

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ISSN 2618-673X (Print)
ISSN 2618-6721 (Online)

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

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов
в Северной полярной области

2022

★ Санкт-Петербург, 2023

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
2022**

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

Санкт-Петербург
ААНИИ
2023

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северной полярной области, Северном Ледовитом океане и его морях в 2022 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 2022 г.....	6
2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях	16
2.1. Развитие ледовых условий в зимний период (январь — март)	17
2.2. Развитие ледовых условий в весенний период (апрель — июнь)	26
2.3. Развитие ледовых условий в летний период (июль — сентябрь).....	34
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	62
3.1. Термохалинные условия	62
3.2. Уровень арктических морей	66
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей 2022 г.	71
Заключение	77

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в 2022 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 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 и центра ледовой и гидрометеорологической информации (ЦЛГМИ). Ответственный — зав. лабораторией канд. геогр. наук В.В. Иванов.

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

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. отделом канд. физ.-мат. наук 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);

Л.Н. Дымент, старший научный сотрудник (п. 2.1 — 2.4);

А.А. Ершова, научный сотрудник (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);
М.А. Ступичева, ведущий инженер (п. 2.5);
Е.С. Лазуткина, инженер 1-й категории (п. 2.5);
М.С. Махотин, заведующий лабораторией (п. 3.1);
Л.А. Тимохов, главный научный сотрудник (п. 3.1);
Н.В. Лебедев, старший научный сотрудник (п. 3.1);
И.М. Ашик, заместитель директора (п. 3.2);
В.А. Меркулов, научный сотрудник (п. 3.2);
И.В. Рыжов, младший научный сотрудник (п. 3.2);
В.И. Дымов, заведующий лабораторией (п. 3.3);
Н.П. Яковлева, научный сотрудник (п. 3.3).

1. МОНИТОРИНГ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛЯРНОМ РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ЗА ПЕРИОД ЯНВАРЬ — ДЕКАБРЬ 2022 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 2022 г.

При анализе крупномасштабных процессов 2022 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 2022 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 аномалий (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 новых 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. зоне 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 2021 и 2022 гг.**

Годы	Индекс циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	М ₁	М ₂
2022	111	106	148	81	119	166
2021	104	90	171	83	162	120
Разность	7	16	–23	–2	–43	46

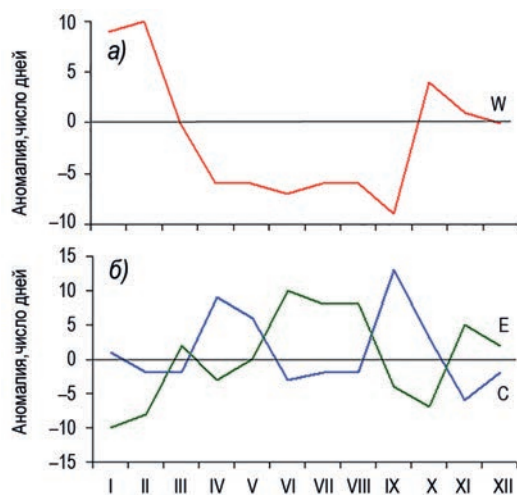


Рис. 1.1. Годовой ход среднемесячных значений аномалии числа дней с зональной (а) и меридиональными (б) формами циркуляции в атлантико-евразийском секторе в 2022 г. W — западная (зональная) форма, С — меридиональная форма, Е — восточная (меридиональная) форма.

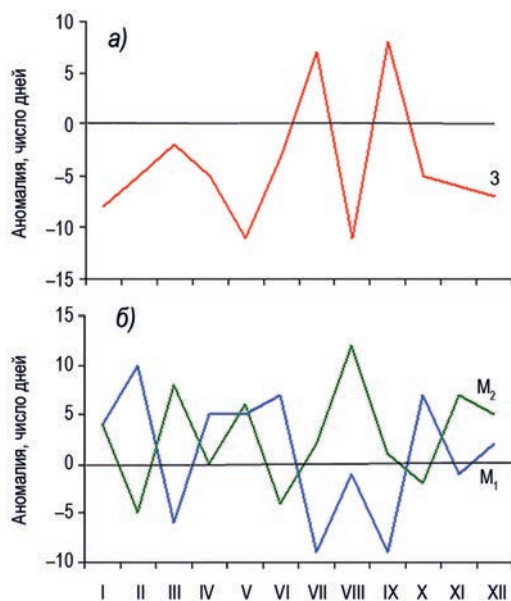


Рис. 1.2. Годовой ход среднемесячных аномалий числа дней с зональной (а) и меридиональными (б) формами циркуляции в тихоокеано-американском секторе в 2022 г. З — зональная форма, M_1 — первая меридиональная форма, M_2 — вторая меридиональная форма.

В первом секторе Северного полушария в 2022 г., как и в предшествующем году, преобладали крупномасштабные атмосферные процессы восточной формы циркуляции. Повторяемость данной формы уменьшилась на 23 дня за счет увеличения повторяемости процессов меридиональной, а также западной форм циркуляции атмосферы. Наиболее устойчиво процессы восточной формы проявились в периоды июнь — август и ноябрь — декабрь 2022 г.

Во втором секторе Северного полушария в 2022 г. произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от меридиональных процессов типа M_1 к процессам типа M_2 . Число дней в 2022 г. с меридиональными процессами типа M_2 увеличилось на 46 дней.

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

Средние за 2022 г. значения геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа и его аномалии относительно нормы представлены на рис. 1.3 и 1.4.

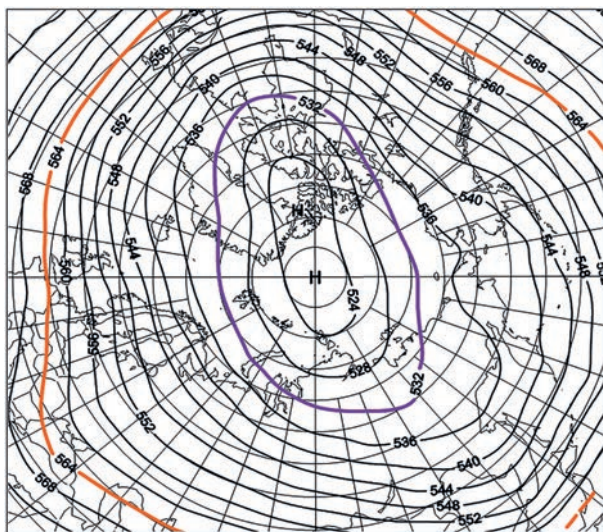


Рис. 1.3. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за период январь — декабрь 2022 г.

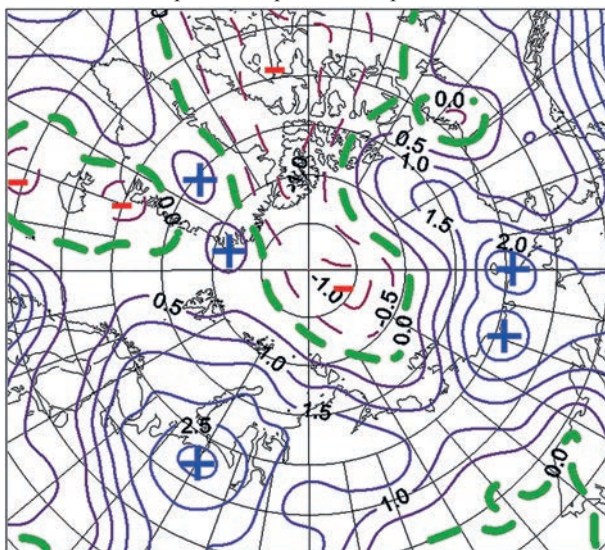


Рис. 1.4. Поле средней аномалии геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за период январь — декабрь 2022 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе полушария по среднегодовым данным в средней тропосфере на изобарической поверхности 500 гПа отмечалась ось высотного гребня, блокирующего генеральный западный перенос воздушных масс в толще тропосферы; чаще всего она была ориентирована на континентальную часть Европы и Западной Сибири (восточная форма циркуляции E). В зонах влияния высотных блокирующих гребней сформировались наиболее крупные положительные аномалии геопотенциала на изобарической поверхности 500 гПа (см. рис. 1.4). Вследствие такого характера макропроцессов в большинстве месяцев 2022 г. высотная фронтальная зона (ВФЗ) в атлантико-евразийском секторе Северного полушария располагалась чаще севернее своего многолетнего положения. В результате смещение циклонов из Северной Атлантики в полярный район в системах исландского минимума происходило по большей части 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 высотный блокирующий гребень располагался преимущественно над континентальной частью Северной Америки (меридиональная циркуляция типа M_2). Ось высотного гребня, блокирующего генеральный западный перенос воздушных масс в толще тропосферы, чаще всего была ориентирована на восточный сектор полярного района Арктики, где в приземном поле сформировались антициклон и высокий фон с положительными аномалиями давления.

В этом секторе Северного полушария под влиянием с севера гребней арктического антициклона циклоны в системах алеутского минимума смещались в ВФЗ по более низкоширотным по сравнению с нормой траекториям. При такой направленности крупномасштабных атмосферных процессов в восточном секторе полярного района преобладали воздушные потоки с восточной составляющей (рис. 1.5 и 1.6).

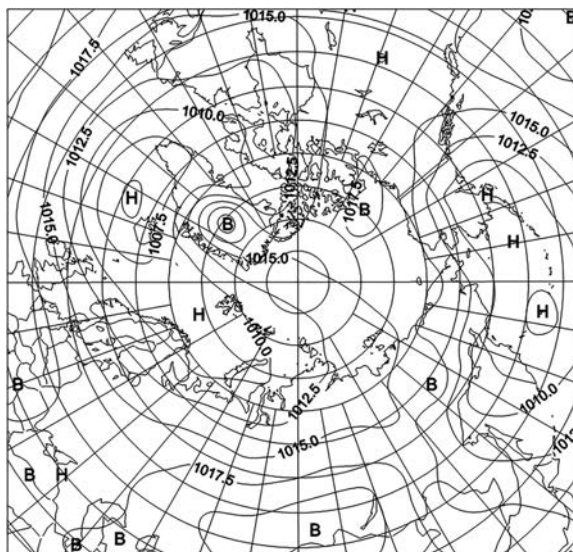


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (гПа) за период январь — декабрь 2022 г.

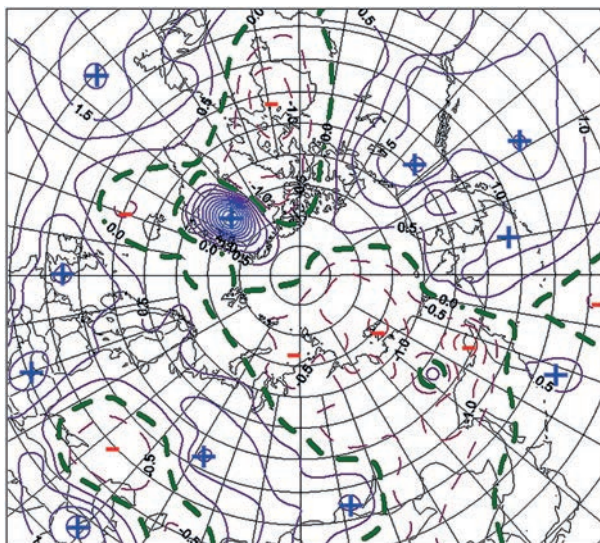


Рис. 1.6. Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за период январь — декабрь 2022 г.

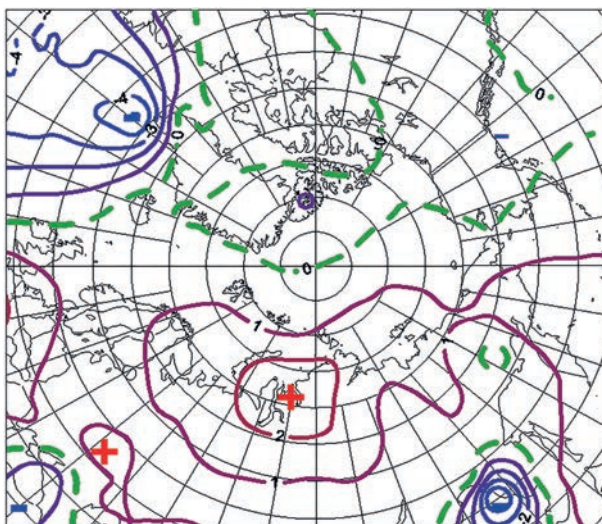


Рис. 1.7. Поле средней аномалии приземной температуры воздуха (°C) за период январь — декабрь 2022 г.

Отмеченные особенности крупномасштабных атмосферных процессов в 2022 г. способствовали преобладанию адвекции теплых воздушных масс и формированию в полярном районе в среднем за год фона с положительными аномалиями температуры воздуха. Наиболее крупные среднегодовые положительные аномалии температуры воздуха отмечались в западном секторе Арктики. Этот сектор внес наибольший вклад в формирование высокого температурного фона полярного района в 2022 г. (рис. 1.7). При этом высокий фон с положительными аномалиями температуры воздуха в среднем по полярному району в 2022 г. сохранился и близок к средним годовым значениям предшествующего 2021 г. (рис. 1.8).

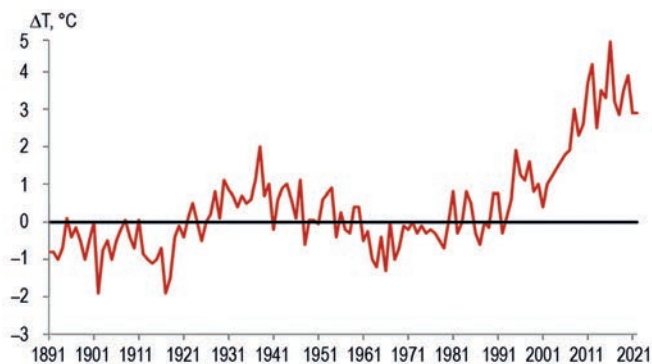


Рис. 1.8. Средние годовые значения аномалии температуры воздуха (°C) в полярном районе (в широтном поясе 70—85° с.ш.) с 1891 по 2022 г.

Структурный анализ внутригодовых и внутримесячных особенностей развития атмосферных процессов в 2022 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 2022 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 2022 г. по среднемесячным данным выглядит следующим образом:

Январь $W_{M_2} \rightarrow$ Февраль $W_{M_1} \rightarrow$ Март $(E+W)_{M_2} \rightarrow$
 Апрель $C_{M_1} \rightarrow$ Май $C_{(M_2+M_1)} \rightarrow$ Июнь $E_{M_1} \rightarrow$
 Июль $E_3 \rightarrow$ Август $E_{M_2} \rightarrow$ Сентябрь $C_3 \rightarrow$
 Октябрь $(W+C)_{M_1} \rightarrow$ Ноябрь $E_{M_2} \rightarrow$ Декабрь E_{M_2}

На рис. 1.9 представлены изменения средних месячных значений аномалии давления в Центральном полярном районе Арктики в январе — декабре 2022 г.

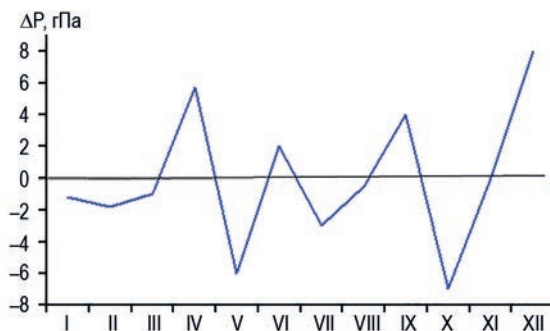


Рис. 1.9. Среднемесячные значения аномалии давления в январе — декабре 2022 г. в Центральном полярном районе Арктики.

Перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов отразилась на изменении показателей аномалий давления и температуры в полярном районе.

В большинстве месяцев 2022 г. при высокоширотных траекториях циклонов 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 мае и октябре 2022 г.

Ослабление циклонической деятельности и рост давления до положительных аномалий имели место только в периоды апрель, июнь, сентябрь и декабрь и были связаны с усилением арктического антициклона. В эти периоды циклоны смещались по сравнению с нормой по более низкоширотным траекториям.

В среднем по полярному району в 2022 г. фон атмосферного давления по сравнению с предшествующим 2021 г. понизился от положительной аномалии 2 гПа в 2021 г. до значений аномалии давления незначительно ниже нормы в 2022 г.

Как уже отмечалось, смена знака аномалии давления на противоположный в 2022 г. во многом была обусловлена увеличением повторяемости высокоширотных траекторий циклонов в атлантико-евразийском секторе Северного полушария.

Внутригодовые изменения среднемесячных значений аномалии температуры воздуха в Арктике в январе — декабре 2022 г. представлены на рис. 1.10.

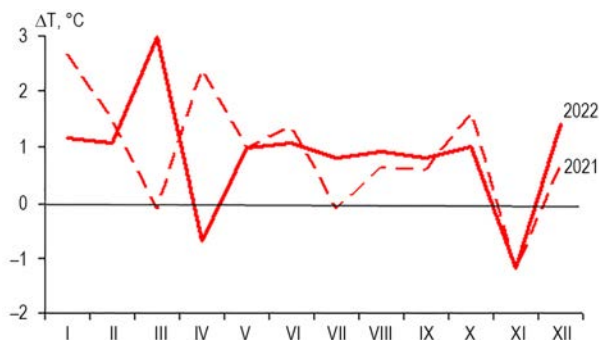


Рис. 1.10. Значения средних месячных аномалий температуры воздуха (°C) в полярном районе (в широтном поясе 70 — 85° с.ш.) в январе — декабре в 2021 и 2022 гг.

Из рис. 1.10 видно, что в большинстве месяцев 2022 г. в полярном районе преобладали адвекция теплых воздушных масс и положительные средние годовые значения аномалии температуры воздуха. Средняя годовая аномалия температуры воздуха по полярному району, как и в предыдущем 2021 г., была выше нормы и составила 0,9 °C (см. рис. 1.8). При этом, как ранее было отмечено, западный сектор Арктики внес наибольший вклад в формирование высокого температурного фона в целом по полярному району в 2022 г. Здесь отмечались наиболее крупные положительные аномалии температуры воздуха (см. рис. 1.7).

Для акватории морей российской Арктики изменение среднегодовых значений аномалий температуры воздуха в 2020 и 2021 гг. приводится на рис. 1.11.

На акватории всех российских арктических морей в 2022 г. преобладали положительные аномалии температуры воздуха. Наиболее высокие аномалии температуры воздуха отмечались на акватории западных морей (Баренцево, Карское и Лаптевых), наиболее низкие — на акватории восточных морей (Чукотское и Восточно-Сибирское).

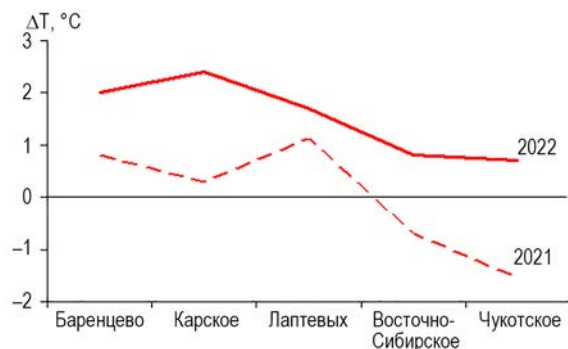


Рис. 1.11. Значения средних годовых аномалий температуры воздуха по акватории арктических морей Евразии в 2021 и 2022 гг.

В среднем по акватории всех морей аномалии температуры воздуха в 2022 г., по сравнению с 2021 г., повысилась на $1,4^{\circ}\text{C}$. На трассе СМП арктических морей России в 2022 г. наиболее значительное повышение температурного фона (на $2,2^{\circ}\text{C}$) было отмечено на акватории Чукотского и Карского морей.

Отмеченные тенденции изменения температуры воздуха в полярном районе в течение 2022 г. в целом согласуются с перестройкой в направленности крупномасштабных атмосферных процессов и сменой направления преобладающих воздушных потоков. Наибольшие значения положительных аномалий температуры в полярном районе и на акватории его морей отмечались в холодные месяцы года под влиянием адвекции теплых воздушных масс с акватории Северной Атлантики и Тихого океана.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в 2022 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 2022 г. представлены в табл. 1.2.

Обобщая данные мониторинга развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района за период январь — декабрь 2022 г., можно сделать следующие выводы.

1. В атлантико-евразийском секторе Северного полушария сохранилась высокая повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов восточной (E) формы циркуляции. Повторяемость данной формой уменьшилась на 23 дня за счет увеличения числа дней с процессами меридиональной (C), а также западной (W) форм циркуляции атмосферы. В тихоокеано-американском секторе Северного полушария произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от меридиональных процессов типа M_1 к процессам типа M_2 . Повторяемость меридиональных процессов типа M_2 в 2022 г. увеличилась на 46 дней.

2. При увеличении по сравнению с предшествующим 2021 г. повторяемости высокоширотных траекторий циклонов из системы исландского минимума в полярном районе Арктики произошло понижение фона давления от положительной аномалии в 2021 г. до значений аномалии давления незначительно ниже нормы в 2022 г.

Таблица 1.2

**Каталог макросиноптических процессов
по классификации Г.Я. Вангенгейма — А.А. Гирса с января по декабрь 2022 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—8	W	M ₂	1—5	E	M ₁	1—4	W	M ₂
9—11	E	M ₂	6—10	W	M ₁	5—11	E	M ₁
12—14	W	M ₂	11—12	C	M ₂	12—13	E	3
15—21	C	M ₂	13—21	W	M ₁	14—19	E	3
22—25	W	M ₁	22—23	C	M ₂	20—25	W	M ₂
26—31	W	M ₁	24—28	W	M ₂	26—31	C	M ₁
Итого	W 21 (9) C 7 (1) E 3 (–10)	3 0 (–8) M ₁ 10 (4) M ₂ 21 (4)	Итого	W 19 (10) C 4 (–2) E 5 (–8)	3 0 (–5) M ₁ 19 (10) M ₂ 9 (–5)	Итого	W 10 (0) C 6 (–2) E 15 (2)	3 8 (–2) M ₁ 0 (–6) M ₂ 23 (8)
<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—4	C	3	1—5	C	M ₂	1—2	E	M ₂
5—7	W	M ₂	6—7	E	M ₁	3—7	C	3
8—12	C	M ₁	8—9	C	M ₁	8—14	E	M ₁
13—17	E	M ₂	10—11	E	M ₁	15—17	C	M ₁
18—22	E	M ₂	12—14	W	M ₂	18—20	W	M ₁
23—30	C	M ₁	15—23	C	M ₂	21—24	E	M ₁
			24—25	E	M ₁	25—30	E	M ₁
			26—31	E	M ₁			
Итого	W 3 (–6) C 17 (9) E 10 (–3)	3 4 (–5) M ₁ 8 (5) M ₂ 13 (0)	Итого	W 3 (–6) C 16 (6) E 12 (0)	3 0 (–11) M ₁ 14 (5) M ₂ 17 (6–3)	Итого	W 3 (–7) C 8 (–3) E 19 (10)	3 5 (–3) M ₁ 23 (7) M ₂ 2 (–4)
<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—5	E	M ₁	1—2	C	M ₁	1—2	C	M ₂
6—9	W	M ₁	3—6	E	M ₁	3—12	C	3
10—12	E	3	7—12	W	M ₁	13—21	C	3
13—15	E	3	13—16	E	M ₂	22—25	W	3
16—19	C	3	17—28	E	M ₂	26—30	E	M ₂
20—26	E	3	29—31	C	3			
27—28	C	C						
29—31	E	C						
Итого	W 4 (–6) C 9 (–2) E 18 (8)	3 17 (7) M ₁ 9 (–9) M ₂ 5 (2)	Итого	W 6 (–6) C 5 (–2) E 20 (8)	3 3 (–11) M ₁ 12 (–1) M ₂ 16 (12)	Итого	W 4 (–9) C 21 (13) E 5 (–4)	3 23 (8) M ₁ 0 (–9) M ₂ 7 (1)

Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А	ЭСП	А—Е	Т—А
1—5	<i>E</i>	M_2	1—3	<i>W</i>	M_2	1—5	<i>E</i>	M_2
6—17	<i>W</i>	M_1	4—5	<i>W</i>	M_1	6—8	<i>C</i>	3
18—20	<i>C</i>	M_2	6—12	<i>W</i>	M_2	9—13	<i>E</i>	M_2
21—25	<i>C</i>	3	13—24	<i>E</i>	M_2	14—18	<i>E</i>	M_1
26—29	<i>W</i>	3	25—30	<i>E</i>	3	19—24	<i>W</i>	M_2
30—31	<i>C</i>	3				25—27	<i>E</i>	M_2
						28—31	<i>W</i>	M_2
Итого	<i>W</i> 16 (4) <i>C</i> 10 (3) <i>E</i> 5 (–7)	3 11 (–5) M_1 12 (7) M_2 8 (–2)	Итого	<i>W</i> 12 (1) <i>C</i> 0 (–6) <i>E</i> 18 (5)	3 6 (–6) M_1 2 (–1) M_2 22 (7)	Итого	<i>W</i> 10 (0) <i>C</i> 3 (–2) <i>E</i> 18 (2)	3 3 (–7) M_1 5 (2) M_2 23 (5)

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, M_1 , M_2) атмосферной циркуляции.

3. В полярном районе, как и в 2021 г., в большинстве месяцев преобладала адвекция теплых воздушных масс и отмечались положительные средние годовые значения аномалии температуры воздуха. Западный сектор Арктики внес наибольший вклад в формирование высокого температурного фона в целом по полярному району в 2022 г. Здесь отмечались наиболее крупные положительные аномалии температуры воздуха.

