

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

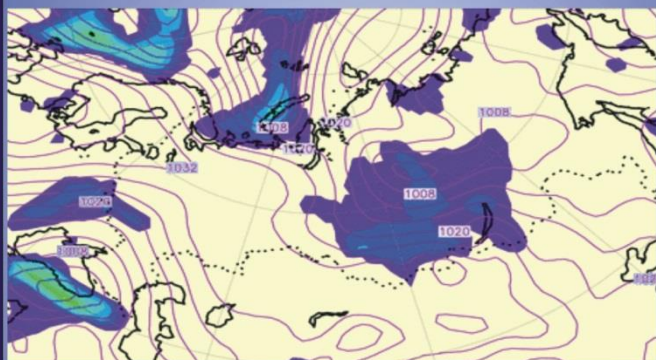


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

I квартал 2021





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Метеорологические условия в северной полярной области	4
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период январь — март 2021 г.....	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области	16
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2020 года.....	23
Рис. 2.13 Е	36
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 1 квартале 2021 г.....	39
3.1. Термохалинные условия.....	39
3.2 Уровень арктических морей.....	39
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей в 1 квартале 2021 г.....	45



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в I квартале 2021 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 (ответственный — зав. лабораторией канд. геогр. наук В.Ф. Радионов) 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 И.М. Фильчук К.В.).

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

1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период январь — март 2021 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 января по март 2021 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – декабрь 2020 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.

Реальное состояние крупномасштабной циркуляции в атмосфере и метеорологические условия в полярном районе Арктики каждого конкретного года существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы),



что указывает на существование большого числа вариантов конкретных реализаций ОЦА в отдельных локальных районах Арктики. Несмотря на сложность взаимосвязей между элементами макроструктуры, множественность их возможных состояний и сочетаний, в эволюции макросиноптических процессов всегда имеется возможность выявить ряд существенных особенностей, определяющих тенденцию их развития.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с января по март 2021 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за первый квартал 2021 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификациям Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземного давления и температуры воздуха и их аномалий (табл. 1.1.1)

Таблица. 1.1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период январь – март 2021 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	<i>W</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>З</i>	<i>M₁</i>	<i>M₂</i>
Число дней	33	21	36	21	32	37
Аномалия	2	1	-3	-3	16	-13

За период январь – март 2021 г. повторяемость атмосферные процессы западной (*W*) и меридиональной (*C*) форм циркуляции незначительно превысили норму. Во втором секторе меридиональные процессы типа *M₁* превысили норму на 16 дней.

Анализ процессов показал, что в январе – марте 2021 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с января по март 2021 г. представлен на рис. 1.1.1.

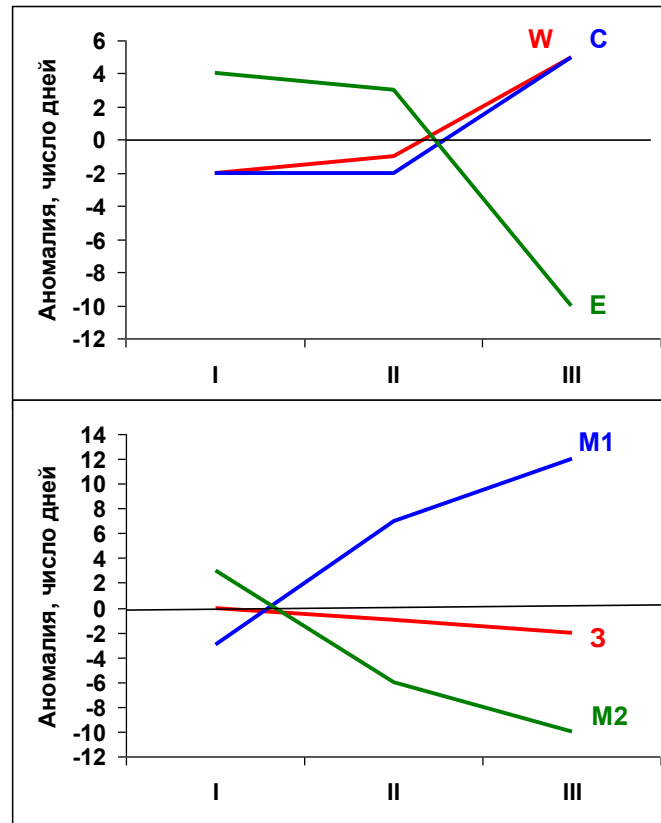


Рис. 1 Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период январь – март 2021 г.

W – западная форма, *E* – восточная форма, *C* – меридиональная форма, *Z* – зональный тип, M_1 – первый меридиональный тип, M_2 – второй меридиональный тип

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с января по март 2021 г. выглядит следующим образом:

Январь – E_{M2} → Февраль - E_{M1} → Март – $(W+C)_{M1}$

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

В январе и феврале под влиянием арктического антициклона фон давления в полярном районе сформировался выше нормы на 10 – 15 гПа.

В марте произошла резкая перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов. При активизации циклонической деятельности в Арктике фон давления резко понизился до отрицательных значений аномалий давления.

Изменения средних месячных значений аномалий давления от месяца к месяцу в центральном полярном районе Арктики представлены на рис. 1.1.2.

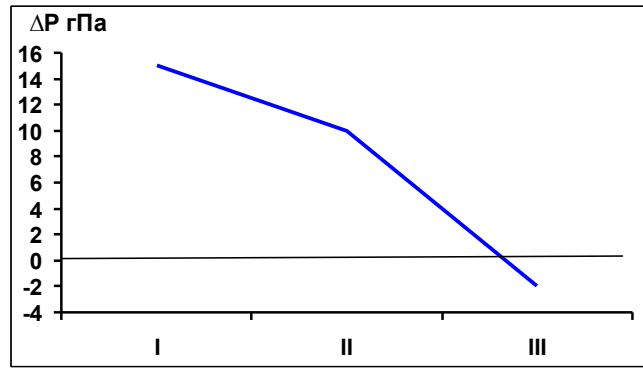


Рис. 1.1.2 Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в январе-марте 2021 г. в полярном районе Арктики

В течение первого квартала 2021 г. фон температуры над полярным районом сохранялся аномально высоким. Наиболее высокие аномалии температуры до значений 4-5 °С отмечались в январе и феврале в теплой восточной части арктического антициклона. В марте при перестройки в направленности атмосферных процессов фон температуры понизился. Изменения в январе – марте 2021 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.1.3.

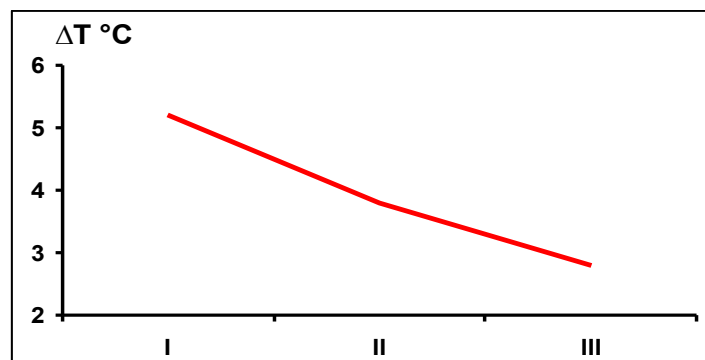


Рис. 1.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – марте 2021г.

По сравнению с первым кварталом прошлого года в этом году фон температуры в полярном районе повысился на 1,1 °С.

Структурные особенности развития атмосферных процессов в первом квартале 2020 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуры воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов в январе –



марте 2021 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

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

В *январь 2021 г.* полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней, которые блокировали выходы циклонов в центральный полярный район Арктики. В приземном поле под высотным гребнем в полярном районе сформировался обширный устойчивый антициклон.

Циркумпольный вихрь (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа имел два центра: над Канадой и Восточной Сибирью (рис. 1.1.4).

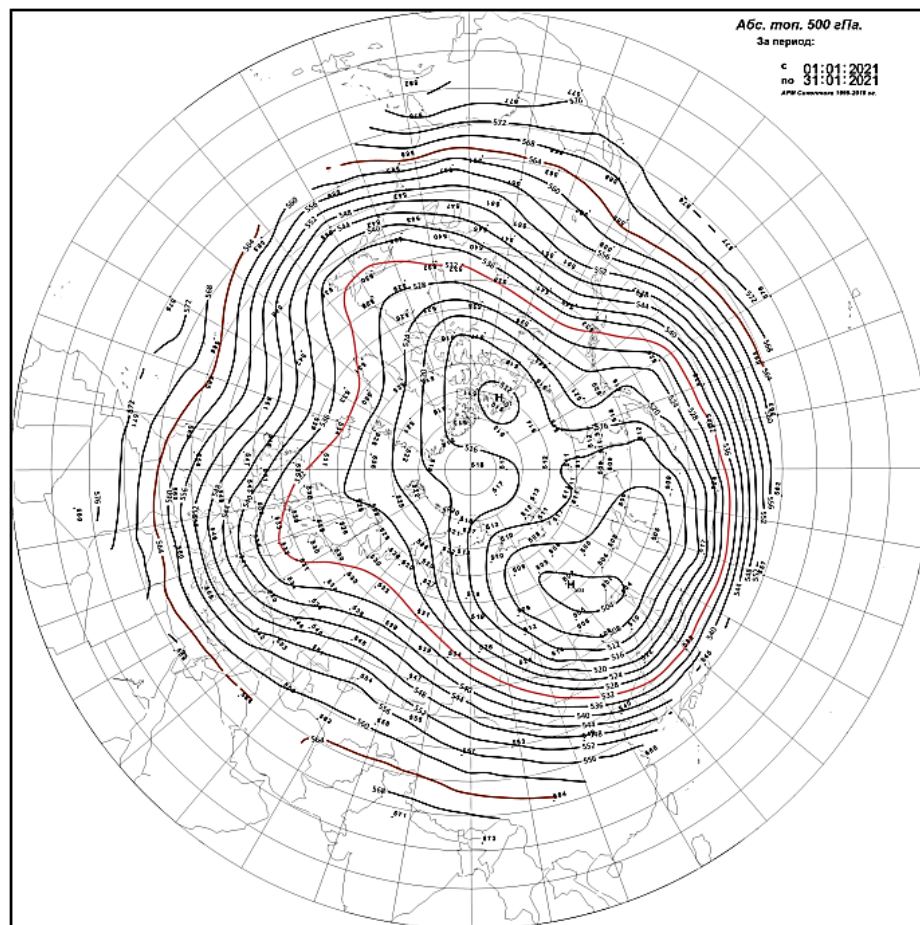


Рис. 1.1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в январе 2021 г.

В *первом (атлантико-евразийском) секторе Северного полушария* отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов восточной формы циркуляции. Циклоны в системе исландского минимума смещались над Северной

Атлантикой до экватории Баренцева и Карского морей. Далее их движение на восток было блокировано азиатским и арктическим антициклонами.

В западном секторе Арктики под влиянием антициклона сформировался фон давления выше нормы на 10 – 15 гПа. В теплом секторе антициклона при воздушных потоках южных направлений с отходами к юго-западу преобладала адвекция теплых воздушных масс (рис. 1.1.5). В среднем за месяц фон температуры выше нормы до 3 – 7 °С.

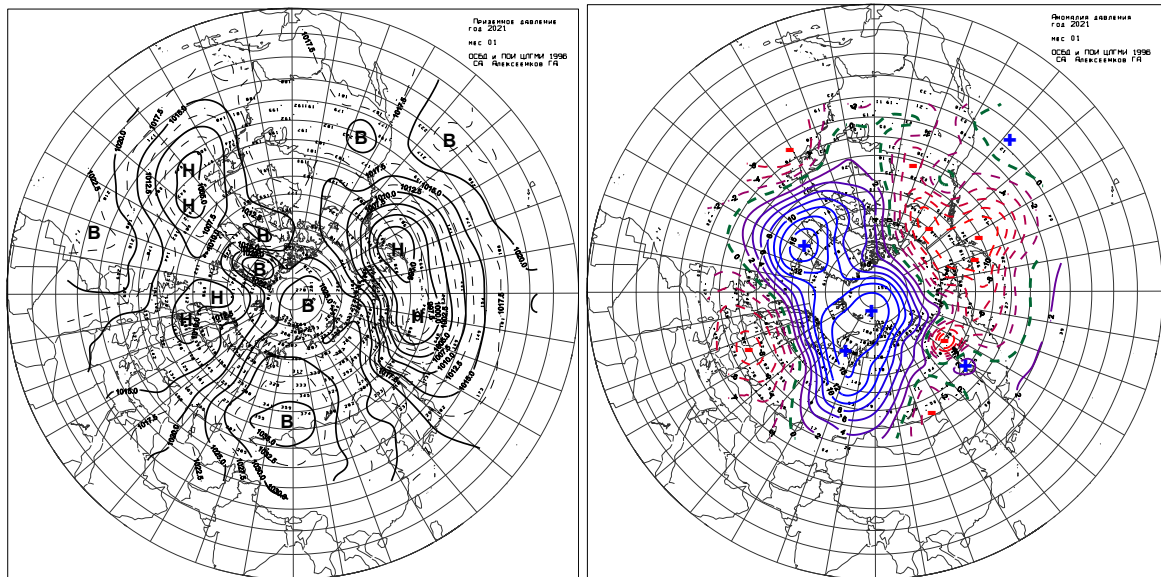


Рис. 1.1.5 Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в январе 2021 г.(гПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость имели меридиональные процессы типа M_2 . Характерной особенностью развития данного макропроцесса явилось усиление арктического и американского антициклонов.

Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались до побережья Северной Америки. При преобладающих воздушных потоках юго-восточных и южных направлений с теплого Тихого океана сформировался в восточном секторе Арктики температурный фон с аномалиями выше нормы на 2 – 6 °С.

