

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
ААНИИ
2025

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....	15
2.1. Развитие ледовых условий в зимний период (январь — март)	16
2.2. Развитие ледовых условий в весенний период (апрель — июнь)	26
2.3. Развитие ледовых условий в летний период (июль — сентябрь).....	35
2.4. Развитие ледовых условий в осенний период (октябрь — декабрь)	42
2.5. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек	52
3. Гидрологические условия на акватории Северного Ледовитого океана и его морей	63
3.1. Термохалинные условия	63
3.2. Уровень арктических морей	66
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей	72
3.4. Обзор распределения гидрохимических характеристик	77
Заключение	89

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);

Г.А. Алексеенков, начальник отдела (п. 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 г.

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 $70\text{—}85^\circ$ 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 $80\text{—}85^\circ$ с. ш., т. е. зоны наиболее частого влияния арктического антициклона в полярном районе.

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		
	<i>W</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	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

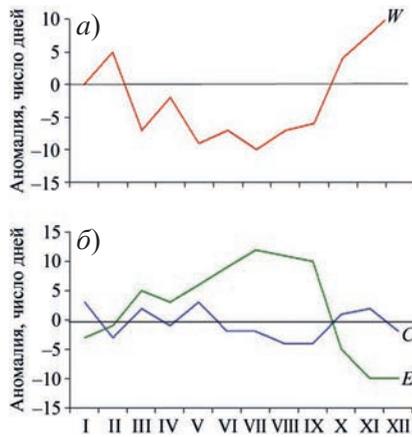


Рис. 1.1. Годовой ход среднемесячных значений аномалии числа дней с зональной (а) и меридиональными (б) формами циркуляции в атлантико-евразийском секторе в 2024 г. W — западная (зональная) форма, C — меридиональная форма, E — восточная (меридиональная) форма.

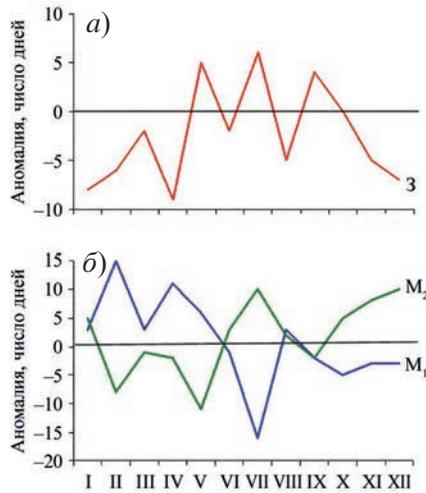


Рис. 1.2. Годовой ход среднемесячных аномалий числа дней с зональной (а) и меридиональными (б) формами циркуляции в тихоокеано-американском секторе в 2024 г. З — зональная форма, M₁ — первая меридиональная форма, M₂ — вторая меридиональная форма.

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

Во втором секторе Северного полушария наибольшее число дней в году пришлось на крупномасштабные атмосферные процессы меридионального типа M₂.

По сравнению с предшествующим 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.

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

В первом (атлантико-евразийском) секторе полушария по среднегодовым данным в средней тропосфере на изобарической поверхности 500 гПа ось высотно-

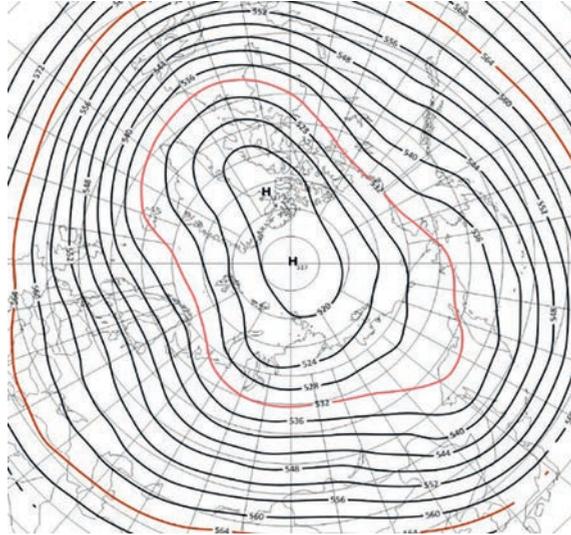


Рис. 1.3. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за период январь — декабрь 2024 г.

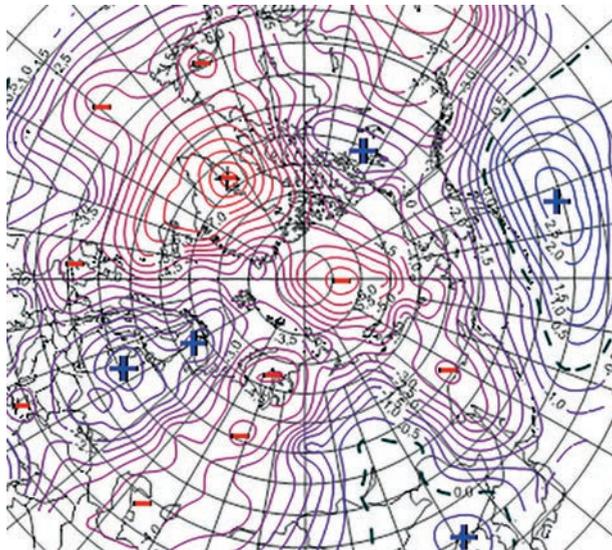


Рис. 1.4. Поле средней аномалии геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за период январь — декабрь 2024 г.

го 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 более высокоширотным по сравнению с нормой 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).

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, близким 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.

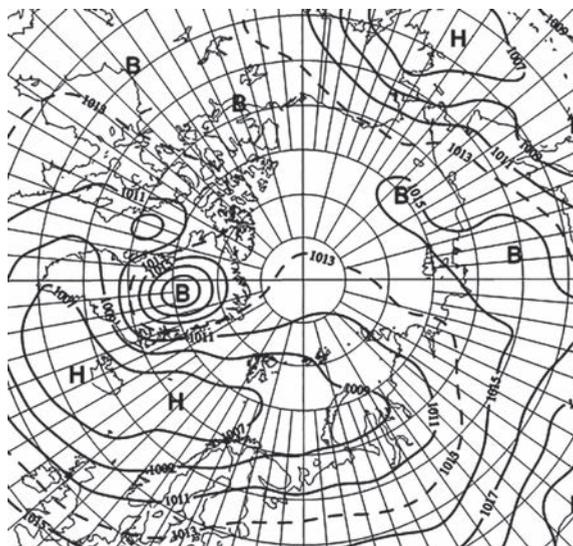


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (гПа) за период январь — декабрь 2024 г.

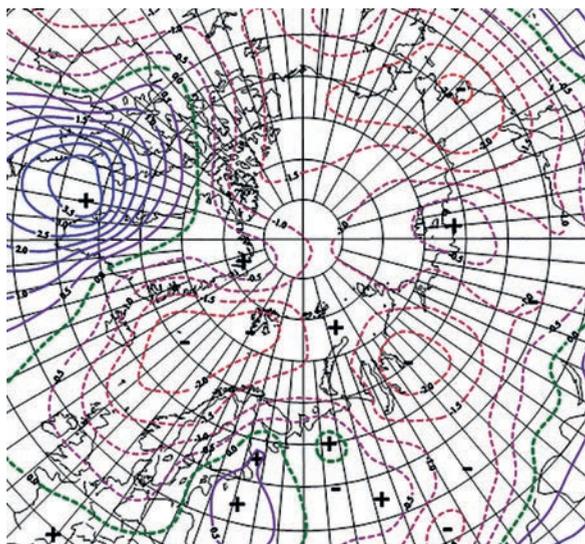


Рис. 1.6. Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за период январь — декабрь 2024 г.

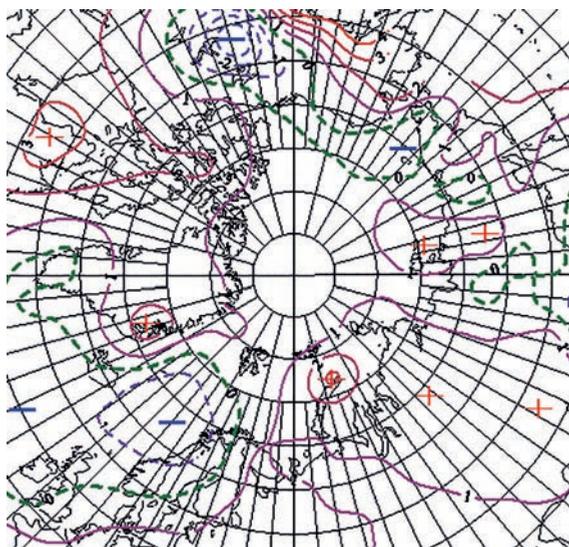


Рис. 1.7. Поле средней аномалии приземной температуры воздуха (°C) за период январь — декабрь 2024 г.

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 за 2023 г. (рис. 1.8).

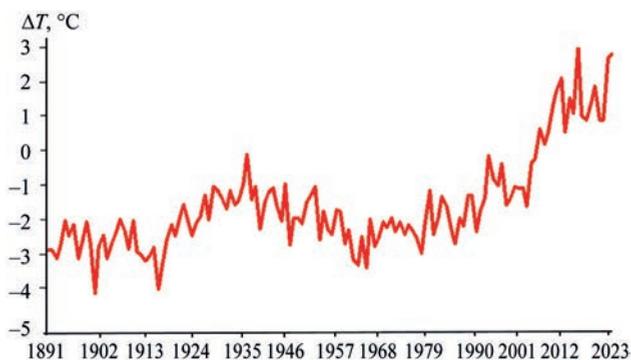


Рис. 1.8. Средние годовые значения аномалии температуры воздуха (°C) в полярном районе (в широтном поясе 70—85° с.ш.) с 1891 по 2024 г.

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 $(C+W)_{M_2}$ → Февраль W_{M_1} → Март E_{M_2} →
 Апрель E_{M_1} → Май $(E+C)_{(3+M_1)}$ → Июнь E_{M_2} →
 Июль $E_{(3+M_2)}$ → Август E_{M_1} → Сентябрь E_3 →
 Октябрь W_{M_2} → Ноябрь W_{M_2} → 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 воздуха 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.

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.

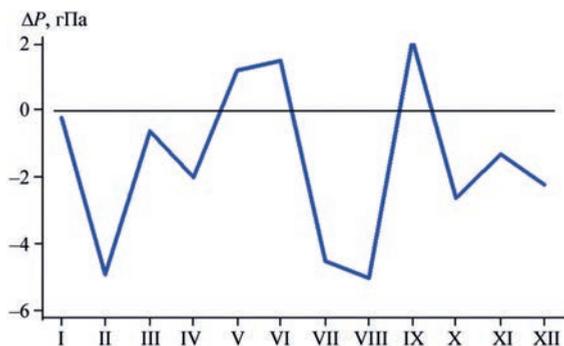


Рис. 1.9. Среднемесячные значения аномалии давления в январе — декабре 2024 г. в центральном полярном районе Арктики.

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

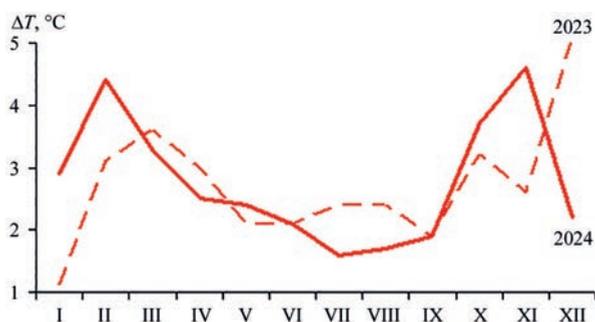


Рис. 1.10. Значения средних месячных значений аномалии температуры воздуха (°C) в полярном районе (в широтном поясе 70 — 85° с.ш.) в январе — декабре в 2023 и 2024 гг.

Из рис. 1.10 видно, что во всех месяцах в 2024 г., как и в предшествующем 2023 г., 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 за 2023 г.

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

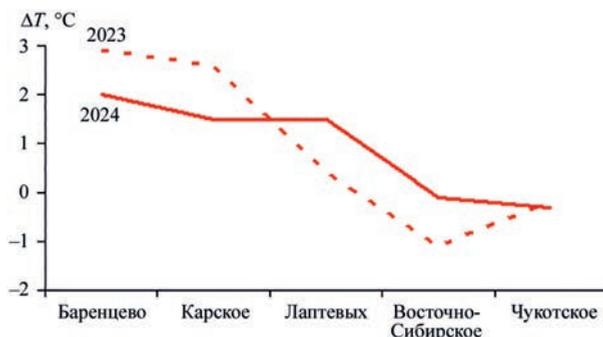


Рис. 1.11. Значения средних годовых аномалий температуры воздуха по акватории арктических морей Евразии в 2023 и 2024 гг.

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

На трассе Северного морского пути в 2024 г. по сравнению с предшествующим годом фон температуры воздуха понизился на акватории Карского и Баренцева морей. Повышение температурного фона имело место на акватории моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря.

Отмеченные тенденции изменения температуры воздуха в полярном районе и на акватории арктических морей 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 воздуха в полярном районе и на акватории его морей отмечались в холодные месяцы года под влиянием адвекции теплых воздушных масс из района 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	<i>E</i>	M_2	1—4	<i>W</i>	M_1	1—2	<i>E</i>	M_1
5—7	<i>C</i>	M_1	5—9	<i>E</i>	M_1	3—5	<i>E</i>	M_1
8—13	<i>C</i>	M_1	10—16	<i>E</i>	M_2	6—13	<i>C</i>	3
14—18	<i>W</i>	M_2	17—19	<i>C</i>	M_2	14—16	<i>W</i>	M_2
19—21	<i>E</i>	M_2	20—25	<i>W</i>	M_1	17—18	<i>C</i>	M_2
22—24	<i>W</i>	M_2	26—29	<i>W</i>	M_1	19—22	<i>E</i>	M_1
25—27	<i>E</i>	M_2				23—27	<i>E</i>	M_2
28—31	<i>W</i>	M_2				28—31	<i>E</i>	M_2
Итого	<i>W</i> 12 (0)	3 0 (–8)	Итого	<i>W</i> 14 (5)	3 0 (–6)	Итого	<i>W</i> 3 (–7)	3 8 (–2)
	<i>C</i> 9 (3)	M_1 9 (3)		<i>C</i> 3 (–3)	M_1 19 (15)		<i>C</i> 10 (2)	M_1 9 (3)
	<i>E</i> 10 (–3)	M_2 22 (5)		<i>E</i> 12 (–1)	M_2 10 (–8)		<i>E</i> 18 (5)	M_2 14 (–1)

<i>Апрель</i>			<i>Май</i>			<i>Июнь</i>		
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)
<i>Июль</i>			<i>Август</i>			<i>Сентябрь</i>		
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)
<i>Октябрь</i>			<i>Ноябрь</i>			<i>Декабрь</i>		
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)

Примечания: 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 В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ И ЕГО МОРЯХ

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 несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация доступна на сервере МЦД МЛ по адресам <http://wdc.aari.ru/datasets/d0004> (карты ААНИИ), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0031> (карты КЛС), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0032> (карты НЛЦ).

Для расчета аномалий ледовых параметров, включающих в себя оценки состояния припайного льда (толщина и взлом припая) и основные фазы весенних и осенних ледовых явлений (сроки очищения, сроки ледообразования), использовались нормы, рассчитанные для каждой полярной станции с 1991 по 2020 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

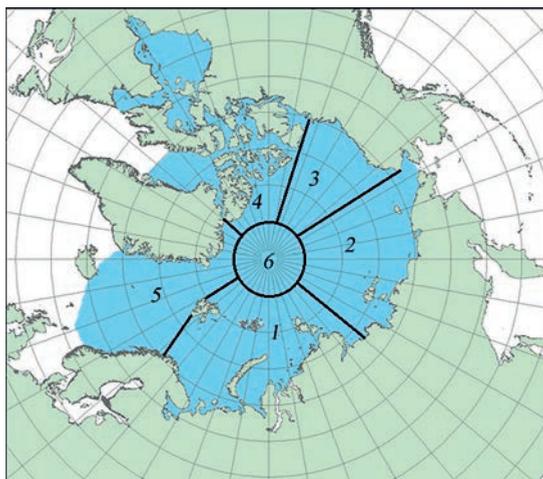


Рис. 2.В.1. Районы Северного Ледовитого океана.

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

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.

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 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 средним многолетним, в тех районах, в которых сохранились остаточные льды (северо-восточной части Карского моря, восточной части Восточно-Сибирского моря, северной части моря Бофорта), и более позднее начало в районах, которые были полностью свободны ото льда.

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

Чукотского моря и прибрежной части моря 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 значительно (на 38 %) превысило среднее многолетнее значение (2,2 млн км²).

В декабре продолжилось увеличение площади и толщины ледяного покрова. Однако интенсивность увеличения 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 средним многолетним 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 2024 г. все арктические моря были покрыты дрейфующими и припайными льдами разного возрастного состава.

В середине января на акватории Баренцева моря, юго-западной части Карского моря, западной части моря Лаптевых, а также Чукотского моря преобладали молодые и однолетние тонкие льды. В остальных морях — в северо-восточной части Карского моря, восточной части морей Лаптевых, Восточно-Сибирском и Бофорта — начали преобладать однолетние средние льды (диапазон толщины 70—120 см). Однако там 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 свидетельствуют о большой интенсивности нарастания ледяного покрова по толщине. 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).

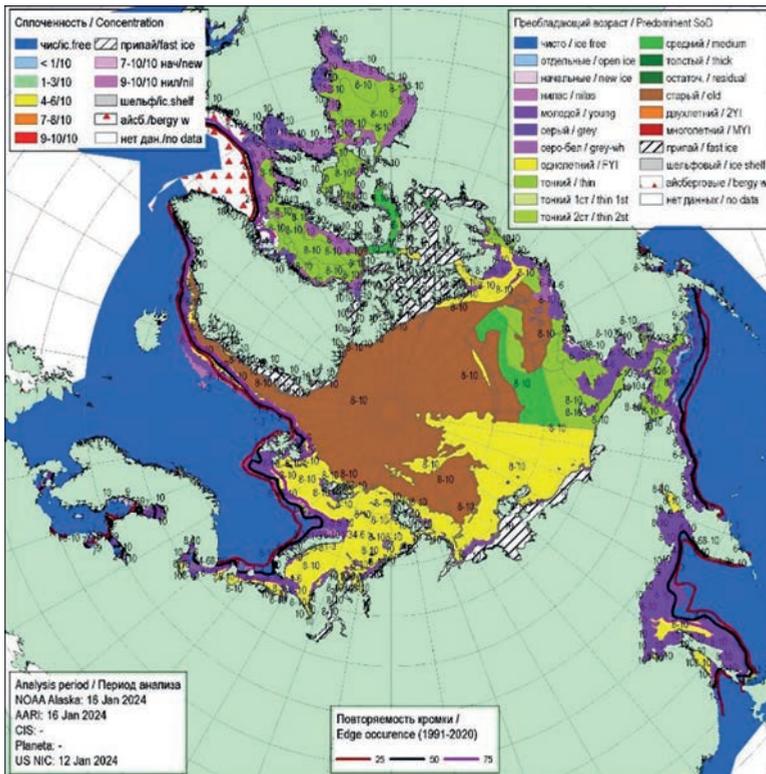


Рис. 2.1.1. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 12—16 января 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Основной массив старых льдов располагался в приполюсном районе, гренландском и канадском секторах Арктики. Большое количество старых льдов (преимущественно двухлетних) в виде больших вытянутых отрогов отмечалось в море Лаптевых и восточной части моря 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 Земля Франца-Иосифа, Северная Земля и Новосибирские острова, но развит был меньше по сравнению со средними многолетними размерами. В проливе Вилькицкого припай не установился. В проливах островов Канадского Арктического архипелага установился припай 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 среднему многолетнему 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.