4. На трассе СМП арктических морей России в 2022 г. во всех месяцах преобладали положительные аномалии температуры воздуха. Наиболее высокие аномалии температуры воздуха отмечались на акватории западных морей, а наиболее низкие — на акватории восточных морей. В среднем по акватории всех морей аномалии температуры воздуха в 2022 г. повысились по сравнению с 2021 г. на 1,4 °С. На трассе СМП арктических морей России в 2022 г. наиболее значительное повышение температурного фона (на 2,2 °С) было отмечено на акватории Чукотского и Карского морей.

Результаты мониторинга крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в Северной полярной области позволяют сделать главный вывод о характерном для текущей циркуляционной эпохи преобладании в двух секторах Северного полушария адвекции в полярный район Арктики теплых воздушных масс и положительных аномалий температуры воздуха.

2. ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ И ПРОЦЕССЫ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ И ЕГО МОРЯХ

Оценки развития ледовых условий в Северном Ледовитом океане (СЛО) и его морях в 2022 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, по данным экспедиционных исследований, проводимых в ААНИИ на ЛСП «Северный полюс», на исследовательской базе «Мыс Баранова» и при осуществлении ряда международных проектов.

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5 и 50 % (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО «Глобальный банк цифровых данных по морскому льду» за 1945—2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945—1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960—1979 гг., Национального ледового центра США за 1972—2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968—1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970—2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2022 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://www.aari.nw.ru/projects/ecimo/index.php>.

Для иллюстрации ледовых условий в годовом цикле представлены совмещенные региональные карты ААНИИ, Канадской ледовой службы (КЛС) и Национального ледового центра США (НЛЦ). Совмещение карт выполнено путем перекрытия слоев: карты ААНИИ верхний слой, карты КЛС средний слой, карты 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, Девисова пролива и проливов Канадского Арктического архипелага, а карты НЛЦ — Арктического бассейна, моря Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ — вся акватория СЛО и субполярные моря).

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

Для расчета аномалий ледовых параметров, включающих в себя оценки состояния припайного льда (толщина и взлом припая) и основные фазы весенних и осенних ледовых явлений (сроки очищения, сроки ледообразования), использовались нормы, рассчитанные для каждой полярной станции с 1990 по 2021 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

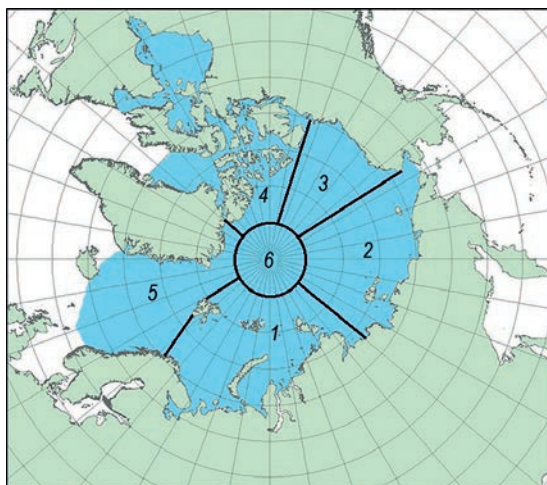


Рис. 2.В.1. Квазиоднородные районы Северного Ледовитого океана.

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 2022 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 осенний период предшествующего 2021 г. началось в конце августа в приполюсном районе, в гренландском секторе Арктики и в проливах Канадского Арктического архипелага. В третьей декаде сентября ледообразование начало распространяться на чистой воде вдоль всей прикромочной зоны, по широкому фронту от Баренцева моря до моря Бофорта, что было в среднем на 5—10 суток позже средних многолетних сроков. До конца сентября ширина полосы начальных и молодых льдов вдоль прикромочной зоны не превышала 50—100 км.

Основной особенностью ледообразования на акватории российских арктических морей в осенний сезон 2021 г. стало его начало в сроки, близкие к средним многолетним, в тех районах, в которых сохранились остаточные льды (в северо-восточной части Карского моря, восточной части Восточно-Сибирского моря и северной части моря Бофорта), и позднее начало в тех районах, которые были полностью свободны ото льда.

В первой декаде октября волна ледообразования подошла к северной границе российских арктических морей. Одновременно с подходом волны ледообразования с севера наблюдалось его начало в прибрежных районах морей. В течение октября молодыми льдами были полностью покрыты проливы между островами Канадского Арктического архипелага, северо-восточная часть Карского моря, западная часть моря Лаптевых, Восточно-Сибирское море и море Бофорта, а также значительная часть Гренландского моря. Остальные окраинные моря — Баренцево, юго-западная часть Карского моря, восточная часть морей Лаптевых и Чукотского — оставались в значительной степени свободными ото льда. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО и его морях с середины сентября по середину октября, составило око-

ло 1,8 млн км², что было очень близко к среднему многолетнему значению за ряд наблюдений за 1979—2021 гг. (норма 1,8 млн км²).

В ноябре наблюдалось увеличение интенсивности ледообразования. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины октября по середину ноября, составило 2,8 млн км², что на 25 % превысило среднее многолетнее значение (2,2 млн км²).

В начале декабря полностью замерзли акватории всех арктических морей, кроме незамерзающей центральной части Баренцева моря. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО и его морях с середины ноября по середину декабря, составило около 1,4 млн км², что оказалось на 5 % больше среднего многолетнего значения за ряд наблюдений с 1979 по 2021 г. (норма 1,3 млн км²).

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в Северном Ледовитом океане в конце декабря 2021 г. составила 11,3 млн км² при норме 11,6 млн км², т.е. была на 2 % меньше средних многолетних значений. Площадь распространения льдов на конец 2021 г. оказалась очень близкой к среднему многолетнему значению за ряд наблюдений с 1978 по 2021 г.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь — март 2022 г. приведены рис. 2.1.1 — 2.1.9.

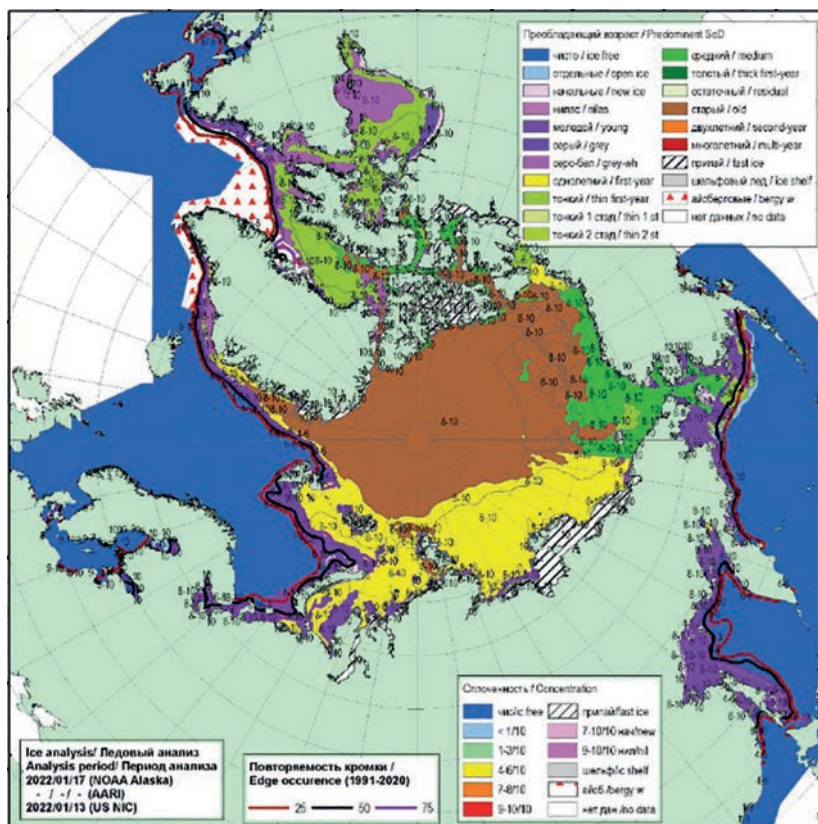


Рис. 2.1.1. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 13—17 января 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

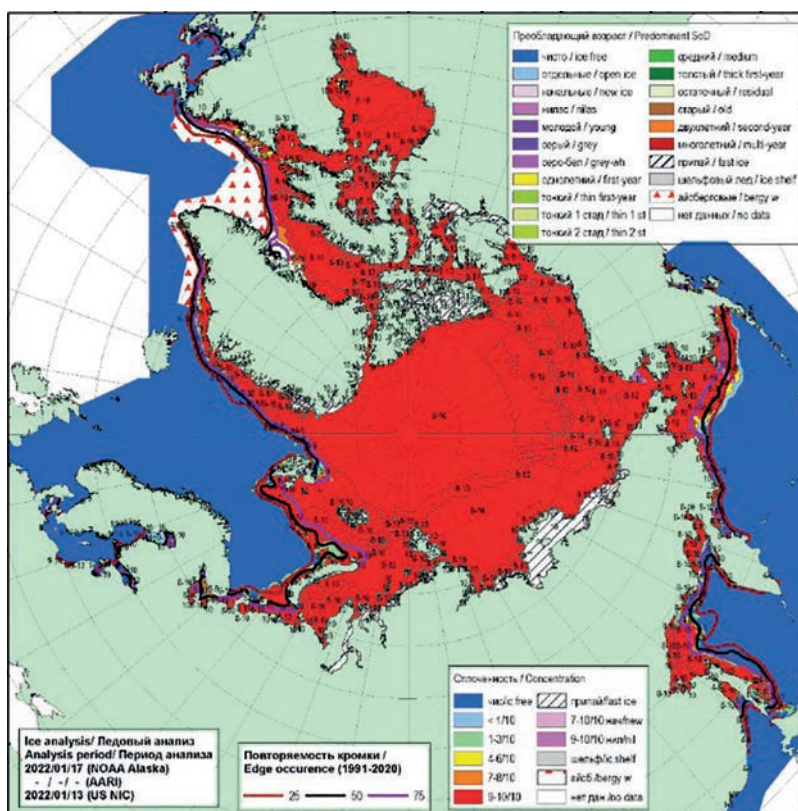


Рис. 2.1.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13—17 января 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Позднее начало ледообразования в осенний период, но вместе с тем высокая интенсивность его развития в октябре — ноябре 2021 г. привели к быстрому увеличению площади ледяного покрова и медленному нарастанию его по толщине. В январе все арктические моря были покрыты дрейфующими и припайными льдами разного возрастного состава. В середине января в Баренцевом море, юго-западной части Карского моря, западной части моря Лаптевых преобладали молодые и однолетние тонкие льды. На остальной акватории — в северо-восточной части Карского моря, восточной части моря Лаптевых, морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта — появились однолетние средние льды (диапазон толщины 70—120 см), которые начали преобладать здесь в конце января.

Появление однолетних средних льдов в середине января свидетельствует о большой интенсивности увеличения толщины ледяного покрова. В северной части морей Чукотского и Бофорта в конце января стали появляться зоны однолетних толстых льдов (диапазон толщины более 120 см).

Основной массив старых льдов располагался в приполюсном районе, гренландском и канадском секторах Арктики. Большое количество старых льдов (преимущественно двухлетних) отмечалось в Восточно-Сибирском море, северной части морей Чукотского и Бофорта. В этих морях наблюдались обширные локальные зоны и пятна с преобладанием старых (преимущественно двухлетних) льдов.

Развитие припая вдоль арктического побережья всех арктических морей и в их проливах происходило близко к норме. Припай установился вдоль береговой черты морей российского сектора Арктики, вокруг архипелагов Земля Франца Иосифа, Северная земля и Новосибирские острова, а также в проливах островов Канадского Арктического архипелага. Установился припай в проливе Вилькицкого. Наблюдалось развитие обширных полыней вдоль ямальского побережья и в Обь-Енисейском районе Карского моря (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).

В январе получила хорошее развитие одна из двух основных структур дрейфа льда в СЛО — Трансарктический перенос льда. Канадский антициклонический круговорот как полноценная структура поля дрейфа льдов в СЛО не сформировался.

Трансарктический перенос льда брал свое начало из северо-восточной части Карского моря и западной части моря Лаптевых. Стрежень потока был близок к своему обычному положению. Поток льдов проходил через приполюсный район. Далее основная его часть выносилась в пролив Фрама. Скорость дрейфа потока льда значительно увеличивались на подходе и в самом проливе Фрама, составляя около 10 км/сут.

Вместо Канадского антициклонического круговорота получил развитие очень специфический поток в северо-западном направлении от архипелага Новосибирские острова в море Бофорта. Причиной формирования этого потока стала аномально повышенная повторяемость меридиональных процессов типа М2, характерной особенностью которых является усиление арктического и американского антициклонов и преобладающих воздушных потоков юго-восточного направления. В результате этого льды из восточной части моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря переносились в море Бофорта (рис. 2.1.3).

В феврале наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и увеличение толщины льда. В западном районе российского сектора Арктики, в морях

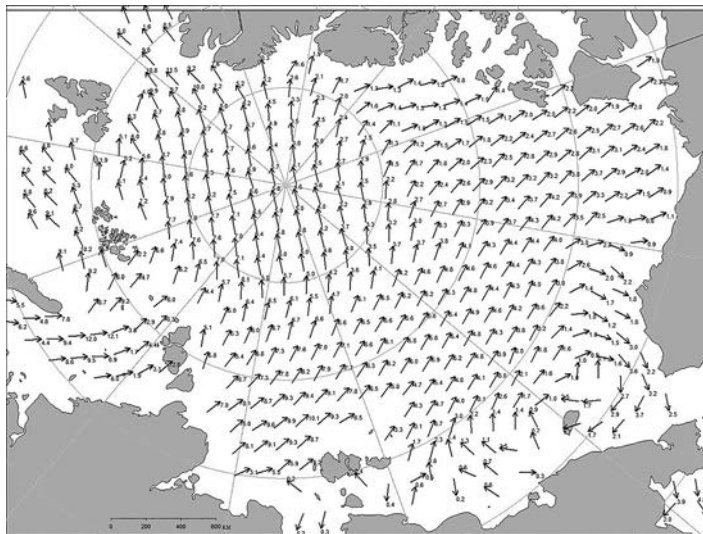


Рис. 2.1.3. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в январе 2022 г.

Баренцевом, Карском и Лаптевых преобладали однолетние тонкие (диапазон толщины 30—70 см) и средние (диапазон толщины 70—120 см) льды. В восточном районе российского сектора Арктики, в морях Восточно-Сибирском и Чукотском, а также в море Бофорта преобладали однолетние средние льды.

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

В морях Восточно-Сибирском и Бофорта наблюдалось большое количество старых (двухлетних) льдов в виде обширных локальных зон, полос и пятен, которые располагались по всей акватории морей и даже достигали прибрежных районов.

Появление однолетних толстых льдов наблюдалось в виде неширокой полосы (50—150 км) за северной границей российских арктических морей в непосредственной близости от границы старых льдов.

На акватории российских арктических морей, а также в море Бофорта 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 средних льдов было сопоставимо по площади с более тонкими однолетними льдами. Это свидетельствует о малой интенсивности нарастания льда по толщине в течение января и февраля.

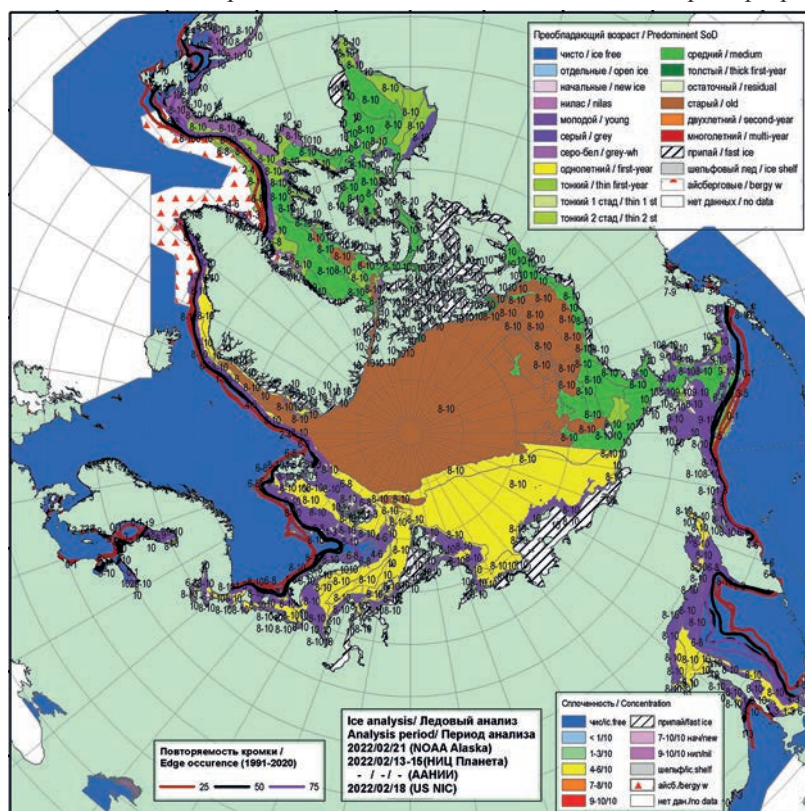


Рис. 2.1.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 13—21 февраля 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

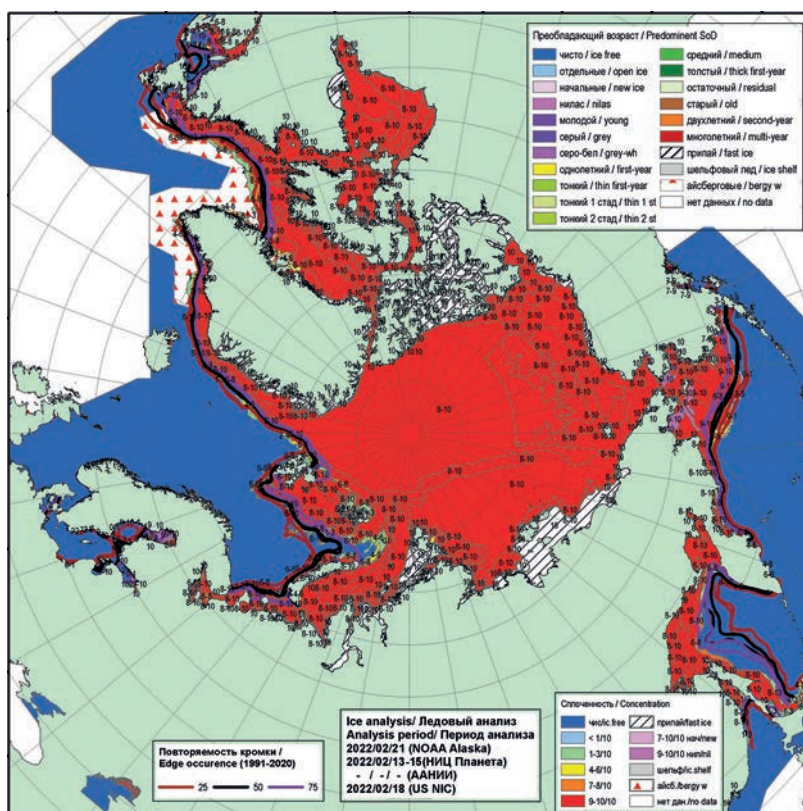


Рис. 2.1.5. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13—21 февраля 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Припай во всех арктических морях был развит меньше своего среднего многолетнего значения. Припай в проливе Вилькицкого был хорошо развит на западных подходах (со стороны Карского моря) и очень слабо — на восточных подходах к нему (со стороны моря Лаптевых). Наблюдался хорошо развитый припай в районе Новосибирских островов (близкий к норме) и в районе островов Канадского Арктического архипелага.

Заприпайные полыньи наблюдались в юго-западном районе Карского моря, западных частях морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. В остальных морях развитие заприпайных полыней было незначительным.

Основной массив старых льдов в СЛО был смещен в гренландский и канадский секторы Арктики, а также в приполюсный район (рис 2.1.4).

Поле сплоченности льда было достаточно однородным: преобладали сплоченные льды (сплоченность 9—10 баллов). Граница дрейфующих льдов в Гренландском море была близка к своему среднему многолетнему положению для февраля, а в Баренцевом море близка к своему минимальному положению (рис. 2.1.5).

В феврале в поле дрейфа произошла значительная трансформация основных структур дрейфа льда. Трансарктический перенос льда был развит слабо и смещен на западную периферию океанического ледяного массива. Перенос льда начинался из северных частей морей Карского и Лаптевых и далее по западной периферии ле-

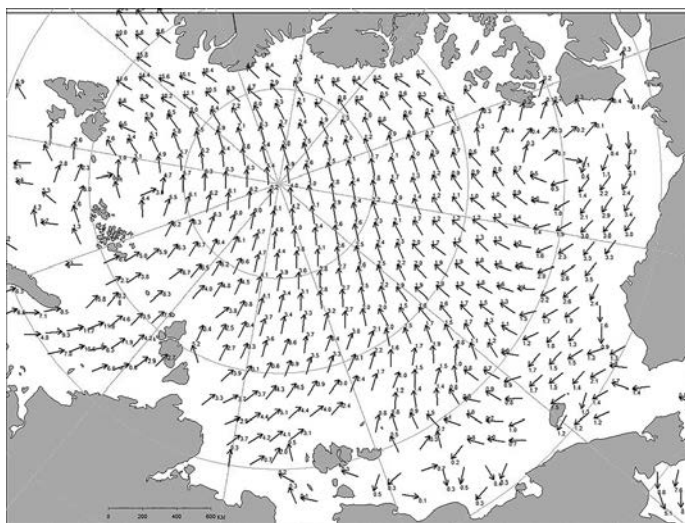


Рис. 2.1.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в феврале 2022 г.

дяного массива поток Трансарктического переноса выносил льды в пролив Фрама. Скорость дрейфа льда была невысока и составляла около 5 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот был развит очень слабо и наблюдался в виде небольшого вихря над морем Бофорта. В восточной части СЛО наблюдалось малоградиентное поле давления с очень слабым и неустойчивым по направлению дрейфом льда (рис. 2.1.6).

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 льда по толщине на полярных станциях.

Однолетних толстых льдов не наблюдалось в морях Баренцевом, Карском и Лаптевых. В западном районе российского сектора СЛО зона однолетних толстых льдов наблюдалась в виде неширокой полосы (100—150 км), расположенной южнее массива старых льдов. В морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта в течение марта произошел полный переход однолетних льдов в возрастную градацию однолетних толстых. Подобная ситуация, когда в марте в части российских арктических морей еще не наблюдается преобладания однолетних толстых льдов, свидетельствует о слабом нарастании толщины ледяного покрова.

Для всех морей российского сектора Арктики был характерен смешанный возрастной состав: отмечались льды всех возрастных категорий. Наблюдалось много однолетних тонких и молодых льдов в Баренцевом море. Молодые, однолетние тонкие и средние льды преобладали в морях Карском и Лаптевых. В Восточно-Сибирском и Чукотском морях преобладали однолетние средние и толстые льды. В море Бофорта преобладали однолетние толстые льды. В восточной части Восточно-Сибирского моря и в море Бофорта сохранялось значительное количество старых льдов.

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

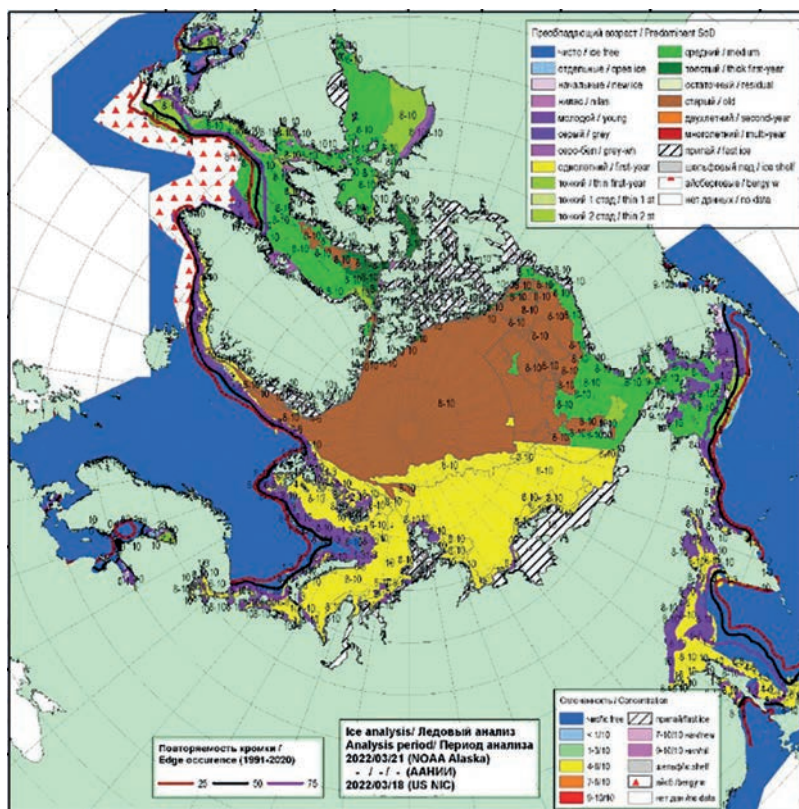


Рис. 2.1.7. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 18—21 марта 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В поле сплоченности наблюдалось большая однородность, характерная для холодных зимних месяцев, когда любая полынья или разрыв в ледяном покрове сразу 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 различной. Граница дрейфующих льдов в западном районе Арктики, в морях Гренландском и Баренцевом, была близка к своему минимальному положению для марта (рис. 2.1.8).

В марте началось формирование поля дрейфа ледяного покрова, состоящее из двух основных структур — Трансарктического переноса льда и Канадского антициклонического круговорота.