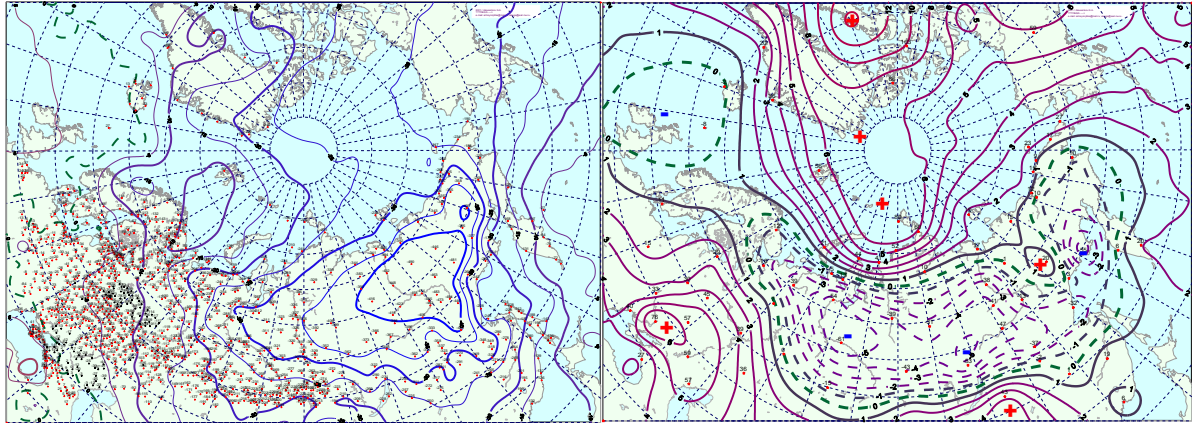


Рис. 1.1.6 Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в январе 2021 г., (°C)

В *феврале 2021 г.* центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе Канады. Полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней антициклонов, который блокировал выходы циклонов в евразийский сектор Арктики. Под высотным гребнем в приземном поле в полярном районе сформировался устойчивый антициклон (рис. 1.1.7).

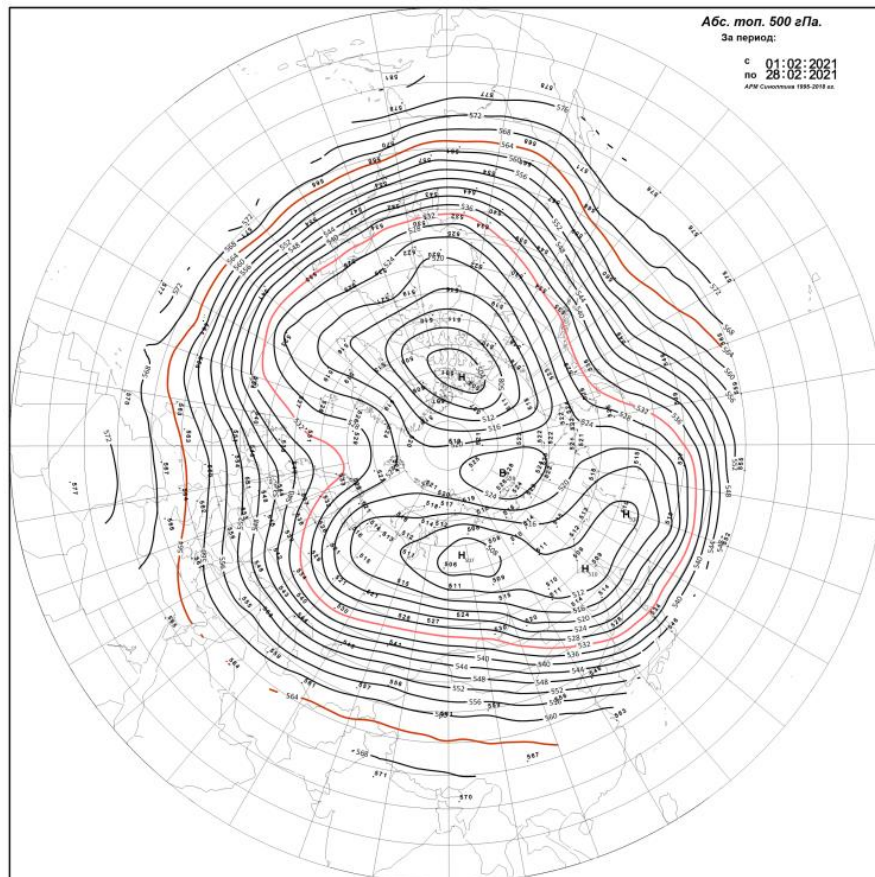


Рис. 1.1.7 Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в феврале 2021 г.

В *первом секторе* в феврале сохранилось преобладание атмосферных процессов восточной форм циркуляции.

При усилении арктического антициклона циклоны в системе исландского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. Фон давления в Баренцевом, Карском и Лаптевых морях выше нормы на 10 – 14 гПа.

При воздушных потоках юго-восточных направлений над южной частью Баренцева и Карского морей преобладала адвекция холодного воздуха с азиатского континента. В остальных районах западного сектора полярного района при юго-западных воздушных потоках преобладала адвекция теплых воздушных масс с Северной Атлантики и положительные аномалии температуры (см. рис. 1.1.8 и 1.1.9).

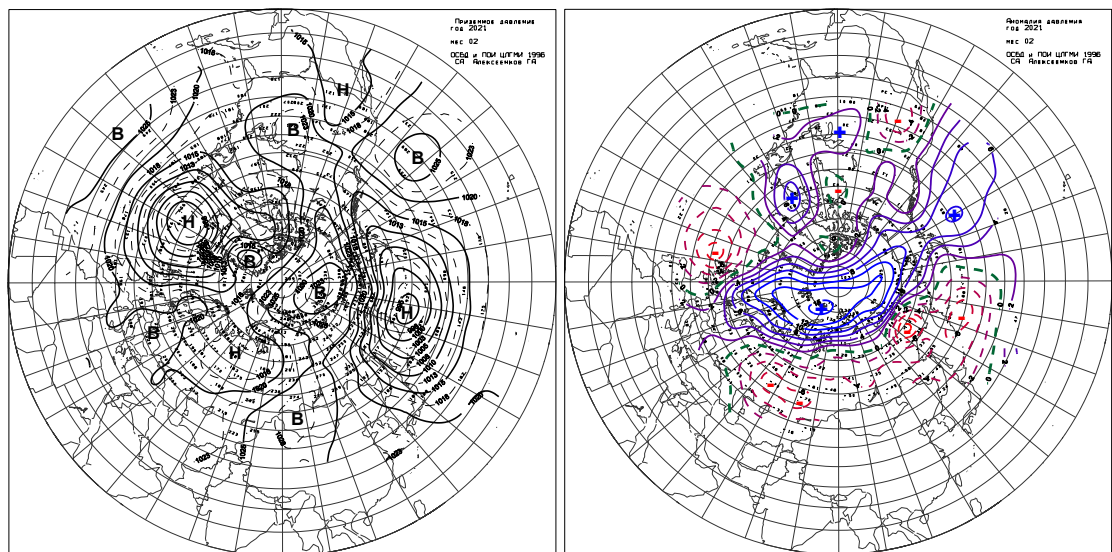


Рис. 1.1.8 Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в феврале 2021 г., (гПа)

Во *втором секторе* наибольшую повторяемость имели крупномасштабные атмосферных процессов типа M_1 . Под влиянием с севера гребня арктического антициклона циклоны в системе алеутского минимума смещались, по сравнению с нормой, по низкоширотным траекториям и не оказывали существенного влияния на восточный сектор полярного района Арктики.

При ослаблении адвекции теплых воздушных масс с Тихого океана в районе побережья Аляски и Чукотского моря сформировался фон с отрицательными аномалиями температуры до значений $1 - 4$ °C (см. рис. 1.1.9).

Под влиянием циклонов в системе исландского минимума фон давления сменил знак аномалии на противоположный. Отрицательные аномалии давления в марте составили 4 – 8 гПа.

Фон температуры в большинстве районов преобладал выше нормы. Исключением явился район побережья Карского моря, где преобладали незначительные отрицательные аномалии температуры (рис. 1.1.11).

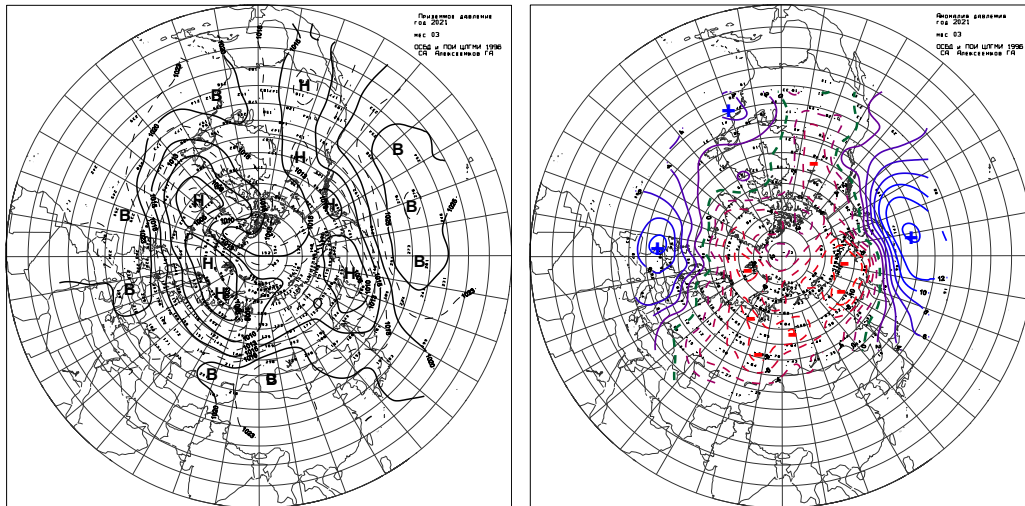


Рис. 1.1.11 Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в марте 2021 г.(гПа)

Во *втором секторе* направленность крупномасштабных атмосферных процессов типа M_1 сохранилась. Над Тихим океаном сформировался устойчивый антициклон. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям и оказывали свое влияние на полярный район Арктики. Под влиянием циклонов фон давления в этом секторе Арктики сформировался ниже нормы. Фон температуры положительными аномалиями близкими к норме.

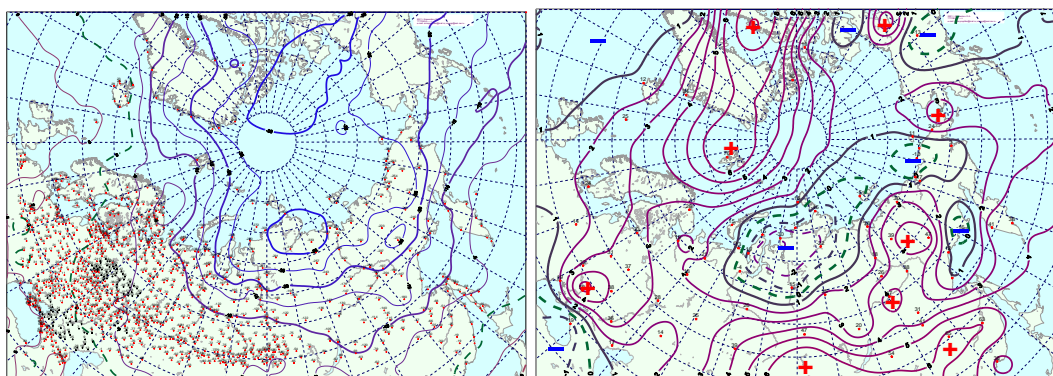


Рис. 1.1.12 Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в марте 2021 г., (°C)



Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов показал, что характерный для текущей циркуляционной стадии развития атмосферных процессов высокий температурный фон с преобладанием положительных аномалий температуры в первой квартале 2021 г. сохранился. Как было показано, основным отличием с прошлым 2020 г., явилось повышение температурного фона в целом по полярному району Арктики. По сравнению с первым кварталом прошлого года фон *температуры* в этом году в целом по полярному району Арктики повысился на 1,1 °С.

На рисунке 1.1.13 приводятся фоновые средние за первый квартал 2021 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с первым кварталом прошлого 2020 г.



Рис. 1.1.13 Средние за первый квартал значения аномалий температуры воздуха (°С) для акваторий морей российской Арктики в 2021 и 2020 гг.

В первом квартале 2021 г. в морях на трассе СМП наиболее аномально высокая температура сформировалась в море Лаптевых, а наиболее низкая – в Баренцевом и Чукотском морях.

По сравнению с первым кварталом прошлого года наибольшее понижение температуры в этом году отмечалось в Карском море на 5,6 °С (рис. 1.1.13). В среднем по акватории всех морей фон температуры понизился на 3 °С, но сохранился выше нормы.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в январе - марте 2021 г. проводился по естественным стадиям однонаправленного развития процессов — по 26 разновидностям элементарных синоптических процессов (ЭСП) атлантико-евразийского сектора Северного полушария, процессы которого являются определяющими для перестройки циркуляции атмосферы в полярном районе Арктики.



Анализ показал, что для каждого месяца характерна большая повторяемость перестройки процессов. Переходы от одного ЭСП к другому сопровождались сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики и были обусловлены крупномасштабной перестройкой разновидностей атмосферных процессов в двух секторах Северного полушария. Основные разновидности основных форм циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария с типами циркуляции в тихоокеано-американском секторе полушария для каждого ЭСП с января по март 2021 г. представлены в табл. 1.1.2.

Таблица 1.1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с января по март 2021 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Январь 2021			Февраль 2021			Март 2021		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1 – 6	W	M ₂	1 – 3	W	M ₁	1 – 8	C	M ₁
7 – 10	C	M ₂	4 – 11	E	M ₂	9 – 11	E	3
11 – 14	E	3	12 – 15	C	M ₂	12 – 14	W	3
15 – 17	E	M ₁	16 – 18	E	M ₁	15 – 19	C	M ₁
18 – 21	W	3	19 – 23	E	3	20 – 24	W	M ₂
22 – 31	E	M ₂	24 – 28	W	M ₁	25 – 27	W	M ₁
						28 – 31	W	M ₁
Итого	W 10 (-2) C 4 (-2) E 17 (4)	3 8 (0) M ₁ 3 (-3) M ₂ 20 (3)	Итого	W 8 (-1) C 4 (-2) E 16 (3)	3 5 (-1) M ₁ 11 (7) M ₂ 12 (-6)	Итого	W 15 (5) C 13 (5) E 3 (-10)	3 8 (-2) M ₁ 18 (12) M ₂ 5 (-10)

Примечания:

1 ЭСП – элементарный синоптический процесс;

2 А-Е – атлантико-европейский сектор полушария;

3 Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария.

4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типами (3, M₁, M₂) атмосферной циркуляции.