В январе получили хорошее развитие основные структуры дрейфа льдов в СЛО — Трансарктический перенос и Канадский антициклонический кругово-

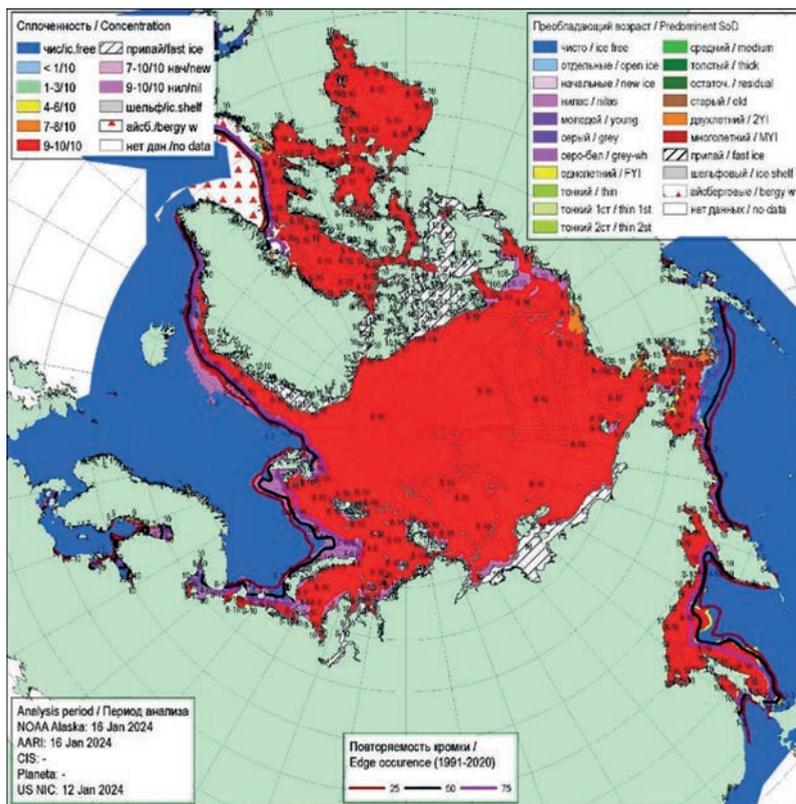


Рис. 2.1.2. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности льда за 12—16 января 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

рот, а также редко наблюдаемый восточный перенос льдов, проходящий по морям Лаптевых и Восточно-Сибирскому.

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. Скорость дрейфа льда на всем протяжении переноса составляла до 5 км/сут и возрастала на подходе к проливу Фрама до 10 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот также имел хорошее развитие. Центр его наблюдался над морем Бофорта. Под влиянием огромного вихря льды из северных частей Восточно-Сибирского и Чукотского морей выносило в приполюсный район, затем 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 морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Поток льдов из западной и северной частей моря Лаптевых переносил их в восточную часть Восточно-Сибирского моря. Скорость дрейфа льдов в этом потоке составляла 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 моря и западной части моря Лаптевых — преобладали однолетние тонкие (диапазон толщины 30—70 см) и молодые льды. В восточных частях морей Карского и Лаптевых преобладали однолетние средние льды. В восточном районе российского сектора Арктики — в морях Восточно-Сибирском и Чукотском, а также в море Бофорта преобладали однолетние средние льды, но в северных районах этих морей уже появились обширные зоны с преобладанием однолетних толстых 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 появления однолетних толстых льдов (диапазон толщины более 120 см) не отмечалось. Такое незначительное распространение однолетних толстых льдов является нехарактерным для февраля. В среднем в конце февраля количество однолетних толстых льдов уже сопоставимо по площади с количеством более тонких однолетних льдов. 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, чем в среднем многолетнем. 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.

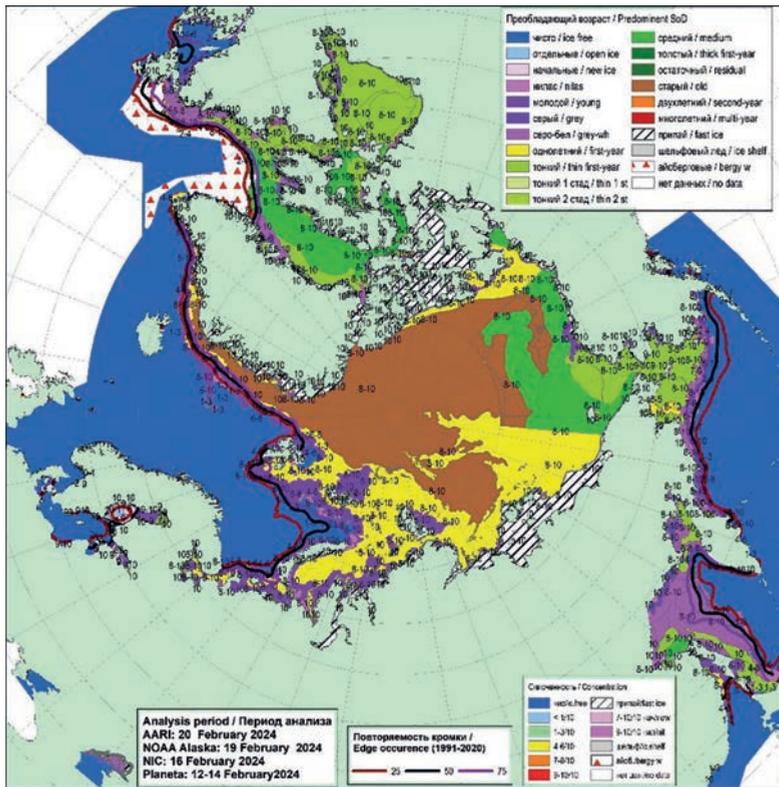


Рис. 2.1.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 13—21 февраля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Основной массив старых льдов в СЛО был смещен в гренландский и канадский секторы, а также в приполюсный район 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 море и в западном районе Баренцева моря были близки к своему среднему многолетнему положению для февраля, а в северо-восточной части Баренцева моря — к своему наиболее южному положению для данного периода года (рис. 2.1.5).

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. Скорость 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 СЛО, наблюдался обширный восточный перенос льдов, который брал свое начало из северной части моря Лаптевых и переносил весь поток льдов в море Бофорта, в котором поворачивал вдоль побережья в Чукотское море и Берингов пролив (рис. 2.1.6).

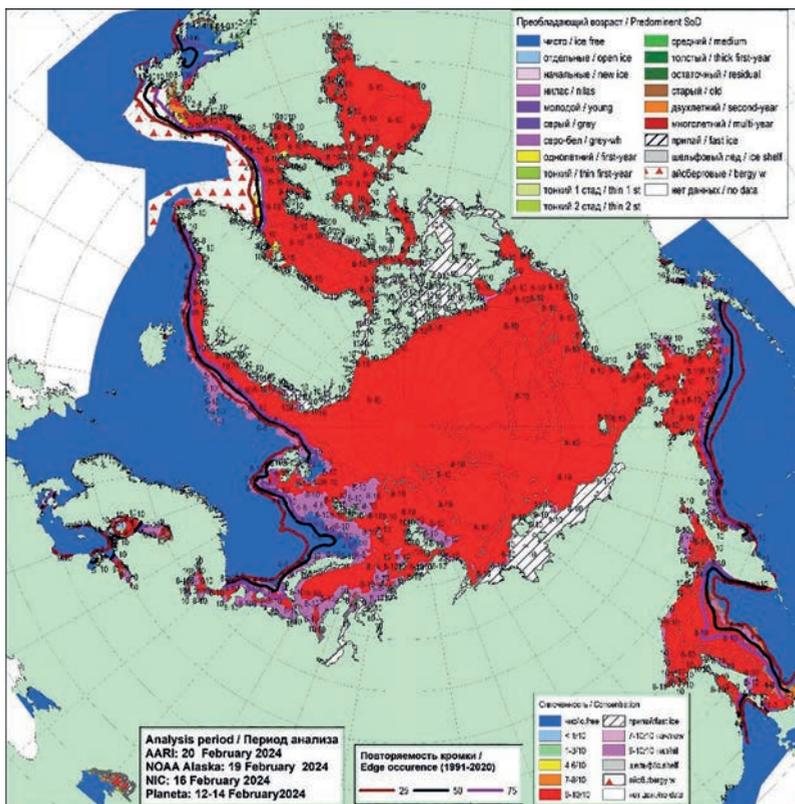


Рис. 2.1.5. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности льда за 13—21 февраля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

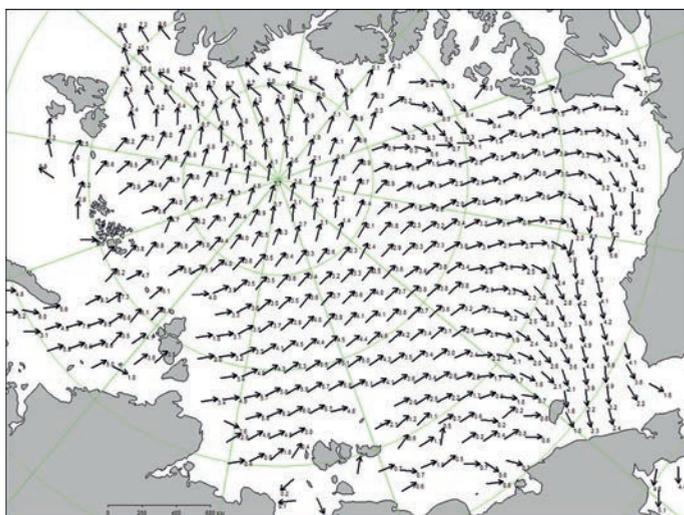


Рис. 2.1.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в феврале 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

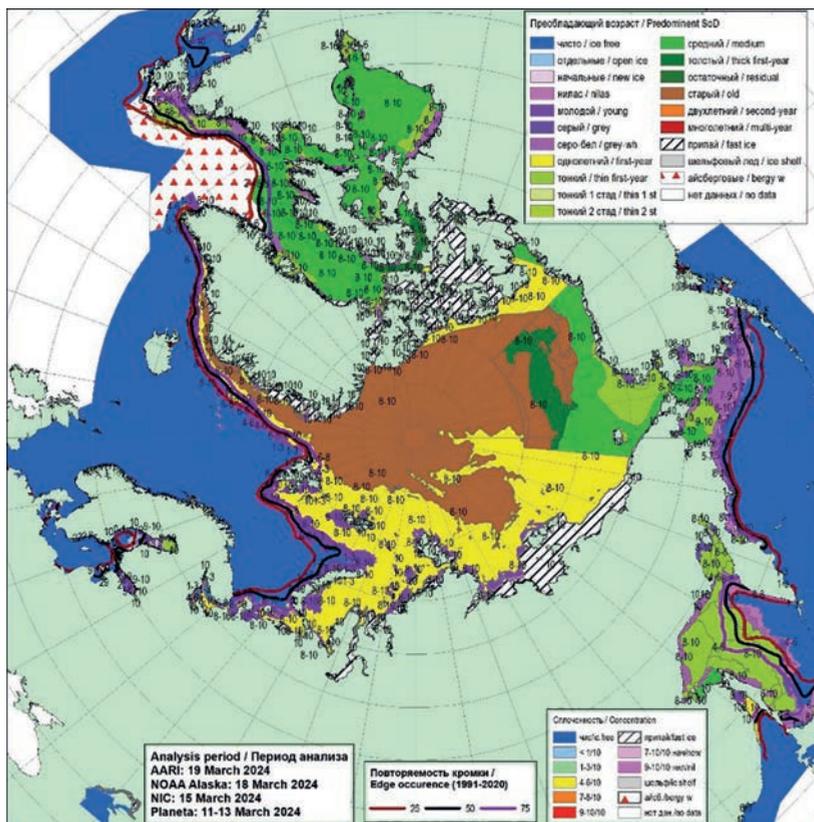


Рис. 2.1.7. Обзорная ледовая карта САО по возрасту льда за 11—19 марта 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

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 морях Баренцевом, Карском и Лаптевых. В западном районе российского сектора САО 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 на-

чали появляться однолетние средние льды. Молодые, однолетние тонкие и средние льды преобладали в северо-восточной части Карского моря и море Лаптевых. В морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта преобладали однолетние средние льды, 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).

В поле сплоченности наблюдалась большая однородность, характерная для холодных зимних месяцев, когда любая полынья или разрыв в ледяном покрове сразу покрываются 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).

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.

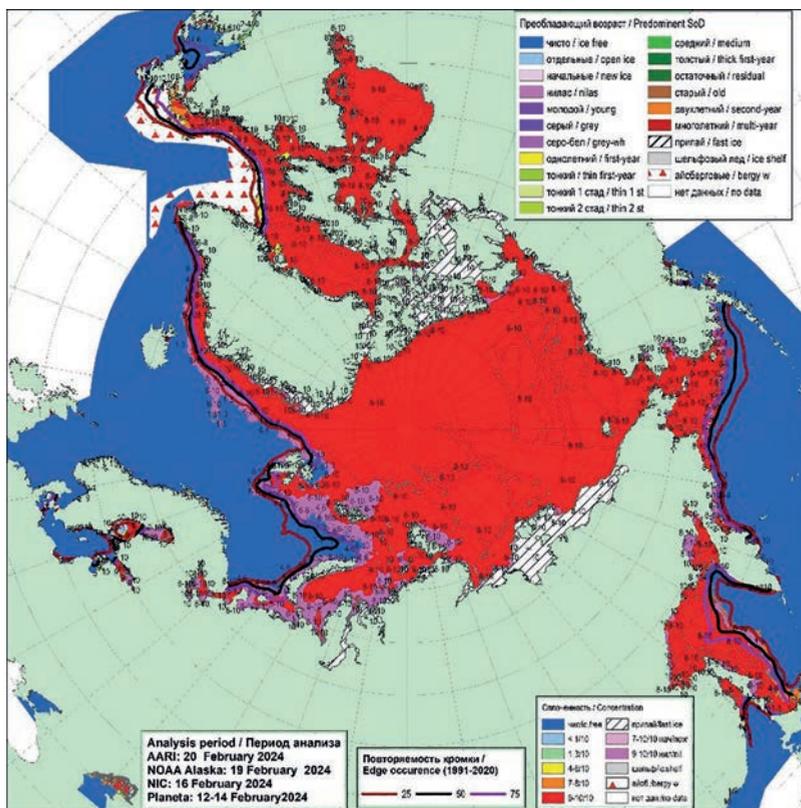


Рис. 2.1.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 11—19 марта 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.



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.

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 запрпайных полыней в морях восточного района российского сектора Арктики. Результирующее поле среднемесячного дрейфа за март приведено на рис. 2.1.9.

Позднее начало ледообразования в российских арктических морях и небольшая интенсивность его нарастания привели 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 была около нормы. По побережью восточной части Восточно-Сибирского моря и чукотскому побережью аномалии составили до -30 см.

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 мно-

голетнему 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. Необходимо отметить, что развитие ледяного покрова в СЛО в целом и в отдельных его секторах было близко к средним многолетним значениям за ряд наблюдений с 1978 по 2023 г.

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 приблизилось к среднему многолетнему значению. Однако если по площади лед в СЛО в первом квартале 2024 г. развивался достаточно интенсивно, то толщина льдов в морях была значительно меньше средних многолетних значений. Как показывает модельный расчет, объем накопленного в СЛО льда в марте 2024 г. занимал первое место по рангу минимумов (см. 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 рис. 2.2.1 — 2.2.10.

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

На обширных акваториях северо-восточной части морей Карского, Лаптевых и юго-западной части Чукотского моря 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 происходили 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, а также вдоль побережий 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 секторах 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,

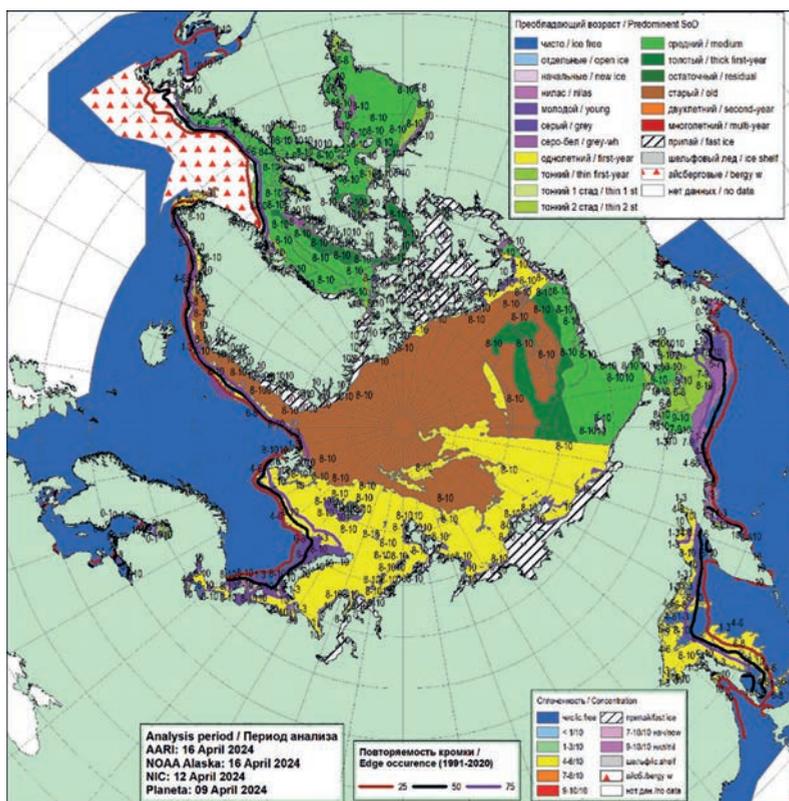


Рис. 2.2.1. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 9—16 апреля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Баффина и Лабрадор была близка к среднему многолетнему положению, а в отдельных районах морей значительно превышала его, приближаясь к своему экстремально северному положению (рис. 2.2.2).

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/сут. 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).

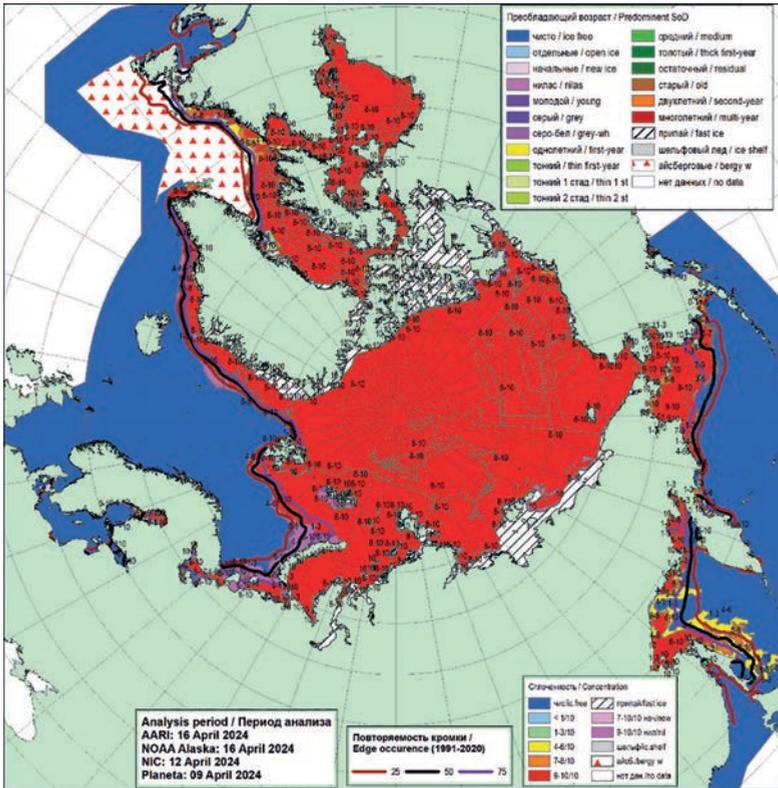


Рис. 2.2.2. Обзорная ледовая карта СЮ по сплоченности льда за 9—16 апреля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.