Однако обе структуры дрейфа были развиты очень слабо, и скорость дрейфа по всему СЛО была низкой, не превышая 5 км/сут. Подтверждением крайне слабо развитого дрейфа льда в СЛО и его морях может служить полное отсутствие заприпайных полыньей. 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. По данным полярных станций в течение зимних месяцев отрицательная аномалия толщины льда наблюдалась по всему побережью

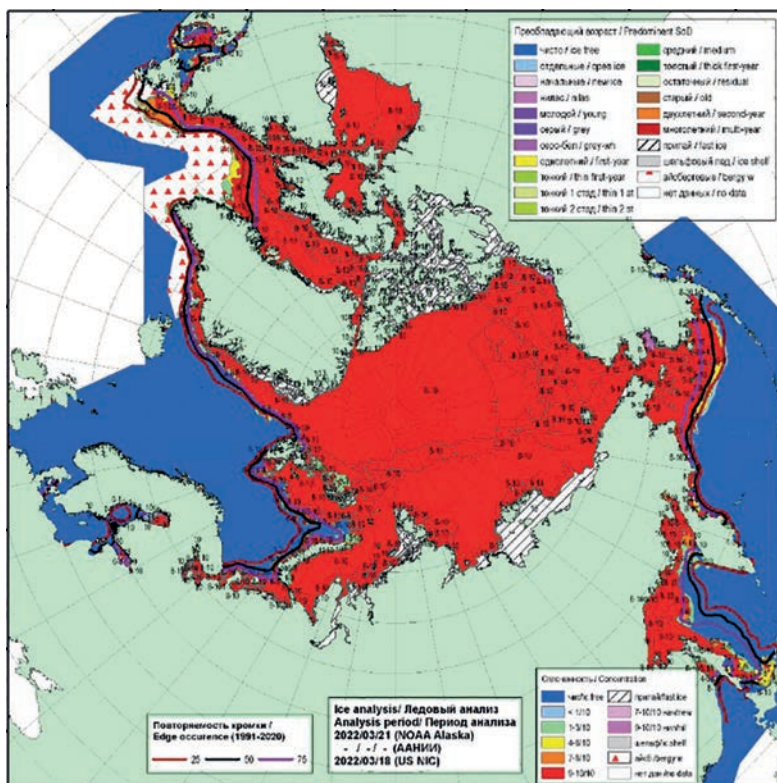


Рис. 2.1.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 18—21 марта 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

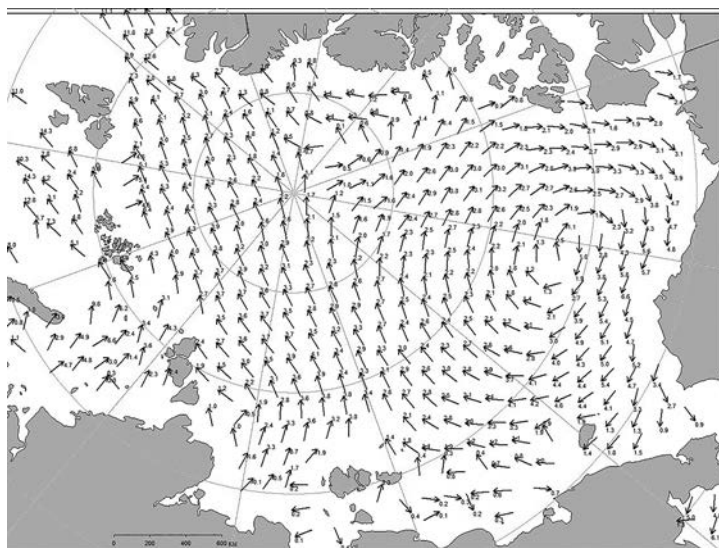


Рис. 2.1.9. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в марте 2022 г.

российских арктических морей. В Карском море аномалия составила $-15 \dots -20$ см, в море Лаптевых и в районе Новосибирских островов $-5 \dots -15$ см. По побережью восточной части Восточно-Сибирского моря и чукотскому побережью аномалия составила $-15 \dots -20$ см.

Развитие припая в морях в течение первых зимних месяцев проходило с малой интенсивностью. Площадь припая была меньше средних многолетних значений во всех российских арктических морях, кроме припая вокруг архипелага Новосибирские острова. В середине марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 485 тыс. км² при норме 586 тыс. км², что на 17 % меньше средних многолетних значений.

Общее количество льдов в СЛО по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2022 г. составило 11,6 млн км², что было на 2,6 % меньше среднего многолетнего значения за длинный ряд наблюдений (с 1978 г.). Количество льда, наблюдавшееся в СЛО в конце марта 2022 г., оказалось очень близким к среднему значению за десятилетний период 2012—2022 гг.

Нужно отметить, что если в начале января 2022 г. отрицательная аномалия общего количества льда в СЛО составила 2 %, то за первый квартал 2022 г. аномалия незначительно увеличилась (на 0,6 %) и составила 2,6 %, что свидетельствует о медленном развитии льда в СЛО по площади в первом квартале года. Возрастной состав и толщина льдов в морях были значительно меньше средних многолетних.

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

Распределение ледяного покрова по возрастным градациям и по сплоченности, а также поля среднемесечного дрейфа за каждый месяц за период с апреля по июнь 2022 г. приведены на рис. 2.2.1 — 2.2.10.

В апреле наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и переход одностолетних средних льдов в возрастную градацию одностолетних толстых в отдельных районах окраинных арктических морей. Однако на обширных акваториях морей Баренцева, Карского и Лаптевых сохранялось преобладание одностолетних средних и тонких льдов. Процесс нарастания льда в весенний период 2022 г. в морях западного района российского сектора Арктики происходил со значительным запаздыванием по сравнению с нормой.

В восточном районе российского сектора Арктики, в морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта, преобладал одностолетний толстый лед.

Заприпайные полыньи в арктических морях были развиты слабо. Они отмечались только в восточных частях морей Карского и Лаптевых. В связи с этим молодых льдов (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало. Только в Баренцевом море наблюдались обширные зоны молодых льдов в прикромочной зоне.

Припай вдоль побережья Карского моря и вокруг островов архипелага Северная Земля был развит слабо. Хорошо был развит припай в районе архипелага Новосибирские острова и среди островов Канадского Арктического архипелага.

Старые льды наблюдались в гринландском и канадском секторе СЛО, а также в приполюсном районе Арктики. Большое количество двухлетних льдов сохранялось в восточной части Восточно-Сибирского моря в виде отдельных, вытянутых в меридиональном направлении протяженных зон (рис. 2.2.1).

В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась достаточная однородность. Преобладали сплоченные льды, что характерно для зимних месяцев в СЛО. Граница распространения ледяного покрова в Баренцевом море, а также морях

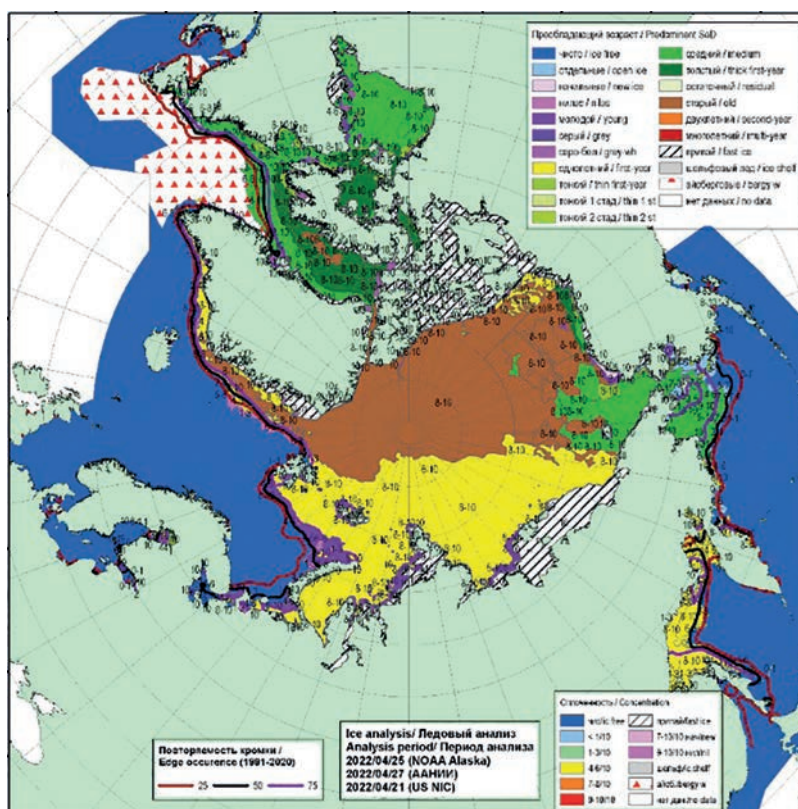


Рис. 2.2.1. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 21—27 апреля 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Гренландском, Баффина и Лабрадор была близка к среднему многолетнему положению (рис. 2.2.2).

Из основных структур дрейфа льда в СЛО был хорошо развит Трансарктический перенос льдов и слабо развит Канадский антициклонический круговорот.

Стрежень Трансарктического переноса льдов был смещен к западу. Перенос начинался от северной границы моря Лаптевых, проходил через приполюсный район и выносил льды непосредственно в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов в Трансарктическом переносе составляла 5 км/сут. На подходах к проливу Фрама и в самом проливе скорость дрейфа льда возрастала до 10 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот, хотя и наблюдался на обширной акватории от полюса до канадского и аляскинского побережий, был развит очень слабо. Скорость дрейфа в периферийной ветви круговорота, которая проходит вдоль побережья Аляски, по северной части Восточно-Сибирского и Чукотского морей, составляла менее 5 км/сут, а у побережья островов Канадского Арктического архипелага была значительно меньше 5 км/сут (рис. 2.2.3).

В течение мая, который считается периодом максимального развития и накопления ледяного покрова, в структурном составе дрейфующих льдов СЛО преобладали однолетние льды (преимущественно однолетние толстые и средние), которые составляли около 60 % общего количества льда. Около 35 % общего количе-

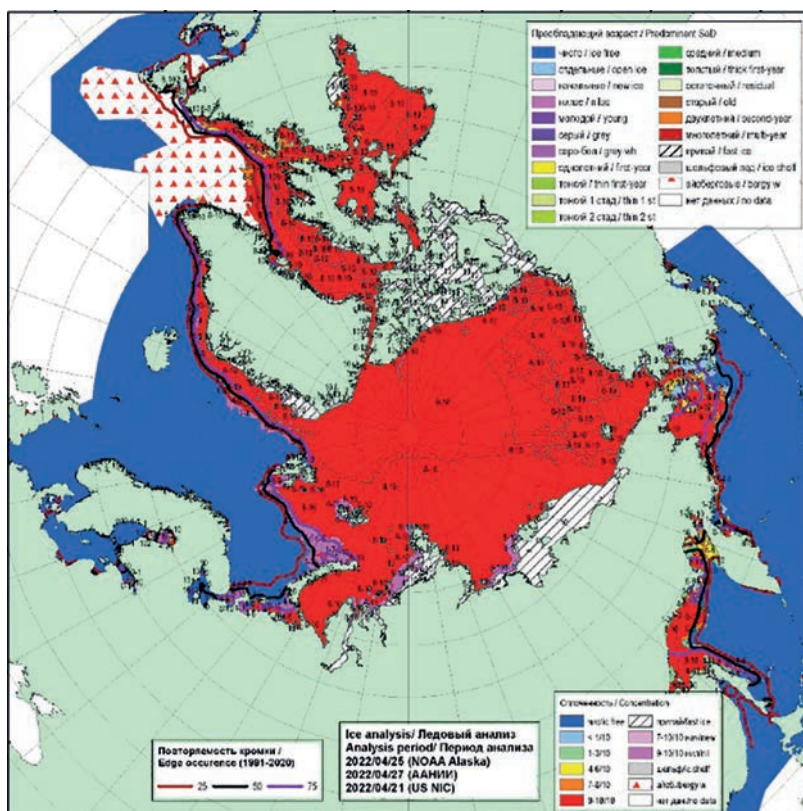


Рис. 2.2.2. Обзорная ледовая карта СЮ по сплоченности льда за 21—27 апреля 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

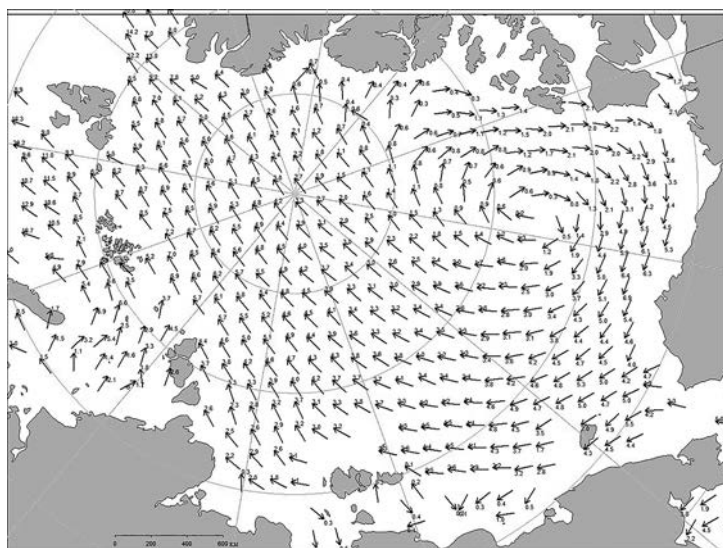


Рис. 2.2.3. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в апреле 2022 г.

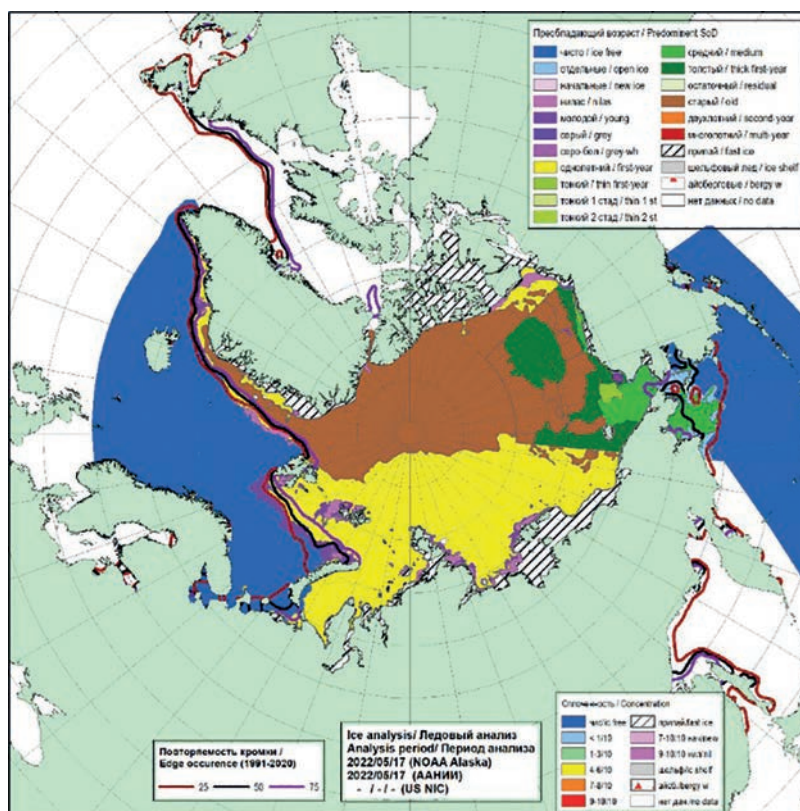


Рис. 2.2.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 10—17 мая 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

ства льда составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено молодыми льдами, которые располагались в прикромочной зоне западных морей (Гренландского и Баренцева), или молодыми льдами в заприпайных полыньях моря Лаптевых.

Однолетние льды занимали весь российский сектор, более половины приполюсного района и половину аляскинского сектора Арктики. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах Арктики и в части приполюсного района. Из части приполюсного района со стороны побережья Евразии старые льды были в значительной степени вытеснены или замещены однолетними льдами.

Припай был развит слабо в морях западного района российского сектора Арктики и значительно развит в морях восточного района. Наиболее обширный припай наблюдался в районе Новосибирских островов, в западной части Восточно-Сибирского моря и между островами Канадского Арктического архипелага. Заприпайные полыньи были развиты слабо и наблюдались только за припаем в море Лаптевых и вдоль припая к северу от Новосибирских островов (рис. 2.2.4).

В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась достаточная однородность. По всей акватории СЛЮ и его морей преобладали сплоченные льды, что характерно для зимних месяцев. Граница распространения ледяного покрова в

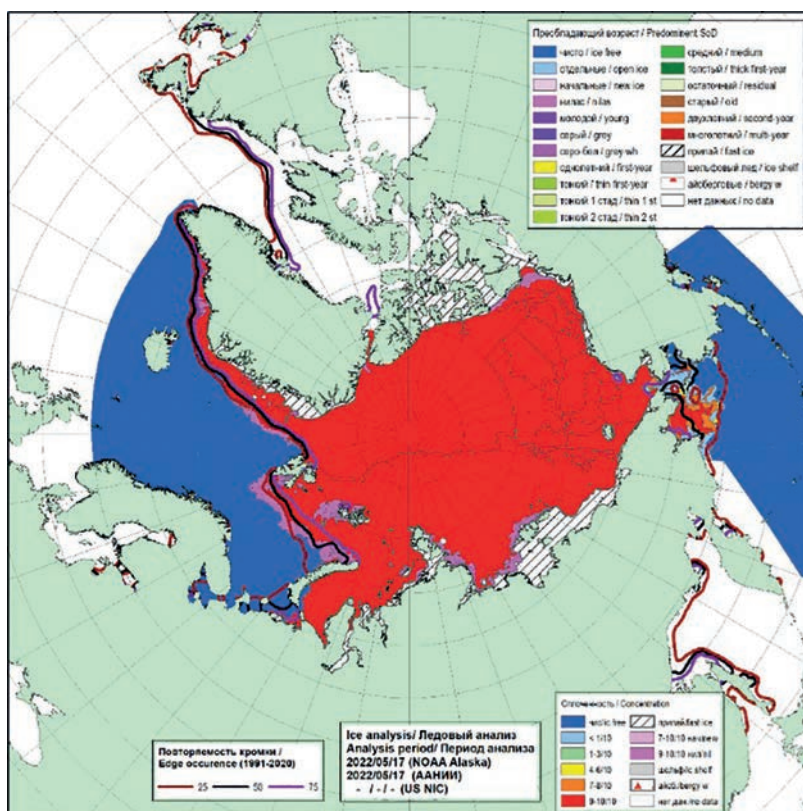


Рис. 2.2.5. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 10—17 мая 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Баренцевом море, а также морях Гренландском, Баффина и Лабрадор была близка к среднему многолетнему положению.

В поле сплоченности ледяного покрова хорошо проявились зоны разрывов в морях Гренландском, Баренцевом и Бофорта, а также зоны заприпайных полыней в западной части моря Лаптевых. Однако обширного развития заприпайных полыней в арктических морях не наблюдалось. В мае 2022 г. в арктических морях 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, которые были связаны с уменьшением скорости дрейфа. Трансарктический перенос, который был хорошо развит в апреле, значительно ослабел, и его стрежень сместился в приполюсный район. Скорость дрейфа в акватории СЛО уменьшилась до 5 км/сут, но значительно увеличивалась при входе в пролив и в самом проливе Фрама — до 10 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот значительно уменьшился в размерах. Его центр располагался над морем Бофорта. Скорость дрейфа в круговороте также уменьшилась и составляла менее 5 км/сут (рис. 2.2.6).

В весенний период интенсивность нарастания льда по толщине была близка к норме во всех морях российского сектора Арктики, что привело к сокращению отрицательных аномалий толщины льда, сформировавшихся в зимние месяцы. В Карском море на-

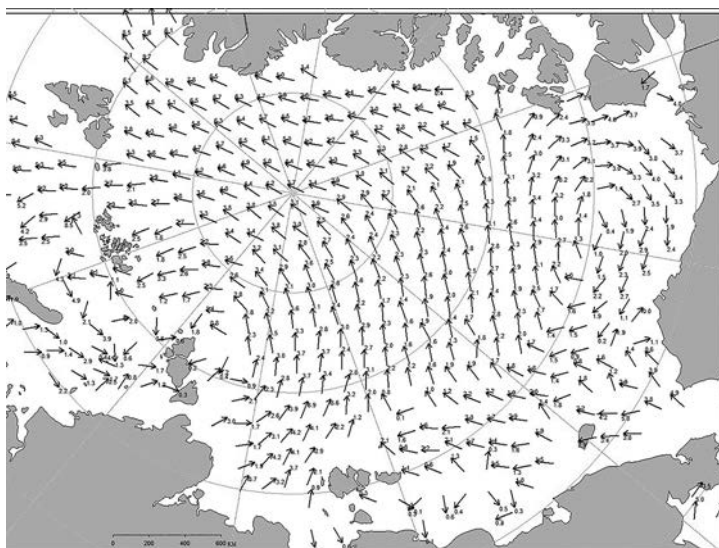


Рис. 2.2.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в мае 2022 г.

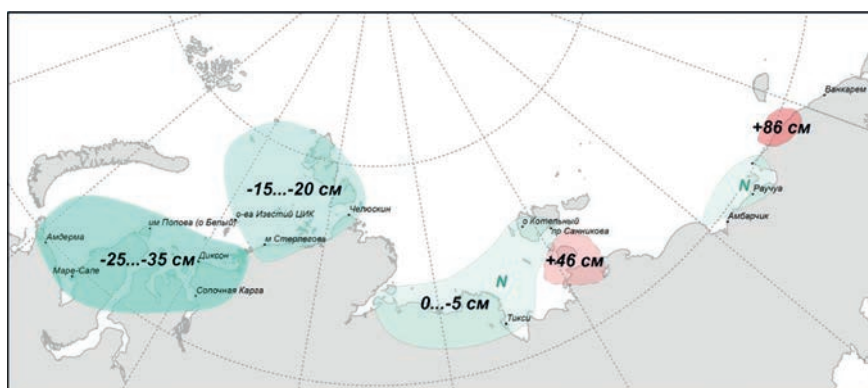


Рис. 2.2.7. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания льда (конец мая) в 2022 г.

блюдалось уменьшение отрицательной аномалии с 20—40 до 15—30 см. В районе побережья моря Лаптевых, Новосибирских островов, Восточно-Сибирского моря толщина льда, по данным полярных станций, приблизилась к средним многолетним значениям.

Распределение аномалии толщины льда по морям в конце периода нарастания льда (середина мая) приведены на рис. 2.2.7.

В июне начался процесс таяния в морях российского сектора Арктики — от Баренцева до Чукотского. Очищение акватории морей началось рано. Центры очищения сформировались в четырех районах арктических морей — в Баренцевом море, в юго-западной части Карского моря, восточной части моря Лаптевых и восточной части Чукотского моря. В морях Восточно-Сибирском и Бофорта признаков начала летнего очищения не наблюдалось.

В некоторых районах российских арктических морей сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости. В третьей декаде июня аномалии ле-

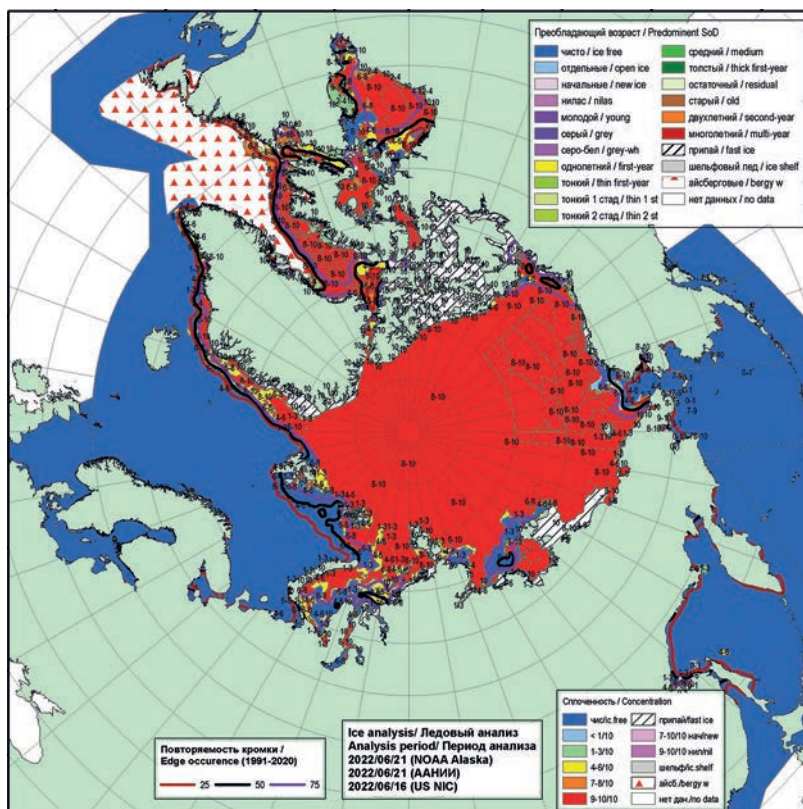


Рис. 2.2.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 16—21 июня 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

довитости составили: в Баренцевом море –20 %, в юго-западной части Карского моря –51 %, в восточной части моря Лаптевых –22 %, в западной части Восточно-Сибирского моря –6 %.

В Баренцевом море и в восточной части моря Лаптевых наблюдалось аномально большое отступление границы дрейфующих льдов к северу. Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекцией тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда.

Началось разрушение припая в проливе Вилькицкого и в западной части моря Лаптевых. Припай в районе Новосибирских островов и между островами Канадского Арктического архипелага в течение июня сохранялся (рис. 2.2.8).

