

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 2021





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Метеорологические условия в северной полярной области	4
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов и метеорологические условия в полярном районе Северного полушария за период с июля по сентябрь 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 2021 года.....	29
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 1 квартале 2021 г.	44
3.1. Термохалинные условия.....	44
3.2 Уровень арктических морей.....	49
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей в 3 квартале 2021г.....	55



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в 3 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 и метеорологические условия в полярном районе Северного полушария за период с июля по сентябрь 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 июля по сентябрь 2021 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в третьем квартале проводились с учетом процессов за предшествующий период январь – июнь 2021 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 июля по сентябрь 2021 г. были выявлены следующие особенности их развития.

1. Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за третий квартал 2021 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса (табл. 1.1.1, рис. 1.1.1) и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, значений приземного давления и температуры воздуха и их аномалий на рис. 1.1.4 — 1.1.12.

Таблица 1.1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период апрель-июнь 2021 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	<i>W</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>3</i>	<i>M₁</i>	<i>M₂</i>
Число дней	12	30	50	32	49	11
Аномалия	-23	4	19	-7	9	-2

В период июль — сентябрь 2021 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (E) формы циркуляции атмосферы, а во втором секторе меридиональных процессов типа M_1 .

Анализ процессов показал, что в июле — сентябре 2021 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 2021 г. представлен на рис. 1.1.1.

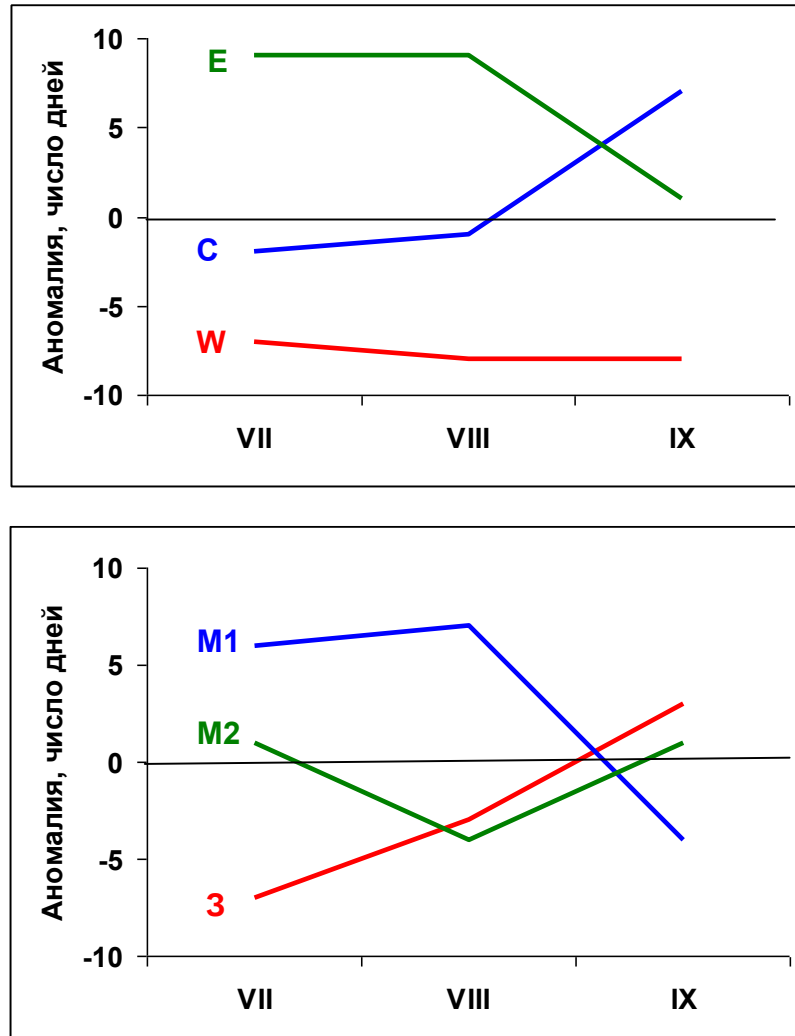


Рис. 1.1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период июль – сентябрь 2021 г.

W – западная форма, *E* – восточная форма, *C* – меридиональная форма,
Z – зональный тип, *M₁* – первый меридиональный тип, *M₂* – второй меридиональный тип

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

Июль – E_{M1} → Август – E_{M1} → Сентябрь - $(C+E)_{Z+M2}$

Отмеченные тенденции в перестройках крупномасштабных атмосферных процессов Северного полушария нашли свое отражение в изменении 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 2021 г. фон давления по полярному району незначительно на 0,2 гПа ниже многолетней нормы.

Тенденции изменения давления от месяца к месяцу в полярном районе представлены на рис. 1.1.2.

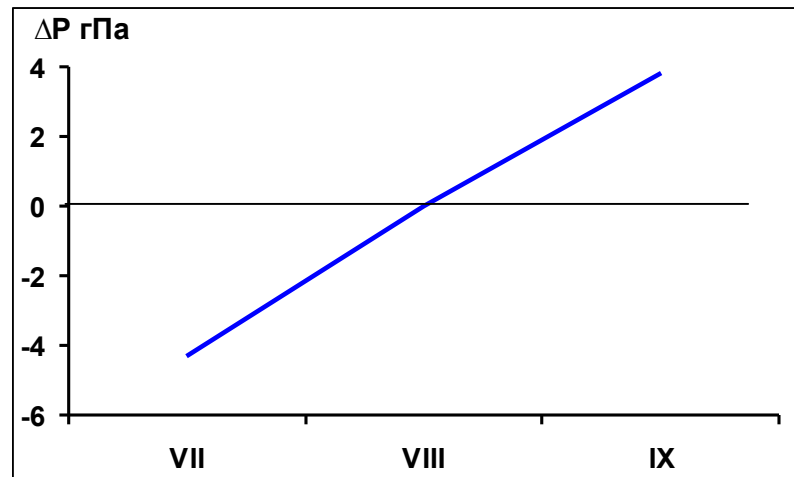


Рис. 1.1.2. Значения аномалий давления (гПа) в июле-сентябре 2021 в полярном районе Арктики

В третьем квартале от месяца к месяцу отмечалась тенденция к повышению фона температуры. В среднем за квартал этого года фон температуры выше нормы на 1,6 °С и по сравнению с прошлым годом понизился на 1,3 °С.

Изменения среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району в период июль — сентябрь 2021 г. представлены на рис. 1.1.3.

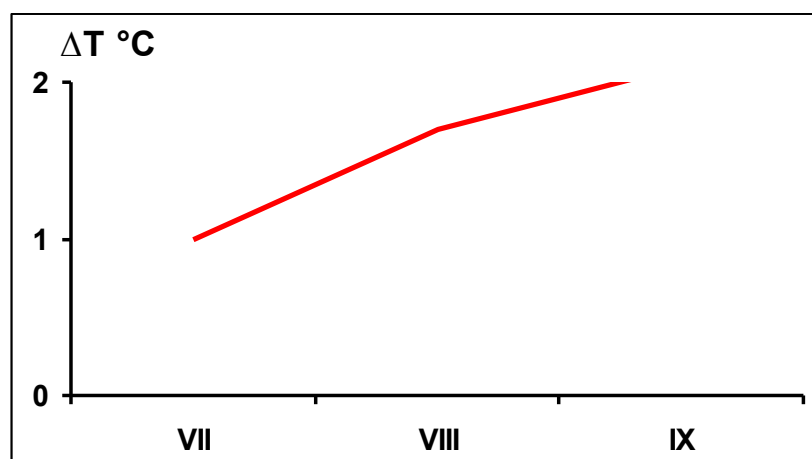


Рис.1.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 — 85° с.ш. в июле — сентябре 2021 гг.

2. Структурные особенности развития атмосферных процессов в период июль — сентябрь 2021 г. и их влияние на формирование метеорологических условий в отдельных



локальных районах Арктики представлены ниже.

В *июле 2021 г.* основной центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился из приполюсного района Арктики к северному побережью Таймыра, где в приземном поле преобладал циклональный режим циркуляции.

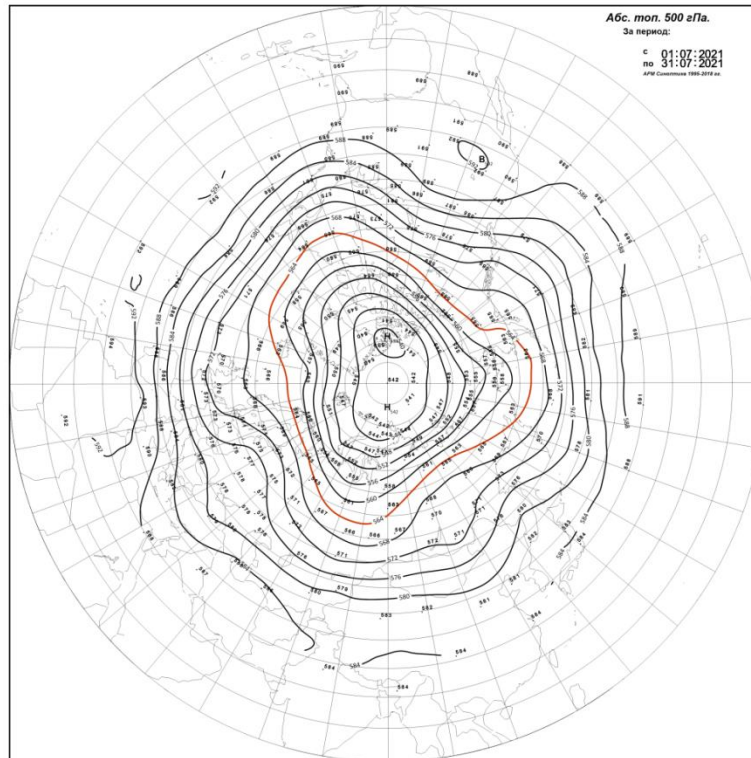


Рис. 1.1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июле 2021 г.

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 Баренцева, Карского и Лаптевых морей, где преобладал фон давления ниже нормы.

В Баренцевом и Карском морях в тыловой части проходящих циклонов преобладали воздушные потоки северо-западных направлений. В море Лаптевых под влиянием восточной части циклонов преобладали потоки южных направлений.

Фон температуры во всех районах западного сектора полярного района выше нормы. Наиболее высокие значения положительных аномалий температуры до 3 °С отмечались в районе моря Лаптевых, а наиболее низкие положительные аномалии близкие к норме отмечались в районах Баренцевом, северо-восточной части Карского морей и в приполюсном районе.

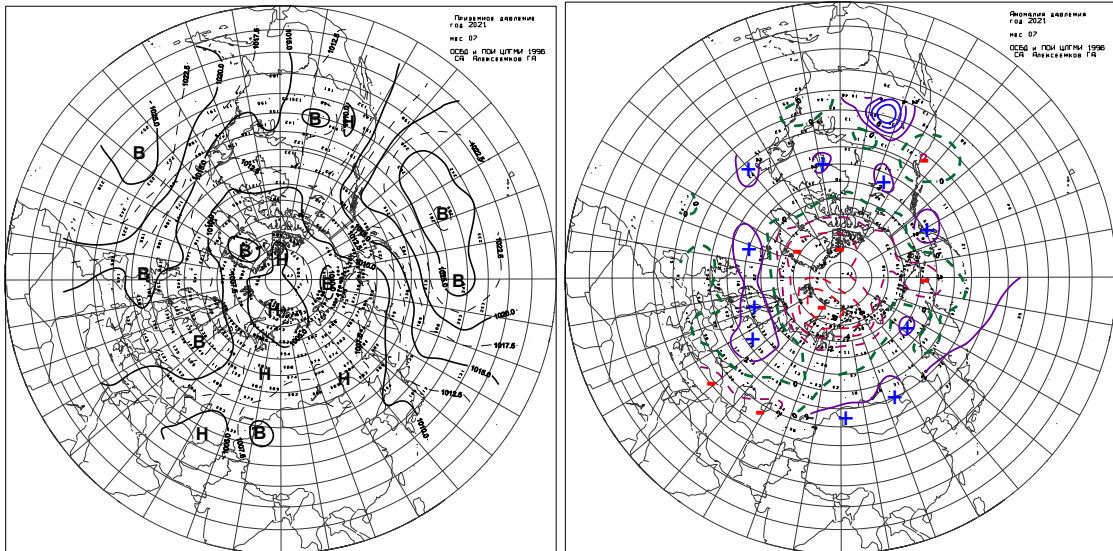


Рис. 1.1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июле 2021 г. (гПа)

Во втором (тихоокеано-американском) секторе наибольшую повторяемость имели крупномасштабные атмосферные процессы типа M_1 . Характерной особенностью данного типа макропроцесса в июле явилось усиление над Тихим океаном антициклона, гребень которого часто был ориентирован на восточный сектор полярного района. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума были ослаблены и не оказывали существенного влияния на данный район Арктики.

Под частым влиянием воздушных потоков юго-восточных и восточных направлений преобладал температурный фон выше нормы на 1 °С. Наиболее низкие положительные аномалии температуры близкие к норме отмечались в Чукотском море и восточной части Восточно-Сибирского моря.

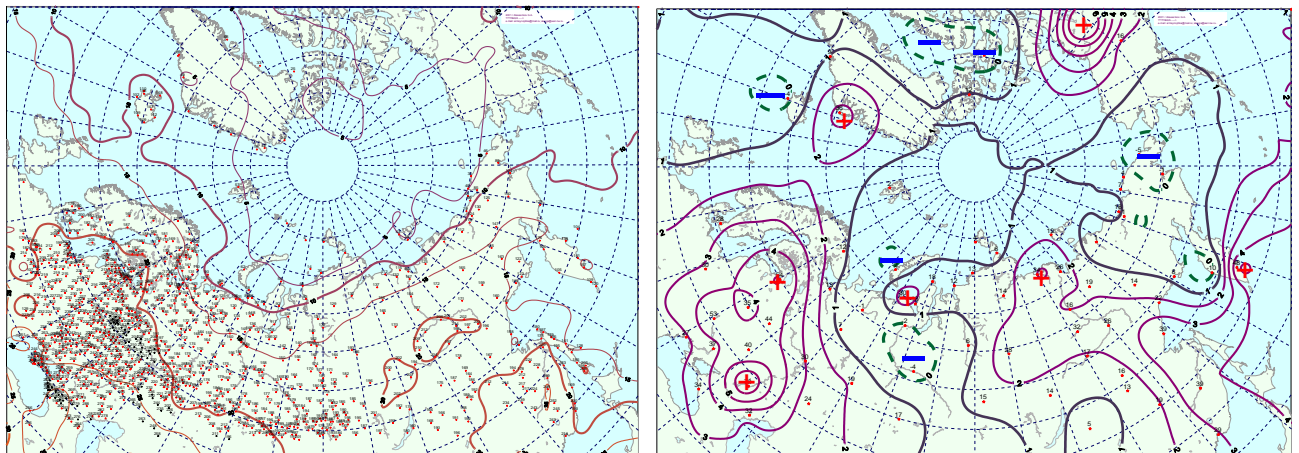


Рис. 1.1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2021 г., (°С)

В августе 2020 г. основной центр ЦПВ сместился от северного побережья Таймыра



в восточный сектор полярного района, где в приземном поле преобладал циклональный режим циркуляции. Наиболее часто высотные гребни блокирующие западный перенос воздушных масс в толще тропосферы были ориентированы на район Англии и Урала, где в приземном поле формировались устойчивый антициклоны.

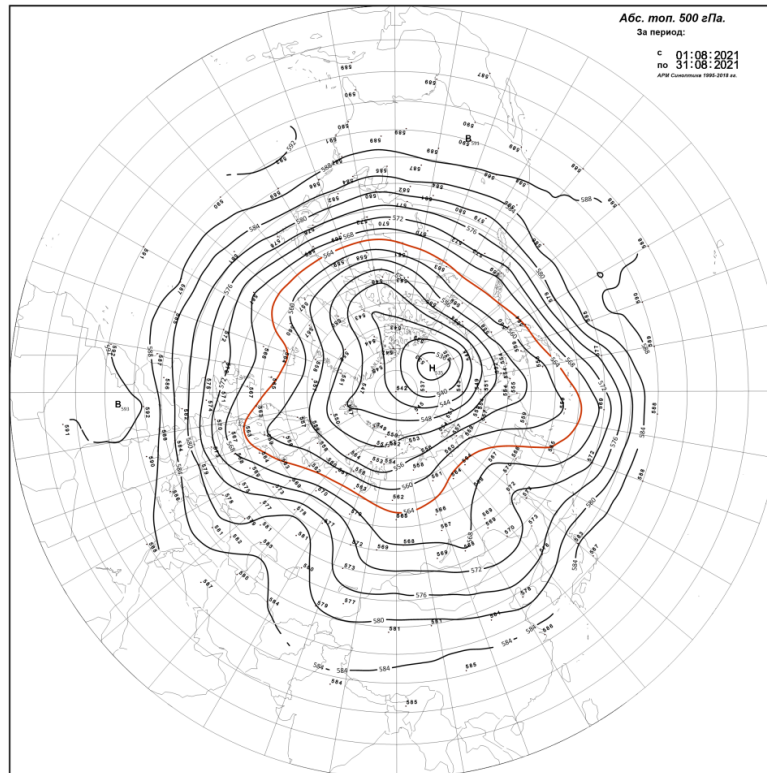


Рис. 1.1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в августе 2021 г.

В первом секторе отмечалась повышенная повторяемость восточной (Е) формы циркуляции. Число дней с данным типом циркуляции атмосферы составило 21 день.

Циклоны Северной Атлантики смещались через акваторию Баренцева и Карского морей. Далее их движение на восток было блокировано гребнем континентального антициклона.

Фон давления в этом секторе Арктики преобладал ниже нормы. Положительные аномалии давления отмечались только в районах Норвежского и Лаптевых морей.

Под влиянием устойчивой адвекции теплых воздушных масс фон температуры во всех районах данного сектора Арктики выше нормы. Наиболее высокие значения с положительными аномалиями температуры 3...5 °С отмечались в Карском море и море Лаптевых.