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.

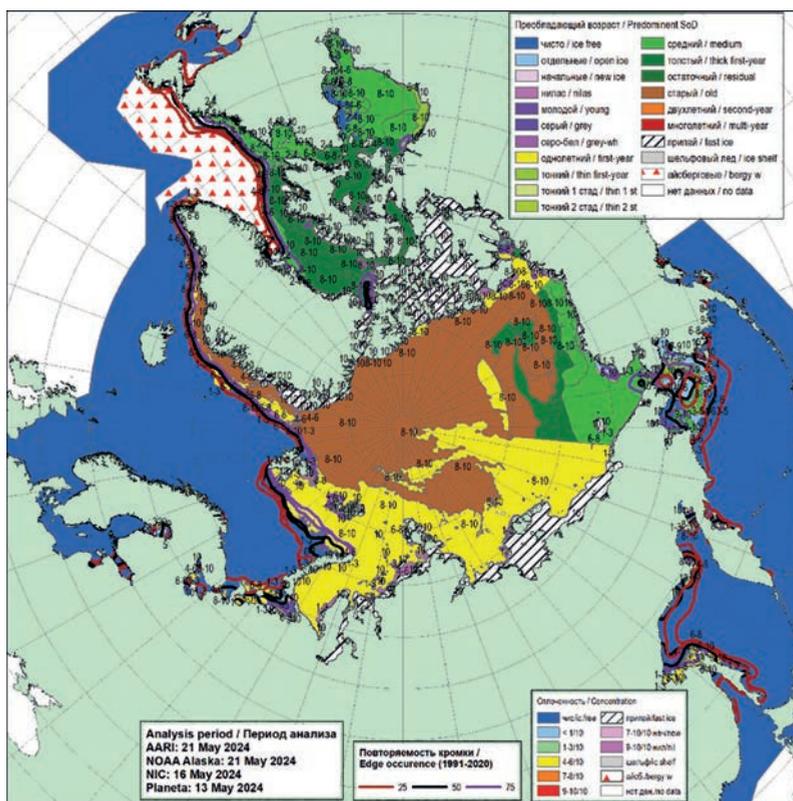


Рис. 2.2.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 13—21 мая 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

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 % общего количества льдов. Около 35 % общего количества льдов составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено молодыми льдами в прикромочной зоне западных морей (Гренландском и Баренцевом) или молодыми льдами в заприпайных полыньях моря Лаптевых.

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

Припай был развит слабо в морях западного района российского сектора Арктики и приближался к средним многолетним размерам в восточном секторе арктических морей. Наиболее обширный припай наблюдался в районе Новосибирских островов, в западной части Восточно-Сибирского моря и между островами

Канадского Арктического архипелага. Заприпайные полыньи не имели большого развития и наблюдались в морях Карском и Лаптевых, при этом 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 г. привело к тому, что не произошло формирования крупных очагов очищения, которые были характерны для развития ледовых условий в предыдущие годы (рис. 2.2.5).

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.

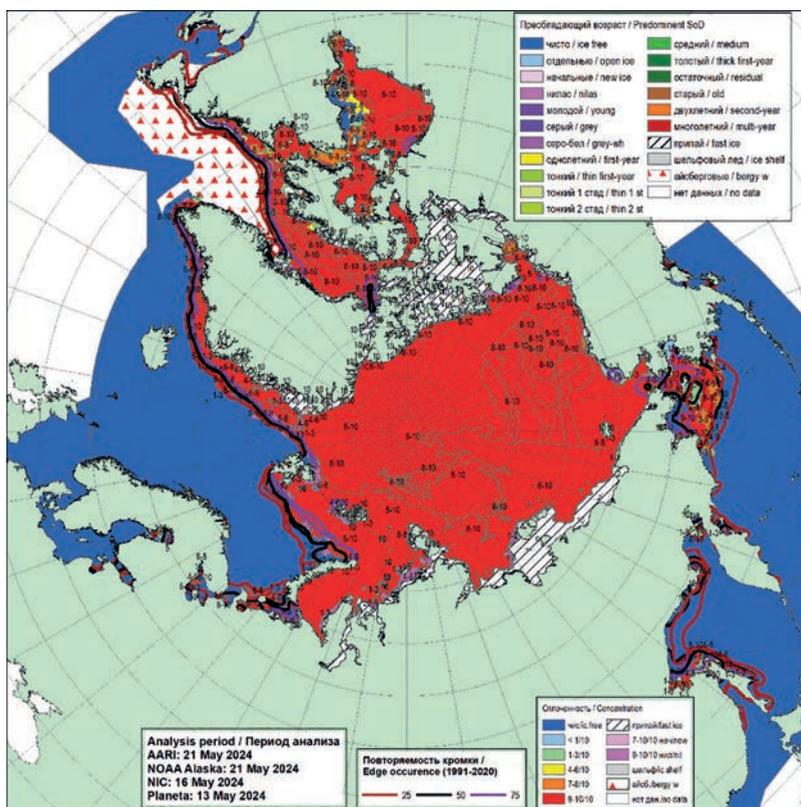


Рис. 2.2.5. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13—21 мая 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

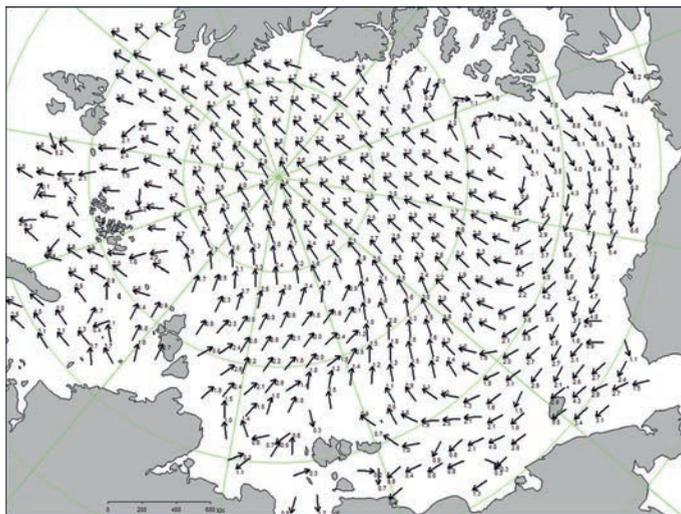


Рис. 2.2.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в мае 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

В 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. Скорость дрейфа льда в круговороте также уменьшилась и составляла менее 5 км/сут (рис. 2.2.6).

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда была близка к норме в морях западного сектора российской Арктики и была менее нормы в морях восточного сектора. В прибрежных районах морей Карского и Лаптевых толщина льда по данным полярных станций приблизилась к средним многолетним 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.

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

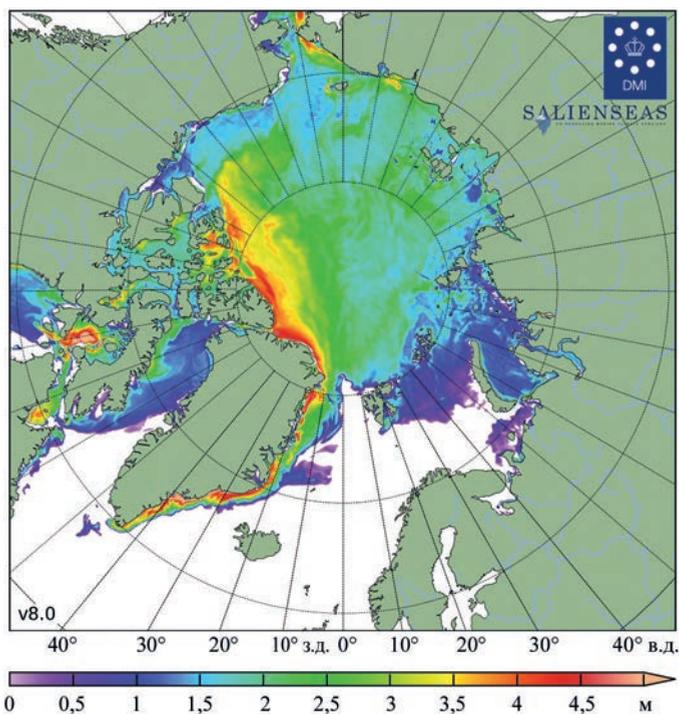


Рис. 2.2.7. Распределение средневзвешенной толщины льда по совместной модели морской лед — океан NУCOM/CICE Датского метеорологического института за 21 мая 2024 г.

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, а в остальных морях аномалии ледовитости были близки к норме с развивающимися очагами очищения.

Положение границы дрейфующих льдов было близко к своему самому северному положению в ряде районов — в Гренландском море, в северной части Баренцева моря, восточной части морей Лаптевых и моря Бофорта. Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекцией тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда.

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 в течение июня все еще сохранялся (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 % площади, однолетние льды, среди которых преобладали однолетние толстые льды, составляли около 60 % площади СЛЮ. Остальную часть СЛЮ занимали разряжения и заприпайные полыньи вдоль побережий.

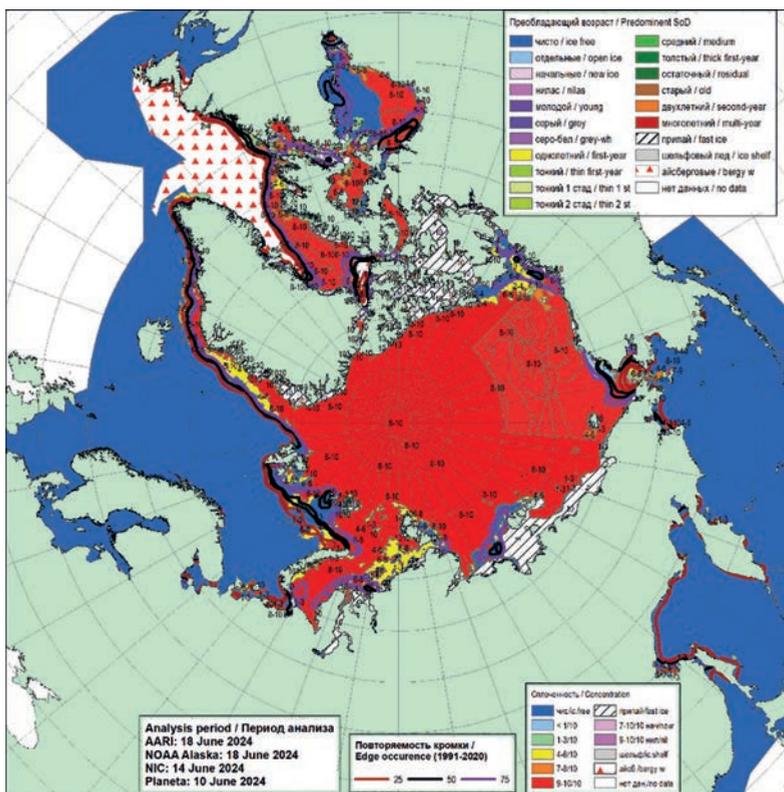


Рис. 2.2.8. Обзорная ледовая карта САО по сплоченности льда за 10—18 июня 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

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

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

В западном районе САО 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 САО, 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 попадала 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/сут (рис. 2.2.10).

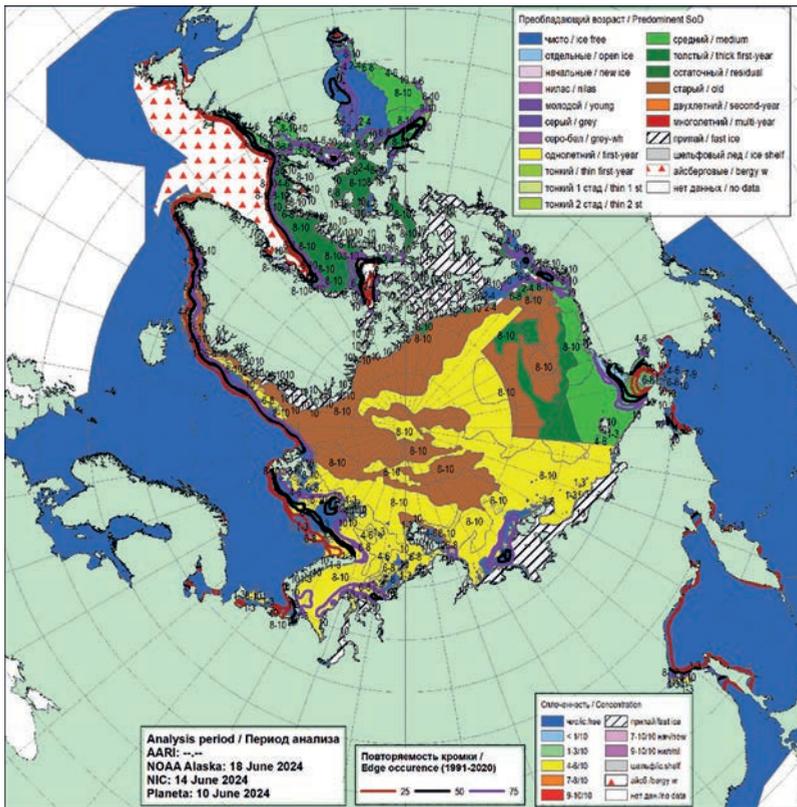


Рис. 2.2.9. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 10—18 июня 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.



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.

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

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 моря, северо-восточной части Карского моря, моря Лаптевых, западной части Восточно-Сибирского моря, восточной части Чукотского моря и моря Бофорта. Обширные 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 моря, в восточной части Восточно-Сибирского моря и в юго-западной части Чукотского моря.

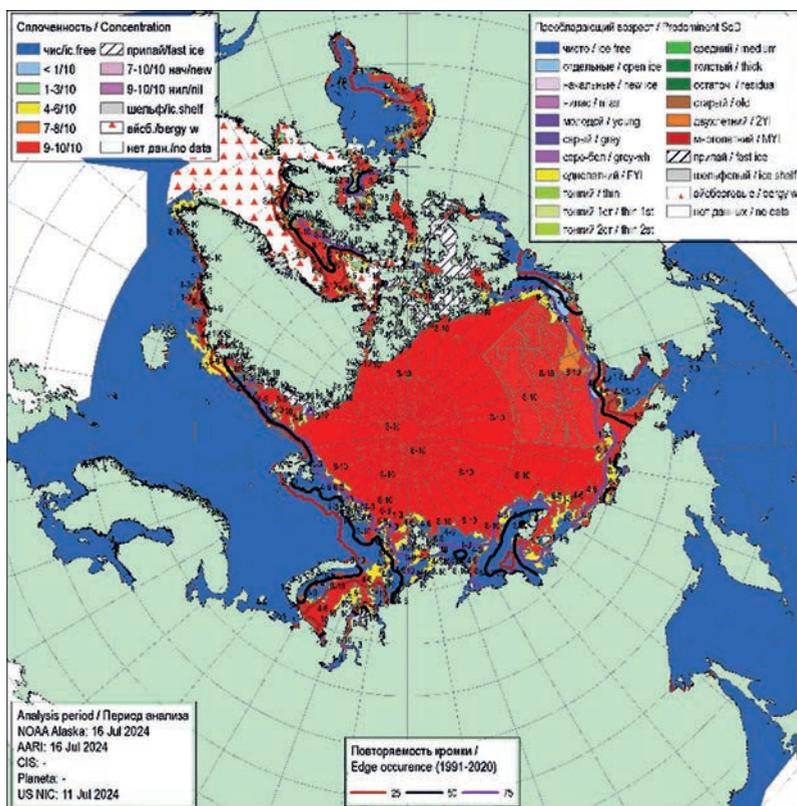


Рис. 2.3.1. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 11—16 июля 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

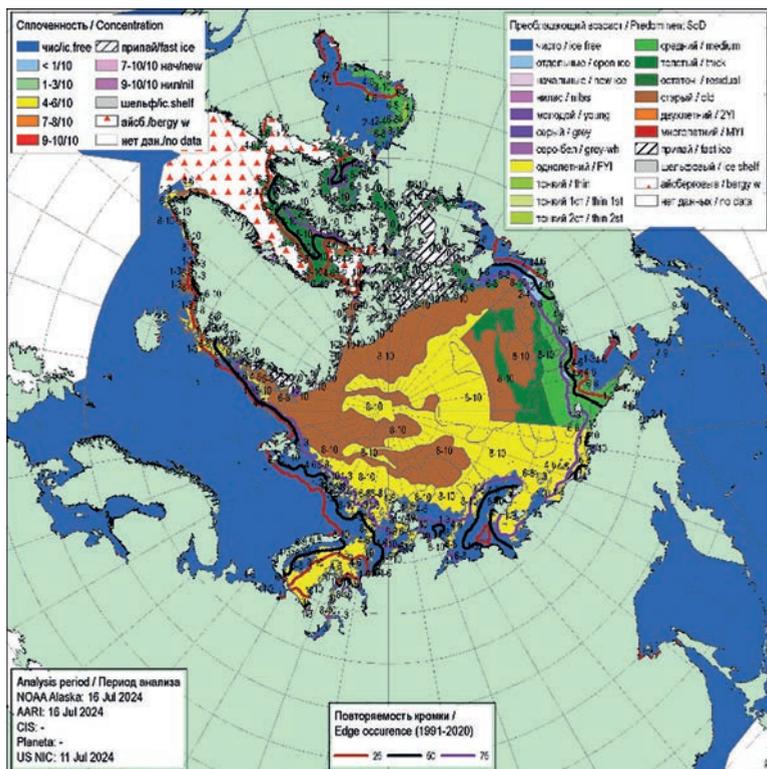


Рис. 2.3.2. Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту за 11—16 июля 2024 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛЦ США.

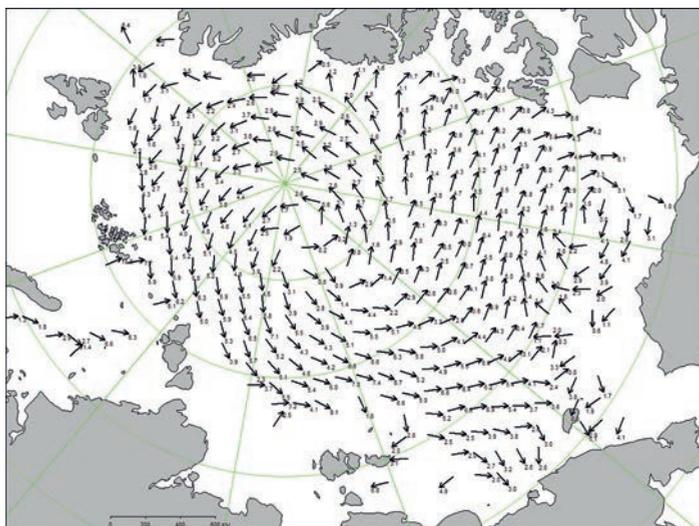


Рис. 2.3.3. Поле скорости дрейфа морского льда в июле 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

В 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, и это произошло в среднем на 10—15 суток раньше средних многолетних 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 среднему многолетнему значению, что прослеживается по ширине ледового потока в проливе Фрама и скоростям дрейфа (рис. 2.3.1).

В возрастном составе льдов преобладали однолетние толстые льды, которые наблюдались в морях. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах СЛО, а также 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).

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 части СЛО, а другой — в восточной.

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).

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 — Баренцевом, Карском и 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 моря сформировались большие отрицательные аномалии ледовитости, составляющие от -20 до -40 %. В восточной части Восточно-Сибирского моря и в юго-западной части Чукотского моря сохранялось большое количество сплоченных льдов.

В Баренцевом море граница отступления дрейфующих льдов достигла максимального северного положения. В целом ряде районов морей — Карском и Лаптевых, а также западной части Восточно-Сибирского моря и моря 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.

