

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

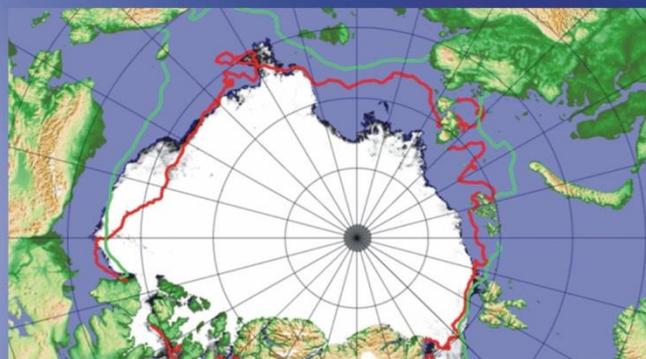


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2018



**СОДЕРЖАНИЕ**

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Метеорологические условия в Северной полярной области в июле-сентябре 2018г.....	4
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области.....	17
2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2018 года.....	27
3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 3 квартале 2018 г.....	41
3.1. Термохалинные условия	41
3.2 Уровень арктических морей	44
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей в 3 квартале 2018 г.....	51



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в третьем квартале (июль-сентябрь) 2018 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательной сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, ледовой базы «Мыс Баранова», проектов ВМО и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и международных проектов российскими и зарубежными организациями. Обзор продолжает серию ежеквартальных обзоров, описывающих развитие метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане в прошедшем квартале текущего года.

В составлении обзора принимали участие ведущие специалисты ФГБУ «АНИИ».

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 к.г.н. Радионов В.Ф.) и долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный – зав. лабораторией к.г.н. Иванов В.В.).

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 спутникового мониторинга, полярных станций системы Росгидромета, экспедиционные наблюдения на судах и дрейфующих станциях и архивные климатические данные. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела ледового режима и прогнозов (ответственные - зав. лабораторией. к.г.н. Юлин А.В., зав. лабораторией. к.г.н. Смоляницкий В.М.).

Гидрологический раздел посвящен описанию гидрологических и гидрохимических условия в Северном Ледовитом океане и его морях. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела океанологии (ответственный – зав. отделом к.ф.-м.н. Фильчук К.В.).

Общее руководство и редакция обзора была выполнена научным руководителем ФГБУ «АНИИ» чл.-кор. РАН, д.г.н. Фроловым И.Е. Подготовку и оформление обзора осуществляли вед. инженер отдела ледового режима и прогнозов Сороко С.О и науч.сотр. Павлова Е.А.

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 в июле-сентябре 2018 г.

1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария

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 2018 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – июнь 2018 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 2018 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за третий квартал 2018 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса (в таблице 1.1) и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземного давления и температуры воздуха и их аномалий.

Таблица. 1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период июль – сентябрь 2018 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	M ₁	M ₂
Число дней	16	18	58	11	57	24
Аномалия	-19	-8	27	-28	17	11

В период июль – сентябрь 2018 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (E) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 27 день и составили 58 дня.

Во втором секторе наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов. Процессы типа M₁ и M₂ составили соответственно 57 и 24 дней, что выше нормы на 17 и 11 дней.

Анализ процессов показал, что в июле-сентябре 2018 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 2018 г. представлен на рисунке 1.1

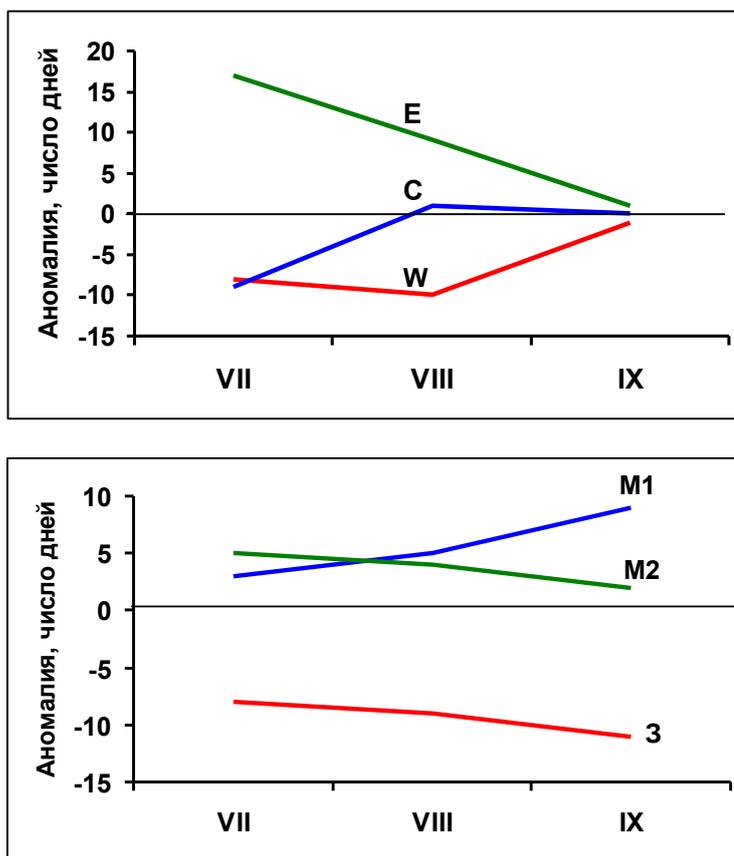


Рис. 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период июль – сентябрь 2018 г.

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 2018 г. выглядит следующим образом:

Июль – $E_{M_2+M_1}$ → Август - $E_{M_1+M_2}$ → Сентябрь - $E_{M_1+M_2}$

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

Тенденции изменения давления от месяца к месяцу в полярном районе представлены на рисунке 1.2 отдельно для европейского и американского секторов Арктики.

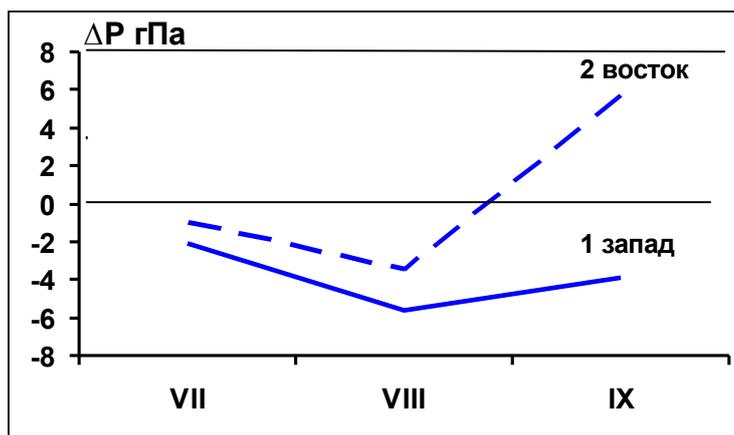


Рис. 1.2. Значения аномалий давления (гПа) в июле-сентябре 2018. европейском (запад) и американском (восток) секторах полярного района Арктики

В первом европейском секторе Арктики под влиянием циклонов Северной Атлантики в период июль-сентябрь отмечался устойчивый фон давления с отрицательными аномалиями давления. Наиболее активная циклоническая деятельность наблюдалась в июле.

Во втором американском секторе Арктики в июле и августе отмечались отрицательных значений аномалий давления. В сентябре сектор находился под устойчивым влиянием гребня антициклона Тихого океана. Фон давления резко повысился от отрицательных до крупных положительных значений аномалий.

Изменения в июле – сентябре 2018 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рисунке 1.3.

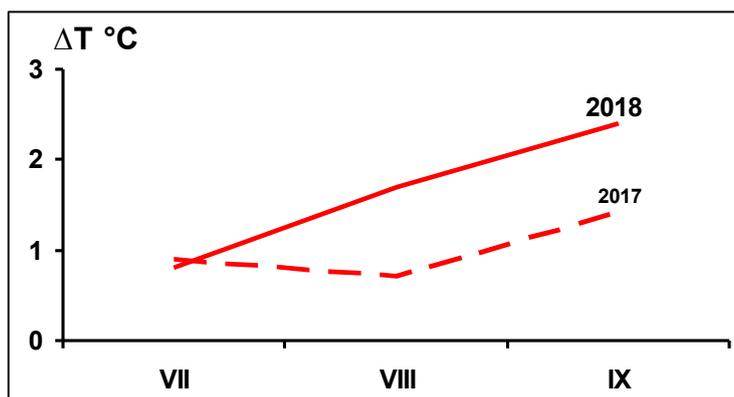


Рис. 1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в июле – сентябре 2017 и 2018 гг.

В третьем квартала во всех месяца фон температуры в целом над полярным районом был выше нормы и выше, чем в прошлом году. В среднем за квартал фон температуры повысился на 0,6 °C.



Повышение температурного фона этого года было сопряжено с крупномасштабной перестройкой крупномасштабных атмосферных процессов и усилением интенсивности адвекции теплых воздушных масс в полярный район Арктики. В третьем квартале в центральном полярном районе возросла повторяемость потоков южных направлений и формирование в августе и сентябре в локальных районах Арктики очагов с крупными аномалиями температуры (см. рис. 1.9 и 1.12).

Структурные особенности развития атмосферных процессов в третьем квартале 2018 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 июле – сентябре 2018 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

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

В **июле 2018 г.** основной центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился в приполюсный район. Высотные его ложбины была ориентированы на район Гренландии и Таймыра. Существенным отличием по сравнению с предыдущим месяцем явилось высокая повторяемость высотного гребня над Скандинавией и Уралом.

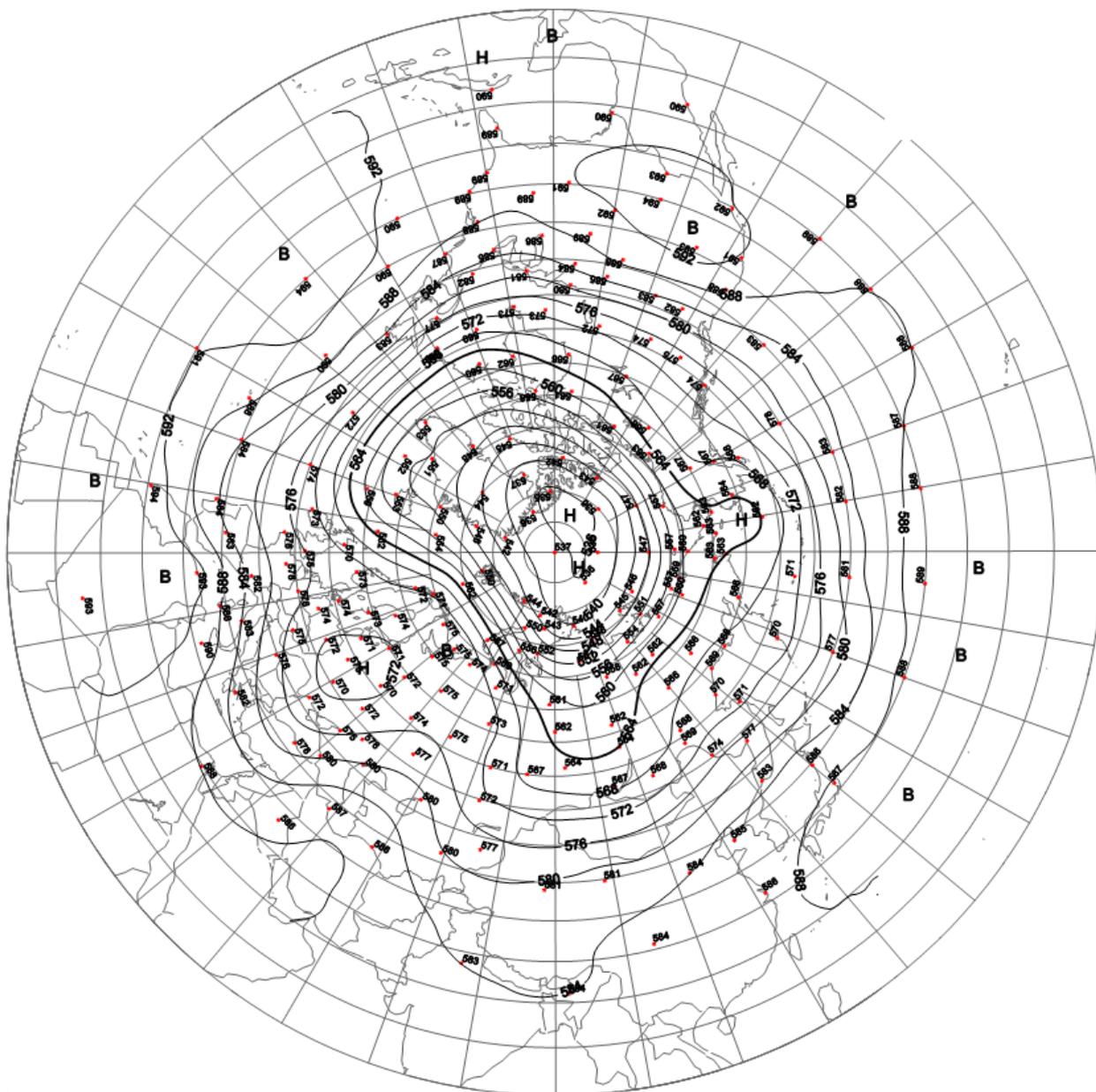


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июле 2018 г.

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

Под влиянием блокирующего гребня антициклона над северной частью Европы основная циклоническая деятельность отмечалась в полярном районе, где сформировался фон давления ниже нормы.

Фон температуры выше нормы на 1-4 °С. Значения температуры со значениями около нормы отмечались в районе северо-восточной части Карского моря.

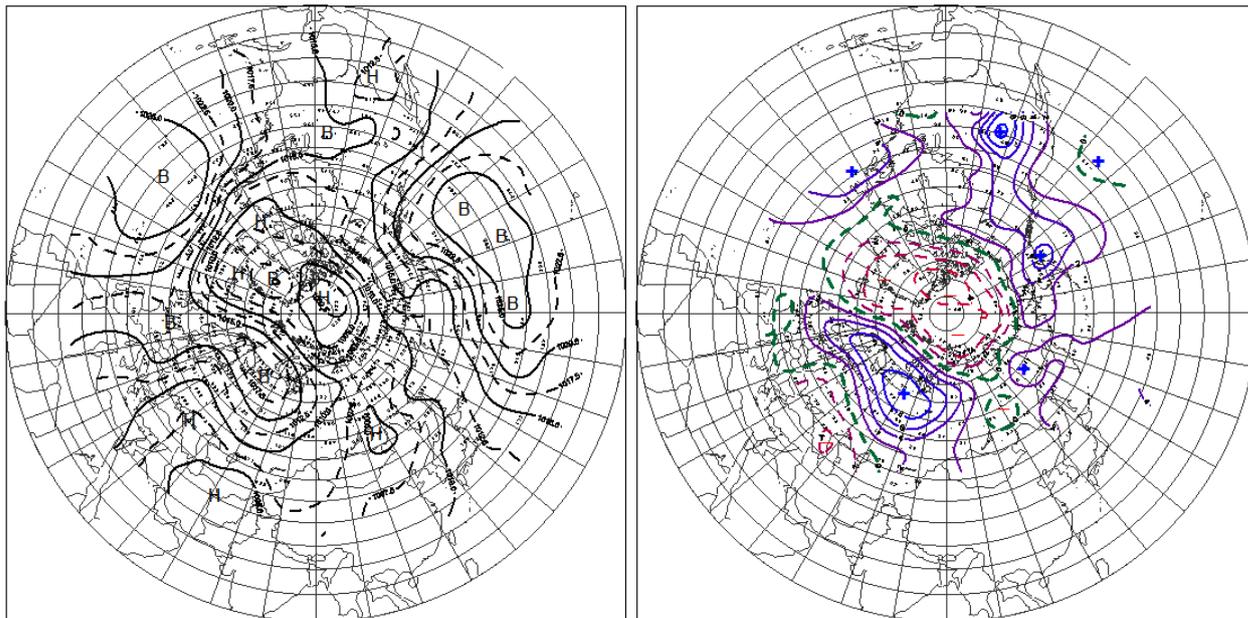


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июле 2018 г. (гПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* наибольшую повторяемость имели крупномасштабные процессы меридионального типа циркуляции M_1 . Особенностью процессов данного месяца явилось усиление антициклона над Тихим океаном. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям в полярный район. Фон давления в данном секторе Арктики ниже нормы на 4-6 гПа.

Под частым влиянием тыловой части проходящих циклонов и отходах воздушных потоков к северо-западным направлениям температурный фон по сравнению с июнем понизился до значений с положительными аномалиями температуры 1-2 °С.

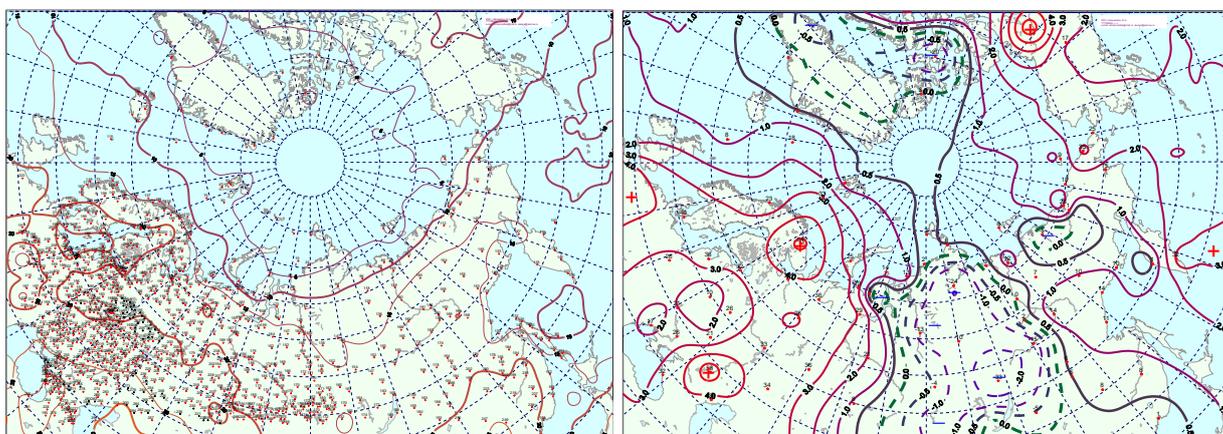


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2018 г., (°С)

В августе 2018 г. основной центр ЦПВ сместился из приполюсного района в канадский сектор Арктики. Отличием по сравнению с предыдущим месяцем явилось усиление высотного гребня антициклона со стороны азиатского континента на район Новосибирских островов, где в приземном поле сформировался устойчивый антициклон.

