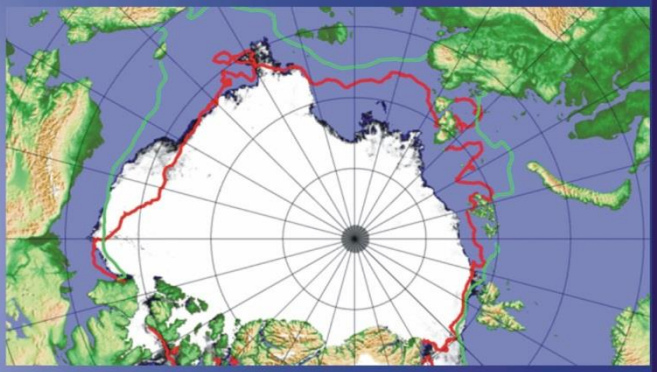
Министерство природных ресурсов и экологии РФ
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

ОБЗОР
гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2022



СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ 2
1. Метеорологические условия в северной полярной области: мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в апреле — июне 2022 г. 4
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2022 г. 16
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь 16
2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период 16
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 1 квартале 2021 г. 16
3.1 Уровень арктических морей 16
3.2. Ветровое волнение на акватории арктических морей во 2 квартале 2022 г. 16

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в 3 квартале 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 и научной обсерватории «Мыс Баранова».

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

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

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

Гидрологический раздел посвящен описанию гидрологических и гидрохимических условий в Северном Ледовитом океане и его морях. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела океанологии (ответственный — зав. отделом канд. физ.-мат, наук К.В. Фильчук).

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.

1. Метеорологические условия в северной полярной области: мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия северной полярной области в июле — сентябре 2022 г.

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба и метеорологических условий в полярном районе Северного полушария за период с июля по сентябрь 2022 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в третьем квартале 2022 года проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – июнь 2022 г., особенности которого более подробно были представлены ранее.

При анализе и диагнозе крупномасштабных процессов учитывались основные элементы ОЦА: местоположение центра планетарного циркумполярного вихря изобарической поверхности 500 гПа, географическая ориентация планетарной фронтальной зоны, состояние длинных термобарических волн, развитие стационарных циклонов и антициклонов (центров действия атмосферы) и траектории фронтальных циклонов и антициклонов.

Оценка пространственно-временной изменчивости процессов производилась средствами комплексного аэросиноптического анализа термобарических полей в толще тропосферы путем выделения квазиоднородных циркуляционных периодов с однонаправленным развитием крупномасштабных процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса. Формы (атлантико-евразийский сектор) и типы (тихоокеано-американском сектор) отражают основные состояния атмосферы в двух секторах северного полушария.

Каждая из форм и типов имеет ряд разновидностей, отражающих возможные варианты перестроек от одного макропроцесса к другому. Разновидности макропроцессов на полушарии имеют значимые различия в направленности крупномасштабных атмосферных процессов, состоянии и пространственной локализации основных центров действия атмосферы. При этом для каждой из разновидностей характерна географическая ориентация основных блокирующих гребней антициклонов, влияющих на более высокоширотные или более низкоширотные по сравнению с нормой траектории циклонов в Арктику в системах Исландского и Алеутского минимумов.

Расчеты среднемесячных и среднегодовых значений метеорологических показателей (геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземных значений давления и температуры воздуха и их аномалий) проводились по данным диагноза глобальной

прогностической системы метеослужбы США (NOAA и NWS). Расчеты значений аномалий температуры воздуха проводились относительно норм за период с 1991 по 2020 гг.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с июля по сентябрь 2022 г. были выявлены следующие особенности их развития:

1. Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй квартал 2022 г. представлены в таблице 1.1 в виде суммарных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификациям Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса.

Таблица 1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период июль – сентябрь 2022 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	*C*	*E*	*З*	M_1	M_2
Число дней	14	35	43	43	21	28
Аномалия	-21	9	12	4	-19	15

В период с июля по сентябрь 2022 г. атмосферные процессы в первом секторе Северной полярной области развивались на фоне с аномально повышенной повторяемостью процессов восточной (Е) и меридиональной (С) форм циркуляции атмосферы, а во втором секторе зональных (З) и меридиональных процессов типа M_2.

Анализ процессов показал, что в июле-сентябре 2022 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с июля по сентябрь 2022 г. представлен на рис. 1.1.

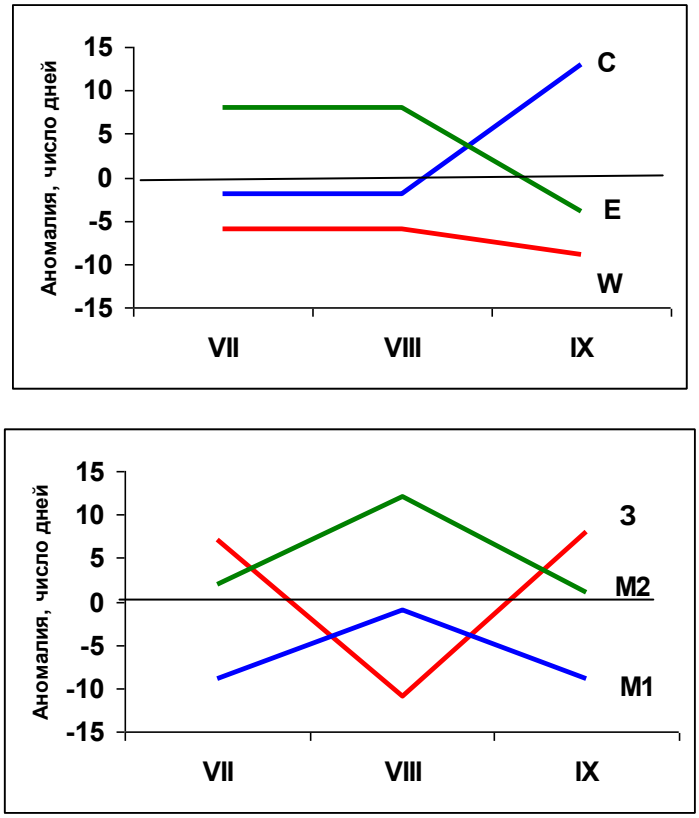


Рис. 1.1. Изменения среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период июль – сентябрь 2022 г.

W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма,
З – зональный тип, М1 – первый меридиональный тип, М1 – второй меридиональный тип

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с июля по сентябрь 2022 г. выглядит следующим образом:

Июль – $E_З$ → Август – $E_{М2}$ → Сентябрь - $C_З$

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

В третьем квартале отмечалась устойчивая от месяца к месяцу тенденция к повышению фона давления. Наиболее активная циклоническая деятельность в полярном районе наблюдалась в июле. Фон давления понижался до отрицательных аномалий. В сентябре под влиянием арктического антициклона фон давления повысился до положительных аномалий.

В среднем за период июль-сентябрь 2022 г. фон давления по полярному району около нормы.

Тенденции изменения давления от месяца к месяцу в полярном районе представлены

на рис. 1.2.

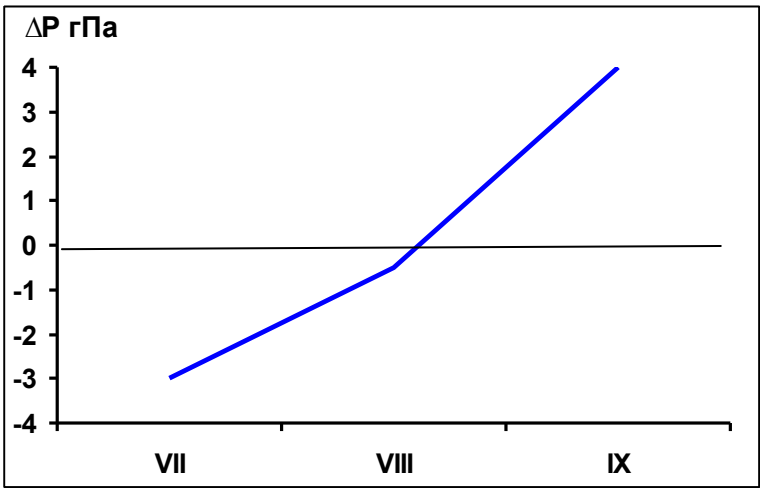


Рис. 1.2. Значения аномалий давления (гПа) в июле-сентябре 2022 в полярном районе Арктики

Во всех месяцах третьего квартала 2022 г. преобладали положительные значения аномалий температуры. По сравнению с прошлым 2021 г. в полярном районе отмечалась тенденция к незначительному повышению фона температуры.

Изменения среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району в период июль – сентябрь 2022 г. представлены на рис. 1.3.

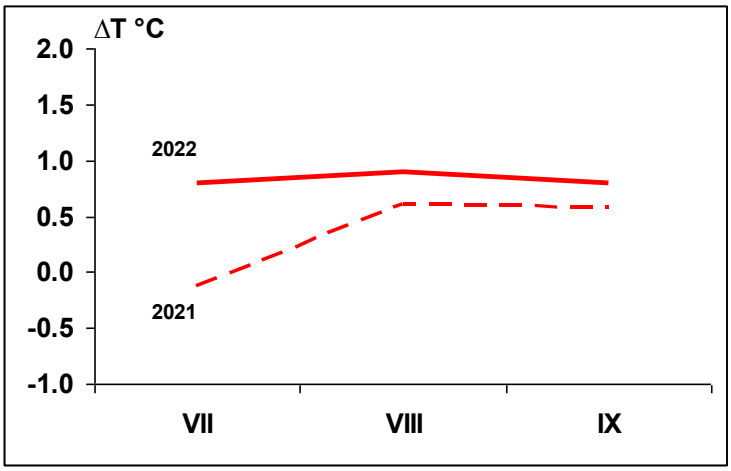


Рис.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°С) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в июле – сентябре 2022 гг.

2. Структурные особенности развития атмосферных процессов в период июль – сентябрь 2022 г. и их влияние на формирование метеорологических условий в отдельных локальных районах Арктики представлены ниже, на рисунке 1.4.

В ***июле 2022 г.*** основной центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился к приполюсному району Арктики, где в приземном поле

преобладал циклональный режим циркуляции.

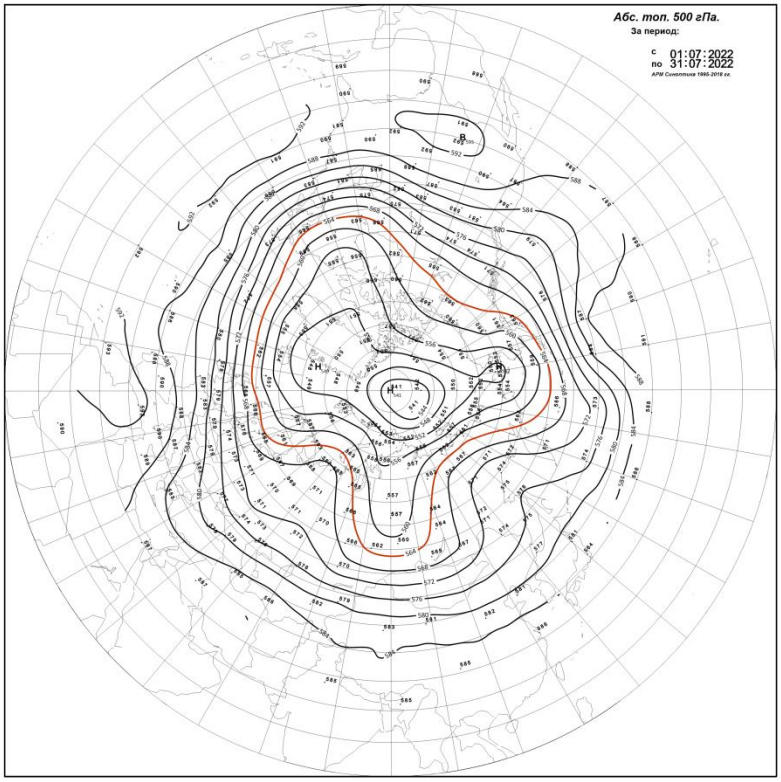


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июле 2022 г.

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

Под влиянием устойчивого антициклона над континентальной частью Европы циклоны в системе исландского минимума из Северной Атлантики смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям через акватории Карского моря, где преобладал фон давления ниже нормы.

В большинстве районов западного сектора преобладала адвекция теплых воздушных масс. Наиболее высокий фон с положительными аномалиями температуры отмечался в Баренцевом и Карском морях

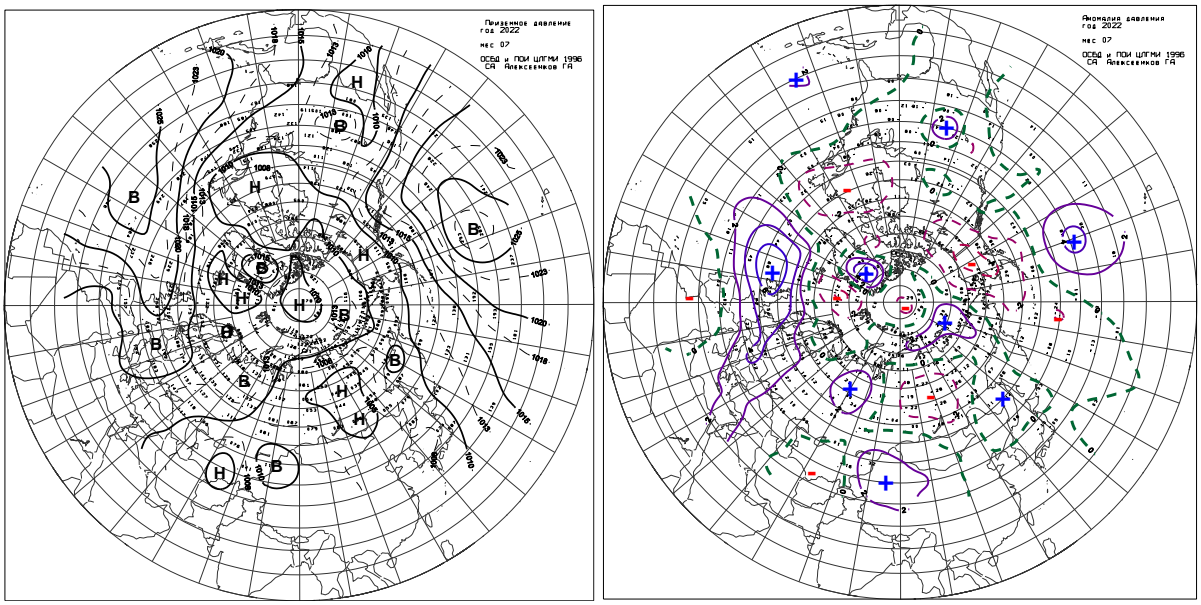


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июле 2022 г. (гПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* наибольшую повторяемость имели зональные процессы.