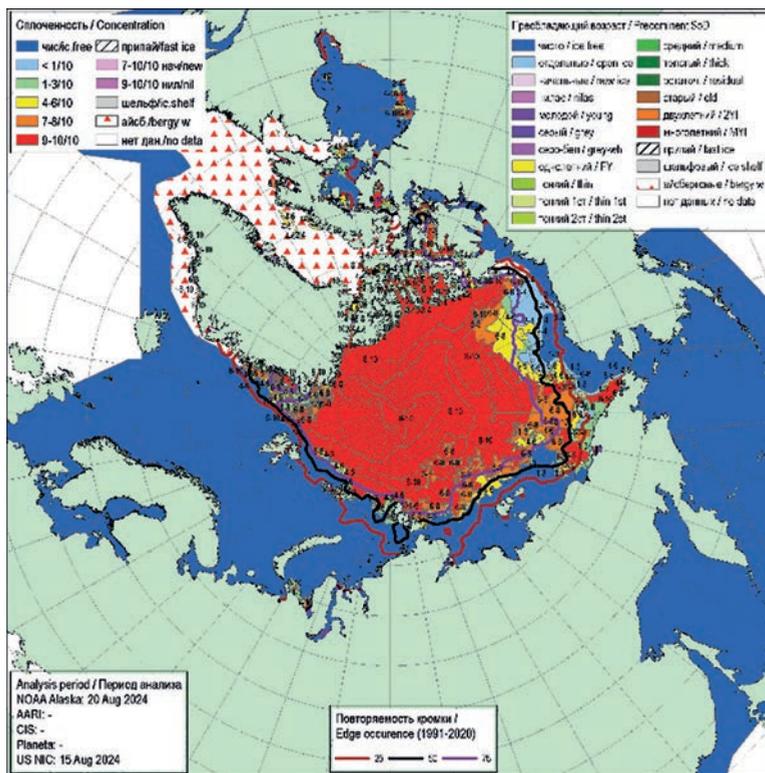


Рис. 2.3.4. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 15—20 августа 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

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 морей 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 моря, юго-западной части Чукотского моря и в проливе Лонга. Аномалия площади Врангелевского ледяного массива в Чукотском море составила 27 % (рис. 2.3.5).

В августе в поле дрейфа ледяного покрова произошли значительные изменения. Наблюдавшийся в июле Канадский антициклонический круговорот в восточной части СЛО с центром в северной части моря Бофорта полностью исчез. Обширный циклонический круговорот, который развился в июле, получил дальнейшее развитие и наблюдался по всей акватории СЛО. Центр циклонического круговорота находился в точке с координатами 83° с. ш. и 165° з. д. Скорости дрейфа в этом гигантском циклоническом круговороте не превышали 5 км/сут (рис. 2.3.6).

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

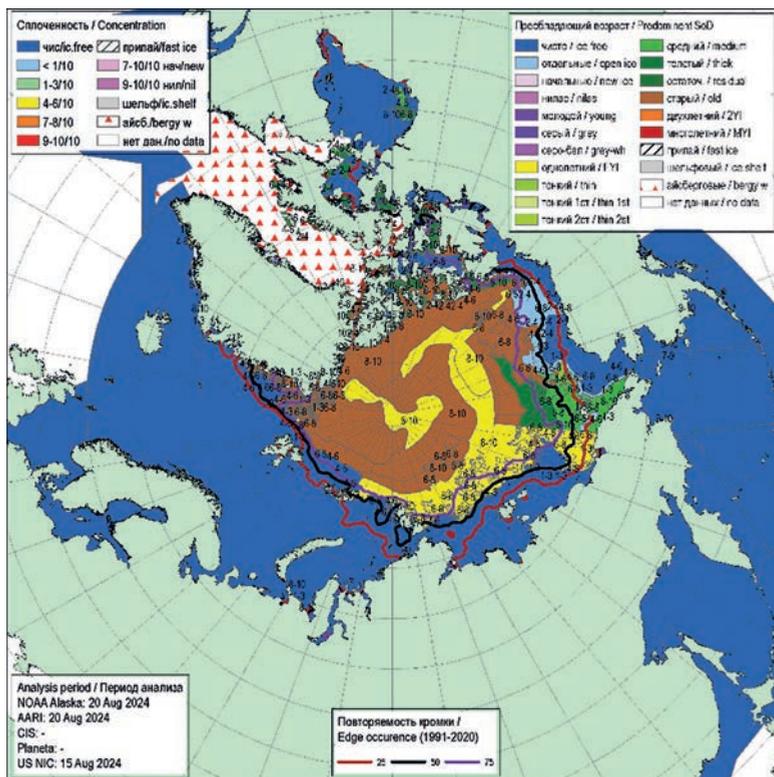


Рис. 2.3.5. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 15—20 августа 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.



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

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 средних многолетних 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 средних многолетних 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 морей Лаптевых и Восточно-Сибирского наблюдались обширные отроги старых и остаточных льдов. (рис. 2.3.7).

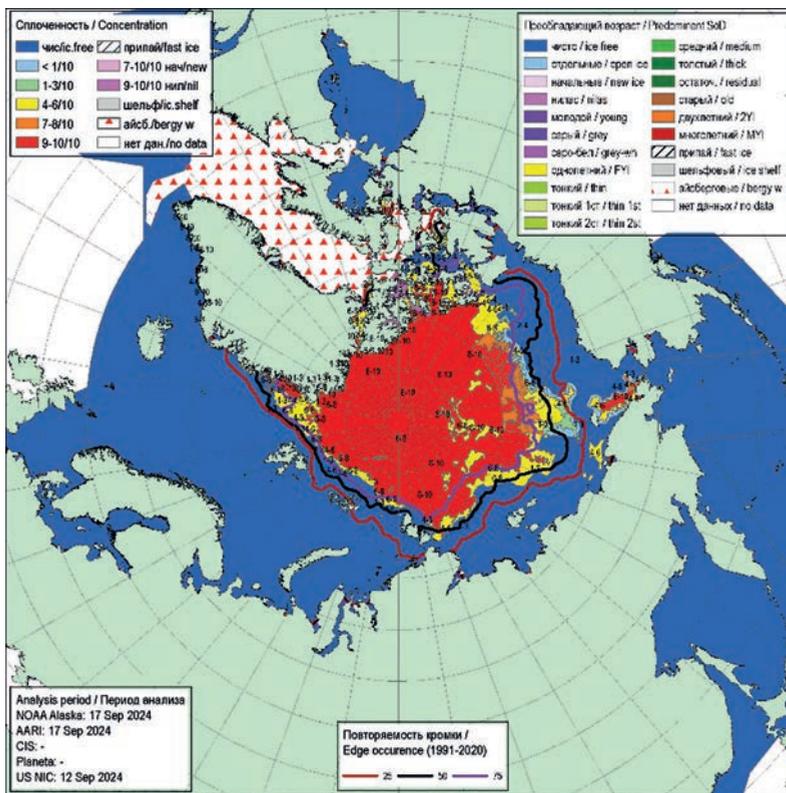


Рис. 2.3.7. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 12—17 сентября 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

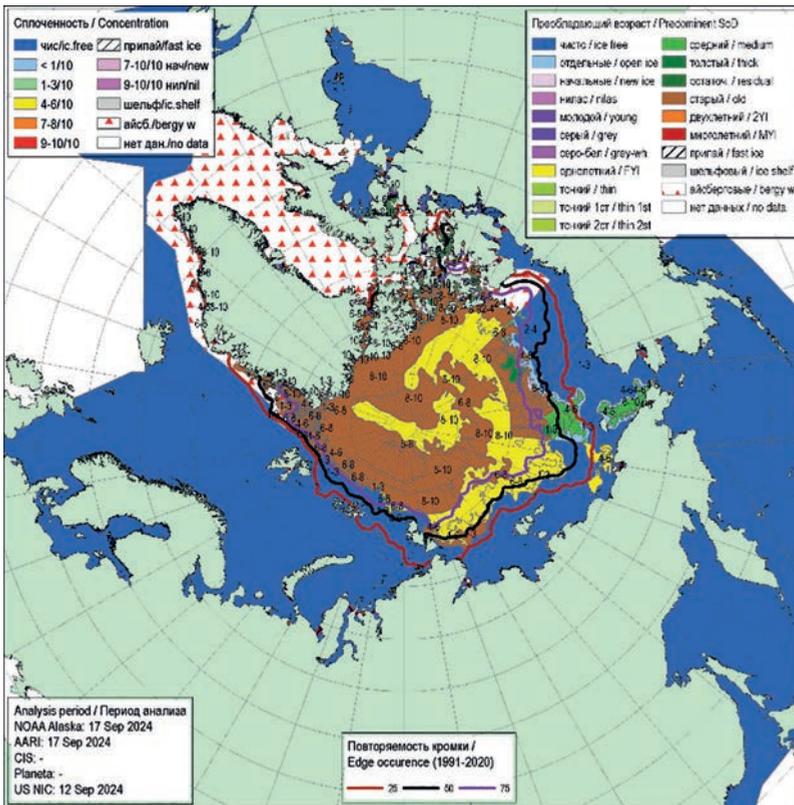


Рис. 2.3.8. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 12—17 сентября 2024 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США.

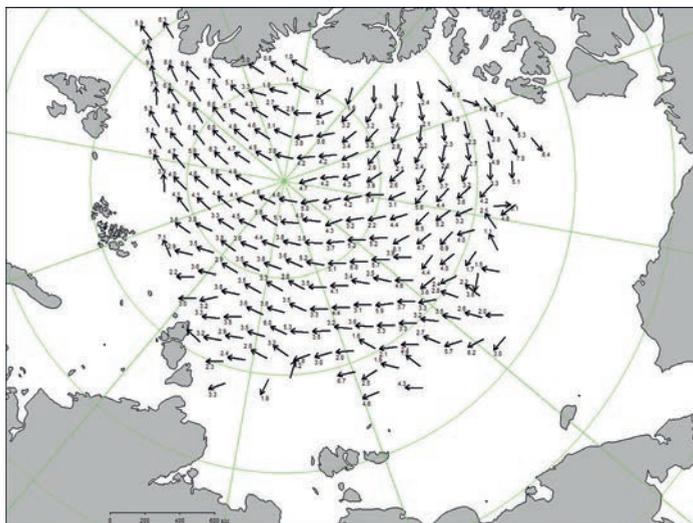


Рис. 2.3.9. Поле скорости дрейфа морского льда в сентябре 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

Положение границы дрейфующих льдов в сентябре 2024 г. было близким к среднему многолетнему положению в морях Гренландском, Карском и Лаптевых. В Баренцевом море и море Бофорта граница дрейфующих льдов была расположена гораздо севернее среднего многолетнего положения. В восточной части Восточно-Сибирского моря и в юго-западной части Чукотского моря наблюдалось значительное смещение границы остаточных льдов к югу вплоть до самого побережья (рис. 2.3.8).

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).

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 среднего многолетнего значения. По расчетному объему льдов сентябрь 2024 г. занял 1-е место в ранге минимумов, ниже значения за 2020 г. (рис. 2.4.10).

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 средних многолетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО оказались на 1,6 млн км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978 по 2024 г.). 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 градациям 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 стали 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 и Восточно-Сибирское, юго-западную часть Чукотского, северную часть Бофорта 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 море, западная часть Карского моря, восточная часть Чукотского моря 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 г., 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 среднему многолетнему положению в морях Гренландском, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском. В Баренцевом море и восточных арктических морях (Чукотском и Бофорта) граница

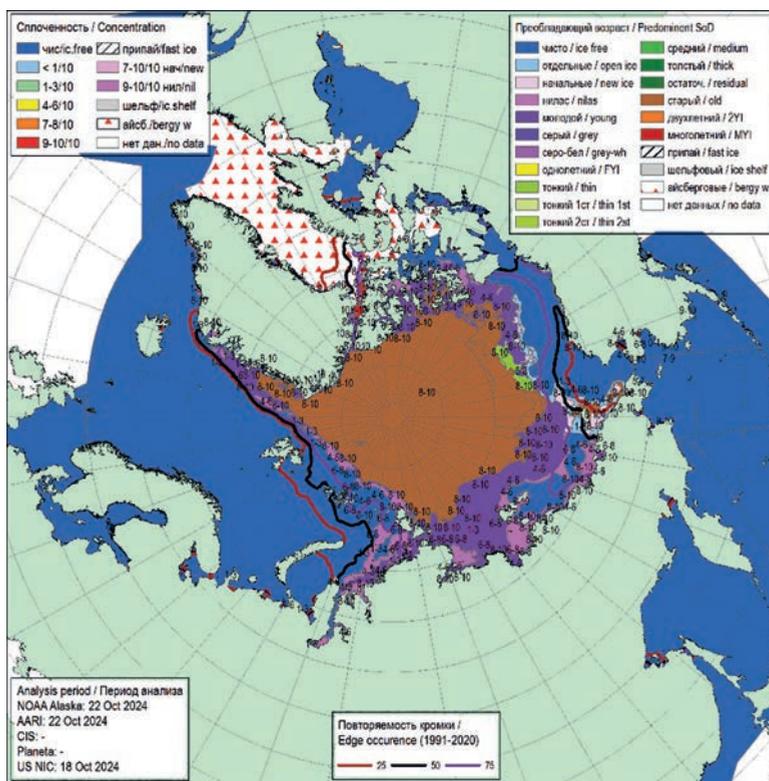


Рис. 2.4.1. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 18—22 октября 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

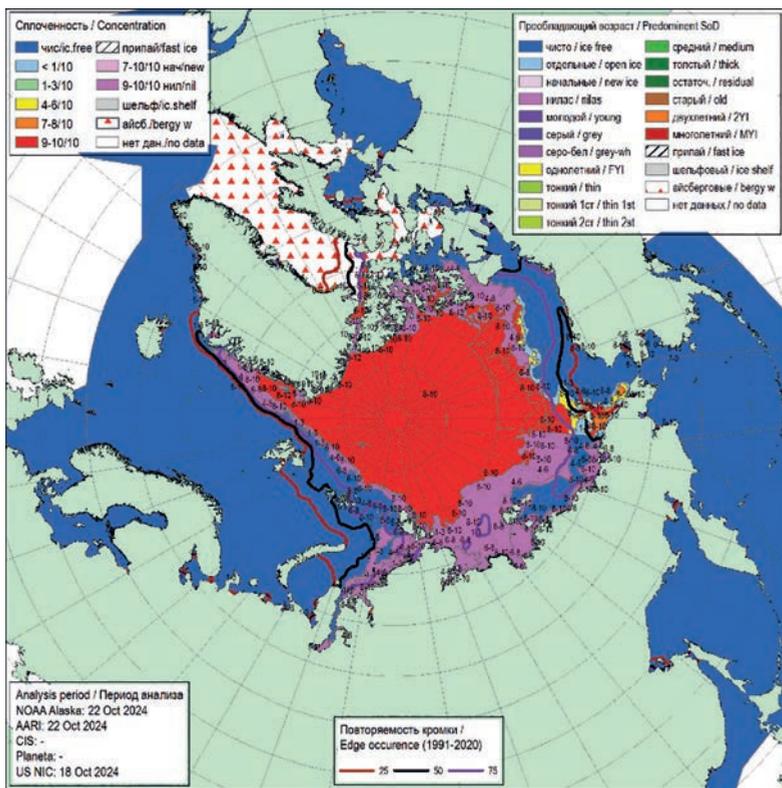


Рис. 2.4.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 18—22 октября 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

льдов располагалась значительно севернее среднего многолетнего положения. Это свидетельствует о близком к среднему развитию осенних ледовых процессов в центральных арктических морях и более медленному в морях 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.

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

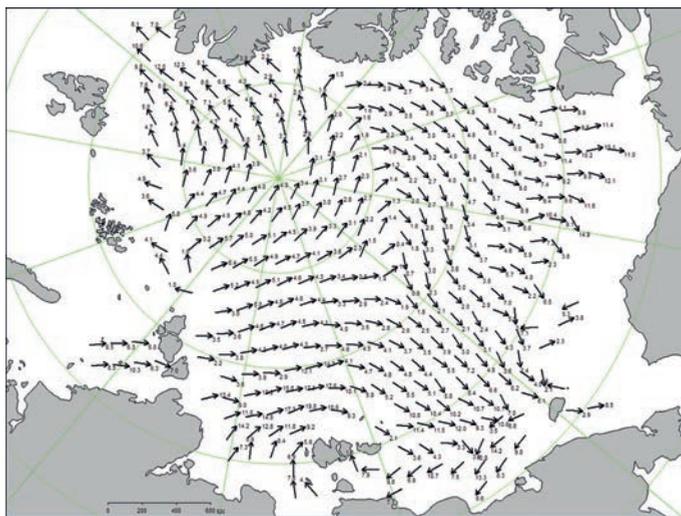


Рис. 2.4.3. Поле скорости дрейфа морского льда в октябре 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

перенос занимал около половины западного и весь восточный район российского сектора Арктики, приполюсный район, канадский и аляскинский секторы Арктики. В результате восточного трансарктического переноса лед приносило в восточную часть Восточно-Сибирского моря и юго-западную часть Чукотского моря.

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

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 среднее многолетнее 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 в 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.

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

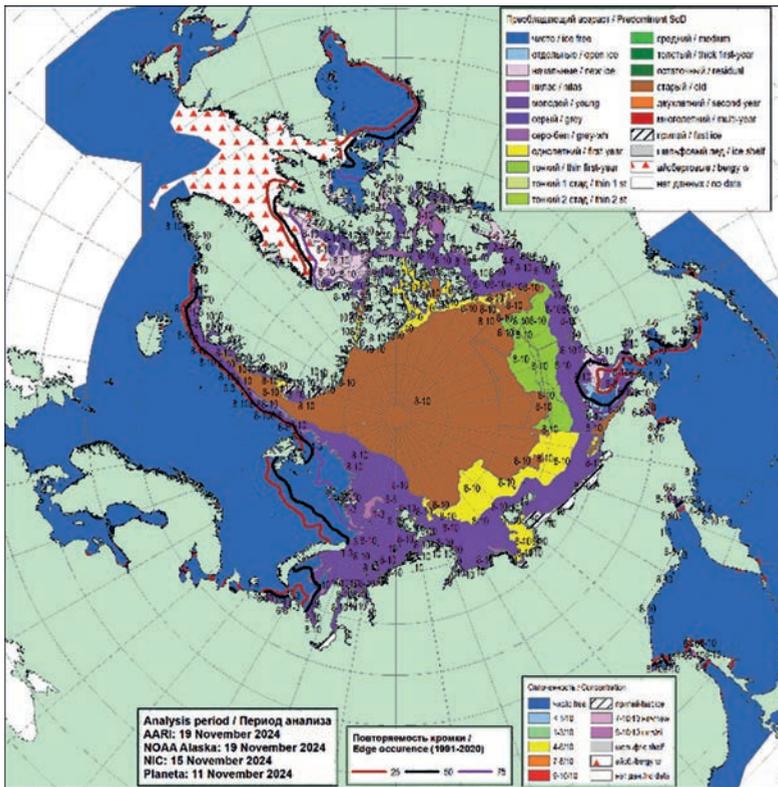


Рис. 2.4.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 11—19 ноября 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

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 формирования единого припая, охватывающего весь архипелаг, до конца ноября на произошло (рис. 2.4.5).

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 стрежнем, смещенным к островам арктических архипелагов Земля Франца-Иосифа и Шпицберген, непосредственно формировала Трансарктический перенос, который через приполюсный район выносил льды 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.