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

Основными очагами очищения морей послужили: прикромочная зона в северной части Баренцева моря, вся юго-западная часть Карского моря, восточная часть

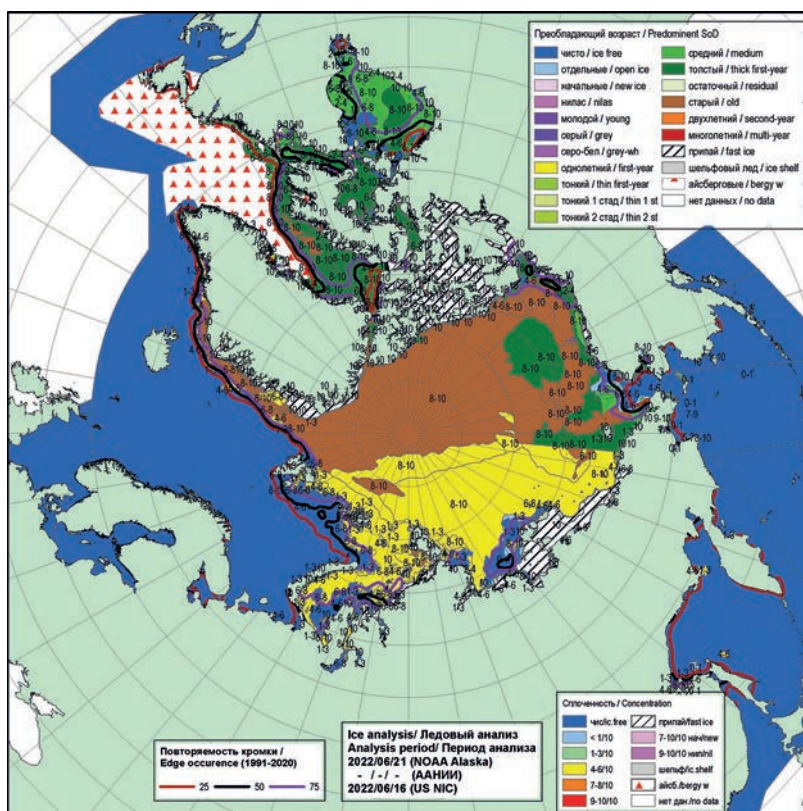


Рис. 2.2.9. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 16—21 июня 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

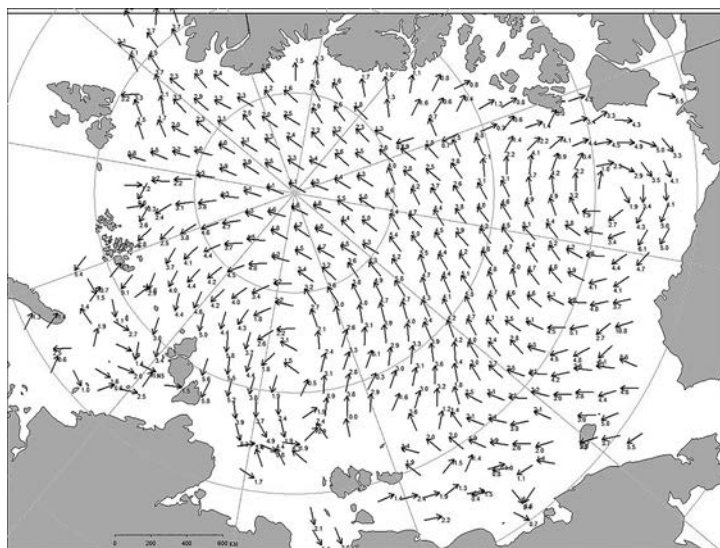


Рис. 2.2.10. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в июне 2022 г.

и заприпайный район в море Лаптевых и район, прилегающий к Берингову проливу в Чукотском море (рис. 2.2.9).

В июне в поле дрейфа льда в СЛО произошли существенные изменения. Наблюдалось развитие нескольких крупномасштабных структур дрейфа. Произошедшие масштабные изменения в циркуляции атмосферы привели к формированию двух масштабных структур дрейфа — обширного циклонического круговорота в приполюсном районе с центром к северу от границы моря Лаптевых и менее развитого Канадского антициклонического круговорота, центр которого был смещен в море Бофорта (рис. 2.2.10).

Сформировавшийся циклонический вихрь охватывал обширную акваторию в западной части и приполюсном районе СЛО. По южной периферии вихря наблюдался дрейф льда из восточной части моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, который выносил лед в приполюсный район. По западной периферии вихря лед приносило в северо-восточную часть Карского моря и в западную часть моря Лаптевых. Адвекция льда в эти районы поддерживала в них большую ледовитость и медленное очищение. Скорость дрейфа составляла до 5 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот существовал в виде обширного вихря с центром над морем Бофорта. Интенсивность и скорость дрейфа льда в Канадском антициклоническом круговороте были небольшими и составляли менее 5 км/сут (рис. 2.2.10).

Общее количество льдов в СЛО в конце июня, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составило 10,5 млн км², что оказалось на 4,6 % меньше среднего многолетнего значения по длинному ряду наблюдений (1978—2022 гг.) и близким к среднему значению за десятилетний период 2012—2022 гг.

Отрицательная аномалия общей площади льда, составившая –4,6 %, сформировалась за счет малой ледовитости морей, относящихся к сектору 45° з.д. — 95° в.д. (моря Гренландское, Баренцево и Карское).

При развитии площади ледяного покрова, близком к норме последнего десятилетия, толщина ледяного покрова была значительно меньше нормы по всему СЛО и его морям, что подтверждается модельными расчетами объема накопленного льда в СЛО. Ежедневные оценки объема морского льда СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда по совместной модели морского льда — океана НУСОМ/СІСЕ Датского метеорологического института приведены на рис. 2.4.10. Как показывает расчет, по объему накопленного льда июнь 2022 г. занимает четвертое место по рангу в ряду минимумов, превосходя 2017, 2019—2021 гг.

Изменение кривой площади льдов в СЛО и его отдельных секторах представлено на рис. 2.4.11. Хорошо видно, что в конце зимнего и в начале летнего сезона развитие ледяного покрова в СЛО было близко к среднему многолетнему, но с началом таяния кривая переместилась в нижнюю часть пучка реализаций сезонного хода.

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

Летние ледовые процессы развивались на благоприятном фоне, который сформировался в начале летнего периода и особенно хорошо проявился в западных морях российского сектора Арктики.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям за каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль — сентябрь 2022 г. приведены на рис. 2.3.1 — 2.3.9.

В июле продолжалось интенсивное очищение морей западного района российского сектора Арктики (Баренцева моря, юго-западной части Карского моря, восточной части моря Лаптевых), а также юго-восточной части Чукотского моря. К концу июля на большей части акватории этих морей наблюдались обширные пространства редких льдов и чистой воды. Аномалии ледовитости в этих морях составляли $-20 \dots -70 \%$. Значительно медленнее процессы таяния развивались в северо-восточной части Карского моря и западной части моря Лаптевых и Восточно-Сибирском море.

Припай в северо-восточной части Карского моря разрушился в третьей декаде июля — в сроки, близкие к норме. Припай в районе архипелага Новосибирские острова практически полностью разрушился в начале второй декады июля, т. е. в среднем на 5—10 суток раньше средних многолетних сроков. Припай среди островов Канадского Арктического архипелага в течение июля начал частично разрушаться, но сохранялся до конца месяца.

Вынос однолетних толстых и старых льдов из СЛО через пролив Фрама был близок к среднему многолетнему, что прослеживается по ширине ледового потока и скорости дрейфа (рис. 2.3.1).

В возрастном составе льда наблюдалось дальнейшее сокращение количества однолетних толстых льдов в окраинных морях. Локальные полосы и пятна старых льдов сохранялись в восточной части Восточно-Сибирского моря. Старые льды в СЛО наблюдались в гринландском, канадском секторах СЛО и в приполюсном районе (рис. 2.3.2).

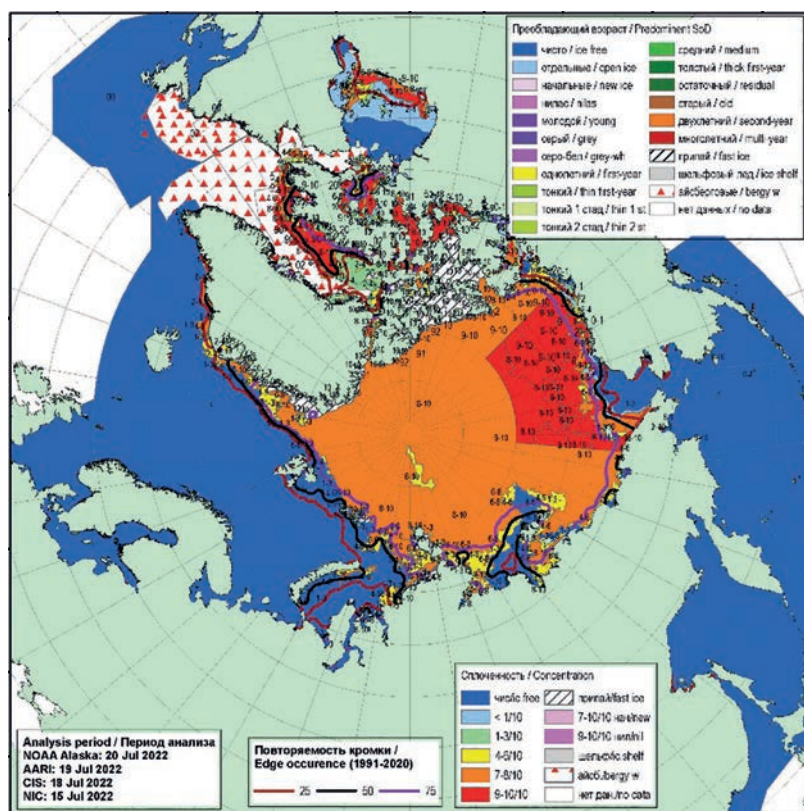


Рис. 2.3.1. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 15—20 июля 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

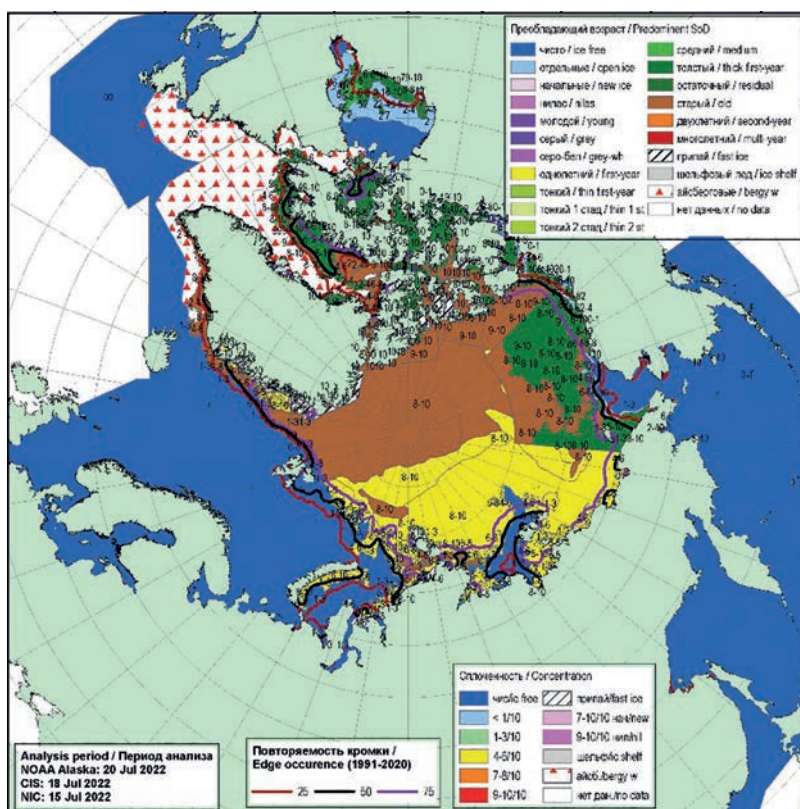


Рис. 2.3.2. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 15—20 июля 2022 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛЦ США.

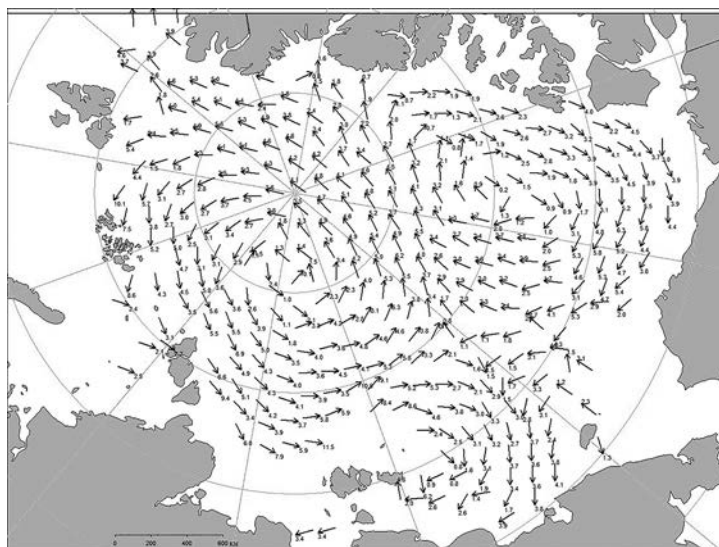


Рис. 2.3.3. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в июле 2022 г.

Среднемесячное поле дрейфа ледяного покрова в СЛО приведено на рис. 2.3.3. В июле сформировалось достаточно необычное поле дрейфа. Традиционный Трансарктический перенос льда полностью отсутствовал. На акватории океана сформировались два слабо выраженных вихря, один из которых наблюдался в западной части СЛО, а второй — в восточной.

Первый вихрь с центром на широте 85° с.ш. по меридиану 110° в.д. располагался в приполюсном районе в западной части океана и имел циклонический характер. Средняя скорость дрейфа составляла менее 5 км/сут. Ледяной покров перемещался вдоль северных границ морей Карского и Лаптевых, далее у северной границы Восточно-Сибирского моря поднимался к северу, проходил через полюс и в створе пролива Фрама разделялся на две ветви. Одна ветвь дрейфа уходила в пролив Фрама и выносила льды из океана, а вторая продолжала циклоническое вращение.

Вихрь в восточной части СЛО представлял собой слабо выраженный Канадский антициклонический круговорот с центром над северной частью моря Бофорта. Интенсивность этого антициклонического круговорота была невелика, как и скорость дрейфа, которая составляла менее 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 окраинных морях российского сектора Арктики — в Баренцевом

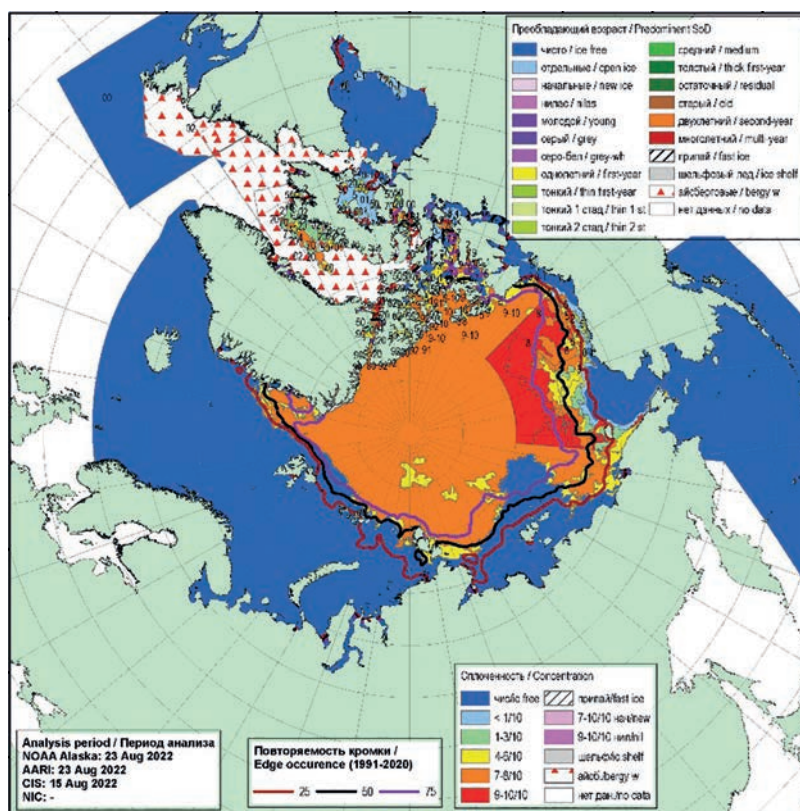


Рис. 2.3.4. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 15—23 августа 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

и Карском, а также Чукотском. Интенсивно очищались акватории восточной части моря Лаптевых, района к северу от Новосибирских островов и западной части Восточно-Сибирского моря. Началось разражение льдов в прибрежных частях морей Восточно-Сибирского и Бофорта. В морях Баренцевом, Карском, Лаптевых и Чукотском сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости, составляющие от -10 до -35 %. В Баренцевом море граница отступления дрейфующих льдов располагалась близко к среднему многолетнему положению. В районе к северу от Новосибирских островов граница дрейфующих льдов занимала аномальное северное положение. В целом ряде районов — северо-восточной части Карского моря, западной части моря Лаптевых, восточной части Восточно-Сибирского моря, морях Чукотском и Бофорта — граница дрейфующих льдов была близка к аномально южному положению и наблюдалась в непосредственной близости от берега.

В третьей декаде августа произошло полное разрушение припая в районе островов Канадского Арктического архипелага (рис. 2.3.4).

Возрастной состав льдов СЛО и его морей был представлен старыми и однолетними льдами. Старые льды наблюдались в гренландском, канадском и аляскинском секторах Арктики, а также в приполюсном районе. Оставшиеся льды состояли из однолетних толстых льдов различной сплоченности и разрушенности (рис. 2.3.5).

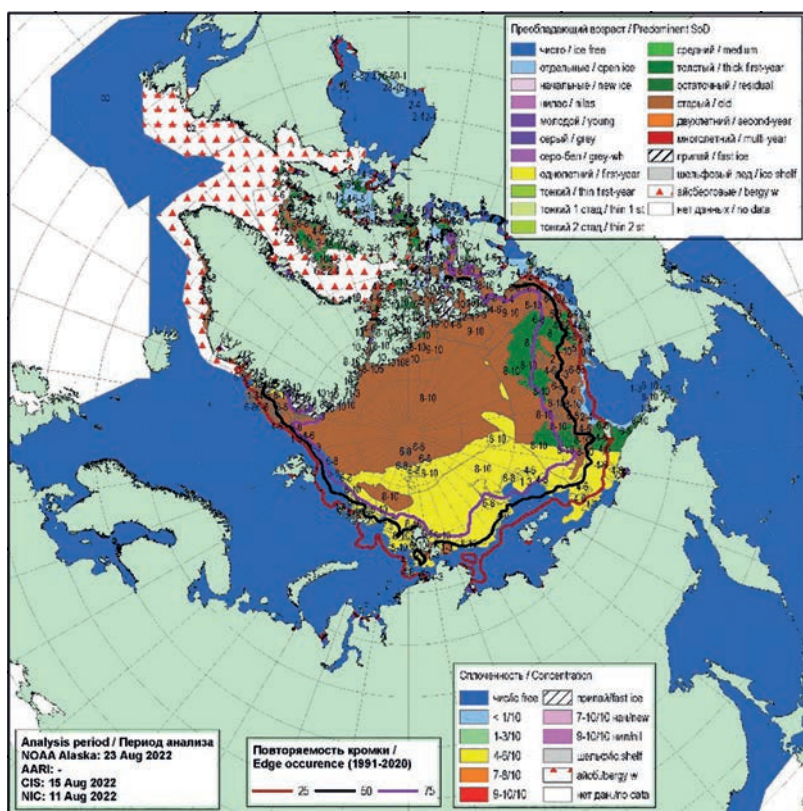


Рис. 2.3.5. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 15—23 августа 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

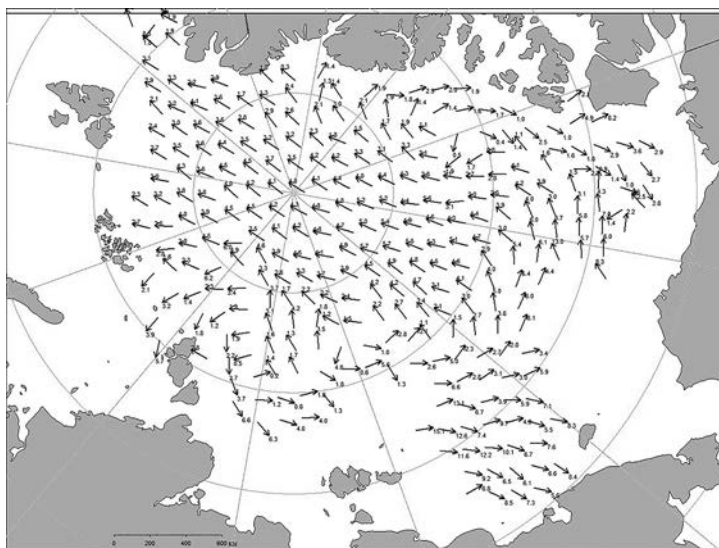


Рис. 2.3.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в августе 2022 г.

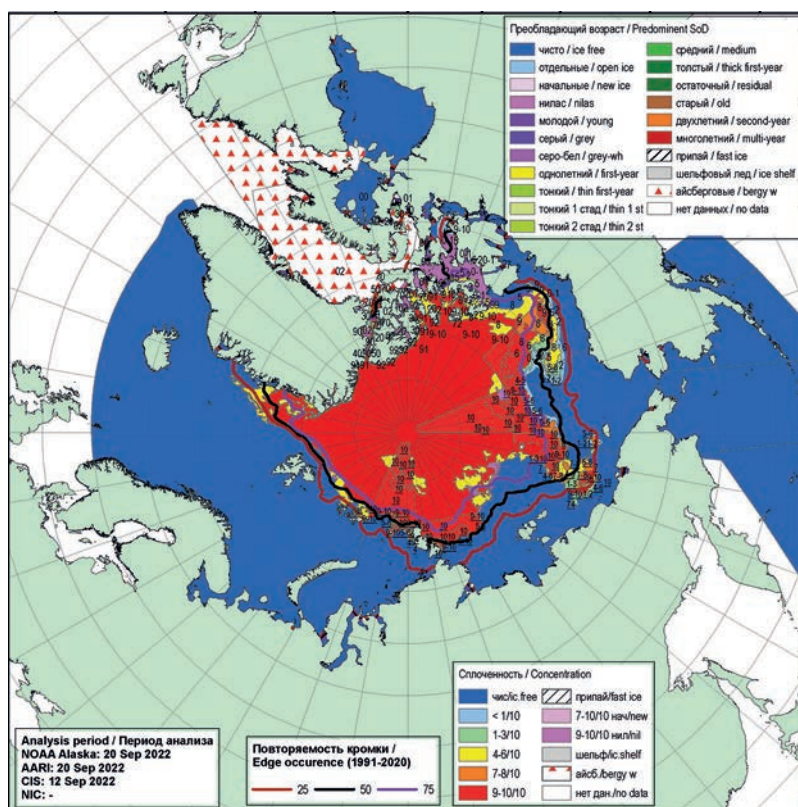


Рис. 2.3.7. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности за 12—20 сентября 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США.

В августе в поле дрейфа ледяного покрова произошли существенные изменения. Исчезли наблюдавшиеся в июле слабо выраженные вихри в западной и восточной частях СЛО. Вместо них сформировался необычный для СЛО, но хорошо выраженный Трансарктический перенос льдов, направленный от моря Бофорта к северной границе Баренцева моря и в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов была невелика и составляла около 5 км/сут (рис. 2.3.6).

В середине сентября сокращение полностью прекратилось и площадь ледяного покрова в СЛО достигла своего минимального значения. Среди остаточных льдов к северу от параллели 80—82° с.ш. началось ледообразование.

В начале третьей декады сентября ледообразование началось в прикромочной зоне на чистой воде по широкому фронту от Баренцева моря до моря Бофорта. Ледообразование началось в среднем на 5—10 суток позже средних многолетних сроков. Начальные и молодые льды вышли за границу остаточных льдов и в виде узкой полосы шириной 10—50 км наблюдались южнее нее.

Таким образом, характерной чертой начала осеннего ледообразования 2022 г. является его умеренно позднее начало и медленное развитие на начальном этапе.

Основная масса льдов, сохранившихся после периода летнего таяния, наблюдалась в приполюсном районе, гренландском и канадском секторах СЛО. Обширные языки остаточных льдов сохранились в западной части моря Лаптевых, восточной части Восточно-Сибирского моря и в море Бофорта. Остаточные льды сохранились также среди островов Канадского Арктического архипелага (рис. 2.3.7).

Положение границы дрейфующих льдов в сентябре 2022 г. было близким к среднему многолетнему в Гренландском, Баренцевом и Карском морях. В районе к северу от архипелага Новосибирские острова и к северу от Чукотского моря граница остаточных льдов была близка к своему крайнему северному положению. В восточной части Восточно-Сибирского моря и в море Бофорта граница остаточных и старых льдов была близка к своему крайнему южному положению (рис. 2.3.8).

В сентябре сформировались традиционно наблюдаемые в СЛО структуры дрейфа — Трансарктический перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот.

Трансарктический перенос льдов был выражен слабо. Перенос льдов начался к северу от архипелага Новосибирские острова и через приполюсный район переносил льды к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов составляла менее 5 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот был также развит слабо и наблюдался в канадском и аляскинском секторах СЛО. Центр круговорота располагался над северной частью моря Бофорта. Этот перенос приводил к постоянному увеличению количества остаточных льдов в северной части Чукотского моря. Скорость дрейфа ледяного покрова была незначительной и составила менее 5 км/сут (рис. 2.3.9).