Обобщая результаты мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период январь – март 2021 г., можно сделать следующие основные выводы.

1. В целом, несмотря на сохранение положительных значений аномалий температуры воздуха в Арктике, крупномасштабные атмосферные процессы в январе – марте 2021 г., по сравнению с первым кварталом 2020 г., имели существенные отличия.
2. В первом секторе в январе и феврале отмечалась устойчивая повторяемость атмосферных процессов восточной формы. Резкая перестройка в направленности



крупномасштабных атмосферных процессах произошла в марте к западной (W) и меридиональной (C) форм циркуляции.

3. Во втором секторе наиболее высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M1.

4. В среднем за квартал фон давления в Арктике выше нормы на 7 гПа. Низкие отрицательные значения аномалий давления отмечались в марте (до 2 гПа).

5. В среднем за период январь – март 2021 г. над полярным районом преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха. По сравнению с прошлым годом, в среднем по полярному району аномалия температуры воздуха в первом квартале 2021 г. выше, чем в первом квартале прошлого 2020 г., на 1,1°C.

6. В первом квартале 2021 г. в морях на трассе СМП наиболее высокие значения положительных аномалий температуры сформировалась в море Лаптевых, По сравнению с первым кварталом прошлого года во всех во всех морях фон температуры понизился. Наибольшее понижение температурного фона было отмечено в Карском море.

В среднем по акватории всех морей фон температуры понизился на 3 °С, но сохранился выше нормы.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха по районам Северной полярной области (рис.1.2.1) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступавшие с дрейфующих буев МПАБ.

Температура воздуха

Основным методом получения пространственно осредненных по территории Северной полярной области и территориям климатических районов аномалий температуры воздуха является метод оптимальной интерполяции и оптимального осреднения. Приводимые оценки аномалий температуры были получены относительно рекомендованного ВМО стандартного периода 1961 – 1990 гг. В качестве зимнего сезона рассматривался период с декабря 2020 г. по февраль 2021 г.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за зимний сезон 2020/21 года по отдельным широтным зонам представлена в табл. 1.2.1. В целом по широтной зоне 60 – 85° с.ш. аномалия температуры воздуха составила 1,6 °С и прошедшая зима стала двенадцатой по рангу теплых лет за период с 1936 г. Самая теплая зима отмечалась в 2018



г. с аномалией температуры 4,5 °С. В широтной зоне 70-85° с.ш. аномалия температуры составила 3,6 °С, а в широтной зоне 60-70° с.ш. 0,0 °С. Прошедший сезон в этих широтных зонах стал четвертым и двадцать шестым теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

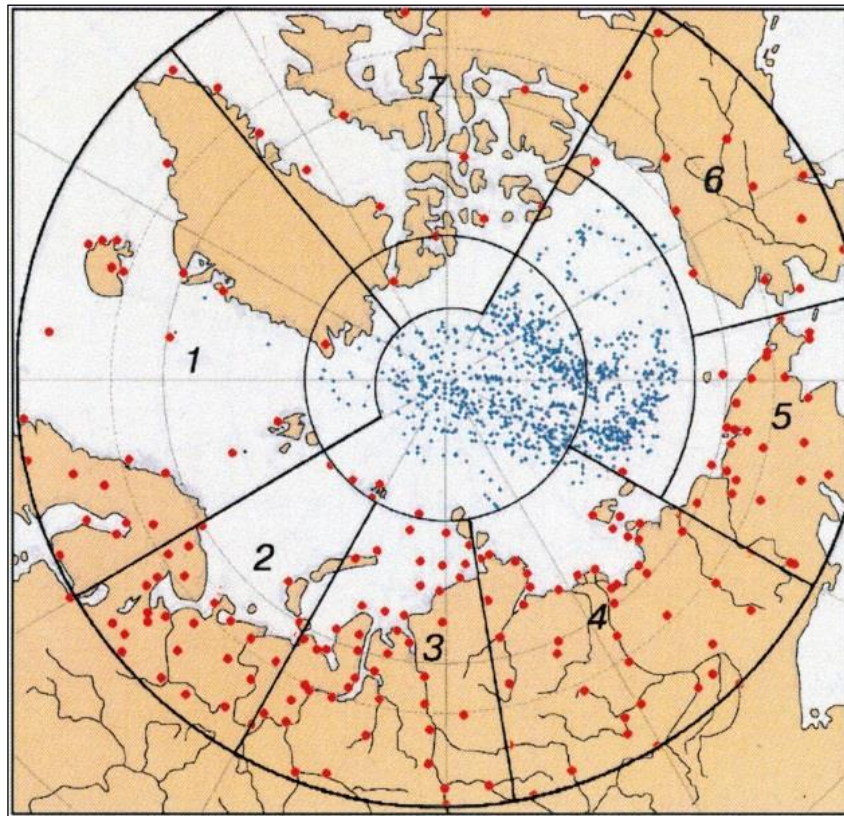


Рис. 1.2.1. Сеть метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буйев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов

(1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

Таблица 1.2.1

Аномалии температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.), осредненные по территории СПО и по широтным зонам, в среднем за зимний сезон 2020/21 г.

Широтная Зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70 – 85	3,6	4	2018 (5,6)	1966 (-2.2)
60 – 70	0,0	26	2016 (3,7)	1966 (-2.7)
60 – 85	1,6	12	2018 (4,5)	1966 (-2.5)

Сопоставление значений пространственно осредненных по территориям климатических районов аномалий температуры воздуха обнаружило крупные положительные аномалии температуры в атлантикоамериканском секторе СПО (табл.



1.2.2, рис. 1.2.2). Значения пространственно осредненных по территориям районов аномалий составили: в Атлантическом 2,5 °С, Канадском 4,2 °С и в Аляскинском 2,4 °С. Для Канадского района прошедшая зима оказалась третьей по рангу теплых лет с 1936 г. В евразийском секторе величины аномалий составили от 0,2 до 1,2 °С.

Таблица 1.2.2

Аномалии температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) в зимнем сезоне 2020/21 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	2,5	9	2014 (3,9)	1966 (-2,4)
Североевропейский	0,6	34	31937 (6,5)	1979 (-4,4)
Западносибирский	0,3	36	2012, 2016 (7,6)	1969 (-5,6)
Восточносибирский	0,2	25	2016 (4,6)	1966 (-4,5)
Чукотский	1,2	19	2018 (6,7)	2002 (-2,3)
Аляскинский	2,4	14	2018 (6,1)	1965 (-5,6)
Канадский	4,2	3	2010 (5,0)	1972 (-3,6)

На метеорологических станциях в районах арктических морей и на территории суши севернее 70° с.ш. отмечались преимущественно положительные аномалии температуры воздуха (рис.1.2.2). Крупные положительные аномалии наблюдались в северной части Канадского района, в северной части Гренландского и Норвежского морей. Пространственно осредненная аномалия в северной части Канадского района составила 5,0 °С. Здесь зимний сезон 2020/21 г. оказался наиболее теплым за весь период наблюдений. В районе северной части Гренландского и Норвежского морей аномалия составила 4,7 °С и прошедшая зима стала третьей по рангу теплых лет с 1936 г. (табл.1.2.3).

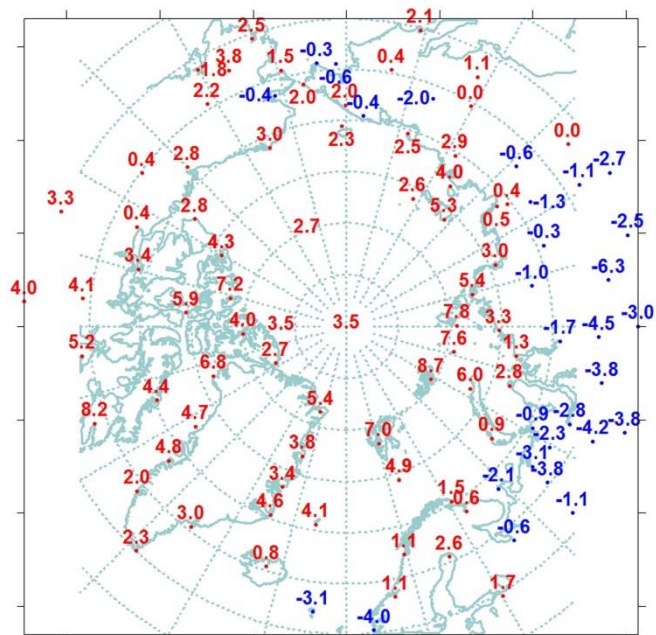


Рис. 1.2.2. Аномалии средней температуры воздуха зимнего сезона 2020/21 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.2.3

Аномалии средней температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) зимнего сезона 2020/21 г. на территории севернее 70° с.ш.

Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	4,7	5	2014 (6,1)	1966 (–2,7)
Баренцево море	2,8	22	1937 (7,6)	1979 (–3,4)
Карское море	4,0	19	1945 (9,8)	1979 (–5,9)
Море Лаптевых	3,6	6	2012 (4,6)	1979 (–4,4)
Восточно-Сибирское море	2,7	7	2018 (6,5)	1966 (–3,3)
Чукотское море	2,1	17	2018 (8,8)	1939 (–3,4)
Море Бофорта	3,2	10	2018 (6,3)	1966 (–3,1)
Северная часть Канадского района	5,0	1	2021 (5,0)	1949 (–3,6)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60 – 85 °с.ш. представлены на рис. 1.2.3, а для районов арктических морей и территории суши севернее 70° с.ш. на рис. 1.2.4.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха зимнего сезона с 1936 по 2021 гг. показала наличие статистически значимого положительного линейного тренда во всех широтных зонах СПО (на 5-% уровне значимости) (табл.1.2.4). Линейное увеличение температуры за 86 лет в широтной зоне 60–85° с.ш. составило 2,06 °С. Во всех районах, за исключением Североевропейского и Западносибирского, прослеживается значимый (на 5-



% уровне значимости) тренд средней за зимний сезон температуры. Самое большое значение линейного тренда в Аляскинском районе, где он равен 0,43 °C/10.

Таблица 1.2.4

Коэффициенты линейного тренда средней за зимний сезон температуры воздуха отдельных районов за весь период наблюдений, за 30 и 10 лет

Район, широтная зона	1936/37–2020/21		1991/92–2020/21		2011/12–2020/21	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,23	2,8	0,99	74,6	-0,61	27,9
Североевропейский	0,16	16,0	0,71	29,7	-0,79	16,0
Западносибирский	0,16	14,2	1,49	46,1	-0,82	9,0
Восточносибирский	0,27	35,0	0,59	29,6	1,19	19,5
Чукотский	0,19	26,1	1,21	52,1	1,93	25,9
Аляскинский	0,43	48,0	0,94	40,9	1,18	14,8
Канадский	0,27	37,0	1,08	60,1	1,48	40,1
70–85° с.ш.	0,25	39,5	1,57	81,2	0,62	16,6
60–70° с.ш.	0,23	45,9	0,54	41,9	0,37	8,9
60–85° с.ш.	0,24	47,8	1,00	72,1	0,47	13,6

Примечание: *Bx*–значение линейного тренда в °C/10 лет; *D*–вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды

В последнем тридцатилетнем периоде статистически значимое повышение температуры составило: в широтной зоне 70 – 85° с.ш. 4,71 °C/30 лет, в широтной зоне 60 – 70° с.ш. 1,62 °C/30 лет и в целом по широтной зоне 60 – 85° с.ш. 3,00 °C/30 лет. Наиболее заметно потепление в последнем тридцатилетии прослеживается в Западносибирском районе, 4,47 °C/ за 30 лет.

В последнем десятилетнем периоде наибольшее повышение температуры отмечается в восточной части евразийского сектора и в североамериканском секторе СПО.

В районах арктических морей положительный линейный тренд прослеживается по всем морям с последнего 30-ти летнего периода (табл.1.2.5).

Таблица 1.2.5

Коэффициенты линейного тренда средней за зимний сезон температуры воздуха районов арктических морей за весь период наблюдений, за 30 и 10 лет

Море, часть моря, территория суши	1936/37–2020/21		1991/92–2020/21		2011/12–2020/21	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,33	39,6	1,63	73,7	-1,02	22,1
Баренцево море	0,12	12,2	1,43	57,7	-2,38	47,3
Карское море	0,17	12,7	2,44	64,7	-0,61	7,2
Море Лаптевых	0,17	21,3	1,44	66,8	2,10	42,8
Восточно–Сибирское море	0,26	39,1	1,20	61,9	2,07	36,4
Чукотское море	0,37	39,7	1,77	62,0	2,24	24,5
Море Бофорта	0,50	57,2	1,18	56,4	1,99	28,8
Северная часть Канадского района	0,21	26,6	1,42	68,9	1,82	40,7

Примечание: *Bx*–значение линейного тренда в °C/10 лет; *D*–вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды



Наиболее быстрое повышение температуры происходит в районе Карского моря. За 30-летний период повышение зимней температуры воздуха здесь составило $7,32\text{ }^{\circ}\text{C}/30\text{ лет}$. В последнем 10-летнем периоде наиболее крупные тренды наблюдается в морях восточной части азиатского и северной части североамериканского секторов. Так, в районе Чукотского моря линейное по тренду увеличение температуры составило $2,24\text{ }^{\circ}\text{C}/30\text{ лет}$.