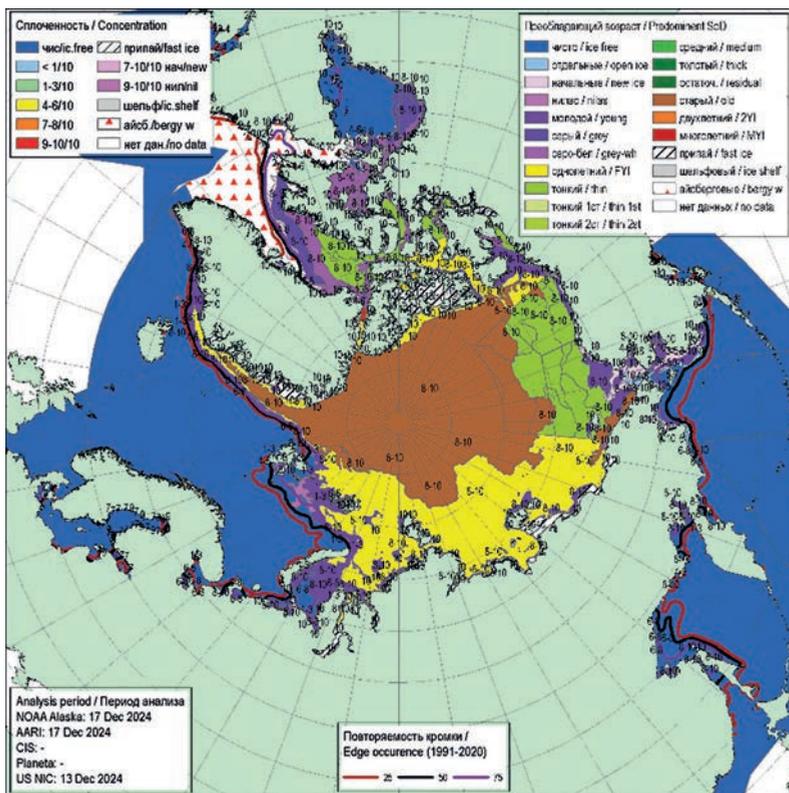


Рис. 2.4.7. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 13—17 декабря 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

В декабре продолжилось увеличение площади и толщины ледяного покрова.

Интенсивность нарастания льда по площади 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 моря, юго-западной части Карского моря, центральной и прибрежной частях Чукотского моря, 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 льда сплоченностью 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.

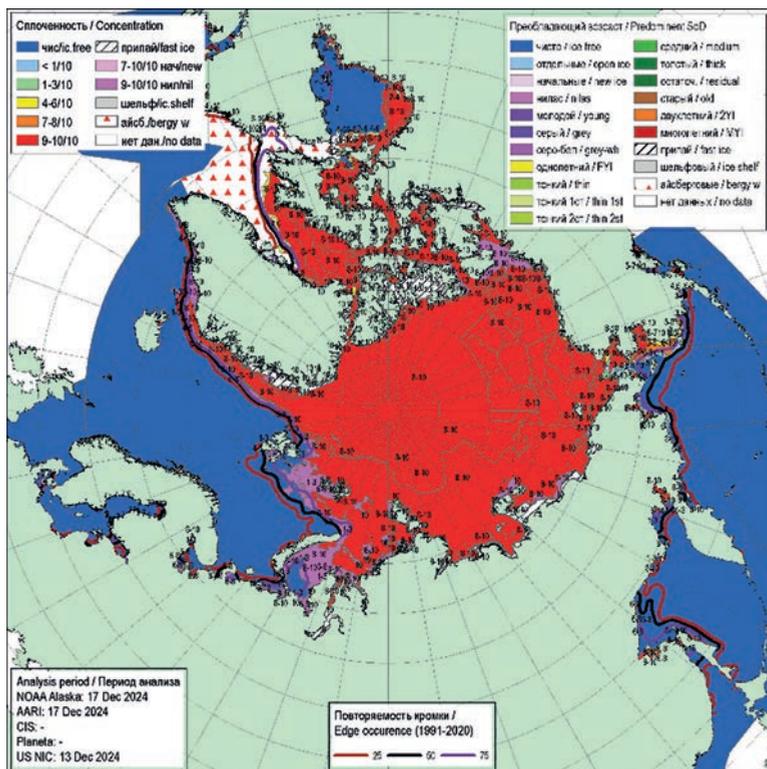


Рис. 2.4.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13—17 декабря 2024 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В 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).

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

Трансарктический перенос льда был хорошо развит. Перенос льдов брал свое начало из северных частей морей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского. 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 Фрама и в самом проливе до 10 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот был также хорошо развит. Центр круговорота был расположен над северной частью моря Бофорта. Поток льдов из приполюсного района поступал к северному побережью островов Канадского

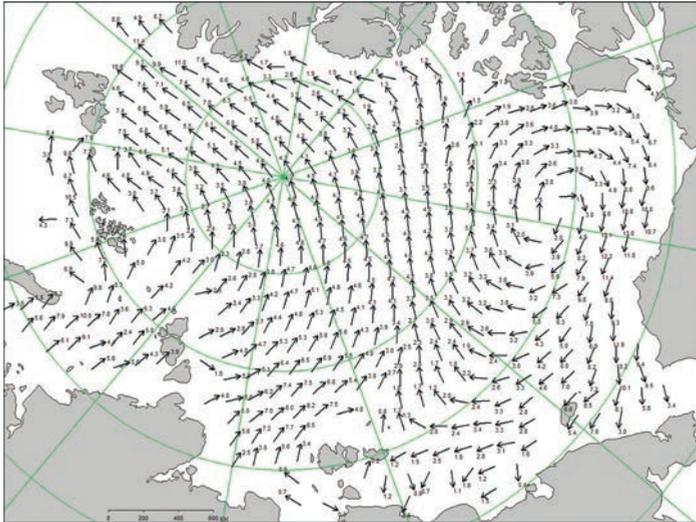


Рис. 2.4.9. Поле скорости дрейфа морского льда в декабре 2024 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне.

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).

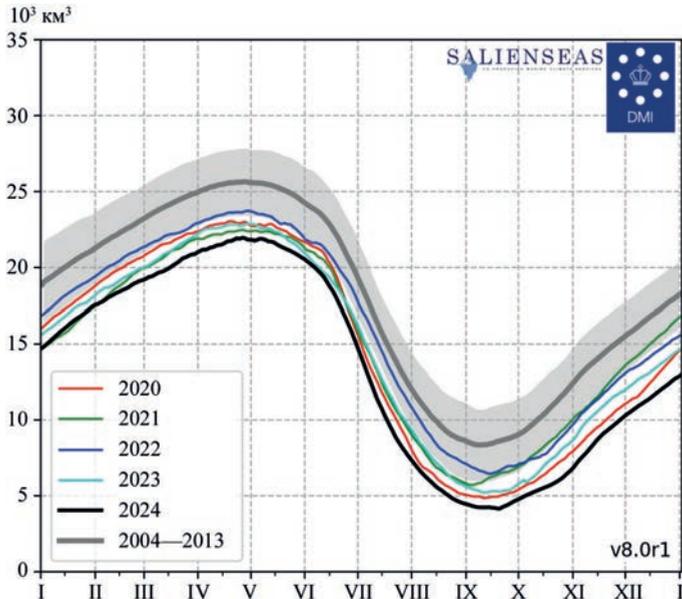


Рис. 2.4.10. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда в СЛО (10^3 км^3) на основе расчетов средневзвешенной толщины льда по совместной модели морского льда — океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института за период с 1 января 2004 г. по 26 декабря 2024 г.

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 делил первое и второе места по рангу минимумов с показателями за 2021 г. В результате летнего таяния, которое было достаточно интенсивным, в 2024 г. объем сохранившегося во второй половине года льда оказался на первом месте по рангу в ряду минимумов, превысив минимальное значение за 2020 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 км² при норме 11,6 млн км², 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

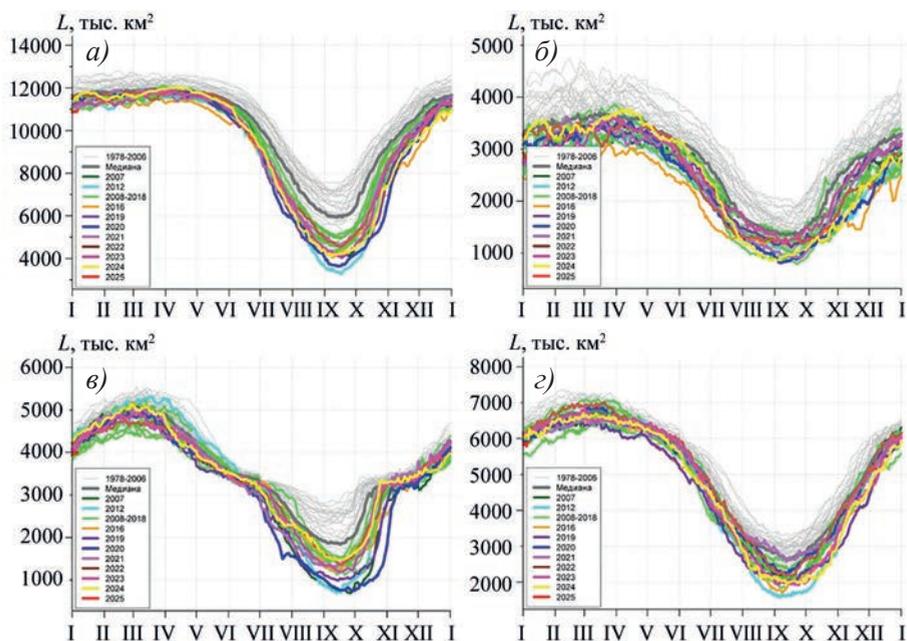


Рис. 2.4.11. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и трех меридиональных секторов за период с 26 октября 1978 г. по 2 декабря 2024 г. по годам на основе расчетов по данным SSMR — SSM/I — SSMIS — AMSR2.

- 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).

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.

В развитии ледовых условий в разных секторах в 2024 г. проявились интересные особенности. 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 среднему многолетнему значению (норма за 1978 — 2023 гг.) (см.рис. 2.4.11).

В процессе развития ледовых условий в СЛО и его морях в 2024 г. сохранилась тенденция, наблюдавшаяся 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 в течение октября и ноября наблюдалось аномальное быстрое увеличение площади молодых льдов.

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 Оби и Енисей.

Ледово-гидрологические условия в устьевых областях рек бассейна Карского моря

Наращение льда в зимне-весенний период

Наибольшее наращение толщины льда на устьевых участках рек Оби 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 нарастания льда не отмечалось. В табл. 2.5.1 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его ежемесячного нарастания с января по апрель.

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

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

Наибольшее наращение толщины льда на устьевом взморье реки Оби 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 2.5.1

**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.

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

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.

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 среднего многолетнего значения на 37 см, а на устьевом взморье реки Енисей — меньше среднего многолетнего 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 декаде мая. На реке Таз вода на льду и закраины появились 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. Затопление льда было отмечено на р. Таз 16 июня, на устьевых участках рек Оби и Енисей затоплений не наблюдалось.

Весенний ледоход на устьевых участках рек Оби и Таз начался позже средних многолетних сроков на 4—6 дней. Ледоход на р. Енисей (п. Игарка) произошел в срок близкий среднемноголетней дате, в районе п. Дудинка и п. Караул в сроки, соответствующие средним многолетним датам. Очистка на устьевом участке рек Оби и Таз произошло позже средних многолетних сроков на 5—7 дней. На р. Енисей (п. Игарка, п. Дудинка) очистка отмечена в сроки, близкие к средним многолетним, в п. Караул — в срок, соответствующий средней многолетней дате. Продолжительность весеннего ледохода на устьевых участках рек Оби, Таз и Енисей составила от 2 до 7 суток.

В табл. 2.5.5 приведены сроки начала весеннего ледохода и очистки ото льда, а также их аномалии по отношению к средним многолетним срокам на устьевых участках рек Оби, 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
Таз	Тазовское	16.06	10.06	+6	18.06	13.06	+5
Енисей	Игарка	29.05	28.05	+1	05.06	06.06	-1
	Дудинка	04.06	04.06	0	11.06	10.06	+1
	Караул	04.06	07.06	-3	08.06	15.06	-7

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

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.

Воды на льду, закраин и подвижек льда на устьевых взморьях рек бассейна Карского моря отмечено не было. Взлом припая и очищение устьевых участков рек Обь и Енисей произошли позже средних многолетних 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 г. появление заберегов зафиксировано на 6—9 дней позже средних многолетних сроков. Устойчивое появление плавучего льда отмечено на 2—6 дней позже средних многолетних сроков. Ледостав произошел также позже средних многолетних сроков на 7—12 дней повсюду, кроме р. Енисей, где ледостав наблюдался в сроки, близкие к средним многолетним. Продолжительность периода с плавучим льдом составила 0—4 дня на реке Енисей и 6—15 дней на реках Таз и Оби.

В табл. 2.5.7 приведены сроки наступления осенних ледовых явлений и их аномалии на устьевых участках рек Оби, 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

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, сут
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

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

На устьевом взморье появление плавучего льда происходило на 4—10 дней позже средних многолетних дат. Полное замерзание на устьевом взморье реки Оби произошло на 13 дней позже средней многолетней даты, а 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) 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 Оби и Енисей (п. Игарка и п. Караул) наблюдалось в ноябре, а 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 Оби и Енисей была меньше средних многолетних значений на 16—29 см.

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

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

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 и составило 27 см.

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	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
Обская губа	Новый Порт	—	—	36	+36	62	+26
Енисейский залив	Сопочная Карга	22	—	49	+27	76	+27

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 Оби и Енисей была больше средних многолетних значений на 15—20 см.

Высота снега на льду на конец декабря на устьевом взморье реки Оби составила 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 на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых отмечено в январе. С января по апрель нарастание толщины льда наблюдалось во всех пунктах, кроме п. Хатанга на реке Хатанге и п. Кюсюр на реке Лене, где к концу апреля наблюдалось таяние льда.

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

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

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.

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 (Бык, протока)	201	223	-22
Яна	Юбилейная	106	148	-42

* Данные за 20 апреля 2024 г.

Толщина льда в конце апреля на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых была значительно ниже средних многолетних значений (на 4—42 см). Высота снега на льду в конце апреля на реках Оленёк (п. Усть-Оленёк) и Яне составила 36—50 см, в устьевой части реки Лены (п. Хабарово) — 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. Яне закраин не наблюдалось. Подвижки на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых отмечались в пунктах Хатанга, Кюсюр и Хабарово в третьей декаде мая — начале первой декады июня. На реках Оленёк и Лена (п. Кюсюр) процесс вскрытия сопровождался образованием заторов.

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

В табл. 2.5.15 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Хатанги, Оленёк, Лены, Яны 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 (Бык, протока)	31.05	06.06	-6	04.06	13.06	-9
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 средних многолетних 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, Тюмети	04.10	29.09	+5	06.10	01.10	+5	17.10	10.10	+7
Оленёк, Усть-Оленёк	05.10	30.09	+5	05.10	01.10	+4	09.10	06.10	+3
Лена, Кюсюр	15.10	08.10	+7	18.10	09.10	+9	29.10	23.10	+6
Лена, Хабарово (Бык, протока)	17.10	12.10	+5	17.10	11.10	+6	29.10	19.10	+10
Яна, Юбилейная	05.10	28.09	+7	08.10	01.10	+7	11.10	06.10	+5

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.

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

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 (Бык, протока)	—	77	+77	111	+34
Яна	Юбилейная	26	49	+23	64	+15

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
Яна	(Бык. протока)			
	Юбилейная	64	69	-5

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

Высота снега на льду в рассматриваемых пунктах на конец декабря составила от 5—10 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 устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря на конец месяцев в зимне-весенний период.

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
Индиگیرка	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 на 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.

Толщина льда в конце апреля на устьевом участке рек Индиگیرки и Колымы (п. Колымское) наблюдалась меньше средних многолетних значений на 24—26 см. На устьевом участке реки Колымы (п. Черский) толщина льда в конце

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
Индиگیرка	Чокурдах	136	162	-26
Колыма	Колымское	116	140	-24
	Черский	149	137	+12

апреля наблюдалась больше среднего многолетнего значения на 12 см. Высота снега на реке Индигирке составила 16—20 см, на реке Колыме, п. Колымское, — 26—35 см. На реке Колыме, п. Черский, снега в конце апреля не отмечено.

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 воды на льду не отмечено). Появление закраин наблюдалось в конце второй — третьей декаде 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 Колымы (п. Черский) и Индигирки затворов не наблюдалось.

Весенний ледоход на реках Индигирке и Колыме начался раньше средних многолетних сроков на 1—6 дней. Очищение ото льда на реках Индигирке и Колыме (п. Колымское) отмечено раньше средних многолетних сроков на 7 и 4 см соответственно, а очищение на реке Колыме (п. Черский) на 3 дня позже. 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 Колыме 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.

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
Индигирка	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

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

Нарастание льда в осенне-зимний период

В табл. 2.5.23 приведены данные о нарастании льда по толщине на устьевых участках рек Индигирки 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	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
Индигирка	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
Индигирка	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 Индигирки и Колымы отмечено в ноябре. В конце декабря толщина льда на устьевых участках реки Индигирки 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 Колымы и Индигирки 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 ИТР (Ice–Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающими непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1.1, рис. 3.1.1).

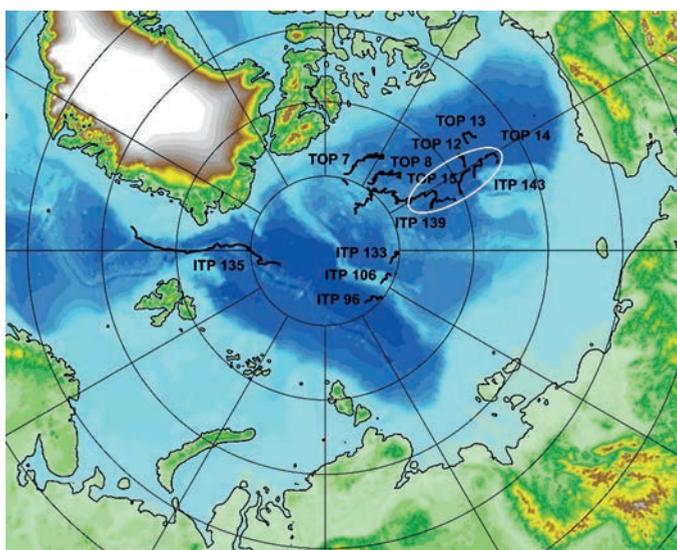


Рис. 3.1.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в 2024 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ.

Таблица 3.1.1

**Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью,
выполненных на акватории СЛО в 2024 г.
и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ**

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 96	07.09.2024	30.09.2024	96
2	ИТР 106	10.09.2024	30.09.2024	64
3	ИТР 133	12.09.2024	30.09.2024	170
4	ИТР 135	01.01.2024	15.04.2024	423
5	ИТР 139	01.01.2024	30.09.2024	815
6	ИТР 142	10.09.2024	30.09.2024	84
7	ИТР 143	14.09.2024	28.09.2024	56

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
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

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 ГТР 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 г. и принятыми за климатическую норму для этого района. Область поиска исторических данных (рис. 3.1.1, белый контур) была на 50—100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, используемых для анализа в 2024 г.

Амеразийский суббассейн

Поверхностный слой в Канадской глубоководной котловине по данным ГТР буев в 2024 г. обладал большей солёностью по сравнению с климатической нормой. Значения положительной аномалии солёности изменялись от 0,22 до 2 ‰. Надо отметить, что в 2023 г. поверхностный слой был, наоборот, незначительно распреснен. Значения отрицательной аномалии солёности изменялись от –0,24 до –0,6 ‰ и соответствовали аномалиям, наблюдающимся в 2022 г. Температура поверхностного слоя в 2024 г. соответствовала норме (рис. 3.1.2 — 3.1.4).