По модельным оценкам Датского метеорологического института объем морского льда в середине сентября (максимальное сокращение) составил около 6,5 тыс. км³, что на 1 тыс. км³ (около 15 %) меньше среднего многолетнего значения. По расчетному объему льдов сентябрь 2022 г. занял четвертое по рангу место в ряду минимумов, превышая значения за 2019—2021 гг. (рис. 2.4.10).

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября (на 12—18 сентября) 2022 г. составила 4,6 млн км² при норме 5,9 млн км², что на 22 % меньше средних многолетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО оказались на 1,2 млн км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (1978—2022 гг.). По площади остаточного льда 2022 г. стал двенадцатым по рангу в ряду минимумов в группе легких лет (на середину сентября).

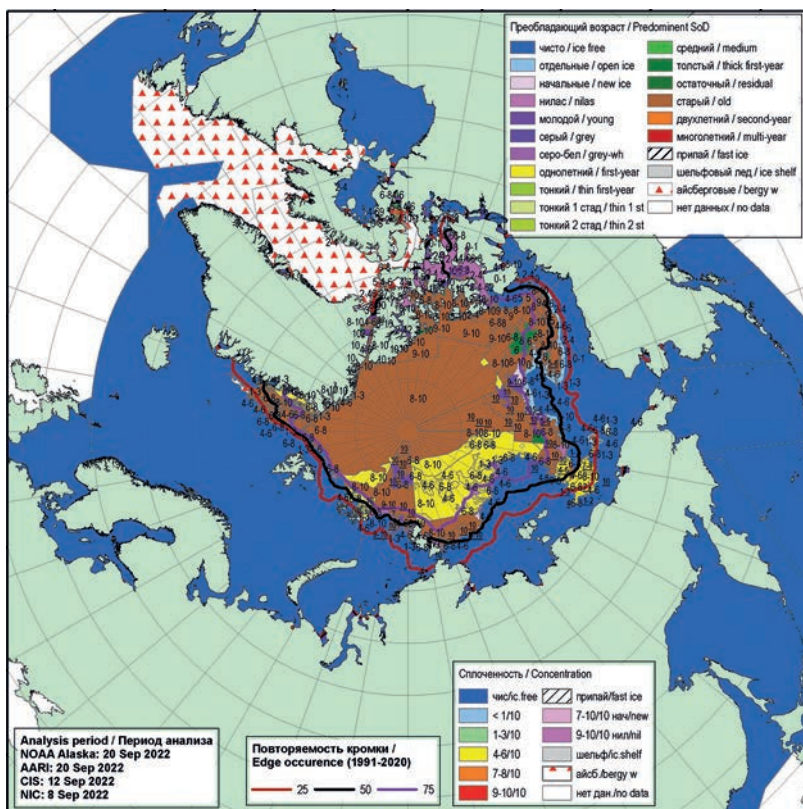


Рис. 2.3.8. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 12—20 сентября 2022 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США.

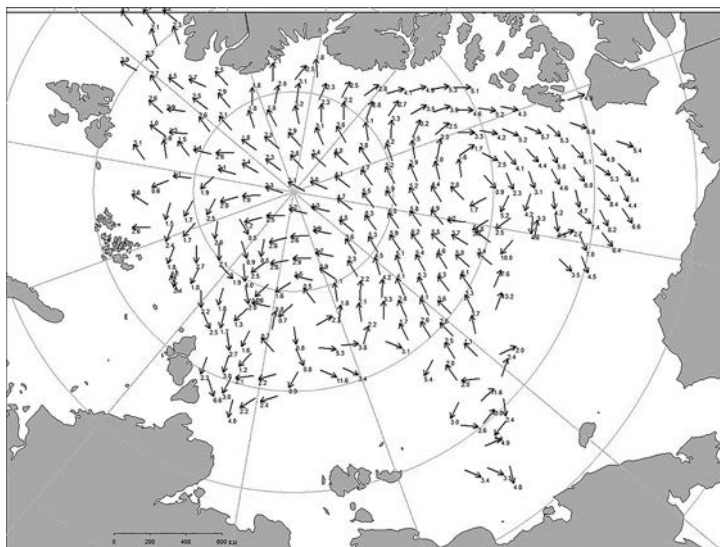


Рис. 2.3.9. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в сентябре 2022 г.

Данные о ледовитости СЛО и его секторов на середину сентября, а также сравнение с ледовитостью за ряд лет начиная с 2017 г. приведены в табл. 2.3.1 и на рис. 2.4.11.

Таблица 2.3.1

Значения ледовитости за 12—18 сентября 2022 г. и ее аномалии по отношению к значениям за разные годы и за периоды 2012—2022 и 1978—2022 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS

Сектор	S, тыс. км ²	Аномалия, тыс. км ²						
		2017	2018	2019	2020	2021	2012— 2022	1978— 2022
Северный Ледовитый океан	4596,7	–15,6	40,5	470,6	932,0	–45,2	215,8	–1203,3
Сектор 45° з.д. — 95° в.д. (Гренландское — Карское моря)	1261,3	224,2	276,9	98,3	401,0	319,4	178,3	–124,4
Сектор 95° в.д. — 170° з.д. (моря Лаптевых — Чукотское, Берингово, Охотское)	1404,2	–94,6	151,7	387,9	614,8	48,5	198,8	–486,6
Сектор 170—45° з.д. (море Бофорта и канадская Арктика)	2186,9	41,8	–198,2	181,4	–101,7	–433,5	–26,4	–425,5

На рис. 2.4.11 приведены ежедневные оценки сезонного хода площади льдов для Северного Ледовитого океана и его отдельных секторов за период с 26 октября 1978 г. по 19 сентября 2022 г. по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/ISSMIS, алгоритм NASATEAM. Ход изменения площади льдов показывает, что практически весь летний сезон количество льда в СЛО в целом было меньше среднего многолетнего значения (нормы за 1978—2022 гг.). Малая ледовитость СЛО в 2022 г. в основном была обусловлена малой ледовитостью двух секторов Арктики — сектором 45° з.д. — 95° в.д. (Гренландское — Карское моря) и сектором 95° в.д. — 170° з.д. (моря Лаптевых — Чукотское и Берингово, Охотское). Напротив, в секторе 170 — 45° з.д. (море Бофорта и канадская Арктика) ледовитость в летний сезон 2022 г. была близка к среднему многолетнему значению (норма за 1978—2022 гг.).

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 2022 г. приведены на рис. 2.4.1 — 2.4.9.

Ледообразование в СЛО в осенний период 2022 г. началось в массиве старых и остаточных льдов в конце августа. В первой декаде сентября начальные льды появились на открытой воде среди островов Канадского Арктического архипелага.

В третьей декаде сентября начальные и молодые льды наблюдались на широком фронте от Гренландского моря до моря Бофорта в прикромочной зоне за остаточными льдами. Ширина полосы молодых льдов составляла в западных арктических морях от 50 до 100 км, а в восточных морях была значительно больше — от 100 до 200 км.

В начале октября начальные льды появились на северной границе морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Бофорт и одновременно в прибрежных районах этих морей.

Ледообразование развивалось достаточно интенсивно. В конце октября ледообразование охватило акватории большинства арктических морей — 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.

В третьей декаде октября свободными ото льда оставались Баренцево море, юго-западная часть Карского моря и центральная часть Чукотского моря. На акватории остальных морей наблюдались молодые льды, а в северной части морей Лаптевых, Восточно-Сибирском и Бофорта происходил переход молодых льдов в однолетние тонкие (рис. 2.4.1).

В западной части моря Лаптевых, в центральной части Восточно-Сибирского моря и в восточной части моря Бофорта сохранялись протяженные языки остаточных льдов.

Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины сентября по середину октября, составило около 1,7 млн км², что было очень близко к среднему многолетнему значению за длинный ряд наблюдений (1979—2021 гг.), равному 1,8 млн км².

Поле сплоченности ледяного покрова в районах, в которых ледообразование уже началось, было достаточно однородным. Здесь преобладали льды сплоченно-

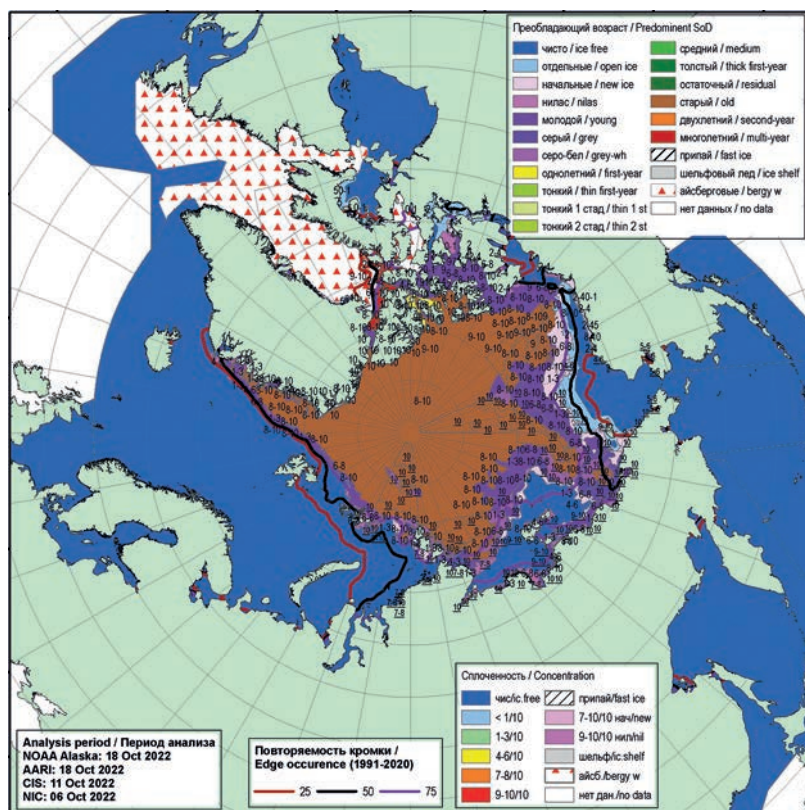


Рис. 2.4.1. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 11—18 октября 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

стью 9—10 баллов. Вокруг островов Канадского Арктического архипелага наблюдалось становление обширного припая.

Граница дрейфующих льдов располагалась севернее своего среднего многолетнего положения в Баренцевом море, северо-восточной части Карского моря и восточной части моря Лаптевых и близко к среднему многолетнему положению в морях Гренландском, Чукотском и Бофорта. Это также свидетельствует о медленном развитии осенних ледовых процессов в октябре 2020 г. В западной части моря Лаптевых и восточной части Восточно-Сибирского моря ледяной покров был развит вплоть до берега (рис. 2.4.2).

В октябре над СЛО сформировались две крупномасштабные структуры дрейфа — Трансарктический перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот.

Трансарктический перенос льдов был выражен хорошо. Перенос льдов начинался к северу от границы Восточно-Сибирского моря и через приполюсный район выносил льды в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов составляла менее 5—10 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот был также развит слабо и наблюдался в канадском и аляскинском секторах СЛО. Центр круговорота располагался над северной частью моря Бофорта. Этот перенос приводил к постоянному увеличению количества остаточных льдов в северной части Чукотского моря и в Восточно-Сибирском море. Скорость дрейфа ледяного покрова была значительной и составила 10 км/сут (рис. 2.3.9).

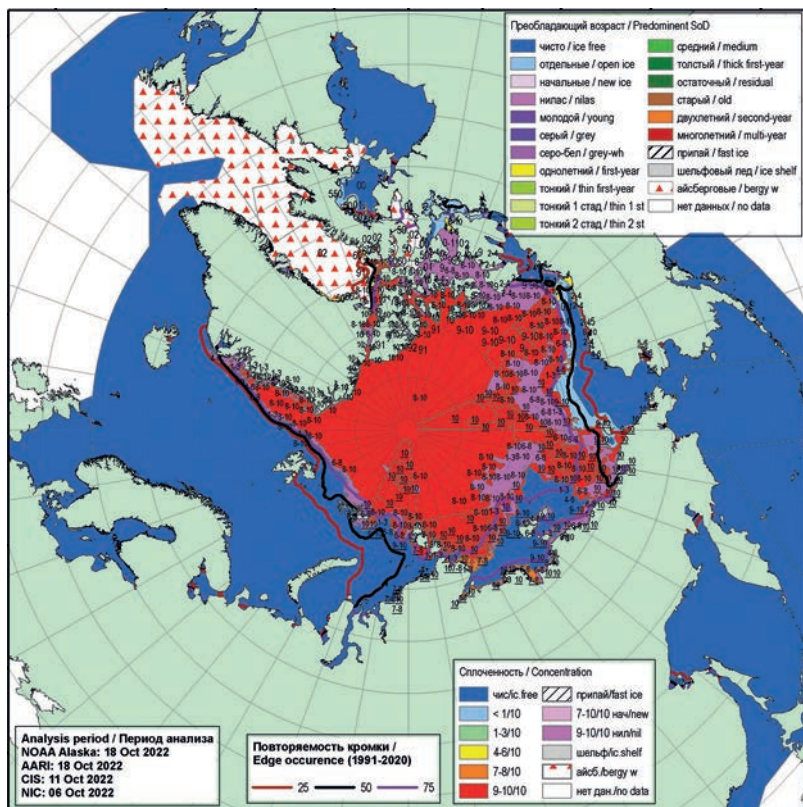


Рис. 2.4.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 11—18 октября 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

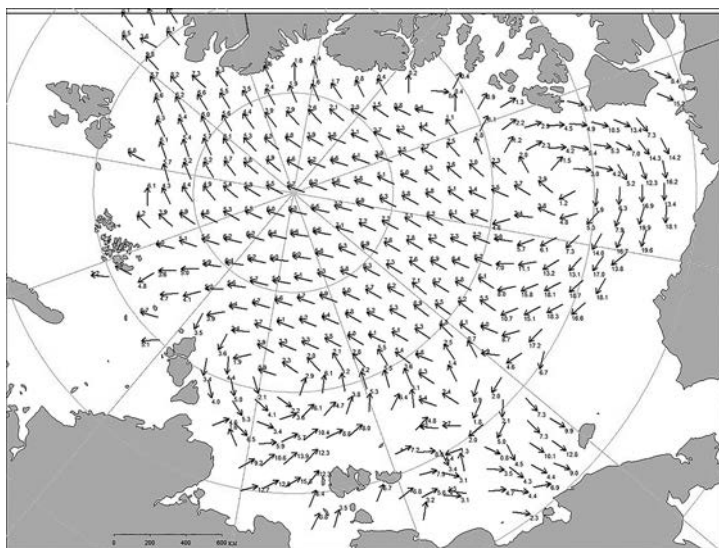


Рис. 2.4.3. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в октябре 2022 г.

Еще одной интересной особенностью поля дрейфа в октябре стало формирование двух локальных структур дрейфа — локального циклонического круговорота в северной части моря Лаптевых и ветви затора льдов в Восточно-Сибирском море. Скорость дрейфа льдов была невелика и составляла менее 5 км/сут. Обе локальные структуры дрейфа приводили к постоянному увеличению ледовитости в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском (рис. 2.4.3).

В ноябре продолжалось интенсивное развитие ледообразования и увеличение площади молодых и однолетних льдов. Льдами были покрыты акватории всех арктических морей, кроме Баренцева моря, юго-запада Карского моря и восточной части Чукотского моря, в которых сохранялись обширные зоны чистой воды. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины октября по середину ноября, составило 2,81 млн км², т. е. на 23 % превысило среднее многолетнее значение (2,28 млн км²).

Интенсивность нарастания ледяного покрова по толщине также была достаточно велика, что прослеживалось по увеличению площади однолетних тонких льдов (диапазон толщины 30—70 см). Если в конце октября однолетние тонкие льды только появились в северной части морей Лаптевых, Восточно-Сибирском и Бофорта, то в середине ноября они распространились на значительную часть акватории этих морей.

Старые и остаточные однолетние льды занимали весь приполюсный район, гренландский и канадский секторы Арктики. В морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Бофорта сохранялись обширные языки остаточных льдов (рис. 2.4.4).

Сплощенные льды наблюдались по всей акватории океана и его окраинных морей. Свободной ото льда оставалась большая часть акваторий Баренцева, Карского и Чукотского морей. Характерной чертой развития ледяного покрова в ноябре стало экстремальное положение границы распространения дрейфующего льда в Баренцевом, юго-западной части Карского и восточной части Чукотского моря. В ноябре 2022 г. был установлен новый минимум распространения дрейфующих льдов в этих морях. Среди островов Канадского Арктического архипелага устано-

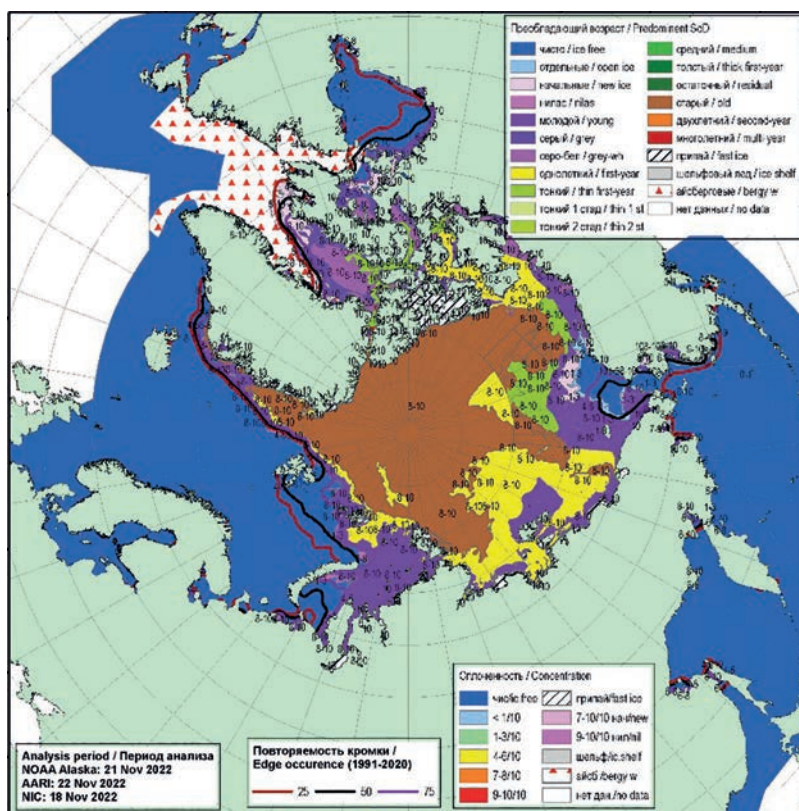


Рис. 2.4.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 18—22 ноября 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

вился сплошной припай. Припай также начал формироваться среди островов российских архипелагов Северная Земля и Новосибирские острова, а также вдоль побережий морей (рис. 2.4.5).

В ноябре наблюдалось сохранение поля дрейфа ледяного покрова в СЛО, которое сложилось в октябре. Был хорошо развит Трансарктический перенос льда, который сместился в восточную часть СЛО и брал свое начало из северных районов Восточно-Сибирского моря. Далее через приполюсный район поток льда выносился к Гренландии и затем в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов в Трансарктическом переносе была достаточно высокой (5—10 км/сут).

Канадский антициклонический круговорот был развит значительно слабее. Он охватывал преимущественно только акваторию моря Бофорта и выносил льды в северную часть Чукотского моря. Скорость дрейфа льдов на периферии круговорота составляла 5 км/сут.

В ноябре сохранялись две локальные структуры дрейфа — локальный циклонический круговорот в северной части моря Лаптевых и ветвь залива льдов в Восточно-Сибирском море. Скорость дрейфа льдов была невелика и составляла менее 5 км/сут. Обе локальные структуры дрейфа приводили к постоянному увеличению ледовитости в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском (рис. 2.4.6).

В декабре продолжилось увеличение площади и толщины ледяного покрова. Количество молодых и однолетних льдов, появившихся в СЛО и его морях с сере-

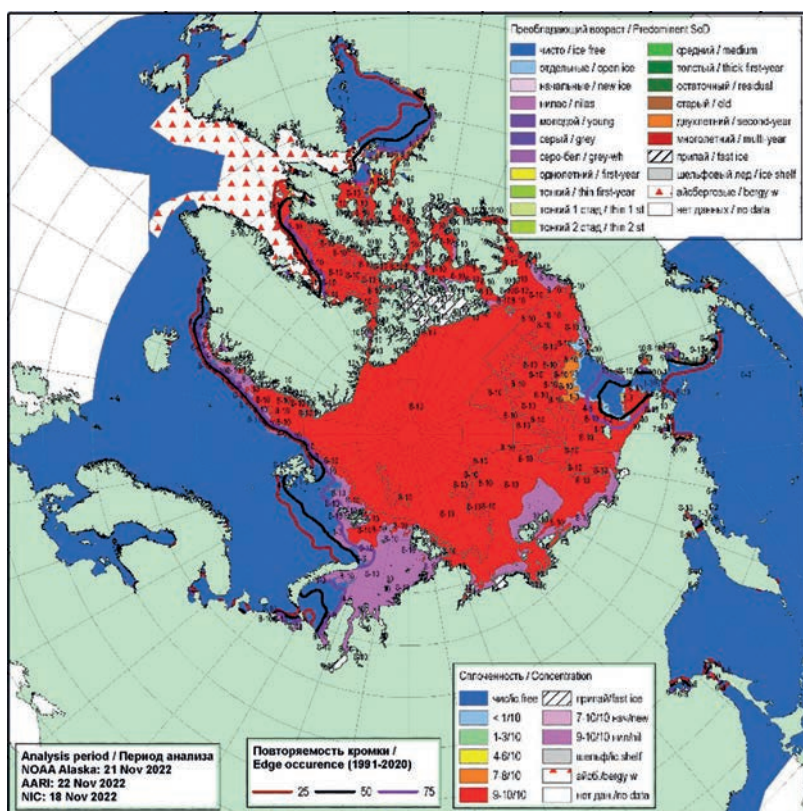


Рис. 2.4.5. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 18—22 ноября 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

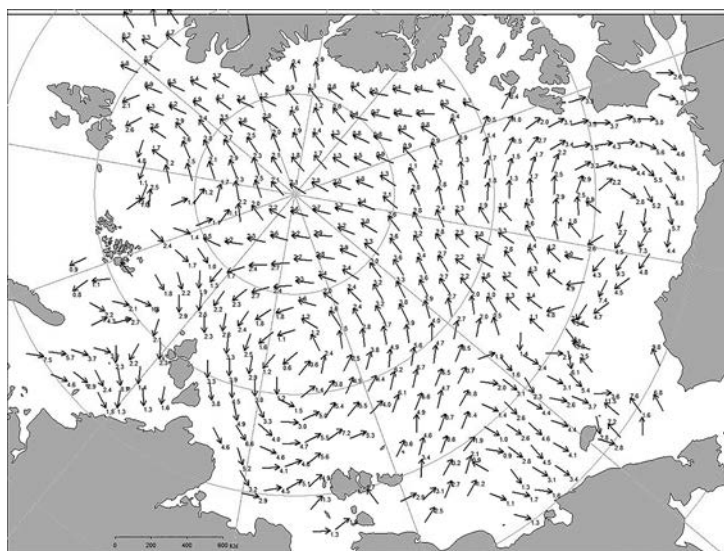


Рис. 2.4.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в ноябре 2022 г.

дины ноября по середину декабря, составило около 1,53 млн км², что оказалось на 13 % больше среднего многолетнего значения (1,35 млн км²). В декабре процесс увеличения площади ледяного покрова оказался таким же интенсивным, как и в ноябре.

В середине декабря ледообразование охватило всю северную часть Баренцева моря, большую часть Карского моря и практически все Чукотское море. Акватории этих морей были покрыты молодыми льдами. Свободными ото льда оставались акватории юго-западной части Карского моря и юго-восточной части Баренцева 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 (рис. 2.4.7).

По всей акватории СЛО и по акватории его морей сформировалось однородное поле льда сплошностью 9—10 баллов. Обширных разрывов и разряжений в ледяном покрове не наблюдалось. Граница распространения дрейфующих льдов в Гренландском и Баренцевом морях располагалась близко к своему среднему многолетнему положению. В течение декабря продолжилось развитие припая в районе архипелагов Северная Земля и Новосибирские острова. Обширный припай установился среди островов Канадского Арктического архипелага. В остальных морях припай установился вдоль побережья в средних границах. Заприпайные полыньи были развиты слабо (рис. 2.4.8).

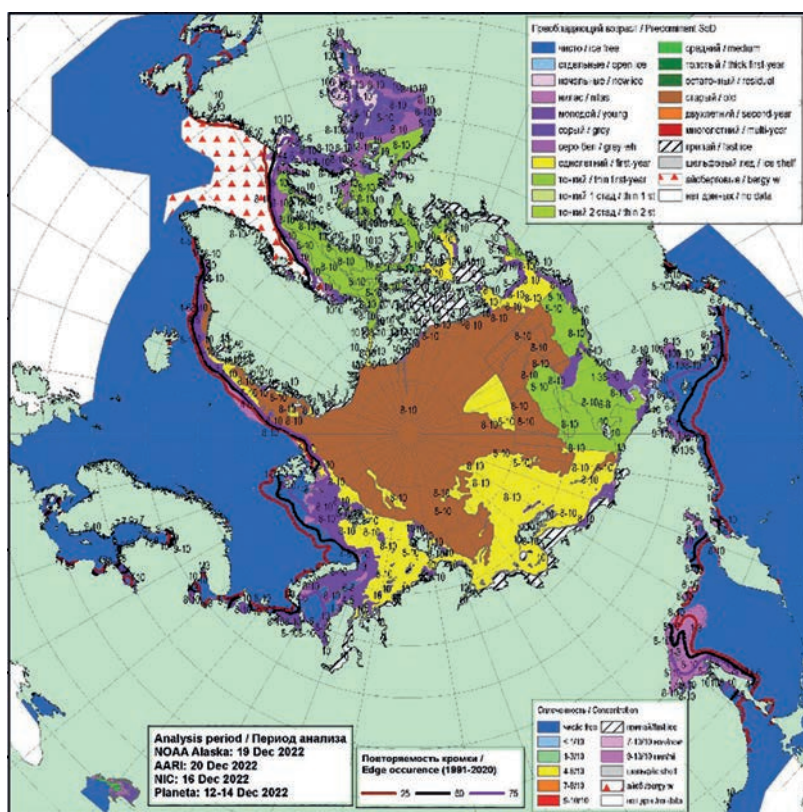


Рис. 2.4.7. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 12—20 декабря 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛЦ и НЛЦ США.