Характерной особенностью данного типа макропроцесса в июле явилось то, что циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям на восток и тыловой своей частью обусловили адвекцию холодных воздушных масс. Наиболее низкий фон температуры сформировался в Чукотском и Восточно-Сибирском море.

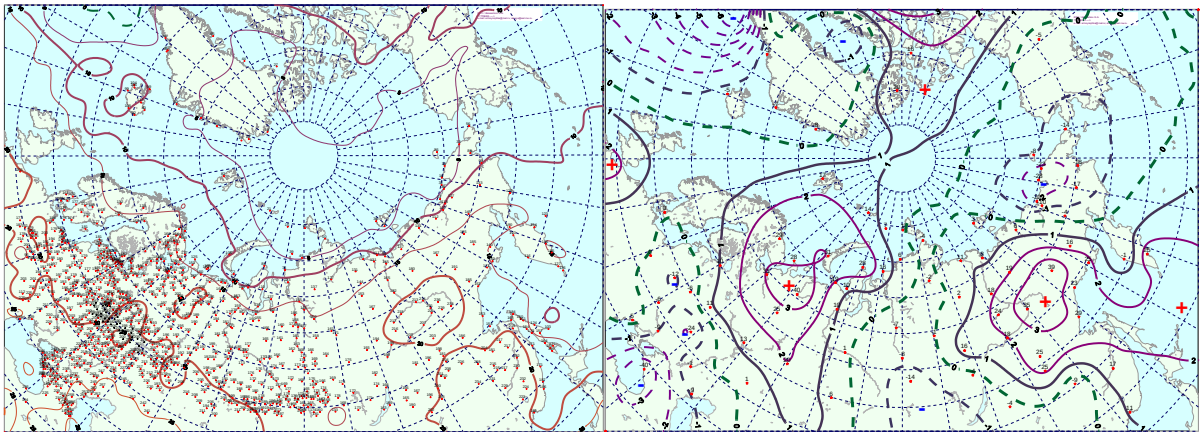


Рис. **1.**6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2022 г., (°С)

В ***августе 2022 г.*** основной центр ЦПВ сместился к северному побережью Таймыра., где в приземном поле преобладал циклональный режим циркуляции.

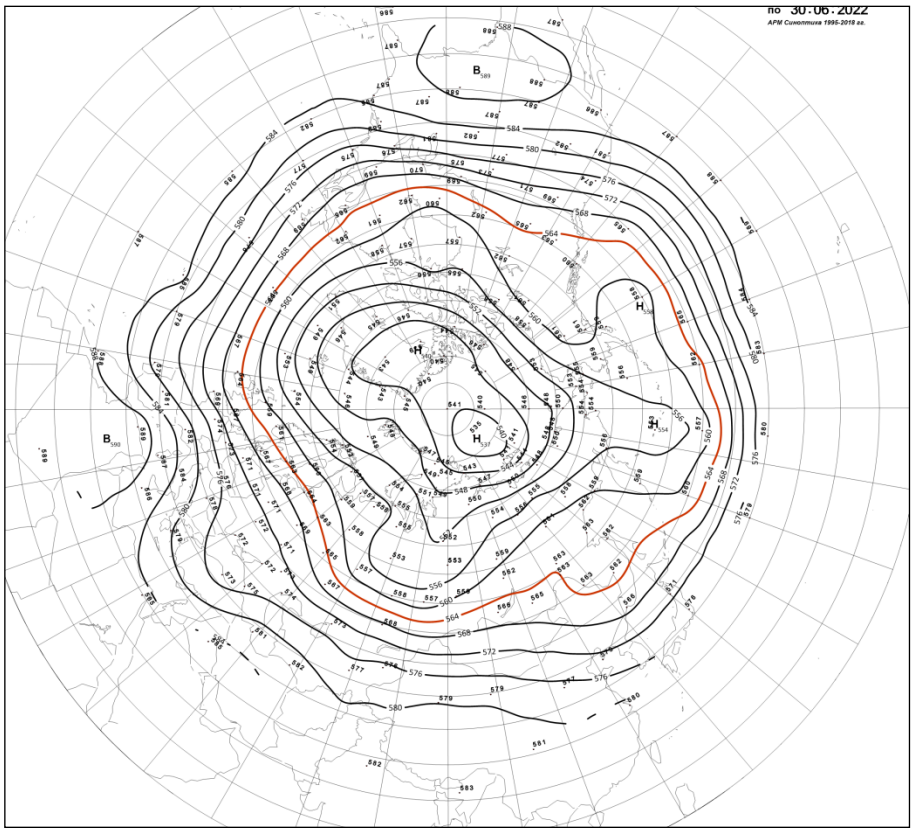


Рис. **1.**7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в августе 2022 г.

В *первом секторе* отмечалась повышенная повторяемость восточной (Е) формы циркуляции.

Под влиянием блокирующих гребней континентального антициклона циклоны Северной Атлантики смещались по высокоширотным траекториям.

Фон атмосферного давления в этом секторе Арктики преобладал ниже нормы.

Наиболее устойчивой адвекции теплых воздушных масс и высокие значения с положительными аномалиями температуры отмечались в Карском и Баренцевом морях.

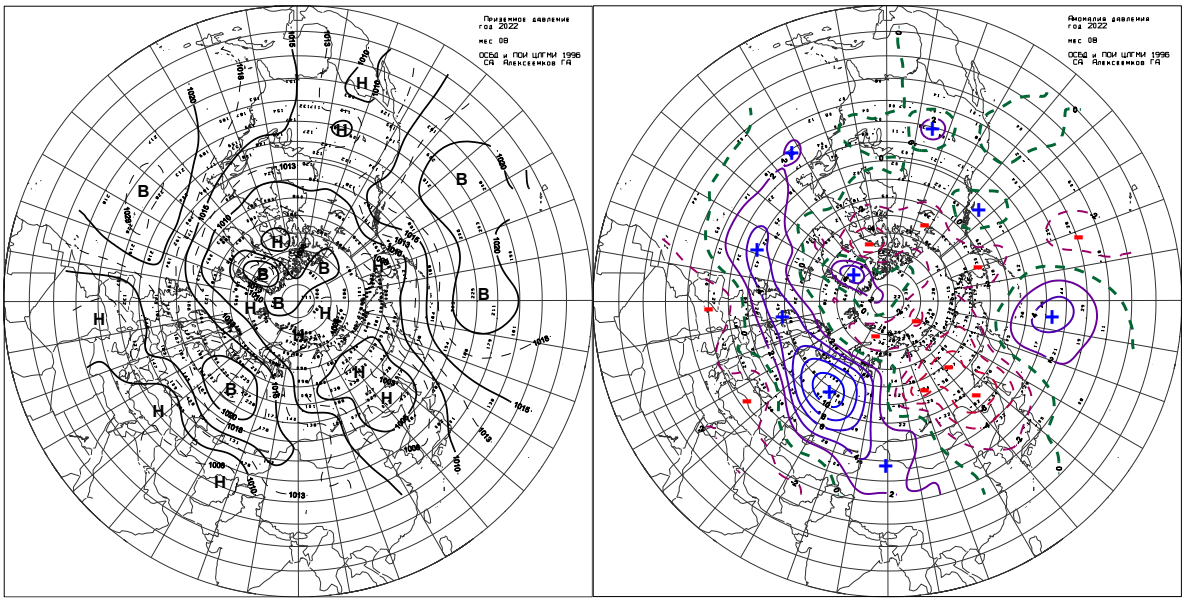


Рис. **1.**8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в августе 2022 г. (гПа)

Во *втором секторе* произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от зонального типа циркуляции к меридиональному.

Над Тихим океаном располагался обширный антициклон. Под его влиянием циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям и своей тыловой частью обусловили адвекцию холодных воздушных масс.

При воздушных потоках северо-западных и юго-западных направлений температурный фон около нормы. Наиболее холодным районом в данном секторе – Чукотское море.

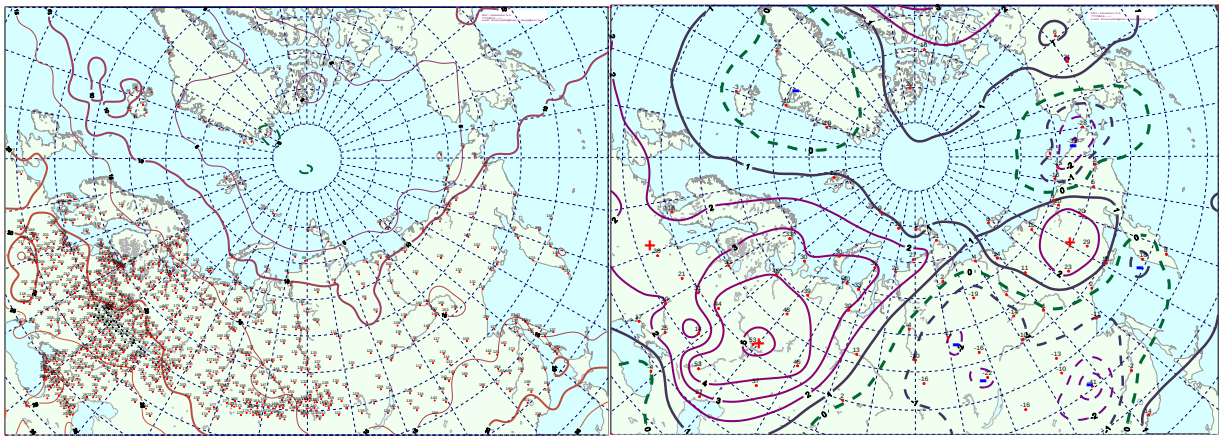


Рис. **1.**9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2022 г., (°С)

В ***сентябре 2022 г.*** основной центр ЦПВ находился в восточном секторе полярного района. Высотный гребень блокирующий западный перенос воздушных масс в толще тропосферы располагался над районом Северной Атлантики и западным сектором Арктики,

где в приземном поле сформировался устойчивый антициклон.

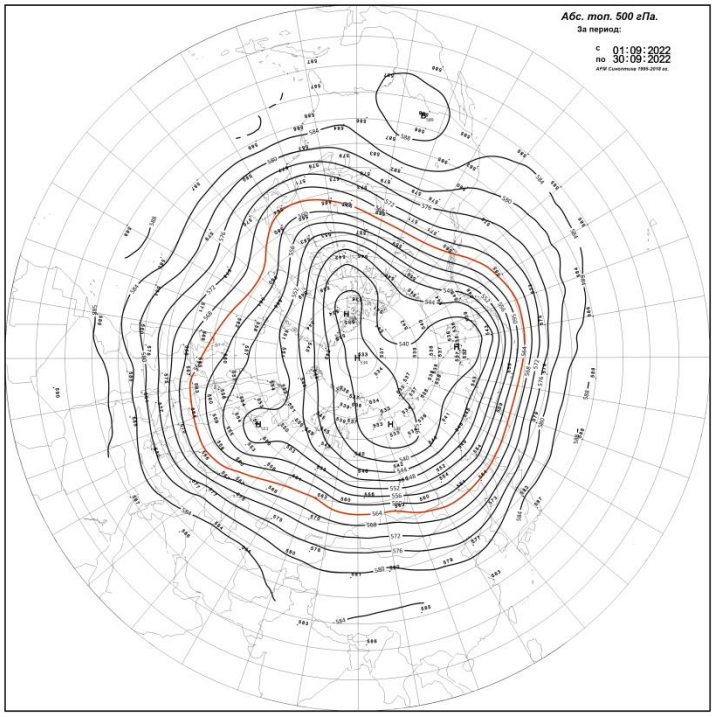


Рис. **1.**10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в сентябре 2022 г.

В *первом секторе* наибольшую повторяемость имели меридиональные процессы С формы циркуляции.

Циклоны Северной Атлантики смещались через Баренцево море и далее в меридиональном направлении на район Урала.

В высоких широтах западного сектора полярного района Арктики под влиянием арктического антициклона преобладали устойчивые положительные аномалии давления.

При потоках с юго-западных направлений с частыми отходами к северо-западу фон температуры незначительно выше нормы**.**

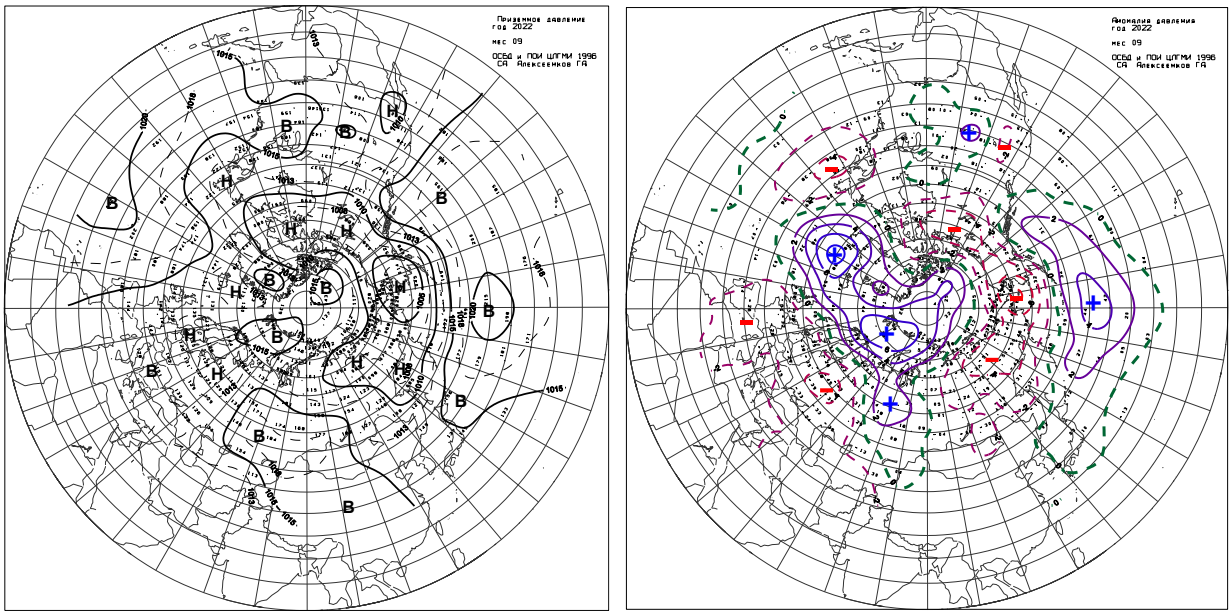


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в сентябре 2022 г.(гПа)

Во *втором секторе* произошло ослабление меридиональные процессы типа M_2. и усиление зональных процессов. Циклоны в системе алеутского минимума смещались через район Берингова моря на район Канады. Над акваторией морей данного сектора Арктики преобладала адвекцию теплых воздушных масс. Положительные аномалии среднемесячной температуры превысили норму на 1 – 2 °С в большинстве районов восточного сектора Арктики. Незначительные значения с отрицательными аномалиями температуры сформировались только в море, это показано на рисунке 1.12.