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

На глубине 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

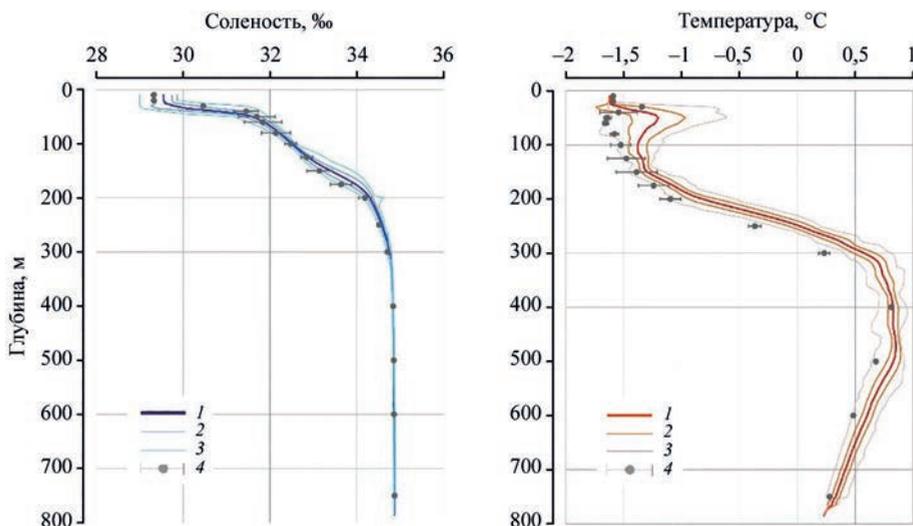


Рис. 3.1.2. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в январе — марте 2024 г. по результатам измерений профилографа ИТР 139.

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

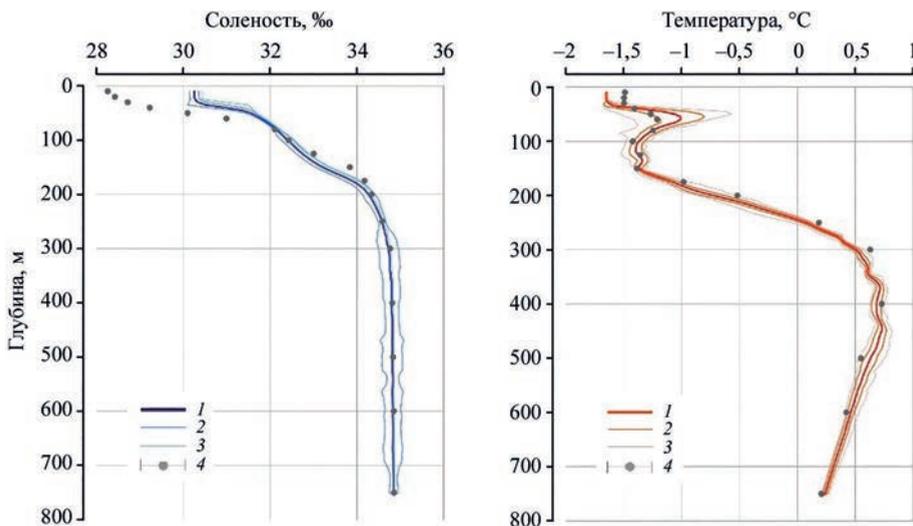


Рис. 3.1.3. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле — мае 2024 г. по результатам измерений профилографа ИТР 139.

Условные обозначения см. рис. 3.1.2.

бассейне характеризуются низкими значениями температуры и солёностью, равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным за третий

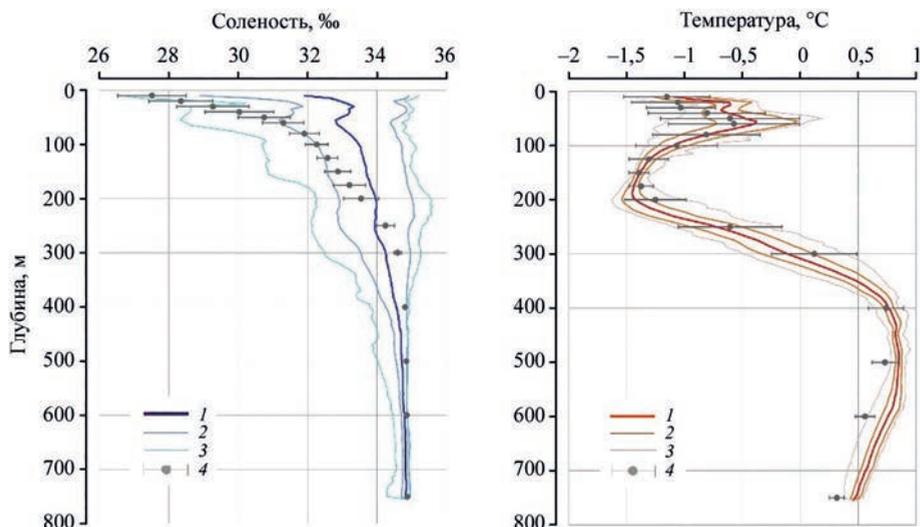


Рис. 3.1.4. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в сентябре 2024 г. по результатам измерений профилографа ГТР 143.

Условные обозначения см. рис. 3.1.2.

квартал 2024 г. ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 175 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на глубине 150 м. По данным за 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 °C) в 2024 г. располагалась на глубине 250—310 м.

Максимальное значение температуры воды в ядре АВ в первом квартале 2024 г. составило 0,85 °C (470 м глубины), а во втором квартале 0,73 °C (445 м глубины), что соответствует климатической норме. В третьем квартале 2024 г. максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,85 °C (глубина 500 м), что всего на 0,11 °C превышает климатическую норму. Отсутствующая или крайне незначительная положительная аномалия температуры АВ в 2024 г. свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Северном суббассейне СЛО.

3.2. УРОВЕНЬ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

В 2024 г. наблюдения за уровнем моря проводились 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. Фёдорова (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 г., а на станции бухта Тикси — в 2011 г.

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. Фёдорова (мыс 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 трех 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 части 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.

На станции бухта Тикси с сентября по декабрь по неизвестной причине происходил аномальный подъем уровня. Значения, полученные для станции бухта Тикси, в четвертом квартале 2024 года являются завышенными, хотя сам уровеньный ход не вызывает сомнений, тем более если сравнивать его с уровнемным ходом на станции Анабар. Скорее всего на станции Тикси присутствуют проблемы с реперным основанием, к которому привязан уровеньный пост, или же по неизвестной причине появилась ошибка при пересчете данных в БСВ, из-за чего значения стали завышенными.

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 2024 г. в отличие от прошлых лет 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 происходило постепенное понижение уровня моря, причем на станции Амдерма в апреле и мае он опустился ниже среднего многолетнего значения (–1 и –4 см соответственно). На станции Усть-Кара к июню произошел резкий подъем 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 подъем 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 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 затем вплоть до июня — его повышение. До конца года на этой станции уровень моря сохранялся на отметке выше +20 см.

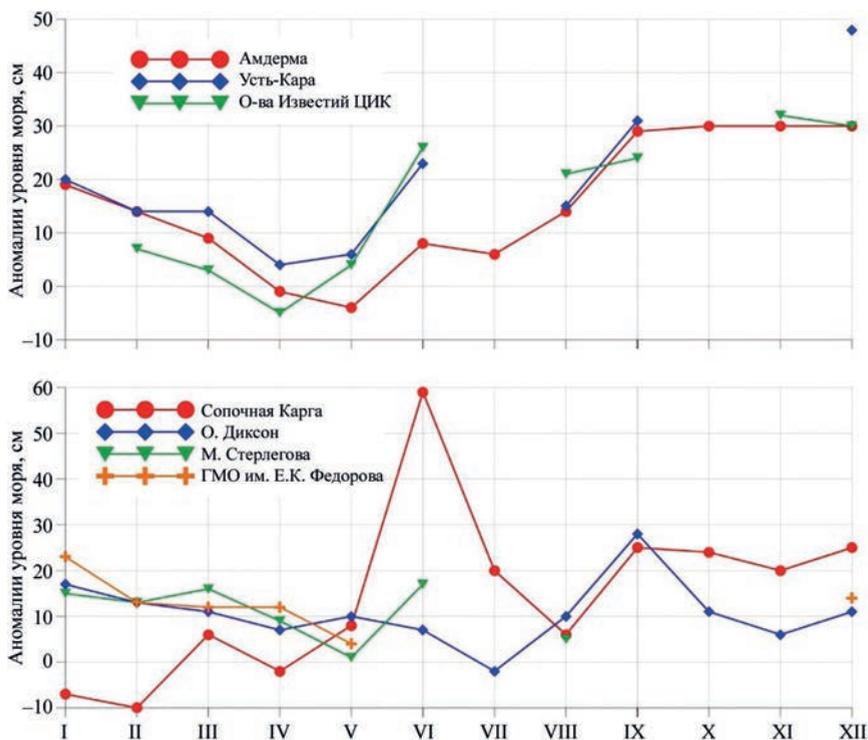


Рис. 3.2.1. Изменения среднемесячного значения уровня на станциях Карского моря в 2024 г.

На станции Сопочная Карга до мая уровень моря колебался в районе средней многолетней отметки. В июне произошел резкий подъем уровня моря до значения +59 см, обусловленный весенним паводком, в июле средний уровень опустился до +6 см, а потом поднялся и далее колебался в пределах от +20 до +25 см. На станции остров Диксон можно отметить значительный подъем среднего уровня моря в сентябре (до +28 см) и падение ниже средней многолетней отметки в июле (до -2 см). На станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (мыс Челюскина) и мыс Стерлегова в первую половину 2024 г. можно отметить постепенное понижение уровня моря до мая месяца.

В южной части моря Лаптевых по данным станций Анабар и бухта Тикси (рис. 3.2.2) вплоть до сентября происходил постепенный подъем уровня моря причем 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. Кроме того, на этой станции стоит отметить довольно высокое значение уровня моря в декабре: +26 см. На станции пролив Санникова подъем уровня моря наблюдался с июля по октябрь, когда его значения составляли от +30 до +32 см. На станции Кигилях также можно отметить подъем уровня моря в летние месяцы с максимумом в августе (+22 см).

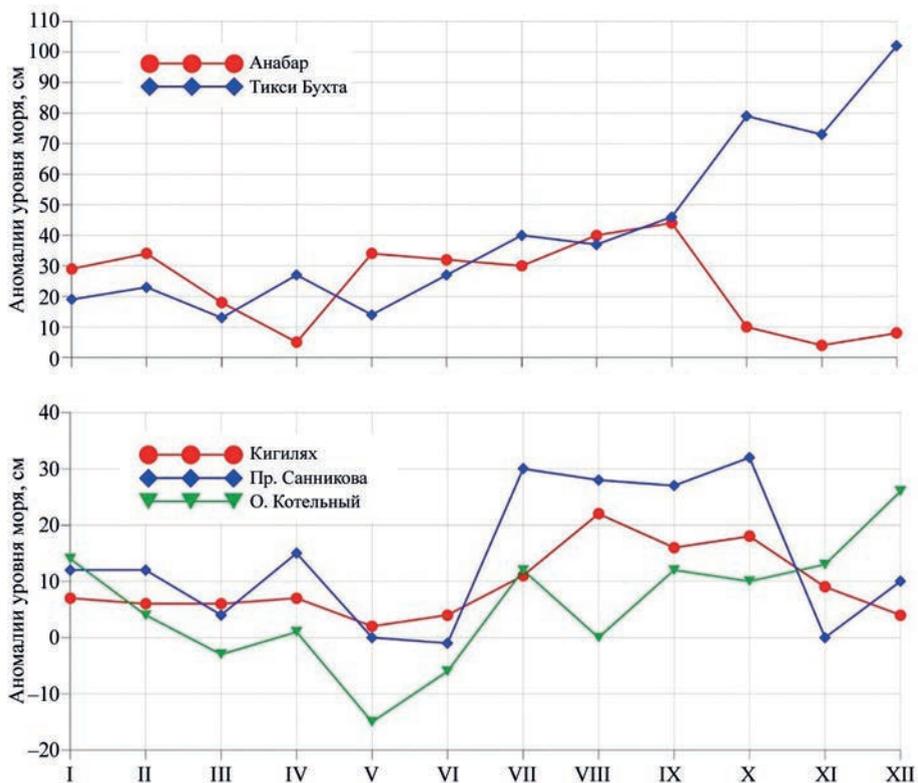


Рис. 3.2.2. Изменения среднемесячного значения уровня на станциях моря Лаптевых в 2024 г.

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 г. — 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 в январе — апреле, в 2018 г. особо стоит отметить значительные сгонно-нагонные колебания в начале и в конце года. В 2019 — 2022 гг. для Карского моря максимумы сгонно-нагонных колебаний наблюдались в различные периоды времени в зависимости от района, где размещена та или иная станция. В 2023 г. 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 г. стоит отметить высокие нагоны в августе, а сгоны — в октябре.

В 2024 г. 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 подъем 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 показал, что он имел более высокие значения по сравнению с предыдущими годами. Таким образом, становится очевидным большое влияние анемобарических факторов на изменчивость уровня поверхности в юго-западной части Карского моря в последней трети 2024 г. Сильный сгон здесь наблюдался 20—23 апреля (–61 см в Амдерме и –57 см в Усть-Каре), а также 9 мая (–63 см в Амдерме и –45 см в Усть-Каре).

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. Фёдорова (мыс Челюскина) — 11 февраля (–41 см). На всех станциях восточной части Карского моря значительные нагоны отмечались в разное время года. Особо необходимо отметить подъем уровня моря на станции Сопочная Карга 9 сентября, когда он достиг отметки +224 см. В соответствии с архивными данными подобный нагон на станции наблюдался 23 июня 1979 г., когда уровень моря достигал отметки +208 см, а также 21 июня 1994 г., когда наблюдался подъем до +201 см. В целом же во второй половине 2024 г. на станции Сопочная Карга ежемесячно наблюдались довольно высокие подъемы 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 произошел 30 июня — до +81 см.

На юге моря Лаптевых, на станции Анабар, максимальный сгон был зафиксирован в ноябре — до –50 см. Сильные нагоны на станции Анабар наблюдались 4 июня — до +158 см, 6 августа — до +152 см и 4 сентября — до +155 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 –4 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 отрицательным (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.

После 1985 г. характер колебаний уровня на станциях арктических морей существенно 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 опять 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.

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

Район	Станция	Период					
		1950—2024		1950—1985		1985—2024	
		y	R^2	y	R^2	y	R^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: y — значение величины линейного тренда, R^2 — значение коэффициента детерминации линейного тренда.

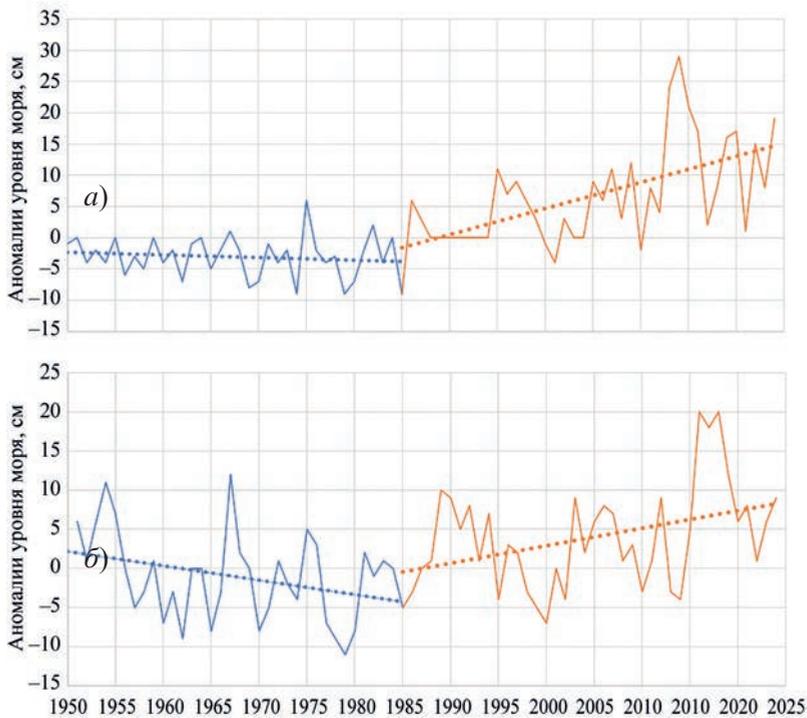


Рис. 3.2.3. Аномалия среднегодового уровня моря.

a — в юго-западной части Карского моря на станции Усть-Кара; b — на востоке моря Лаптевых на станции Кигилях.

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 затем в 2016 г. После этого в 2017 г. уровень незначительно опустился, оставаясь на повышенном

фоне. В 2018 и 2019 гг. уровень немного возрос по сравнению с 2017 г. В восточной части Карского моря тенденции к повышению уровня были выражены слабо и носили, скорее, характер слабых колебаний на повышенном фоне. При этом 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 гг. это повышение продолжилось. В 2018 г. среднегодовой уровень достиг максимального за последние годы значения, а в 2019 — 2023 гг. вновь несколько понизился.

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 г. оказалась меньше, чем для периода с 1985 по 2023 г. 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 г.

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 ежедневно с 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 (significant wave height, H_s) 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. —

**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
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	—	—	—	—	—	—
Август	1	15	8	6	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

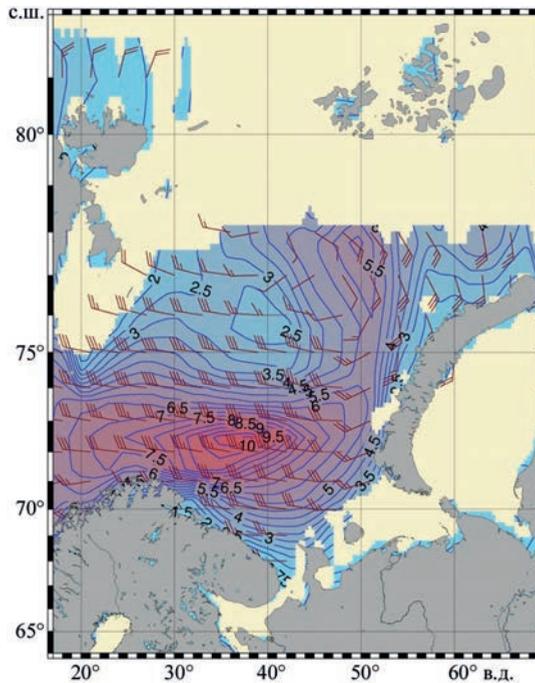


Рис. 3.3.1. Поле ветра и высоты волн (Hs, м) для акватории Баренцева моря
на 12 ч UTC 30 января 2024 г.

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 февра-

ле, 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. — 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.

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.

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	5—6
Июль (с 7 июля)	7	16	2	—	—	—
Август	—	23	6	2	—	—
Сентябрь	—	2	16	5	4	3
Октябрь	—	5	8	10	6	2
Ноябрь	—	7	13	8	2	—
Декабрь	4	17	8	2	—	—
Итого	11	70	53	27	12	5

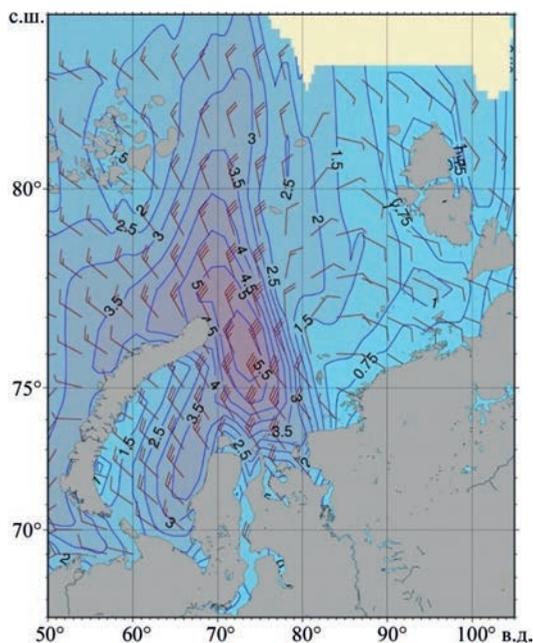


Рис. 3.3.2. Поля ветра и высоты волн (H_s , м) на акватории Карского моря на 18 ч UTC 8 сентября 2024 г..