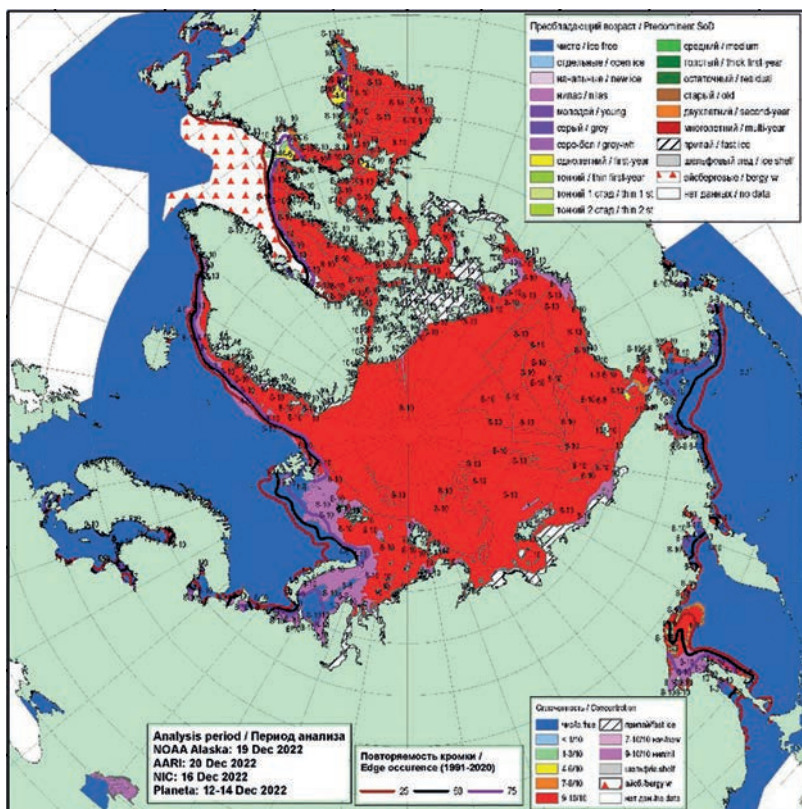


Рис. 2.4.8. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности льда за 12—20 декабря 2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

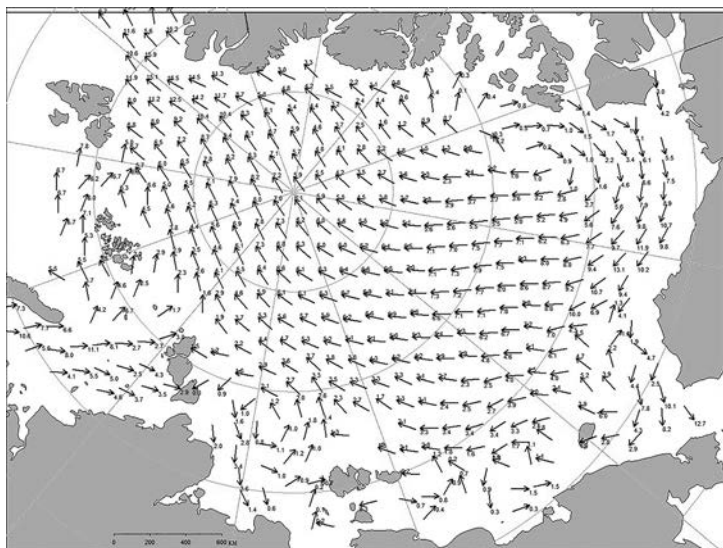


Рис. 2.4.9. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в декабре 2022 г.

В поле дрейфа льда наблюдалось практически полное отсутствие каких-либо крупномасштабных структур. Скорость дрейфа льда была низкой и составляла менее 5 км/сут. Непосредственно в СЛО наблюдалось малоградиентное поле дрейфа льдов, в котором выделялось несколько локальных потоков — выносной поток льда в пролив Фрама, небольшой поток из северной части Карского моря в Баренцево, поток льда из моря Бофорта вдоль чукотского побережья в западную часть Чукотского моря и восточную часть Восточно-Сибирского моря.

В декабре в поле дрейфа ледяного покрова произошли существенные изменения. Исчезли наблюдавшиеся в октябре — ноябре Трансарктический перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот, а также две слабо выраженные локальные структуры дрейфа в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском. Вместо них сформировался необычный для СЛО, но хорошо выраженный трансарктический перенос льдов, направленный от моря Бофорта к северным границам Баренцева и Карского морей и далее в пролив Фрама. Сформировавшийся трансарктический перенос выносил льды из моря Бофорта через приполюсный район в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов была невелика и составляла 5—10 км/сут (рис. 2.4.9).

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 минимальному значению и занимал третье место по рангу в ряду минимумов, уступая 2020 и 2021 гг. В результате летнего таяния, которое было менее интенсивным, чем в предыдущие годы, в текущем 2022 г. объем сохранившегося льда в конце периода таяния (в сентябре) оказался на четвертом месте по рангу в ряду минимумов, превышая объемы сохранившегося льда в 2019—2021 гг.

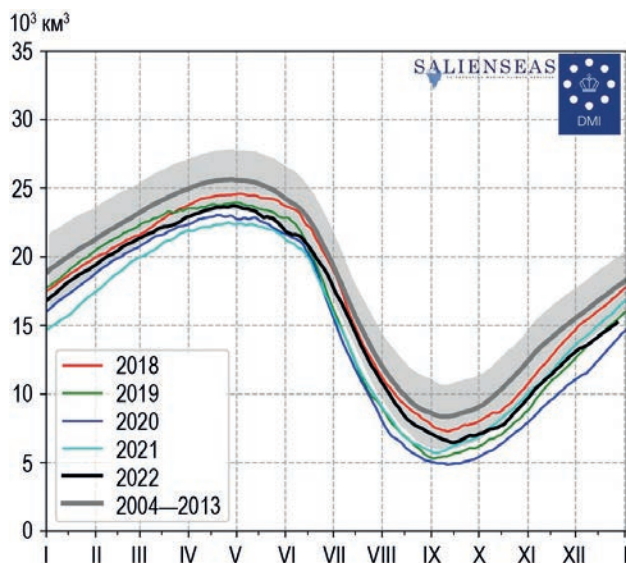


Рис. 2.4.10. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда в СЛО (10^3 км^3) на основе расчетов средневзвешенной толщины льда по совместной модели морского льда — океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института с 1 января 2004 г. по 26 декабря 2022 г.

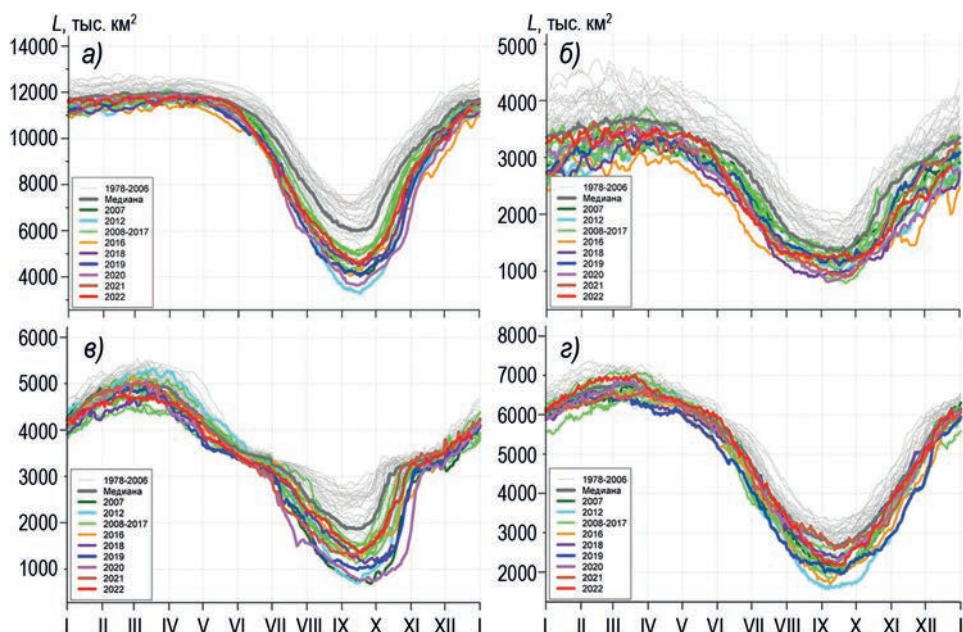


Рис. 2.4.11. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и трех меридиональных секторов за период с 26 октября 1978 г. по 2 декабря 2022 г. по годам на основе расчетов по данным SSMR — SSM/I — SSMIS — AMSR2.

- 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).

На рис. 2.4.11 приведены ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для СЛО и его отдельных секторов (за период с октября 1978 г. по декабрь 2022 г.) по годам на основе расчетов по данным SSMR—SSM/I, алгоритм NASATEAM.

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря 2022 г. составила 11,15 млн км² при норме 11,55 млн км², т. е. оказалась на 3,5 % меньше средних многолетних значений. Площадь распространения льдов в конце года в 2022 г. оказалась очень близка к среднему многолетнему значению за ряд наблюдений с 1978 по 2022 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—2022 гг. Однако в течение летнего периода общая площадь льдов существенно сократилась и к концу летнего периода таяния оказалась на 22 % меньше среднего многолетнего значения за весь ряд наблюдений с 1978 по 2022 г. По общей площади остаточного льда в середине сентября 2022 год стал двенадцатым по рангу в ряду минимумов в группе легких лет.

Развитие ледовых условий в разных секторах и в разные сезоны года выявило интересные особенности, проявившиеся в 2022 г. Основной вклад в формирование легких ледовых условий в течение года вносили моря западного меридионального сектора 95° в.д. — 170° з.д. (Гренландское, Баренцево и Карское моря), а основной вклад в значительную остаточную ледовитость в конце летнего периода принадлежит морям меридионального сектора 170 — 45° з.д. (море Бофорта и канадская Арктика) (рис. 2.4.11).

Развитие ледовых условий в 2022 г. в СЛО и его морях сохранило тенденцию, наблюдающуюся в последнее десятилетие. После аномально легкого развития ледовых условий в 2012 г. во все последующие годы, включая 2022 г., наблюдалось развитие умеренно малой ледовитости (на 5—10 % меньше средних многолетних значений) в течение всего года, кроме летнего периода. В летний период происходило значительное сокращение ледовитости и формировались легкие ледовые условия (ледовитость на 20—30 % меньше средних многолетних значений). В осенний сезон года (в ноябре — декабре) наблюдалось аномальное 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 увеличение толщины льда на устьевых участках рек Таз и Енисей (п. Игарка и п. Дудинка) наблюдалось в январе. В п. Караул наибольшее нарастание льда наблюдалось в феврале, а на реке Оби (п. Салехард) — в марте. Со второй декады января по конец апреля на реке Енисей в районе п. Игарка нарастания льда не отмечалось.

В табл. 2.5.1 приведены данные о нарастании льда по толщине ежемесячно с января по апрель.

Таблица 2.5.1

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

Река	Пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
		H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
Обь	Салехард	72	+9	80	+8	90	+10	91	+1
Таз	Тазовское	88	+20	102	+14	105	+3	112	+7
Енисей	Игарка	80	+11	80	0	80	0	80	0
	Дудинка	106	+36	119	+13	130	+11	136	+6
	Караул	74	+19	97	+23	113	+16	119	+6

На устьевых участках рек бассейна Карского моря толщина льда на конец апреля была меньше средних многолетних значений на 10—20 см повсеместно за исключением реки Енисей (п. Дудинка), где толщина льда на 5 см превышала среднее многолетнее значение.

В табл. 2.5.2 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, т. е. период, когда толщина льда близка к максимальному значению.

Высота снега на льду в конце апреля составила: на р. Таз 36—50 см, на р. Енисей 26—70 см, на р. Оби 5—10 см.

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

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

Река	Пункт	Толщина, см		
		2022 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	91	101	-10
Таз	Тазовское	112	132	-20
Енисей	Игарка	80	96	-16
	Дудинка	136	131	+5
	Караул	119	134	-15

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	91	+28	129	+38	144	+15	149	+5
Енисейский залив	Сопочная Карга	97	+26	111	+14	123	+12	133	+10

Наибольшее нарастание льда по толщине на устьевых взморьях реки Енисей наблюдалось в январе, а на реке Оби — в феврале.

В табл. 2.5.4 приведены аномалии толщины льда на устьевом взморье рек Оби и Енисей на конец апреля, т. е. период, когда толщина льда близка к максимальному значению.

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		
		2022 г.	Среднее	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	149	141	+8
Енисейский залив	Сопочная Карга	133	163	-30

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье реки Оби превышала среднее многолетнее значение на 8 см, а на устьевом взморье реки Енисей была меньше среднего многолетнего на 30 см.

Высота снега на льду в конце апреля составила 22 см в п. Новый Порт и 46 см в п. Сопочная Карга.

Характеристика процесса вскрытия

Признаком начала разрушения льда весной является образование закраин.

Появление воды на льду и закраины на устьевом участке реки Оби отмечено в конце первой декады мая. На реке Таз вода на льду появилась в первой декаде мая, а закраины — в начале третьей декады мая. На реке Енисей появление воды на льду и закраин наблюдалось во второй — начале третьей декады мая. Подвижки льда на реке Оби отмечены в середине второй декады мая, на реке Енисей — с середины второй декады по середину третьей декады мая. На реке Таз подвижек льда не наблюдалось. Заторы льда были отмечены на реке Енисей (п. Игарка и п. Дудинка) во второй декаде мая.

Весенний ледоход и очищение ото льда на устьевых участках рек Оби, Енисей и Таз начались раньше средних многолетних сроков на 4—13 дней.

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

В табл. 2.5.5 приведены сроки начала весеннего ледохода и очищения 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		
		2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	18.05	24.05	–6	24.05	28.05	–4
Таз	Тазовское	27.05	09.06	–13	29.05	11.06	–13
Енисей	Игарка	22.05	27.05	–5	24.05	05.06	–12
	Дудинка	25.05	03.06	–9	31.05	10.06	–10
	Караул	29.05	07.06	–9	05.06	15.06	–10

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

Таблица 2.5.6

Сроки вскрытия, очищения и их аномалии на устьевых взморьях рек Оби и Енисей					
Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	02.06	18.06	–16
		Очищение ото льда	04.06	26.06	–22
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	11.06	19.06	–8
		Очищение ото льда	16.06	26.06	–10

Вода на льду, закраины и подвижки льда на устьевых взморьях рек бассейна Карского моря не были отмечены. Взлом припая и очищение устьевых участков рек Оби и Енисей произошли раньше средних многолетних сроков на 8—22 дня.

Продолжительность ледохода в Обской губе и в Енисейском заливе составила 2—5 дней.

Характеристика процесса замерзания

Замерзание крупных рек бассейна Карского моря, как правило, начинается с появления заберегов. Осенью 2022 г. появление заберегов зафиксировано на 7—18 дней позже средних многолетних сроков. На реке Енисей (п. Игарка) заберегов не отмечалось.

Устойчивое появление плавающего льда и ледостав также отмечены на 4—17 дней позже средних многолетних сроков. Продолжительность периода с плавающим льдом составила 1—5 дней на реке Енисей и 7—11 дней на реках Обь и Таз.

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

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

Таблица 2.5.7

Сроки наступления ледовых явлений и их аномалии на устьевых участках рек

Река, пункт	Дата появления заберегов			Дата устойчивого появления плавучего льда			Дата ледостава		
	2022 г.	Средняя*	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя*	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя*	Аномалия, сутки
Обь, Салехард	27.10	20.10	+7	27.10	23.10	+4	07.11	30.10	+8
Таз, Тазовское	23.10	10.10	+13	23.10	12.10	+11	30.10	14.10	+16
Енисей, Игарка	нб	17.10	—	31.10	17.10	+14	05.11	22.10	+14
Енисей, Дудинка	02.11	15.10	+18	02.11	18.10	+15	07.11	24.10	+14
Енисей, Караул	01.11	14.10	+18	05.11	19.10	+17	06.11	22.10	+15

*Средняя за весь период наблюдений.

Таблица 2.5.8

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

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Устойчивое появление плавучего льда	26.10	12.10	+14
		Полное замерзание	05.11	20.10	+16
Енисейский залив	Сопочная Карга	Устойчивое появление плавучего льда	31.10	12.10	+19
		Полное замерзание	10.11	23.10	+18

На устьевом взморье появление плавучего льда и полное замерзание происходило на 14—19 дней позже средних многолетних сроков. Продолжительность периода с плавучим льдом составила 10 дней.

Наращение льда в осенне-зимний период

В табл. 2.5.9 приведены данные о нарастании льда по толщине за ноябрь — декабрь, а в табл. 2.5.10 — аномалии толщины льда в конце декабря по отношению к средним многолетним значениям на устьевых участках рек.

Таблица 2.5.9

Толщина льда (H , см) и его нарастание (ΔH , см) в осенне-зимний период
на устьевых участках рек Карского моря

Река	Пункт	31 октября	30 ноября		31 декабря	
		H	H	ΔH	H	ΔH
Обь	Салехард	—	50	+50	81	+31
Таз	Тазовское	—	49	+49	66	+17
Енисей	Игарка	—	28	+28	56	+28
	Дудинка	—	37	+37	67	+30
	Караул	—	42	+42	66	+24

Наибольшее нарастание льда по толщине с момента начала ледообразования на устьевых участках рек Оби, Таз и Енисей (п. Дудинка и п. Караул) наблюдалось в ноябре. На реке Енисей (п. Игарка) нарастание льда в ноябре и декабре было равномерным.

Таблица 2.5.10

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

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2022 г.	Среднее	Аномалия
Обь	Салехард	81	62	+19
Таз	Тазовское	66	77	-11
Енисей	Игарка	56	59	-3
	Дудинка	67	72	-5
	Караул	66	82	-16

Толщина льда в конце декабря 2022 г. на устьевых участках реки Оби была больше средних многолетних значений на 19 см, а на реках Таз и Енисей — меньше на 3—16 см.

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

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

Таблица 2.5.11

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

Устьевое взморье	Пункт	31 октября	30 ноября		31 декабря	
		H	H	ΔH	H	ΔH
Обская губа	Новый Порт	—	35	+35	68	+33
Енисейский залив	Сопочная Карга	—	56	+56	82	+26

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		
		2022 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	68	77	-9
Енисейский залив	Сопочная Карга	82	96	-14

В осенне-зимний период наибольшее нарастание льда на устьевых взморьях рек Оби и Енисей наблюдалось в ноябре (с момента начала ледообразования).

Толщина льда в конце декабря 2022 г. на устьевом взморье рек Оби и Енисей была меньше средних многолетних значений на 9—14 см.

Высота снега на льду на конец декабря на устьевом взморье реки Енисей составила 7 см, на устьевом взморье реки Оби — 33 см.

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

Нарастание льда в зимне-весенний период

Наибольшее нарастание льда по толщине на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых отмечено в январе. Исключение составил п. Кюсюр (река Лена), где наибольшее нарастание льда наблюдалось в марте. С января по апрель во всех пунктах отмечено увеличение толщины льда.

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

Таблица 2.5.13

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

Река	Пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
		H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
Хатанга	Хатанга	120	+33	142	+22	—	—	131*	—
Оленёк	Тюмети	88	+12	95	+7	102	+7	103	+1
	Усть-Оленёк	152	—	160	+8	170	+10	179	+9
Лена	Кюсюр	104	+22	127	+23	156	+29	157	+1
	Хабарово	151	+45	187	+36	199	+12	206	+7
Яна	(Бык, протока)								
	Юбилейная	106	+24	118	+12	126	+11	135	+6

*Данные за 25 апреля 2022 г.

В табл. 2.5.14 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, т. е. в период, когда нарастание льда близко к максимальному.

Таблица 2.5.14

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

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2022 г.	Среднее	Аномалия
Хатанга	Хатанга	131*	151	–20*
Оленёк	Тюмети	103	136	–33
	Усть-Оленёк	179	190	–11
Лена	Кюсюр	157	173	–16
	Хабарово	206	224	–18
Яна	(Бык, протока)			
	Юбилейная	135	150	–15

*Данные за 25 апреля 2022 г.

Толщина льда в конце апреля на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых была значительно ниже средних многолетних значений (на 11—33 см).

Высота снега на льду в конце апреля составила: на реке Оленёк 21—25 см, на реке Хатанге 26—35 см, на реке Яне 36—50 см. В устьевой части реки Лены (п. Хабарово) высота снега не превышала 5 см, а в п. Кюсюр составила 21—25 см.

Характеристика процесса вскрытия

На устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых появление воды на льду наблюдалось в третьей декаде мая повсюду, кроме реки Хатанги, где появление воды на льду отмечено во второй декаде мая.

Закраины отмечены в третьей декаде мая везде за исключением рек Хатанги, Яны и Оленёк, где закраины не наблюдались.

Подвижки на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых отмечались в п. Хатанга и в п. Кюсюр в третьей декаде мая. На реке Оленёк (п. Тюмети) в третьей декаде мая процесс вскрытия сопровождался образованием заторов.

Начало весеннего ледохода и очищения на реках Хатанге и Оленёк происходило раньше средних многолетних сроков на 3—13 дней, на реке Лене — в сроки,

близкие к средним многолетним, на реке Яне — в сроки, соответствующие средним многолетним. Продолжительность ледохода составила: на реке Хатанге 3 дня, на реке Оленёк от 1 до 4 дней, на реке Лене от 3 до 8 дней, на реке Яне — 8 дней.

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		
		2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	31.05	11.06	–11	03.06	16.06	–13
Оленёк	Тюмети	27.05	01.06	–5	31.05	11.06	–11
	Усть-Оленёк	12.06	15.06	–3	13.06	19.06	–6
Лена	Кюсюр	01.06	31.05	+1	09.06	08.06	+1
	Хабарово (Бык, протока)	05.06	06.06	–1	08.06	12.06	–4
Яна	Юбилейная	28.05	28.05	0	05.06	05.06	0

Характеристика процесса замерзания

Появление заберегов на устьевых участках рек моря Лаптевых началось позже средних многолетних сроков на 1—3 дня.

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

Устойчивое появление плавучего льда и ледостав были отмечены позже средних многолетних сроков на 1—10 дней.

Продолжительность периода с плавучим льдом составила 1—23 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		
	2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга, Хатанга	06.10	—	—	12.10	02.10	+10	14.10	04.10	+10
Оленёк, Тюмети	02.10	29.09	+3	06.10	01.10	+5	11.10	10.10	+1
Оленёк, Усть-Оленёк	нб	30.09	—	08.10	02.10	+6	09.10	06.10	+3
Лена, Кюсюр	09.10	08.10	+1	10.10	09.10	+1	02.11	23.10	+10
Лена, Хабарово (Бык. протока)	нб	12.10	—	15.10	12.10	+3	25.10	19.10	+6
Яна, Юбилейная	нб	28.09	—	06.10	01.10	+5	11.10	06.10	+5

*За весь период наблюдений.

Нарастание льда в осенне-зимний период

В табл. 2.5.17 приведены данные об увеличении толщины льда за ноябрь — декабрь, а в табл. 2.5.18 — толщина льда и ее аномалия на конец декабря.

Таблица 2.5.17

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

Река	Пункт	31 октября	30 ноября		31 декабря	
		H	H	ΔH	H	ΔH
Хатанга	Хатанга	10	—	—	80	—
Оленёк	Тюмети	19	43	+24	67	+24
	Усть-Оленёк	31	54	+23	98	+44
Лена	Кюсюр	—	67*	+67	89	+22
	Хабарово	9	85	+76	118	+33
Яна	(Бык, протока)					
	Юбилейная	20	35	+15	46	+11

*Данные за 25 ноября 2022 г.

В осенне-зимний период наибольшее нарастание льда с момента начала ледообразования на устьевых участках рек Лены и Яны наблюдалось в ноябре, на устьевых участках реки Оленёк (п. Усть-Оленёк) — в декабре. В п. Тюмети в ноябре и декабре наблюдалось равномерное нарастание.

Таблица 2.5.18

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

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2022 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	80	—	—
Оленёк	Тюмети	67	80	–13
	Усть-Оленёк	98	102	–4
Лена	Кюсюр	89	88	+1
	Хабарово	118	118	0
Яна	(Бык, протока)			
	Юбилейная	46	70	–24

На устьевых участках рек Оленёк и Яны толщина льда в конце декабря была меньше средних многолетних значений на 4—24 см. На реке Лене значения толщины льда были близкими к средним многолетним.

Высота снега на льду в рассматриваемых пунктах на конец декабря составляла 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 конец месяцев в зимне-весенний период на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря.

Максимальное нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря по имеющимся данным наблюдалось на реке Индигирке в январе, на реке Колыме в феврале.

В табл. 2.5.20 приведены толщина льда и ее аномалии в период, близкий к максимальному нарастанию льда (конец апреля).