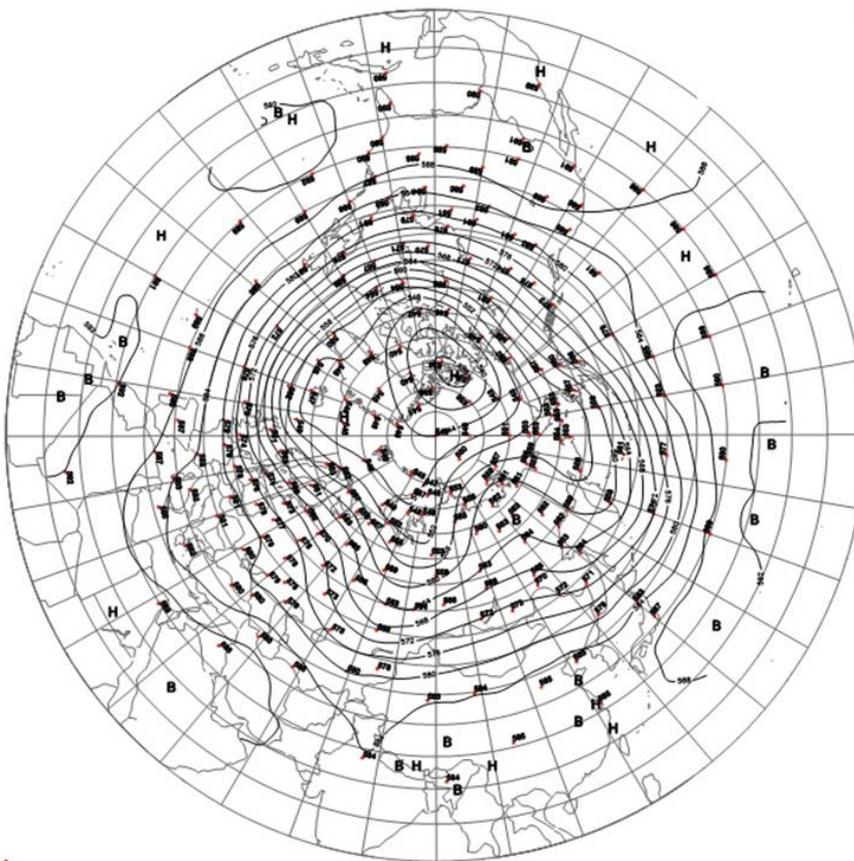


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в августе 2018 г.

В первом секторе сохранилась повышенная повторяемость процессов восточной формы циркуляции. Гребень азорского антициклона был ориентирован на континентальную часть Европы. Циклоны Северной Атлантики смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в Баренцевом и Карском морях.

Фон давления в этом секторе Арктики устойчиво ниже нормы. Максимальные отрицательные аномалии давления до 5-6 гПа отмечались в Баренцевом море.

Под влиянием адвекции теплых воздушных масс фон температуры во всех районах данного сектора Арктики сохранился выше нормы. Наиболее высокие значения с положительными аномалиями температуры 5 °С отмечались в море Лаптевых и северо-восточной части Карского моря.

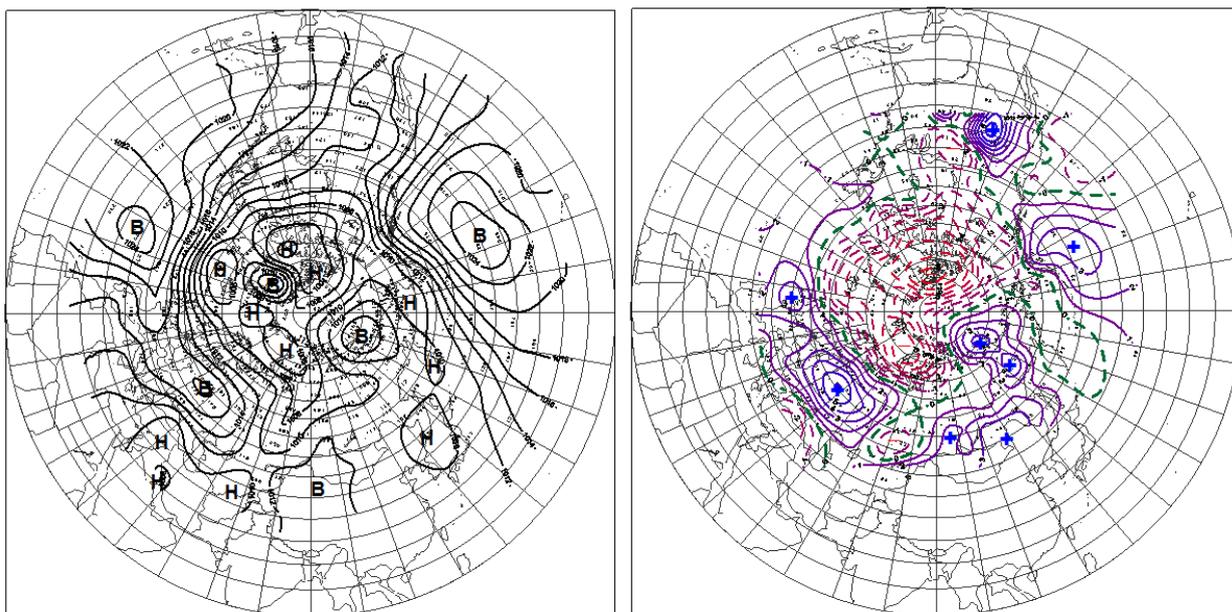


Рисунок 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в августе 2018 г. (гПа)

Во *втором секторе* по сравнению с предыдущим месяцем характер в направленности крупномасштабных атмосферных процессов сохранился при преобладании разновидностей меридиональных процессов типов M_1 и M_2 .

Циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям в полярный район. Фон давления ниже нормы

При воздушных потоках южных направлений температурный фон выше нормы на 1-2 °С.

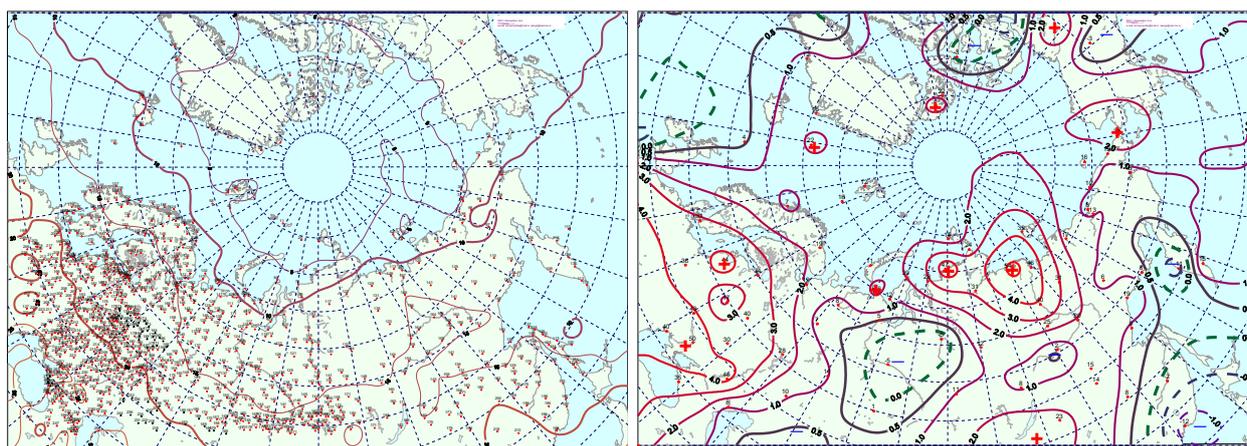


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2018 г., (°С)

В *сентябре 2018 г.* основной центр циркумполярного вихря находился в канадский сектор Арктики. По сравнению с августом отмечалось ослабление блокирующего гребня над Европой и западным сектором Арктики, что способствовало усилению в толще тропосферы над этими районами западного потока.

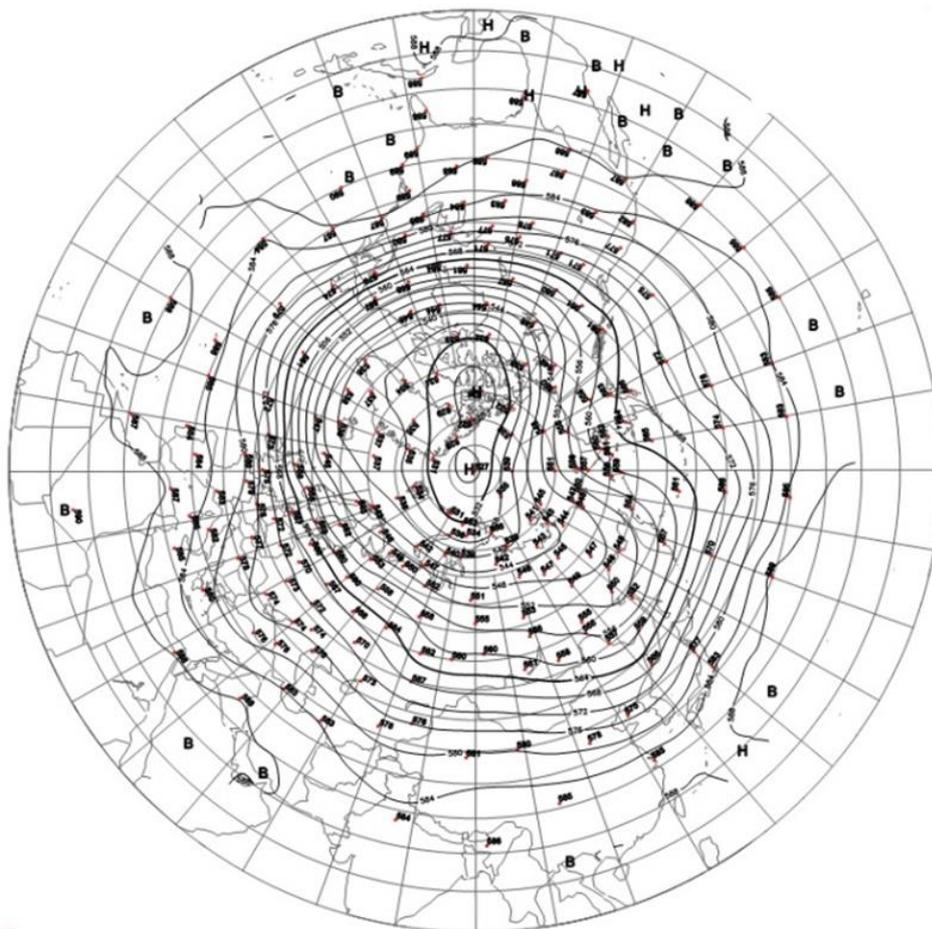


Рис. 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в сентябре 2018 г.

В первом секторе наибольшую повторяемость имели процессов западной (W) и восточной (E) форм циркуляции. Число дней с данными формами составило соответственно 12 и 10 дней. Циклоны Северной Атлантики смещались по высокоширотным траекториям в приполюсный район Арктики. Во всех районах данного сектора преобладали устойчивые отрицательные аномалии давления.

При устойчивых потоках с юго-западных и западных направлений фон температуры выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры отмечались в юго-западной части Карского моря.

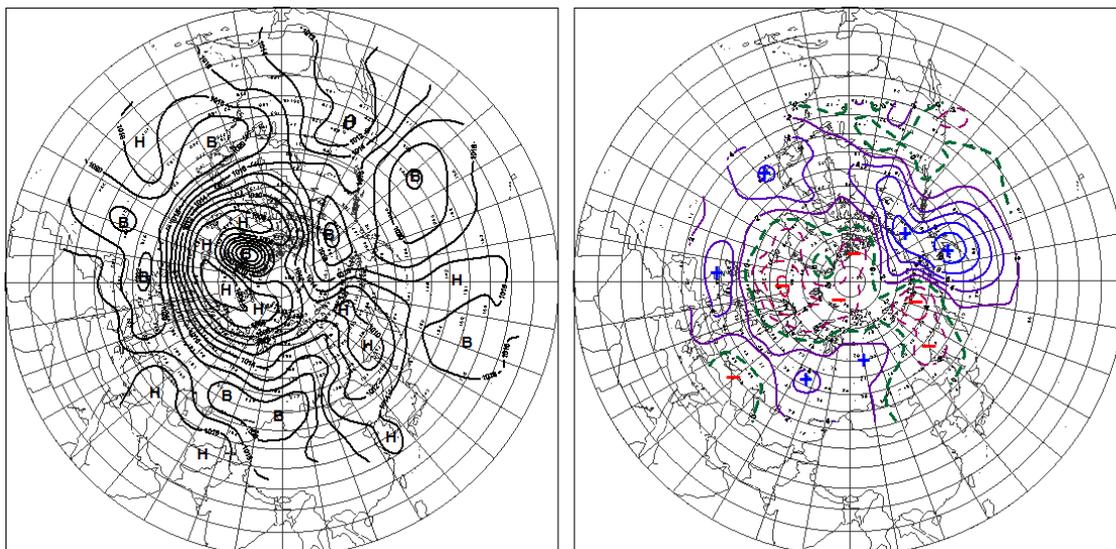


Рисунок 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в сентябре 2018 г. (гПа)

Во втором секторе сохранилось преобладание меридиональные процессы типа M_1 .

Гребень антициклона над Тихим океаном через Берингово море был ориентирован на восточный сектор Арктики, где отмечалось повышение фона давления до положительных аномалий. Вследствие этого наиболее активная циклоническая деятельность наблюдалась над приморским районом Дальнего Востока России, что обусловило сильную адвекцию теплых воздушных масс с юга на акватории Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры отмечались в юго-западной части Карского моря. Средние месячные положительные аномалии в этих районах составили 5-7 °С.

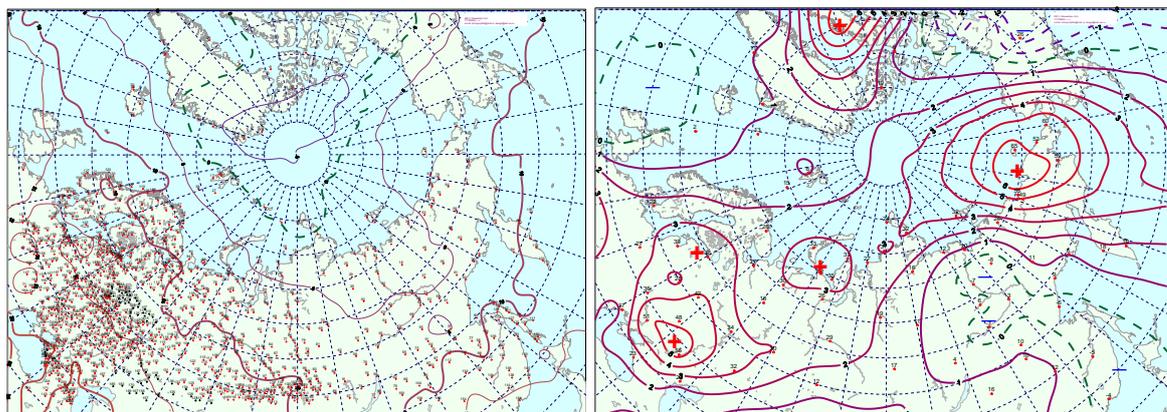


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2018 г., (°С)

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 третьем квартале 2018 г. сохранился. Как было показано, основным отличием с третьим кварталом прошлого 2017 г., явилось повышение температурного фона в целом по полярному району Арктики на $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (см. рис. 3). Наибольший вклад в повышение внесли процессы над районами морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей, где чаще всего в третьем квартале формировались положительные аномалии температуры.

На рисунке 1.13 приводятся фоновые средние за третий квартал 2018 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с данными за третий квартал прошлого 2017 г.

В 2018 г. во всех морях фон температуры в третьем квартале оказался, как и в прошлом году, оказался выше нормы. При этом в восточных морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском он был выше, чем в 2017 г. Наибольшее повышение температуры на $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ отмечалось в море Лаптевых. В западных морях Баренцевом и Карском фон температуры близок к прошлому году.

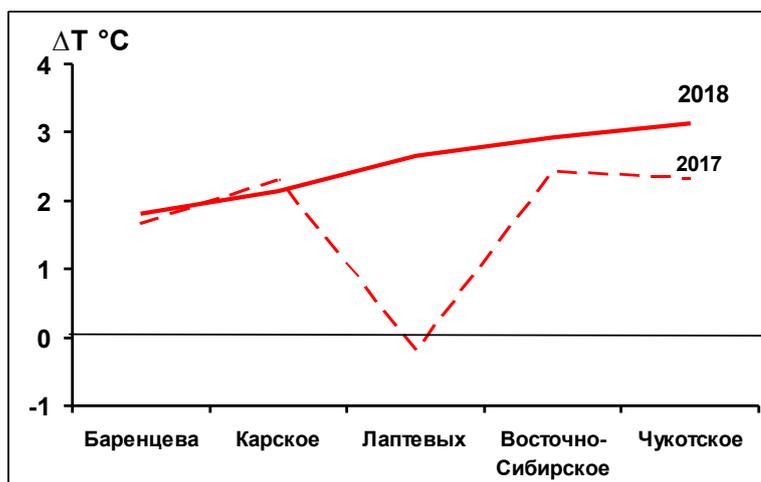


Рис. 1.13. Средние за третий квартал значения аномалий температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) по акваториям морей российской Арктики в 2017 и 2018 гг.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в июле-сентябре 2018 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 июля по сентябрь 2018 г. представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с июля по сентябрь 2018 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Июль 2018			Август 2018			Сентябрь 2018		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-2	С	М ₁	1-3	Е	М ₁	1-5	W	М ₁
3-9	Е	М ₁	4-5	W	М ₂	6-9	Е	М ₂
10-11	W	З	6-8	С	М ₂	10-11	Е	М ₁
12-13	Е	М ₁	9-11	Е	М ₁	12-15	W	М ₁
14-16	Е	М ₁	12-14	С	М ₁	16-18	W	М ₁
17-18	Е	М ₁	15-17	Е	З	19-22	Е	М ₁
19-23	Е	М ₁	18-20	Е	М ₂	23-26	С	З
24-26	Е	М ₂	21-22	С	З	27-30	С	М ₂
27-31	Е	М ₂	23-25	Е	М ₁			
			26-31	Е	М ₁			
Итого	W 2 (-8) С 2 (-9) Е 27 (17)	З 2 (-8) М ₁ 21 (3) М ₂ 8 (5)	Итого	W 2 (-10) С 8 (1) Е 21 (9)	З 5 (-9) М ₁ 18 (5) М ₂ 8 (4)	Итого	W 12 (-1) С 8 (0) Е 10 (1)	З 4 (-11) М ₁ 18 (9) М ₂ 8 (2)

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 данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период июль-сентябрь 2018 г., можно сделать следующие выводы.

1. Атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (Е) формы циркуляции. Во втором секторе наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов типов М₁ и М₂.

2. В средней тропосфере на изобарической поверхности Н₅₀₀ в июле основной центр циркумполярного вихря располагался вблизи приполюсного района. В августе и сентябре центр циркумполярного вихря сместился в канадский район Арктики.

3. Циклоны в системе исландского и алеутского минимумов смещались преимущественно в третьем квартале по высокоширотным траекториям. Фон давления преобладал ниже нормы. Исключением явились процессы в сентябре в восточном секторе Арктики, когда под влиянием устойчивого гребня антициклона Тихого океана циклоны Северной Атлантики не оказывали существенного влияния на полярный район.

4. В третьем квартала во всех месяца фон температуры в целом над полярным районом был выше нормы и выше, чем в прошлом году. В среднем за квартал фон температуры повысился на 0,6 °С. Наибольший вклад в повышение внесли процессы в августе и сентябре в восточных морях российской Арктики, где чаще всего в третьем квартале формировались крупные положительные аномалии температуры.

5. В 2018 г. во всех морях фон температуры в третьем квартале оказался, как и в прошлом году, оказался выше нормы. Наибольшее повышение температуры на 2,7 °С отмечалось в море Лаптевых.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха и атмосферных осадков по районам северной полярной области (рисунок 1.9) и арктическим морям.

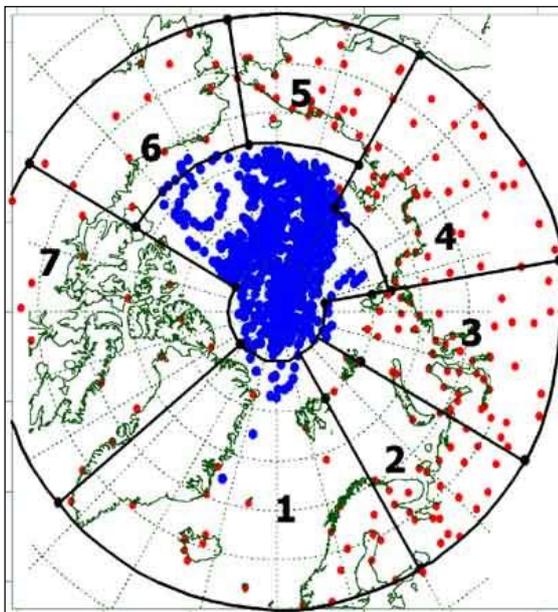


Рис. 1.9 Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

(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 июнь-август.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за летний сезон 2018 года по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в таблице 1.3. В летнем сезоне 2018 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 1,1 °С.

Таблица 1.3

Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за летний сезон 2018 г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	0,9	9	2012 (2,0)	1963 (-0,7)
60-70	1,2	4	2016 (2,0)	1949 (-0,8)
60-85	1,1	5	2016 (2,0)	1949 (-0,8)

Лето 2018 г. по рангу теплых лет оказалось пятым теплым летом за период с 1936 года. Аномалия температуры для широтной зоны 70-85° с.ш. составила 0,9 °С, а для широтной зоны 60-70° с.ш. – 1,2 °С. Прошедший летний сезон для этих широтных зон оказался соответственно девятым и четвертым по рангу теплых лет за период с 1936 г.

Сопоставление значений аномалий летней температуры воздуха в 2018 г. в отдельных климатических районах показало наличие больших положительных аномалий температуры в евразийском секторе (рис.1.10, табл.1.4). Аномалия температуры в Восточносибирском районе составила 2,4 °С. По рангу теплых лет это наибольшее значение с 1936 г.

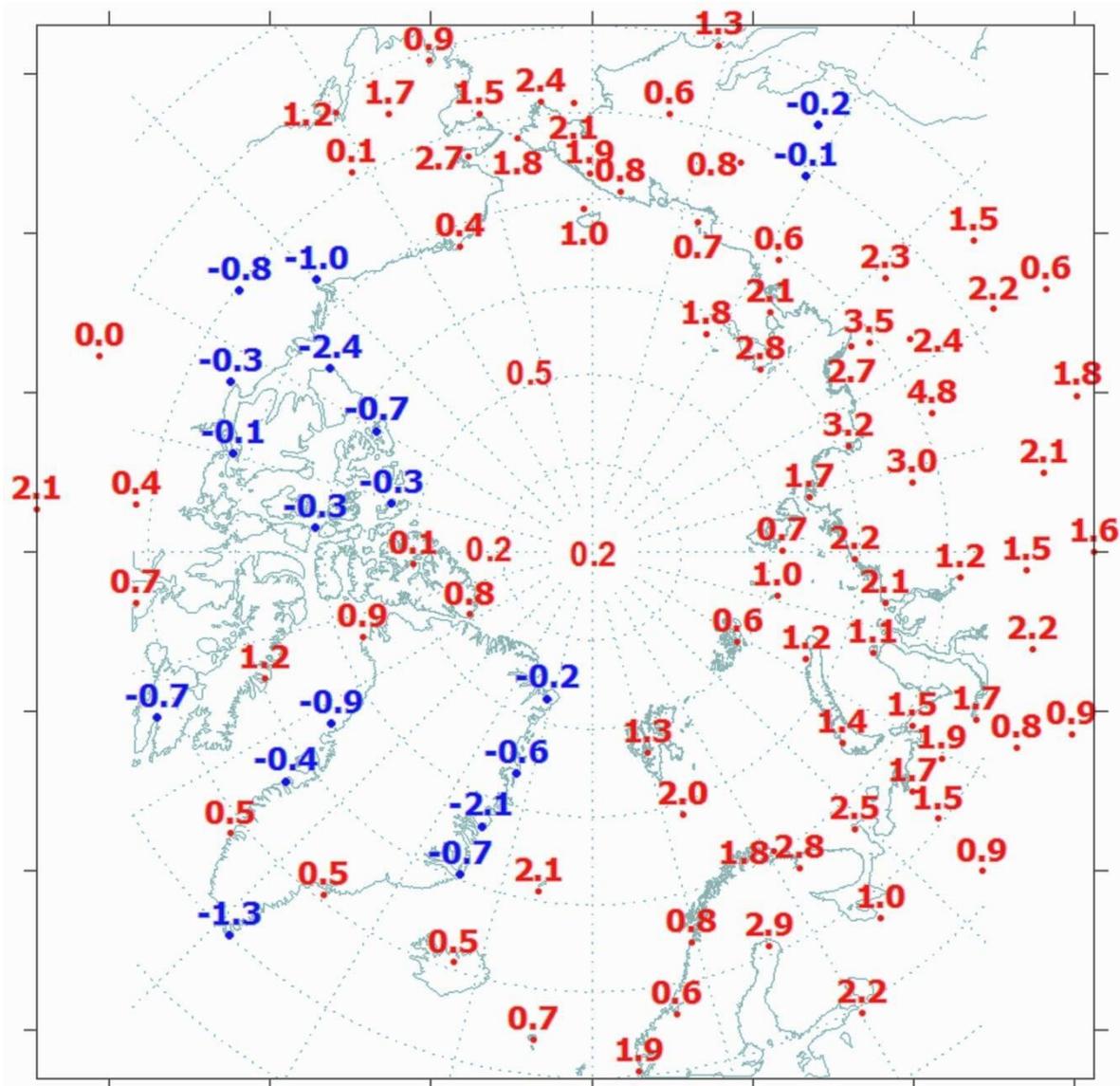


Рис. 1.10. Значения аномалий средней температуры воздуха летнего сезона 2018 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.4

Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в летнем сезоне 2018 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	0,4	13	2003 (1,9)	1965 (-0,7)
Североевропейский	1,8	4	2013 (2,8)	1969 (-1,6)
Западносибирский	1,4	7	2016 (3,6)	1968 (-1,6)
Восточносибирский	2,4	1	2018 (2,4)	1989 (-1,2)
Чукотский	1,2	8	2007 (2,9)	1949 (-1,3)
Аляскинский	0,4	14	2004 (2,9)	1945, 1955 (-1,3)
Канадский	0,1	17	2012 (2,3)	1972 (-1,6)

В северной части Канадского района и в большей части прибрежной зоны Гренландии наблюдались отрицательные аномалии температуры. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в районе моря Лаптевых. В районе



моря Лаптевых осредненная аномалия составила 2,5 °С (табл.1.5). По рангу теплых лет это наибольшее значение с 1936 г.

Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в летнем сезоне 2018 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	0,3	19	2016 (2,4)	1965 (-0,7)
Баренцево море	1,7	5	2013 (2,8)	1949 (-1,2)
Карское море	1,4	8	2016 (3,1)	1968 (-1,2)
Море Лаптевых	2,5	1	2010,2012,2018 (2,5)	1962 (-1,5)
Восточно-Сибирское море	1,4	6	2007 (3,7)	1949 (-1,6)
Чукотское море	1,6	5	2007 (3,9)	1965 (-1,6)
Море Бофорта	-0,6	26	2012 (2,5)	1947 (-1,5)
Северная часть Канадского района	0,0	19	2011, 2012 (2,7)	1972 (-1,6)

Временные ряды пространственно-осредненных аномалий средней за летний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60-85° с.ш. представлены на рисунке 1.11, а для районов арктических морей на рисунке 1.12.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за летний сезон 1936-2018 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.1.6). Повышение температуры летнего сезона в этих широтных зонах составило 1,08, 1,16 и 1,16 °С за 83 года.

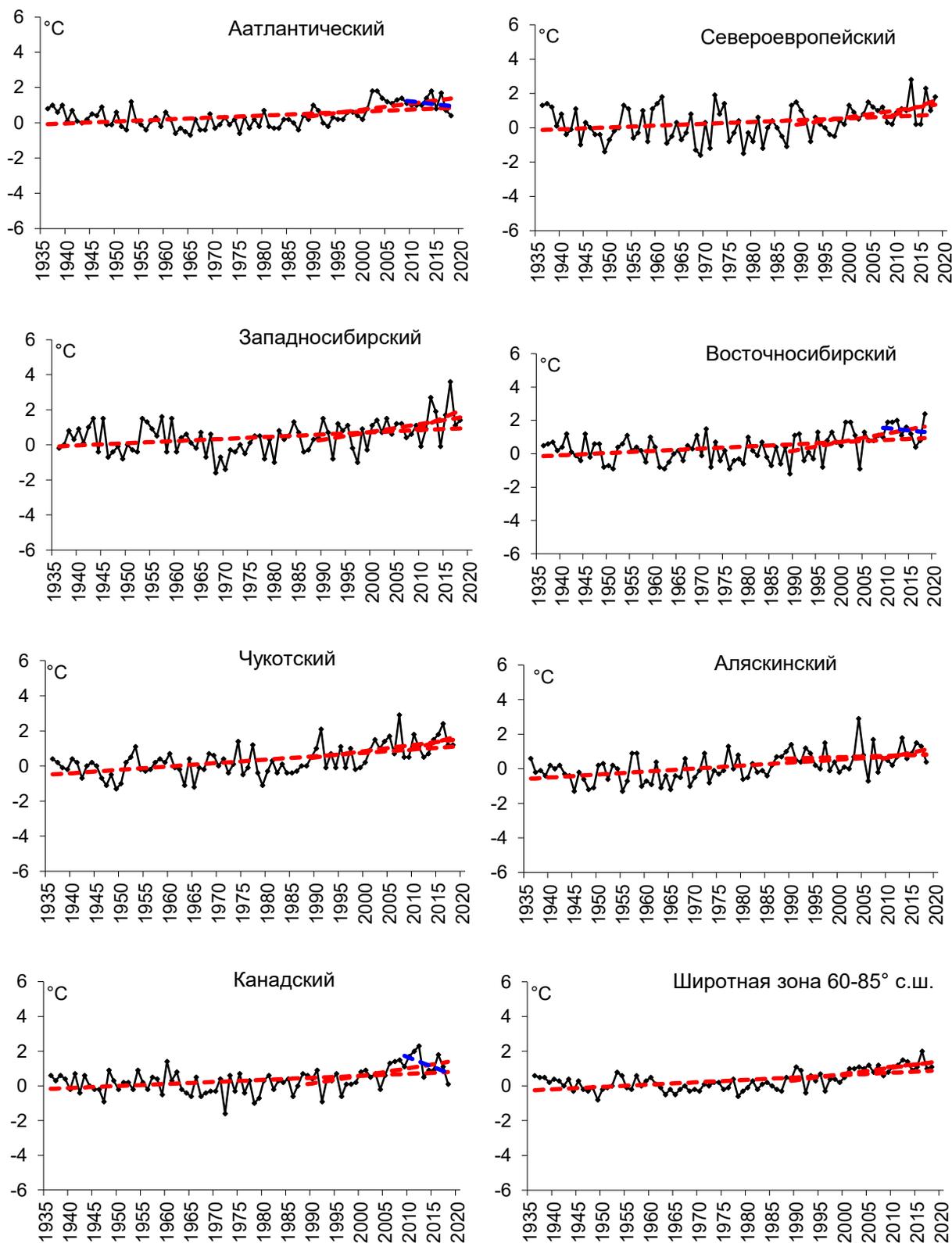


Рис. 1.11. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °C

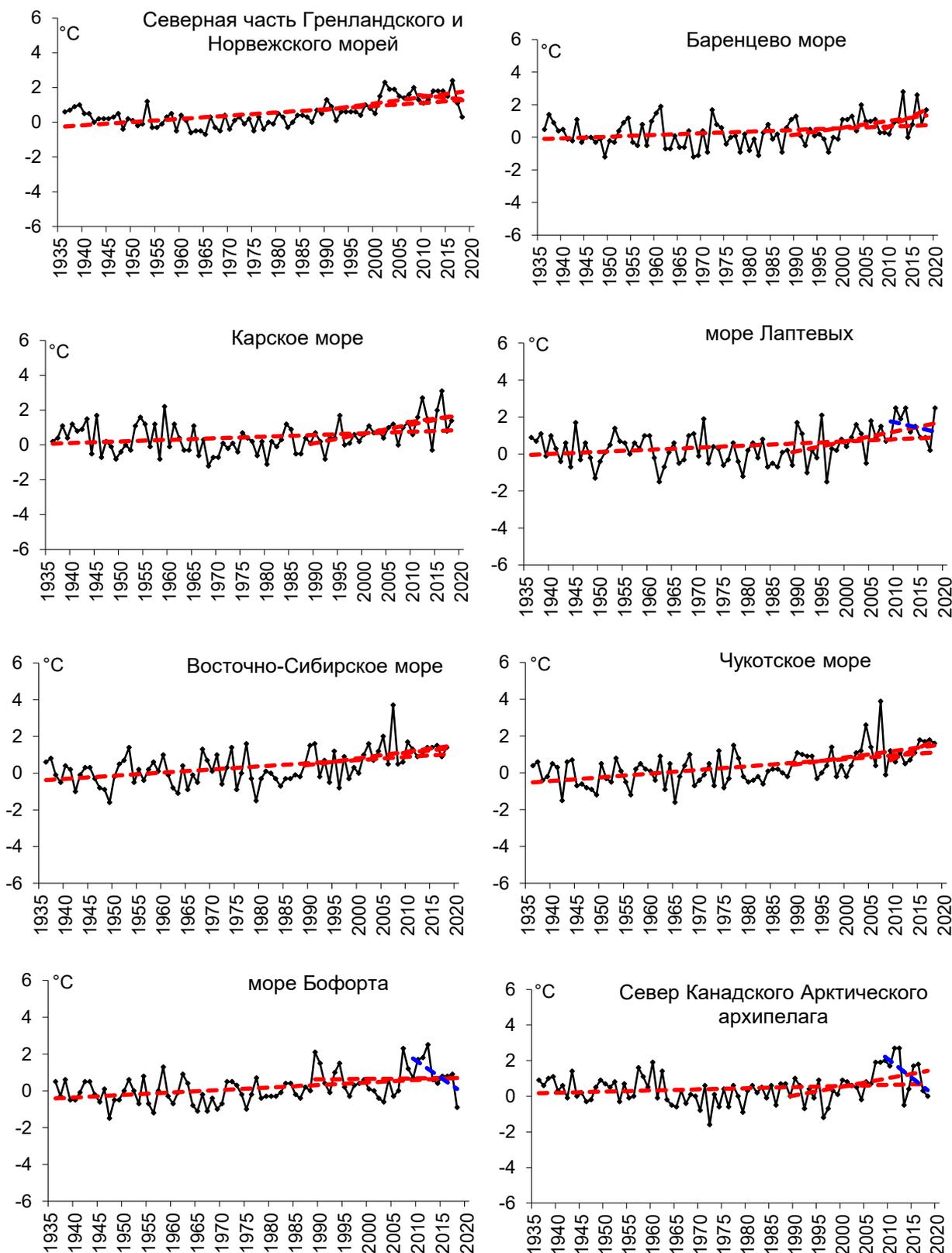


Рис. 1.12. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °C

Таблица 1.6

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

Район, широтная зона	1936-2018		1989-2018		2009-2018	
	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,11	44,0	0,35	54,1	-0,31	21,5
Североевропейский	0,11	27,3	0,40	44,7	0,98	32,8
Западносибирский	0,12	33,3	0,45	42,0	1,19	31,4
Восточносибирский	0,13	38,4	0,51	50,2	-0,27	13,2
Чукотский	0,19	56,3	0,35	40,1	0,81	39,5
Аляскинский	0,17	52,1	0,08	9,4	0,59	34,3
Канадский	0,12	40,1	0,44	53,5	-1,09	47,5
70-85° с.ш.	0,13	53,1	0,38	60,2	-0,36	23,9
60-70° с.ш.	0,14	60,0	0,33	59,7	0,65	50,4
60-85° с.ш.	0,14	58,7	0,37	64,2	0,26	22,7

Примечание: *Vx* – 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 1989-2018 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 1,11 °C за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Восточносибирского района. Значение линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха в здесь составляет 1,53 °C/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде отмечается появление отрицательного тренда в изменениях температуры воздуха Атлантического, Восточносибирского и Канадского районов, а также в целом в широтной зоне к северу от 70° с.ш. 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 Баренцева и Карского морей, а также в северной части Канадского района значения линейного тренда соответственно составили 1,62 и 1,47 °C/30 лет (табл.1.7).

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 2018 г. выпало ниже нормы (94,0 %). К югу от 70° с.ш. осадков выпало 93,3 %, а к северу – 97,7 % от нормы (табл.1.8). Наименьшее количество осадков выпало в Восточносибирском (85,0 % от нормы) и



Чукотском (80,4%) районах. И, только, в Атлантическом и Североевропейском районах выпавшее количество осадков было близко к норме.