В табл. 3.3.2 приведены сведения о распределении высот волн Hs на чистой воде для Карского моря в 2024 г. Как видно из табл. 3.3.2, в Карском море в 2024 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот волн 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 море доходила до 82—83° с. ш. Необходимо отметить, что в конце 2024 г. пролив Карские Ворота был почти закрыт льдом, но в Карском море оставалась небольшая область чистой воды, прилегающая к проливу.

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

Моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское

Поскольку большую часть года моря восточной части Арктики покрыты льдом, в табл. 3.3.3 — 3.3.5 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.

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
Июнь (с 10 июня)	8	13	—	—	—
Июль	3	22	5	1	—
Август	4	15	12	—	—
Сентябрь	—	11	11	4	4
Октябрь (до 19 октября)	3	10	4	2	—
Итого	18	71	32	7	4

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
Июнь (с 15 июня)	11	5	—	—	—	—	—
Июль	7	24	—	—	—	—	—
Август	3	12	13	3	—	—	—
Сентябрь	1	15	14	—	—	—	—
Октябрь (до 25 октября)	—	10	6	6	1	1	1
Итого	22	66	33	9	1	1	1

**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
Май (с 25 мая)	5	2	—	—	—	—
Июнь	16	11	3	—	—	—
Июль	5	15	10	1	—	—
Август	—	3	23	4	1	—
Сентябрь	1	18	9	2	—	—
Октябрь	—	7	11	8	3	2
Ноябрь	—	8	4	14	4	—
Декабрь (до 7 декабря)	—	3	4	—	—	—
Итого	27	67	64	29	8	2

Сведения о распределении высот волн Hs в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском даны в табл. 3.3.3 — 3.3.5. Из таблиц видно, что 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 на 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.

Море Лаптевых стало открываться во второй декаде июня. К концу июня в южной части моря Лаптевых вдоль припая образовалась область чистой воды (от 74 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. Положение границы области чистой воды в Восточно-Сибирском море в сентябре изменялась 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 рис. 3.3.3, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs для морей Восточной Арктики на 12 ч UTC 18 сентября 2024 г.

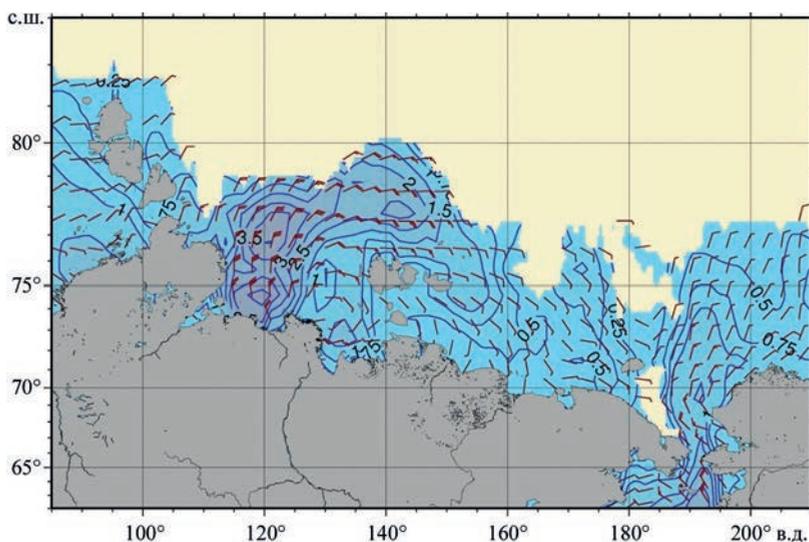


Рис. 3.3.3. Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях Восточной Арктики на 12 ч UTC 18 сентября 2024 г.

3.4. ОБЗОР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В 2024 г. гидрохимические исследования проводились в сентябре в заливе Грэн-фьорд. Основной целью было выявить особенности распределения биогеохимических.

Новые гидрохимические данные были также получены в ходе рейсов НЭС «Академик Фёдоров», в ходе работы Арктического плавучего университета на борту НИС «Профессор Молчанов» в северо-восточной части Баренцева моря в июне 2024 г., а также с борта дрейфующей ледостойкой платформы (ЛСП) «Северный полюс» 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 сентябре 2024 г. в заливах Ис-фьорд и Грэн-фьорд архипелага Шпицберген, показывают, что значения общей щелочности увеличивались с глубиной от 1000 до 2250 мкмоль/кг (рис. 3.4.1). Минимальные значения зафиксированы в кутовой части Грэн-фьорда, что связано с влиянием терригенного стока речных долин и ледникового стока. Диапазон значений pH находится в пределах 7,9—8,4. Рассчитанное парциальное давление углекислого газа в воде изменялось от 200 до 700 мкатм. Продукты диссоциации угольной кислоты в виде гидрокарбонатов (HCO_3^-) и карбонатов (CO_3^{2-}) в среднем составляют 1915 мкмоль/кг 95 мкмоль/кг соответственно. Рассчитанные концентрации растворенного CO_2 варьируются в пределах 9—40 мкмоль/кг.

Воды заливов архипелага отличаются достаточной степенью насыщения арагонитом (при $\Omega_{\text{Ar}} > 1$). Данный показатель является важным для оценки морской экосистемы в условиях ацидификации, так как арагонит выступает в роли строительного материала для большого числа морских организмов: кораллов, моллюсков. Водная среда заливов

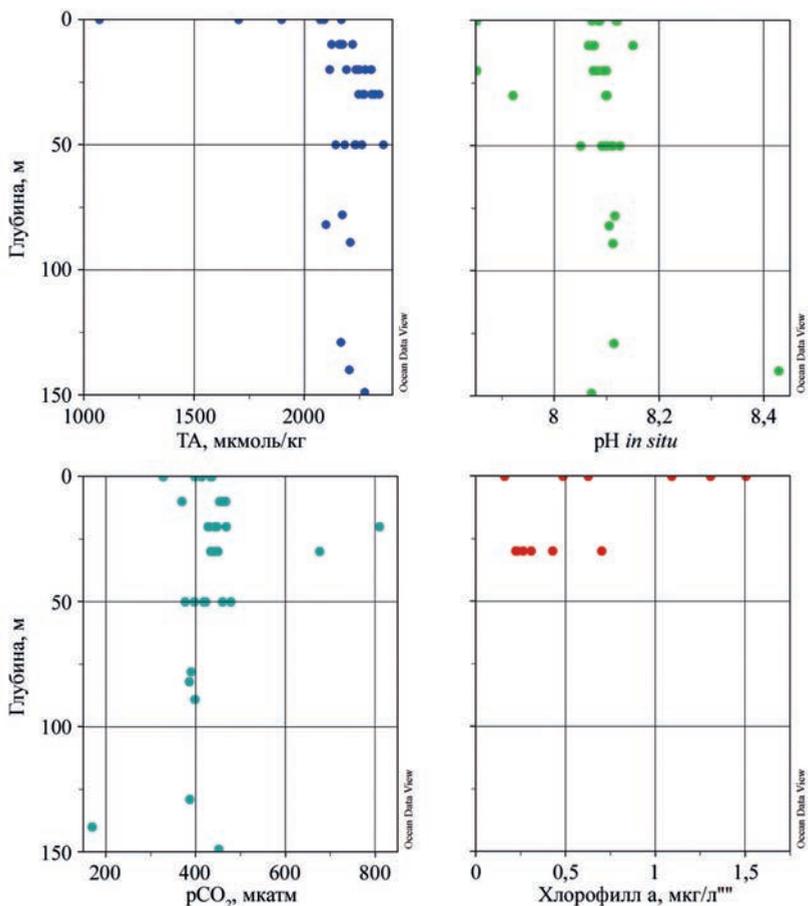


Рис. 3.4.1. Вертикальное распределение карбонатных параметров (общей щелочности, pH, $p\text{CO}_2$) и концентрации хлорофилла а в заливе Грэн-фьорд за 7 сентября 2024 г.

благоприятна для образования карбоната кальция (CaCO_3), раковин и скелетов морских организмов. Степень насыщения морских вод арагонитом (Ω_{Ar}) составляет более 1,4.

В Грэн-фьорде оценки потока CO_2 (FCO_2) проводились при низких скоростях ветра (менее 3 м/с) и продемонстрировали незначительное поглощение CO_2 из атмосферы ($-0,007 \text{ ммоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$).

Значения фактора Ревеля изменялись в пределах 10—18, что характеризует отношение между частичным изменением $p\text{CO}_2$ и изменением содержания растворенного неорганического углерода. Принятые нормальные значения для морской воды находятся в диапазоне 8—20. С увеличением фактора Ревеля буферная емкость морских вод будет снижаться быстрее, что приведет к изменениям $p\text{CO}_2$ в воде. На данный момент этого не наблюдается.

Содержание хлорофилла «а» изменялось в широких пределах 0,22—1,5 $\text{мг}/\text{м}^3$, со средним значением 0,65 $\text{мг}/\text{м}^3$. Наблюдаемые относительно высокие значения хлорофилла «а» в поверхностном слое (1,5 $\text{мг}/\text{м}^3$) могут свидетельствовать о высокой степени чувствительности экосистемы фьорда к внешним факторам, таким как уве-



Рис. 3.4.2. Распределение силикатов (мкмоль/л) в поверхностном слое по данным, полученным в рейсе НЭС «Академик Фёдоров» в сентябре — октябре 2024 г.

личение содержания биогенных элементов, поступающих с речным стоком. 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 составляли менее 40 %, что характеризует активную фазу развития фитопланктона. Наименьшее значение доли феофитина наблюдается в поверхностном слое.

Содержание кремния в исследуемой области сравнительно невелико (1,67—3,5 мкмоль/л), что указывает на незначительное его поступление с речным стоком.

Данные, полученные в рейсе НЭС «Академик Фёдоров», включают содержание биогенных элементов, растворенного кислорода, pH и общей щелочности, хлорофилла «а» на акватории морей Баренцева, Карского и Лаптевых.

Данные о концентрации силикатов на поверхности позволяют предварительно оценить характер распространения речного стока на акваториях морей Карского и Лаптевых (рис. 3.4.2).

В Карском море наиболее высокие концентрации силикатов (до 42 мкмоль/л) смещены в сторону юго-западной части моря.

В море Лаптевых присутствие речных вод зафиксировано к северу от Новосибирских островов, где содержание силикатов на поверхности составляло 12—20,5 мкмоль/л.

Содержание фосфатов в поверхностном слое в северо-восточной части Баренцева моря и в северной части Карского моря по данным рейса НЭС «Академик Фёдоров» изменялось от 0,14 до 0,24 мкмоль/л и в среднем составляло 0,18 мкмоль/л (рис. 3.4.3).

В северной и северо-западной частях моря Лаптевых содержание фосфатов было ниже, чем в Карском море (0,16—0,19 мкмоль/л), а в северо-восточной части

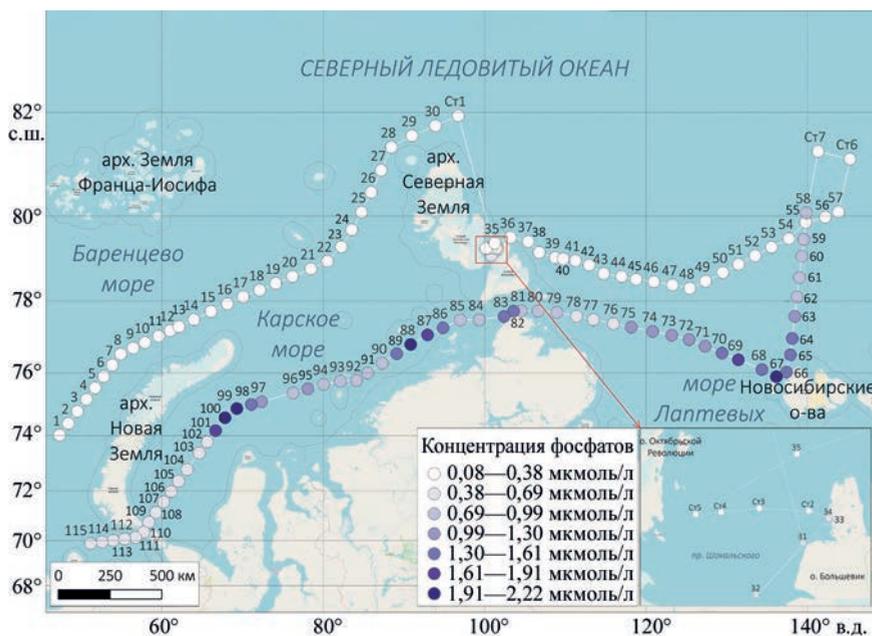


Рис. 3.4.3. Распределение фосфатов (мкмоль/л) в поверхностном слое по данным, полученным в рейсе НЭС «Академик Фёдоров» в сентябре — октябре 2024 г.

моря Лаптевых составляло 0,17—0,25 мкмоль/л и возрастало с севера на юг, достигая максимальных значений у побережья Новосибирских островов (0,27 мкмоль/л), что может объясняться распространением сюда 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, возникающим на ранних стадиях минерализации органического вещества (ОВ), поэтому его повышенные концентрации дают возможность выявить районы с активно протекающими процессами разложения ОВ (рис. 3.4.4).

В среднем содержание нитритного азота в водах арктических морей осенью 2024 г. было невелико и зачастую снижалось до аналитического нуля. Данные показывают повышенные значения нитритов 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, выносимого речным стоком, в районе гидрологического фронта. Далее к востоку, в южных районах Карского моря, содержание нитритов составляло не более 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 островов локально возрастало до 0,14—0,22 мкмоль/л. Вероятно, это связано с разложением ОВ, вынесенного речными водами и процессами продукции фитопланктона, поскольку в данном регионе также наблюдались повышенные концентрации хлорофилла «а», содержание которого достигало 1,0—1,47 мг/м³ (рис. 3.4.5).

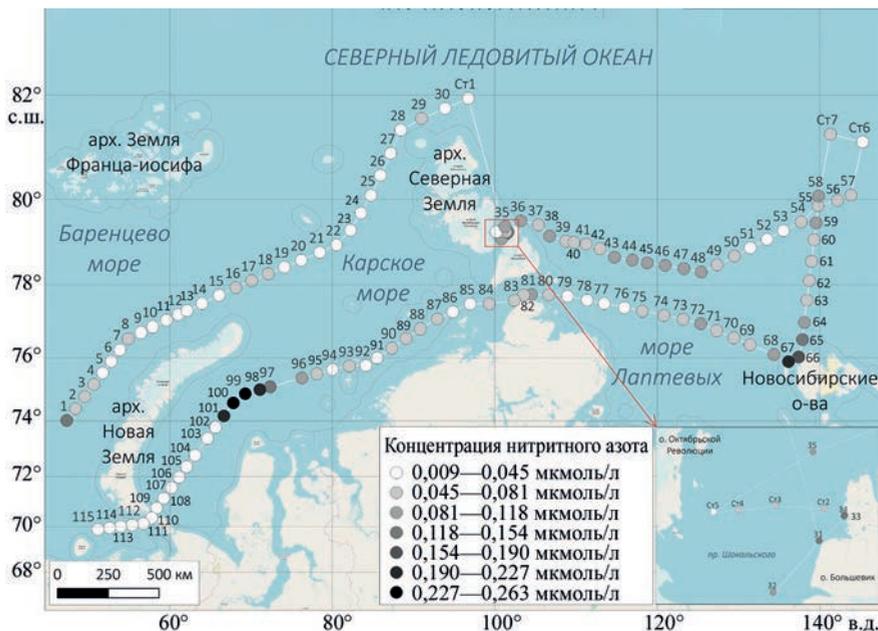


Рис. 3.4.4. Распределение нитритного азота (мкмоль/л) в поверхностном слое по данным, полученным в рейсе НЭС «Академик Фёдоров» в сентябре — октябре 2024 г.

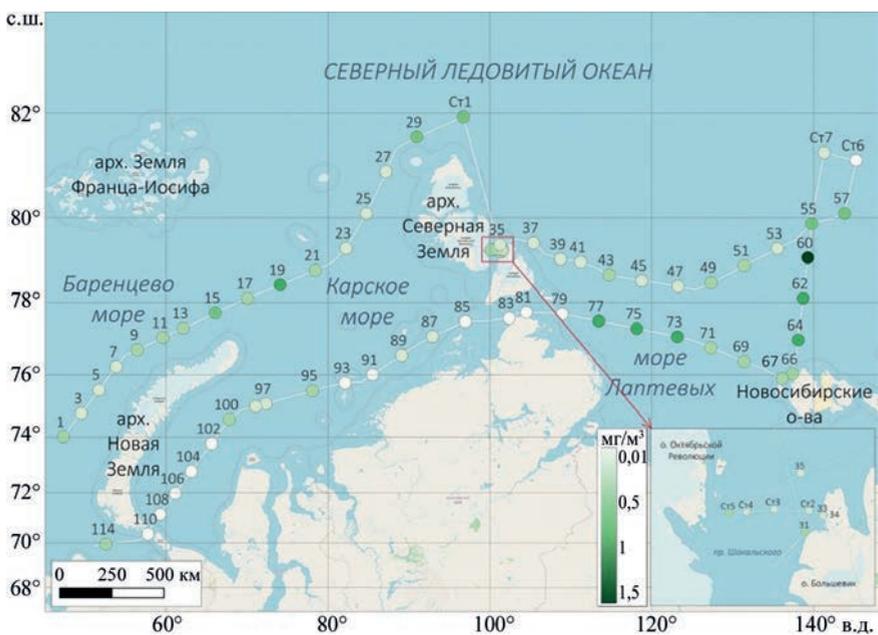


Рис. 3.4.5. Распределение хлорофилла а (мг/м³) в поверхностном слое по данным, полученным в рейсе НЭС «Академик Фёдоров» в сентябре — октябре 2024 г.

В среднем содержание хлорофилла «а» в поверхностном слое моря Лаптевых изменялось в пределах 0,4—1,0 мг/м³ и было несколько выше, чем в Карском море.

Сроки проведения работ пришлись на сентябрь — октябрь, период, когда процессы цветения фитопланктона в основном ослабевают, поэтому содержание хлорофилла «а» на поверхности Карского моря в южных районах не превышало 0,13—0,56 мг/м³ и несколько увеличивалось в зоне влияния речного стока. Повышенные значения (0,25—0,8 мг/м³) наблюдались в северных и северо-восточных районах моря, где цветение фитопланктона еще не закончилось. Максимальные значения наблюдались в северо-западной и центральной частях Карского моря (0,67—0,88 мг/м³).

Распределение и функционирование фитопланктона арктических морей напрямую зависит от температуры, времени года, 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 этого начинаются процессы отмирания и минерализации клеток фитопланктона, что влечет за собой некоторое локальное повышение концентрации биогенных элементов в поверхностном

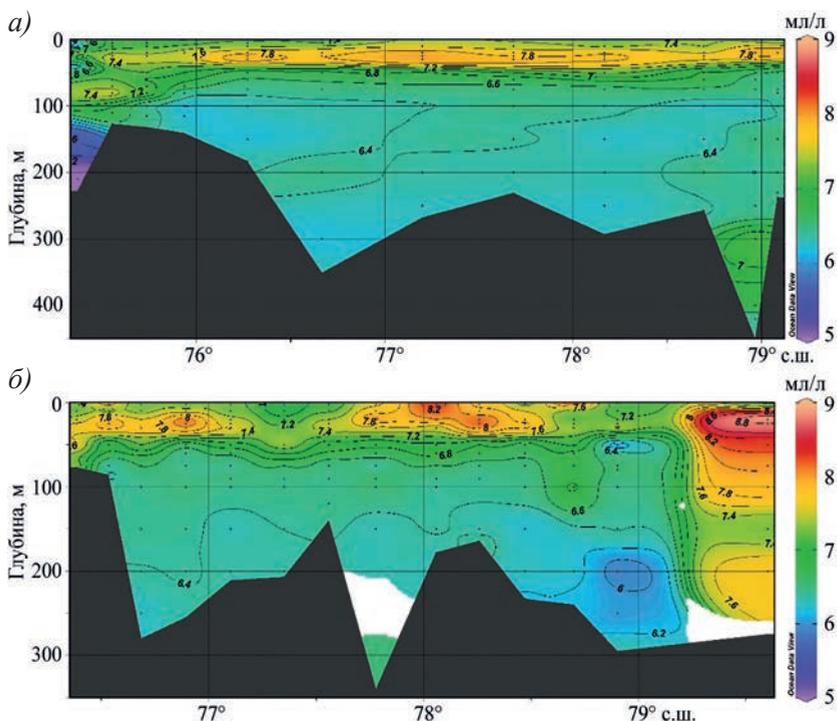


Рис. 3.4.6. Распределение растворенного кислорода (мл/л) в северо-восточной части Баренцева моря по данным, полученным с борта НИС «Профессор Молчанов» в 2024 г.