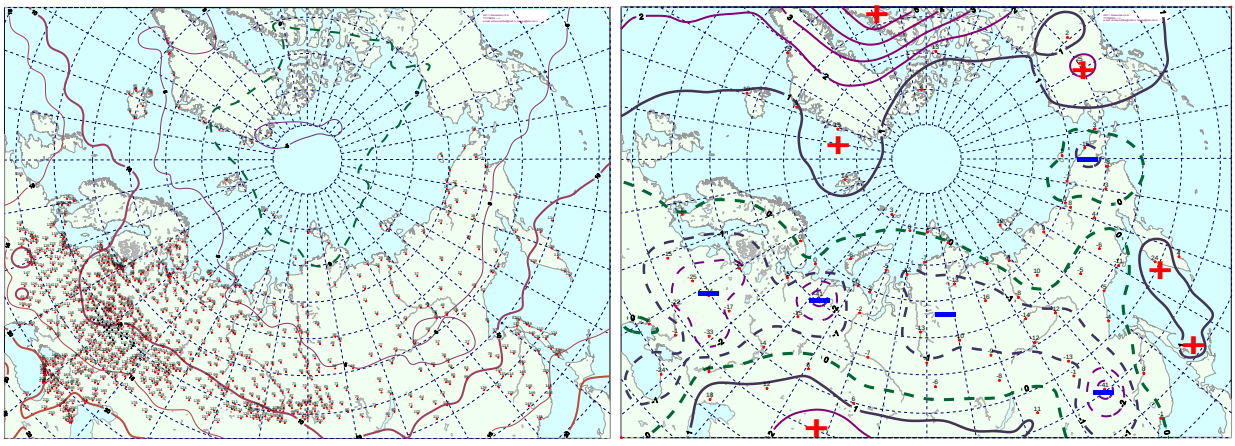


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2022 г., (°С)

В *морях российской Арктики* наиболее высокий фон температуры с положительными аномалиями температуры отмечался в Лаптевых и Карском морях, а наиболее низкий — с отрицательными аномалиями в Восточно-Сибирском и Чукотском морях.

По сравнению с третьим кварталом прошлого года фон температуры повысился в Карском и Чукотском морях.

На рисунке 1.13 приводятся средние за третий квартал 2021 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики.

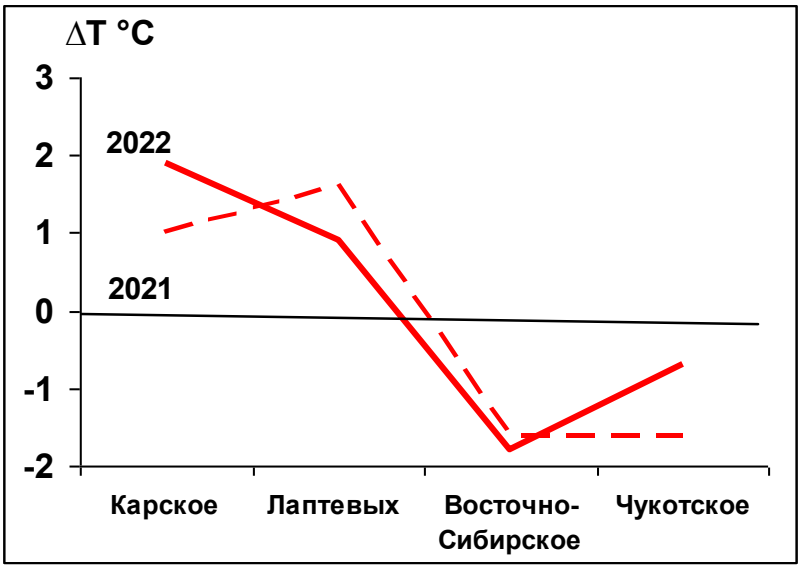


Рис. 1.13. Средние за третий квартал значения аномалий температуры воздуха (°С) по акваториям морей российской Арктики в 2022 и 2021 гг.

3. Структурные внутри месячные особенности перестроек атмосферных процессов проводился по естественным стадиям однонаправленного развития процессов с учетом установленных Г.Я. Вангенгеймом 26 разновидностей элементарных синоптических процессов (ЭСП) атлантико-евразийского сектора Северного полушария, процессы которого являются определяющими для перестройки циркуляции атмосферы в целом для полярного района Арктики.

Анализ показал, что внутри каждого месяца характерна большая повторяемость перестроек атмосферных процессов. Переходы от одного ЭСП к другому сопровождались сменой знака барического поля и направленностью преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики, которые в свою очередь и были обусловлены перестройкой атмосферных процессов более крупного масштаба в двух секторах Северного полушария.

Основные разновидности основных форм циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария и типов циркуляции в тихоокеано-американском секторе полушария для каждого ЭСП с июля по сентябрь 2021 г. представлены в виде каталога в табл. 1.2.

Таблица .1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с июля по сентябрь 2022 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Июль 2022			*Август 2022*			*Сентябрь 2022*		
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*	*З*
10 – 12	*E*	*З*	7 – 12	*W*	M_1	13 – 21	*C*	*З*
13 – 15	*E*	*З*	13 – 16	*E*	M_2	22 – 25	*W*	*З*
16 – 19	*C*	*З*	17 – 28	*E*	M_2	26 – 30	*E*	M_2
20 – 26	*E*	*З*	29 – 31	*C*	*З*			
27 – 28	*C*	*C*						
29 – 31	*E*	*C*						
Итого	*W 4 (–6)* *C 9 (–2)* *E 18 (8)*	*З 17 (7)* M_1 *9 (–9)* M_2 *5 (2)*	Итого	*W 6 (–6)* *C 5 (–2)* *E 20 (8)*	*З 3 (–11)* M_1 *12 (–1)* M_2 *16 (12)*	Итого	*W 4 (–9)* *C 21 (13)* *E 5 (–4)*	*З 23 (8)* M_1 *0 (–9)* M_2 *7 (1)*

Примечания

1. ЭСП – элементарный синоптический процесс;

2. А – Е – атлантико-европейский сектор полушария;

3. Т – А – тихоокеано-американский сектор полушария;

4. В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типами (З, M_1, M_2) атмосферной циркуляции.

Обобщая результаты мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период июль-сентябрь 2022 г., можно сделать следующие основные выводы.

1. В период июль – сентябрь 2022 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на фоне с аномально повышенной повторяемостью в первом секторе Северного полушария процессов восточной (Е) и меридиональной (С) форм циркуляции атмосферы, а во втором секторе зональных (З) и меридиональных процессов типа M_2.

2. В *полярный район Арктики* в июле и августе циклоны Северной Атлантики смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. В сентябре под влиянием арктического антициклона преобладали низкоширотные траектории циклонов.

3. В третьем квартале отмечалась устойчивая от месяца к месяцу тенденция к повышению фона давления. Наиболее активная циклоническая деятельность в полярном районе наблюдалась в июле. В сентябре под влиянием арктического антициклона фон давления повысился до положительных аномалий.

4. Во всех месяцах третьего квартала 2022 г. преобладали положительные значения аномалий температуры. По сравнению с прошлым 2021 г. в полярном районе отмечалась тенденция к незначительному повышению фона температуры.

5. В *морях российской Арктики* наиболее высокий фон температуры с положительными аномалиями температуры отмечался в Лаптевых и Карском морях, а наиболее низкий - с отрицательными аномалиями в Восточно-Сибирском и Чукотском морях. По сравнению с третьим кварталом прошлого года наибольшее повышение фон температуры произошло в Карском и Чукотском морях.

2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2022 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле-сентябре 2022 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ», и ряде международных проектов.

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

Для иллюстрации ледовых условий в годовом цикле представлены совмещенные региональные карты ААНИИ, Канадской ледовой службы – КЛС и Национального ледового центра США - НЛЦ. Совмещение карт выполнено путем перекрытия слоев (ААНИИ, верхний слой) – (КЛС, средний слой) – (НЛЦ, нижний слой). Как результат, карты ААНИИ характеризуют ледовые условия морей от Гренландского до Чукотского, а также Берингова, Охотского и Балтийского; карты КЛС - морей Бофорта, Канадского архипелага, Баффина, Девисова пролива, Лабрадор, Св. Лаврентия, а карты НЛЦ - Арктического Бассейна, Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ – вся акватория СЛО и субполярные моря). Для построения совмещенных карт использовался архив данных в формате СИГРИД3 Мирового центра данных по морскому льду (МЦД МЛ). В пределах отдельного месяца выборка карт из архива проводилась по критериям близости к середине месяца и интервала времени между картами ААНИИ и КЛС-НЛЦ в 1 сутки (день недели выпуска карт ААНИИ – каждая среда, КЛС – каждый вторник, НЛЦ – 1 раз в 2 недели по вторникам). Для цветовой окраски карт в зимний (по возрасту) и летний (по общей сплоченности) периоды использован стандарт ВМО (WMO/Td. 1215). Следует также отметить, что в зонах стыковки карт ААНИИ и КЛС, НЛЦ наблюдается определенная несогласованность границ и характеристик ледовых зон вследствие ряда различий в ледовых информационных системах ААНИИ и КЛС, НЛЦ (КЛС и НЛЦ имеют единую информационную систему в рамках Североамериканской ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО СИГРИД-3 доступна на сервере МЦД МЛ по адресам http://wdc.aari.ru/datasets/d0004 (карты ААНИИ), http://wdc.aari.ru/datasets/d0031 (карты КЛС), http://wdc.aari.ru/datasets/d0032 (карты НЛЦ).

Для получения оценок ледовитости на основе данных спутниковых систем пассивного микроволнового зондирования SSMR-SSM/I-SSMIS в МЦД МЛ ААНИИ принята следующая технология расчетов:

источник данных – архивные и оперативныес задержкой 1-2 дня ежедневные матрицы (поля распределения) оценок общей сплоченности Северной (севернее 45° с.ш.) полярной области по алгоритму NASATEAM за период с 26.10.1978 г. по настоящий момент времени, копируемые с сервера НЦДСЛ;

область расчета – Северная полярная область и ее регионы с использованием масок океан/суша НЦДСЛ (http://nsidc.org/data/polar_stereo/tools_masks.html) и региональных масок ААНИИ;

вычислительные особенности расчета – авторское программное обеспечение ААНИИ с сохранением точности расчетов и оценке статистических параметров по гистограмме распределения.

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

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5% и 50% (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945-2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945-1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960-1979 гг., Национального ледового центра США за 1972-2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968-1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970-2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2021 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (http://nsidc.org).

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

В конце второго квартала 2022 г. наблюдалось быстрое очищение морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева, Карского и Лаптевых. В этих арктических морях сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости. В третьей декаде июня аномалии ледовитости в морях составили: в Баренцевом - 20%, в юго-западной части Карского -51%, в восточной части Лаптевых-22%.

Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным выносным дрейфом, адвекцией тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда.

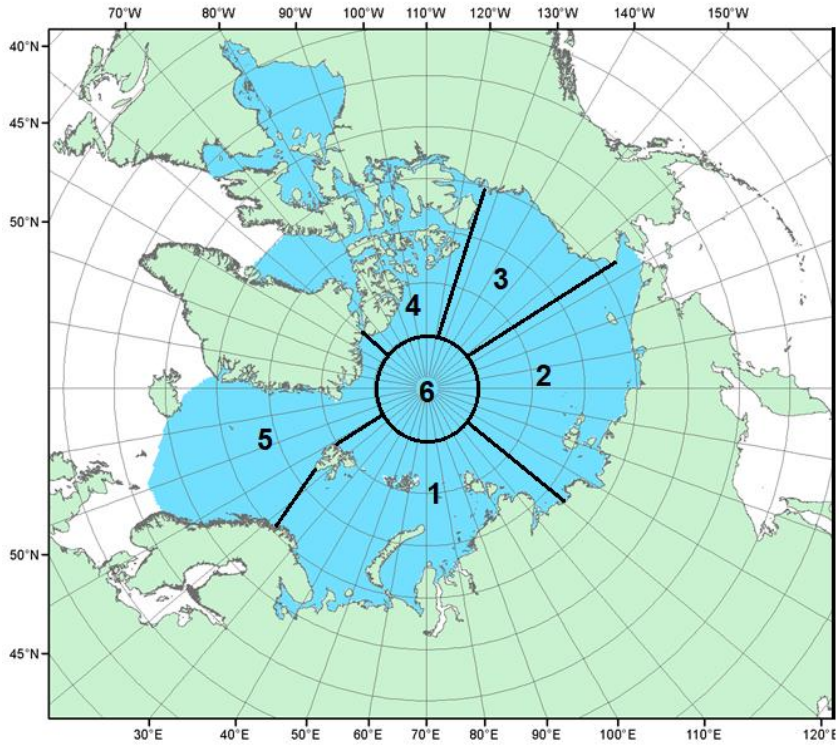


Рис. 2.1.1. Квазиоднородные районы, выделенные в Северном Ледовитом океане

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

В возрастном составе льдов в СЛО на начало летнего периода 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 вдоль побережий.

Основными очагами очищения морей послужили: прикромочная зона в северной части Баренцева моря, юго-западная часть Карского моря, восточная часть моря Лаптевых и район, прилегающий к Берингову проливу в Чукотском море (рис. 2.1.2).

Общее количество льдов в СЛО в конце июня, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составила 10 504 млн. км^2, что оказалось на 4,6% меньше среднемноголетнего значения по длинному ряду наблюдений с 1978-2021 гг. и близким по величине к среднему значению за десятилетний период 2012 – 2022 гг.

В целом же при сравнении площади ледяного покрова в СЛО со средними значениями за длинный ряд наблюдений с 1978 г. можно констатировать, что отрицательная аномалия общей площади льда, составившая – 4,6%, сформировалась главным образом за счет малой ледовитости, наблюдавшейся в секторах 45°W – 95°E (моря Гренландское, Баренцево и Карское) (табл.2.1.1).

