море в начале декабря.

Подписано в печать 13.05.2024
Формат 70×100 1/16
Тираж 90

Печать цифровая
Печ. л. 4,875
Заказ №

ООО «Репроцентр»,
170006, Россия, г. Тверь, Беляковский переулок, д. 46, пом. 25.