Таблица 1.7

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

Море, часть моря	1936-2018		1989-2018		2009-2018	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,18	60,2	0,37	52,0	-0,27	14,3
Баренцево море	0,10	29,1	0,42	43,8	1,33	41,6
Карское море	0,09	26,1	0,54	56,5	0,36	10,9
Море Лаптевых	0,11	30,3	0,54	46,5	-0,62	22,9
Восточно-Сибирское море	0,17	45,9	0,36	36,4	0,27	24,2
Чукотское море	0,20	52,8	0,36	36,2	1,17	70,8
Море Бофорта	0,14	40,9	0,05	4,8	-1,67	59,3
Северная часть Канадского района	0,06	18,5	0,49	43,7	-2,08	55,3

Примечание: *Bx* – 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 2018 г. выпало ниже нормы (94,0 %). К югу от 70° с.ш. осадков выпало 93,3 %, а к северу – 97,7 % от нормы (табл.1.8). Наименьшее количество осадков выпало в Восточносибирском (85,0 % от нормы) и Чукотском (80,4%) районах. И, только, в Атлантическом и Североевропейском районах выпавшее количество осадков было близко к норме.

Таблица 1.8

Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков теплого сезона 2018 г.

Климатический район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	101,4	1964 (120,5)	1968 (75,2)
Североевропейский	98,3	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	91,0	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	85,0	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	80,4	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	90,1	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	91,8	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	93,3	1954 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	97,7	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	94,0	1954 (117%)	1980 (90%)

В таблице 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков теплого сезона за весь период (с 1936 по 2018 гг.) по северным (70-85° с.ш.) и южным (60-70° с.ш.) частям



климатических районов и для районов в целом. На рисунке 1.13 временные ряды сумм осадков теплого сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

Таблица 1.9

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

Район, широтная зона	<i>Bx</i>	% от нормы	<i>D</i>	<i>Bx</i>	% от нормы	<i>D</i>
	1936-2018			1989-2018		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	-1,01	-2,3	7,1	-4,50	-3,6	11,5
Скандинавия и север ЕТР	3,04	10,3	21,6	7,28	8,9	18,4
Западная Сибирь	-2,35	-7,9	16,7	4,11	5,0	10,6
Восточная Сибирь	-0,22	-1,0	2,7	-4,93	-8,5	24,2
Чукотка	-0,51	-2,6	4,3	0,46	,8	1,5
Аляскинский (южная часть)	-0,04	-,2	0,2	5,37	8,3	13,0
Канадский (южная часть)	2,78	15,6	34,4	-0,81	-1,6	3,7
60-70° с.ш.	0,28	1,1	5,2	1,08	1,5	7,1
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,64	4,3	6,2	0,53	1,3	2,1
Баренцево море	-0,60	-3,2	5,6	-0,14	-,3	0,6
Карское море	-0,99	-6,6	10,8	2,41	5,8	7,9
Море Лаптевых	-3,17	-20,7	32,6	-5,41	-12,8	25,6
Восточно-Сибирское море	-5,48	-38,9	47,3	-15,89	-40,8	53,4
Чукотское море	-4,48	-28,7	32,1	-9,29	-21,5	29,5
Море Бофорта	1,26	11,8	16,3	-1,84	-6,2	9,3
Канадский (северная часть)	0,57	7,1	10,2	-5,00	-22,7	28,2
70-85° с.ш.	-0,86	-6,3	20,3	-1,29	-3,4	11,9
Атлантический	-0,46	-1,3	4,5	-2,83	-2,9	10,7
Североевропейский	1,68	6,6	16,3	4,52	6,5	16,3
Западносибирский	-1,78	-7,6	19,1	3,40	5,2	12,8
Восточносибирский	-1,35	-7,2	18,1	-5,10	-9,8	28,3
Чукотский	-2,68	-14,9	26,4	-3,57	-7,2	14,7
Аляскинский	-1,27	-6,0	8,3	-5,16	-8,9	15,8
Канадский	1,95	13,8	35,4	-2,39	-6,1	15,9
60-85° с.ш.	-0,52	-2,3	12,6	-1,47	-2,4	12,6

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 1936-2018 гг. сохраняется тенденция к уменьшению жидких осадков в целом по региону (на 2,3 % от нормы 1961-1990 гг.) и к северу от 70° с.ш. (на 6,3 % от нормы). Статистически значимый (на 5-% уровне значимости) тренд осадков теплого сезона обнаруживается только в Канадском районе (16,2 мм за 83 года).

В арктических морях в теплом сезоне за весь период преимущественно преобладает тенденция к уменьшению осадков. Более всего уменьшилось количество осадков в морях евразийского сектора. Уменьшение сумм осадков составило здесь от 3 до 39 % от нормы.

В последнем 30-летнем периоде в отдельных широтных зонах сохраняются те же тенденции, что и за весь период. В целом же продолжает сохраняться тенденция к уменьшению осадков теплого периода в северной полярной области.

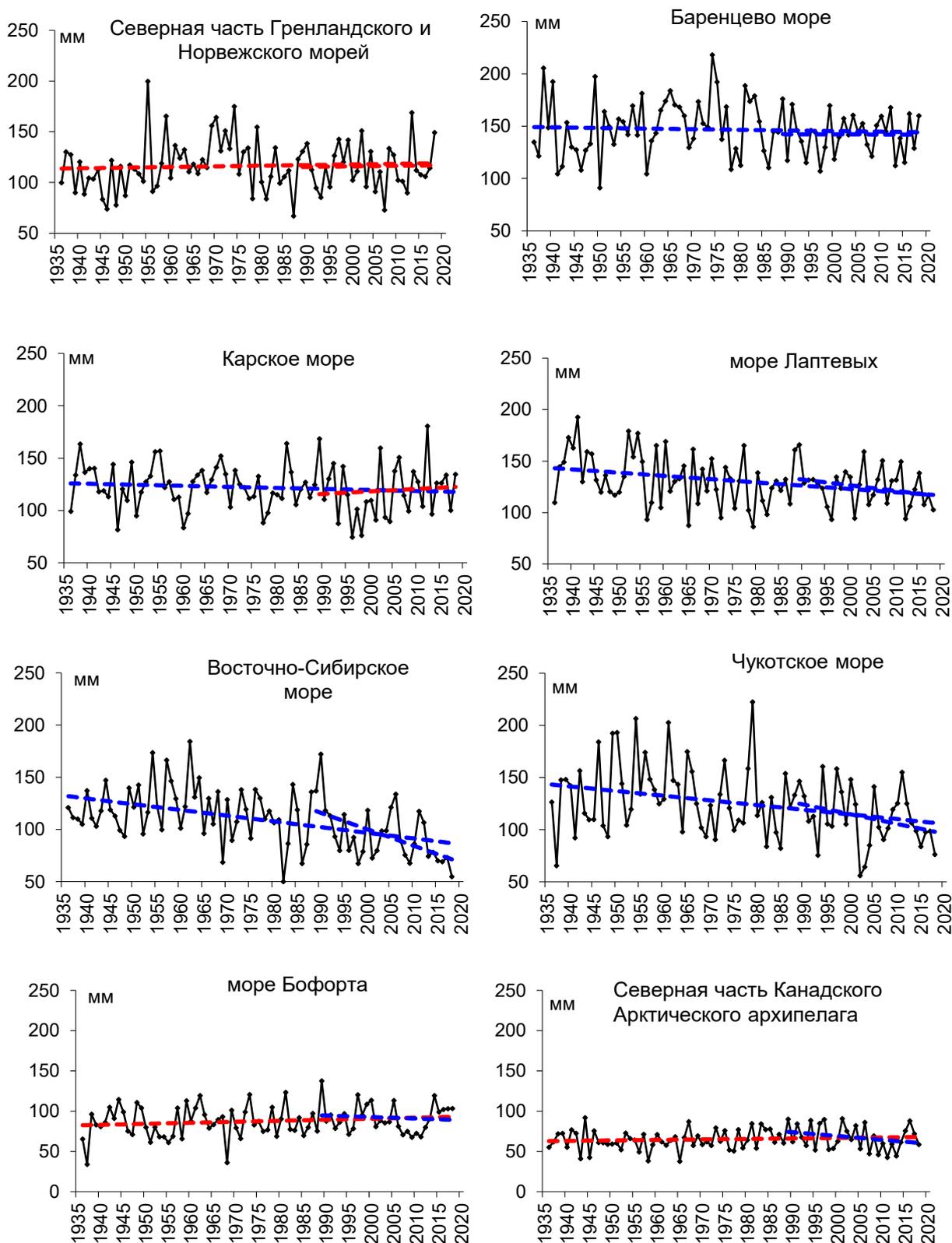


Рис. 1.13. Временные ряды сумм осадков теплого сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2018 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле-сентябре 2018 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 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 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 квазиоперативные 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 2018 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 рисунке 2.1 показаны границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

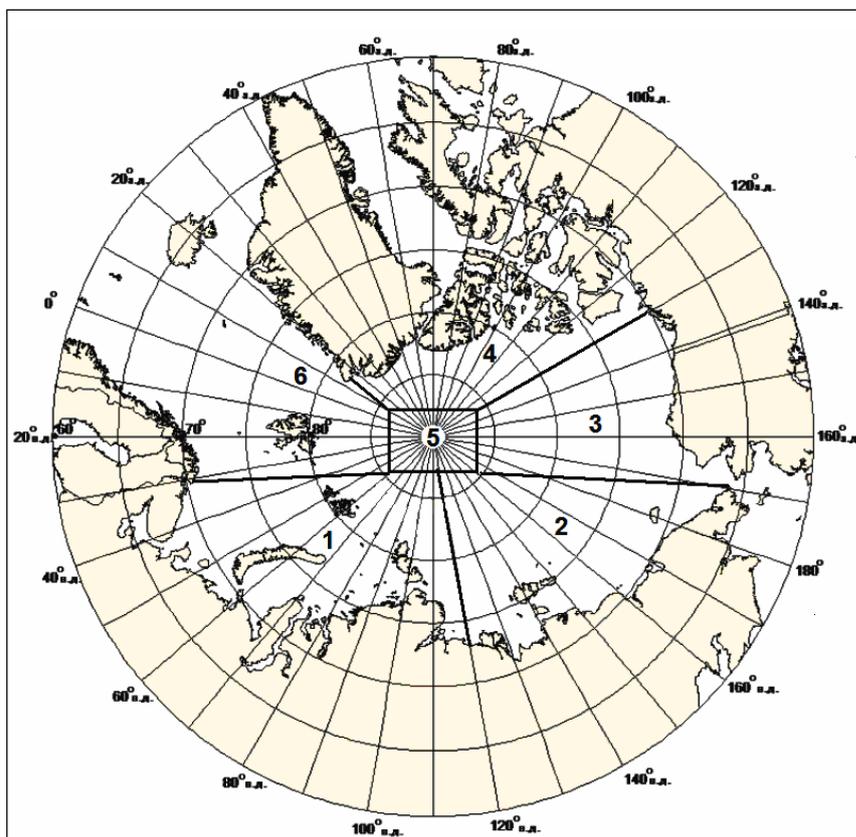


Рис. 2.1. Квазиоднородные районы, выделенные в Северном Ледовитом океане

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

В конце второго квартала 2018 г. наблюдалось быстрое очищение окраинных морей западного и восточного районов российского сектора Арктики – Баренцева и Чукотского. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В конце июня аномалии ледовитости в этих морях составили: в Баренцевом море -25%, в Чукотском море -27%. Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекции тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда. Обширные разряжения льда сформировались также в заприпайных зонах морей Карского и Лаптевых (рис. 2.2).

В структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океане преобладали однолетние льды, которые составляли около 55% от общего количества льда. Около 45% от общего количества льда составляли старые льды.

Однолетние льды занимали западный и восточный районы российского сектора Арктики (районы 1, 2) и прибрежную часть аляскинского сектора Арктики (район 3). Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах и в приполюсном районе (районы 4, 5, 6) Арктики (рис. 2.3).

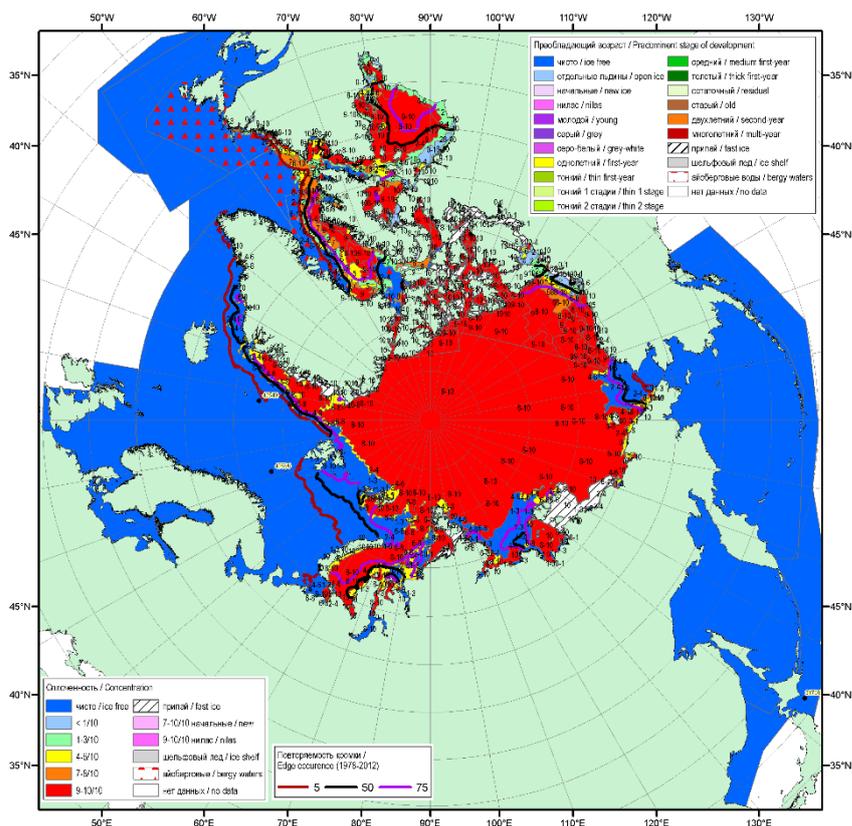


Рис. 2.2. Распределение льда по сплоченности в конце июня 2018г.

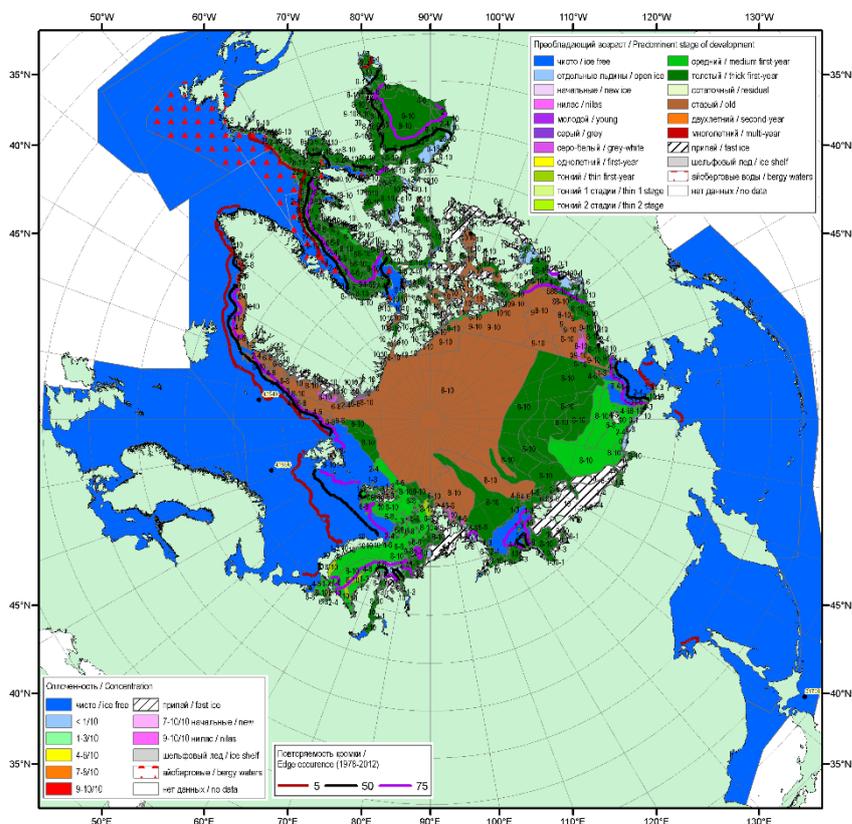


Рис 2.3. Обзорная ледовая карта СЛО за 25.06.2018-28.06.2018 г. (цветовая раскраска по преобладающему возрасту) на основе ледового анализа Канадской ледовой службы (25.06) и Национального ледового центра США (28.06)

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ФГБУ «АНИИ», в конце второго квартала 2018 г. составило 9,6 млн км², что оказалось на 6,7% меньше среднееголетнего значения за счет малой ледовитости, наблюдававшейся в окраинных морях российского сектора Арктики (Баренцево и Чукотское).

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 градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль-сентябрь 2018 г. приведены на рисунках 2.4–2.12.

В июле продолжалось интенсивное очищение морей западного района российского сектора Арктики (Баренцева, Карского и Лаптевых). К концу июля на большей части акватории этих морей наблюдались обширные пространства редких льдов и чистой воды. Аномалии ледовитости в этих морях составляли -30...-60%. Интенсивное очищение наблюдалось практически во всех окраинных арктических морях – от Баренцева до Лаптевых и в Чукотском. Медленные процессы таяния развивались в морях Восточно-Сибирском и Бофорта. Припай в российских арктических морях полностью разрушился в середине июля, что произошло в среднем на 5-10 суток раньше среднееголетних сроков. Припай среди островов Канадского арктического архипелага 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, превышающая среднееголетнюю границу потока (рис. 2.4).

Дрейф ледяного покрова приведен на рис. 2.5. В поле дрейфа льда наблюдалось формирование необычной картины. Вместо выраженных основных структур дрейфа – Трансарктического переноса льда и Канадского антициклонического круговорота, в поле дрейфа сформировался один гигантский плохо выраженный циклонический вихрь. Крупный циклонический вихрь, который сформировался практически над всей акваторией СЛО с центром в приполюсном районе, обусловил перенос льдов из морей Чукотского и Бофорта в Гренландский сектор Арктики (рис. 2.5).