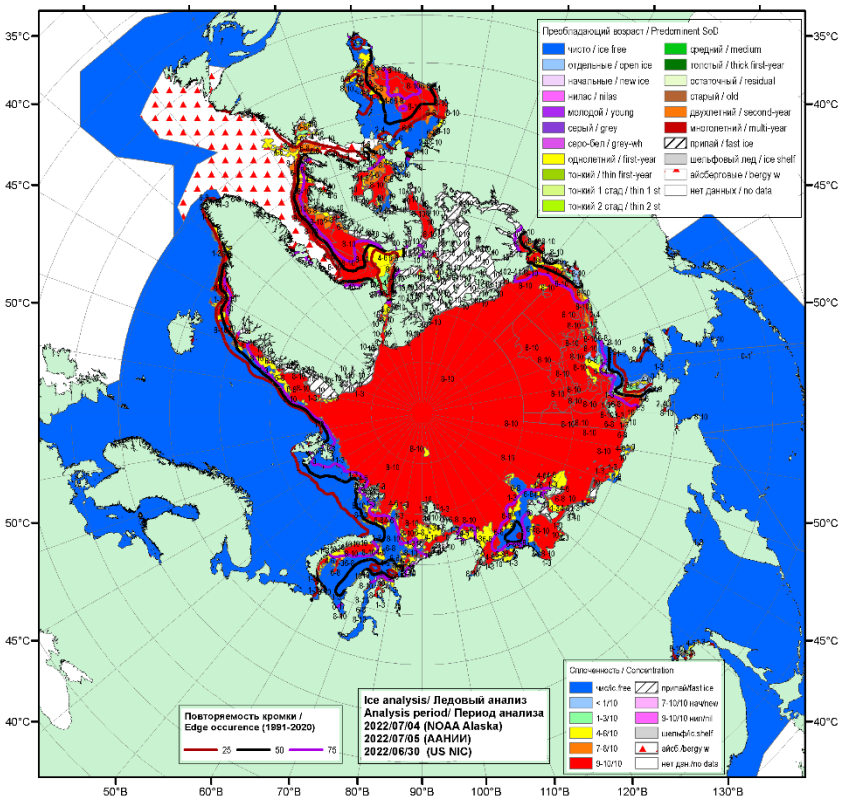


Рис. 2.1.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 30.06.2022 – 05.07.2022 гг., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В целом же, при сравнении площади ледяного покрова в СЛО со средними значениями за длинный ряд наблюдений с 1978 г., можно констатировать, что отрицательная аномалия общей площади льда, составившая –4,6%, сформировалась главным образом за счет малой ледовитости, наблюдавшейся в секторах 45°W – 95°E (моря Гренландское, Баренцево и Карское) (табл.2.1.1).

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

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям за каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль – сентябрь 2022 г. приведены на рисунках 2.1.3–2.1.11.

В июле продолжалось интенсивное очищение морей западного района российского сектора Арктики (Баренцева, юго-западной части Карского, восточной части Лаптевых), а также наблюдалось интенсивное очищения в юго-восточной части Чукотского моря. К концу июля на большой части акватории этих морей наблюдались обширные пространства редких льдов и чистой воды. Аномалии ледовитости в этих морях составляли -20…-70%.

Значительно медленнее процессы таяния развивались в северо-восточной части Карского, западной части Лаптевых и Восточно-Сибирском морях.

Припай в районе островов Новосибирского архипелага практически полностью разрушился в начале второй декаде июля, что произошло в среднем на 10 суток раньше среднемноголетних сроков. Припай в северо-восточной части Карском море разрушился в третьей декаде июля, в сроки близкие к норме. Припай среди островов Канадского арктического архипелага в течение июля начал частично разрушаться, но сохранялся до конца месяца (рис. 2.1.3).

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

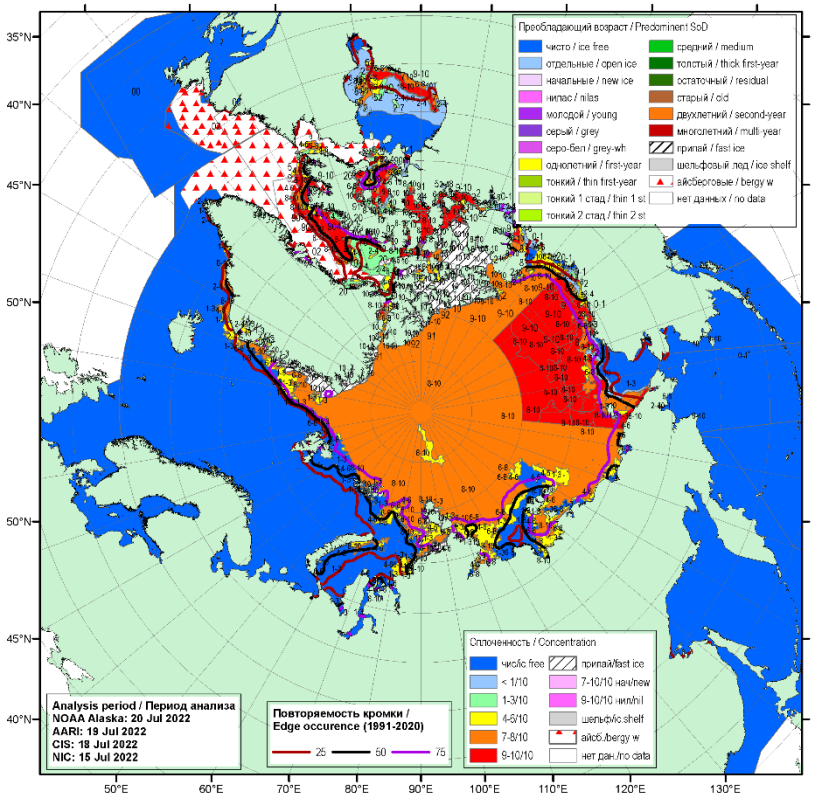


Рис. 2.1.3. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 15 – 20.07.2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В возрастном составе льда наблюдалось дальнейшее сокращение количества однолетних толстых льдов в окраинных морях. Локальные полосы и пятна старых льдов сохранялись в восточной части Восточно-Сибирского моря. Старые льды в СЛО наблюдалась в гренландском, канадском секторах СЛО и в приполюсном районе. (рис. 2.1.4).

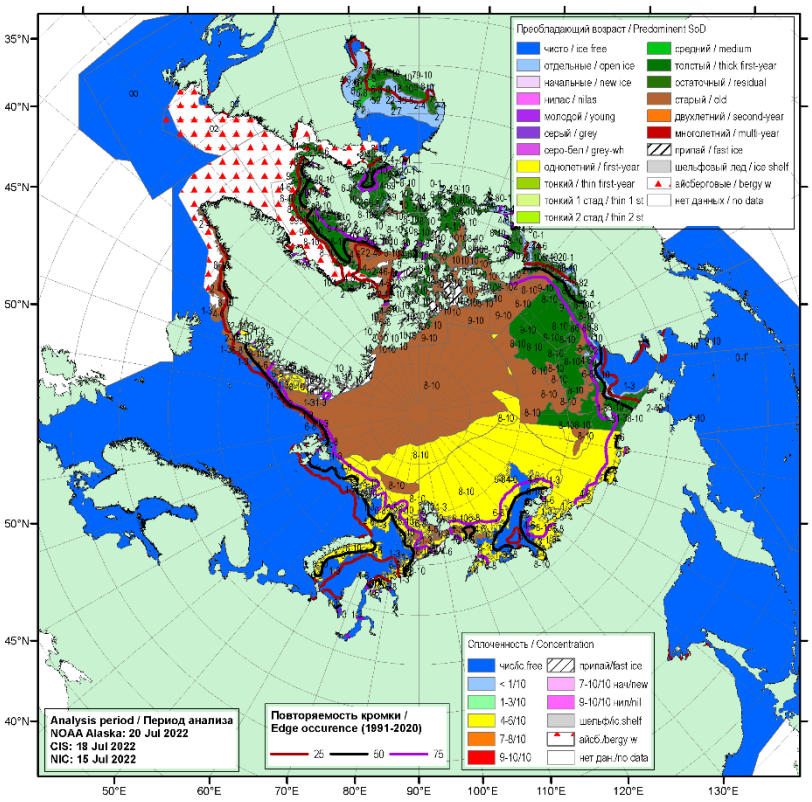


Рис. 2.1.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 15–20.07.2022 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛЦ США

Среднемесячное поле дрейфа ледяного покрова в СЛО приведено на рис. 2.1.5. В июле сформировалось достаточно необычное поле дрейфа. Традиционный Трансарктический перенос льда отсутствовал полностью. На акватории океана сформировались два слабовыраженных вихря, один из которых наблюдался в западной, а второй – в восточной частях СЛО.

Первый вихрь, с центром на широте 85°с.ш. по меридиану 110° в.д., располагался в западной части океана и имел циклонический характер. Средние скорости дрейфа составляли 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 приполюсный район и в створе пролива Фрама разделялся на две ветви. Одна ветвь дрейфа уходила в пролив Фрама и выносила льды из океана, а вторая ветвь дрейфа продолжала циклоническое вращение.

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

Рис. 2.1.5. Поле скорости дрейфа морского льда в июле 2022 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В течение августа продолжалось интенсивное сокращение ледяного покрова в СЛО и его морях. Уменьшение площади льда происходило в основном за счет его разрушения в окраинных морях российского сектора Арктики – в Баренцевом и Карском, а также Чукотском. Интенсивно очищались акватории восточной части моря Лаптевых, района к северу от Новосибирских островов и западной части Восточно-Сибирского моря. Началось разряжение 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 была близка к среднемноголетнему положению. В районе к северу от Новосибирских островов граница дрейфующих льдов занимала аномально высокое северное положение. В целом ряде районов морей – северо-восточной части Карского, западной части Лаптевых, восточной части Восточно-Сибирского, 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. 2.1.6).

В возрастном составе льдов СЛО и его морях наблюдались старые льды и однолетние льды. Старые льды наблюдались в гренландском, канадском и аляскинском

секторах Арктики, а также в приполюсном районе Арктики. Оставшиеся льды представляли собой однолетние толстый лед различной сплоченности и разрушенности (рис. 2.1.7).

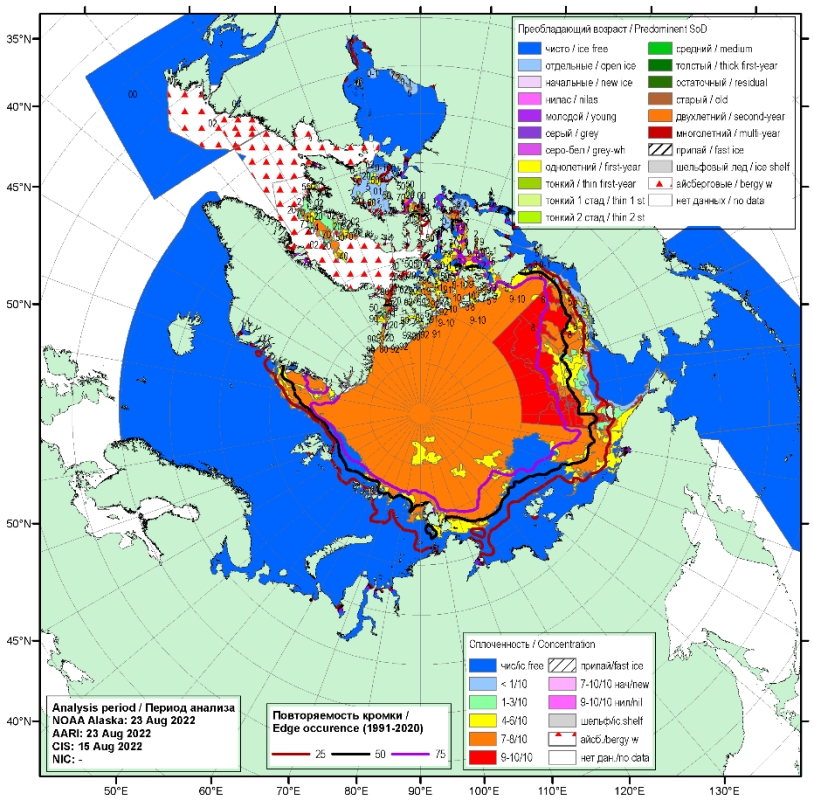


Рис. 2.1.6. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 15 – 23.08.2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

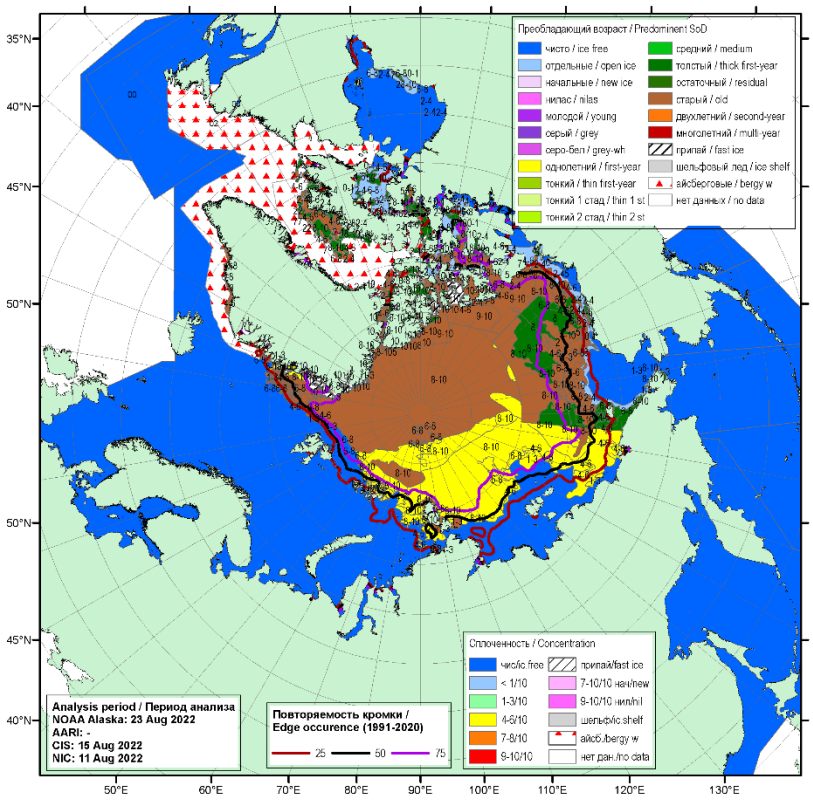


Рис. 2.1.7. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 15 – 23.08.2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В августе в поле дрейфа ледяного покрова произошли существенные изменения. Исчезли, наблюдавшиеся в июле, два слабовыраженных вихря в западной и восточной частях СЛО. Вместо него сформировался необычный для СЛО, но хорошо выраженный трансарктический перенос льдов, направленный от моря Бофорта к северной границе Баренцева моря и в пролив Фрама. Сформировавшийся трансарктический перенос переносил льды из моря Бофорта далее через приполюсный район СЛО и выносил их в северную часть Баренцева моря и пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов была невелика и составляла около 5 км/сут (рис. 2.1.8).