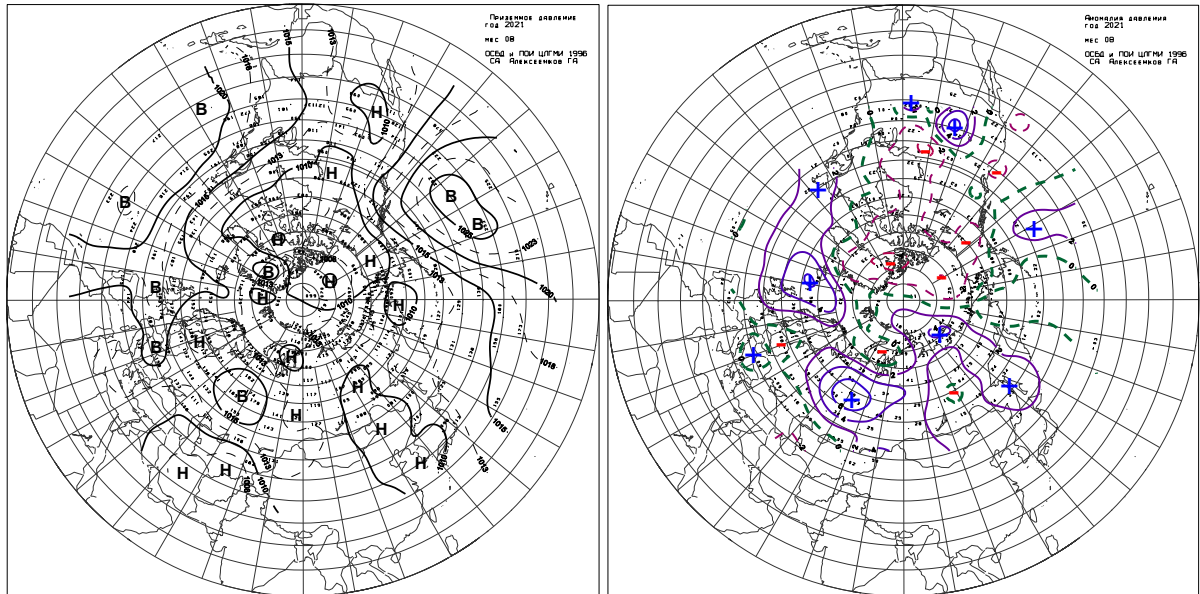


Рисунок 1.1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в августе 2021 г. (гПа)

Во *втором секторе* направленность крупномасштабных атмосферных процессов типа M_1 сохранилась. Число дней с данным типом циркуляции атмосферы составило 20 дней.

Над Тихим океаном располагался обширный антициклон. Под его влиянием циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям в восточный сектор полярного района Арктики. Фон давления в данном секторе был ниже нормы на 2 — 3 гПа.

При воздушных потоках юго-восточных направлений температурный фон незначительно выше нормы.

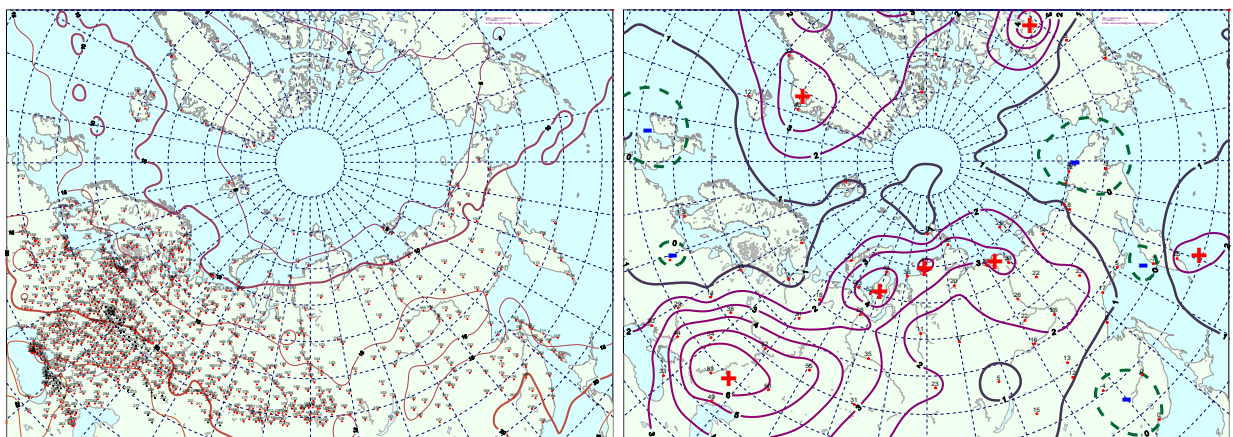


Рис. 1.1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2021 г., (°C)

В *сентябре 2021 г.* основной центр ЦПВ находился в восточном секторе полярного района, основные ложбины которого были ориентированы на Урал и Гренландию.



Высотный гребень блокирующий западный перенос воздушных масс в толще тропосферы располагался над районом Западной Европы, где в приземном поле сформировался устойчивый антициклон.

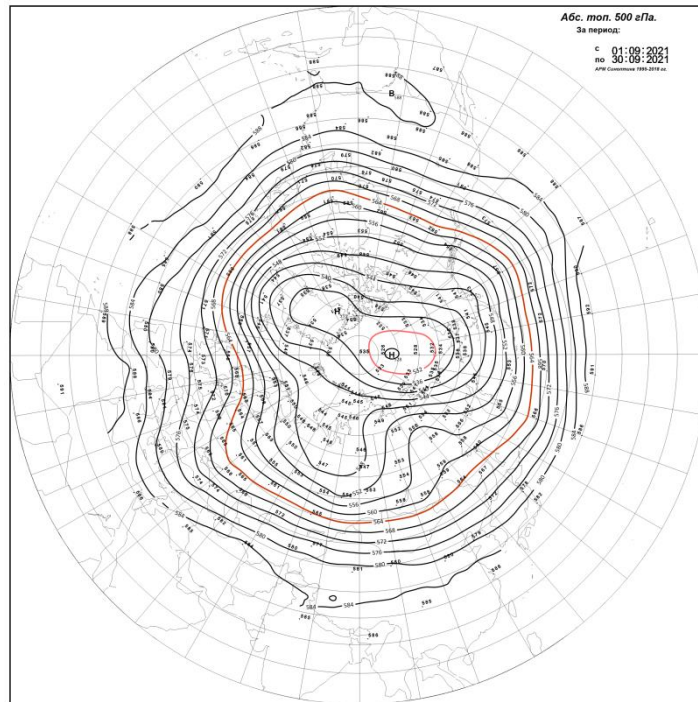


Рис. 1.1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в сентябре 2021 г.

. В первом секторе наибольшую повторяемость имели меридиональные процессы С формы циркуляции. Число дней с данной формой составило 15 дней, что выше многолетней нормы на 7 дней.

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

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

При устойчивых потоках с южных и юго-восточных направлений фон температуры выше норму. Наиболее крупные значения положительных аномалий температуры более 6°C отмечались в районе северного побережья полуострова Таймыр.

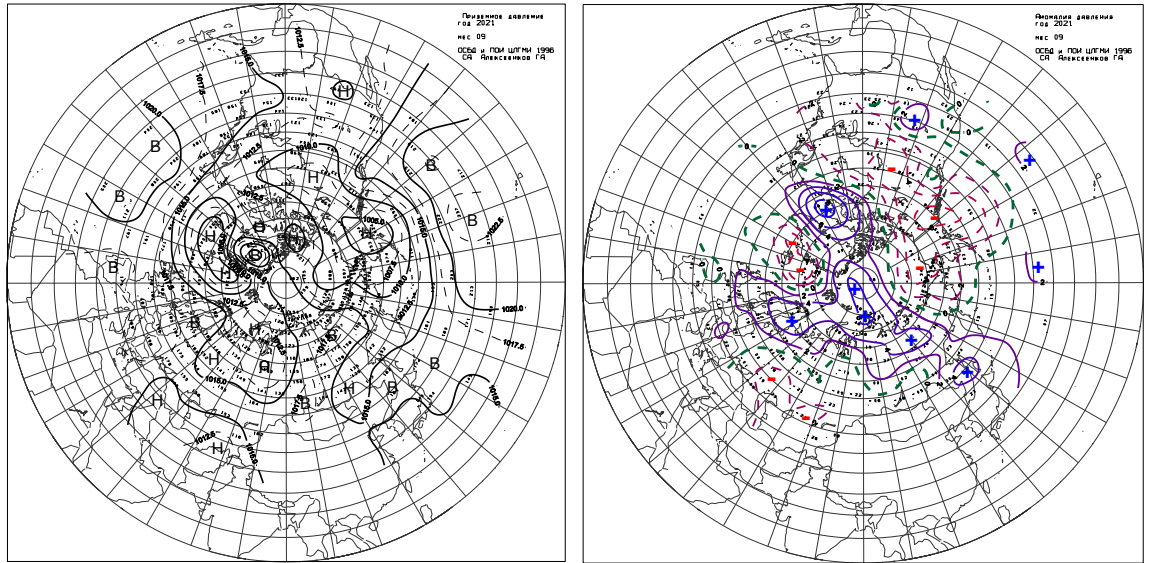


Рис. 1.1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в сентябре 2020 г.(гПа)

Во *втором секторе* произошло ослабление меридиональные процессы типа M_1 . и усиление зональных процессов. Число дней с зональными процессами в сентябре составило 18 дней, что выше многолетней нормы. Циклоны в системе алеутского минимума смещались через район Берингова моря на Аляску и далее на район Канады. Над акваторией морей данного сектора Арктики преобладала адвекцию теплых воздушных масс с юга. 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 Чукотском и Восточно-Сибирском морях.

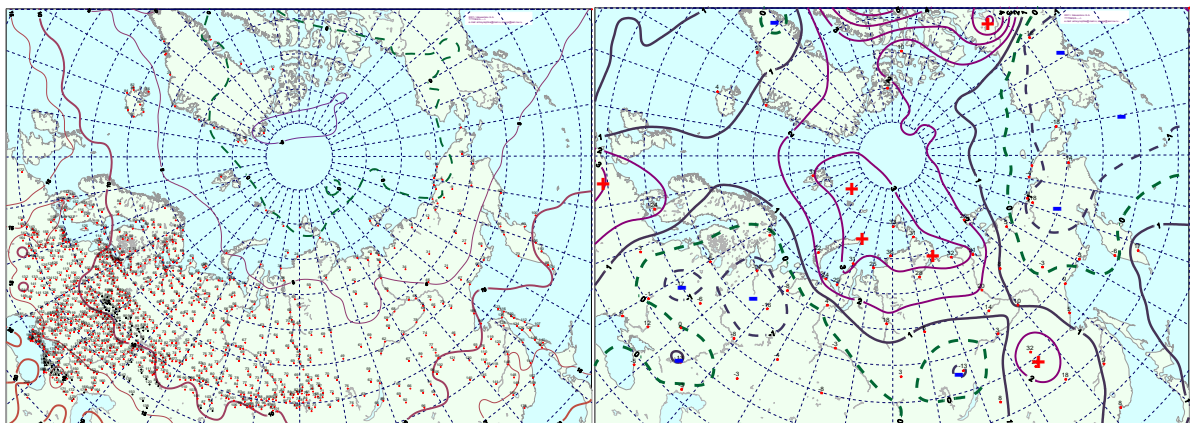


Рис. 1.1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2021 г., (°С)



В морях российской Арктики в третьем квартале 2021 г. сформировался фон температуры выше нормы. Наиболее высокий фон температуры отмечался в Лаптевых и Карском морях, а наиболее низкий в Чукотском море.

По сравнению с третьим кварталом прошлого года в среднем по всем морям фон температуры понизился на 2,5 °С. Наибольшие понижения температурного фона на 3...4 °С в этом году отмечено в Карском и Чукотском морях.

На рисунке 1.1.13 приводятся средние за третий квартал 2021 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики.

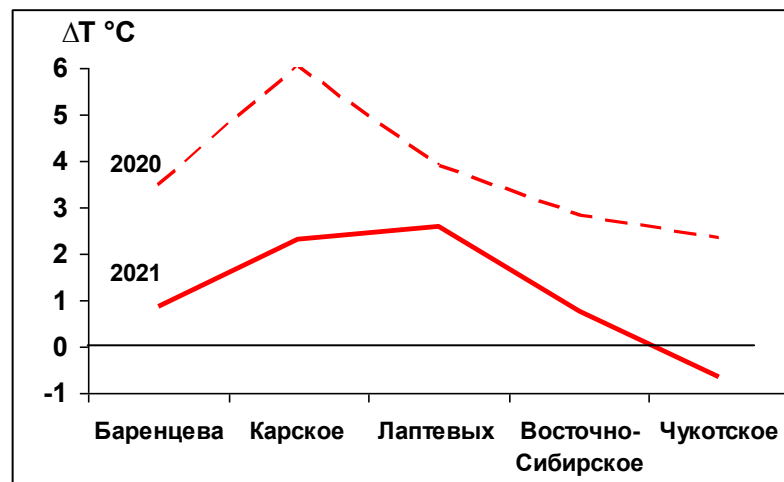


Рис. 1.1.13. Средние за третий квартал значения аномалий температуры воздуха (°С) по акваториям морей российской Арктики в 2021 и 2020 гг.

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. 1.1.2.

Таблица 1.1.2

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

Июль 2021			Август 2021			Сентябрь 2021		
ЭСП	А – Е	Т – А	ЭСП	А – Е	Т – А	ЭСП	А – Е	Т – А
1 – 2	С	М ₁	1 – 5	Е	М ₁	1 – 5	С	М ₁
3 – 7	Е	М ₁	6 – 10	Е	М ₁	6 – 8	Е	З
8 – 15	Е	М ₁	11 – 13	Е	З	9 – 13	W	З
16 – 17	Е	М ₁	14 – 17	Е	З	14 – 19	С	З
18 – 24	С	М ₁	18 – 21	W	З	20 – 23	С	М ₂
25 – 28	Е	М ₂	22 – 24	С	М ₁	24 – 26	Е	М ₂
29 – 31	W	З	25 – 28	Е	М ₁	27 – 30	Е	З
			29 – 31	С	М ₁			
Итого	W 3 (-7) С 9 (-2) Е 19 (9)	З 3 (-7) М ₁ 24 (6) М ₂ 4 (1)	Итого	W 4 (-8) С 6 (-1) Е 21 (9)	З 11 (-3) М ₁ 20 (7) М ₂ 0 (-4)	Итого	W 5 (-8) С 15 (7) Е 10 (1)	З 18 (3) М ₁ 5 (-4) М 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, С, Е) и типами (З, М₁, М₂) 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 2021 г., можно сделать следующие основные выводы.

1. В первом (атлантико-евразийском) секторе Северного полушария атмосферные процессы в июле и августе развивались на фоне с высокой повторяемостью процессов восточной (Е) формы циркуляции атмосферы. В сентябре произошла резкая перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от восточной к меридиональной (С) форме циркуляции.

2. Во втором (тихоокеано-американском) секторе полушария в июле и августе устойчиво преобладали меридиональные процессы типа М₁, которые в сентябре сменились на преобладающий зональный (З) тип циркуляции атмосферы.



3. 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.

4. *Фон давления над полярным районом* в третьем квартале от месяца к месяцу имел устойчивая тенденция к повышению. Наиболее низкие отрицательные аномалии давления наблюдалась в июле, а наиболее высокие положительные аномалии в сентябре. В среднем за период июль – сентябрь 2021 г. фон давления по полярному району незначительно, на - 0,2 гПа, ниже многолетней нормы.

5. *Фон температуры над полярным районом* во всех месяцах выше нормы. В среднем за квартал этого года фон температуры выше нормы на 1,6 °С и по сравнению с прошлым годом понизился на 1,3 °С.

6. Во *всех морях российской Арктики* в третьем квартале 2021 г. преобладающий *фон температуры* был выше нормы. Наиболее высокий фон температуры отмечался в Лаптевых и Карском морях, а наиболее низкий в Чукотском море. По сравнению с третьим кварталом прошлого года в среднем по всем морям фон температуры понизился на 2,5 °С. Наибольшее понижение температурного фона на 3 – 4 °С в этом году наблюдалось в Карском и Чукотском морях.

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.

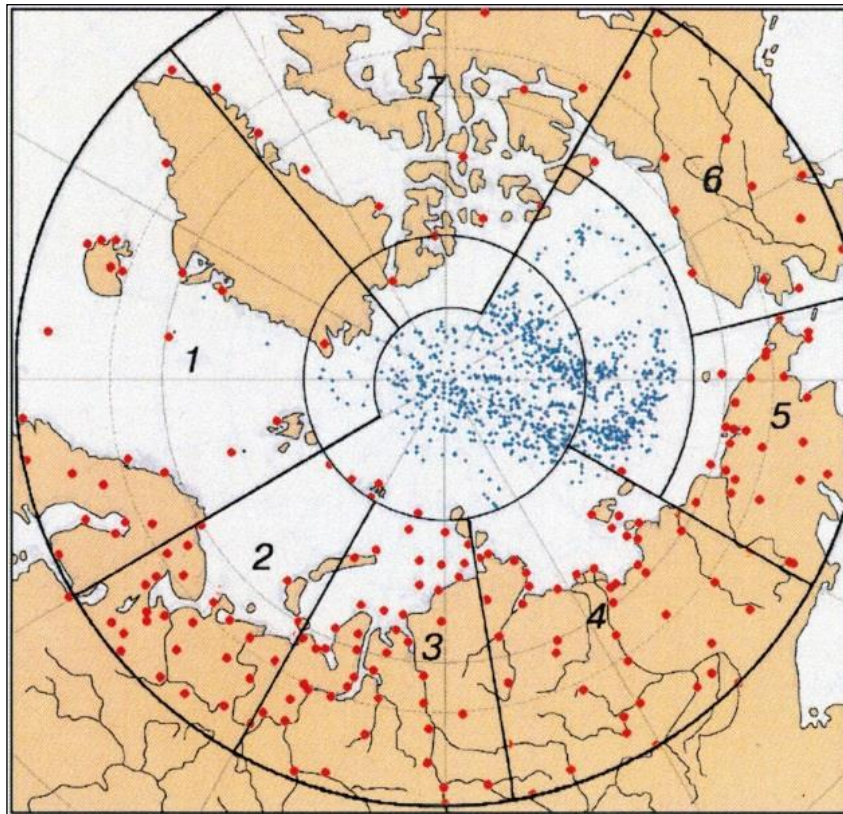


Рис. 1.2.1. Сеть метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов

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

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 летнего сезона рассматривался период с июня по август.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за летний сезон 2021 года по отдельным широтным зонам (60 – 85, 60 – 70 и 70 – 85° с.ш.) представлена в табл.1.2.1. В летнем сезоне 2021 г. аномалия температуры воздуха СПО составила +1,4 °С. Лето 2021 г. по рангу теплых лет оказалось пятым теплым летом за период с 1936 г.

Аномалия температуры для широтной зоны 70 – 85° с.ш. составила +1,2 °С, а для широтной зоны 60 – 70° с.ш. — +1,5 °С. Прошедший летний сезон этих широтных зон оказался соответственно седьмым и четвертым по рангу теплых лет за период с 1936 г.



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 летний сезон
2021 г.**

Широтная Зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70 – 85	1,2	7	2012 (2,0)	1963 (– 0,7)
60 – 70	1,5	4	2016 (2,0)	1949 (– 0,8)
60 – 85	1,4	5	2016 (2,0)	1949 (– 0,8)

Сопоставление значений аномалий летней температуры воздуха в 2021 г. в отдельных климатических районах показало наличие больших положительных аномалий температуры в евразийском секторе (рис.1.2.2, табл.1.2.2). Аномалия температуры в Восточносибирском районе составила +2,9 °С. По рангу теплых лет это наибольшее значение с 1936 г.