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	134	+35	151	+17	164	+13	168	+4
Колыма	Колымское	76	—	111	+35	113	+2	112	–1
	Черский	80	+12	103	+23	113	+10	115	+2

Таблица 2.5.20

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

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2022 г.	Среднее	Аномалия
Индиگیرка	Чокурдах	168	163	+5
Колыма	Колымское	112	140	–28
	Черский	115	128	–13

Толщина льда в конце апреля на устьевом участке реки Колымы была меньше средних многолетних значений на 13—28 см, а на реке Индиگیرке — больше средних значений на 5 см. Высота снега на реке Индиگیرке составила 11—15 см, на реке Колыме — 26—35 см.

Характеристика процесса вскрытия

Вода на льду на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря была отмечена в первой и третьей декадах мая (кроме п. Колымское, где вода на льду не наблюдалась). Закраины появились в третьей декаде мая. Подвижки на реке Колыме наблюдались в третьей декаде мая. В пункте Чокурдах подвижки отмечены 1 июня. На устьевых участках рек Колымы и Индиگیرки заторов не наблюдалось.

Весенний ледоход и очищение ото льда на реках Индиگیرка и Колыма начались раньше средних многолетних сроков на 1—7 дней. Продолжительность ледохода составила 2—6 дней.

В табл. 2.5.21 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Индиگیرки 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		
		2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Индиگیرка	Чокурдах	05.06	06.06	–1	07.06	09.06	–2
Колыма	Колымское	25.05	29.05	–4	28.05	03.06	–6
	Черский	25.05	01.06	–7	31.05	06.06	–6

Характеристика процесса замерзания

Появление заберегов на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря отмечено: на реке Индиگیرке позже средних многолетних сроков на 5 дней, на реке Колыме на 2 дня.

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

Появление плавучего льда на устьевых участках реки Индиگیرки отмечалось позже средних многолетних сроков на 3 дня, на реке Колыме — в сроки, близкие

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		
	2022 г.	Средняя*	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя*	Аномалия, сутки	2022 г.	Средняя*	Аномалия, сутки
Индигирка,	08.10	03.10	+5	09.10	06.10	+3	13.10	09.10	+4
Чокурдах									
Колыма,	08.10	06.10	+2	09.10	08.10	+1	14.10	12.10	+2
Колымское									
Колыма,	08.10	06.10	+2	09.10	08.10	+1	14.10	12.10	+2
Черский									

*За весь период наблюдений.

к средним многолетним. Становление ледостава на реке Индигирке наблюдалось позже средних многолетних сроков на 4 дня, на реке Колыме — на 2 дня.

Продолжительность периода с плавающим льдом составила 4—5 дней.

Нарастание льда в осенне-зимний период

В табл. 2.5.23 приведены данные об увеличении толщины льда на устьевых участках рек Индигирки и Колымы за октябрь — декабрь, а в табл. 2.5.24 — аномалии толщины льда в декабре по отношению к средней многолетней величине.

Для п. Колымское данные измерений за 31 декабря отсутствуют.

Таблица 2.5.23

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

Река	Пункт	31 октября	30 ноября		31 декабря	
		H	H	ΔH	H	ΔH
Индигирка	Чокурдах	21	53	+32	71	+18
Колыма	Колымское	—	43	+43	—	—
	Черский	—	37	+37	53	+16

Максимальное нарастание толщины льда (с момента начала ледообразования) на устьевых участках рек Индигирки и Колымы отмечено в ноябре.

Таблица 2.5.24

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

Река	Пункт	Толщина льда, см		
		2022 г.	Среднее	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	71	87	–16
Колыма	Колымское	—	74	—
	Черский	53	61	–8

В конце декабря толщина льда на устьевых участках рек Индигирки и Колымы (п. Черский) составляла на 8—16 см меньше средних многолетних значений.

Высота снега на льду на конец декабря на устьевых участках реки Колымы (п. Колымское) не определялась, в п. Черский снега на льду не наблюдалось. На устьевых участках реки Индигирки высота снега составила 11—15 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 2022 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ИТР (Ice-Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающими непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1.1, рис. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

**Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью,
выполненных на акватории СЛО в 2022 г.
и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ**

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 122	01.04.2022	27.09.2022	701
2	ИТР 123	01.04.2022	31.07.2022	486
3	ИТР 126	01.04.2022	27.09.2022	359
4	ИТР 127	01.04.2022	27.09.2022	359
5	ИТР 129	01.04.2022	30.08.2022	605

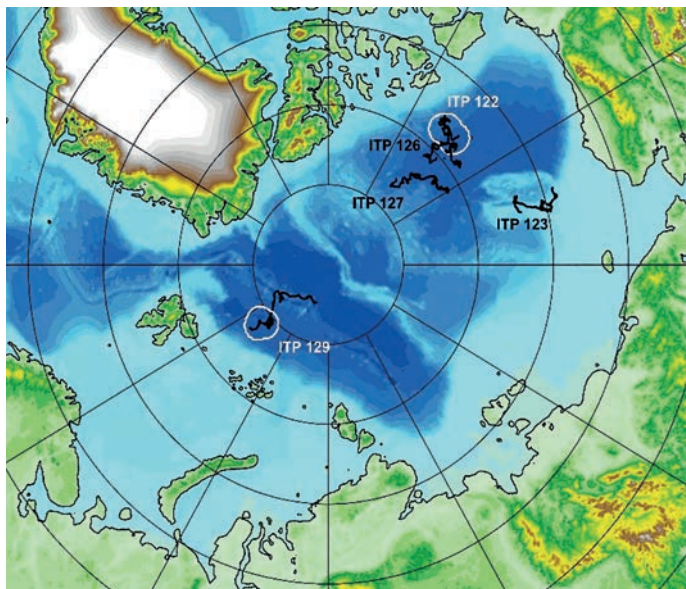


Рис. 3.1.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в 2022 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ.

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в 2022 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености по данным предварительно выделенной группы океанографических станций. Использовались данные ИТР 129 в котловине Нансена Евразийского суббассейна и данные ИТР 122 в Канадской глубоководной котловине (рис. 3.1.1). Для выделенной группы станций рассчитывались основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солености. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическими средними и их стандартными отклонениями, рассчитанными за климатический период с 1991 по 2020 г., принятый за климатическую норму, для этого же района. Область поиска исторических данных (см. рис. 3.1.1, белый контур) была на 50—100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, данные которых использовались для анализа в 2022 г.

Амеразийский суббассейн

Во втором квартале 2022 г. в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 122 поверхностный слой был более соленым (29,46 ‰) по сравнению с климатической нормой (28,24 ‰). Аномалия составила 1,22 ‰ (рис. 3.1.2). В третьем квартале 2022 г. поверхностный слой был незначительно распреснен (26,85 ‰) по сравнению с климатической нормой (27,49 ‰). Аномалия составила –0,64 ‰ (рис. 3.1.3).

В свою очередь, температура поверхностного слоя во втором и третьем кварталах 2022 г. была на 0,1 °C ниже по сравнению с климатической нормой.

Под верхним перемешанным слоем на глубине более 40 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33 ‰. Максимальное значение температуры слоя ЛТВ по данным ИТР 122 во втором и третьем кварталах 2022 г. составило –0,15 °C, превысив климатическую норму на 0,6—0,7 °C.

Также было отмечено незначительное увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 155—160 м (140 м согласно климатическим данным).

На глубине 160—190 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью, равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 122 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 170—190 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на глубине 150—160 м.

На глубине более 180 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °C) по данным второго и третьего кварталов 2022 г. располагалась на глубине 280 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,8 °C (глубина 485 м), что соответствует климатической норме и свидетельствует об отсутствии как положительно, так и отрицательного тренда температуры АВ в Амеразийском суббассейне СЛО.

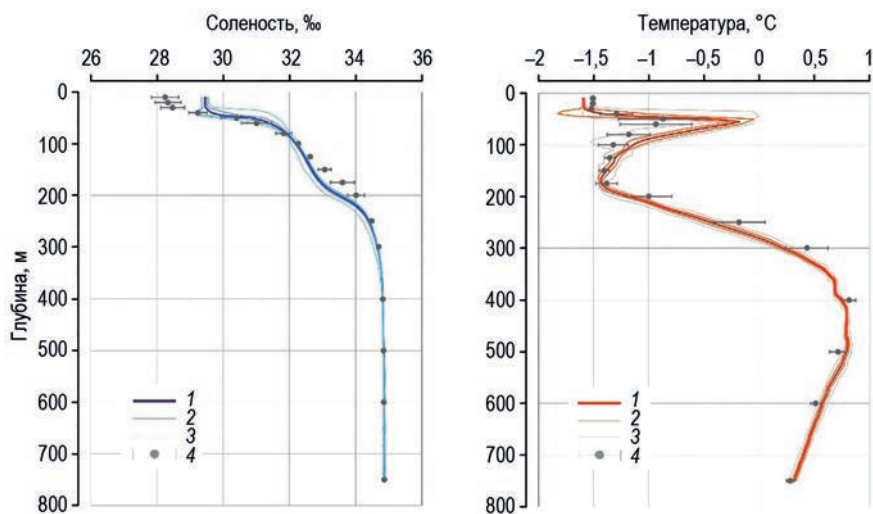


Рис. 3.1.2. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле — июне 2022 г. по результатам измерений профилографа ГТР 122.

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

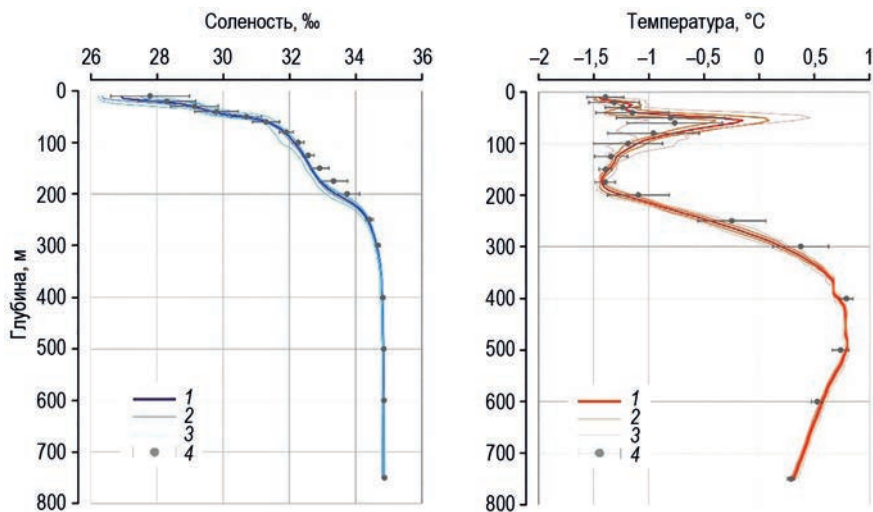


Рис. 3.1.3. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в сентябре 2022 г. по результатам измерений профилографа ГТР 122.

Условные обозначения см. рис. 3.1.2.

Евразийский суббассейн

Поверхностный слой в Евразийском суббассейне в 2022 г. по данным ИТР 129 характеризовался незначительными отрицательными значениями аномалии солености, изменяющимися от $-0,08\text{ ‰}$ в первом квартале до $-0,3\text{ ‰}$ во втором (рис. 3.1.4 и 3.1.5).

Максимальное значение температуры воды в ядре АВ во втором квартале 2022 г. достигло $1,51\text{ °C}$ на глубине 200 м, превысив климатическую норму на данном горизонте на $0,1\text{ °C}$ (рис. 3.1.4). При этом на глубине 300 м температура АВ была на $0,27\text{ °C}$ ниже среднего климатического значения ($1,78\text{ °C}$).

В третьем квартале 2022 г. максимальное значение температуры воды в ядре АВ достигло $1,78\text{ °C}$ на глубине 215 м (рис. 3.1.5), что ниже климатической нормы на $0,3\text{ °C}$ (250 м).

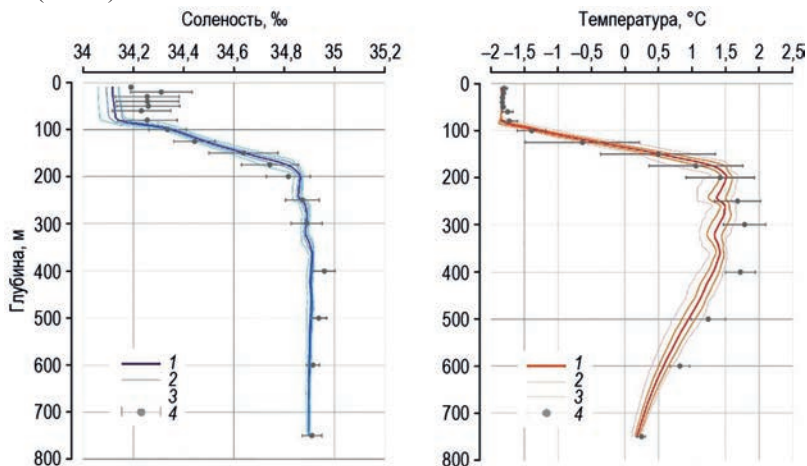


Рис. 3.1.4. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Евразийском суббассейне в апреле — июне 2022 г. по результатам измерений профилографа ИТР 129.

Условные обозначения см. рис. 3.1.2.

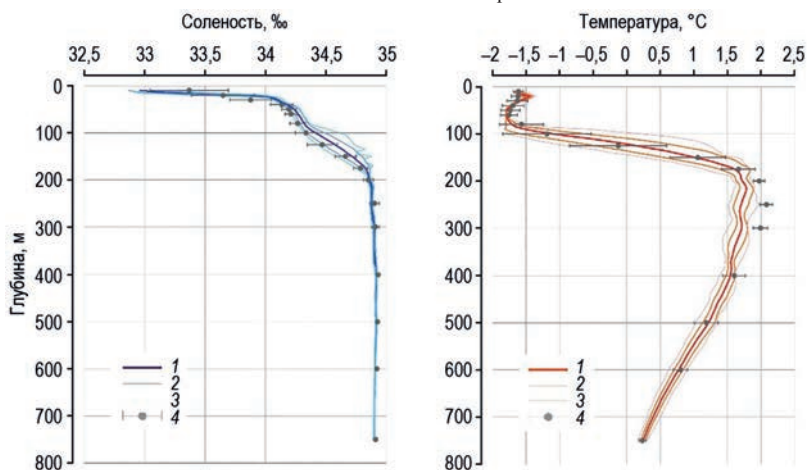


Рис. 3.1.5. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Евразийском суббассейне (котловина Нансена) в августе 2022 г. по результатам измерений профилографа ИТР 129.

Условные обозначения см. рис. 3.1.2.

3.2. УРОВЕНЬ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

В 2022 г. наблюдения за уровнем в Карского моря проводились на восьми станциях, четыре из которых расположены в юго-западной части моря: им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос), Амдерма, Усть-Кара, им. М.В. Попова (о-в Белый), и четыре — в северо-восточной части моря: мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Фёдорова (мыс Челюскина), остров Диксон и Сопочная Карга. Наблюдения за уровнем моря Лаптевых проводились на четырех станциях (Анабар, мыс Кигилях, пролив Санникова, остров Котельный). Чукотское и Восточно-Сибирское моря наблюдениями за уровнем моря освещены не были.

На станции им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) наблюдения велись с января по май и с июля по середину ноября, на станции Усть-Кара — с перерывами в июне и ноябре, на станции мыс Стерлегова не было наблюдений за уровнем в июле — августе и с середины октября до конца года, на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (мыс Челюскина) наблюдения проводились с января по июнь, а также в августе — сентябре и конце декабря. Также стоит отметить, что на станции им. М.В. Попова (о-в Белый) наблюдения проводились только с середины июля по середину октября, а на станции Амдерма измерения не проводились только в декабре.

На станции Тикси наблюдения, прерванные в конце 2010 г., до сих пор не возобновлены. На станциях о-в Визе, о-ва Известий ЦИК, Новый Порт и о-в Голомянный наблюдения, прекращенные ранее, возобновлены также не были. Относительно полные наблюдения в течение года были выполнены только на двух станциях в Карском море (Сопочная Карга и о-в Диксон) и четырех станциях в море Лаптевых.

На протяжении 2022 г. колебания уровня на всех станциях Карского моря, как в его юго-западной, так и в северо-восточной части, преимущественно происходили на повышенном фоне. Аномалии среднегодовых значений уровня составили +15 см на станции Амдерма, +18 см на станции Е.К. Федорова (бывш. Мыс Болванский Нос), +15 см на станции Усть-Кара, +12 см на станции Сопочная Карга, + 23 см на станции о-в Диксон.

В море Лаптевых на станциях, расположенных на Новосибирских островах, аномалии среднегодового уровня составили: +4 см на станции мыс Кигилях, +18 см на станции пр. Санникова и +15 см на станции о-в Котельный.

На станции Анабар (юго-запад моря Лаптевых) среднегодовая аномалия уровня составила +34 см (в 2020 г. +21 см, в 2021 г. +26 см).

Сезонные колебания уровня арктических морей

Как правило, сезонные колебания уровня арктических морей отличаются хорошо выраженным годовым ходом, характеризующимся минимумом весной (март — май) и максимумом осенью (сентябрь — ноябрь). В 2022 г. сезонные колебания уровня в целом были близки к типичным, так же как и в 2021 г., однако в некоторых случаях отмечались существенные отклонения.

В первую очередь необходимо отметить, что на станциях юго-западной части Карского моря в 2022 г. с января по март среднемесячные значения аномалий уровня моря были выше средних многолетних значений (от +4 до +29 см). В апреле среднемесячные значения аномалии уровня по данным станций Амдерма, Усть-Кара и им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) понизились и были близки к среднемесячным значениям (–3, –1 и –3 см соответственно) (рис. 3.2.1). В мае на-

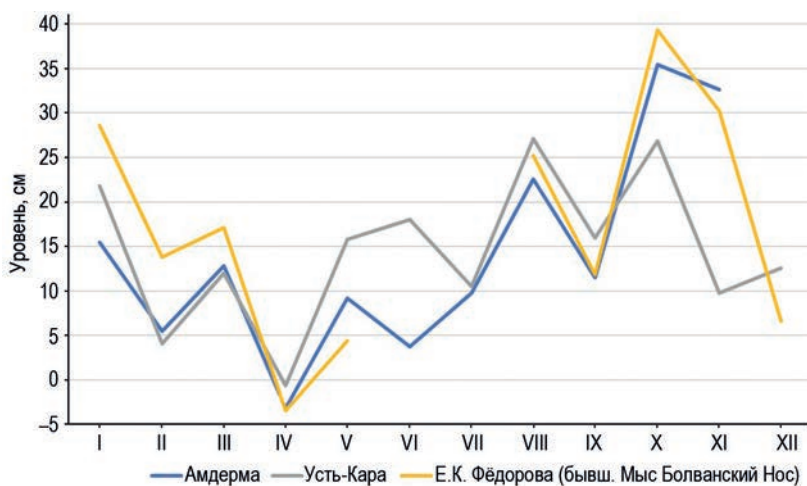


Рис. 3.2.1. Изменения среднемесячного значения уровня на станциях юго-западной части Карского моря в 2022 г.

чинается плавное повышение среднемесячных значений уровня на этих станциях с максимумом в октябре (Амдерма +35 см, Усть-Кара +27 см и им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) +39 см). Затем к декабрю происходит понижение среднемесячных значений уровня до +7 см на станции им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) и +12 см на станции Усть-Кара.

Самая большая аномалия среднемесячного значения уровня моря на станциях юго-западной части Карского моря в 2022 г. была зафиксирована на станции им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) в октябре, когда она достигла +39 см.

На востоке Карского моря измерения уровня моря проводились с перерывами, из-за чего достоверно оценить сезонную изменчивость уровня моря довольно сложно. По данным станций о-в Диксон, Сопочная Карга, ГМО им. Е.К. Фёдорова и мыс Стерлегова типичный сезонный ход уровня арктических морей выражен менее ярко, чем на юго-западе. Здесь в период с января по апрель колебания среднемесячных аномалий уровня моря происходили в диапазоне от -11 до +25 см (рис. 3.2.2).

В июне произошло сезонное повышение среднемесячных значений уровня моря до +48 см на станции о-в Диксон и до +37 на станции Сопочная Карга, связанное с весенним половодьем. Позднее, во второй половине года, среднемесячные значения уровня моря оставались на повышенном фоне. Только в сентябре значения понизились до средних многолетних (до +7 см на станции о-в Диксон и -11 см на станции Сопочная Карга).

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рис. 3.2.3) с января (-16 см) по июнь происходило постепенное повышение среднемесячных значений уровня. В июне было зафиксировано самое высокое значение среднемесячной аномалии уровня моря, которое составило +89 см. Затем значения понизились, но все равно находились на повышенном фоне и не опускались ниже +37 см.

В районе Новосибирских островов (см. рис. 3.2.3) на станции пролив Санникова с января по май отмечались значения уровня моря ниже средних многолетних (аномалии от -17 до 0 см), на станции мыс Кигилях в это время среднемесячный уровень изменялся слабо (аномалии от +4 до +9 см), а на станции о-в Котельный после

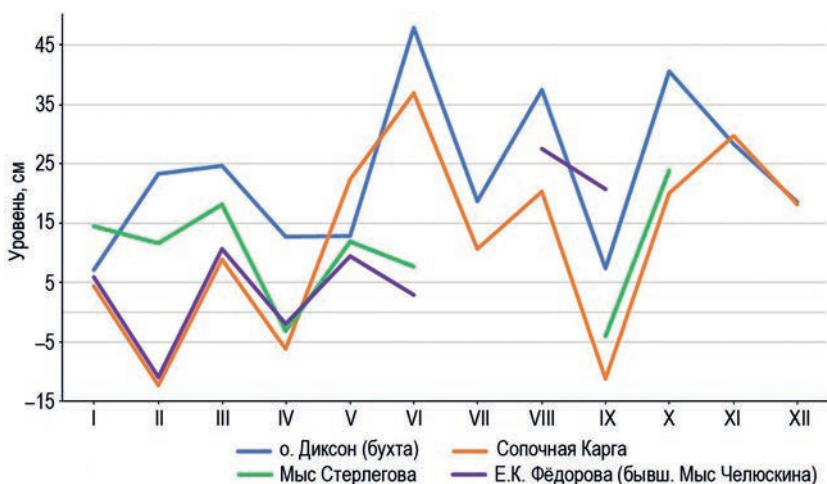


Рис. 3.2.2. Изменения среднемесячного значения уровня на станциях восточной части Карского моря в 2022 г.

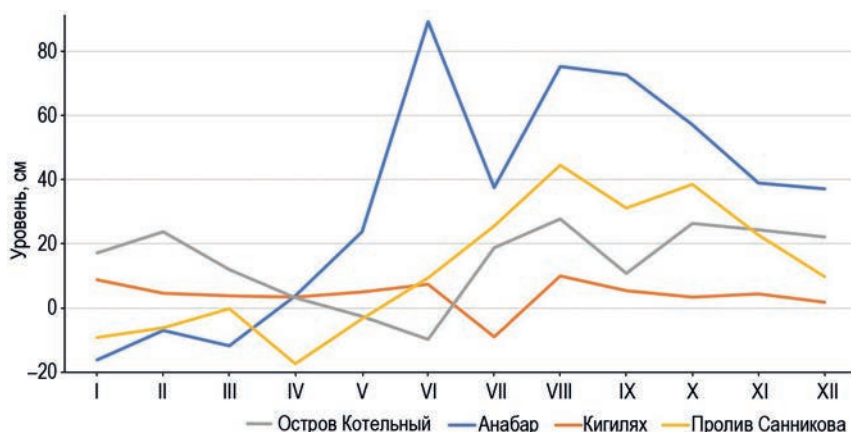


Рис. 3.2.3. Изменения среднемесячного уровня на станциях моря Лаптевых в 2022 г.

максимума, наблюдавшегося в феврале (аномалия +24 см), среднемесячный уровень опустился в мае до –10 см.

Во второй половине года колебания уровня в этом районе происходили на повышенном фоне с максимумом в августе, когда аномалия среднемесячного уровня составила на станции пролив Санникова +44 см, а на станции о-в Котельный +28 см.

Сгонно-нагонные колебания уровня

Так же как в и последние несколько лет, в 2022 г. отмечены существенные изменения в режиме сгонно-нагонных колебаний уровня арктических морей. Ранее 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, а в 2015 г. — преимущественно в ноябре — январе или июле — августе. В 2016 и 2017 гг. наиболее значительные сгонно-на-

гонные колебания наблюдались в январе — апреле. В 2018 г. особо стоит отметить значительные сгонно-нагонные колебания в начале и в конце года. В 2019 и 2021 гг. для Карского моря максимумы сгонно-нагонных колебаний наблюдались в различные периоды времени в зависимости от района, где размещена та или иная станция.

Для юго-западной части Карского моря довольно сложно провести оценку сгонно-нагонных колебаний уровня за 2022 г. в связи с тем, что полный набор данных за весь год здесь имеет многочисленные пропуски. По имеющимся данным самый значительный сгон здесь отмечался в период 9—11 апреля, когда уровень на станциях им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос), Амдерма и Усть-Кара опустился ниже средних отметок на 46, 50 и 43 см соответственно.

Наиболее существенный нагон в юго-западной части Карского моря отмечался 13—14 августа. На станциях им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) и Усть-Кара уровень поднялся в этот период на 90 см выше средних многолетних значений, а на станции Амдерма — на 79 см. При этом самый высокий уровень на станции Амдерма наблюдался в марте и ноябре (+89 см).

В восточной части Карского моря значительный сгон наблюдался 22 сентября. В этот день на станции Сопочная Карга уровень опустился на 77 см ниже среднего многолетнего значения, а на станции о-в Диксон — на 41 см. Максимальное понижение уровня (–55 см) на станции о-в Диксон при этом было зафиксировано 5 января. Сильные нагоны в восточной части Карского моря отмечались в первой половине июня: 2 июня уровень на станции Сопочная Карга поднялся на 105 см выше среднего многолетнего значения, а 12 июня на станции о-в Диксон аномалия уровня составила +95 см.