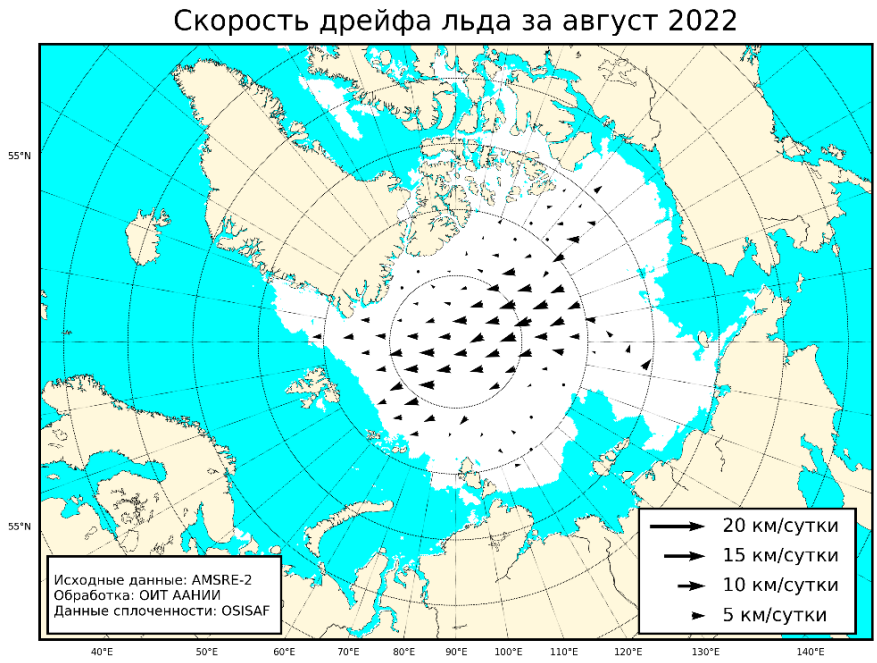


Рис. 2.1.8. Поле скорости дрейфа морского льда в августе 2022 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В середине сентября площадь ледяного покрова в СЛО достигла своего минимального значения и в конце месяца сокращение полностью прекратилось. Среди остаточных льдов к северу от широты 80 – 82° с.ш. стало наблюдаться ледообразование.

В начале третьей декады сентября в прикромочной зоне на чистой воде по широкому фронту от моря Баренцева до Бофорта началось ледообразование, что в среднем было на 5 – 10 суток позже среднемноголетних сроков. Начальные и молодые льды вышли из границы остаточных льдов и в виде узкой полосы шириной 10 – 50 км наблюдались южнее границы остаточных льдов,

Таким образом, характерной чертой начала осеннего ледообразования 2022 г является его 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 и в море Бофорта. Остаточные льды сохранились также среди островов Канадского арктического архипелага (рис. 2.1.9).

Положение границы дрейфующих льдов в сентябре 2022 г. было близким к среднемноголетнему в Гренландском, Баренцевом и Карском морях. В районе к северу от архипелага Новосибирских островов 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. 2.1.10).

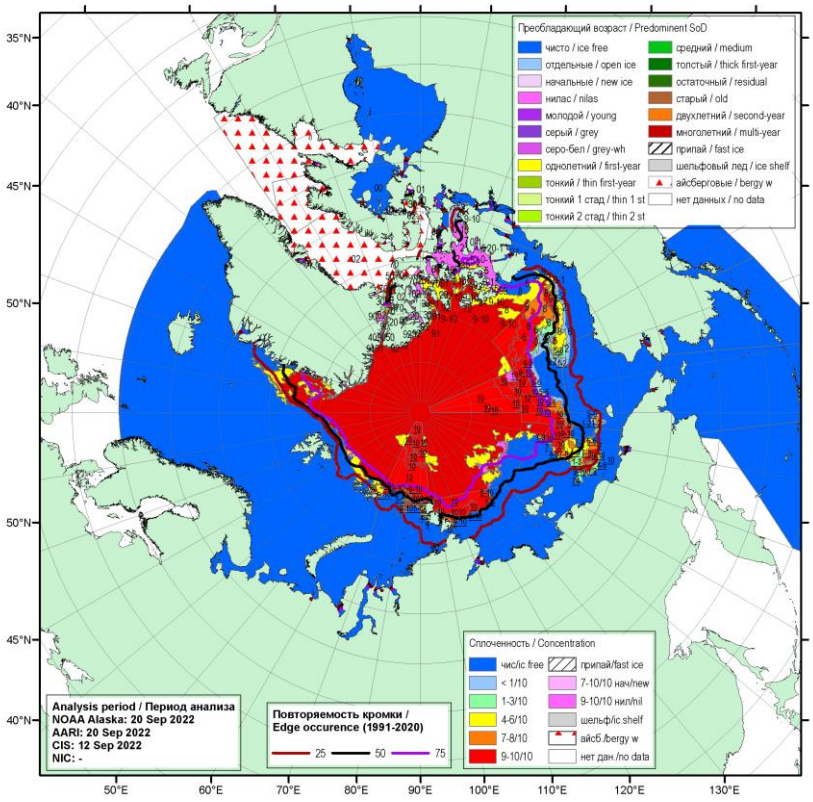


Рис. 2.1.9. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 12–20.09.2022 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

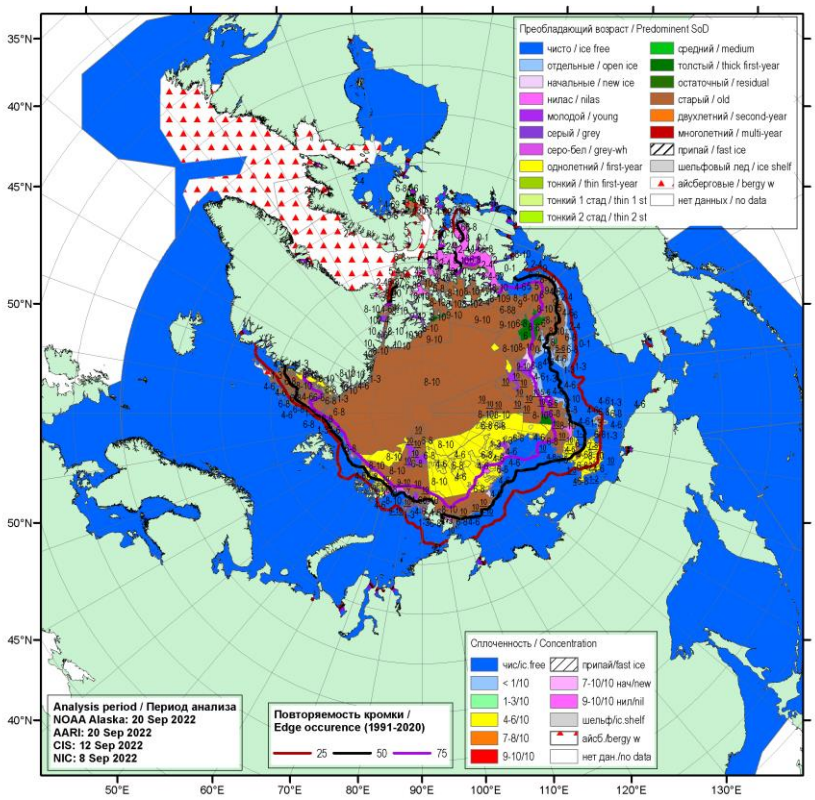


Рис. 2.1.10. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 16–20.09.2021 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США

Дрейф ледяного покрова в сентябре приведен на рисунке 2.1.11. В сентябре сформировались традиционно наблюдаемые в СЛО структуры дрейфа – Трансарктический перенос льдов и Канадский антициклонический круговорота.

Трансарктический перенос льдов был выражен очень слабо. Перенос льдов начинался к северу от моря Лаптевых и через приполюсный район выносил льды к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама. Скорость дрейфа льдов составляла 1-5 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот был также развит слабо и наблюдался в канадском и аляскинском секторах СЛО, с центром над северной частью моря Бофорта. Этот перенос приводил к постоянному увеличению остаточных льдов в северной части Чукотского моря. Скорости дрейфа ледяного покрова были незначительными и составили менее 5 км/сут (рис. 2.1.11).

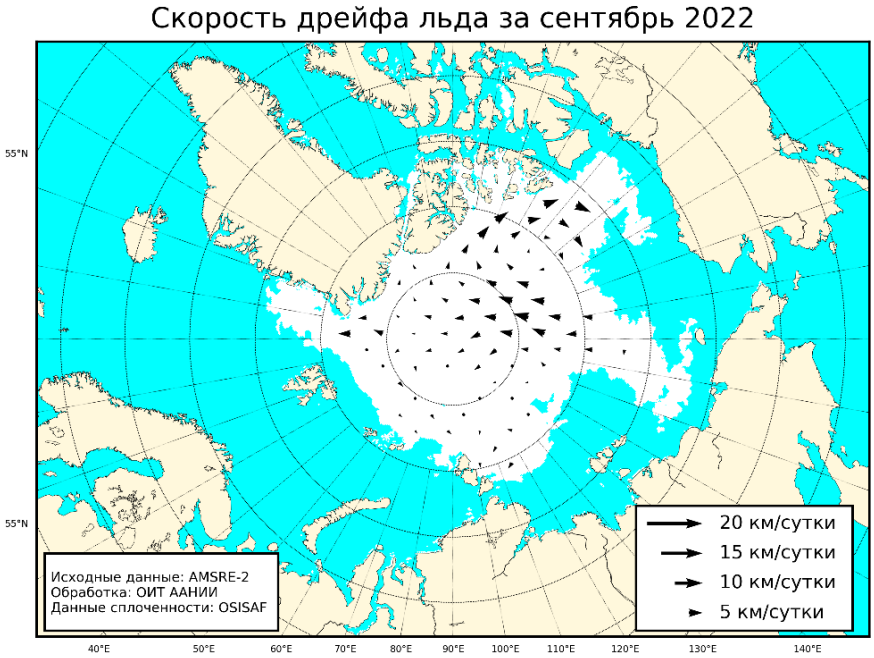


Рис. 2.1.11. Поле скорости дрейфа морского льда в сентябре 2022 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

По модельным оценкам Датского метеорологического института объем морского льда в середине сентября (максимальное сокращение) составил около 6,5 тыс. км^3, что на 1 тыс. км^3 (около 15%) меньше среднемноголетнего значения. По расчетному объему льдов сентябрь 2022 г. занял 4 место в ранге минимумов, превышая значения 2019, 2020 и 2021 гг. (рис. 2.1.12).

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября (на 12-18 сентября) 2022 г. составила 4,60 млн. км^2 при норме 6,1 млн. км^2, что на 20% меньше среднемноголетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО оказались на 1,2 млн. км^2 меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978-2022 гг.). По площади остаточного льда 2022 г. стал двенадцатым по рангу минимумов в группе легких лет (на середину сентября). Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на середине сентябрь, а также сравнение со значениями ледовитости ряда лет, начиная с 2017 г., приведены в таблице 2.1.1 и а рисунке 2.1.13.

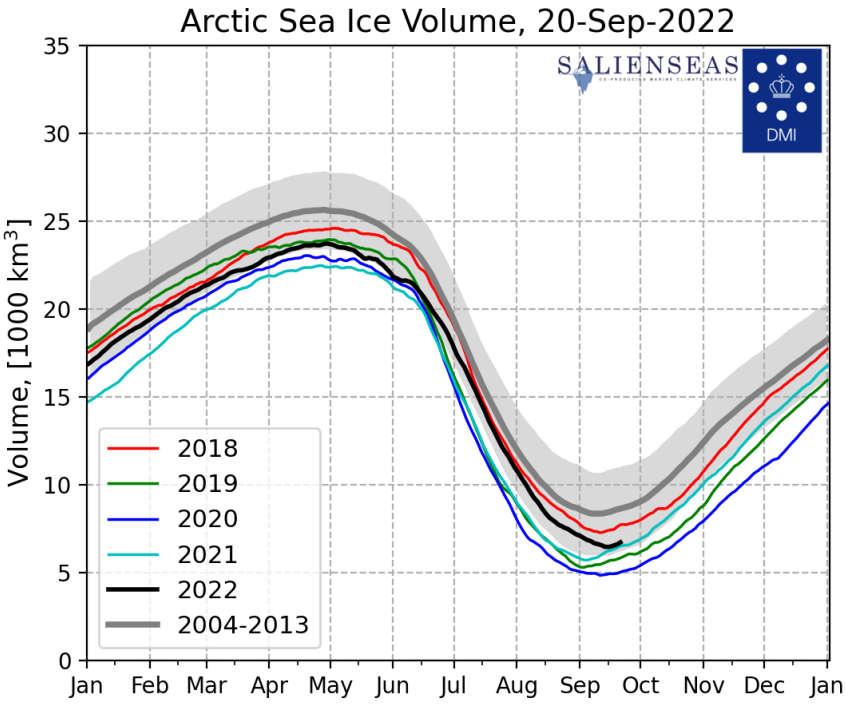


Рис. 2.1.12. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда в СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института с 01.01.2004 по20.09.2022 гг.

Таблица 2.1.1

Значения ледовитости за 12–18 сентября 2021 г. и её аномалии от значений периодов 2012-2022 гг. и 1978-2022 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS

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

На рисунке 2.1.13 приведены ежедневные оценки сезонного хода площади льдов для Северного Ледовитого океана и его отдельных секторов за период с 26.10.1978 по 19.09.2022 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм

NASATEAM. Ход изменения площади льдов показывает, что практически весь летний сезон количество льда в СЛО в целом было меньше среднемноголетнего значения (нормы за 1978-2022 гг.). Малая ледовитость СЛО в 2022 г. в основном была обусловлена малой ледовитостью двух секторов Арктики – сектором 45°W – 95°E (Гренландское – Карское моря) и сектором 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское). Напротив, в секторе 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) ледовитость в летний сезон 2022 г. была близка к среднемноголетнему значению (норма за 1978 – 2022 гг.).