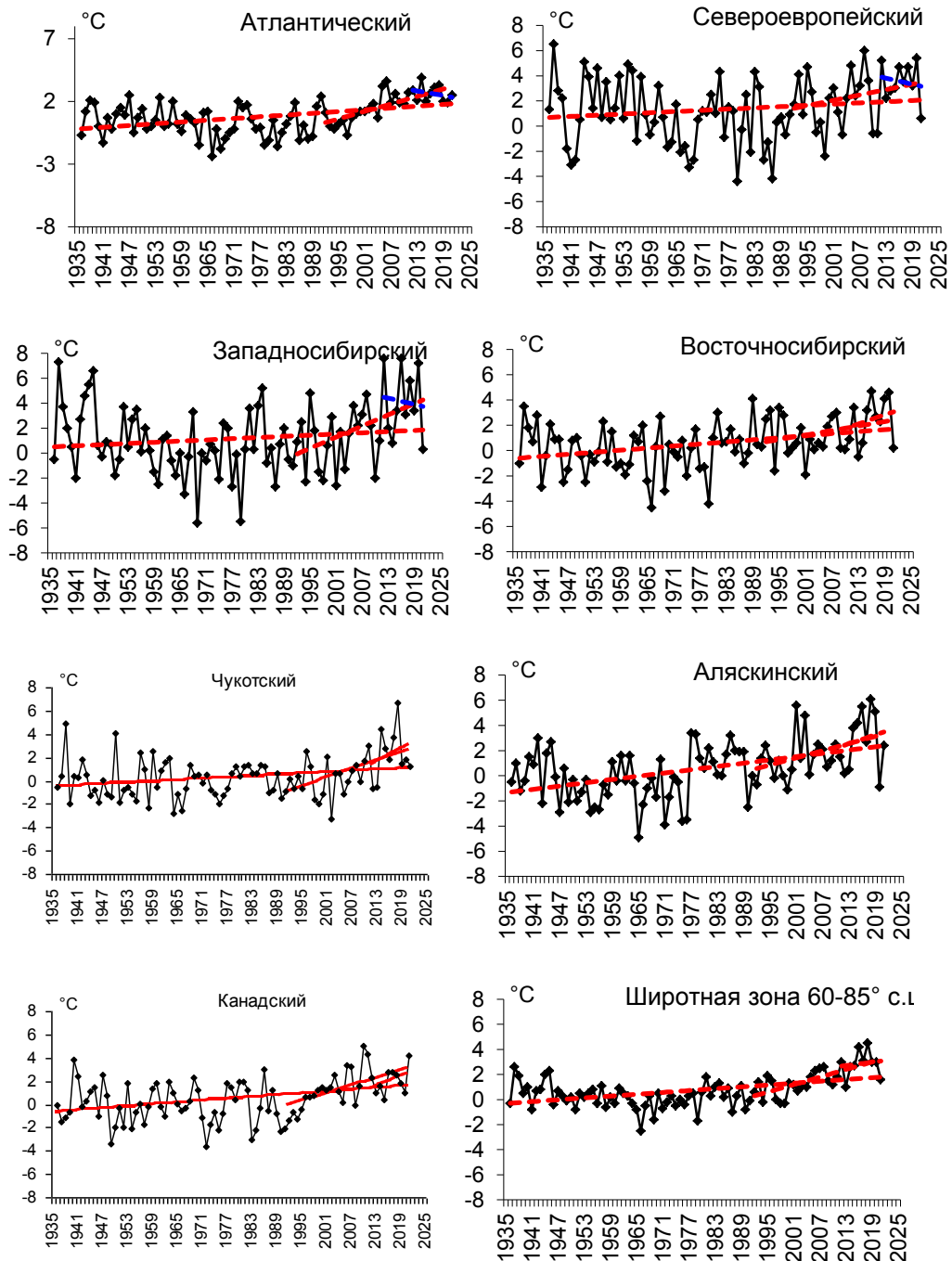


Рис. 1.2.3. Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для отдельных районов и широтной зоны $60\text{--}85^{\circ}$ с.ш., $^{\circ}\text{C}$

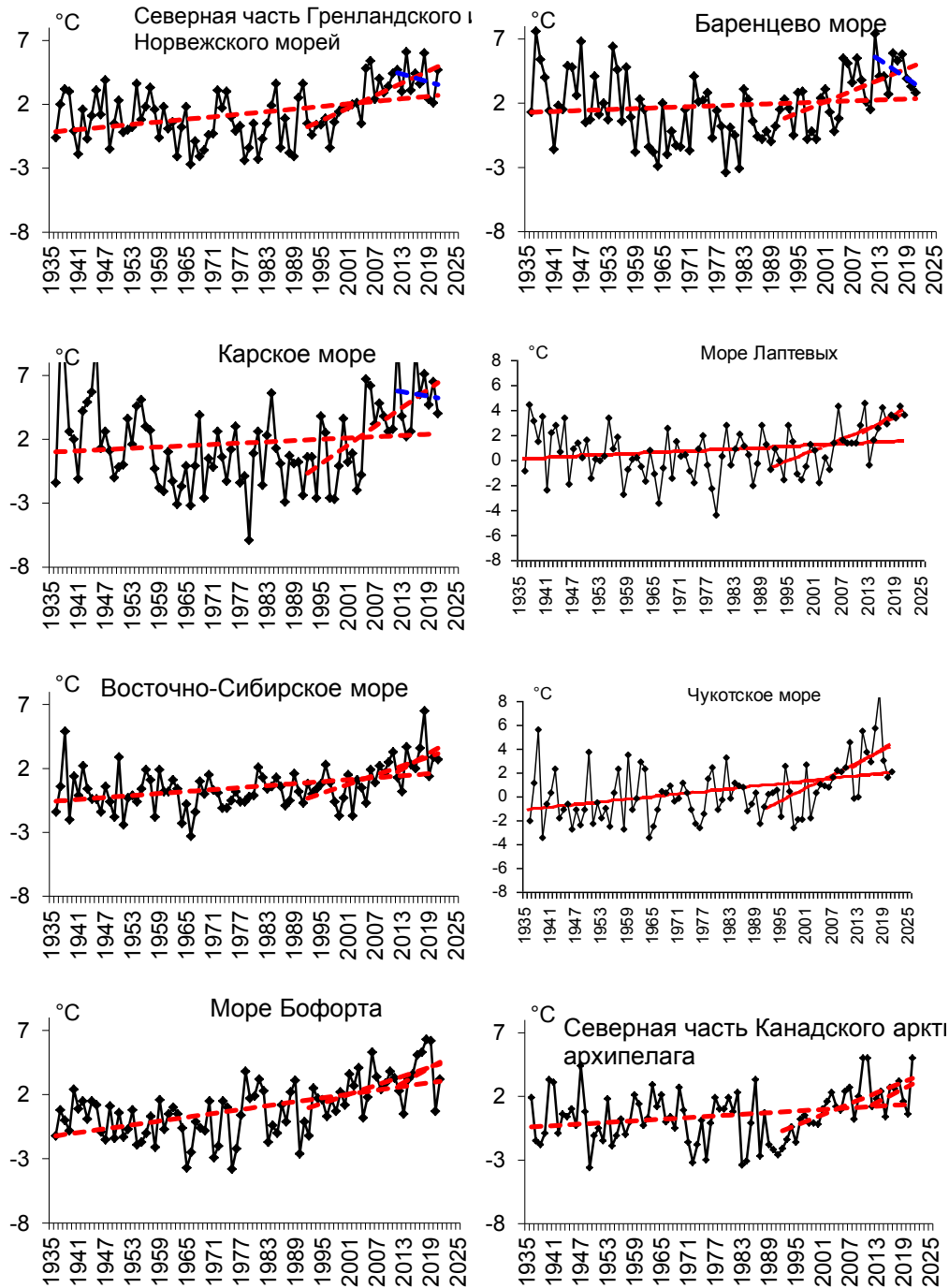


Рис. 1.2.4. Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для районов арктических морей и севера Канадского Арктического архипелага, °С

В заключение отметим, что результаты мониторинга состояния приземной атмосферы в Северной полярной области позволяют сделать вывод о сохранении в последние годы тенденции к потеплению в высоких широтах.



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2020 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле-сентябре 2020 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, наблюдений на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база мыс Баранова» данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «АНИИ», и ряде международных проектов.

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

Для иллюстрации ледовых условий в годовом цикле представлены совмещенные региональные карты АНИИ, Канадской ледовой службы – КЛС и Национального ледового центра США – НЛЦ. Совмещение карт выполнено путем перекрытия слоев (АНИИ, верхний слой) – (КЛС, средний слой) – (НЛЦ, нижний слой). Как результат, карты АНИИ характеризуют ледовые условия морей Гренландского...Чукотского, Берингова, Охотского и Балтийского, КЛС - морей Бофорта, Канадского архипелага, Баффина, Девисова пролива, Лабрадор, Св. Лаврентия, а 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 АНИИ и КЛС – НЛЦ в 1 сутки (день недели выпуска карт АНИИ – 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 АНИИ и КЛС, НЛЦ наблюдается определенная несогласованность границ и характеристик ледовых зон вследствие ряда различий в ледовых информационных системах АНИИ 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 АНИИ), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0031> (карты КЛС), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0032> (карты НЛЦ).



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

источник данных – архивные и оперативные с 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;

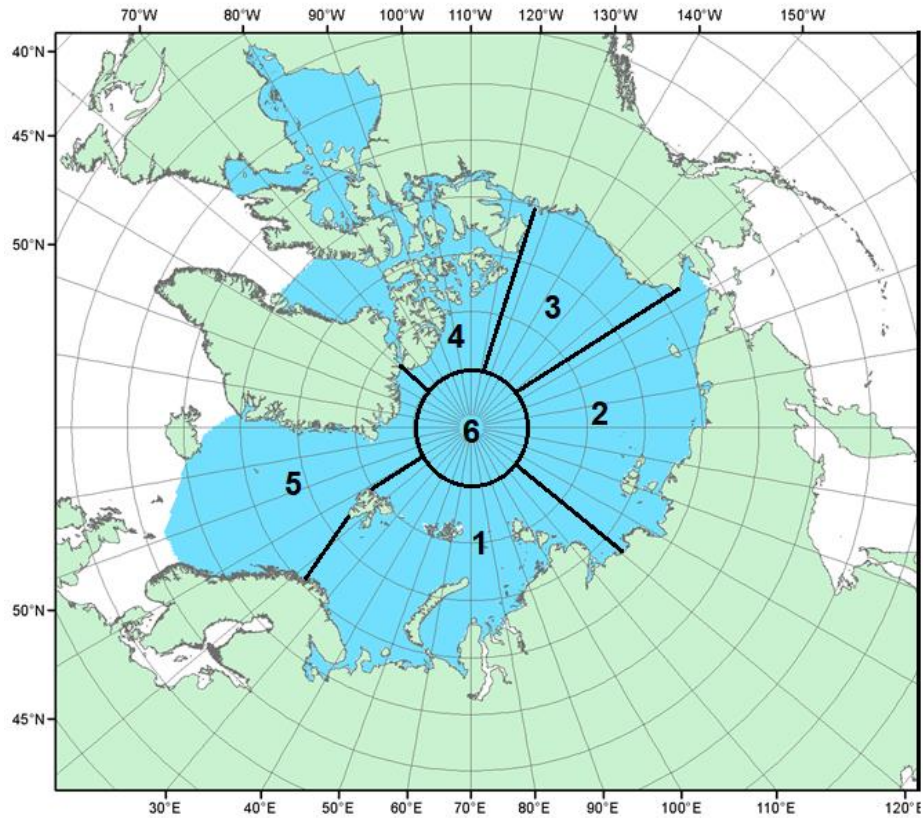
область расчета – Северная полярная область и ее регионы с использованием масок океан/суша НЦДСЛ (http://nsidc.org/data/polar_stereo/tools_masks.html) и региональных масок ААНИИ;

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 2020 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.В.1 показаны границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий СЛО.



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

Рис. 2.1 Квазиоднородные районы, выделенные в Северном Ледовитом океане

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение окраинных морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева, Карского, Лаптевых. Большое разряжение развилось и в юго-западной части Чукотского моря. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В середине июня аномалии ледовитости составили: в Баренцевом – 22%, в юго-западной части Карского – 41%, в западной части Лаптевых – 33, в Чукотском – 12%. 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.

В возрастном составе льдов в конце июня преобладали однолетние толстые льды. Старые льды занимали не более 30 – 35% акватории океана. Однолетние льды, среди которых преобладали однолетние толстые, составляли около 60 – 65%. Сформировавшиеся в морях разряжения и полыньи вдоль берегов составляли оставшуюся площадь. Основными очагами очищения служили акватория северной части Баренцева моря, вся юго-западная часть Карского моря, западная часть и заприпайный район в море Лаптевых, а также обширное разряжение вдоль побережья в южной части Чукотского моря (рис. 2.2., 2.3).

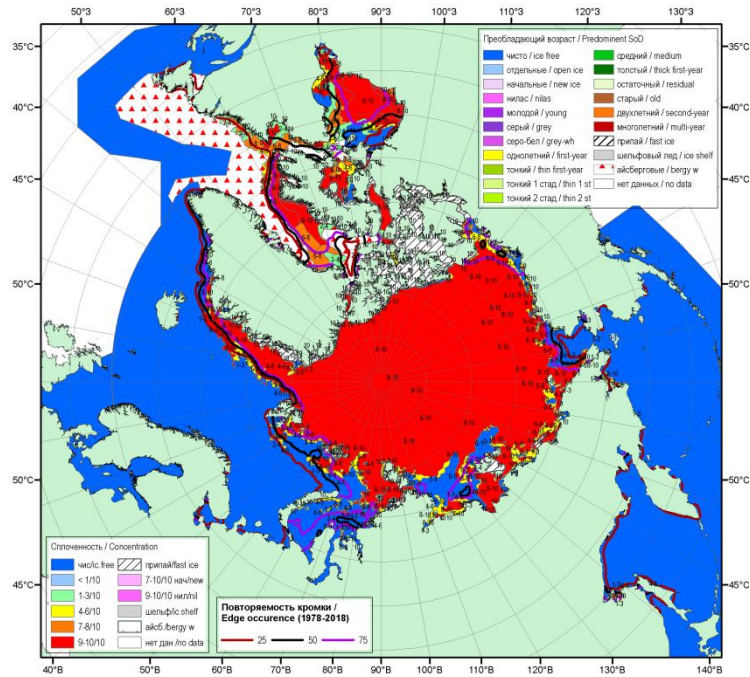


Рис. 2.2 Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 25 – 30.06.2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

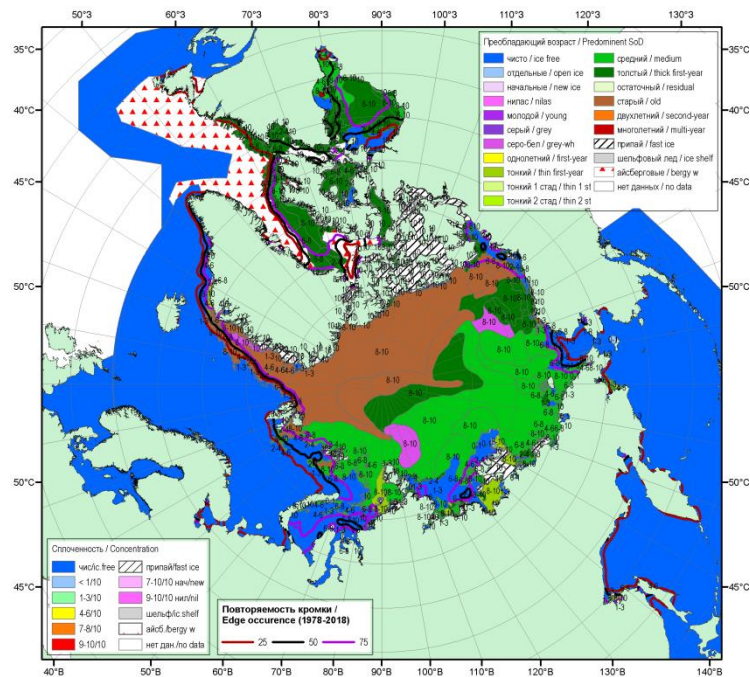


Рис 2.3 Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 25 – 30.06.2020 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США

Общее количество льдов в СЛО в июне, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составила 9,9 млн. км², что оказалось на 7,0% меньше среднемноголетнего значения по ряду с 1978 – 2019 гг. Отрицательная аномалия сформировалась за счет малой ледовитости, которая наблюдалась в секторе 45°W – 95°E (Гренландское – Карское моря),



а также малой ледовитости, сформировавшейся в отдельных арктических морях – Лаптевых, Чукотском.