На юго-западе моря Лаптевых по данным станции Анабар наибольший сгон наблюдался 15 января, когда уровень моря понизился и стал на 64 см ниже средней многолетней отметки. Наибольший нагоны здесь наблюдались 10 июня и 27 августа, когда аномалии уровня моря возросли до +173 и +165 см, соответственно.

На станциях, расположенных на Новосибирских островах самое значительное понижение уровня моря было зафиксировано 6 июня на станции о-в Котельный (–62 см). По данным станции пролив Санникова сильные сгоны наблюдались в январе, феврале и апреле, когда уровень моря понижался до –57, –55 и –52 см соответственно. На станции мыс Кигилях максимальный сгон наблюдался 24 июля, когда уровень моря понизился на 59 см относительно среднего многолетнего значения. Максимальный нагон на станции пролив Санникова зафиксирован 30 июня (+87 см), а на станции остров Котельный — 24 января (+69 см), 30 июня и 16 ноября, когда уровень моря поднялся на 72 см выше среднего многолетнего значения уровня.

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 (табл. 3.2.1). Его значение составляло от 0,002 до 0,043 см/год при среднем значении 0,017 см/год и среднеквадратической ошибке $\pm 0,121$ см/год.

Среднеквадратическое отклонение тренда при этом существенно превышало саму величину тренда, что однозначно указывало на его незначимость. После 1985 г. характер колебаний уровня на станциях арктических морей существенным образом изменился (рис. 3.2.4): в 1985 г. началось резкое повышение уровня моря, и в конце 1980-х — начале 1990-х годов его колебания происходили на повышенном

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

Район	Период		
	1950—2022	1950—1985	1985—2022
ЮЗ Карского моря	$+0,314 \pm 0,041$	$+0,002 \pm 0,121$	$+0,337 \pm 0,073$
Восток Карского моря	$+0,180 \pm 0,091$	$+0,006 \pm 0,121$	$+0,154 \pm 0,121$
Новосибирские острова	$+0,229 \pm 0,073$	$+0,043 \pm 0,120$	$+0,288 \pm 0,095$
Среднее	$+0,231 \pm 0,069$	$+0,017 \pm 0,121$	$+0,232 \pm 0,096$

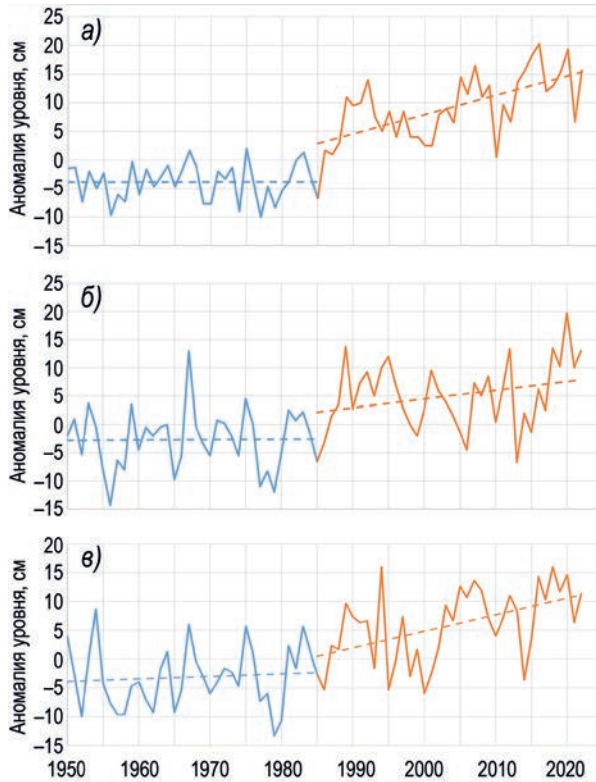


Рис. 3.2.4. Аномалия среднегодового уровня моря.

а — юго-западная часть Карского моря, *б* — восточная часть Карского моря, *в* — район Новосибирских островов.

фоне. Затем наблюдалось понижение уровня моря, и во многих районах арктических морей он даже вернулся к средним значениям. Однако в конце 1990-х — начале 2000-х годов уровень моря вновь стал повышаться и в 2005—2009 гг. достиг наблюдавшихся ранее максимумов и даже превысил их. В 2010 г. уровень моря снова понизился до отметок, близких к средним значениям, после чего опять началось его повышение, носившее в период 2011—2015 гг. в разных районах арктических морей различный характер.

В юго-западной части Карского моря наблюдалось хорошо выраженное повышение уровня с возвратом к максимумам 2005—2009 гг. В 2013 г. в этом районе

был зафиксирован исторический максимум уровня, перекрытый в 2016 г. Затем в 2017 г. уровень незначительно понизился, оставаясь на повышенном фоне. В 2020 и 2022 гг. уровень немного повысился 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.

В то же время в районе Новосибирских островов после подъема уровня моря с максимумом в 2012 г. произошло его резкое понижение 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. С 2019 г. среднегодовой уровень начал понижаться и в 2022 г. достиг значений, зафиксированных в 2012 г.

Значение тренда за период 1985—2022 гг. для различных районов арктических морей составило от 0,154 до 0,337 см/год при среднем значении тренда 0,232 см/год и среднеквадратической ошибке $\pm 0,096$ см/год. При этом наиболее значительный тренд был зафиксирован, как и ранее, в юго-западной части Карского моря. Необходимо отметить, что при некотором понижении уровня в последние годы понизилась и величина линейного тренда.

Основной причиной таких изменений в характере колебаний уровня арктических морей можно считать изменения макроциркуляционных процессов, происходившие в атмосфере Северного полушария. Увеличение повторяемости и интенсивности циклонов, проходящих над акваторией арктических морей, привело к усилению циклонической циркуляции, характерной для этих морей, и, следовательно, к понижению уровня моря в центре циркуляции и повышению его вдоль побережий. Иными словами, основная причина повышения уровня арктических морей имеет динамический характер.

3.3. ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ НА АКВАТОРИИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ В 2022 г.

Ввиду отсутствия продолжительных инструментальных измерений волнения на акватории арктических морей России обзор ветрового волнения основывается на результатах модельных расчетов и прогнозов. Мониторинг ветро-волновых условий осуществляется ежедневным использованием авторской спектрально-параметрической модели AARI-PD2, разработанной в ЛО ГОИН и модифицированной в ААНИИ. Район российской Арктики аппроксимируется двумя большими расчетными областями с шагом $1,0^\circ$ по долготе и $0,5^\circ$ по широте. Первая расчетная область включает в себя Баренцево и Карское моря (западный сектор), а вторая — моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское (восточный сектор).

Основными исходными данными модели являлись поля атмосферного давления на уровне моря (или поля составляющих скорости ветра на высоте 10 м), температура воздуха на высоте 2 м, а также батиметрические данные в узлах расчетной сетки. Исходные данные оперативно поступают из метеорологического центра Брэкнелл (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 максимума значительной высоты волн (H_s , significant wave height) обе-

спеченностью 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 2022 г. преобладало волнение с высотой волн от 2 до 3 м (36 % случаев). Повторяемость случаев, когда высота максимума значительных волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составило в 2022 г. 12 % (в 2007 г. 30 %, в 2008 г. 27 %, в 2009 г. 24 %, в 2010 г. 23 %, в 2011 г. 16 %, в 2012 г. 13 %, в 2013 г. 10 %, в 2014 г. 8 %, в 2015 г. 15 %, в 2016 г. 11 %, в 2017 г. 13 %, в 2018 г. 13 %, в 2019 г. 9 %, в 2020 г. 17 %, в 2021 г. 11 %).

Таблица 3.3.1

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море в 2022 г.

Месяц	Высота волн, м												
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	12—13
Январь	—	—	8	7	7	4	2	1	2	—	—	—	—
Февраль	—	1	6	6	7	6	2	—	—	—	—	—	—
Март	—	—	1	12	6	5	1	2	1	—	—	1	2
Апрель	—	3	11	7	4	5	—	—	—	—	—	—	—
Май	—	4	15	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Июнь	—	5	19	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—
Июль	—	16	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Август	—	8	11	6	6	—	—	—	—	—	—	—	—
Сентябрь	—	—	15	9	6	—	—	—	—	—	—	—	—
Октябрь	—	4	9	10	5	3	—	—	—	—	—	—	—
Ноябрь	—	6	16	4	2	2	—	—	—	—	—	—	—
Декабрь	—	1	6	8	12	3	1	—	—	—	—	—	—
Итого за год	—	48	132	84	58	28	6	3	3	—	—	1	2

Самым штормовым месяцем в Баренцевом море в 2022 г. стал март (12 штормовых дней с высотой волн более 5 м). Максимальная расчетная высота волн в марте 2022 г. в Баренцевом море превысила 12,0 м (на 00 и 06 ч UTC 22 марта). Продолжительность шторма составила 6 дней (с 18 по 23 марта). Это максимальное значение выше по сравнению с 2021 г. (в марте 2021 г. более 10,5 м).

Следующим по штормовой активности стал январь (высота волн более 8,0 м рассчитана для акватории Баренцева моря на 00 ч UTC 24 января и на 06 и 12 ч UTC 25 января). Продолжительность шторма составила 4 дня (с 23 по 26 января).

На рис. 3.3.1 в качестве примера приведены поля ветра и высоты волн H_s для акватории Баренцева моря на 06 ч UTC 22 марта 2022 г.

Карское море

Карское море стало открываться во второй декаде мая вдоль восточного побережья арх. Новая Земля, в третьей декаде мая оно закрылось, а в конце мая — начале июня стало постепенно открываться у берегов п-ова Ямал. В конце июня область чистой воды занимала значительную часть Карского моря в зоне 70—75°с.ш.

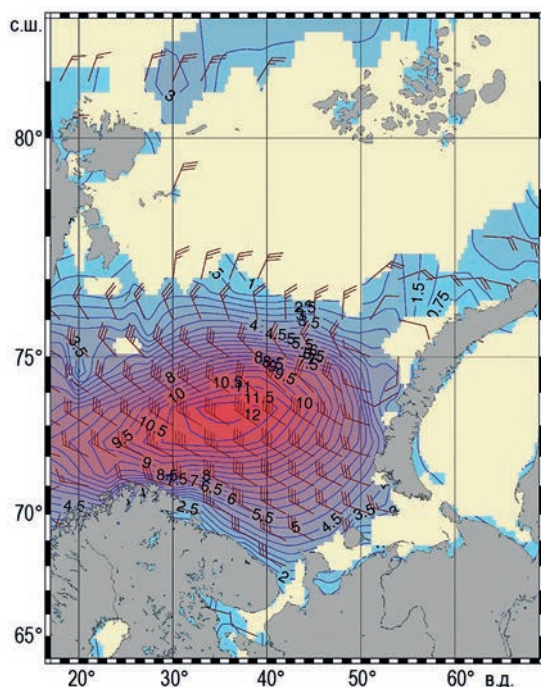


Рис. 3.3.1. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) для акватории Баренцева моря на 06 ч UTC 22 марта 2022 г.

В табл. 3.3.2 приведены сведения о распределении высоты волн H_s на чистой воде для Карского моря за 2022 г.

Как видно из табл. 3.3.2, в Карском море в 2022 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высоты волн от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем стал ноябрь. Максимальная высота волн более 5 м была рассчитана на 12 и 18 ч UTC 18 ноября. В конце августа Карское море полностью очистилось ото льда. В это время граница области чистой воды в Карском море доходила до 80—82° с.ш. и сохранялась в таких пределах до середины октября.

Таблица 3.3.2

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Карском море в 2022 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6
Июнь	17	11	2	—	—	—
Июль	4	22	5	—	—	—
Август	1	12	16	2	—	—
Сентябрь	—	7	17	4	2	—
Октябрь	—	11	11	6	3	—
Ноябрь	6	10	11	1	1	1
Декабрь	3	15	8	5	—	—
Итого	31	88	70	18	6	1

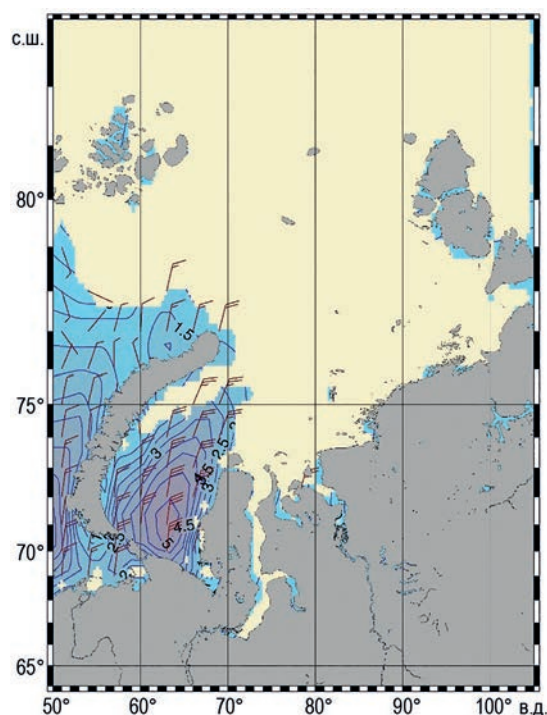


Рис. 3.3.2. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Карском море на 12 ч UTC 18 ноября 2022 г.

На рис. 3.3.2 в качестве примера приведены поля ветра и высоты волн H_s на акватории Карского моря на 12 ч UTC 18 ноября 2022 г.

В начале ноября Карское море стало быстро закрываться, и к началу декабря больше половины моря было покрыто льдом, но полностью Карское море в декабре 2022 г. не закрылось. В конце декабря пролив Карские Ворота и небольшая область, прилегающая к нему в южной части моря, оставались открытыми (в 2021 г. Карское море закрылось во второй декаде декабря).

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 акватории морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского на открытой воде до кромки льда.

Как видно из табл. 3.3.3 — 3.3.5, в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском в 2022 г. преобладало волнение с высотой волн от 1 до 3 м.

Наиболее штормовым месяцем для моря Лаптевых стал и октябрь, для Восточно-Сибирского моря — сентябрь, для Чукотского моря — октябрь.

Наибольшая расчетная высота волн в море Лаптевых в 2022 г. составила более 5,0 м (на 00 и 06 ч UTC 8 октября). Это значение на 1,5 м превышает значение, полученное в 2021 г.

Таблица 3.3.3

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs)
в море Лаптевых в 2022 г.**

Месяц	Высота волн, м					
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6
Май (с 22 мая)	10	—	—	—	—	—
Июнь	9	11	10	—	—	—
Июль	5	17	9	—	—	—
Август	—	16	15	—	—	—
Сентябрь	1	13	14	2	—	—
Октябрь (до 28 октября)	4	7	10	5	1	1
Итого	29	64	58	7	1	1

Таблица 3.3.4

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs)
в Восточно-Сибирском море в 2022 г.**

Месяц	Высота волн, м					
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6
Июль (с 10 июля)	4	13	5	—	—	—
Август	3	14	14	—	—	—
Сентябрь	—	8	16	4	1	1
Октябрь (до 29 октября)	3	8	8	7	3	—
Итого	10	43	43	11	4	1

Таблица 3.3.5

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs)
в Чукотском море в 2022 г.**

Месяц	Высота волн, м							
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8
Май (с 22 мая)	7	3	—	—	—	—	—	—
Июнь	5	4	17	4	—	—	—	—
Июль	5	17	6	3	—	—	—	—
Август	—	12	19	—	—	—	—	—
Сентябрь	—	8	13	9	—	—	—	—
Октябрь	—	5	10	11	3	—	1	1
Ноябрь	—	5	9	11	2	2	1	—
Декабрь (до 20 декабря)	—	8	5	4	2	1	—	—
Итого	17	62	79	42	7	3	2	1

Наибольшая расчетная высота волн в Восточно-Сибирском море составила более 5,0 м (на 06, 12 и 18 ч UTC 21 сентября), что на 0,5 м выше, чем в 2021 г.

Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила более 7,0 м (на 06 ч UTC 7 октября), что на 2 м выше, чем в 2021 г.

Море Лаптевых стало открываться в конце мая, но до середины июня область чистой воды около припая была незначительной; затем море стало быстро очищаться ото льда. К концу июня область чистой воды в восточной части моря распространилась от 74 до 77° с.ш. Море Лаптевых полностью освободилось ото льда в конце августа. Граница области чистой воды в море Лаптевых дошла в августе до 78° с.ш., а в конце сентября — до 79—80° с.ш. Закрылось море Лаптевых в конце октября.

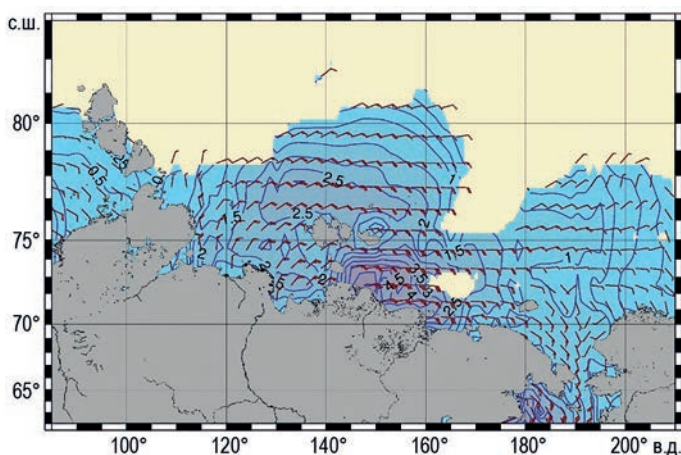


Рис. 3.3.3. Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях восточной Арктики на 12 ч UTC 21 сентября 2022 г.

Восточно-Сибирское море стало открываться во второй декаде июля. К началу августа была открыта незначительная западная часть моря, а в конце августа — почти вся западная половина моря. В основном Восточно-Сибирское море освободилось ото льда к концу сентября, но оставались еще ледяные поля в центральной и восточной частях моря. Граница области чистой воды в Восточно-Сибирском море доходила в конце сентября до 81° с.ш. Закрылось Восточно-Сибирское море в конце октября.

Чукотское море стало открываться в конце мая. К концу июня область чистой воды доходила до 72° с.ш., а к концу августа — до 75° с.ш. В течение сентября граница области чистой воды смещалась от 75 до 79° с.ш. Закрылось Чукотское море в третьей декаде декабря.

На рис. 3.3.3 в качестве примера приведены поля ветра и высоты волн H_s для морей Восточной Арктики на 12 ч UTC 21 сентября 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщив данные мониторинга развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района за период январь — декабрь 2022 г., можно сделать следующие выводы.

1. В атлантико-евразийском секторе Северного полушария сохранилась высокая повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов восточной (Е) формы циркуляции. Повторяемость данной формы циркуляции уменьшилось на 23 дня за счет увеличения числа дней с процессами меридиональной (С) и западной (W) форм циркуляции атмосферы. В тихоокеано-американском секторе Северного полушария произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от меридиональных процессов типа M_1 к процессам типа M_2 . Повторяемость меридиональных процессов типа M_2 увеличилась в 2022 г. на 46 дней.

2. При увеличении по сравнению с предшествующим 2021 годом повторяемости высокоширотных траекторий циклонов из системы исландского минимума в полярном районе Арктики произошло понижение фона давления от положительной аномалии в 2021 г. до значений аномалии давления незначительно ниже нормы в 2022 г.

3. В полярном районе, как и в предыдущем году, в большинстве месяцев преобладала адвекция теплых воздушных масс и положительные средние годовые аномалии температуры воздуха. Западный сектор Арктики в 2022 г. внес наибольший вклад в формирование высокого температурного фона в целом по полярному району. Здесь отмечались наиболее крупные положительные аномалии температуры.

4. На трассе СМП арктических морей России в 2022 г. во всех месяцах преобладали положительные аномалии температуры воздуха. Наиболее высокие аномалии температуры воздуха отмечались на акватории западных морей, а наиболее низкие — на акватории восточных морей. В среднем по всем морям аномалии температуры воздуха в 2022 г. повысились по сравнению с 2021 г. на 1,4 °С. На трассе СМП арктических морей России в 2022 г. наиболее значительное повышение температурного фона было отмечено на акватории Чукотского и Карского морей (на 2,2 °С).

Результаты мониторинга крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в Северной полярной области позволяют сделать главный вывод о характерном для текущей циркуляционной эпохи преобладании в двух секторах Северного полушария адвекции в полярный район Арктики теплых воздушных масс и положительных аномалий температуры воздуха.

Анализ ледовой обстановки в 2022 г. позволил сделать следующие выводы.

1. В зимний сезон интенсивность нарастания льда по толщине была меньше нормы в начале периода с ноября по февраль и близка к норме в конце периода с марта по май на акватории всех морей российского сектора Арктики, что привело к формированию отрицательной аномалии толщины льда в Баренцевом и Карском морях и близких к средним многолетним значениям в районах побережья моря Лаптевых, Новосибирских островов, Восточно-Сибирского моря.

2. Таяние и очищение арктических морей ото льда началось в мае с формирования четырех основных очагов очищения, которые располагались в прикромочной зоне в северной части Баренцева моря, юго-западной части Карского моря, восточной части моря Лаптевых и районе, прилегающем к Берингову проливу в Чукотском море.

3. В течение летнего сезона интенсивное очищение акватории наблюдалось в Баренцевом и Карском морях, восточной части моря Лаптевых и Чукотском море. Сложные ледовые условия наблюдались в западной части моря Лаптевых, восточной части Восточно-Сибирского моря и море Бофорта.

4. По оценкам, выполненным в АНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября (на 12—18 сентября) 2022 г. составила 4,6 млн км² при норме 5,9 млн. км², что на 22 % меньше средних многолетних значений. По площади остаточного льда 2022 г. стал двенадцатым по рангу в ряду минимумов в группе легких лет (на середину сентября).

5. Ледообразование в СЛО в осенний период 2022 г. началось в массиве старых и остаточных льдов в конце августа. В начале октября начальные льды появились на северной границе морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Бофорта, а также одновременно в прибрежных районах этих морей. Ледообразование происходило в сроки, близкие к средним многолетним, повсюду за исключением акватории Баренцева моря и юго-западной части Карского моря.

6. Интенсивность увеличения площади льдов в осенний сезон была близкой к средней многолетней в сентябре — октябре, но значительно увеличилась в ноябре — декабре и превышала норму на 23 и 13 % соответственно.

Согласно результатам наблюдений, выполненным во втором и третьем кварталах 2022 г., гидрологический режим СЛО близок по своим характеристикам к климатической норме.

Во втором квартале в Канадской глубоководной котловине наблюдалась положительная аномалия солености (1,22 ‰) в поверхностном слое, в то время как в Евразийском суббассейне соленость поверхностного слоя была близка к норме.

В третьем квартале в поверхностном слое Канадской глубоководной котловины и котловины Нансена наблюдались незначительные отрицательные аномалии солености (–0,64 и –0,3 ‰ соответственно).

Максимальные значения температуры атлантических вод в Канадской глубоководной котловине были близки к норме, в то время как в Евразийском суббассейне наблюдалась отрицательная аномалия, которая составила –0,3 °С.

Как и в предыдущие годы, в Канадской глубоководной котловине наблюдалась положительная аномалия температуры летних тихоокеанских вод, которая составила 0,62—0,69 °С.

Анализ уровня арктических морей показал, что на протяжении 2022 г. колебания уровня на всех станциях Карского моря, как в его юго-западной, так и в северо-восточной части, преимущественно происходили на повышенном фоне. Аномалии среднегодовых значений уровня составили +15 см на станции Амдерма, +18 см на станции Е.К. Фёдорова (бывший Мыс Болванский Нос), +15 см на станции Усть-Кара, +12 см на станции Сопочная Карга, +23 см на станции о-в Диксон.

В море Лаптевых, на станциях, расположенных на Новосибирских островах, аномалии среднегодовых уровней составили +4 см на станции мыс Кигилях, +18 см на станции пр. Санникова и +15 см на станции о-в Котельный.

На станции Анабар (юго-запад моря Лаптевых) среднегодовая аномалия уровня составила +34 см (в 2020 г. +21 см, в 2021 г. +26 см).

Самым штормовым месяцем в Баренцевом море в 2022 г. стал март (12 штормовых дней с высотой волн более 5 м).

Следующим по силе штормовой активности стал январь (высота волн более 8,0 м рассчитана для акватории Баренцева моря на 00 ч 24 января и на 06 и 12 ч UTC 25 января). Продолжительность шторма составила четыре дня (с 23 по 26 января).

Карское море стало открываться во второй декаде мая вдоль восточного побережья архипелага Новая Земля, в третьей декаде мая оно закрылось, а в конце мая — начале июня стало постепенно открываться у берегов п-ова Ямал. В конце июня область чистой воды занимала значительную часть Карского моря между параллелями 70 и 75° с.ш.

В Карском море в 2022 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем стал ноябрь. Максимальная высота волн более 5 м была рассчитана на 12 и 18 ч UTC 18 ноября. В конце августа Карское море полностью очистилось ото льда. В это время граница области чистой воды в Карском доходила до 80—82° с.ш. и сохранялась в этих пределах до середины октября.

Наибольшая расчетная высота волн в море Лаптевых в 2022 г. составила более 5,0 м (на 00 и 06 ч UTC 8 октября), что на 1,5 м больше, чем в 2021 г.

Наибольшая расчетная высота волн в Восточно-Сибирском море составила более 5,0 м (на 06, 12 и 18 ч UTC 21 сентября), что на 0,5 м выше, чем в 2021 г.

Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила более 7,0 м (на 06 ч UTC 7 октября), что на 2 м выше, чем в 2021 г.