Основной вклад в формирование отрицательной аномалии ледовитости и поля сплоченности льда, вносили все арктические моря, в которых наблюдалось интенсивное сокращение льдов, кроме Восточно-Сибирского моря (рис. 2.5 б, зоны выделенные синим цветом). Положительные аномалии сплоченности льда наблюдались в приполюсном

районе, в гренландском секторе Арктики и в Восточно-Сибирском море, куда был направлен основной вынос льдов (рис. 2.5 б, зоны, выделенные зеленым цветом).

Общая ледовитость Северного Ледовитого океана в июле была значительно меньше нормы длинного ряда наблюдений (с 1978-2018 гг.), но на 120 тыс. км² превышала среднее значение ледовитости за последнее 10-летие (с 2008-2017 гг.), в основном за счет большой ледовитости сектора 170°W-45°W, включающего в себя море Бофорта и Канадская Арктика (рис. 2.13 а, г).

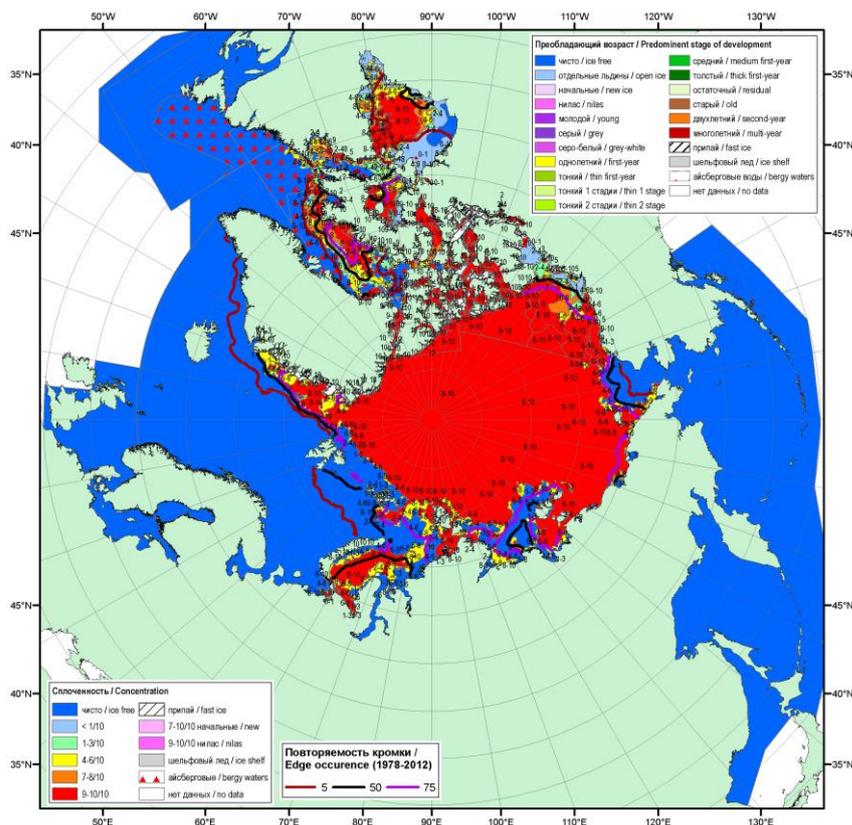


Рис. 2.4. Обзорная ледовая карта за 09–17.07.2018 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

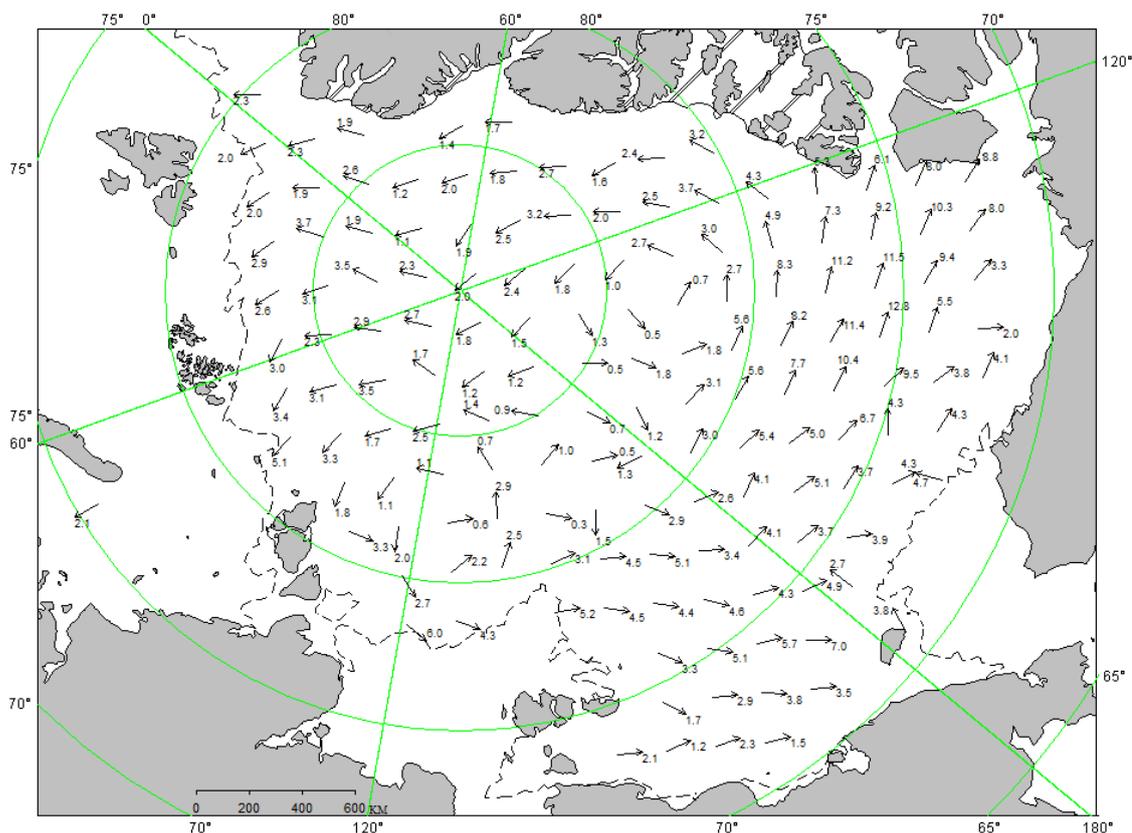


Рис. 2.5. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июль 2018 г.

1 – направление (стрелка) и скорость (2.5 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка дрейфующего льда

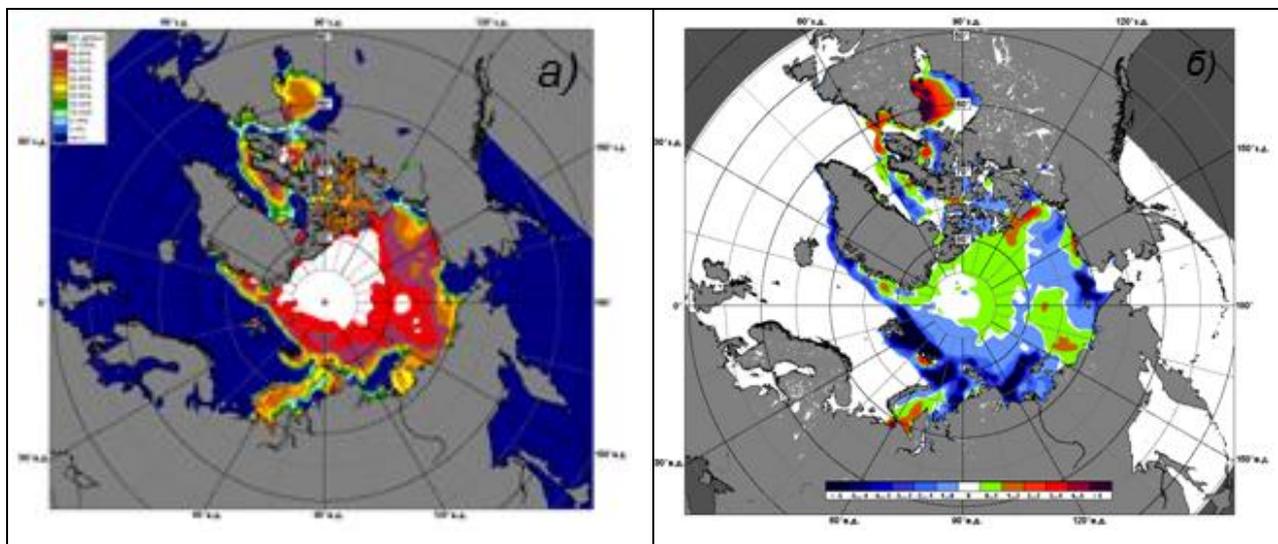


Рис. 2.6. Медианное распределение сплоченности льда в июле 2018 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2018 г. (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

В течение августа продолжалось сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом океане. Уменьшение ледовитости происходило в основном за счет разрушения льда во всех окраинных арктических морях российского сектора Арктики, кроме

Восточно-Сибирского моря, и в море Бофорта. Большая часть всех окраинных арктических морей российского сектора Арктики, за исключением Восточно-Сибирского моря практически полностью очистилась ото льда. Сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости, составляющая по морям от -20 до -50%. Значительное разряжение льдов в результате таяния наблюдалось в море Бофорта.

Граница отступления дрейфующих льдов на север в морях Баренцевом, Карском, и Лаптевых в августе 2017 г. была аномально высокой (рис. 2.7).

В августе, в поле дрейфа льда произошли существенные изменения. Традиционных структур дрейфа в СЛО не наблюдалось. Разрушился гигантский циклонический вихрь, наблюдавшийся в июле. Вместо него сформировался один Трансарктический перенос льдов. Состоящий из двух разнонаправленных ветвей. больших трансарктических переноса.

Первая ветвь переноса представлял собой слабо развитую часть Трансарктический переноса льдов. Эта ветвь была сильно смещена к западу и начиналась из северных частей морей Карского и Лаптевых, уходя через приполюсный район непосредственно в пролив Фрама.

Вторая мощная ветвь Трансарктического переноса начиналась из северной части моря Лаптевых и через приполюсный район уходила к островам Канадского арктического архипелага вынося дрейфующие льды через его проливы. Часть льдов по периферии этого мощного потока приносило в Восточно-Сибирское море, поддерживая в нем большую ледовитость (рис. 2.8).

В результате смещения массива арктических льдов к побережью Гренландии и островам Канадского арктического архипелага и выноса сюда льдов из всех арктических морей морей, в этих района, а также в Восточно-Сибирском море сформировались положительные аномалии сплоченности льда (рис. 2.9 б, зоны зеленого и красного цветов). В результате интенсивного таяния, разрушения и выноса льдов в морях Гренландском, Баренцевом, Карском, Лаптевых и Бофорта в поле сплоченности льда сформировались отрицательные аномалии (рис. 2.9 б, зоны синего цвета).

Общая ледовитость СЛО в августе была значительно меньше нормы длинного ряда наблюдений (с 1978-2018 гг.), но практически равнялась среднему значению ледовитости за последнее 10-летие (с 2008-2017 гг.), в основном за счет большой ледовитости сектора 170°W-45°W, включающего в себя море Бофорта и Канадская Арктика (рис. 2.13 а, г).

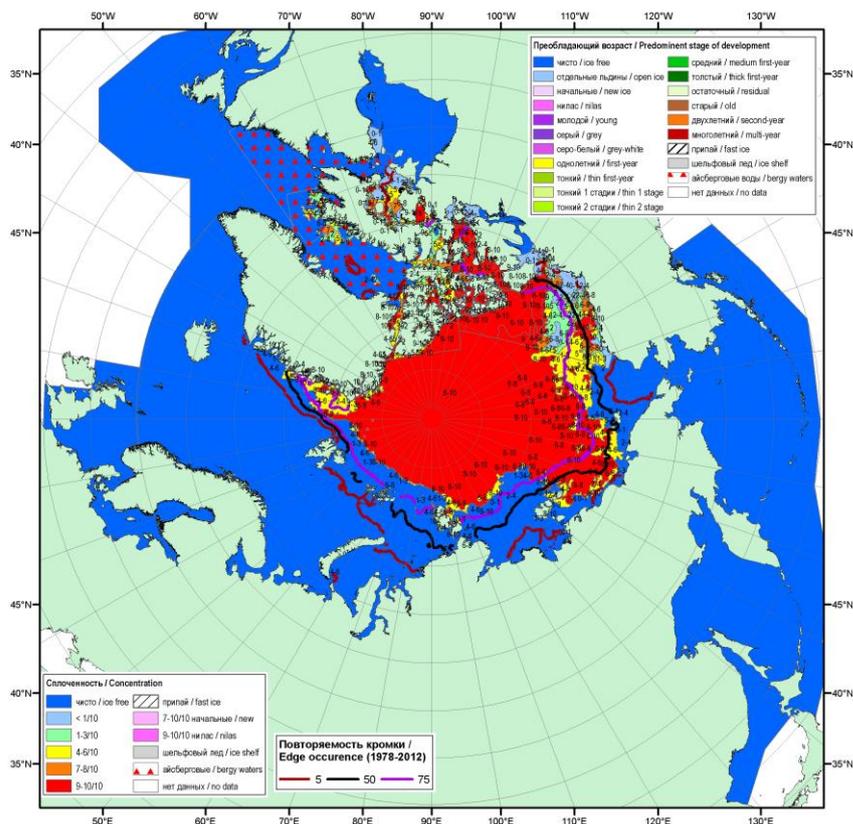


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта за 13-21.08.2018 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

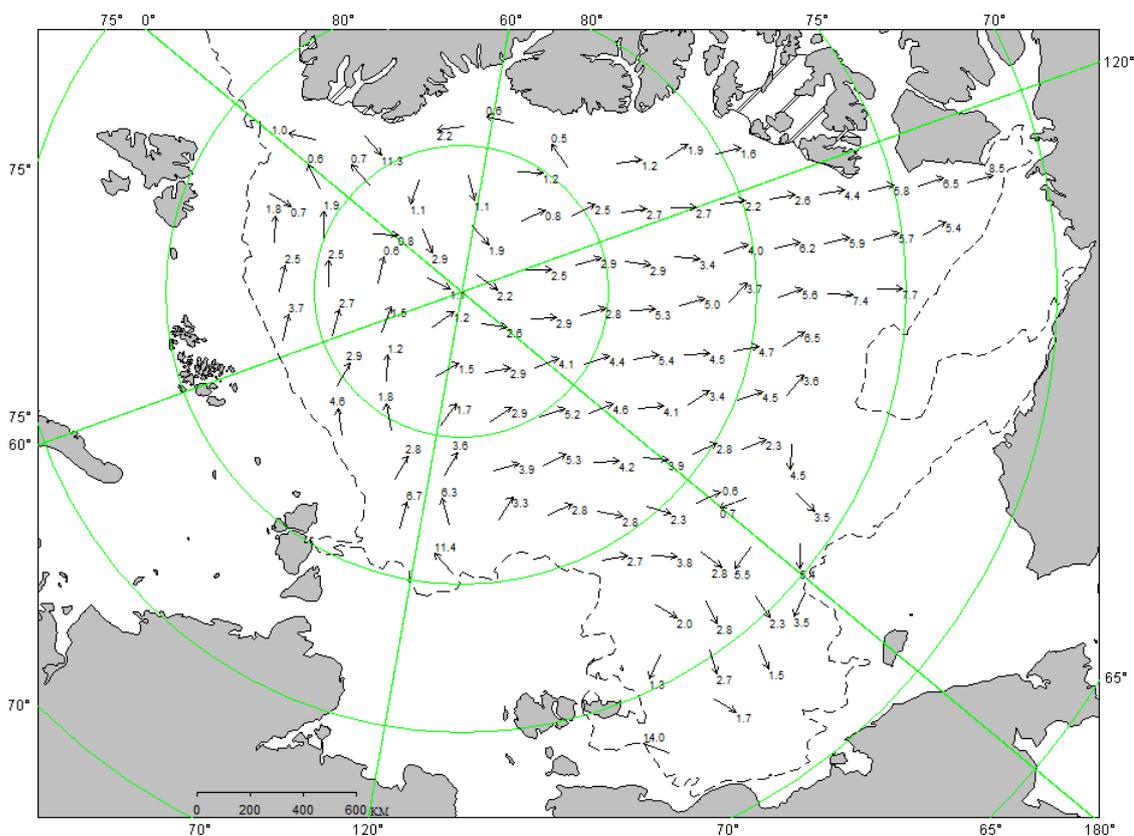


Рис. 2.8. Поле скорости результирующего дрейфа льда за август 2018 г.

1 – направление (стрелка) и скорость (3.9 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка дрейфующего льда

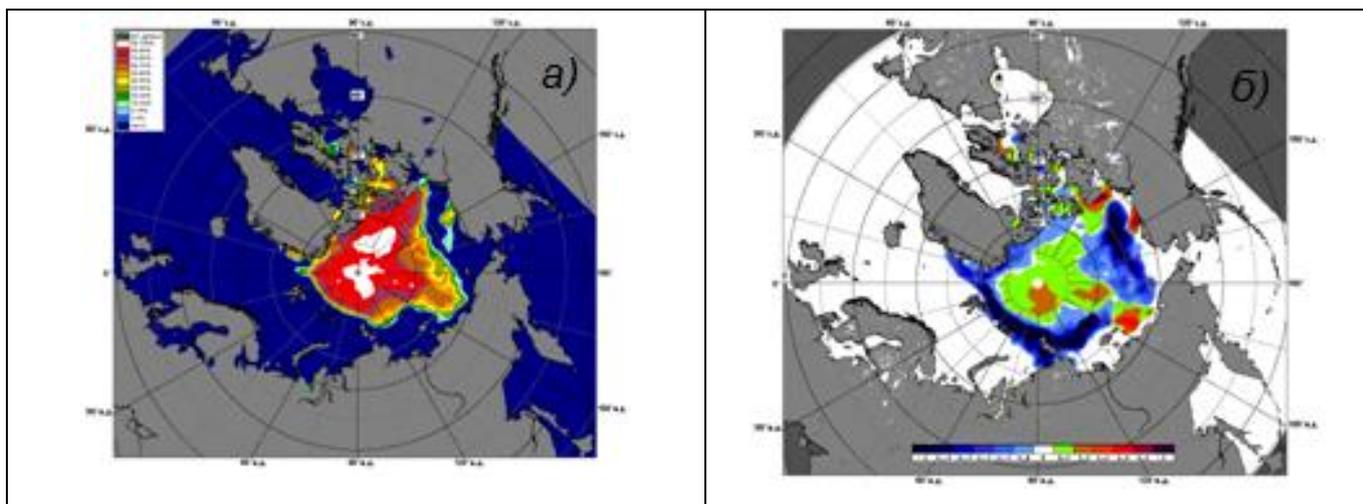


Рис. 2.9. Медианное распределение сплоченности льда в августе 2018 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2018 г. (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

В середине сентября сокращение площади ледяного покрова в СЛО и морях прекратилось. Среди остаточных льдов к северу от широты 78-80°с.ш. началось ледообразование.