На таком крайне благоприятном фоне, который сформировался в начале летнего периода и особенно хорошо проявился в окраинных морях российского сектора Арктики, продолжили развиваться летние гидрометеорологические и ледовые условия в СЛО и его морях.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль-сентябрь 2020 г. приведены на рисунках 2.4 – 2.12.

В июле продолжалось интенсивное очищение морей западного района российского сектора Арктики (Баренцева, Карского, Лаптевых) и 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 $-40\ldots-60\%$. Медленнее всего процессы таяния развивались в морях Восточно-Сибирском и Бофорта.

Припай в российских арктических морях полностью разрушился в первой декаде июля, что произошло в среднем на 10 – 15 суток раньше среднемноголетних сроков. Припай среди островов Канадского арктического архипелага в течение июля частично взломался, но сохранялся до конца июля (рис. 2.4).

Сохранялся интенсивный вынос льдов из СЛО через пролив Фрама и далее вдоль побережья Гренландии, о чем свидетельствует большая ширина ледового потока, приближающаяся к среднемноголетней ширине потока (рис. 2.4).

В возрастном составе льдов наблюдалось дальнейшее сокращение количества однолетних толстых льдов в окраинных морях. Одновременно наблюдался интенсивный вынос старых льдов в пролив Фрама. Старые льды сохранялись в гренландском и канадском секторах Арктики и частично в аляскинском секторе и в приполюсном районе. Большое количество однолетних льдов сохранялось в морях Восточно-Сибирском и Бофорта. Значительное отступление границы дрейфующих льдов наблюдалось в морях Баренцевом, Карском и Лаптевых. Необходимо отметить, что для моря Лаптевых отступление границы дрейфующих льдов на север и сокращение ледовитости оказалось экстремальным для середины июля (рис. 2.5).

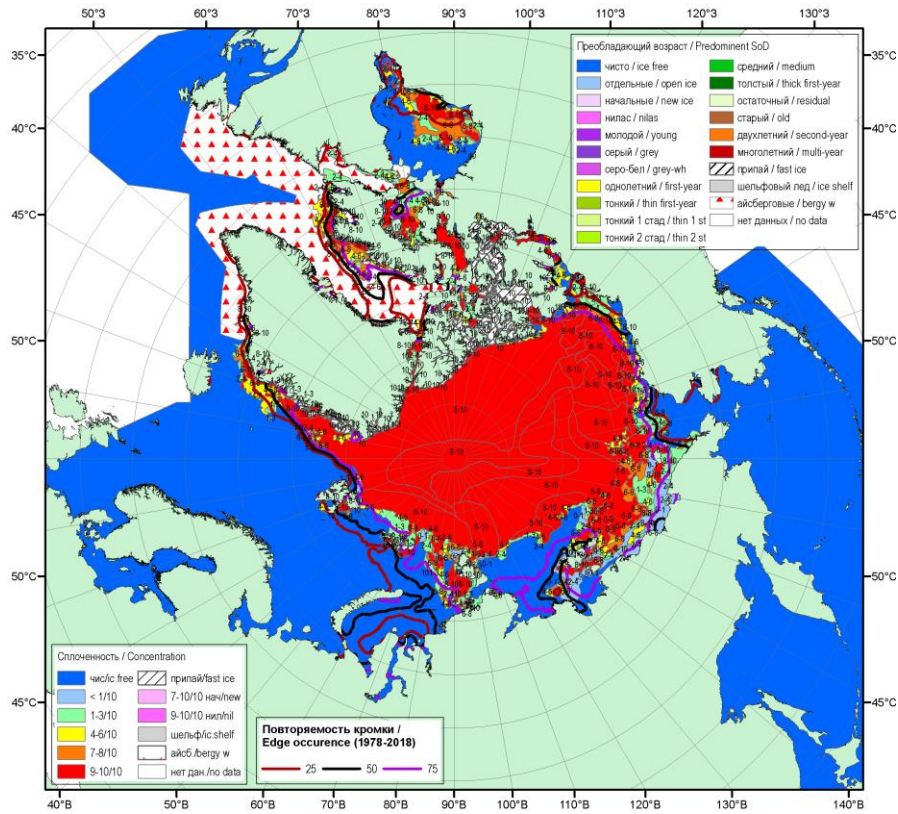


Рис. 2.4 Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 16–21.07.2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

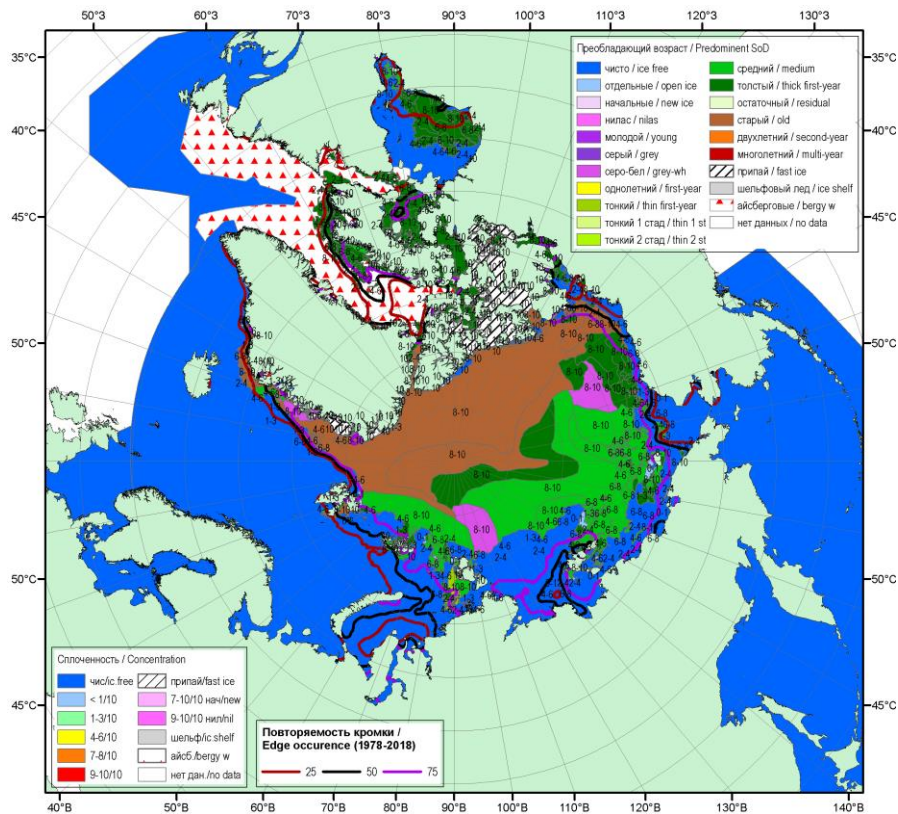


Рис. 2.5. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 16–21.07.2020 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США

Среднемесячное поле дрейфа ледяного покрова приведено на рис. 2.6. В поле дрейфа льда наблюдалось формирование необычной картины. Вместо выраженных основных структур дрейфа – Трансарктического переноса льда и Канадского антициклонического круговорота, в поле дрейфа сформировался хорошо выраженный антициклонический круговорот с центром практически у полюса. Гигантский антициклонический вихрь, который можно принять за смещенный к полюсу Канадский антициклонического круговорот, был развит очень слабо. Скорости дрейфа в приполюсном районе были крайне незначительны и увеличивались к периферии круговорота до 5 км/сутки (рис. 2.6).

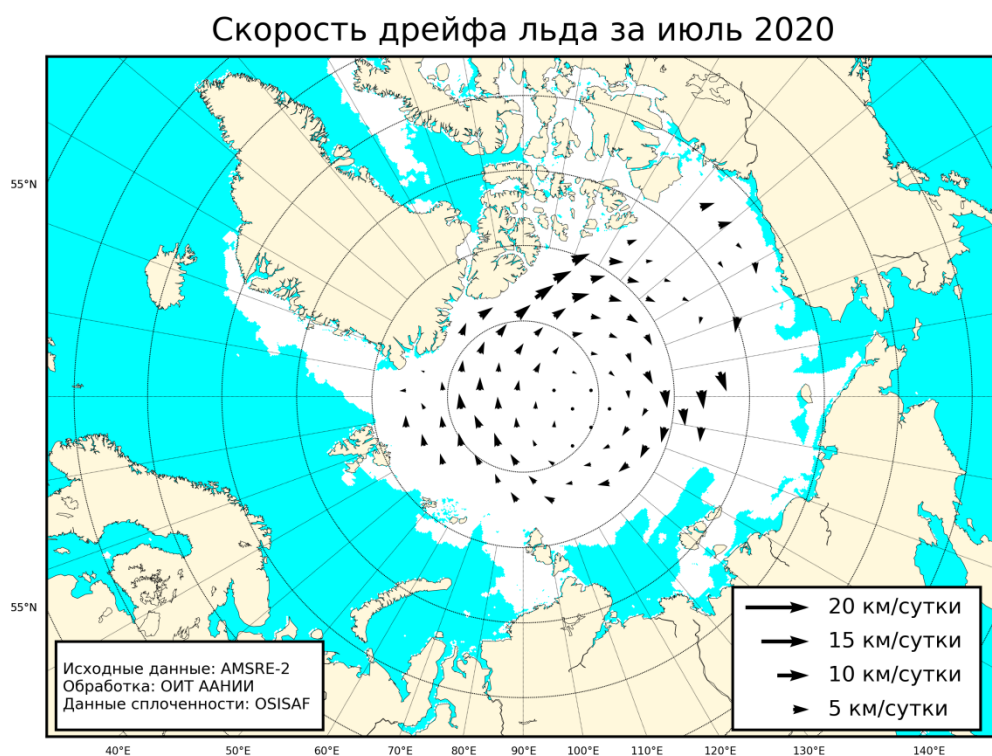


Рис. 2.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в июле 2020 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В течение августа продолжалось интенсивное сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом океане и его морях. Уменьшение ледовитости происходило в основном за счет разрушения льда во всех окраинных арктических морях российского сектора Арктики. Ледяной покров начал активно разрушаться в Восточно-Сибирском море.

Большая часть всех окраинных арктических морей российского сектора Арктики,

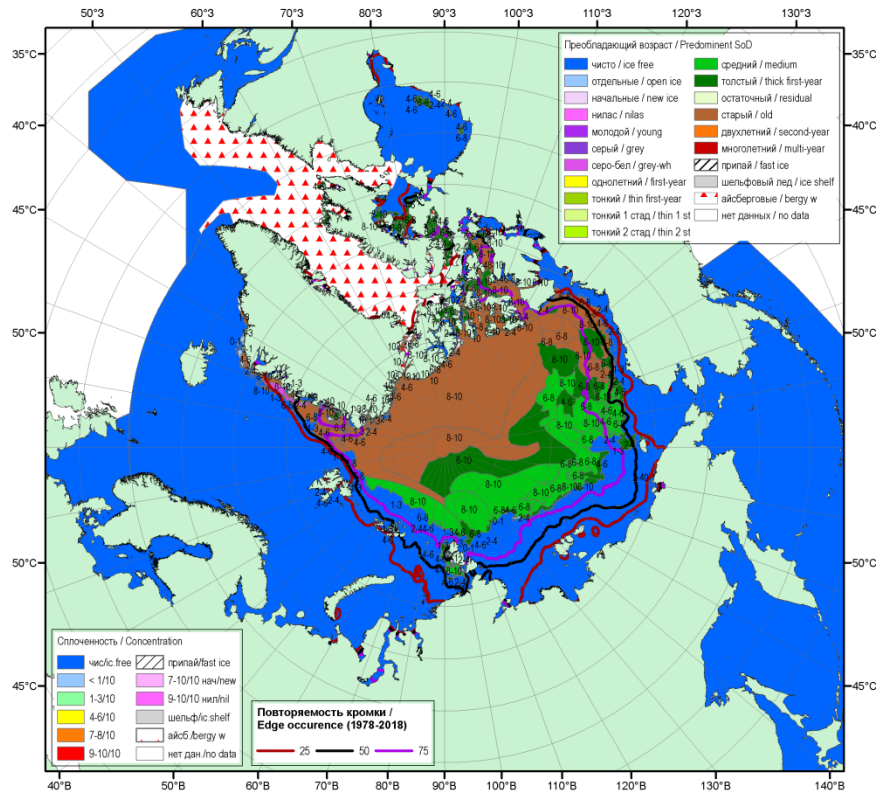


Рис. 2.8 Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 13 – 18.08.2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В августе, в поле дрейфа льда существенных изменений не наблюдалось. Традиционных структур дрейфа в СЛО не наблюдалось. Вместо них сохранялся слабо развитый и сильно смещенный в приполюсный район антициклонический вихрь с очень маленькими скоростями дрейфа, который условно можно принять за канадский антициклонический круговорот. Скорость дрейфа льдов была очень невелика и не превышала 5 км/сутки (рис. 2.9).