Таблица 1.2.2

**Аномалии температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) в летнем
сезоне 2021 г. для отдельных районов СПО, °С**

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	1,7	2	2003 (1,9)	1965 (– 0,7)
Североевропейский	1,8	4	2013 (2,8)	1969 (– 1,6)
Западносибирский	1,2	11	2016 (3,6)	1968 (– 1,6)
Восточносибирский	2,9	1	2019, 2021 (2,9)	1989 (– 1,2)
Чукотский	1,1	10	2007 (2,9)	1949 (– 1,3)
Аляскинский	0,4	14	2004 (2,9)	1945, 1955 (– 1,3)
Канадский	0,9	10	2012 (2,3)	1972 (– 1,6)

В южной части Чукотского моря и в восточной части моря Бофорта наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры. В арктических морях наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в северной части Гренландского и Норвежского морей, а также в районе морей азиатского сектора – Лаптевых и Восточно-Сибирского. В районе моря Лаптевых осредненная аномалия составила +2,6 °С (табл.1.2.3). По рангу теплых лет это второе наибольшее значение с 1936 г.

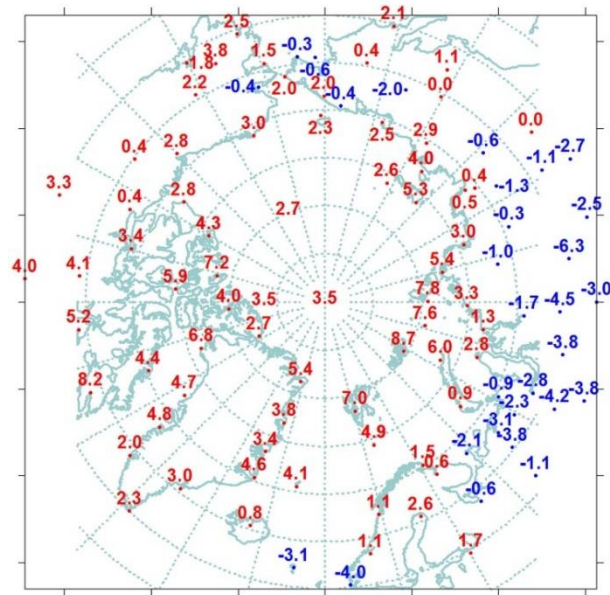


Рис. 1.2.2. Аномалии средней температуры воздуха летнего сезона 2021 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.2.3

Аномалии средней температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) летнего 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	1,6	6	2016 (2,4)	1965 (– 0,7)
Баренцево море	1,2	9	2013 (2,8)	1949 (– 1,2)
Карское море	1,6	7	2016 (3,1)	1968 (– 1,2)
Море Лаптевых	2,6	2	2019 (3,2)	1962 (– 1,5)
Восточно-Сибирское море	1,4	8	2007 (3,7)	1949 (– 1,6)
Чукотское море	– 0,2	24	2007 (3,9)	1965 (– 1,6)
Море Бофорта	0,2	17	2012 (2,5)	1947 (– 1,5)
Северная часть Канадского района	0,9	20	2011, 2012 (2,7)	1972 (– 1,6)

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).



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

Линейное увеличение температуры за 86 лет в широтной зоне 60–85° с.ш. составило 2,06 °C. 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.

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).

Временные ряды пространственно-осредненных аномалий средней за летний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60 – 85° с.ш. представлены на рис. 1.2.3, а для районов арктических морей на рис. 1.2.4.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за летний сезон 1936 – 2021 гг. показала наличие статистически значимого (на 5% уровне значимости) положительного линейного тренда как для широтных зон к северу и югу от 70° с.ш., так и для СПО в целом (табл.1.2.6). Повышение температуры летнего сезона в этих широтных зонах составило +1,29, +1,38 и +1,29 °C за 86 лет.



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 °С/10 лет; *D*–вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды

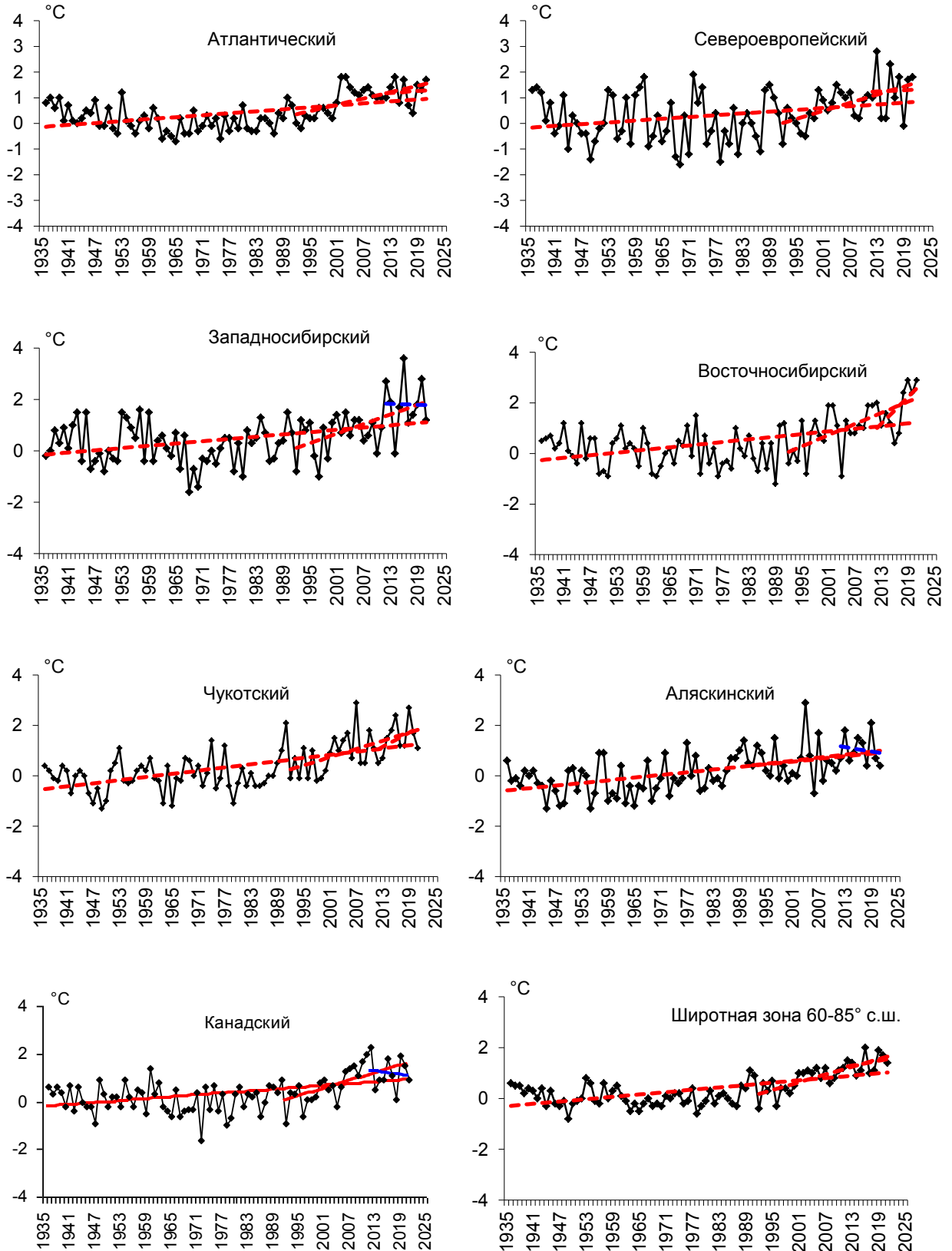


Рис. 1.2.3. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °С

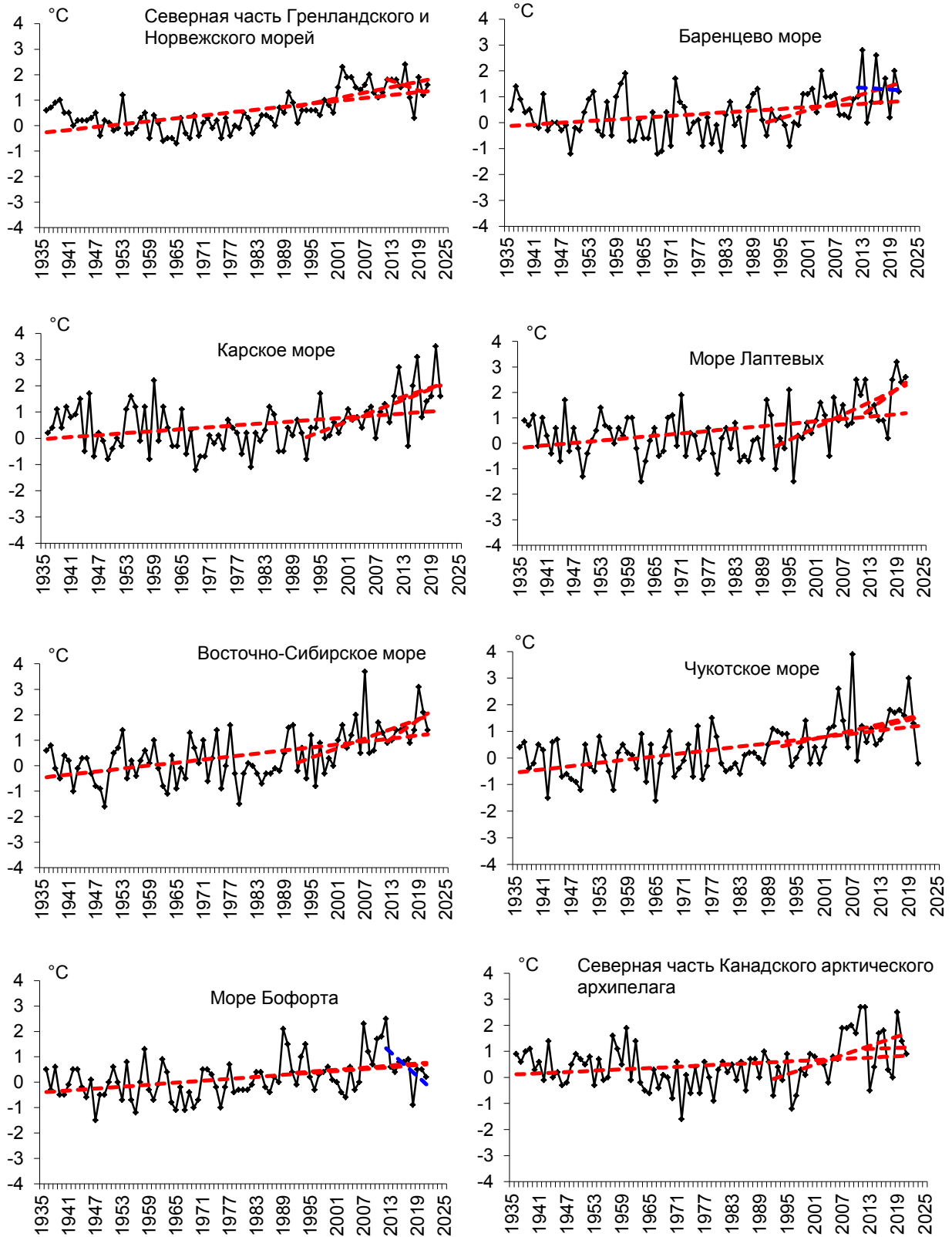


Рис. 1.2.4. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °C



Таблица 1.2.6

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

Район, широтная зона	1936-2021		1992-2021		2012-2021	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,13	49,6	0,41	62,0	0,12	7,3
Североевропейский	0,12	30,3	0,52	55,9	0,09	2,8
Западносибирский	0,15	39,2	0,62	54,6	-0,07	1,9
Восточносибирский	0,18	47,0	0,72	65,0	1,68	57,7
Чукотский	0,21	60,1	0,54	58,5	0,93	40,6
Аляскинский	0,18	54,1	0,20	22,5	-0,28	14,1
Канадский	0,13	45,2	0,54	62,1	-0,22	10,0
70 – 85° с.ш.	0,15	58,3	0,50	73,2	0,15	8,3
60 – 70° с.ш.	0,16	64,8	0,49	79,4	0,48	40,2
60 – 85° с.ш.	0,15	63,6	0,51	79,8	0,32	25,1

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1992 – 2021 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах в летней температуре характерны статистически значимые (на 5% уровне значимости) положительные тренды. Повышение температуры в целом по региону составляет 1,53 °C за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры воздуха Восточносибирского района. Значение линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха в здесь составляет 2,16 °C/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде отмечается появление отрицательного тренда в изменениях температуры воздуха Западносибирского, Аляскинского и Канадского районов. Однако значения тренда статистически незначимы. В целом по региону знак тренда в температуре летнего сезона положителен.

В районах арктических морей наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха наблюдается с последнего 30-ти летнего периода. В районе Карского моря, моря Лаптевых а также в северной части Канадского района значения линейного тренда соответственно составили 1,62, 1,74 и 1,62 °C/30 лет (табл.1.2.7). В последнем десятилетнем периоде наблюдается появление разнонаправленных статистически значимых линейных трендов в районе Чукотского моря и моря Бофорта.



Таблица 1.2.7

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

Море, часть моря	1936-2021		1992-2021		2012-2021	
	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,19	63,2	0,36	51,1	-0,63	33,5
Баренцево море	0,11	32,4	0,52	52,9	-0,12	3,7
Карское море	0,12	34,0	0,68	62,3	0,58	15,6
Море Лаптевых	0,16	39,4	0,83	65,0	1,33	41,2
Восточно-Сибирское море	0,08	24,7	0,60	51,2	0,06	1,7
Чукотское море	0,15	58,3	0,50	73,2	0,15	8,3
Море Бофорта	0,20	51,5	0,63	57,7	1,22	55,8
Северная часть Канадского района	0,20	53,7	0,40	35,7	0,42	14,4

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

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО проводится по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За теплый сезон принят период с июня по сентябрь (преимущественно выпадают жидкие осадки).

В целом для СПО осадков в теплом сезоне 2021 г. выпало 99,1% от нормы. К югу от 70° с.ш. осадков выпало около нормы, 100,1%, а к северу — 104,5% от нормы (табл.1.2.8). Наименьшее количество осадков выпало в восточной части азиатского и западной части североамериканского секторов. Так, в Восточносибирском и Канадском районах около 90% от нормы. Более обильные осадки наблюдались в Атлантическом (110,5%) и Североевропейском (104,8%) районах.

Таблица 1.2.8

Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков теплого сезона 2021 г.

Клим. район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	110,5	1964 (120,5)	1968 (75,2)
Североевропейский	104,8	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	100,7	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	90,4	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	93,1	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	90,8	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	89,9	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60 – 70°с.ш.	100,1	1954 (115%)	1968 (88%)
70 – 85°с.ш.	104,5	1989 (127%)	1998 (84%)
60 – 85°с.ш.	99,1	1954 (117%)	1980 (90%)



В табл. 1.2.9 приведены оценки изменения сумм осадков теплого сезона за весь период (с 1936 по 2021 гг.) по северным (70 – 85° с.ш.) и южным (60 – 70° с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рис. 1.2.5 временные ряды сумм осадков теплого сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

Таблица 1.2.9

Коэффициенты линейного тренда сумм осадков теплого сезона за весь период и за последнее 30-летие

Район, широтная зона	Вх	% от нормы	D	Вх	% от нормы	D
	1936 – 2021			1992 – 2021		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	-0,69	-1,6	5,7	5,12	4,1	14,0
Скандинавия и север ЕТР	2,82	9,9	24,1	7,58	9,2	19,0
Западная Сибирь	-0,86	-3,0	7,3	4,22	5,1	10,9
Восточная Сибирь	-0,80	-3,9	11,3	-9,26	-15,9	42,8
Чукотка	-0,39	-2,1	3,9	-0,83	-1,5	3,1
Аляскинский (южная часть)	-0,69	-3,0	4,5	6,91	10,6	19,1
Канадский (южная часть)	1,80	10,5	26,7	-2,84	-5,8	12,6
60 – 70° с.ш.	0,21	0,8	4,4	1,56	2,1	11,3
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	1,52	10,6	14,8	10,46	25,5	36,1
Баренцево море	-0,45	-2,5	4,4	4,12	8,0	21,1
Карское море	-0,52	-3,6	5,9	9,71	23,5	33,2
Море Лаптевых	-3,37	-22,9	35,7	-4,31	-10,2	21,0
Восточно-Сибирское море	-5,90	-43,4	51,4	-9,93	-25,5	41,8
Чукотское море	-4,63	-30,7	33,9	-7,31	-16,9	22,1
Море Бофорта	1,01	9,8	13,3	-0,19	-0,6	1,0
Канадский (северная часть)	0,59	7,7	11,0	-2,20	-10,0	12,9
70 – 85° с.ш.	-0,73	-5,5	17,9	2,50	6,6	30,0
Атлантический	-0,12	-0,4	1,4	6,88	7,2	28,1
Североевропейский	1,30	5,3	15,3	6,26	8,9	22,3
Западносибирский	-0,90	-4,0	11,7	6,55	10,1	24,8
Восточносибирский	-1,56	-8,6	24,8	-7,34	-14,1	39,8
Чукотский	-2,15	-12,4	25,4	-3,55	-7,1	15,8
Аляскинский	-1,95	-9,6	15,3	-6,00	-10,3	21,8
Канадский	1,25	9,2	26,7	-2,67	-6,8	17,1
60 – 85° с.ш.	-0,57	-2,7	16,5	0,07	0,1	0,7

Примечание: Первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет;
Второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднесезонного значения за 1961-90 гг.;
Третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%;
Жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды

В межгодовых изменениях осадков теплого сезона за период 1936 – 2021 гг. сохраняется тенденция к уменьшению жидких осадков в целом по региону (на 2,7 % от нормы 1961 – 1990 гг.) и к северу от 70° с.ш. (на 5,5 % от нормы). Статистически значимый (на 5-% уровне значимости) тренд осадков теплого сезона обнаруживается только в Канадском районе (1,25 мм за 10 лет).