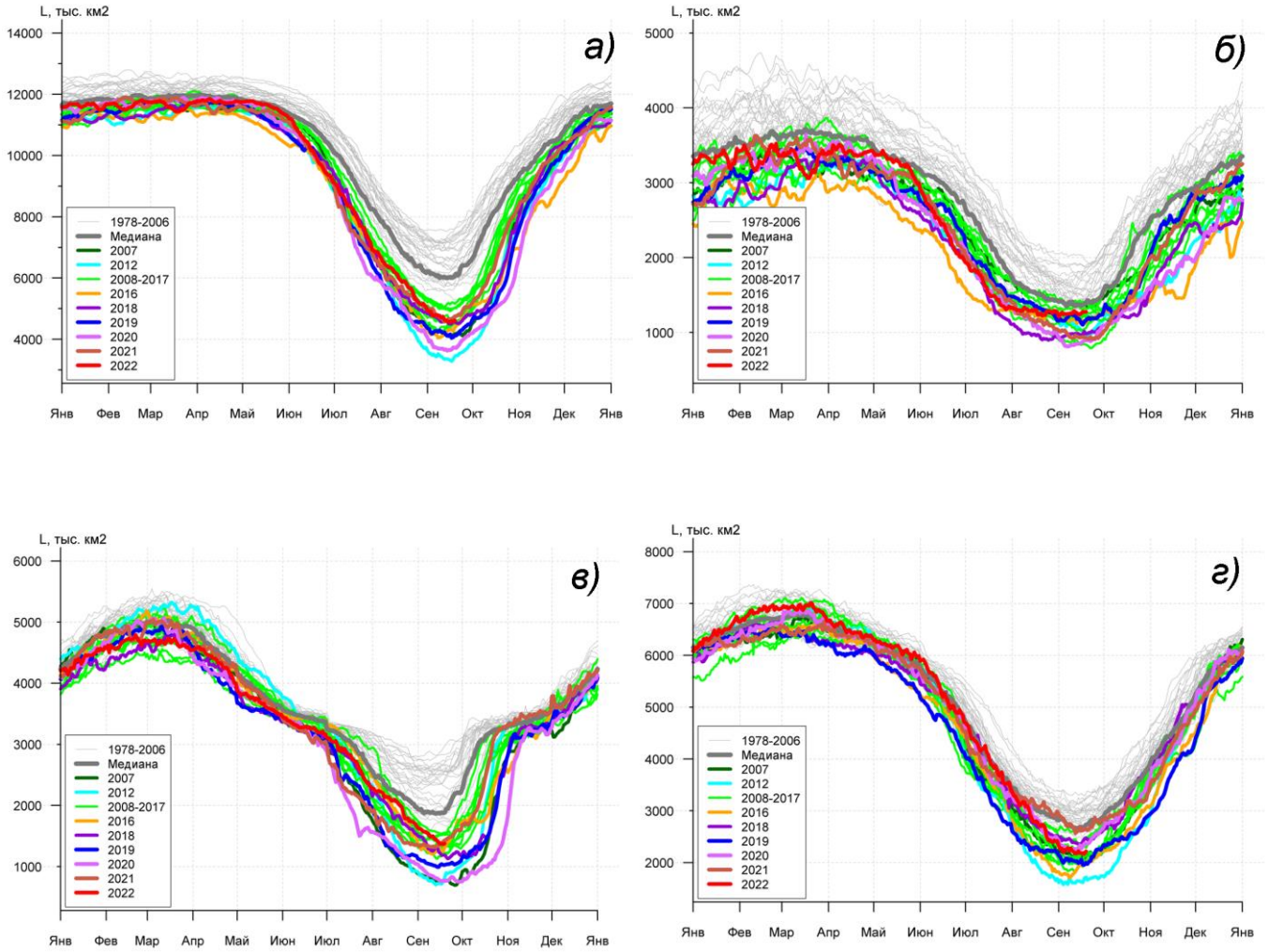


Рис.2.1.13. Ежедневные оценки сезонного хода площади льдов

а) Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов б) — 45°W – 95°E (Гренландское – Карское моря), в) — 95°E –170°W (моря Лаптевых — Чукотское и Берингово, Охотское) и г) - 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период 26.10.1978 -21.09.2021 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM

3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2022 г.

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в третьем квартале 2022 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ITP (Ice-Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающими непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1.1, рис. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

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

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ITP 122	01.07.2022	27.09.2022	354
2	ITP 123	01.07.2022	31.07.2022	122
3	ITP 126	01.07.2022	27.09.2022	177
4	ITP 127	01.07.2022	27.09.2022	177
5	ITP 129	01.07.2022	30.08.2022	241

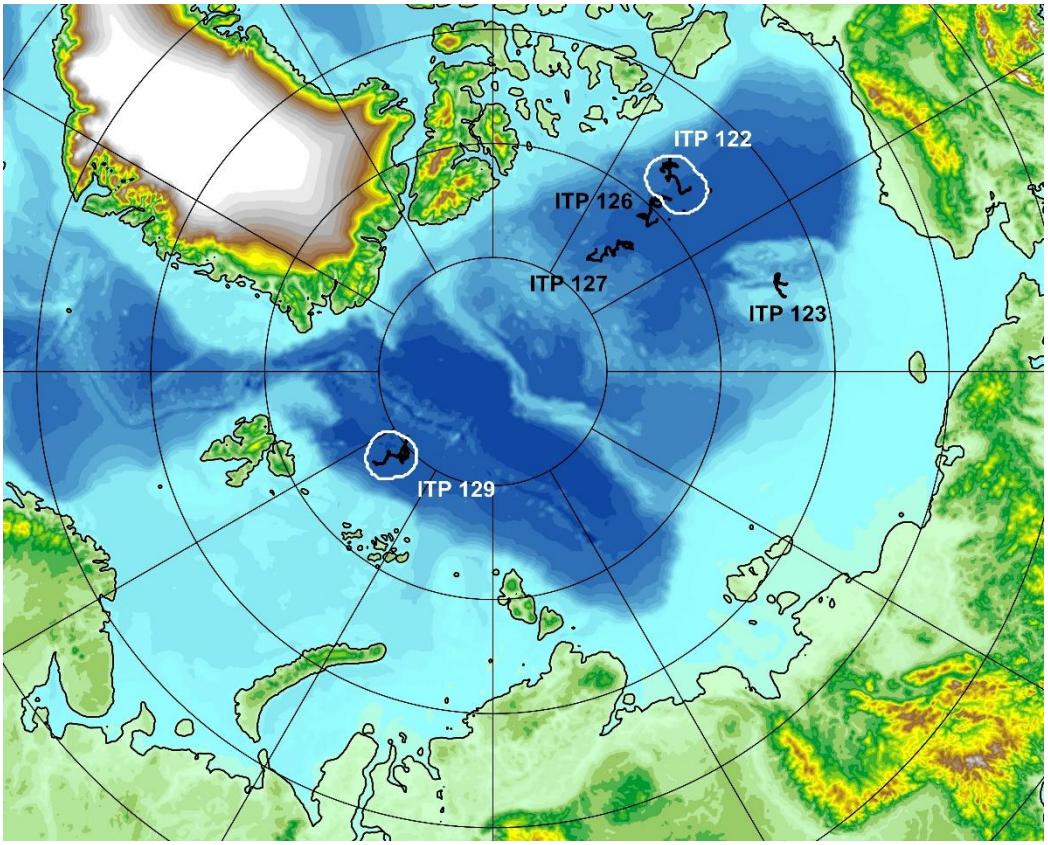


Рис. 3.1.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2022 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

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

Амеразийский суббассейн

В третьем квартале 2022 г. в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ITP 122 поверхностный слой был незначительно распреснён (26,85 ‰) по сравнению с климатической нормой (27,49 ‰). Аномалия составила –0,64 ‰. В свою очередь температура поверхностного слоя в 2022 г. была на 0,1 °C ниже по сравнению с климатической нормой (–1,38 °C).

Под верхним перемешанным слоем глубже 40 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33 ‰. Максимальное значение температуры слоя ЛТВ по данным ITP 122 составило –0,15 °C, превышая климатическую норму на 0,62 °C.

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

На глубинах 180 — 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 ITP 122 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 190 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 160 м.

Глубже 190 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °С) по данным третьего квартала 2022 года располагалась на глубине 280 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,8 °С (485 м глубины), что соответствует климатической норме и свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Амеразийском суббассейне СЛО.

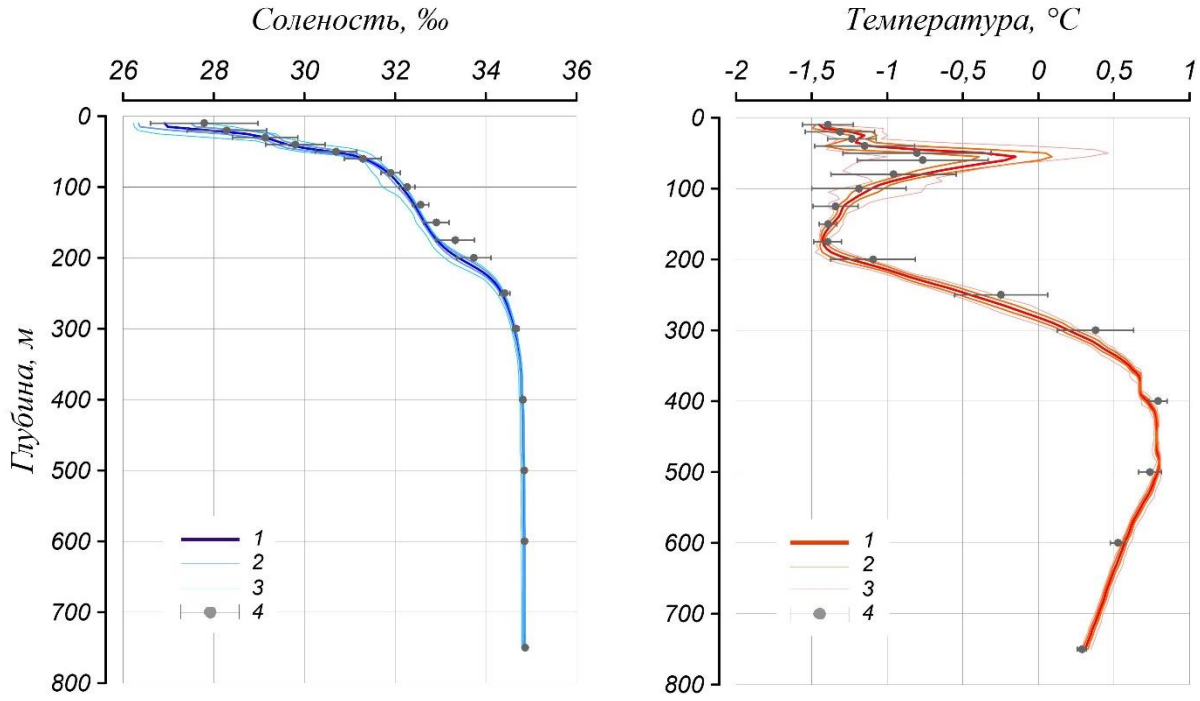


Рис. 3.1.2. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в сентябре 2022 г. по результатам измерений профилографа ITP 122

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 СЛО отдела океанологии ААНИИ за апрель — июнь в период с 1991 по 2020 гг.

Евразийский суббассейн

Поверхностный слой в Евразийском суббассейна в третьем квартале 2022 года по данным ITP 129 характеризовался незначительными отрицательными значениями аномалии солености 0,3 ‰ (рис. 3.1.3).

Максимальное значение температуры воды в ядре АВ достигло 1,78 ºС на глубине 215 м, что ниже климатической нормы на 0,3 ºС (250 м). Подобное уменьшение максимальной температуры АВ в третьем квартале 2022 г. наблюдалось впервые за последние 20 лет наблюдений.

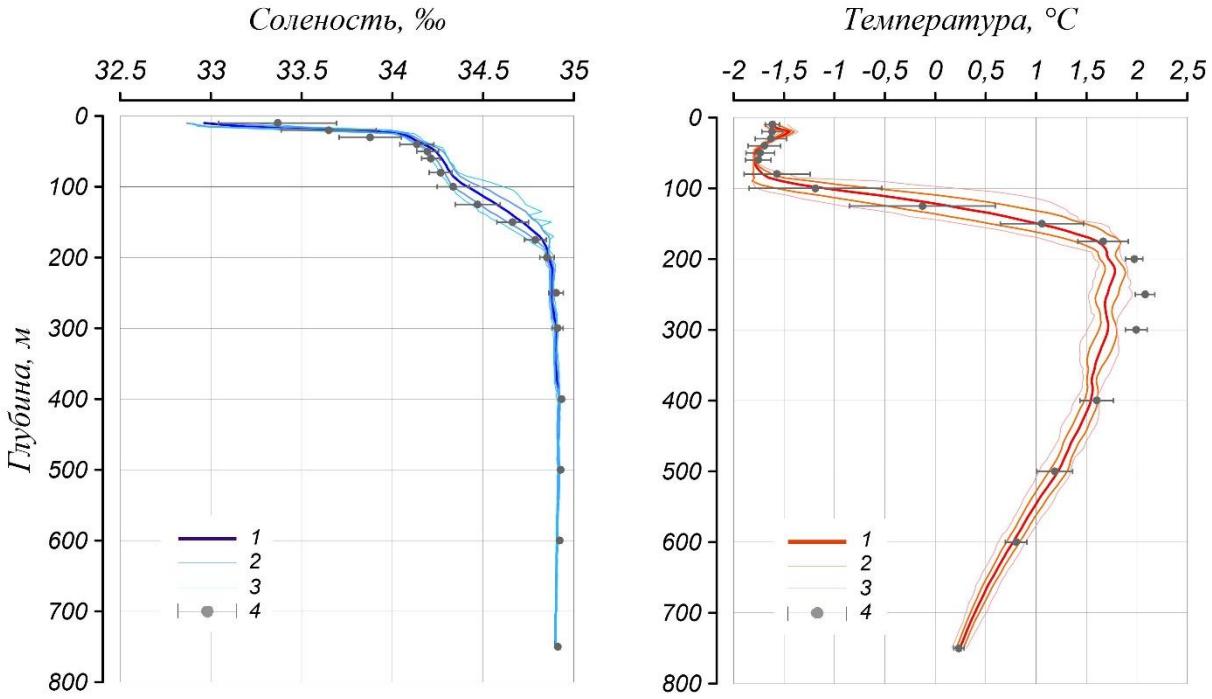


Рис. 3.1.3. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Евразийском суббассейне (котловина Нансена) в августе 2022 г. по результатам измерений профилографа ITP 129

Условные обозначения см. рис. 3.1.2.

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных в третьем квартале 2022 г., гидрологический режим СЛО близок по своим характеристикам к климатической норме.

В Канадской глубоководной котловине и Котловине Нансена наблюдались незначительные отрицательные аномалии значений солености (–0,64 ‰ и –0,3 ‰ соответственно) в поверхностном слое.

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 ºС.

Как и в предыдущие годы наблюдалась положительная аномалия температуры летних тихоокеанских вод, которая составила +0,62 ºС.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 2022 года составлена по данным четырехсрочных и восьмисрочных наблюдений на 12-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.2.1). В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2.1

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период июль – сентябрь 2022 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
Амдерма	69 45 N	61 42 E
Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
им. М.В. Попова (о. Белый)	73 20 N	70 03 E
о. Диксон	73 30 N	80 24 E
Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
Мыс Стерлегова	75 25 N	88 54 E
ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина)	77 43 N	104 17 E
Море Лаптевых		
Анабар	73 13 N	113 30 E
м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
о. Котельный	76 00 N	137 52 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.2.1, табл. 3.2.2) по данным станций им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос), Усть-Кара и Амдерма колебания уровня происходили в основном на повышенном фоне.