В середине сентября в прикромочной зоне на чистой воде по широкому фронту от моря Баренцева до Бофорта началось ледообразование, что в среднем на 10-20 суток позже среднемноголетних сроков. Ледообразование развивалось крайне медленно. До конца сентября ширина полосы начальных и молодых льдов не превышала 50-100 км. Начальные и молодые льды наблюдались в непосредственной близости от остаточных льдов к северу от широты 80 °с.ш. Таким образом, характерной чертой осеннего ледообразования 2018 г является его позднее начало и медленное развитие.

Основная масса льдов, сохранившихся после периода летнего таяния в Северном Ледовитом океане, была смещена в приполюсный район, гренландский и канадский сектора Арктики. Обширный язык остаточных льдов наблюдались в центральной части Восточно-Сибирского моря (рис. 2.10).

В осенний период 2018 г. был в очередной раз обновлен минимум положения границы остаточных льдов в секторе 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря) и в районах отдельных морей – моря Лаптевых и Бофорта.

Дрейф ледяного покрова приведен на рисунке 2.11. В сентябре сформировалась классическая схема дрейфа – наблюдался хорошо развитый Трансарктический перенос, который начинался к северу от моря Лаптевых и через приполюсный район выносил льды к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама, и развитый Канадский

антициклонический круговорот, который выносил льды к островам Канадского арктического архипелага и в море Бофорта (рис. 2.11).

В сентябре сохранились значительные отрицательные аномалии сплоченности льда у северных границ всех арктических морей, в результате его выноса ветвью циклонического вихря, кроме Восточно-Сибирского моря (рис. 2.11, зоны темно-синего цвета). Положительные аномалии сплоченности сформировались в гренландском секторе Арктики и в Восточно-Сибирском море (рис. 2.11 б, зоны зеленого и красного цветов).

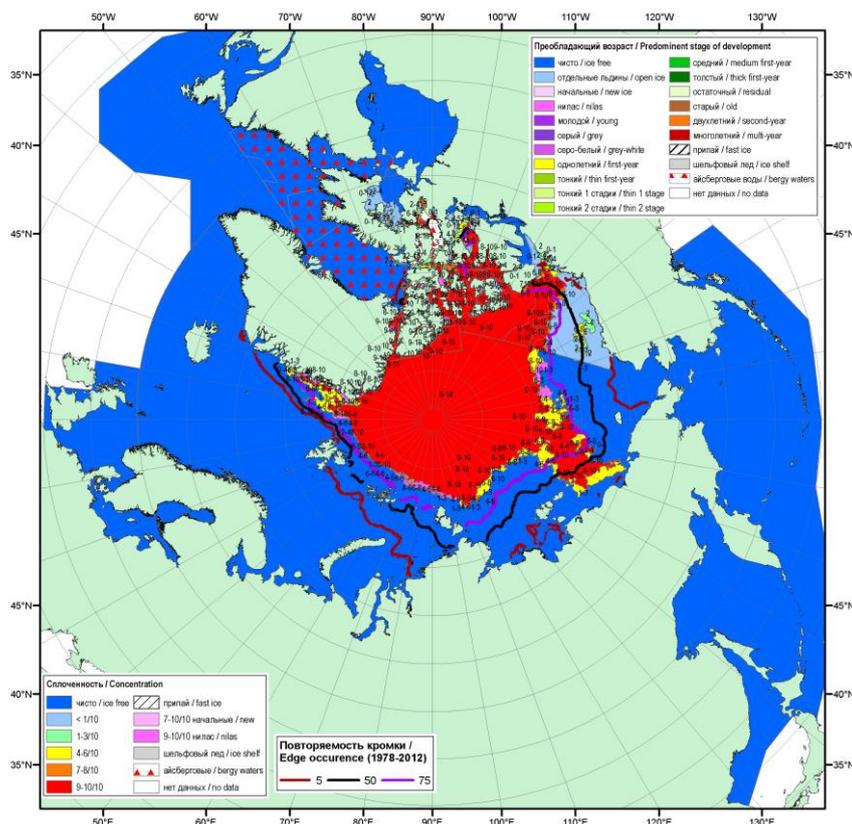


Рис. 2.10. Обзорная ледовая карта за 17-25.09.2018 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

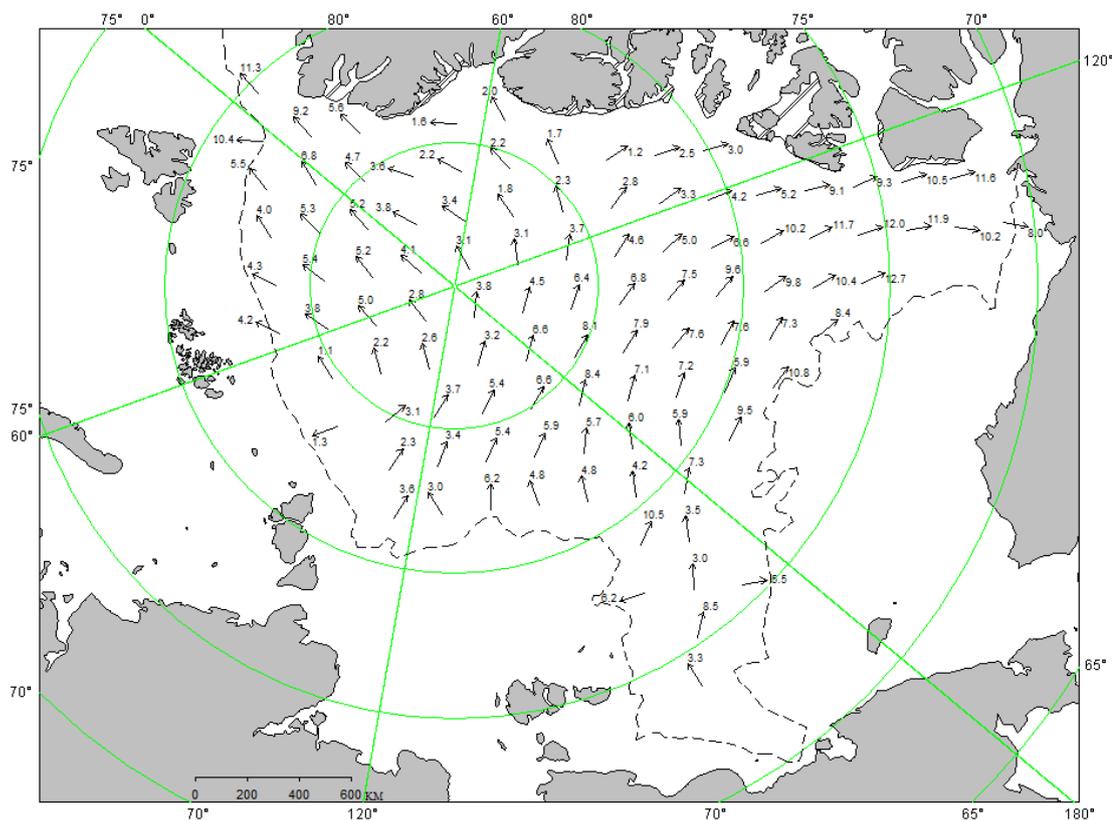


Рис. 2.11. Поле скорости результирующего дрейфа льда за сентябрь 2018 г.

1 – направление (стрелка) и скорость (1.9 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка дрейфующего льда

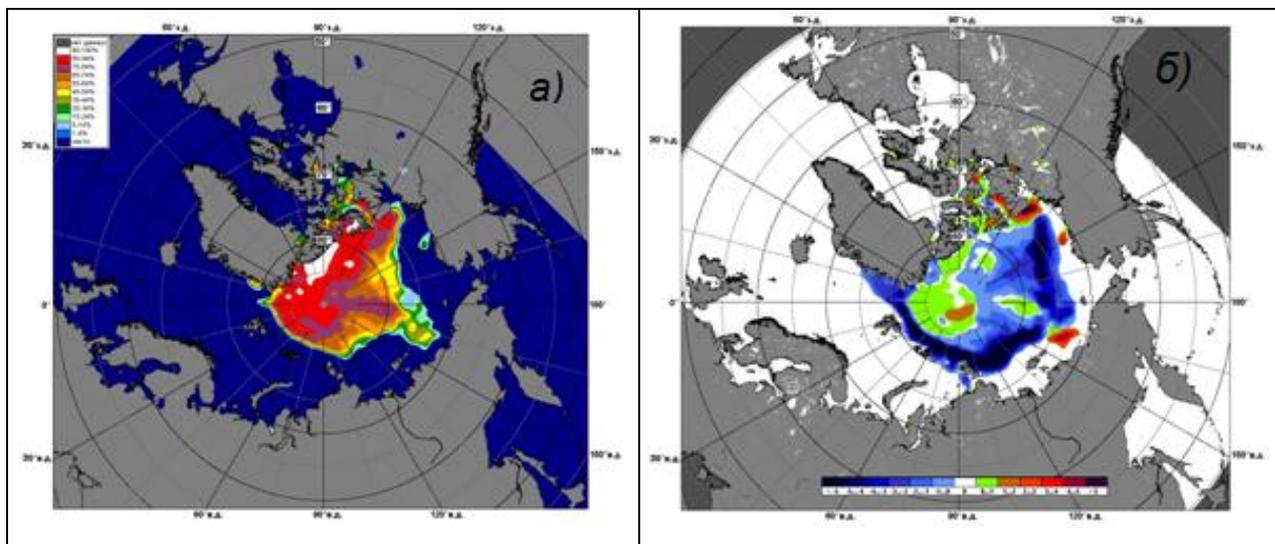


Рис. 2.12. Медианное распределение сплоченности льда в сентябре 2018 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2018 г. (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий АНИИ общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2018 г. составила 4,56 млн. км² при норме 6,1 млн. км², что на 25% меньше среднееголетних значений. Значения общей

ледовитости в СЛО оказались на 1,3 млн. км² меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978-2017 гг.).

Немаловажно также отметить, что площадь остаточных льдов в СЛО в середине сентября 2018 г. на 22 тыс. км² превышала норму «короткого ряда» за последнее «теплое» десятилетие (с 2008-2017 гг.). По площади остаточного льда 2018 г. стал шестым по рангу минимумов в группе легких лет.

Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на середине сентября, а также сравнение с ледовитостью ряда лет, начиная с 2013 г., приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Значения ледовитости за 17 – 23 сентября 2018 г. и её аномалии от значений периодов 2006-2018гг. и 1978-2018 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS

Северный Ледовитый океан								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² ,%						
		2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г.	2008-2018 гг.	1978-2018 гг.
17-23.09	4561,5	-445,6	-441,0	169,0	353,6	-25,8	21,9	-1387,7
		-8,9	-8,8	3,8	8,4	-0,6	0,5	-23,3
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² ,%						
		2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г.	2008-2018 гг.	1978-2018 гг.
17-23.09	996,7	175,1	-381,9	-260,7	-147,1	-95,4	-166,1	-442,6
		21,3	-27,7	-20,7	-12,9	-8,7	-14,3	-30,8
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² ,%						
		2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г.	2008-2018 гг.	1978-2018 гг.
17-23.09	1164,1	-406,8	-71,6	-49,6	-184,9	-358,0	-154,6	-822,5
		-25,9	-5,8	-4,1	-13,7	-23,5	-11,7	-41,4
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² ,%						
		2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г.	2008-2018 гг.	1978-2018 гг.
17-23.09	2445,8	-291,0	-50,4	307,1	447,1	269,4	247,1	-240,4
		-10,6	-2,0	14,4	22,4	12,4	11,2	-9,0

На рисунке 2.13 приведены ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и его отдельных секторов за период с 26.10.1978 по 17.09.2018 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 в целом по СЛО было меньше среднееголетнего значения (нормы за 1978-2017 гг.), но не опускалась ниже крайних экстремальных значения, которое наблюдалось в 2012 и 2016 гг. Малая ледовитость СЛО в 2018 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 и весенний сезон и даже приближалась к норме за весь ряд наблюдений (с 1978-2017 гг.).

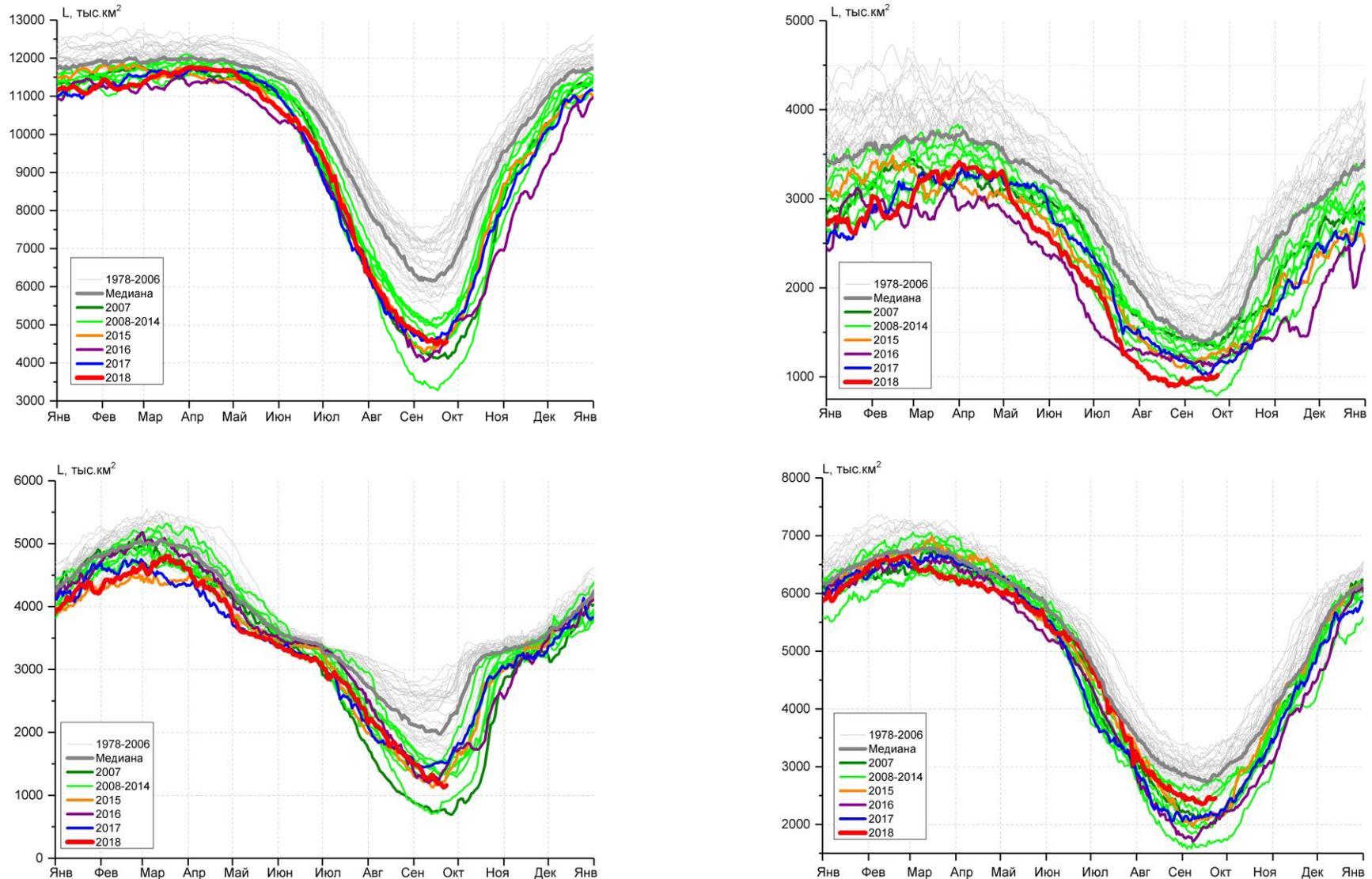


Рис. 2.11. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости

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 - 01.07.2018 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 3 квартале 2018 г.

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в третьем квартале 2018 г. выполнен на основании данных автономного дрейфующего комплекса ИТР (Ice-Tethered Profiler) № 108, оснащенного профилографом, обеспечивающим непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1, рис. 3.1).

Таблица 3.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2018 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии АНИИ

Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
ИТР 108	01.07.2018	27.07.2018	91

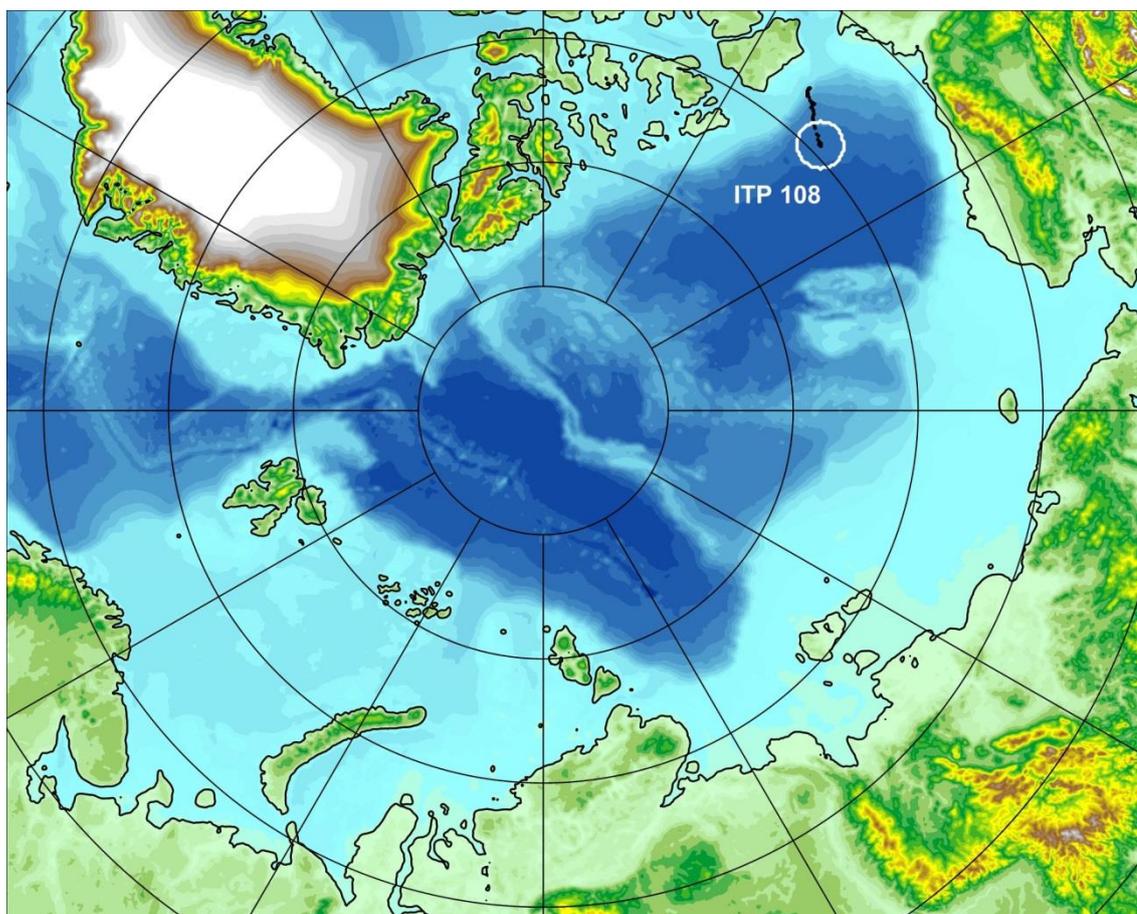


Рис. 3.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2018 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии АНИИ



Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в третьем квартале 2018 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковой использовались данные ИТР 108 в Канадской глубоководной котловине (рис. 3.1.1). В выделенной группе станций рассчитывались основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солености. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическими средними и их стандартными отклонениями, рассчитанными в период с 1900 по 2000 гг. для этого же района. Область поиска исторических данных (рис. 3.1, белый контур) был на 50-100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, используемых для анализа в 2018 году.