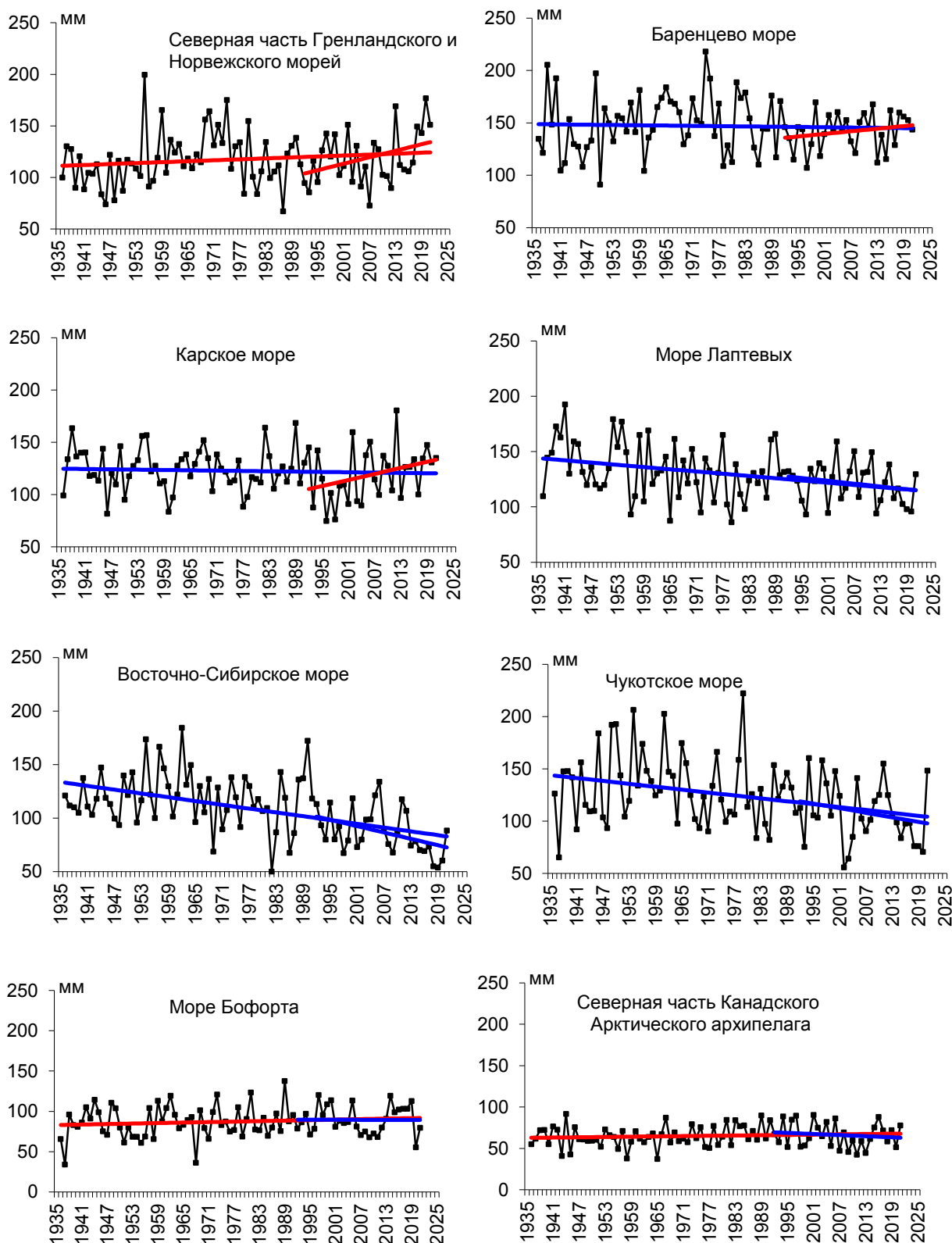


Рис. 1.2.5. Временные ряды сумм осадков холодного сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

В арктических морях за весь период наблюдений, за исключением северной части Гренландского и Норвежского морей, а также моря Бофорта, преобладает тенденция к



уменьшению количества осадков. Более всего уменьшилось количество выпавших осадков в морях евразийского сектора. Уменьшение сумм осадков составило здесь от 3 (Баренцево море) до 43 (Восточно-Сибирское море) % от нормы.

В последнем 30-летнем периоде в отдельных широтных зонах появилась тенденция к росту количества жидких осадков. Главным образом за счет увеличения жидких осадков в Североевропейском и Западносибирском районах. Однако значения линейных трендов в этих районах статистически не значимы.



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2021 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле-сентябре 2021 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 СИГРИДЗ 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).



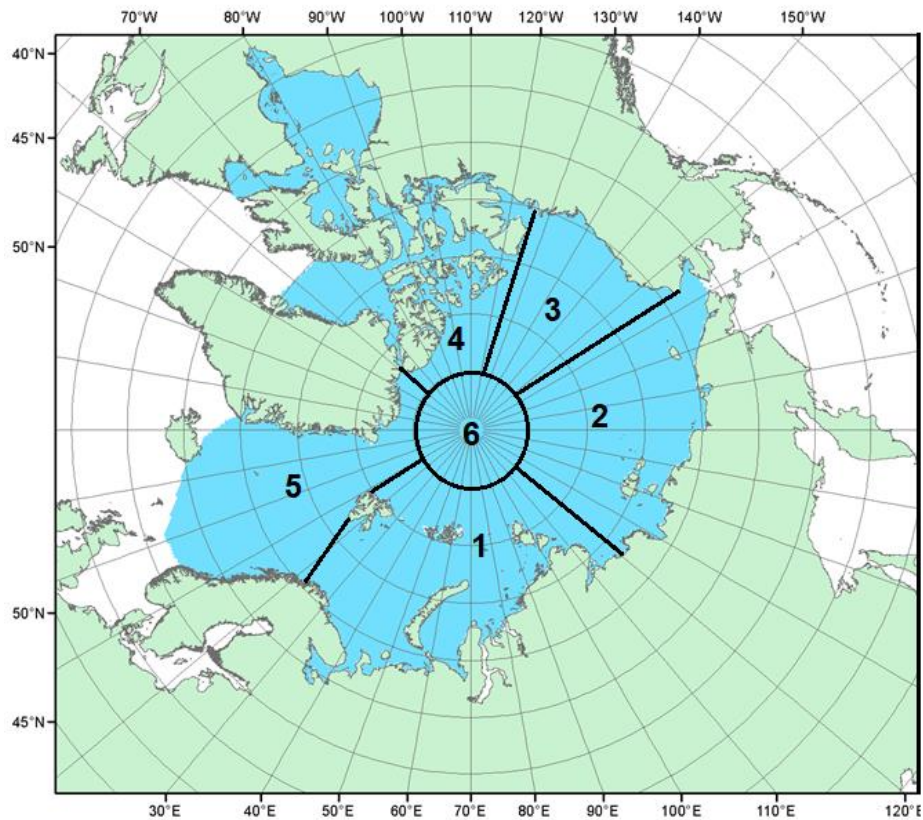
Для получения оценок ледовитости на основе данных спутниковых систем пассивного микроволнового зондирования SSMR-SSM/I-SSMIS в МЦД МЛ ААНИИ принята следующая технология расчетов:

- источник данных – архивные и 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 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 показаны границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.



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

Рис. 2.1. Квазиоднородные районы, выделенные в Северном Ледовитом океане

В конце второго квартала 2021 г. наблюдалось быстрое очищение всех окраинных морей российского сектора Арктики, от Баренцева до Чукотского. Во всех российских арктических морях сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости. В третьей декаде июня аномалии ледовитости в морях составили: в Баренцевом – 22%, в юго-западной части Карского — – 24%, в западной части Лаптевых — – 41%, в западной части Восточно-Сибирского моря — – 17%, в Чукотском — – 26%. 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.

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%. Молодые льды в разрежениях и полыньях вдоль берегов составляли оставшуюся площадь.

Основными очагами очищения служили: северо-восточная часть Баренцева и юго-западная часть Карского морей, заприпайный район Новосибирских островов и большое разрежение, которое сформировалось в юго-восточной части Чукотского моря (рис. 2.2).

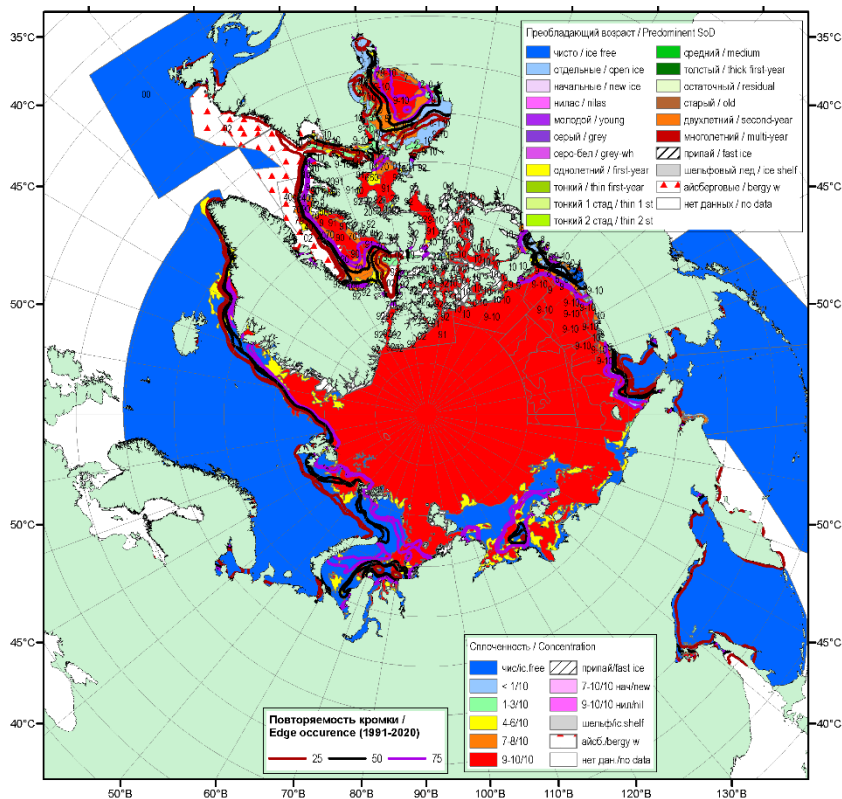


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 28.06.2021 – 06.07.2021 гг., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

Общее количество льдов в СЛО в июне, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составила 11505,8 млн. км², что оказалось на 2,5% меньше среднееголетнего значения по ряду с 1978 – 2020 гг. Количество льдов, наблюдавшихся в СЛО в конце июня 2021 г., оказалось по величине очень близким к среднему значению за десятилетний период 2011-2020 гг. и даже несколько превосходило его, особенно в секторе 95°E – 170°W (моря Лаптевых, Чукотское, Берингово и Охотское).

В целом же при сравнении площади ледяного покрова в СЛО со средними значениями за длинный ряд наблюдений с 1978 по 2020 гг. можно констатировать, что отрицательная аномалия общей площади льда — 2,5%, сформировалась главным образом за счет морей Баренцева, Карского и Лаптевых.

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

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным грациям за каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль – сентябрь 2021 г. приведены на рисунках 2.3 – 2.11.

В июле продолжалось интенсивное очищение морей западного района российского

сектора Арктики (Баренцева, юго-западной части Карского, Лаптевых) и юго-восточной части Чукотского моря. К концу июля на большей части акватории этих морей наблюдались обширные пространства редких льдов и чистой воды. Аномалии ледовитости в этих морях составляли – 20... – 70%. Значительно медленнее процессы таяния развивались в северо-восточной части Карского и Восточно-Сибирского морях.

Припай в российских арктических морях практически полностью разрушился во второй декаде июля, что произошло в среднем на 5 – 10 суток раньше среднемноголетних сроков. Припай среди островов Канадского арктического архипелага в течение июля начал частично разрушаться, но сохранялся до конца июля (рис. 2.3).

Вынос однолетних толстых и старых льдов из СЛО через пролив Фрама был близок к среднемноголетнему значению по ширине ледового потока и скоростям дрейфа (рис. 2.3). В возрастном составе льда наблюдалось дальнейшее сокращение количества однолетних толстых льдов в окраинных морях. Небольшие локальные полосы и пятна старых льдов сохранялись в северной части Чукотского моря.

Обширная область дрейфующих старых льдов наблюдалась в море Бофорта. Дрейфующие льды в море Бофорта были практически вплотную прижаты к побережью полуострова Аляска (рис. 2.4).

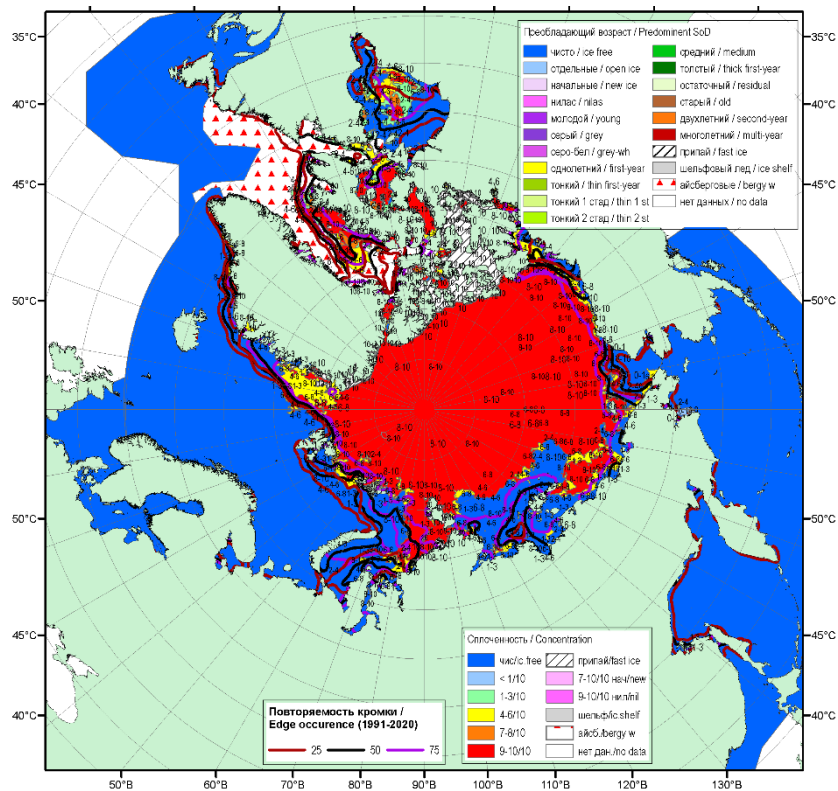


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 15–20.07.2021 г., составленная на основе ледового анализа АНИИ, КЛС и НЛС США

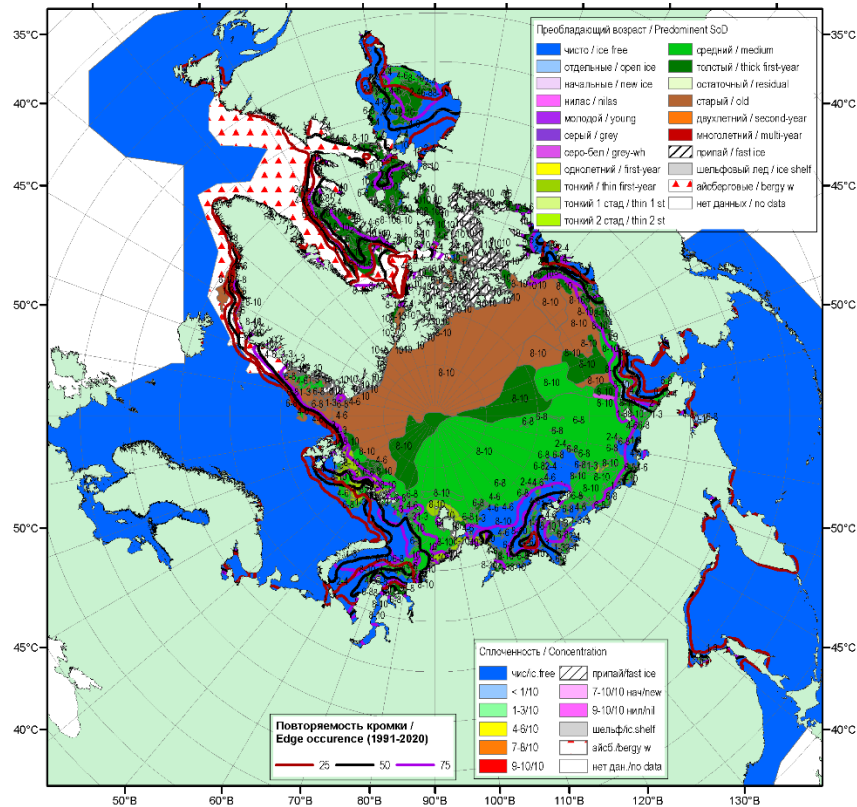


Рис. 2.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 15–20.07.2021 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛЦ США

Среднемесячное поле дрейфа ледяного покрова приведено на рис. 2.5. Трансарктический перенос льда был развит очень слабо. Перенос начинался в северной части морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, далее проходил через приполюсный район со смещением стрежня к юго-западу и выносил льды в пролив Фрама. Средние скорости дрейфа составляли около 5 км/сут.

Канадский антициклонический круговорот получил более выраженное развитие и наблюдался в виде вихря с центром над морем Бофорта. Интенсивность и скорости дрейфа в Канадском антициклоническом круговороте были также невелики и составляли около 5 км/сут (рис. 2.5).

Скорость дрейфа льда за июль 2021

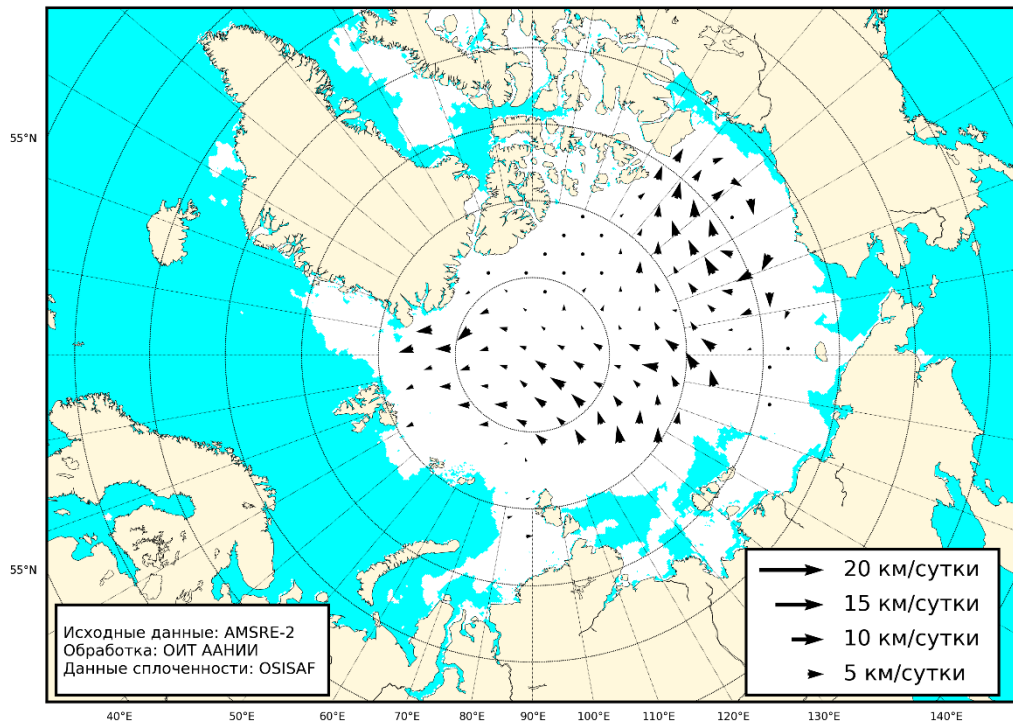


Рис. 2.5. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в июле 2021 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В течение августа продолжалось интенсивное сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом океане и его морях. Уменьшение площади льдов происходило в основном за счет их разрушения в окраинных морях российского сектора Арктики. Началось разряжение льдов в прибрежных частях морей Восточно-Сибирского и Бофорта. В середине августа все окраинные моря западного района российского сектора Арктики практически полностью очистилась ото льда. В морях восточного района российского сектора Арктики (Восточно-Сибирском, Чукотском) и Бофорта наоборот сохранялось большое количество разреженных и сплоченных льдов.