Общая ледовитость СЛО во второй половине августа составила 4,95 млн. км², что оказалось на 24% меньше среднемноголетнего значения по длинному ряду наблюдений (с 1978-2018 гг.), и на 5% среднего значения ледовитости за последнее 10-летие (с 2010-2019 гг.). Несмотря на общее уменьшение площади льдов в СЛО в секторе 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря) ледовитость оказалась близка к норме, за счет общего смещения всего массива льдов к побережью Гренландии и островам Канадского арктического архипелага (рис. 2.14 а, г).

Скорость дрейфа льда за август 2020

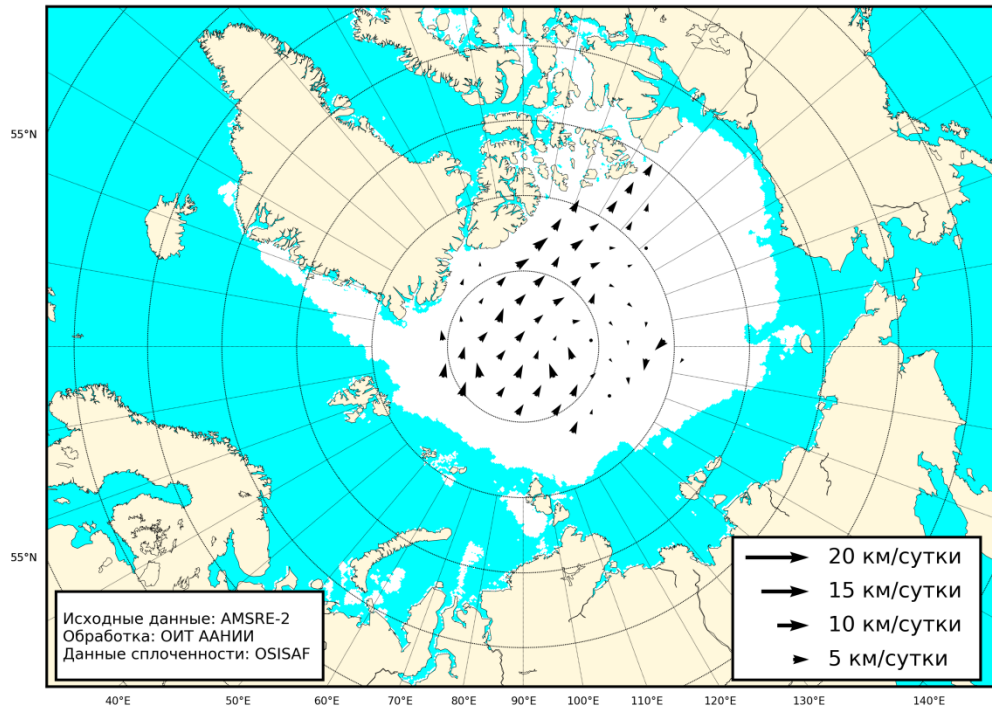


Рис. 2.9 Поле скорости фактического дрейфа морского льда в августе 2020 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В середине сентября сокращение площади ледяного покрова в СЛО достигла своего максимума и прекратилось. Среди остаточных льдов к северу от широты 80-82° с.ш. начало наблюдаться ледообразование.

В середине сентября в прикромочной зоне на чистой воде по широкому фронту от моря Баренцева до Бофорта началось ледообразование, что в среднем на 15-20 суток позже среднемноголетних сроков. Ледообразование развивалось крайне медленно в российском секторе Арктики и интенсивно в аляскинском и канадском секторах Арктики. До конца сентября ширина полосы начальных и молодых льдов не превышала 50-100 км. Начальные и молодые льды наблюдались непосредственно в прикромочной зоне остаточных льдов в районе широты 80 °с.ш. Таким образом, характерной чертой осеннего ледообразования 2020 г является его позднее начало и медленное развитие в морях российского сектора Арктики (рис. 2.10).

Основная масса остаточных льдов, сохранившихся после периода летнего таяния в Северном Ледовитом океане наблюдалась в приполюсном районе, гренландском и канадском секторах СЛО. В сентябре 2020 г. был в обновлен минимум положения



границы остаточных льдов в морях Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском (рис. 2.11).

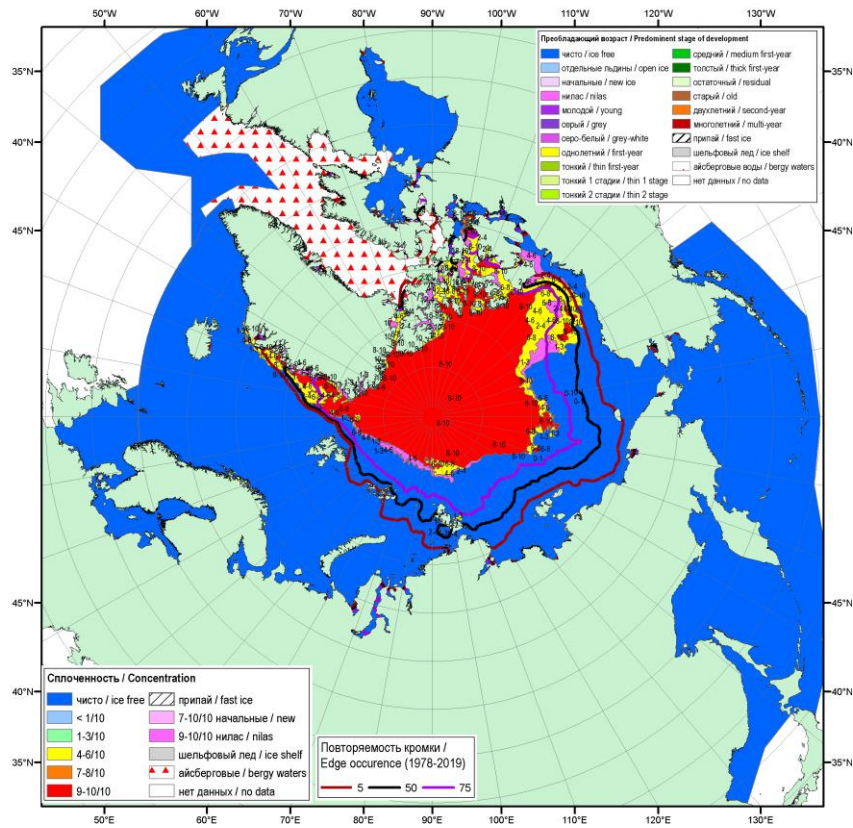


Рис. 2.10 Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 17 – 22.09.2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

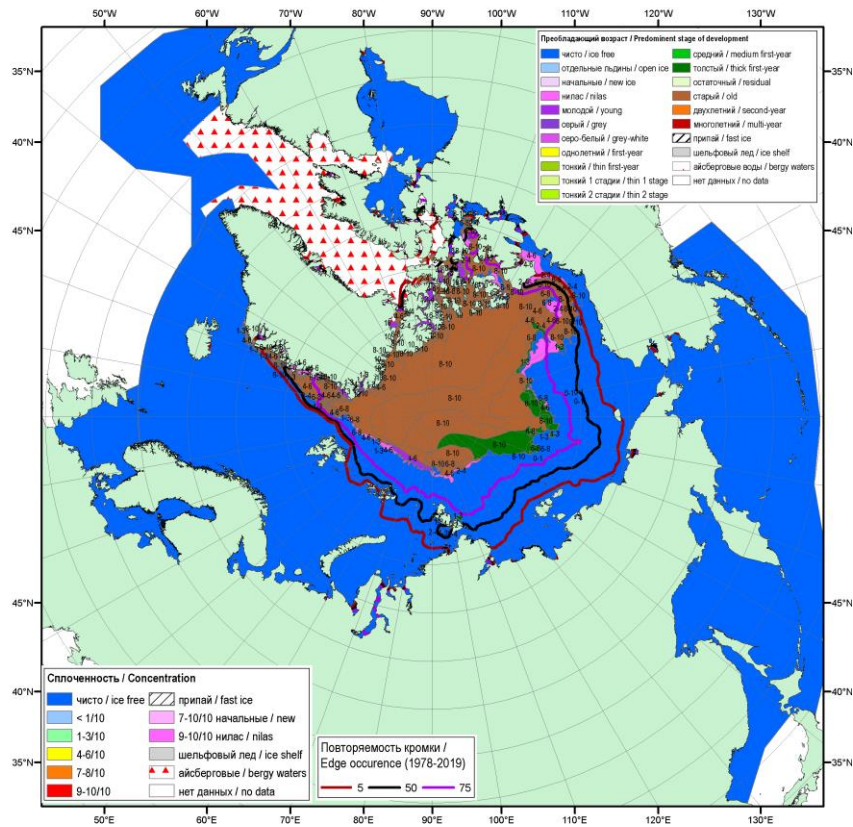


Рис. 2.11 Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту за 17–22.09.2020 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США

Дрейф ледяного покрова приведен на рисунке 2.11. В сентябре сформировалась классическая схема дрейфа. Но вследствие малого развития ледяного покрова все основные структуры дрейфа были развиты не полностью. Наблюдался частично развитый Трансарктический перенос, который начинался к северу от моря Лаптевых и через приполюсный район выносил льды к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама.

Также наблюдался частично развитый Канадский антициклонический круговорот, у которого вследствие отсутствия льда в морях Чукотском и Бофорта, в дрейфе льда участвовала только одна ветвь, выносящая льды к островам Канадского Арктического архипелага (рис. 2.12).

Скорость дрейфа льда за сентябрь 2020

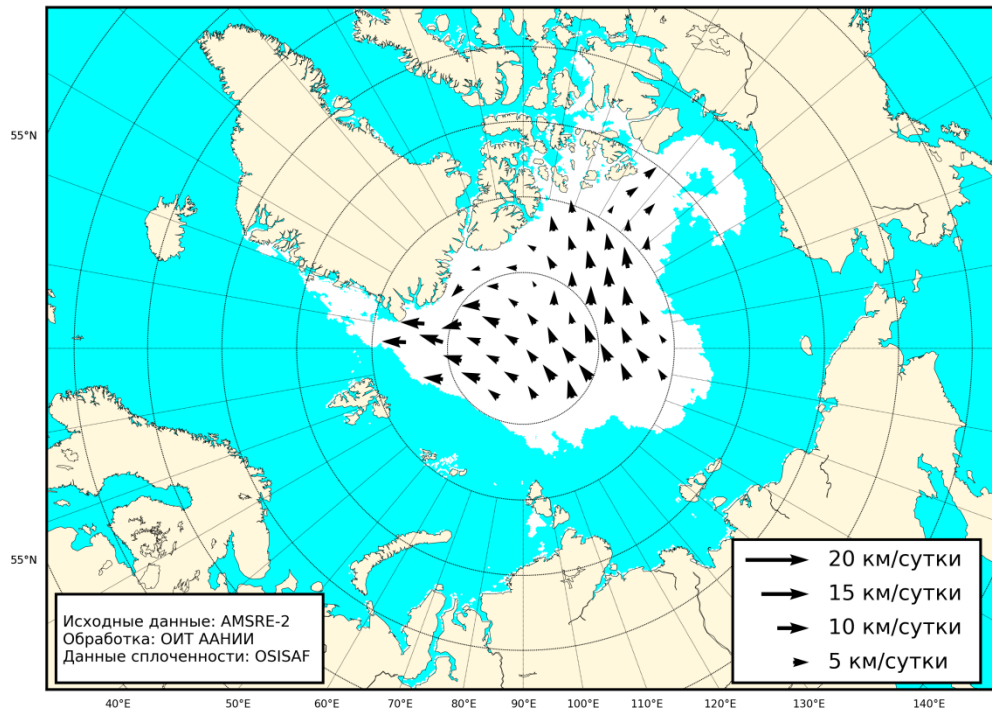


Рис. 2.12 Поле скорости фактического дрейфа морского льда в сентябре 2020 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

По модельным оценкам Датского метеорологического института объем морского льда в период его максимального сокращения в первой половине сентября составил около 5 тыс. км³, что на 2 тыс. км³ (около 30%) меньше среднемноголетнего значения. Эти значения были близки к значениям 2016 и 2019 гг. (рис. 2.13).

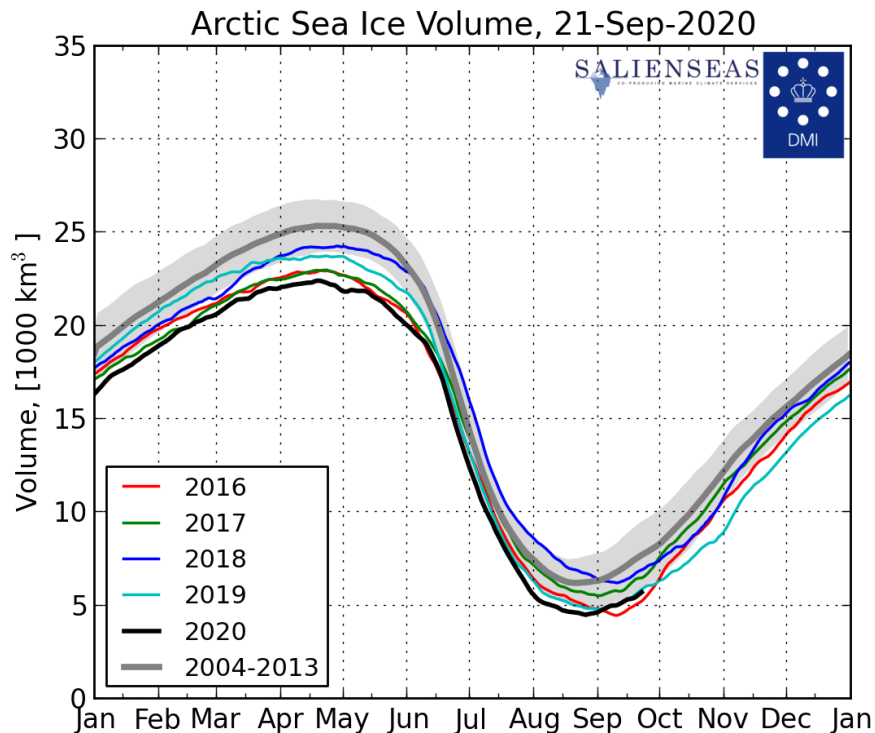


Рис. 2.13 Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда в СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана HYCOM/CICE Датского метеорологического института с 01.01.2004 по 21.09.2020 гг.