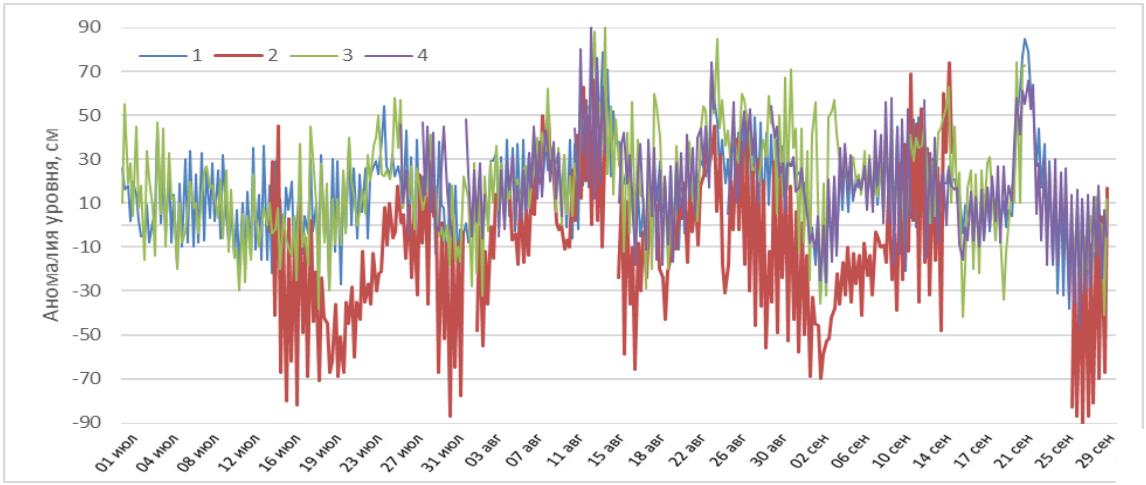


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2022 г.

1 – Амдерма; 2 – им. М.В. Попова (быв. о. Белый); 3 – Усть-Кара; 4 – им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский Нос)

Таблица 3.2.2

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2022 г.

Станция	Хар–ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский Нос)	$h_{ср}$ (см)	–	25	12
	σ_h (см)	–	22	24
	h_{min} (см)	–	–18	–46
	Дата	–	17	27
	h_{max} (см)	–	90	66
	Дата	–	13	22
Амдерма	$h_{ср}$ (см)	10	22	12
	σ_h (см)	18	21	25
	h_{min} (см)	–29	–19	–41
	Дата	20	18	27
	h_{max} (см)	54	79	85
	Дата	25	14	22
Усть–Кара	$h_{ср}$ (см)	11	26	17
	σ_h (см)	20	24	26
	h_{min} (см)	–38	–32	–42
	Дата	19	3	16
	h_{max} (см)	58	90	74
	Дата	26	14	21
Попова (быв. о. Белый)	$h_{ср}$ (см)	–	2	–
	σ_h (см)	–	29	–
	h_{min} (см)	–	–78	–
	Дата	–	1	–
	h_{max} (см)	–	66	–
	Дата	–	13	–

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

Аномалия среднего уровня в августе месяце достигала здесь +26 см, в сентябре она снизились до значений +12 см на станциях им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) и Амдерма, и +17 см на станции Усть-Кара. Минимальное значение уровня моря (–46 см) наблюдалось на станции им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) 27 сентября. Максимум уровня моря в этом районе был отмечен на станциях им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) и Усть-Кара 13 и 14 августа, соответственно, когда уровень превысил среднее значение на 90 см.

На станции им. М.В. Попова (о. Белый) непрерывные измерения проводились отрывочно в августе и сентябре. Колебания уровня на этой станции происходили около нормы, аномалия среднемесячного уровня в августе составила +2 см. Данные полученные за сентябрь нельзя считать достаточно полными для анализа.

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) на станциях Сопочная Карга и о. Диксон с июля по август наблюдалось плавное увеличение средних значений уровня моря на 10 – 20 см. В сентябре произошло существенное понижение фона колебаний уровня моря до значений +7 см на станции о. Диксон и –11 см на станции Сопочная Карга.

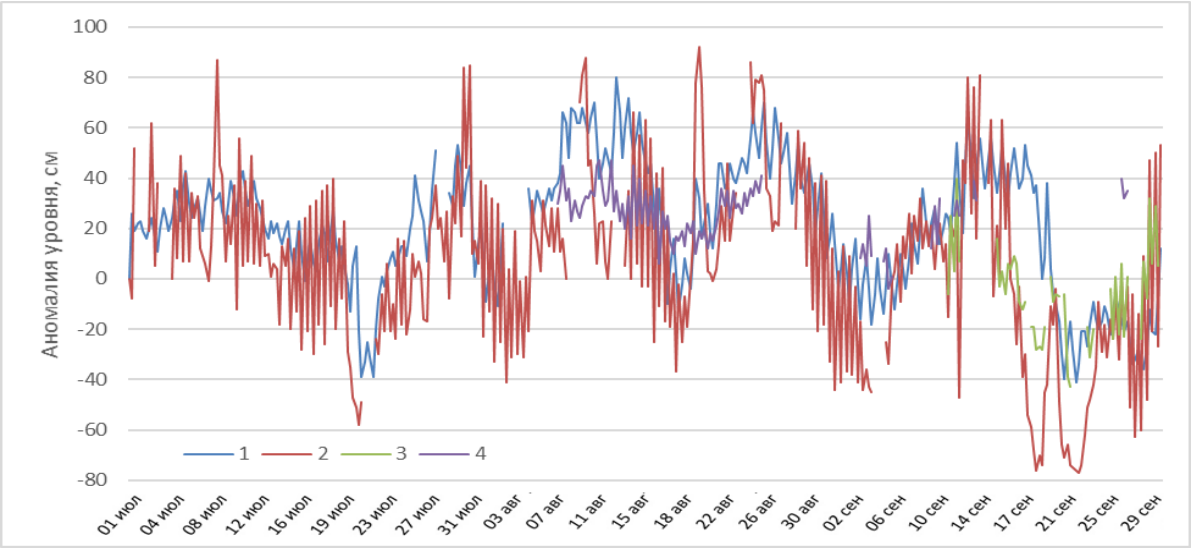


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в июле – сентябре 2022 г.

1 – о. Диксон; 2 – Сопочная Карга; 3 – Мыс Стерлегова; 4 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)

Таблица 3.2.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря и Обской губы в июле – сентябре 2022 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
о. Диксон	$h_{ср}$ (см)	18	38	7
	σ_h (см)	17	22	27
	h_{min} (см)	–39	–12	–41
	Дата	21	18	22
	h_{max} (см)	53	80	64
	Дата	29	12	12
Сопочная Карга	$h_{ср}$ (см)	11	20	–11
	σ_h (см)	28	32	39
	h_{min} (см)	–58	–41	–77
	Дата	21	3	22
	h_{max} (см)	87	92	81
	Дата	8	20	13

Во второй декаде августа на всех станциях северо-востока Карского моря наблюдались сильные нагонные явления. На станции Сопочная Карга 20 августа уровень моря поднялся до +92 см, а 12 августа на станции о. Диксон — до +80 см.

На станциях Мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) непрерывные измерения проводились отрывочно. Данные полученные за этот период нельзя считать достаточными для анализа.

В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) колебания уровня моря происходили на явно повышенном фоне. В июле средняя аномалия уровня составил +38 см, а в августе и сентябре +75 см и +73 см соответственно. Стоит отметить довольно высокую амплитуду колебаний в течение всего рассматриваемого периода (стандартное отклонение около 40 см). Самое большое положительное значение аномалии уровня наблюдалось 27 августа и составило +165 см.

Колебания уровня на востоке моря Лаптевых (рис. 3.2.5, табл. 3.2.4) на станциях о. Котельный и пр. Санникова происходили на повышенном фоне с пиком, наблюдавшимся в августе, когда аномалия величины среднемесячного уровня составляла от +28 см на станции о. Котельный до +45 см на станции пр. Санникова. При этом необходимо отметить, что в сентябре на обеих станциях произошло существенное понижение фона колебаний уровня моря на 15 — 17 см, при этом положительные аномалии сохранились. Максимум уровня моря в этом районе был отмечен на станции пр. Санникова 7 августа, когда превысил среднее значение на 67 см. Минимальное значение уровня моря (–35 см) наблюдалось на станции о. Котельный 24 июля.

На станции мыс Кигилях (рис. 3.2.5, табл. 3.2.4) в течение практически всего рассматриваемого периода наблюдались значения уровня моря ниже среднемноголетних. В июле колебания уровня происходили на пониженном фоне (–9 см). В августе произошло повышение среднего уровня до среднемноголетней величины (+3 см). В сентябре фон колебаний уровня моря резко понизился, составив –12 см. Минимальные значения уровня моря наблюдались 24 июня (–59 см), максимальные 21 июля (+38 см).

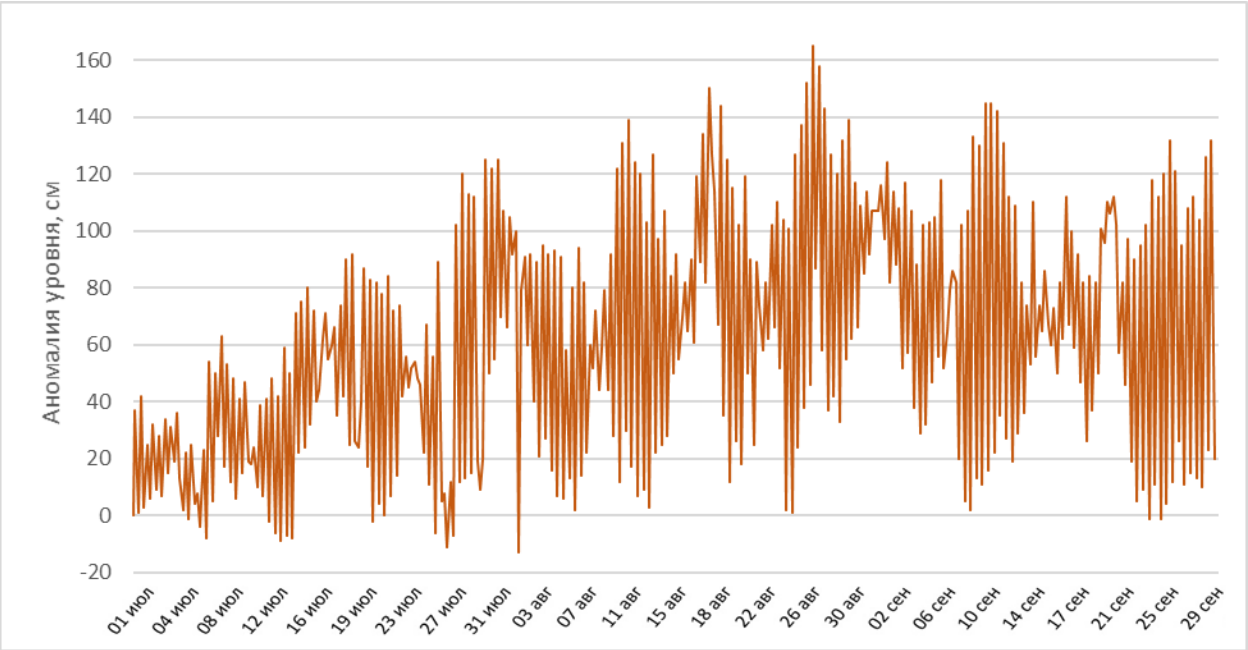


Рис. 3.2.4. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в июле – сентябре 2022 г.

Таблица 3.2.4

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в июле — сентябре 2022 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
Анабар	$h_{ср}$ (см)	38	75	73
	σ_h (см)	33	42	41
	h_{min} (см)	–11	1	–1
	Дата	27	25	24
	h_{max} (см)	125	165	145
	Дата	30	27	10
м. Кигилях	$h_{ср}$ (см)	–9	3	–12
	σ_h (см)	20	13	8
	h_{min} (см)	–59	–19	–27
	Дата	24	23	23
	h_{max} (см)	38	32	14
	Дата	21	17	27
о. Котельный	$h_{ср}$ (см)	19	28	11
	σ_h (см)	24	22	21
	h_{min} (см)	–35	–12	–29
	Дата	24	01	26
	h_{max} (см)	62	62	46
	Дата	01	13	14
пр. Санникова	$h_{ср}$ (см)	25	45	30
	σ_h (см)	19	14	12
	h_{min} (см)	–11	11	–4
	Дата	25	21	11
	h_{max} (см)	65	67	62
	Дата	1	7	7

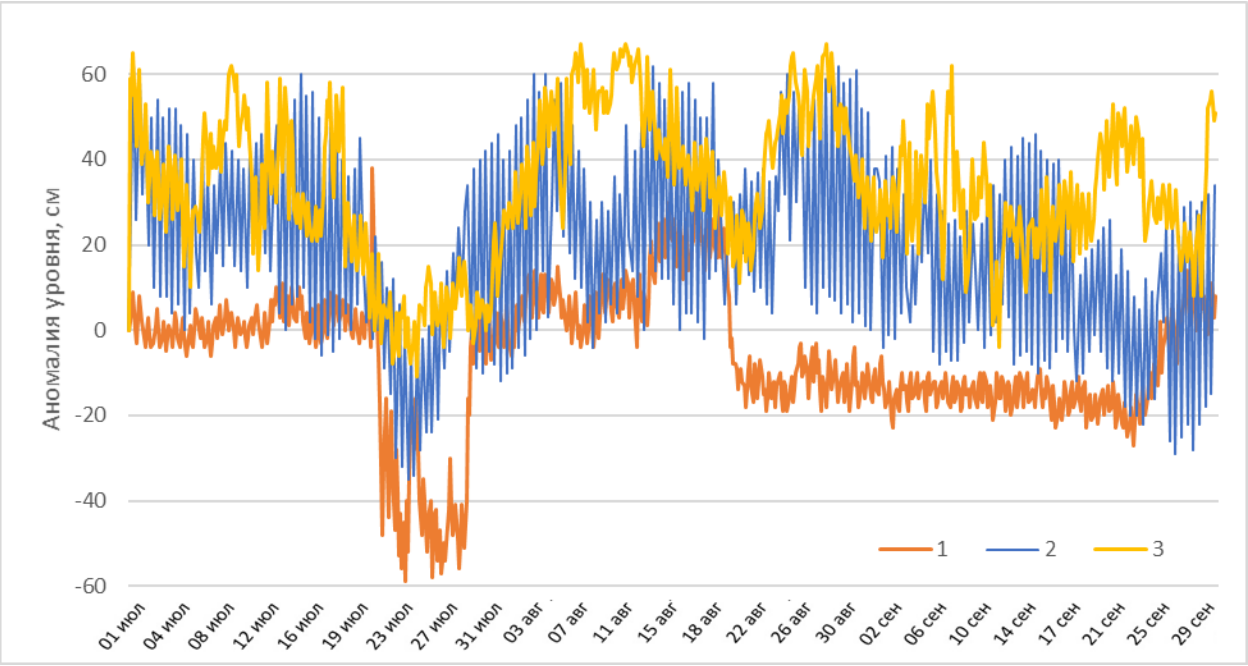


Рис. 3.2.5. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле – сентябре 2022 г.