В морях Баренцевом, Карском и Лаптевых сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости, составляющие от -25 до -55% . Граница отступления дрейфующих льдов в морях Баренцевом и Лаптевых в августе 2021 г. занимала аномально высокое северное положение. Южная граница массива дрейфующих льдов сместился за северную границу российских арктических морей, и только в северо-восточной части Карского и восточной части Восточно-Сибирского морей наблюдались обширные зоны льдов различной сплоченности, соединенные с массивом льдов СЛО. В середине августа произошло полное разрушение припая в районе островов Канадского



арктического архипелага (рис. 2.6).

Возрастной состав льдов в СЛО и его морях сохранился. Старые льды наблюдались в гренландском, канадском и аляскинском секторах Арктики, а также в приполюсном районе Арктики. Оставшиеся льды представляли собой однолетние толстый и тонкий лед различной сплоченности и разрушенности. (рис. 2.7).

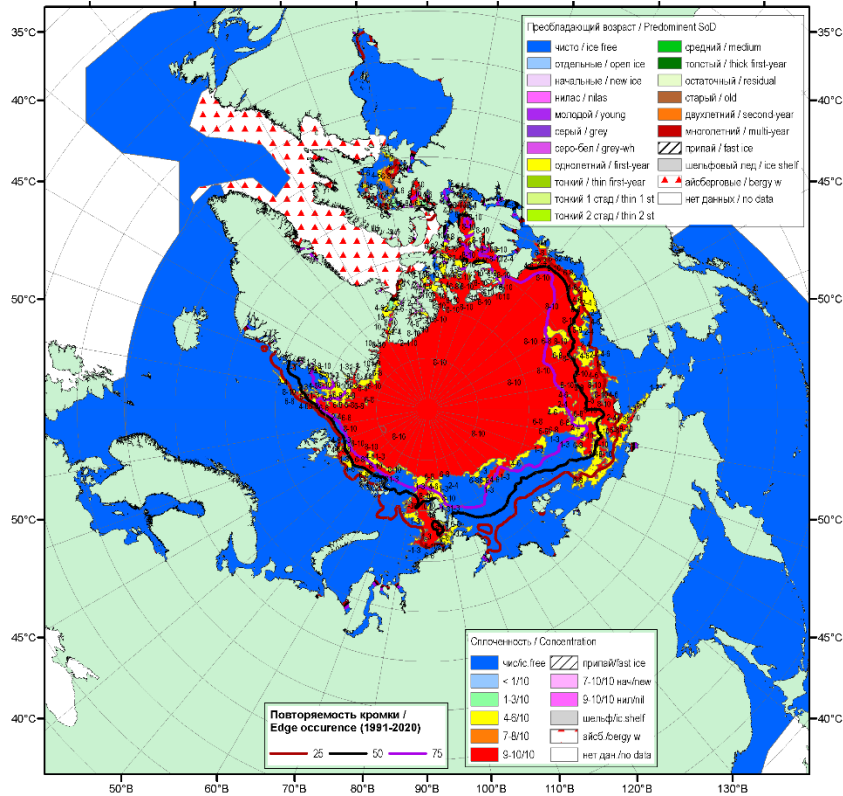


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 19–24.08.2021 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

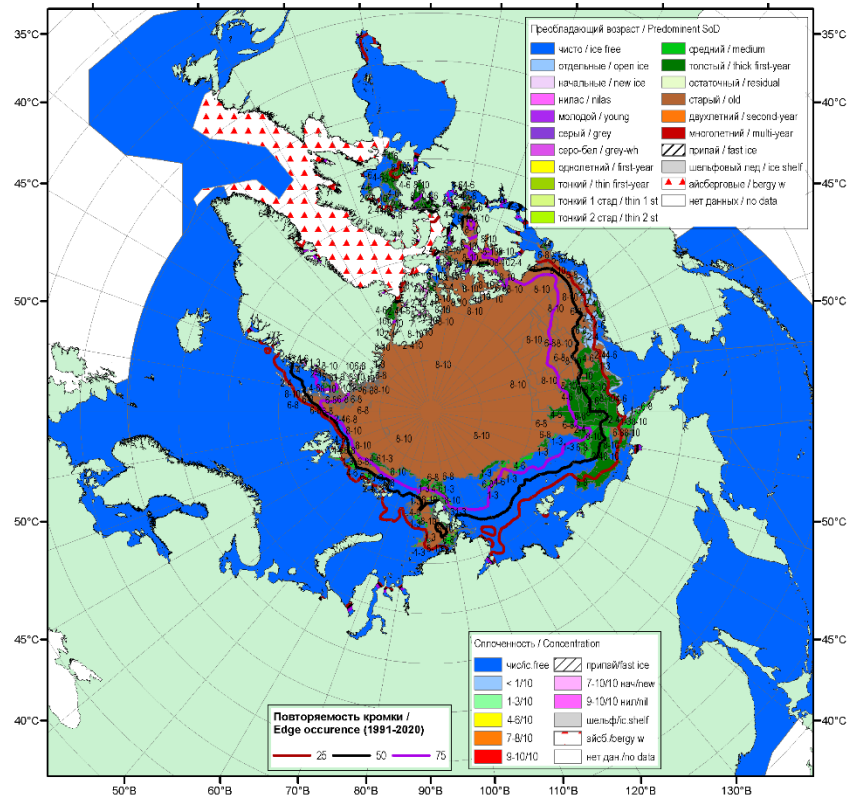


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 19–24.08.2021 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

В августе в поле дрейфа льда произошли существенные изменения. Традиционные структуры дрейфа – Трансарктический перенос льда и Канадский антициклонический круговорот в СЛО не наблюдались. Вместо него сформировался необычный для СЛО хорошо выраженный циклонический вихрь с центром, смещенным к северной границе моря Бофорта.

Сформировавшийся циклонический круговорот выносил льды из моря Бофорта и приносил их к островам Канадского Арктического архипелага и далее через приполюсный район СЛО поток льдов выносился в северную часть морей Восточно-Сибирского и Чукотского. Скорость дрейфа льдов была невелика и составляла не более 5 км/сут (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в августе 2021 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 в конце месяца прекратилось. Среди остаточных льдов к северу от широты 80 – 82°с.ш. начало наблюдаться ледообразование.

В третьей декаде сентября в прикромочной зоне на чистой воде по широкому фронту от моря Баренцева до Бофорта началось ледообразование, что в среднем на 5 – 10 суток позже среднеголетних сроков. Ледообразование во второй половине сентября развивалось медленно. Начальные и молодые льды наблюдались непосредственно в прикромочной зоне остаточных льдов в районе широты 75 – 80 °с.ш. До конца сентября ширина полосы начальных и молодых льдов не превышала 50 – 100 км. Таким образом, характерной чертой начала осеннего ледообразования 2021 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 северо – восточной части Карского, восточной части Восточно-Сибирского морей. Остаточные льды сохранились также среди островов Канадского арктического архипелага (рис. 2.9).

В сентябре 2021 г. был обновлен минимум положения границы остаточных льдов в Гренландском, Баренцевом морях и западной части моря Лаптевых (рис. 2.10).

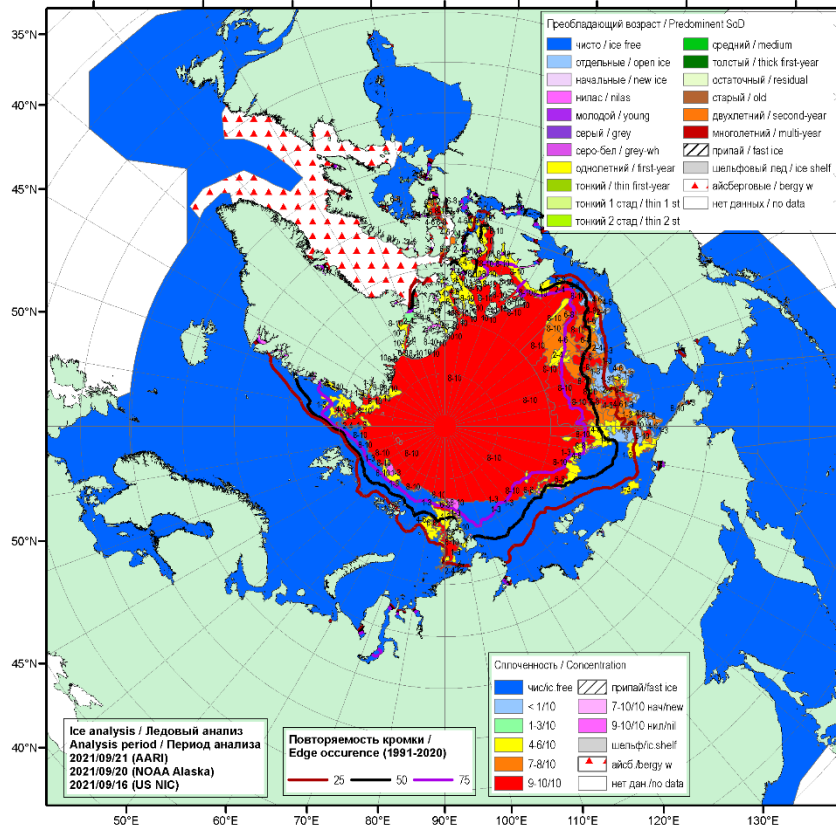


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 19–24.09.2021 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛС США

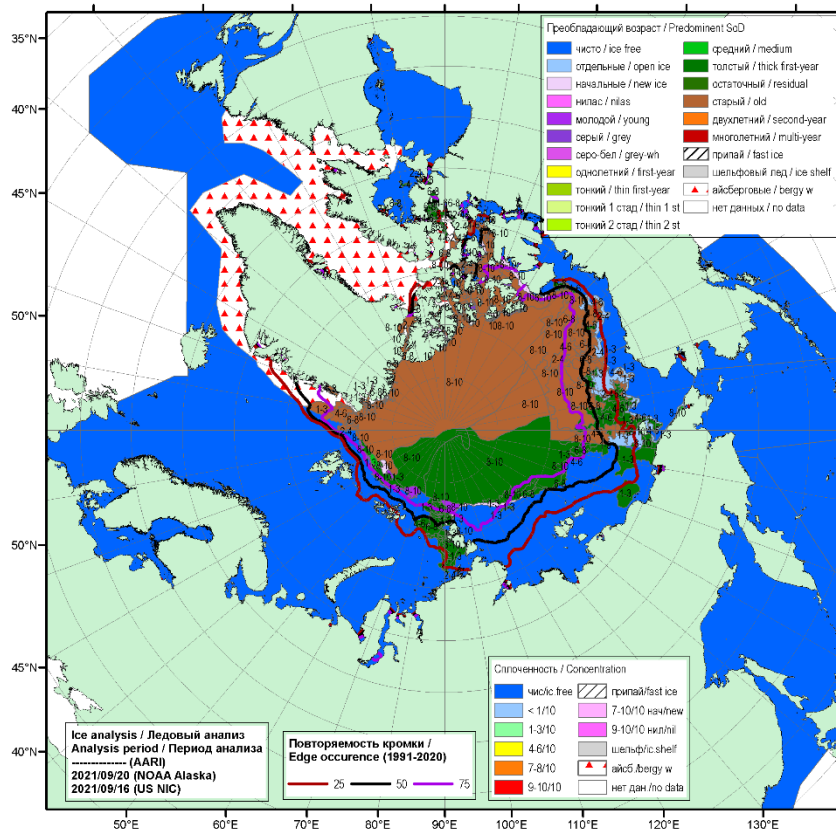


Рис. 2.10. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 16–20.09.2021 г., составленная на основе ледового анализа КЛС и НЛС США

Дрейф ледяного покрова в сентябре приведен на рисунке 2.11. В сентябре сформировался слабо выраженный Трансарктический перенос льдов, который начинался к северу от моря Лаптевых и через приполюсный район выносил льды к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама. Вместо Канадского антициклонического круговорота сформировался слабо выраженный перенос льдов из северной части моря Бофорта в северную часть Восточно-Сибирского моря. Этот перенос приводил к постоянному увеличению остаточных льдов в восточной части Восточно-Сибирского моря и распространению их в прибрежной части Восточно-Сибирского моря и даже вдоль чукотского побережья. Скорости дрейфа ледяного покрова были незначительными и составили менее 5 км/сут (рис. 2.11).

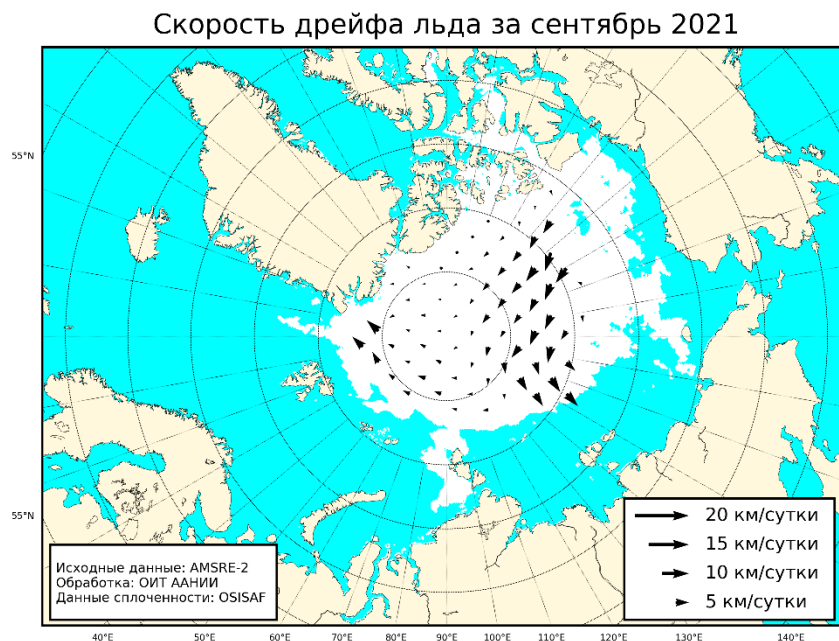


Рис. 2.11. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в сентябре 2021 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

По модельным оценкам Датского метеорологического института объем морского льда в период его максимального сокращения в середине сентября составил около 6 тыс. км³, что на 1 тыс. км³ (около 15%) меньше среднееголетнего значения. Расчетный объем льдов в СЛО в сентябре 2021 г. занял 4 место в ранге минимумов, превышая значения 2017, 2019 и 2020 гг. (рис. 2.12).

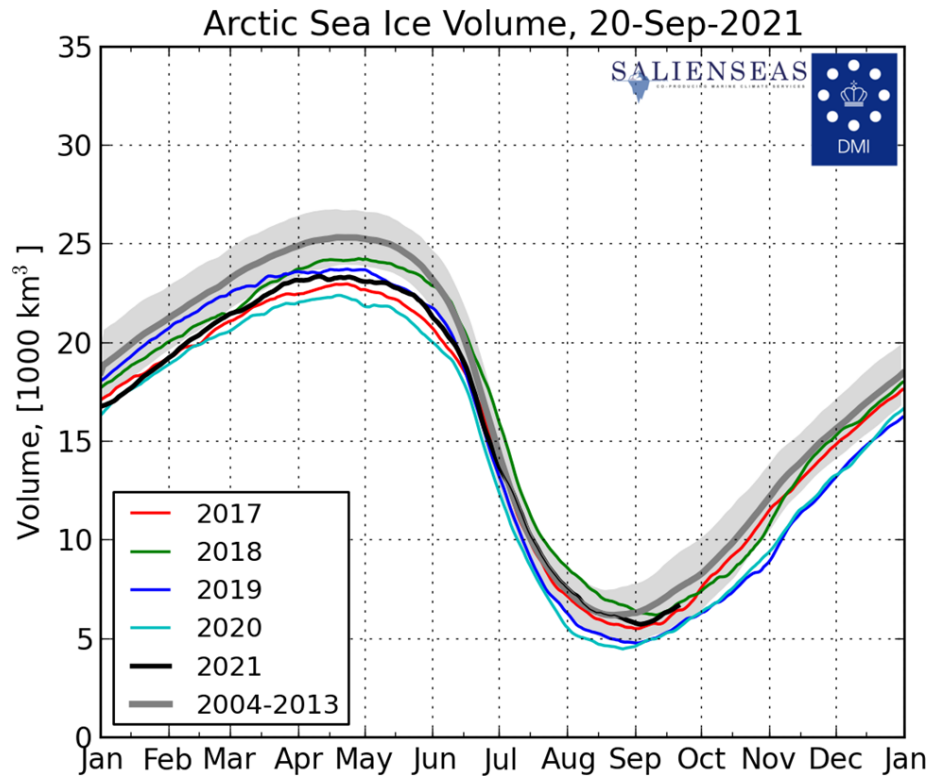


Рис. 2.12. Ежедневные оценки сезонного хода объема морского льда в СЛО на основе расчетов средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана НУСOM/CICE Датского метеорологического института с 01.01.2004 по 20.09.2021 гг.

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября (на 13 – 19 сентября) 2021 г. составила 4,67 млн. км² при норме 6,1 млн. км², что на 23% меньше среднемноголетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО оказались на 1,43 млн. км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978 – 2021 гг.). По площади остаточного льда 2021 г. стал восьмым по рангу минимумов в группе легких лет (на середину сентября). Оценка среднемесячного значения площади льдов в СЛО за сентябрь дает значение млн. км², и ставит 2021 год на 12 место по рангу минимумов.

Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на середине сентября, а также сравнение со значениями ледовитости ряда лет, начиная с 2016 г., приведены в таблице 2.1.

На рисунке 2.13 приведены ежедневные оценки сезонного хода площади льдов для Северного Ледовитого океана и его отдельных секторов за период с 26.10.1978 по 21.09.2021 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 – 2021 гг.). Малая ледовитость СЛО в 2021 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 в летний сезон превышала среднемноголетнее значение (норма за 1978 – 2021 гг.).