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2020 г. составила 3,68 млн. км² при норме 5,9 млн. км², что на 37,6% меньше среднемноголетних значений. Значения общей площади дрейфующих льдов в СЛО оказались на 2,20 млн. км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978-2020 гг.). По площади остаточного льда 2020 г. стал вторым по рангу минимумов в группе легких лет, уступив только 2012 г.

Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на середину сентября, а также сравнение со значениями ледовитости ряда лет, начиная с 2015 г., приведены в таблице 2.1.

На рисунке 2.14 приведены ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и его отдельных секторов за период с 26.10.1978 по 30.09.2020 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM. Ход общей ледовитости показывает, что практически весь летний период количество льда по СЛО в целом было меньше среднемноголетнего значения (нормы за 1978-2019 гг.), и очень близко приближалась к экстремально малому значению, которое наблюдалось в 2012 г. Малая ледовитость СЛО в 2020 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). В отличие от малой ледовитости, наблюдаемой в этих секторах, в секторе 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) ледовитость было достаточно высокой в зимний, весенний и летние периоды, превышая норму для короткого ряда 2010-2012 гг. (таблица 2.1, рисунок 2.14).

Таблица 2.1

Значения ледовитости за 14–20 сентября 2020 г. и её аномалии от значений периодов 2010-2020 гг. и 1978-2020 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS

Северный Ледовитый океан									
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² /%						2010 – 2020 гг.	1978 – 2020 гг.
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2019 г.		
14 – 20.09	3681,5	-760,0	-648,9	-978,9	-864,1	-424,2	-705,5	-2196,0	
		-17,1	-15,0	-21,0	-19,0	-10,3	-16,1	-37,4	
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)									
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² /%						2009-2019 гг.	1978-2019 гг.
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2018 г.		
14 – 20.09	874,8	-358,0	-270,9	-175,0	-108,6	-277,7	-236,7	-529,1	
		-29,0	-23,6	-16,7	-11,0	-24,1	-21,3	-37,7	
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское)									
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² /%						2009 – 2019 гг.	1978 – 2019 гг.
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2018 г.		
14 – 20.09	775,0	-398,2	-510,0	-741,7	-440,5	-246,3	-428,1	-1144,9	
		-33,9	-39,7	-48,9	-36,2	-24,1	-35,6	-59,6	
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)									
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² /%						2009 – 2019 гг.	1978 – 2019 гг.
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2018 г.		
14 – 20.09	2323,7	216,7	361,0	162,3	-84,7	330,1	164,6	-311,1	
		10,3	18,4	7,5	-3,5	16,6	7,6	-11,8	

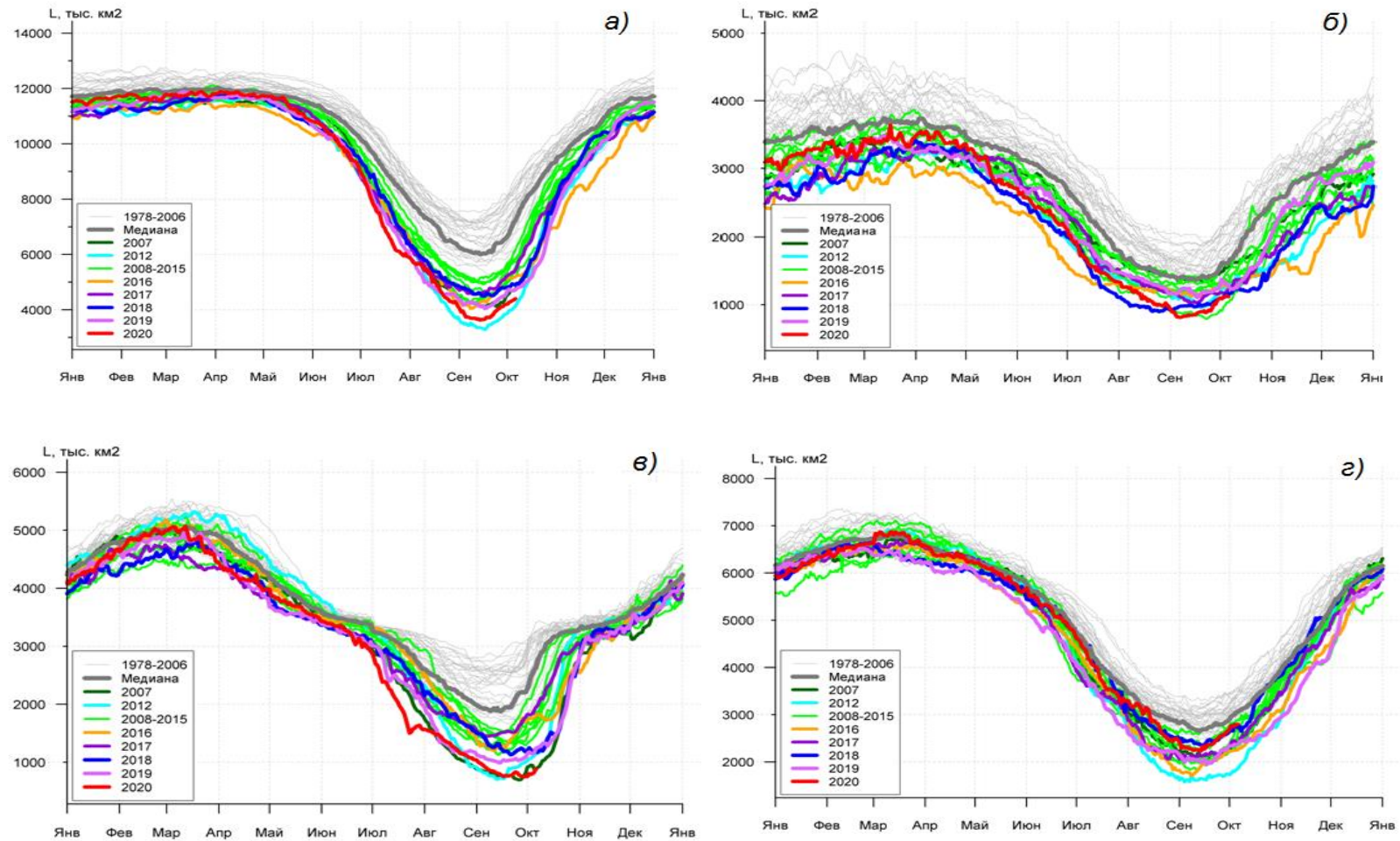


Рис. 2.13 Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) - для Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов б) - 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря), в) - 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) - 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период 26.10.1978-30.09.2019 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 1 квартале 2021 г.

3.1. Термохалинные условия

По техническим причинам данный раздел будет добавлен позже.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по март 2021 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 13-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 январь – март 2021 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
Новый Порт	67° 41' N	72° 53' E
Сопочная Карга	71° 52' N	82° 42' E
о. Диксон	73° 30' N	80° 24' E
Мыс Стерлегова	75° 25' N	88° 54' E
ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина)	77° 43' N	104° 17' E
Белый Нос Мыс	69° 36' N	60° 10' 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

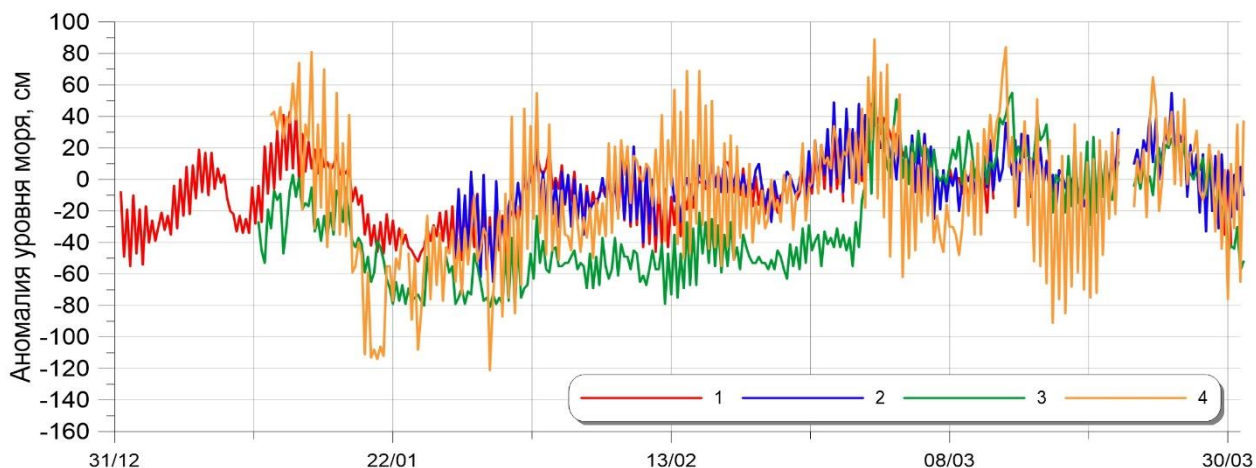


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2021 г.

(1 – Амдерма; 2 – им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский Нос); 3 – Усть-Кара; 4 – Белый Нос Мыс)

Таблица 3.2.2

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2021 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский Нос)	$h_{\text{ср}}$ (см)	-	-4	8
	σ_h (см)	-	16	19
	h_{min} (см)	-	-40	-33
	Дата	-	11	28
	h_{max} (см)	-	49	55
	Дата	-	27	26
Амдерма	$h_{\text{ср}}$ (см)	-17	-7	-
	σ_h (см)	24	15	-
	h_{min} (см)	-63	-46	-
	Дата	30	12	-
	h_{max} (см)	43	31	-
	Дата	14,15	27	-
Усть-Кара	$h_{\text{ср}}$ (см)	-	-50	7
	σ_h (см)	-	13	22
	h_{min} (см)	-	-81	-58
	Дата	-	1	31
	h_{max} (см)	-	-21	59
	Дата	-	16	2
Белый Нос Мыс	$h_{\text{ср}}$ (см)	-	-7	-1
	σ_h (см)	-	32	39
	h_{min} (см)	-	-85	-91
	Дата	-	1	16
	h_{max} (см)	-	69	89
	Дата	-	15,16	2

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



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), Амдерма, Усть-Кара и мыс Белый Нос в течение января и февраля наблюдались значения уровня ниже среднеголетних. По данным станции Амдерма в январе средняя аномалия уровня моря составила -17 см. В феврале, по данным станций Амдерма, им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) и мыс Белый Нос средняя аномалия уровня составила -7 и -4 см, тогда как на станции Усть-Кара она была равна -50 см. Скорее всего на станции Усть-Кара в записи данных была допущена инструментальная ошибка, это подтверждается и тем, что в начале марта уровень воды очень резко повысился, и стал соответствовать значениям уровня на других соседних станциях. По этой причине февральские данные об уровне моря для станции Усть-Кара можно считать некорректными. В марте средняя аномалия уровня воды для всех станций оказалась близкой к нулю.

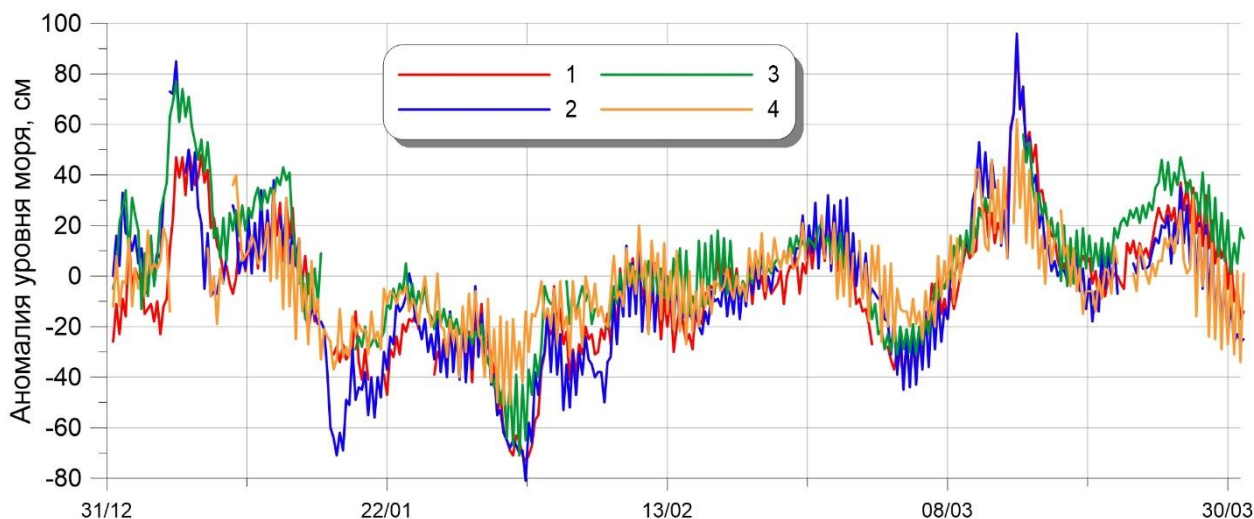


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в январе – марте 2021 г.