Амеразийский суббассейн

В третьем квартале 2018 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в южной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 108 соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (27,6 ‰) в сравнении с климатической нормой (29,9 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило -2,3 ‰ (рис. 3.2). В аналогичный период 2017 г. аномалия поверхностной солености составила -1,5 ‰, в 2015 г. – -2,3 ‰. Температура верхнего перемешанного слоя варьировалась в пределах -1,2 °С и незначительно превышала климатическое среднее (-1,48 °С), вследствие повышения температуры замерзания воды из-за наличия распресненного слоя.

Под верхним перемешанным слоем глубже 45 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33 ‰. Максимальное значение температуры слоя ЛТВ по данным ИТР 108 составило -0,37 °С, превышая климатическую норму на 1,0 °С. В 2017 г. аномалия температуры была больше и составила 1,2 °С.

Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 160 м (115 м согласно климатическим данным).

На глубинах от 180 до 210 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и

смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 108 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 200 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м.

Глубже 210 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °С) по данным третьего квартала 2018 года располагалась на глубине 300 м (в 2017 г. – 310 м). Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,75 °С (470 м глубины), что на 0,3 °С выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры АВ в 2018 г. полностью соответствуют значениям предшествующего 2017 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Азиатском суббассейне СЛО.

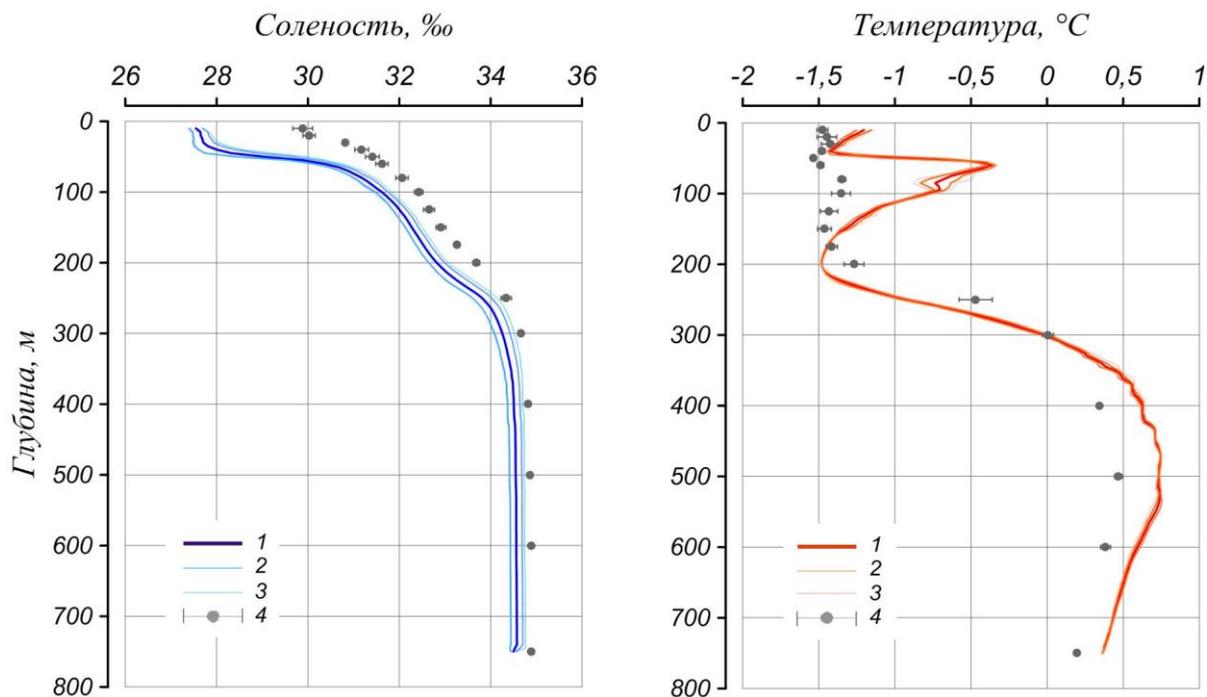


Рис. 3.2 – Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в августе 2018 г. по результатам измерений профилографа ИТР 108

1 — профиль средних значений, 2 — область стандартного отклонения, 3 — минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 — средние климатические значения и их стандартные отклонения, рассчитанные по историческим данным базы термохалинных характеристик СЛО отдела океанологии ААНИИ за январь-март в период с 1900 по 2000 гг.



Согласно результатам наблюдений, выполненных в третьем квартале 2018 г., гидрологический режим СЛО (в районе Канадской глубоководной котловины) продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солености характеризуется наличием выраженной отрицательной аномалии (-2,3 ‰) в Амеразийском суббассейне. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра атлантических вод (АВ), значение которой в Канадской глубоководной котловине составило +0,3 °С. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое среднее на 1,0 °С.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 2018 года составлена по данным четырехсрочных (для станций м. Кигилях и пр. Санникова – восьмисрочных) наблюдений на 13-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.1). В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.1

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период июль – сентябрь 2018 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
им. Е.К. Федорова (мыс Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
Амдерма	69 45 N	61 42 E
Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
им. А.С. Попова (о. Белый)	73 33 N	70 05 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
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

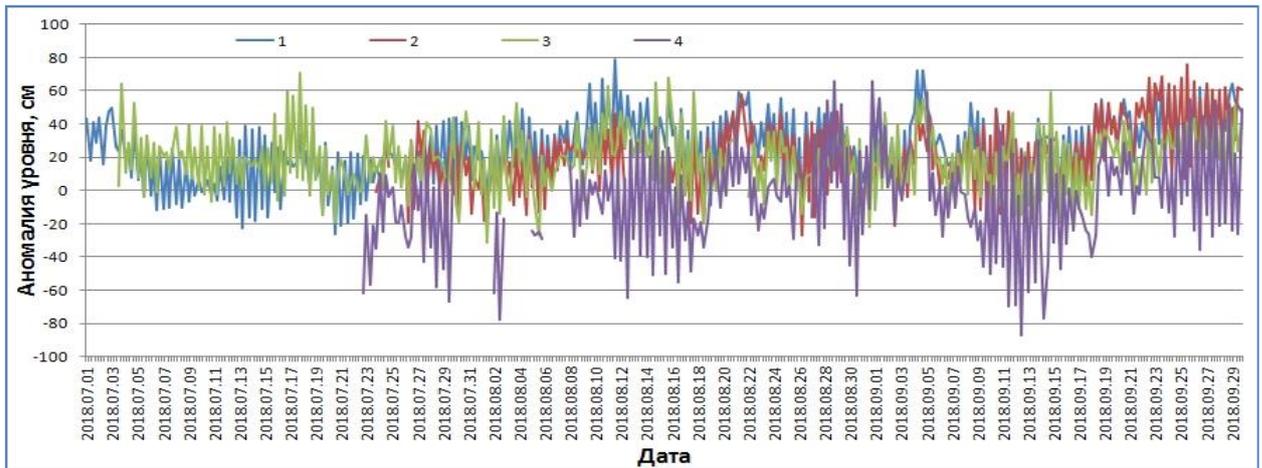


Рис. 3.3. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2018 г.

(1 – Амдерма; 2 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос); 3 – Усть-Кара; 4 – им. А.С. Попова (о. Белый))

Таблица 3.2

Основные характеристики колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2018 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		VII	VIII	IX
им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос)	h_{cp} (см)	-	17	27
	σ_h (см)	-	18	23
	h_{min} (см)	-	-27	-26
	Дата	-	26	10
	h_{max} (см)	-	58	76
	Дата	-	21	25
Амдерма	h_{cp} (см)	14	30	34
	σ_h (см)	18	18	21
	h_{min} (см)	-26	-11	-18
	Дата	20	26	10
	h_{max} (см)	50	79	93
	Дата	3	11	30
Усть-Кара	h_{cp} (см)	18	18	20
	σ_h (см)	18	20	20
	h_{min} (см)	-19	-31	-23
	Дата	20	1	13
	h_{max} (см)	71	68	83
	Дата	17	15	30
им. А.С. Попова (о. Белый)	h_{cp} (см)	-	-5	0
	σ_h (см)	-	29	32
	h_{min} (см)	-	-78	-87
	Дата	-	2	12
	h_{max} (см)	-	66	63
	Дата	-	28, 31	30

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



В юго-западной части Карского моря (рис. 3.3, табл. 3.2) по данным станций им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Амдерма и Усть-Кара колебания уровня происходили на повышенном фоне, величина которого плавно повышался в течение квартала от +14 +18 см до +20 +34 см, а на станции. А.С. Попова (о. Белый) колебания уровня происходили около среднегодовых значений.

Размах колебаний уровня был сравнительно невелик и составил для станций им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Амдерма и Усть-Кара 103–119 см, а на станции им. А.С. Попова (о. Белый) – 153 см. Максимальные значения уровня в третьем квартале на станциях наблюдались в конце сентября: на станции им. Е.К. Федорова 25 сентября (+76 см), на станциях Амдерма (+93 см), Усть-Кара (+83 см) и им. А.С. Попова (о. Белый) (+63 см) 30 сентября. Наиболее значительное падение уровня было зафиксировано на станции А.С. Попова (о. Белый) 12 сентября, когда уровень опустился на 87 см ниже среднегодового значения.

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.4, табл. 3.3) на станциях Сопочная Карга, ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина), Мыс Стерлегова в июле месяце наблюдалось неустойчивое состояние уровня поверхности моря. За первую декаду месяца уровень моря поднялся на 94 см выше многолетнего значения, а затем опустился на 30 см ниже многолетнего значения. На станции Сопочная Карга такие колебания происходили на протяжении всего квартала, тогда как на остальных станциях уровень изменялся с меньшей амплитудой. В целом в течение квартала колебания уровня происходили на повышенном фоне от +16 см на станции ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) в августе до +40 см на станции Сопочная Карга в сентябре.

Наиболее значительные повышения уровня на станциях северо-восточной части Карского моря, отмечались в начале июля и начале сентября: на станции Сопочная Карга 4 июля уровень поднялся на 94 см, а 5 сентября на 95 см выше среднегодового значения. На станции о. Диксон 5 сентября уровень был на 98 см выше среднегодового значения. 28–29 августа существенный подъем уровня был зафиксирован на станциях Сопочная Карга (+91 см), Мыс Стерлегова (+78 см) и ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) (+51 см).

На станции Новый Порт (Обская губа) (рис. 3.5, табл. 3.4) колебания уровня в значительной степени определялись сезонными процессами, характерными для устьевых областей крупных рек. Колебания уровня происходили на повышенном фоне: от +35 см в июле до +27 см в сентябре. Максимальное значение уровня наблюдалось 31 июля (+86 см), а минимальное 30 сентября (–17 см).



Таким образом размах колебаний уровня был сравнительно невелик: от 84 см на станции Мыс Стерлегова до 134 см на станции Сопочная Карга.

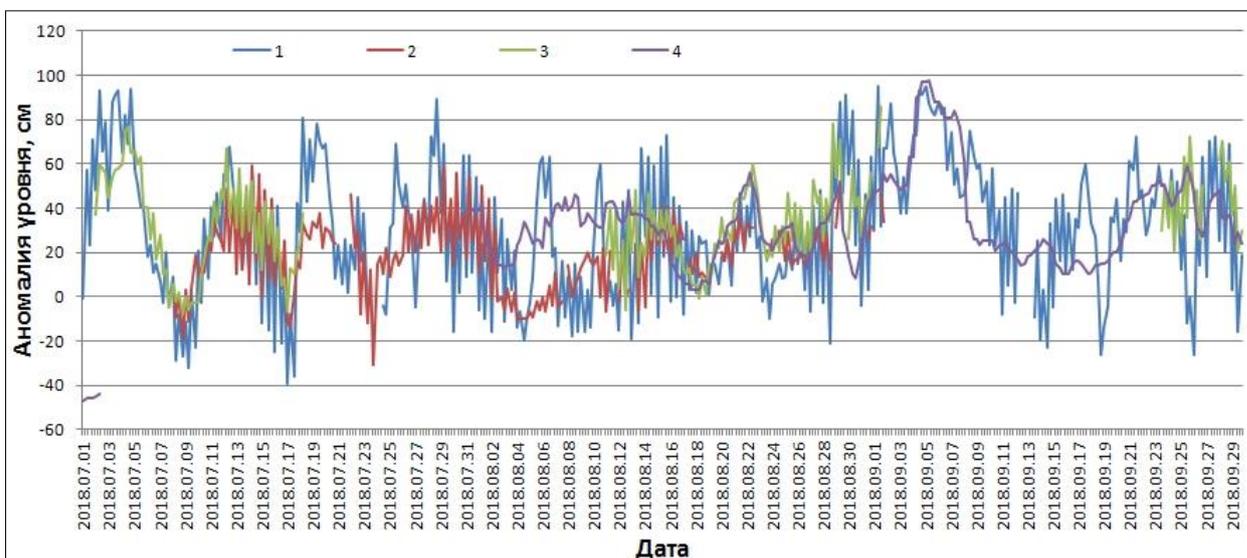


Рис. 3.4. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в июле – сентябре 2018 г.

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

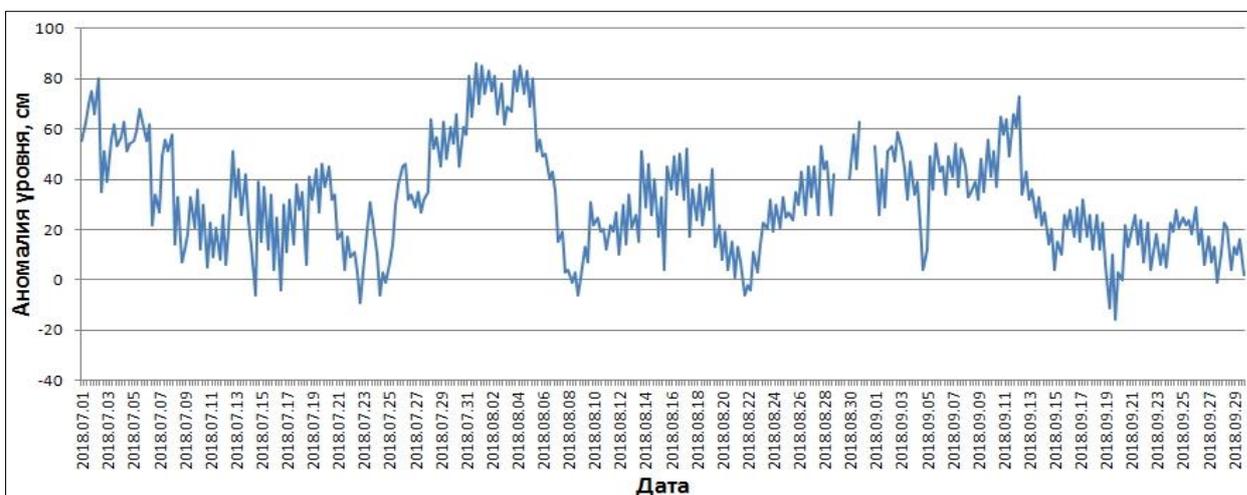


Рис. 3.5. Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в июле – сентябре 2018 г.