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

Сектор	S, тыс, км ²	Аномалии, тыс, км ² /%						
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2011 – 2021гг.	1978 – 2021гг.
Северный Ледовитый океан	4666,7	371,4	35,3	109,2	555,9	992,0	288,8	-1170,8
Сектор 45°W – 95°E (Гренландское – Карское моря)	937,3	-208,3	-102,4	-46,5	-214,3	69,4	-138,6	-452,6
Сектор 95°E – 170°W (моря Лаптевых – Чукотское, Берингово, Охотское)	1371,8	102,2	-136,7	132,6	354,4	590,7	167,6	-532,8
Сектор 170°W – 45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	2834,1	943,0	693,9	353,8	725,1	449,4	570,9	132,7

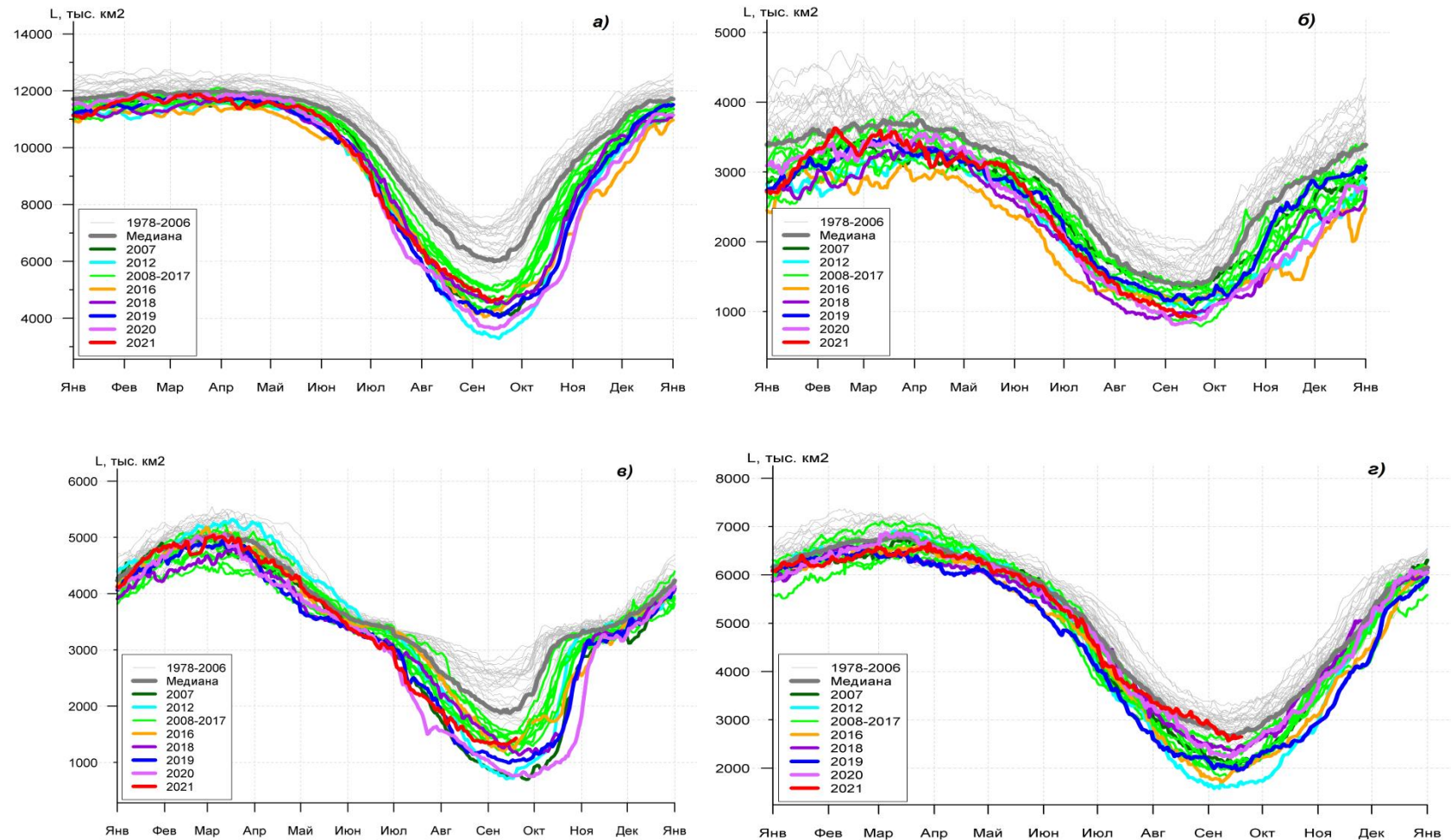


Рис. 2.13 Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) – для Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов б) – $45^{\circ}\text{W} - 95^{\circ}\text{E}$ (Гренландское – Карское моря), в) – $95^{\circ}\text{E} - 170^{\circ}\text{W}$ (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) – $170^{\circ}\text{W} - 45^{\circ}\text{W}$ (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

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в третьем квартале 2021 г. выполнен на основании данных, полученных в ходе проведения экспедиции («Арктика – 2021») на НЭС «Академик Трешников» в период с 5 августа по 6 сентября 2021 года.

На рисунке 3.1.1 показана схема работ в экспедиции «Арктика – 2021».

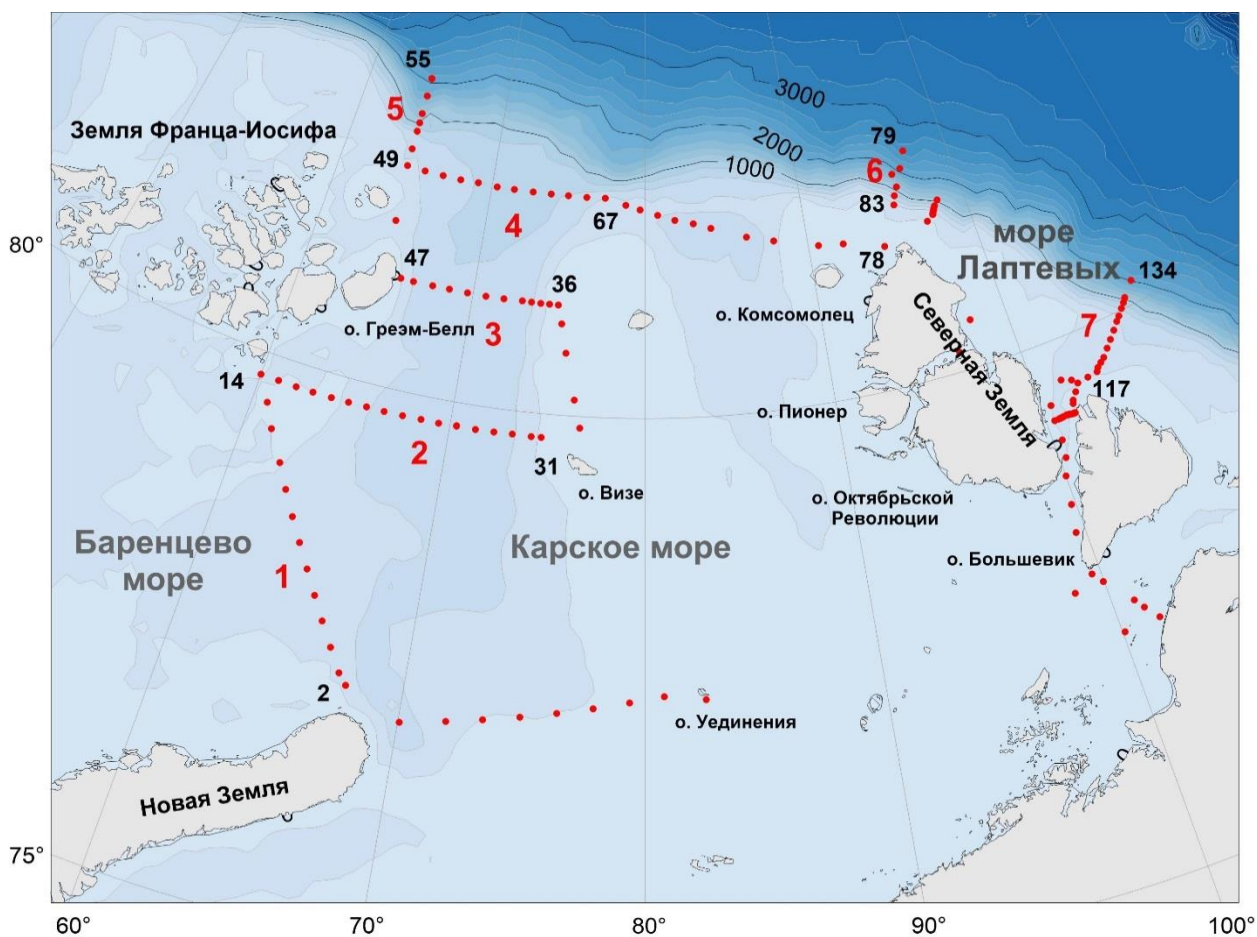


Рисунок 3.1.1 – Схема работ в экспедиции «Арктика – 2021»

Красными кружками отмечены океанографические станции, черными цифрами – граничные станции океанографических разрезов, красными цифрами – номера океанографических разрезов

Разрез № 1 выполнен на границе Баренцева и Карского морей и демонстрирует особенности распространения двух ветвей теплой атлантической водной массы (АВ). По мере продвижения по желобу Святой Анны (Карское море) часть струи фрамовской АВ



затекает в Баренцево море и прослеживается на станциях №№ 5 – 10 разреза № 1, расположенном на траверзе м. Желания (Новая Земля) — о.Сальм (Земля Франца-Иосифа) (рисунок 3.1.2). Максимальные значения температуры и солености в ядре фрамовской ветви АВ составили 1,3° С и 34,82 psu соответственно. По данным экспедиции «Арктический плавучий университет – 2013» максимальные значения температуры и солености в ядре фрамовской ветви АВ на данном разрезе составили 1,43 °С и 34,9 psu соответственно.

В юго-восточной части разреза у побережья Новой Земли ниже поверхностного теплого слоя залегают воды со средней температурой около $-0,4..-0,1$ °С и соленостью, возрастающей ко дну до 34,83 psu. Данные воды принадлежат к баренцевоморской ветви АВ, температура которых опустилась ниже нуля градусов в результате теплоотдачи в окружающие слои по мере продвижения по Баренцеву морю. Попадая в желоб Святой Анны, баренцевоморская ветвь АВ, обладая большей плотностью по сравнению с окружающими водами за счет более высоких значений солености и низких температур, опускается в придонные слои и вытекает в Арктический бассейн вдоль восточного склона желоба.

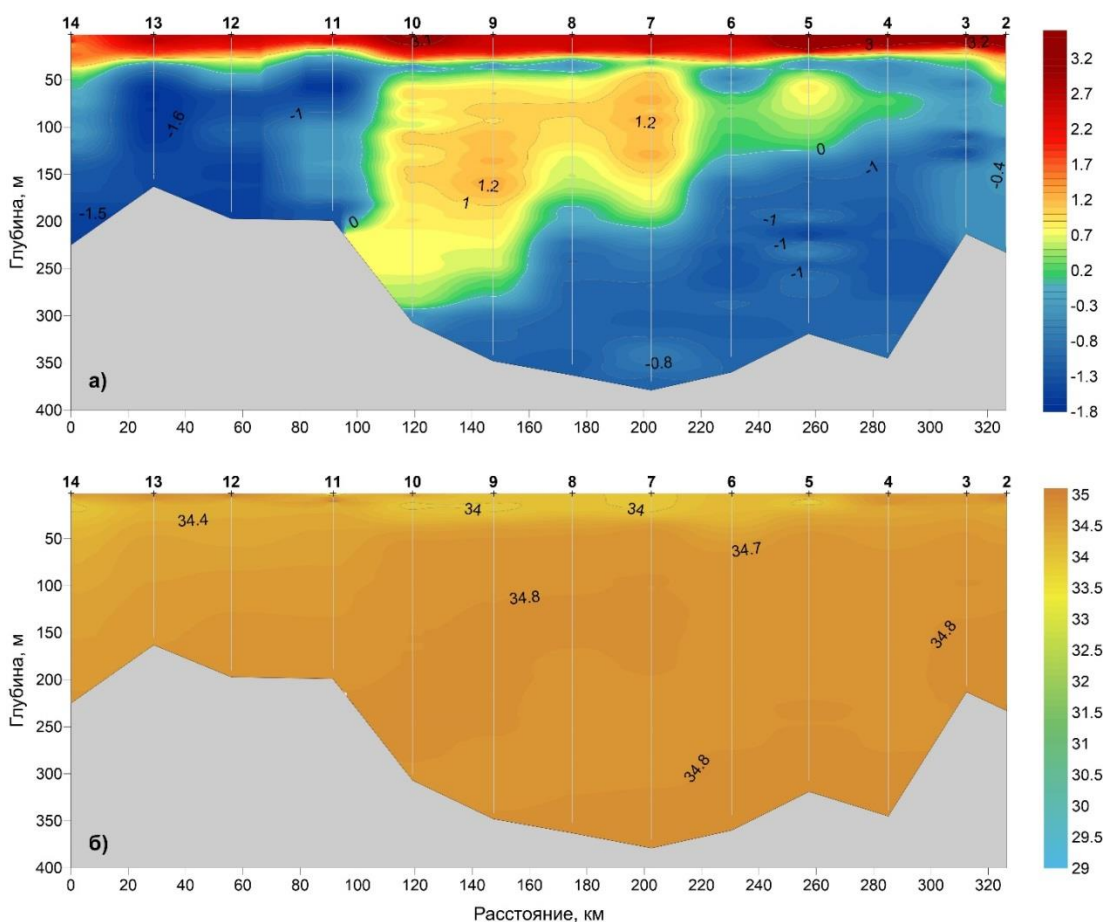


Рисунок 3.1.2 – Распределение температуры (а) и солености (б) на разрезе №1



Разрез № 2 выполнен в центральной части желоба Святой Анны. На разрезе № 2 (станция № 20) максимальная температура АВ составила 1,81 °С на глубине 72 м в слое с соленостью 34,77 psu (рисунок 3.1.3). По данным экспедиции «Арктический плавучий университет» в 2013 году ядро АВ с максимальной температурой 2,2 °С залегало на данном разрезе на глубине 138 м в слое с соленостью 34,9 psu.

В придонных слоях в центральной и восточной частях желоба Святой Анны залегает уже достаточно остывшая с температурами ниже нуля градусов баренцевоморская ветвь АВ, характеризующаяся значениями солености, превышающими 34,8 psu. Данная водная масса приходит в этот район из Баренцева моря и вследствие более низких температур и высокой солености по сравнению с окружающими водами опускается в придонные горизонты желоба Святой Анны, располагаясь под более теплой фрамовской ветвью АВ.

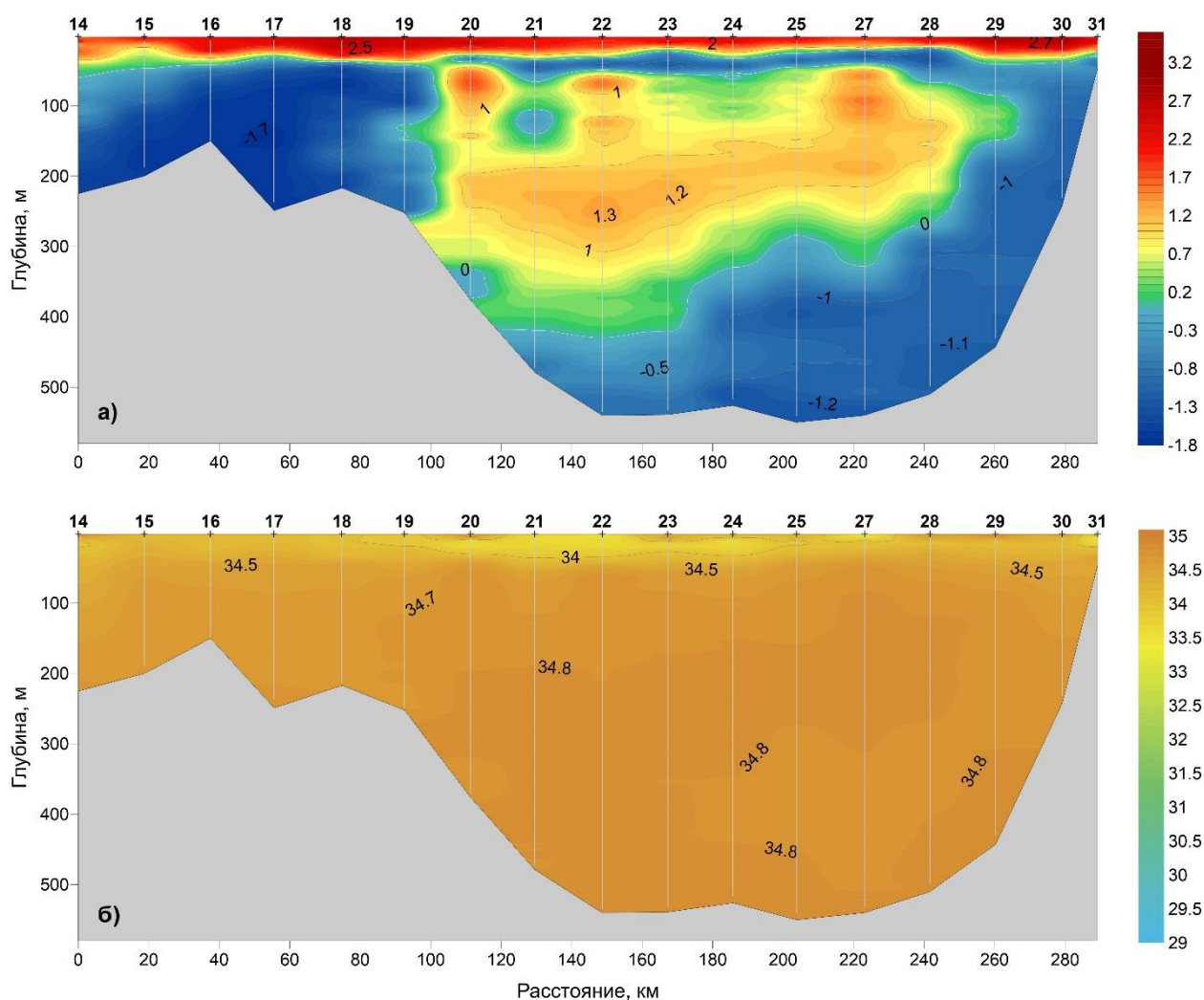


Рисунок 3.1.3 – Распределение температуры (а) и солености (б) на разрезе №2

Разрез №5 расположен поперек континентального склона к северу от архипелага «Земля Франца-Иосифа» на пути распространения основных струй фрамовской ветви АВ. Максимальная температура в ядре АВ наблюдалась на станции № 51 и составила 1,92 °С на глубине 142 м и соленостью 34,85 psu (рисунок 3.1.4). Для сравнения по данным экспедиции «Трансарктика – 2019. Этап 1» максимальная температура АВ на разрезе, близкому по расположению к разрезу №5, составила 2,52 °С на глубине 140 м в слое с соленостью 34,92 psu.