а) разрез 1: п-ов Адмиралтейство — о-в Виктория, б) разрез 2: о-в Нортбрук — бухта Русская гавань.

слое районов гидрологического фронта. Также происходит осаждение отмершего фитопланктона в глубинные слои водной толщи. Во многих случаях диатомовые водоросли, составляющие основу фитопланктонного сообщества арктических морей, после отмирания растворяются, не достигая дна, что сопровождается повышением концентраций фосфатов и силикатов и вызывает снижение концентраций растворенного кислорода, который расходуется на окисление ОВ.

Работы в рамках рейса «Арктический плавучий университет» проводились с борта НИС «Профессор Молчанов» в восточной и северо-восточной частях Баренцева моря в июне — июле 2024 г. Гидрохимические данные включают содержание растворенного кислорода, общую щелочность, pH и содержание биогенных элементов (фосфатов и силикатов).

Вертикальное распределение растворенного кислорода на разрезе 2 (остров Нортбрук — бухта Русская гавань) демонстрирует хорошее насыщение поверхностного слоя (7,2—8,3 мл/л) (рис. 3.4.6 б). На горизонтах 20—50 м наблюдается выраженный промежуточный максимум растворенного кислорода. На разрезе 1 (п-ов Адмиралтейство — остров Виктория) этот слой практически сплошной (рис. 3.4.6 а), но абсолютное содержание кислорода в нем несколько ниже, чем на разрезе 2 (до 8,2 мл/л). Далее, в сторону Карского моря, слой распадается на отдельные области, а средние концентрации кислорода увеличиваются до 8,5 мл/л.

В северной части разреза 2 (рис. 3.4.6 б) концентрации растворенного кислорода в слое максимума достигают 9,03 мл/л. Глубже наблюдаются повышенные его значения до глубин 200—250 м. Это может быть связано со стоком с арх. Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) талых вод, которые увеличивают прозрачность воды и глубину проникновения света, что создает хорошие условия для фотосинтеза. Кроме того, холодные талые воды постепенно опускаются, насыщая кислородом более глубокие горизонты. Данное предположение также подтверждается низким содержанием в этих водах фосфатов и силикатов (рис. 3.4.7).

Распределение кремния силикатов и минерального фосфора (фосфатов) на разрезе 1 показывает, что верхний перемешанный 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 поверхностном слое около 79° с.ш. отмечается локальное повышение концентраций фосфатов (0,8—1,5 мкмоль/л), что может быть связано с проникновением сюда более теплой (0,8—1,5°С) воды из Баренцева моря, насыщенной биогенными элементами. В глубинных водах содержание кремния и фосфатов возрастает и в придонных горизонтах достигает 4—6 и 0,7—1,2 мкмоль/л соответственно.

По данным предыдущих лет на этих разрезах довольно отчетливо прослеживалось наличие как Фрамовской так и Баренцевоморской ветвей АВ, но в 2024 г. 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, полученные на ЛСП «Северный полюс» в 2024 г., позволяют оценить гидрохимические условия в районе хребта Ломоносова между котловинами Амундсена и Подводников, к северу от Новосибирских островов.

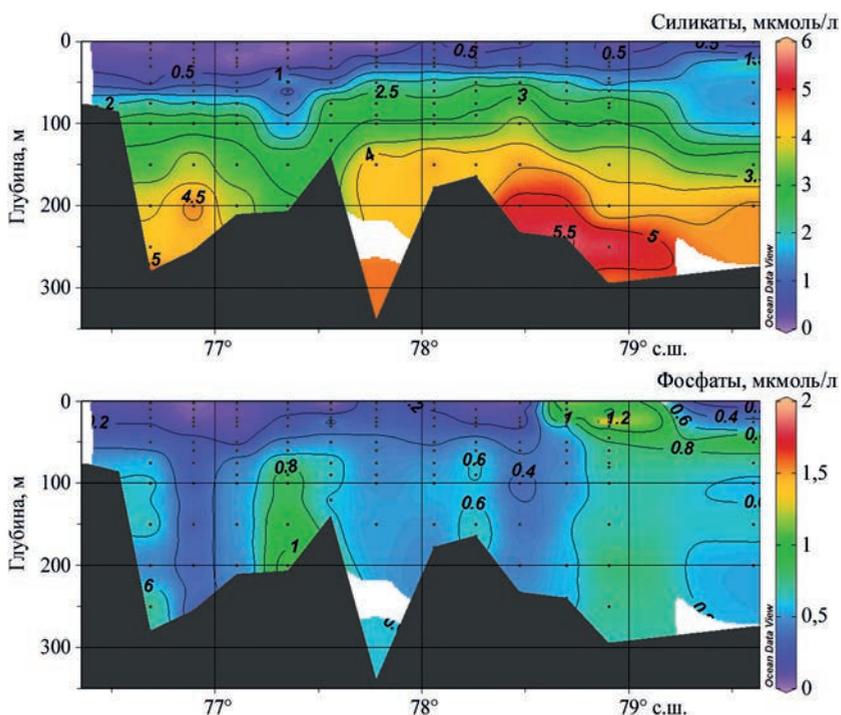


Рис. 3.4.7. Распределение силикатов и фосфатов (минеральный фосфор) (мкмоль/л) в северо-восточной части Баренцева моря по данным, полученным с борта НИС «Профессор Молчанов» в 2024 г. на разрезе п-ов Адмиралтейство — о-в Виктория.

Данные показывают, что толщина верхнего перемешанного слоя составляла около 50 м. Поверхностные воды отличались низкими температурами (от $-1,0$ до $-1,7$ °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 хорошо насыщен растворенным кислородом ($8,1$ — $9,0$ мл/л). В связи с тем что данные с акватории СЛО получены преимущественно в зимнее время, повсеместно распространенный в летний период промежуточный максимум растворенного кислорода не наблюдался.

Содержание кремния в поверхностных водах составляло около 1 — 2 мкмоль/л со стороны котловины Амундсена и незначительно возрастало (до 3 — 4 мкмоль/л) в восточном направлении.

Хорошее перемешивание поверхностного слоя на сравнительно большую глубину до 50 — 60 м и отсутствие выраженного холодного галоклина свидетельствуют о влиянии процессов зимней конвекции.

На глубинах 100 — 500 м находился слой атлантических вод (АВ), выделяющихся по повышенной температуре (до $1,45$ °C). Содержание кислорода в них уменьша-

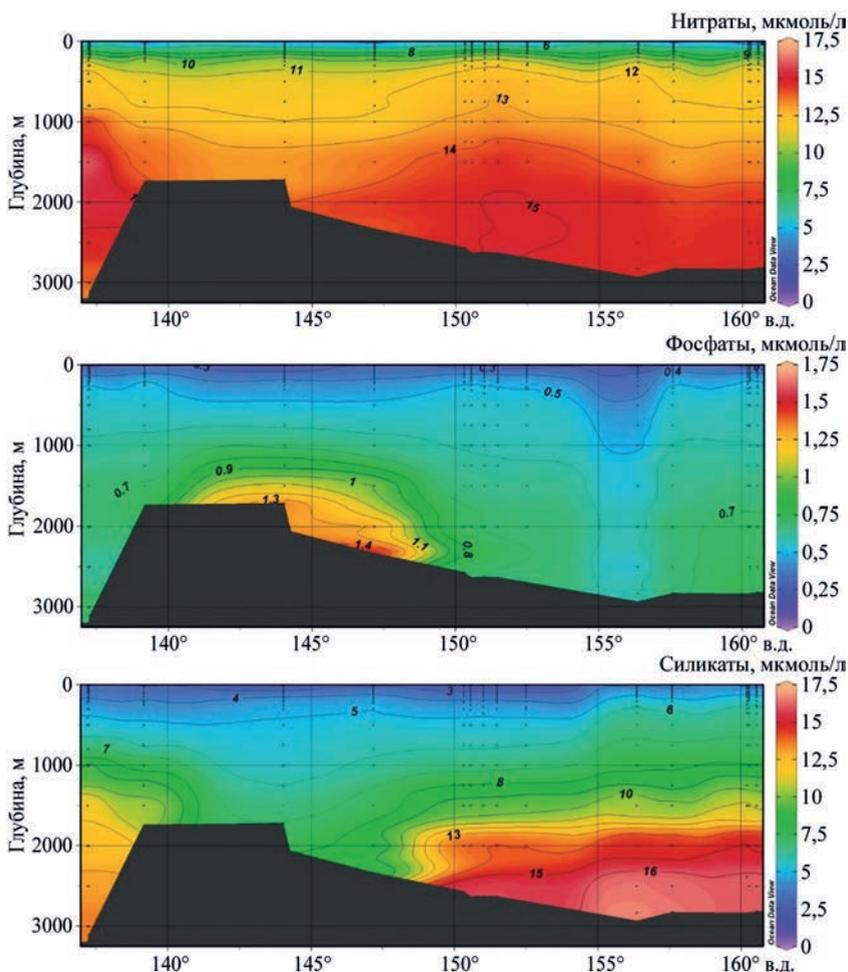


Рис. 3.4.8. Вертикальное распределение нитратов, фосфатов и силикатов (мкмоль/л) по ходу дрейфа ЛСП «Северный полюс» в октябре — декабре 2024 г.

ется до 7,5—7,1 мл/л. Содержание нитратного азота в слое АВ обычно повышенное и по данным 2024 г. составляет 8—14 мкмоль/л, что соответствует средним значениям для океанской воды. Содержание фосфатов увеличивается до 0,4—0,6 мкмоль/л, силикатов содержалось до 4—6 мкмоль/л, а со стороны котловины Подводников до 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 7 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 кислорода (6,37—6,8 мл/л), содержание которого в прилегающих водах изменяется в диапазоне 6,8—6,9 мл/л.

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, наблюдались на акватории Чукотского и Восточно-Сибирского морей.

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

Оценки развития ледовых условий Северной полярной области в 2024 г. позволяют выделить следующие основные черты:

– зимний сезон 2024 г. характеризовался малой интенсивностью нарастания толщины льдов в российских арктических морях. В прибрежных районах морей Карского и Лаптевых толщина льда была близка к среднемноголетним значениям, а вдоль побережья морей Восточно-Сибирского и Чукотского сформировались отрицательные аномалии толщины;

– к концу сезона нарастания ледяного покрова (конец мая) в возрастном составе льдов в СЛО преобладали однолетние льды: толстые и средней толщины, которые составляли около 60,0—62,5 % общего количества льдов. Около 35,0 % от общего количества льдов составляли старые льды, оставшиеся 2,5—5,0 % составляли молодые льды;

– отсутствие крупных и развитых заприпайных польней в арктических морях в мае 2024 г. привело к тому, что не произошло формирования крупных очагов очищения, которые были характерны для развития ледовых условий в предыдущие годы.

В июне начался процесс очищения акватории СЛО, начиная с морей западного района Арктики — от Баренцева моря до морей Лаптевых и Бофорта. Очищение развивалось медленно. Центры очищения сформировались в четырех районах арктических морей — в северной части Баренцева, моря в северо-восточной части Карского моря, восточной части морей Лаптевых и Бофорта.

Особенностью формирования ледяного покрова в летний сезон 2024 г. стало формирование крупных аномалий ледовитости в юго-западных частях морей Карского и Чукотского.

В течение летнего сезона полностью очистились акватории морей Баренцева, Карского, Лаптевых, западная часть морей Восточно-Сибирского и Бофорта. Остаточные льды сохранились в восточной части Восточно-Сибирского моря и юго-западной части Чукотского моря.

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 среднемноголетних значений. По площади остаточного льда 2024 г.

стал пятым по рангу минимумов в группе легких лет. По расчетному объему льдов в сентябре 2024 г., на конец периода разрушения ледяного покрова, этот год занял первое место в ранге минимумов. Объем льдов составил около 4,9 тыс. км³, что на 2,6 тыс. км³ (около 35 %) меньше среднееголетнего значения.

Ледообразование в СЛО в осенний период 2024 г. началось в массиве старых и остаточных льдов в начале сентября. В середине октября ледообразование охватило северные и прибрежные части большинства арктических морей. Особенностью ледообразования в осенний период 2024 г. стало экстремально быстрое, всего за 2—2,5 декады, замерзание морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Вместе с тем очень медленно шло замерзание в окраинных морях — Баренцевом, юго-западе Карского, Чукотского.

Развитие ледовых условий в СЛО в 2024 г. сохранило основную тенденцию, наблюдающуюся в последнее десятилетие. В течение холодного периода года наблюдалось развитие умеренно малой ледовитости (на 5—10 % меньше средних многолетних значений), в теплый период года наблюдалось значительное сокращение ледовитости и формировались легкие ледовые условия (ледовитость на 20—30 % меньше средних многолетних значений). Вместе с тем в локальных районах морей сохранялись остаточные льды в течение всего теплого периода.

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 г., 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 г. 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.

Максимальные значения температуры воды в ядре АВ в первом (0,85 °С) и втором (0,73 °С) кварталах 2024 г. 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 г. свидетельствует об отсутствии как положительно, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Сибирском 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 г. средний уровень моря не претерпел резких изменений.

В сезонном ходе уровня моря практически на всех станциях стандартный сезонный минимум отмечался 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 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, где уровень моря поднялся до отметки +224 см. Кроме того, с сентября по декабрь ежемесячно сильные нагоны наблюдались на станциях Амдерма, Усть-Кара, Сопочная Карга, острова Известий ЦИК, Анабар и остров Котельный.

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

Анализ результатов модельных расчетов значительных высот волн ветрового волнения (H_s) 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. Повторяемость случаев, когда высота максимумов значительных волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составила 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 на 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 на 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 море доходила до 82—83° с. ш. Необходимо отметить, что в конце 2024 г. пролив 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 с высотой волн 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 составила: в море Лаптевых более 4,0 м (13, 14, 16 и 18 сентября); в Восточно-Сибирском море более 6,0 м (22 октября); в Чукотском море 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 до 77° с. ш.). В начале июля 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. Положение границы области чистой воды в Восточно-Сибирском море в сентябре изменялось 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 в широтной зоне 72—75° с. ш., а в конце сентября граница области чистой воды сместилась до 77° с. ш., но при этом в юго-западной части моря все еще оставался лед. Закрылось море в начале декабря.

В 2024 г. в заливе Грэн-фьорд наблюдалось снижение скорости поглощения CO_2 в сравнении с данными предыдущих лет ($-0,007$ ммоль·м⁻²·сут⁻¹ в 2024 г. и $-1,52... -4,76$ ммоль·м⁻²·сут⁻¹ в 2022—2023 гг.). Выявлено уменьшение р CO_2 и увеличение рН, что, вероятно, связано с активной фотосинтетической деятельностью фитопланктона. Повышенная биопродуктивность для этого периода года вызвана хорошим 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. Вертикальное распределение биогенных элементов характеризуется локальным 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.

Буферная емкость морской экосистемы Грэн-фьорда по данным наблюдений обеспечивает ее устойчивость к воздействию внешних факторов.

В июне — июле 2024 г. в поверхностные воды северо-восточной части Баренцева моря были хорошо насыщены растворенным кислородом. На глубинах 20—50 м наблюдался выраженный промежуточный максимум растворенного кислорода, характерный для районов арктических морей, мало подверженных влиянию речных вод. Повышенное содержание кислорода в поверхностном слое и наличие его промежуточного максимума говорит об активных процессах фотосинтеза, протекающих в данном районе.

У берегов Земли Франца-Иосифа наблюдался сток холодных талых вод, насыщенных растворенным кислородом и бедных биогенными элементами. За счет большой прозрачности эти воды создают хорошие условия для проникновения света в водную толщу и способствуют развитию фотосинтеза в более глубоких слоях.

Концентрации биогенных элементов в поверхностных водах Баренцева моря были сравнительно невелики, что является типичной ситуацией, поскольку биогенные элементы быстро потребляются фитопланктоном.

В сентябре — октябре 2024 г. по данным поверхностного распределения кремния в Карском море речной сток имел центральный или переходный тип распространения, оказывая заметное влияние только на центральную и южную части моря. Продвижения значительного количества речных вод в восточном направлении не выявлено.

В море Лаптевых присутствие речных вод зафиксировано к северу от Новосибирских островов, что, судя по всему, соответствует северному типу распределения речного стока, характеризующемуся более выраженным влиянием речных вод на биогеохимические процессы на акватории моря.

Сохраняются низкие концентрации биогенных элементов в поверхностном слое морей Карского и Лаптевых, что связано с продолжающимися процессами их потребления фитопланктоном. Результаты прямых наблюдений показывают хорошую насыщенность поверхностных вод кислородом (местами более 100 %), что также связано с процессами фотосинтеза. Диапазон концентраций биогенных элементов и кислорода для поверхностного слоя морей не выявил существенных отличий от наблюдавшихся ранее.

Данные показывают активные процессы разложения ОВ в поверхностном слое в районах гидрологических фронтов центральной части Карского моря и северо-восточной части моря Лаптевых.

Содержание хлорофилла «а» в сентябре — октябре 2024 г. в поверхностном слое северной части моря Лаптевых было несколько выше, чем в северных районах Карского моря, что, вероятно, связано с более поздними процессами цветения фитопланктона на акватории моря Лаптевых и меньшим влиянием на эти районы речного стока. В Карском море повышенное содержание хлорофилла «а» наблюдалось в северо-западном и центральном районах (0,67—0,88 мг/м³), что может быть связано как с притоком сравнительно теплых, насыщенных фитопланктоном вод из Баренцева моря, так и с влиянием речных вод.

В октябре — декабре 2024 г. концентрации биогенных элементов в поверхностном слое СЛО продолжали оставаться низкими. Содержание кремния не превышало 1—4 мкмоль/л, фосфатов в среднем содержалось 0,2—0,3 мкмоль/л. При этом поверхностный слой хорошо насыщен кислородом (8,1—9,0 мл/л) до глубин около 50 м.

В слое атлантических вод содержание кислорода уменьшается как вследствие увеличения глубины, так и за счет более высокой температуры. Атлантические воды хорошо насыщены нитратным азотом, концентрации которого соответствуют средним значениям для океанской воды (до 14 мкмоль/л).

На акватории котловины Нансена отмечается рост содержания в воде минеральных форм азота и углерода с одновременным уменьшением органической составляющей, что может свидетельствовать об активизации процессов минерализации органического вещества. Кроме этого это может быть связано с увеличением влияния водных масс атлантического происхождения, в которых высока доля минерального вещества.

На восточных склонах хребта Ломоносова отмечается локальная область повышенного содержания фосфатов, что, вероятно, является результатом взаимодействия придонных вод с донными отложениями. Данное предположение подтверждается пониженным содержанием кислорода относительно его концентраций в прилегающих водах. Процессы реминерализации ОВ в районе хребта Ломоносова отмечались и ранее.

Подписано в печать 23.05.2025
Формат 70×100 1/16
Тираж 50

Печать цифровая
Печ. л. 5,75
Заказ № 5410

ООО «Тверская фабрика печати»,
170006, Россия, г. Тверь, Беляковский переулок, д. 46, пом. 25.