Таблица 3.3

Основные характеристики колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря и Обской губы в июле – сентябре 2018 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		VII	VIII	IX
Новый Порт (Обская губа)	$h_{\text{ср}}$ (см)	35	34	27
	σ_h (см)	22	23	18
	h_{min} (см)	-9	-6	-17
	Дата	22	8	30
	h_{max} (см)	86	85	73
	Дата	31	1	12
о. Диксон	$h_{\text{ср}}$ (см)	-	29	39
	σ_h (см)	-	12	23
	h_{min} (см)	-	3	10
	Дата	-	17	15
	h_{max} (см)	-	56	98
	Дата	-	22	5
Сопочная Карга	$h_{\text{ср}}$ (см)	32	21	40
	σ_h (см)	32	26	29
	h_{min} (см)	-39	-21	-26
	Дата	17	28	18, 26
	h_{max} (см)	94	91	95
	Дата	4	29	1, 5
м. Стерлегова	$h_{\text{ср}}$ (см)	-	31	-
	σ_h (см)	-	16	-
	h_{min} (см)	-	-6	-
	Дата	-	12	-
	h_{max} (см)	-	78	-
	Дата	-	28	-
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	$h_{\text{ср}}$ (см)	22	16	-
	σ_h (см)	18	15	-
	h_{min} (см)	-31	-10	-
	Дата	23	4	-
	h_{max} (см)	59	51	-
	Дата	14	29	-



Таблица 3.4

Основные характеристики колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в июле – сентябре 2018 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		VII	VIII	IX
Анабар	h_{cp} (см)	-9	-7	3
	σ_h (см)	37	40	48
	h_{min} (см)	-55	-55	-55
	Дата	13, 27	4, 7	4, 28
	h_{max} (см)	92	112	112
	Дата	13	31	3
м. Кигилях	h_{cp} (см)	33	17	43
	σ_h (см)	11	18	17
	h_{min} (см)	9	-44	15
	Дата	1	5	16
	h_{max} (см)	56	50	101
	Дата	18	30	8
пр. Санникова	h_{cp} (см)	23	12	17
	σ_h (см)	8	19	18
	h_{min} (см)	-1	-33	-20
	Дата	1	8	20
	h_{max} (см)	46	47	67
	Дата	4	20	1
о. Котельный	h_{cp} (см)	25	20	35
	σ_h (см)	23	24	22
	h_{min} (см)	-17	-32	-29
	Дата	3	15	10
	h_{max} (см)	72	63 (72)	74
	Дата	2	31	15

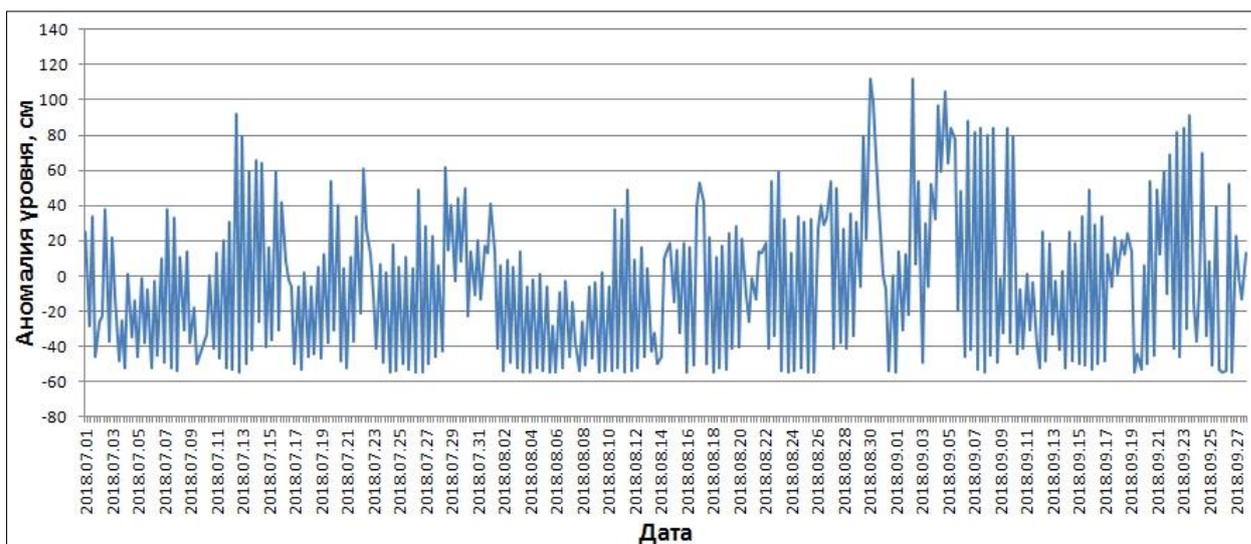


Рис. 3.6 Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в июле – сентябре 2018 г.

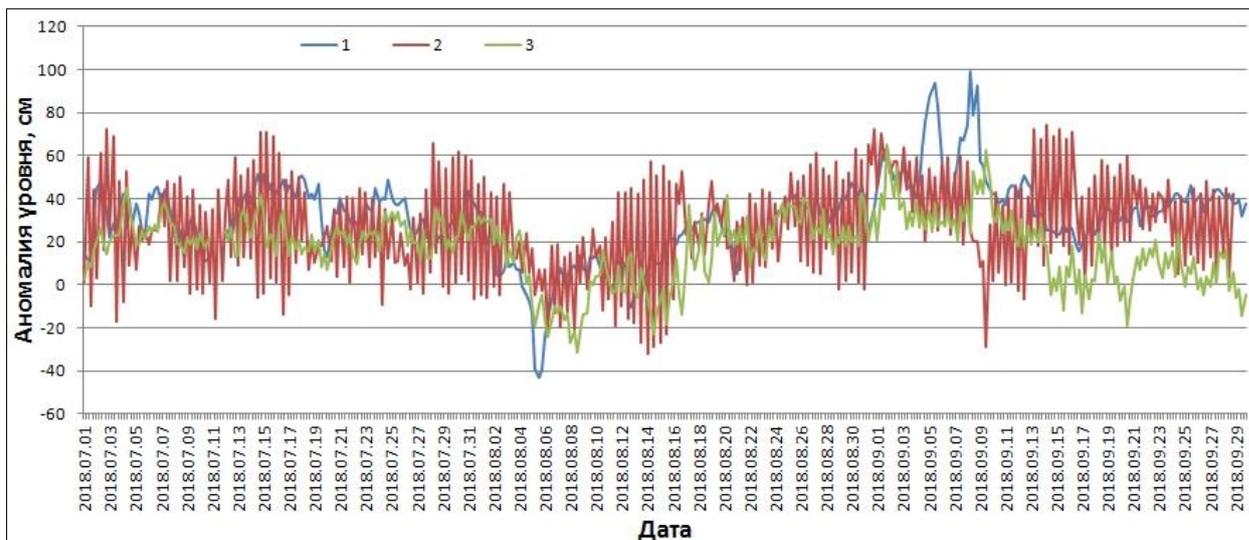


Рис. 3.7. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле – сентябре 2018 г.

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

В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.6, табл. 3.4) среднемесячные значения уровня в июле и августе были ниже среднемноголетнего уровня (-7 – -9 см), тогда как в сентябре среднемесячное значение было несколько выше среднемноголетнего уровня ($+3$ см). Так же в сентябре выделяется явное увеличение среднеквадратического отклонения уровня. Максимальные значения уровня $+112$ см наблюдались 31 августа и 3 сентября. При этом стоит отметить очень высокую повторяемость минимального значения уровня (-55 см), которое несколько раз наблюдалось на протяжении всего квартала.

На востоке моря Лаптевых по данным станций м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный (рис. 3.7, табл. 3.4) колебания уровня происходили на повышенном фоне, при этом в июле и сентябре он был выше, чем в августе. Если в июле средний уровень на разных станциях составлял $+23$... $+33$ см, а в сентябре – $+17$... $+43$ см, то в августе его значения составляли $+12$... $+20$ см.

Наиболее существенное понижение уровня в этом районе отмечалось в первой декаде августа: до -32 см на станции о. Котельный, -33 см на станции пр. Санникова и -44 см на станции м. Кигилях. Максимальный уровень был зафиксирован в первой половине сентября: на станции м. Кигилях 8 сентября ($+101$ см), на станции о. Котельный 15 сентября ($+74$ см) и 1 сентября на станции пр. Санникова ($+67$ см). Таким образом размах колебаний уровня и здесь был сравнительно невелик и составил 145 см для станции м. Кигилях, 106 см для станции о. Котельный и 100 см для станции пр. Санникова



Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в третьем квартале 2018 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 2018 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 июля по сентябрь 2018 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 3.8–3.12.



Таблица 3.8

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в
Баренцевом море в третьем квартале 2018 г.**

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	–	16	13	2	–	–
Август	–	8	16	7	–	–
Сентябрь	–	6	5	9	5	5
Итого	–	30	34	18	5	5

Как видно из таблицы 3.8, в третьем квартале 2018 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Самым штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн в этот период составила 5,5 – 6,0 м (4,24 и 25 сентября).

На рисунке 3.8, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря 4 сентября 2018 г. на 06 ч.

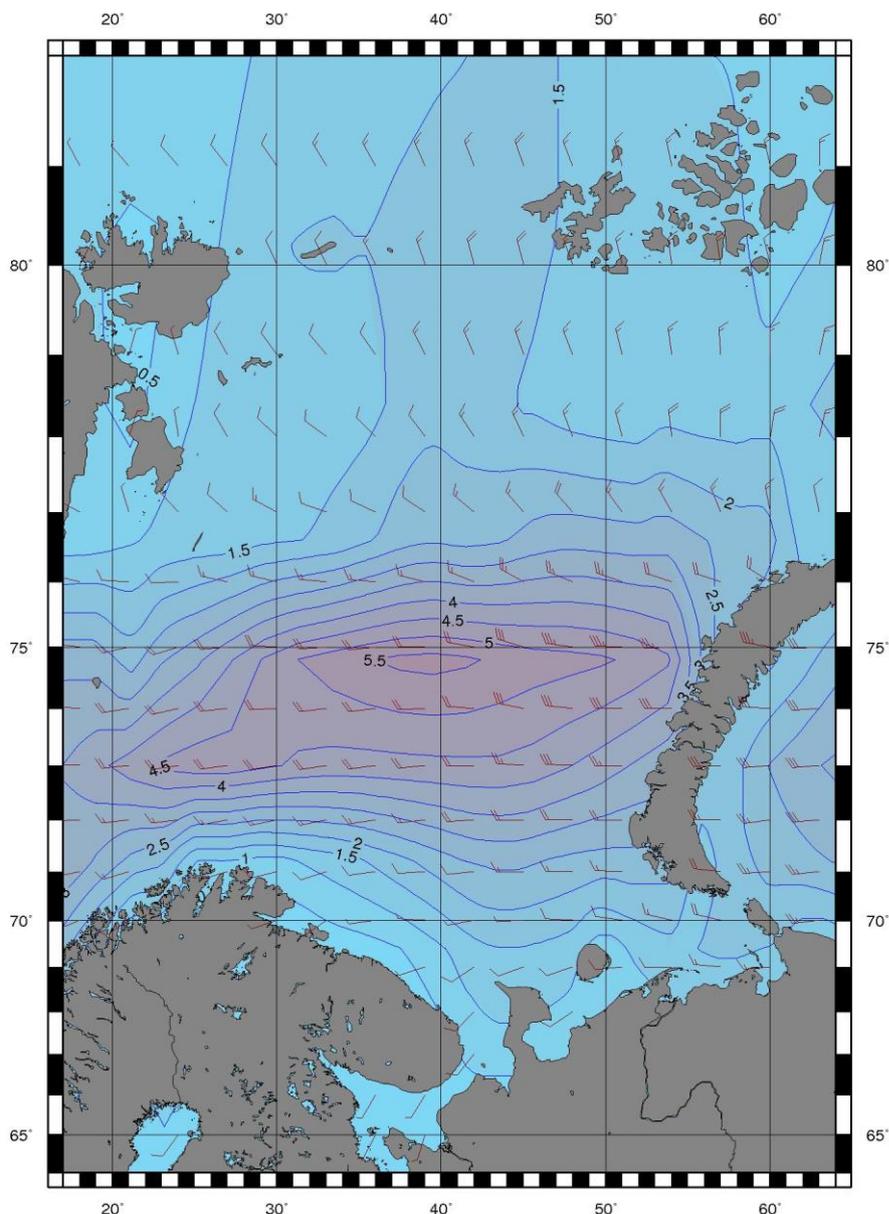


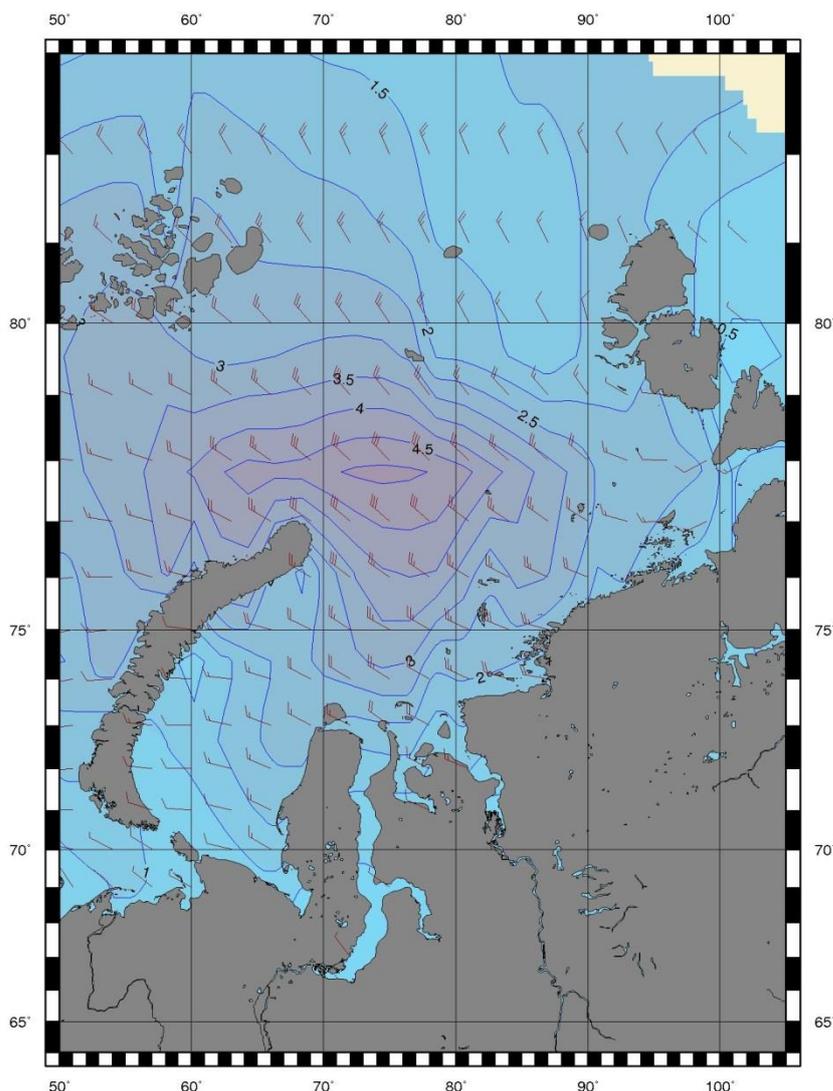
Рисунок 3.8 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 06 ч UTC 04 сентября 2018 г.

В Карском море (таблица 3.9) в третьем квартале 2018 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн в этот период составила более 5 м (1 сентября на 18 ч, 2 сентября на 00 ч). Море полностью очистилось ото льда в начале августа. Область чистой воды в августе доходила до 83° с.ш., а в конце сентября - до 84° с.ш. На рисунке 3.9, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Карского моря на 18 ч 01 сентября 2018 г.

Таблица 3.9

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Карском море в третьем квартале 2018 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	4	10	16	1	–	–
Август	2	13	14	2	–	–
Сентябрь	–	10	7	8	3	2
Итого	6	33	37	11	3	2


Рисунок 3.9 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Карском море на 18 ч UTC 01 сентября 2018 г.

Сведения о распределении высот волн H_s в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском даны в таблицах 3.10 – 3.12. Как видно из таблиц, в море Лаптевых преобладало волнение от 1 до 3 м, а в Восточно-Сибирском и Чукотском морях



преобладало волнение с высотами от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем для морей Лаптевых и Восточно-Сибирского стал сентябрь.

Наибольшая расчетная высота волн в море Лаптевых составила 5,5–6,0 м (27 сентября на 18 ч и 28 сентября на 00 и 06 ч), что на 2 м выше, чем в 2017 г.

Наибольшая расчетная высота волн в Восточно-Сибирском море составила 3,5–4,0 м 6 сентября (00 ч) и 28 сентября (00, 06, 12 и 18 ч).

Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила 3,5–4,0 м 9 июля (12 и 18 ч), 13 августа (18ч), 14 августа(00, 06 и 12 ч), что на 1,5 м ниже, чем в 2017 г.

Таблица 3.10

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в море Лаптевых в третьем квартале 2018 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	4	19	8	–	–	–
Август	1	11	18	1	–	–
Сентябрь	–	7	10	9	2	2
Итого	5	37	36	10	2	2

Таблица 3.11

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2018 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Август	8	15	8	–
Сентябрь	–	11	7	12
Итого	8	26	15	12

Таблица 3.12

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Чукотском море в третьем квартале 2018 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	3	20	5	3
Август	2	15	11	3
Сентябрь	1	12	14	3
Итого	6	47	30	9

Море Лаптевых полностью освободилось ото льда в конце августа, и к середине сентября область чистой воды доходила в море Лаптевых до 81-82°с.ш.

Особая ледовая обстановка была в этом году в Восточно-Сибирском море, которое начало открываться в начале августа, что на месяц позже по сравнению с 2017 г. Обычно в сентябре море полностью освобождается ото льда, но в этом году, к концу сентября, Восточно-Сибирское море открылось лишь в западной и восточной частях, а центральная часть моря была покрыта льдом.

Область чистой воды в Чукотском море в июле распространилась до 73° с.ш, в августе до 74° , а в сентябре до 78° с.ш.

На рисунке 3.10, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s для морей восточной Арктики на 18 ч UTC 27 сентября 2018 г.

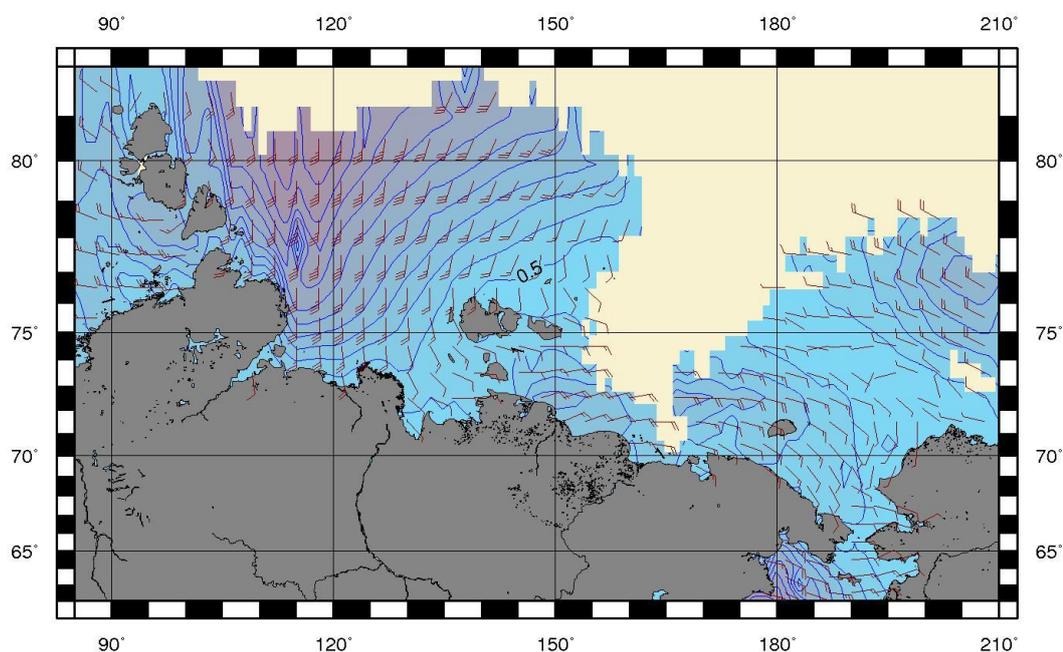


Рисунок 3.10 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях восточной Арктики на 18 ч UTC 27 сентября 2018 г.