1 – м. Кигилях; 2 – о. Котельный; 3 – пр. Санникова

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в третьем квартале 2022 г. не производилось, в связи с чем, дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей в 3 квартале 2022г.

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (Hs – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с июля по сентябрь 2022 г. Расчеты и прогнозы ветрового волнения осуществлялись по авторской технологии, основанной на спектрально-параметрической модели (СПМ) ветрового волнения ААНИИ (AARI-PD2). В 2010 г. данная технология была представлена на ЦМКП и решением комиссии рекомендована к использованию в ААНИИ для выполнения оперативных прогнозов на акватории морей Российской Арктики. В 2013 г. получено свидетельство о государственной регистрации авторской технологии прогноза параметров (элементов) ветрового волнения, скорости (степени) брызгового обледенения судов в Реестре программ для ЭВМ (№2013617230 от 06 августа). Основными исходными данными модели являлись поля атмосферного давления на уровне моря (или составляющие скорости ветра на 10-ти метровом горизонте) и

температура воздуха на высоте 2 м центра Брекнелл (Великобритания, EGRR), оперативно поступающие в ААНИИ в центр коммутации сообщений (ЦКС UNIMAS) автоматизированной системы передачи данных (АСПД) Росгидромета (формат данных GRIB1). Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по данным реанализа сплоченности льда ААНИИ. Расчеты проводились для морей Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Сведения о распределении высот волн Hs для этих морей приведены в таблицах 3.3.1–3.3.5.

Как видно из таблицы 3.3.1, в третьем квартале 2022 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 3 м. Самыми штормовыми месяцами стали август и сентябрь. Максимальная высота волн в этот период составила более 4,5 м в сентябре (23 сентября на 18 ч и 24 сентября на 00 ч).

Таблица 3.3.1

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Баренцевом море в третьем квартале 2022 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	–	16	15	–	–
Август	–	8	11	6	6
Сентябрь	–	–	15	9	6
Итого	–	24	41	15	12

На рисунке 3.3.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs на акватории Баренцева моря 23 сентября 2022 г. на 18 ч.

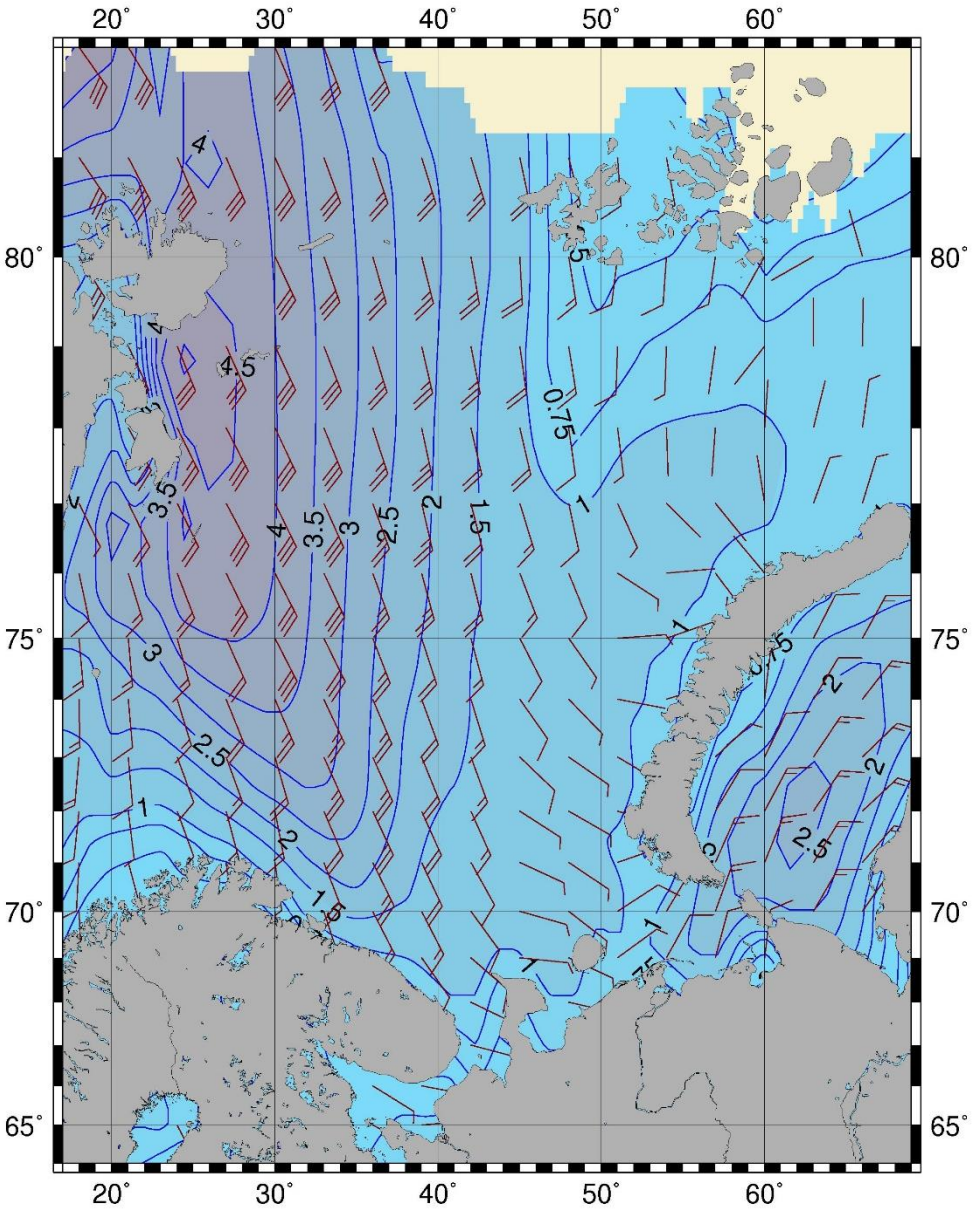


Рисунок 3.4.1. Поле ветра и высот волн (Hs, м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 23 сентября 2022 г.

В Карском море (табл. 3.3.2) в третьем квартале 2022 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн более 4,5 м была рассчитана 22 сентября на 00 и 06 ч. 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 конца сентября.

На рисунке 3.3.2, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs на акватории Карского моря на 06 ч 22 сентября 2022 г.

Таблица 3.3.2

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Карском море в третьем квартале 2022 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	4	22	5	–	–
Август	1	12	16	2	–
Сентябрь	–	7	17	4	2
Итого	5	41	38	6	2

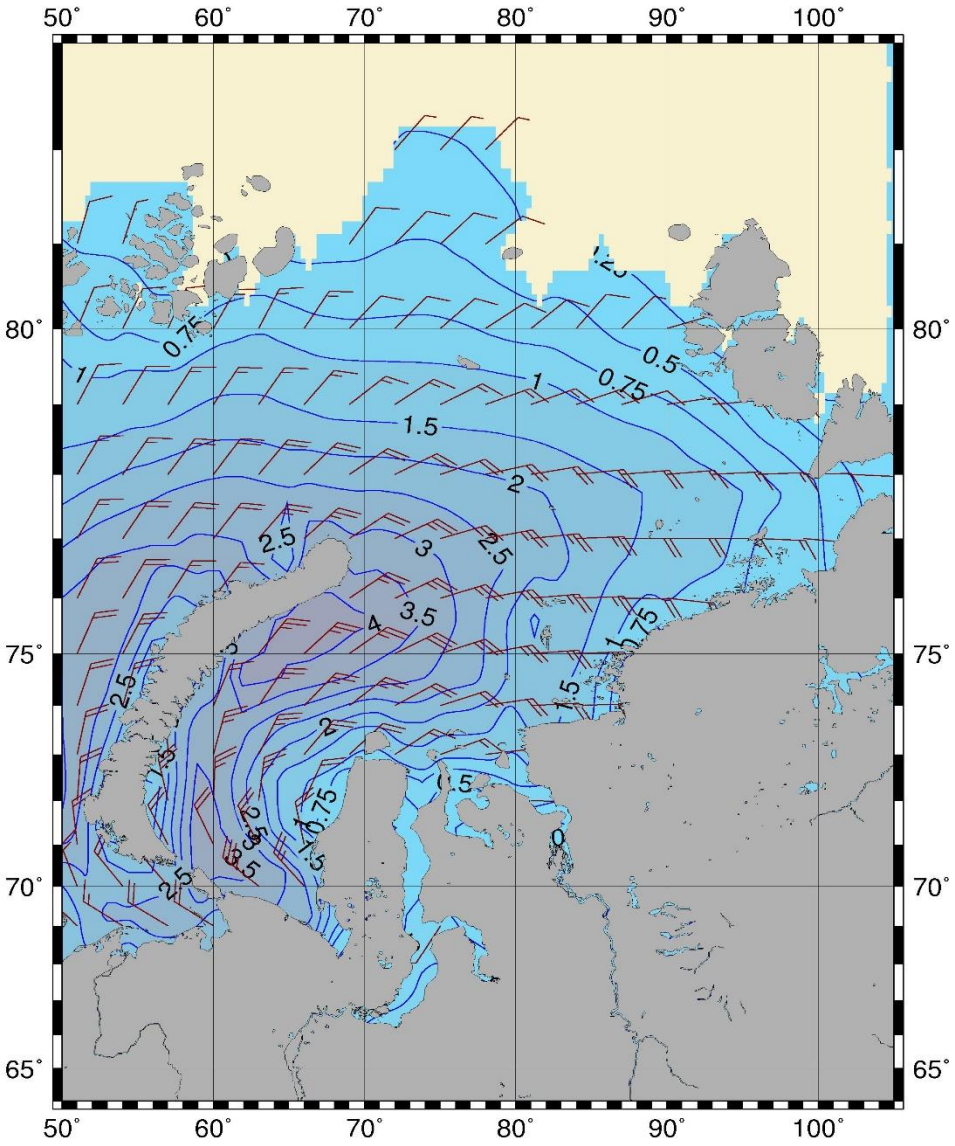


Рисунок 3.3.2. Поле ветра и высот волн (Hs, м) в Карском море на 06 ч UTC 22 сентября 2022 г.

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

Как видно из таблиц, в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском преобладало волнение от 1 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем во всех трех морях стал сентябрь.

Наибольшая расчетная высота волны в море Лаптевых составила более 3,0 м (22 и 28 сентября).

Наибольшая расчетная высота волны в Восточно-Сибирском море составила более 5,0 м (21 сентября).

Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила более 3,5 м (17, 18 и 25 сентября).

Таблица 3.3.3

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

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	5	17	9	–
Август	–	16	15	–
Сентябрь	1	13	14	2
Итого	6	46	38	2

Таблица 3.3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 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
Итого	7	35	35	4	1	1

Таблица 3.3.5

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

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	5	17	6	3
Август	–	12	19	–
Сентябрь	–	8	13	9
Итого	5	37	38	12

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.

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 лишь к концу сентября, но оставались еще небольшие ледяные поля в восточной части моря. Граница области чистой воды в Восточно- Сибирском море доходила в конце сентября до 81° с.ш..

Чукотское море к концу августа было открыто до 75°с.ш., а в течение сентября граница области чистой воды менялась от 75 до 79° с.ш.

На рисунке 3.4.3, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs для морей восточной Арктики на 12 ч UTC 21 сентября 2022 г.

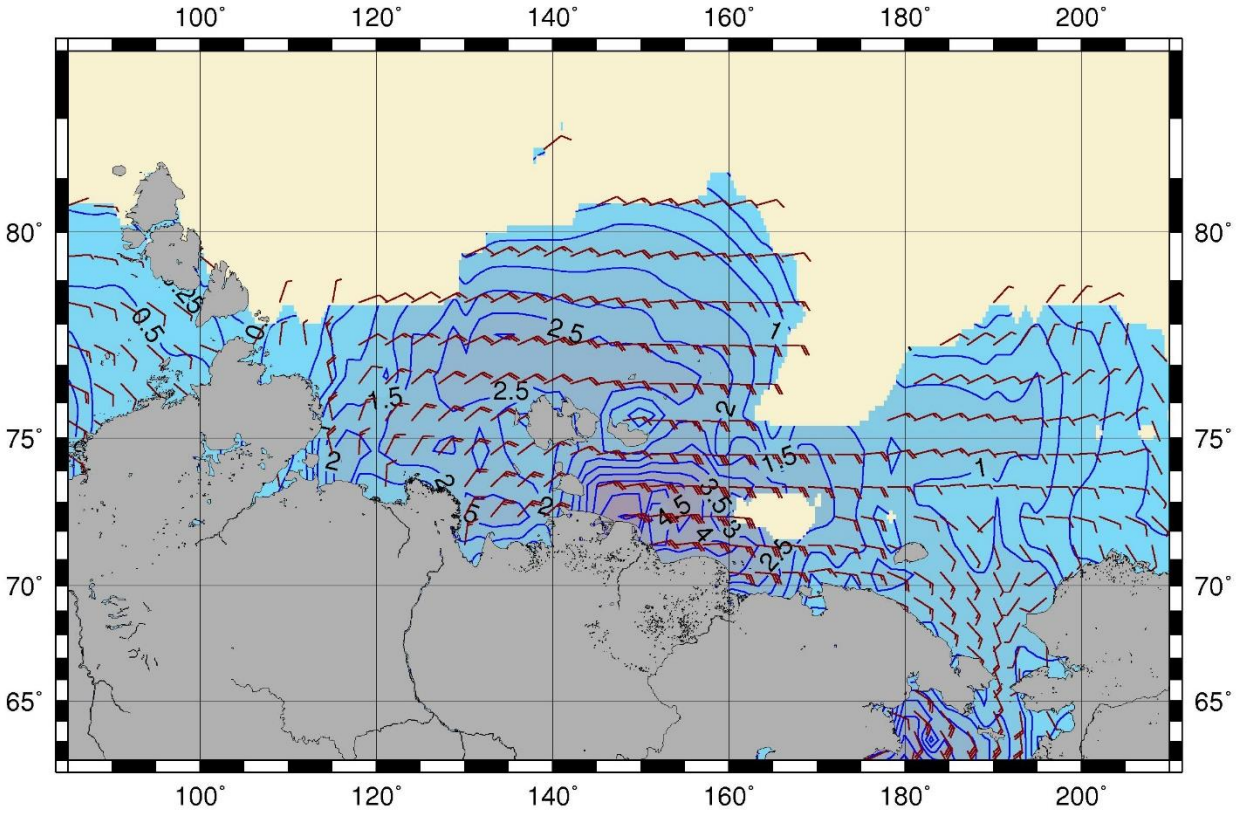


Рисунок 3.3.3. Поле ветра и высот волн (Hs, м) в морях восточной Арктики на 12 ч UTC 21сентября 2022г.