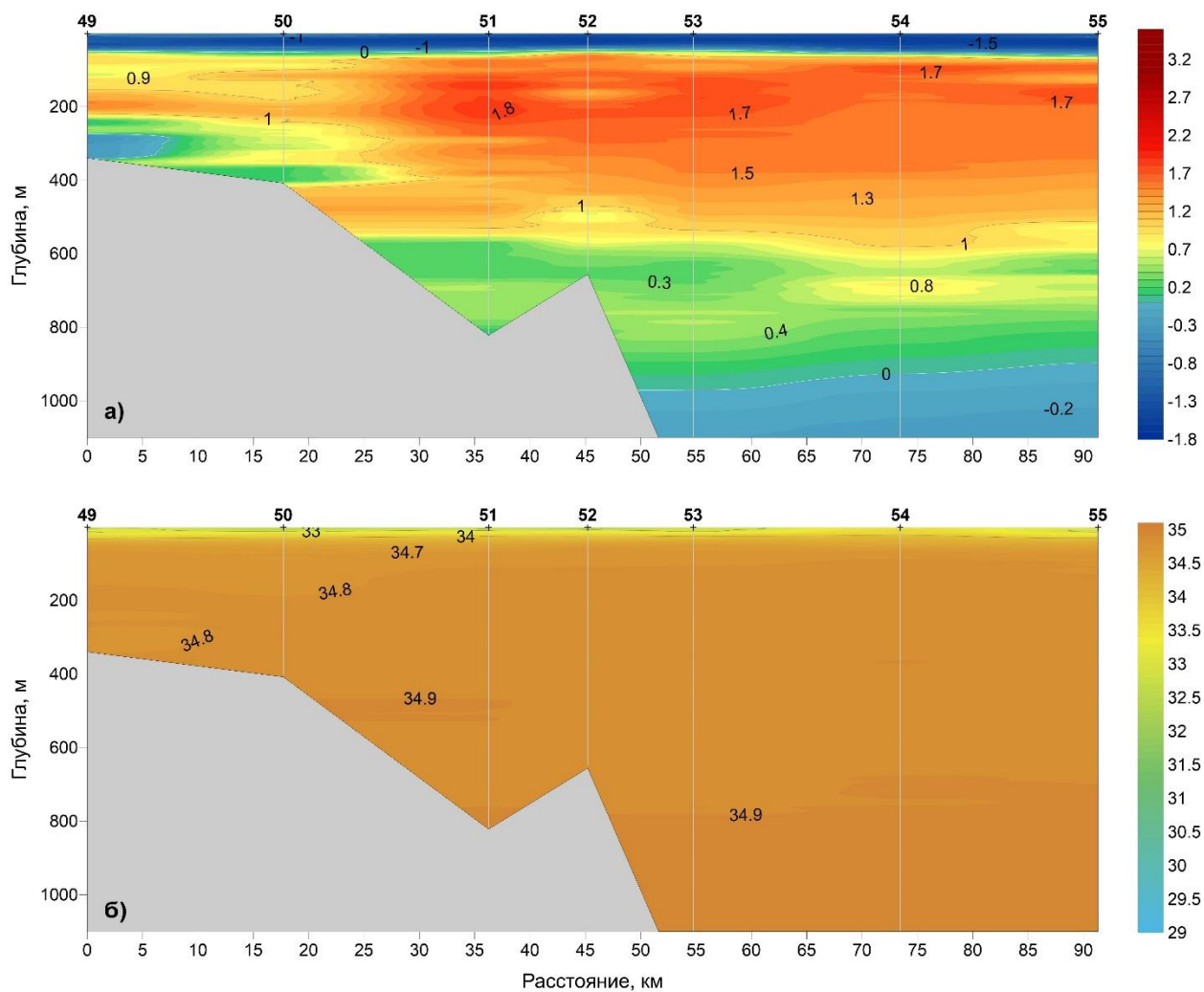


Рисунок 3.1.4 – Распределение температуры (а) и солености (б) на разрезе №5

Разрез №6 расположен поперек континентального склона к северу от мыс Арктический (Северная Земля). Наибольшая температура АВ наблюдалась в центральной и северной частях разреза и составила 2,19 °С и 2,20 °С соответственно на глубине около 160 м в слое с соленостью 34,87 psu (рисунок 3.1.5). Максимальное заглубление нижней границы АВ наблюдалось на самой северной станции разреза (№ 79) и составило 875 м. Толщина слоя АВ составила 800 м.



По данным экспедиции «NABOS/CATS» в 2018 г. максимальная температура АВ на данном разрезе достигла 2,58 °С на глубине 110 – 120 м. А максимальная толщина слоя АВ составила почти 900 м.

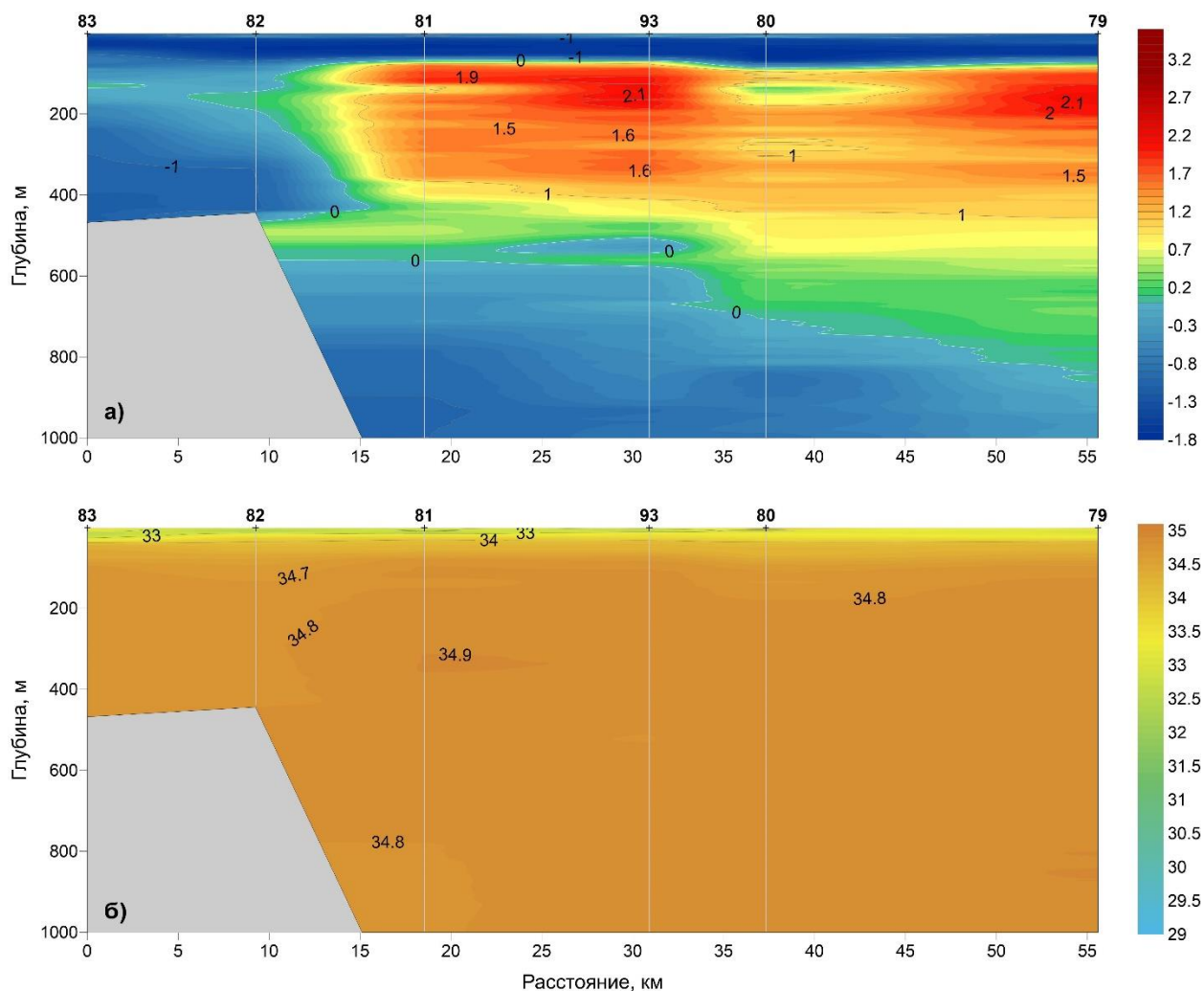


Рисунок 3.1.5 – Распределение температуры (а) и солёности (б) на разрезе №6

По данным экспедиции «Арктика – 2021» в сентябре 2021 года наибольшие значения температуры теплых атлантических вод были ниже по сравнению с данными экспедиционных наблюдений в 2018 и 2019 гг. Так на границе Баренцева и Карского морей максимальная температура АВ была ниже на 0,13 °С, в южной части желоба Святой Анны – на 0,39 °С, в районе континентального склона к северу от архипелага «Земля Франца-Иосифа», к северу от мыса Арктического (Северная Земля) на 0,6 °С и 0,38 °С соответственно. Выявленное значительное понижение максимальной температуры АВ в 2021 г. зафиксировано впервые за последние несколько десятилетий.



3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 2021 года составлена по данным четырехсрочных и восьмисрочных 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 июль – сентябрь 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
Попова (быв. о. Белый)	73° 20' N	70° 03' 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

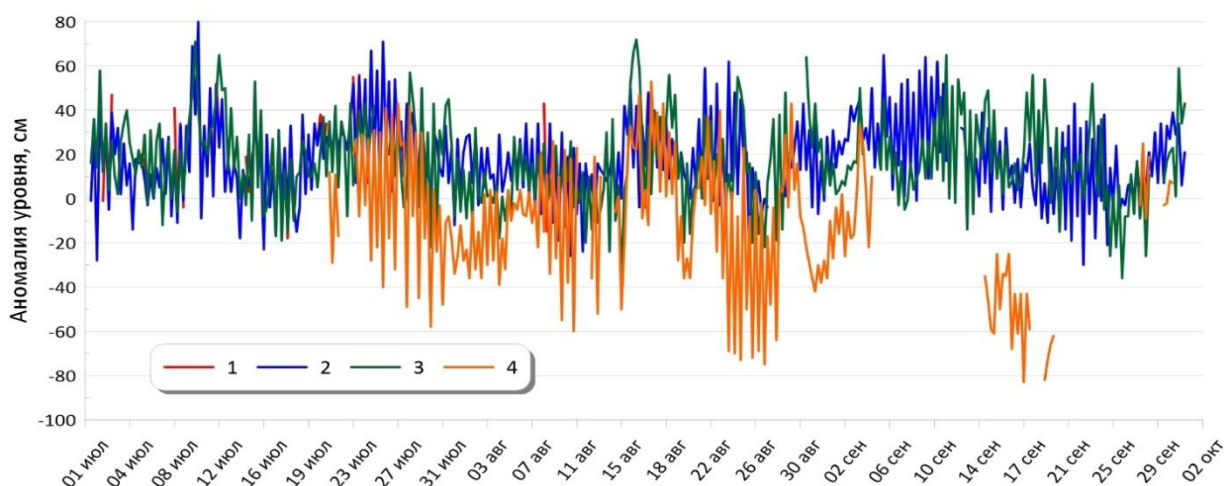


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2021 г.

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

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

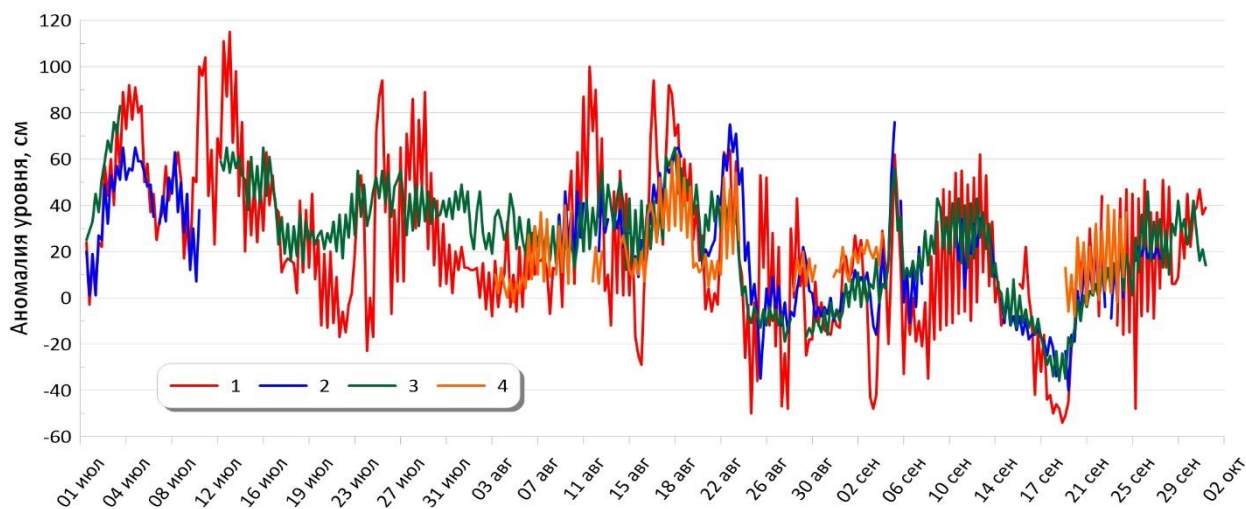


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в июле – сентябре 2021 г.

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

Средние аномалии уровня в июле месяце достигали здесь +20 см, в августе и сентябре они были несколько ниже. Минимальное значение уровня моря (–36 см) наблюдалось на станции Усть-Кара 14 августа и 25 сентября.

Максимум уровня моря был отмечен на станции им. Е.К. Фёдорова (мыс Большой Болванский Нос) 10 июля и составил +80 см. На станции Амдерма в 3 квартале 2021 года измерения уровня моря носили очень обрывочный характер, и их нельзя считать достаточными для анализа. На станции Попова (быв. о. Белый) непрерывные измерения проводились только в августе. Аномалия среднемесячного уровня здесь составила –10 см.

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 с июля по сентябрь наблюдалось плавное опускание средних значений уровня моря. Для станций Сопочная Карга и о. Диксон среднее значение аномалии уровня в июле достигало +40 см, в августе на всех станциях оно достигало значений около +20 см, а в сентябре опустилось до +10 см и ниже. Во второй декаде августа на всех станциях северо-востока Карского моря наблюдались сильные нагонные явления. На станции Сопочная Карга 11 августа уровень моря поднялся до +100 см, на станции Мыс Стерлегова – до +75 см, на других станциях – выше +60 см.



Таблица 3.2.2

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

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский Нос)	h_{cp} (см)	20	15	19
	σ_h (см)	20	18	20
	h_{min} (см)	- 28	- 26	- 30
	Дата	1	10, 25	22
	h_{max} (см)	80	62	65
	Дата	10	23	5
	Амдерма	h_{cp} (см)	-	-
σ_h (см)		-	-	-
h_{min} (см)		-	-	-
Дата		-	-	-
h_{max} (см)		-	-	-
Дата		-	-	-
Усть – Кара		h_{cp} (см)	21	13
	σ_h (см)	19	21	20
	h_{min} (см)	- 22	- 36	- 36
	Дата	29	14	25
	h_{max} (см)	71	72	65
	Дата	9	15	10
	Попова (быв. о. Белый)	h_{cp} (см)	-	- 10
σ_h (см)		-	29	-
h_{min} (см)		-	- 75	-
Дата		-	26	-
h_{max} (см)		-	53	-
Дата		-	17	-

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

На станции Новый Порт (Обская Губа) (рис. 3.2.3, табл. 3.2.3) в течение практически всего рассматриваемого периода наблюдались значения уровня моря выше среднеголетних. Наибольший средний уровень отмечается в августе (+34 см). При этом максимальное значение аномалии уровня здесь наблюдалось 30 июля и составило +67 см.

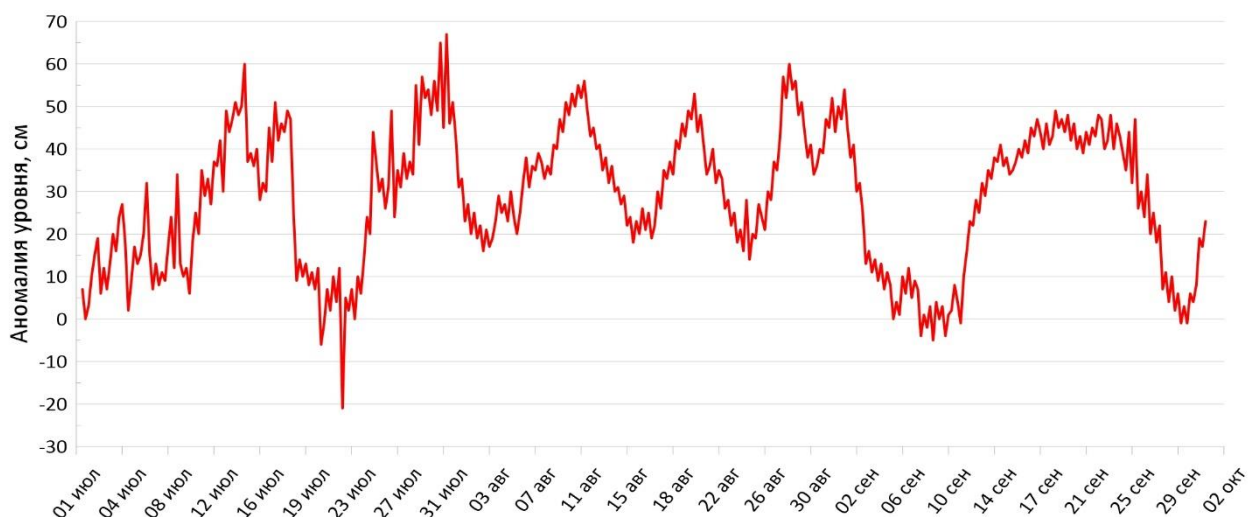


Рис. 3.2.3. Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в июле – сентябре 2021 г.