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

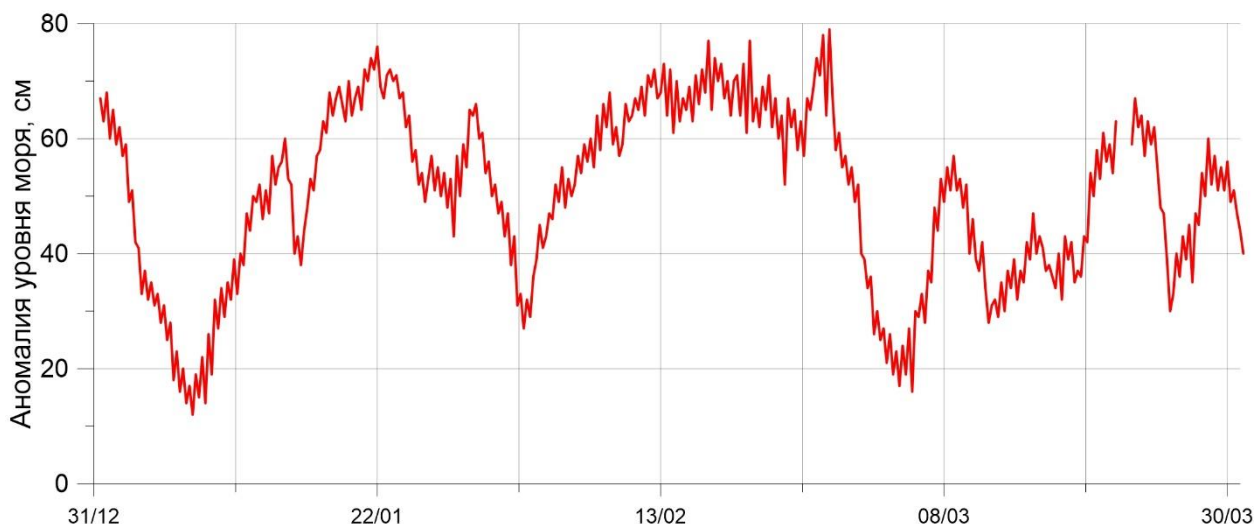


Рис. 3.2.3. Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в январе – марте 2021 г.

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) на станциях Мыс Стерлегова, ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина), Сопочная Карга и о. Диксон в январе, не смотря на значительный нагон в начале месяца (до +85 см), в целом уровень моря колебался на пониженном фоне. В феврале уровень моря опускался ещё ниже, чем в первом месяце года, и 1 – 2 февраля для северо-востока Карского моря наблюдалась самая низкая вода за весь квартал (до -81 см). В начале марта уровень моря ещё оставался низким, но затем вырос до значений выше среднемноголетних. Именно в марте, на станции мыс Стерлегова наблюдалась самая высокая аномалия уровня, которая составила +96 см.

На станции Новый Порт (Обская губа) (рис. 3.2.3, табл. 3.2.3) колебания уровня постоянно происходили на повышенном фоне, и редко аномалия уровня опускалась ниже +20 см. В среднем, самый высокий уровень моря в Обской Губе наблюдался в феврале (+60 см), а наименьший в марте (+42 см).



Таблица 3.2.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря и Обской губы в январе – марте 2021 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
Новый порт (Обская губа)	h_{cp} (см)	50	60	42
	σ_h (см)	16	11	12
	h_{min} (см)	12	27	16
	Дата	8	3	5
	h_{max} (см)	76	79	67
	Дата	22	27	23
о. Диксон	h_{cp} (см)	6	-5	13
	σ_h (см)	30	19	22
	h_{min} (см)	-54	-71	-31
	Дата	19	2	4,5
	h_{max} (см)	77	21	83
	Дата	6	26	13
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	-7	-15	8
	σ_h (см)	25	22	24
	h_{min} (см)	-55	-73	-41
	Дата	31	2	4,5
	h_{max} (см)	50	25	91
	Дата	7	26	13
м. Стерлегова	h_{cp} (см)	-8	-16	5
	σ_h (см)	31	25	25
	h_{min} (см)	-71	-81	-45
	Дата	18	2	4
	h_{max} (см)	85	32	96
	Дата	6	26	13
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{cp} (см)	-9	-6	4
	σ_h (см)	18	15	18
	h_{min} (см)	-50	-51	-34
	Дата	31	1	31
	h_{max} (см)	40	24	62
	Дата	10	26	13

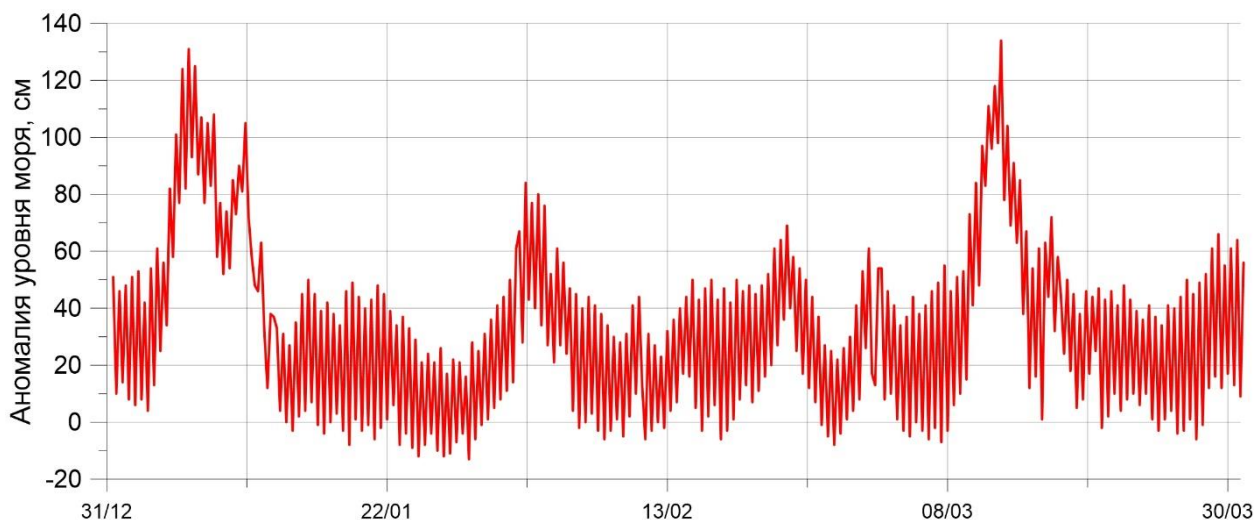


Рис. 3.2.4 Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в январе – марте 2021 г.



Таблица 3.2.4

**Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря
Лаптевых в январе – марте 2021 г.**

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
Анабар	h_{cp} (см)	35	28	37
	σ_h (см)	35	23	30
	h_{min} (см)	-13	-8	-7
	Дата	29	27	7
	h_{max} (см)	131	84	134
	Дата	7	2	12
м. Кигилях	h_{cp} (см)	-2	8	6
	σ_h (см)	7	5	5
	h_{min} (см)	-16	-6	-5
	Дата	15,17	28	14,16,17,18
	h_{max} (см)	14	18	14
	Дата	30	20	10
пр. Санникова	h_{cp} (см)	4	-20	7
	σ_h (см)	17	19	8
	h_{min} (см)	-35	-49	-10
	Дата	30	11	7,11
	h_{max} (см)	36	18	22
	Дата	7	22	30
о. Котельный	h_{cp} (см)	-3	-16	9
	σ_h (см)	24	33	25
	h_{min} (см)	-52	-75	-30
	Дата	31	5,6	31
	h_{max} (см)	42	44	69
	Дата	6	27	12

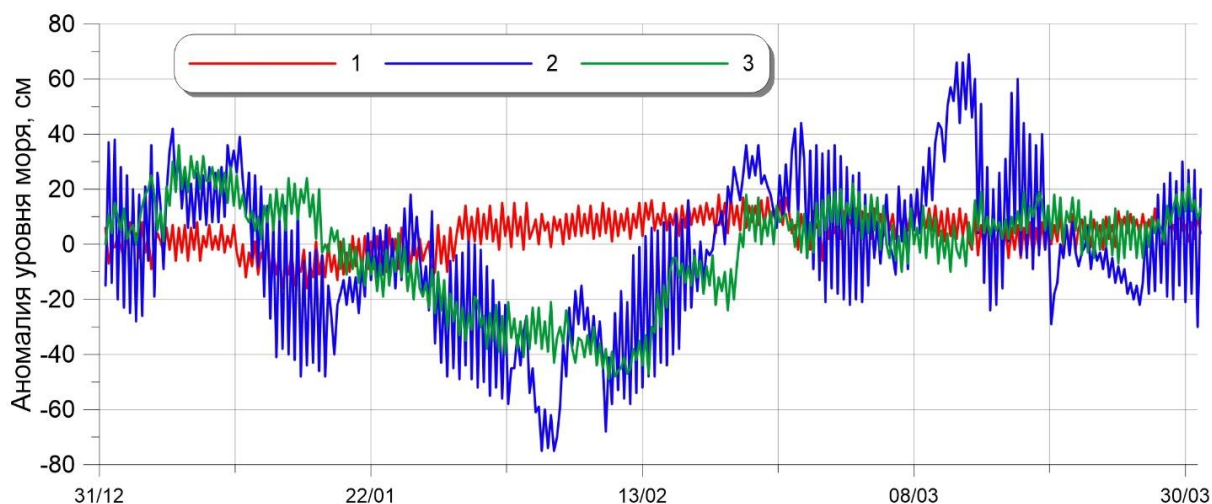


Рис. 3.2.5. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе – марте 2020 г.

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



В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) стоит отметить два нагона, произошедших 7 января и 12 марта. В эти дни уровень моря здесь поднимался на 131 и 134 см выше среднемноголетнего значения. В целом же колебания уровня на станции Анабар происходили на повышенном фоне в течение всего рассматриваемого периода времени, и аномалия уровня моря редко опускалась ниже – 10 см.

На востоке моря Лаптевых по данным станций пр. Санникова и о. Котельный (рис. 3.2.5, табл. 3.2.4) в течение первой половины квартала происходило постепенное падение уровня. В середине февраля на этих станциях наблюдалась самая низкая вода за рассматриваемый период, и аномалия уровня для станции пр. Санникова опустилась до -49 см, а для станции о. Котельный – до -75 см. В марте колебания уровня здесь происходили на повышенном фоне, среднее значение аномалии уровня составили +7 см для станции пролив Санникова, и +10 см для станции остров Котельный.

На станции мыс Кигилях (рис. 3.2.5, табл. 3.2.4) в течение всего периода уровень моря был близок к среднемноголетнему. Самая низкая вода наблюдалась в январе (средняя аномалия – -2 см), а в феврале и марте средний уровень поднялся чуть выше среднемноголетней отметки (+8 см в феврале и +6 см в марте).

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в первом квартале 2021 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 1 квартале 2021 г.

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с января по март 2021 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИНе и модифицированной в ААНИИ. Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по еженедельным данным диагноза сплоченности льда ААНИИ.

Акватории морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского в первом квартале 2021 года были покрыты льдом. Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.3.1.



Таблица 3.3.1

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Баренцевом море в первом квартале 2021 г.

Месяц	Высота волн, м										
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11
Январь	–	–	–	12	14	3	1	1	–	–	–
Февраль	–	2	8	8	6	1	3	–	–	–	–
Март	–	–	8	12	3	1	5	–	–	1	1
Итого	–	2	16	32	23	5	9	1	–	1	1

Как видно из таблицы 3.4.1, в первом квартале 2021 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 3 до 4 м.

Число случаев, когда высота волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составило:

- 5 (16 %) – в январе;
- 4 (14 %) – в феврале;
- 8 (26 %) – в марте.

Самым штормовым месяцем в первом квартале стал март. Максимальная расчетная высота волны в марте 2021 г. в западной части Баренцева моря превысила 10,5 м (24 марта на 00 ч UTC). Продолжительность шторма составила 3 дня (с 23 по 25 марта). Это максимальное значение выше по сравнению с первым кварталом 2020 г. (в марте 2020 г. было более 8,0 м).

Следующим по силе штормовой активности стал январь (высота волн более 7,0 м рассчитана в Баренцевом море 5 января на 18 ч UTC).

На рисунке 3.3.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs на акватории Баренцева моря на 00 ч UTC 24 марта 2021 г.

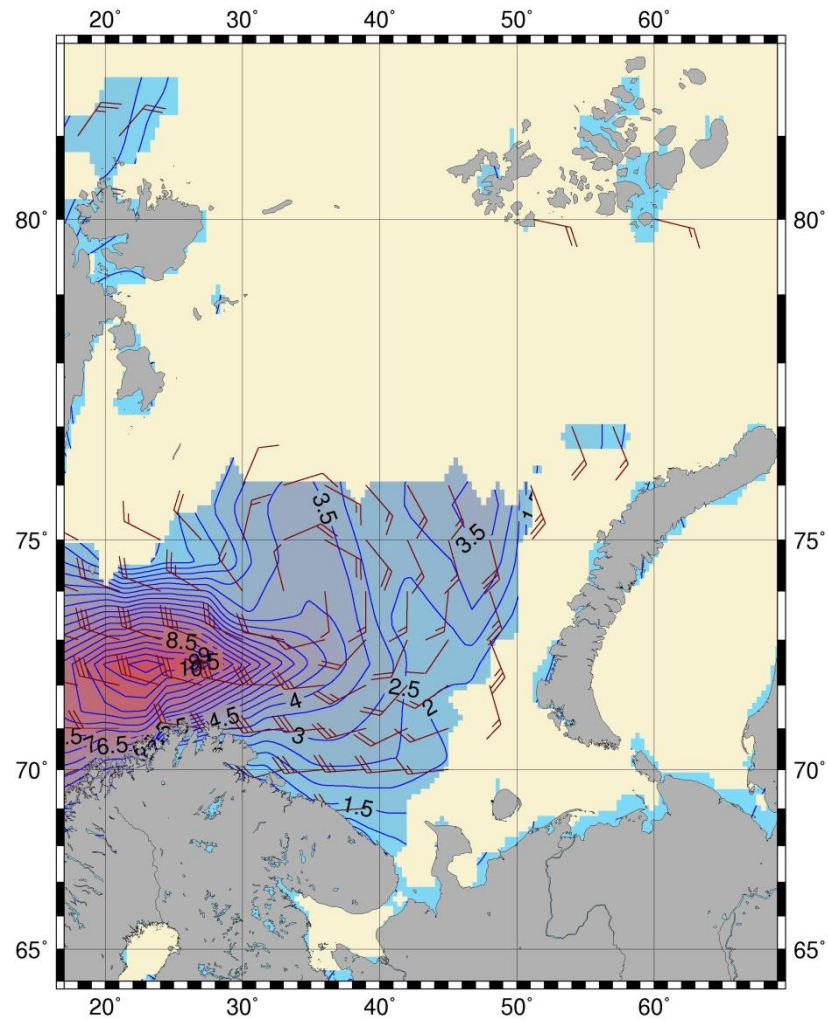


Рис. 3.3.1 Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море
на 00 ч UTC 24 марта 2021 г.

В Карском море в начале января оставались открытыми два небольших участка в северной и в центральной частях моря. К середине января Карское море полностью покрылось льдом. Высота волн за этот период в основном составляла от 1 до 3 м.