Таблица 3.2.3

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

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
Новый Порт (Обская губа)	h_{cp} (см)	26	34	25
	σ_h (см)	18	11	17
	h_{min} (см)	-21	14	-5
	Дата	22	24	8
	h_{max} (см)	67	60	54
	Дата	30	27	1
о. Диксон	h_{cp} (см)	42	23	11
	σ_h (см)	14	21	20
	h_{min} (см)	15	-19	-36
	Дата	18	27	18
	h_{max} (см)	83	65	56
	Дата	3	18	5
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	40	19	7
	σ_h (см)	31	32	30
	h_{min} (см)	-23	-50	-54
	Дата	24	24	19
	h_{max} (см)	115	100	62
	Дата	12	11	5,12
м. Стерлегова	h_{cp} (см)	–	23	5
	σ_h (см)	–	25	20
	h_{min} (см)	–	-35	-40
	Дата	–	25	19
	h_{max} (см)	–	75	76
	Дата	–	22	5
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{cp} (см)	–	20	–
	σ_h (см)	–	15	–
	h_{min} (см)	–	-2	–
	Дата	–	5	–
	h_{max} (см)	–	62	–
	Дата	–	18	–

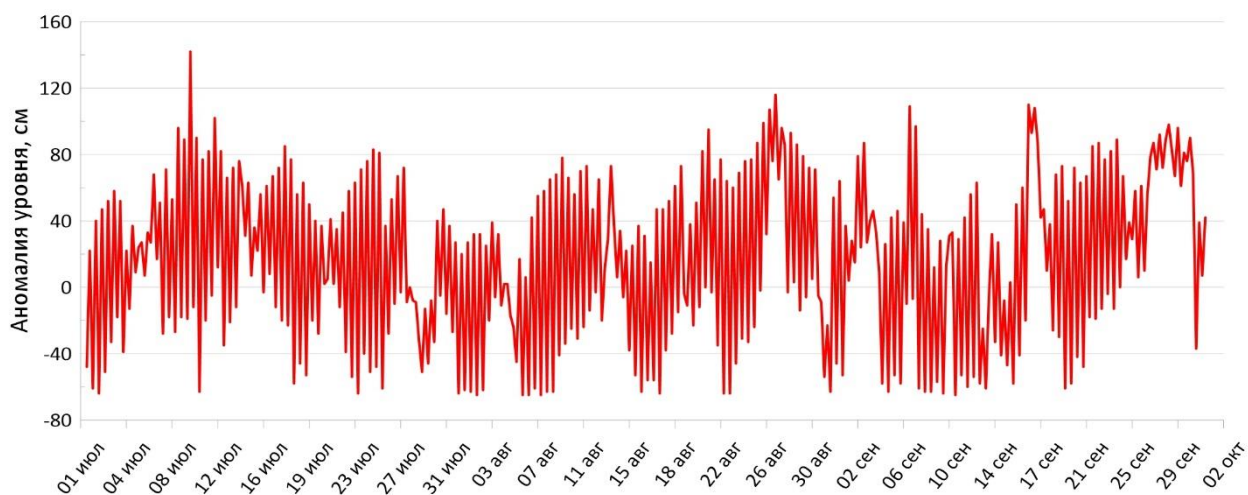


Рис. 3.2.4 Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в июле – сентябре 2021 г.

Таблица 3.2.4

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в июле – сентябре 2021 г.

Станция	Хар – ки	Месяц		
		Июль	Август	Сентябрь
Анабар	hcp (см)	16	14	23
	σh (см)	47	51	52
	hmin (см)	-64	-65	-65
	Дата	2, 23, 31	2, 5, 6, 7	10
	hmax (см)	142	116	110
	Дата	9	26	16
м. Кигилях	hcp (см)	11	9	10
	σh (см)	9	11	11
	hmin (см)	-17	-17	-27
	Дата	31	1	24
	hmax (см)	28	41	31
	Дата	23, 29	10	6, 16
пр. Санникова	hcp (см)	25	12	-5
	σh (см)	20	16	14
	hmin (см)	-19	-26	-28
	Дата	5	31	10, 23, 29
	hmax (см)	63	58	43
	Дата	12	13	6, 30
о. Котельный	hcp (см)	24	25	18
	σh (см)	29	21	21
	hmin (см)	-45	-12	-25
	Дата	28	12	11
	hmax (см)	74	70	56
	Дата	18	13	26

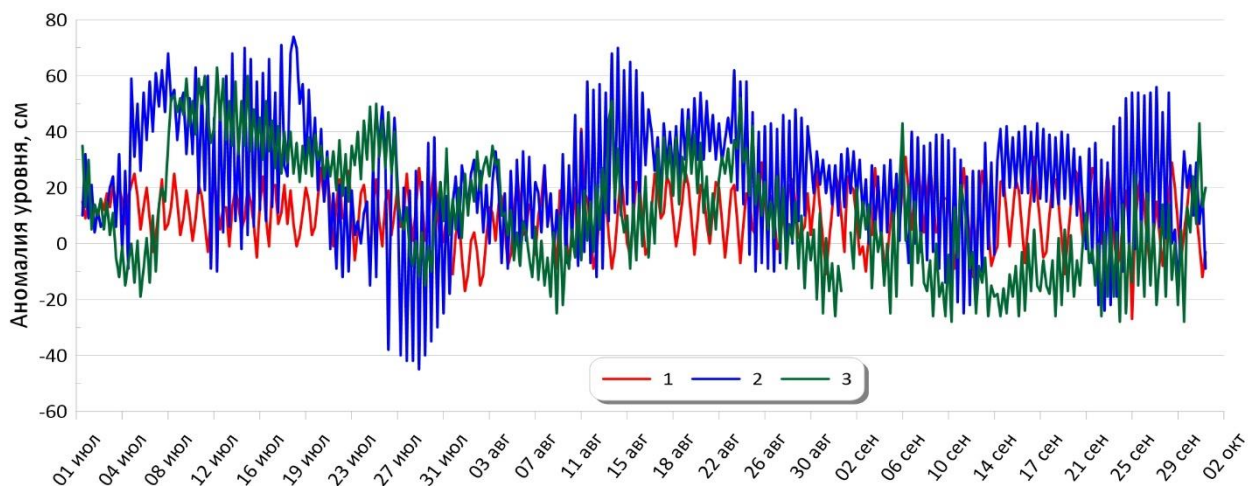


Рис. 3.2.5. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле – сентябре 2021 г.

(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) колебания уровня моря происходили на повышенном фоне. Стоит отметить довольно высокую амплитуду колебаний в течение всего рассматриваемого периода (стандартное отклонение около 50 см). Самое большое положительное значение аномалии уровня наблюдалось 9 июля и составило +142 см.

На востоке моря Лаптевых (рис. 3.2.5, табл. 3.2.4) по данным станции о. Котельный в июле и августе средняя аномалия уровня имела значение около +25 см. В сентябре уровень опустился до +12 см. На станции пр. Санникова в июле, как и на станции о. Котельный аномалия уровня моря была равна +25 см. Но в августе и сентябре уровень моря опустился значительно ниже, чем на соседней станции и к сентябрю его значение упало ниже среднегодового (–5 см).

На станции мыс Кигилях (рис. 3.2.5, табл. 3.2.4) в течение всего квартала уровень моря колебался около средней отметки +10 см, и существенных подъёмов или опусканий уровенной поверхности здесь не происходило.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в третьем 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 3 квартале 2021г.

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с июля по сентябрь 2021 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 H_s для этих морей приведены в таблицах 3.3.1 – 3.3.5.

Как видно из таблицы 3.3.1, в третьем квартале 2021г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Самыми штормовыми месяцами стали сентябрь и июль. Максимальная высота волн в этот период составила более 5,5 м в сентябре (4 сентября на 18 ч) и более 5,0 м в июле (1 и 2 июля).

Таблица 3.3.1

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

Месяц	Высота волн, м					
	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6
Июль	–	10	11	6	2	2
Август	–	14	11	5	1	–
Сентябрь	–	6	9	9	3	3
Итого	–	30	31	20	6	5



На рисунке 3.3.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря 4 сентября 2021 г. на 18 ч.

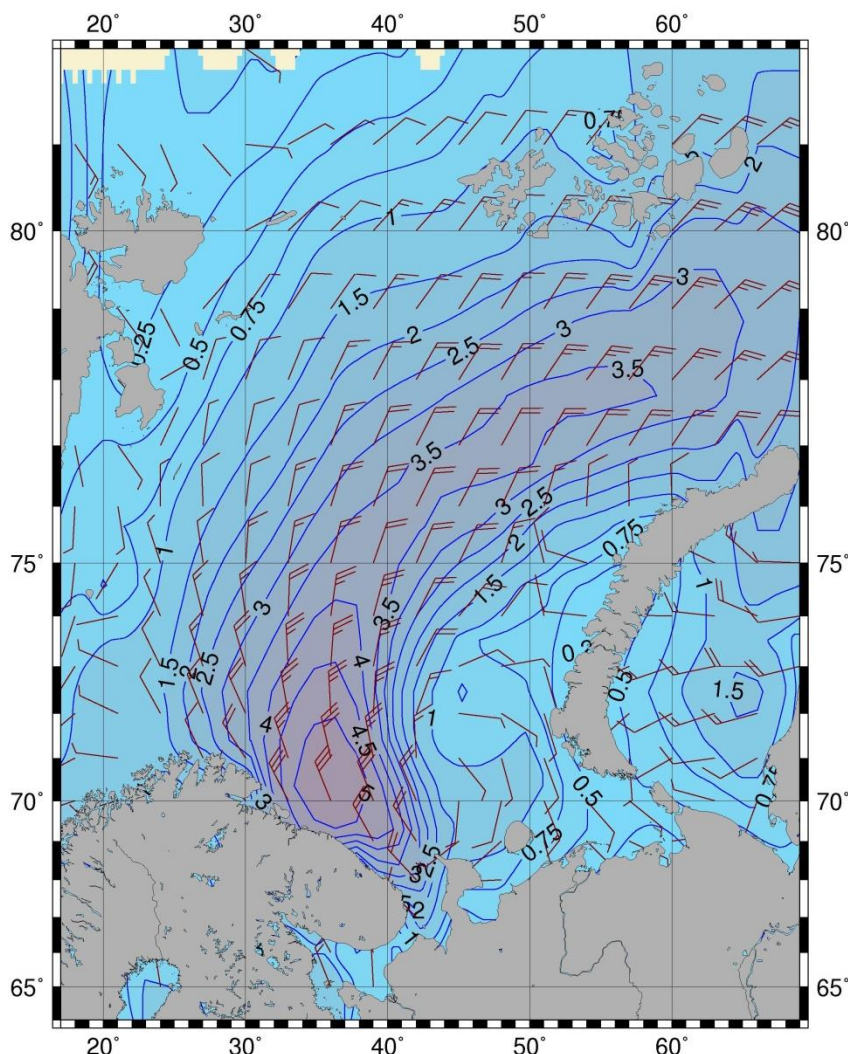


Рисунок 3.4.1 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 4 сентября 2021 г.

В Карском море (табл. 3.3.2) в третьем квартале 2021 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн более 3,5 м была рассчитана 5 сентября на 12 ч и 5 июля на 00 и 06 ч. В конце сентября Карское море почти полностью очистилось ото льда (за исключением небольшого района в восточной части у берегов арх. Северная Земля). В это время граница области чистой воды в Карском доходила до 84° с.ш. На рисунке 3.3.2, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Карского моря на 06 ч 5 июля 2021 г.



Таблица 3.3.2

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Карском море
в третьем квартале 2021 г.**

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	2	14	12	3
Август	2	16	13	–
Сентябрь	1	10	11	8
Итого	5	40	36	11

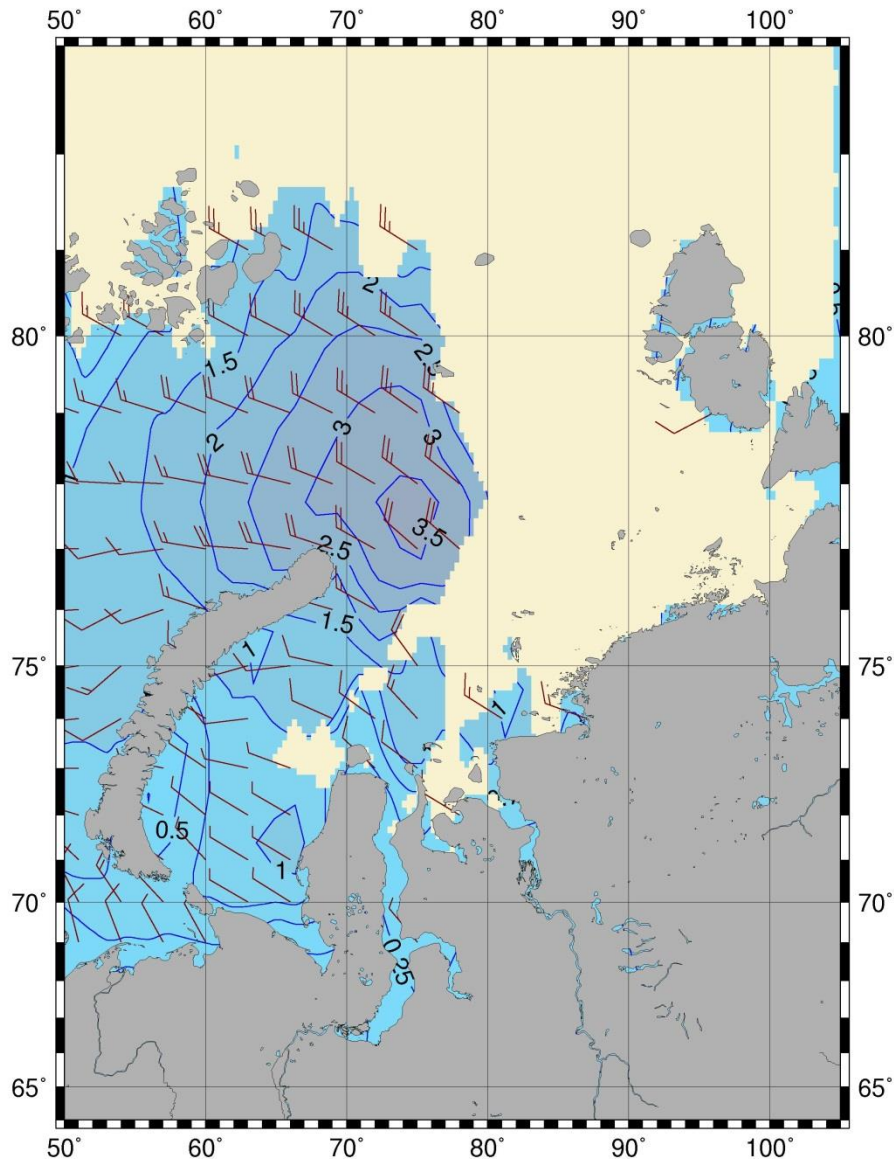


Рис. 3.3.2 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Карском море на 06 ч UTC 5 июля 2021 г.

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



Как видно из таблиц, в море Лаптевых преобладало волнение от 2 до 3 м, в Восточно-Сибирском море и Чукотском море от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем в море Лаптевых и в Восточно-Сибирском море стал сентябрь, а в Чукотском море – август.

Наибольшая расчетная высота волны в море Лаптевых составила 3,5 – 4,0 м (с 5 по 8 сентября, 25 июля и 13 августа). Наибольшая расчетная высота волны в Восточно-Сибирском море составила 4,5 – 5,0 м (7 сентября на 12 и 18 ч.). Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила 3,5 – 4,0 м (6 августа на 18 ч.).

Таблица 3.3.3

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

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	–	12	15	4
Август	–	15	13	3
Сентябрь	–	9	14	7
Итого	–	36	42	14

Таблица 3.3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2021 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	–	22	9	–	–
Август	1	13	17	–	–
Сентябрь	–	13	12	3	2
Итого	1	48	38	3	2

Таблица 3.3.5

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

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	3	16	11	1
Август	1	14	11	5
Сентябрь	1	15	11	3
Итого	5	45	33	9

Море Лаптевых полностью освободилось ото льда в начале августа. Граница области чистой воды в море Лаптевых дошла в августе до 83°с.ш. и сохранялась на этой широте до середины сентября.



Восточно-Сибирское море в третьем квартале не полностью освободилось ото льда. В конце сентября в восточной части моря оставался лед. Граница области чистой воды в начале сентября в Восточно-Сибирском море доходила до 78° с.ш..

Чукотское море к концу августа было открыто до 72° с.ш., а в течение сентября граница области чистой воды менялась от 72 до 75° с.ш.

На рисунке 3.3.3, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s для морей восточной Арктики на 12 ч UTC 07 сентября 2021 г.

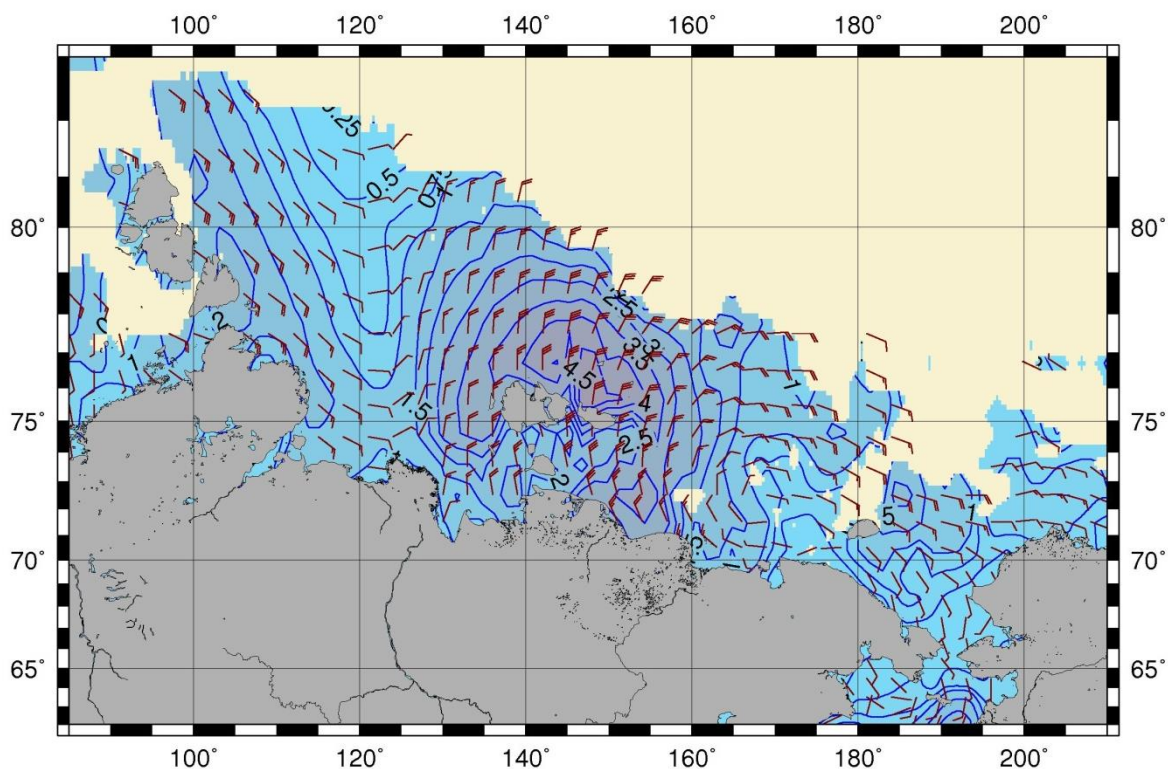


Рис. 3.3.3 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях восточной Арктики на 12 ч UTC 07 сентября 2021 г.