

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

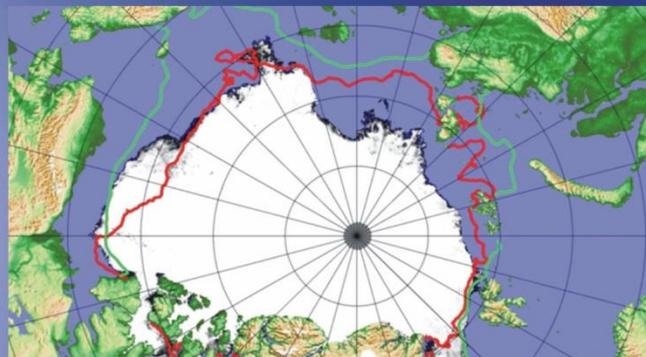


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2019



**СОДЕРЖАНИЕ**

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Метеорологические условия в Северной полярной области в апреле — июне 2019 г.	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 апреле-июне 2019 г.	27
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь	27
2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период.....	43
3. Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2019 г.	50
3.1. Термохалинные условия.....	50
3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО	51
3.2 Уровень арктических морей.....	54
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей во 2 квартале 2019 г.....	60



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель-июнь) 2019 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской 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 (ответственный - 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 директором ГУ «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 апреле — июне 2019 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 апреля по июнь 2019 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – март 2019 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.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с апреля по июнь 2019 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй квартал 2019 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземного давления и температуры воздуха и их аномалий.

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период январь — март 2019 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	11	32	48	15	65	11
Аномалия	-17	3	14	-13	32	-19

В период с апреля по июнь 2019 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (E) форм циркуляции. Процессы данных форм составили 48 дней и превысили норму на 14 дней. Процессы меридиональной (C) формы близки к многолетней норме.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M1. Данные процессы отмечались 65 дней, что выше нормы на 32 дня.

Анализ процессов показал, что в апреле-июне 2019 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 апреля по июнь 2019 г. представлен на рис. 1.1.1.

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с апреля по июнь 2019 г. выглядит следующим образом:

Апрель (C+E)_{M1+3} → Май (E+C)_{M1} → Июнь (E)_{M1}

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 рис. 1.1.2 отдельно для европейского и американского секторов Арктики.

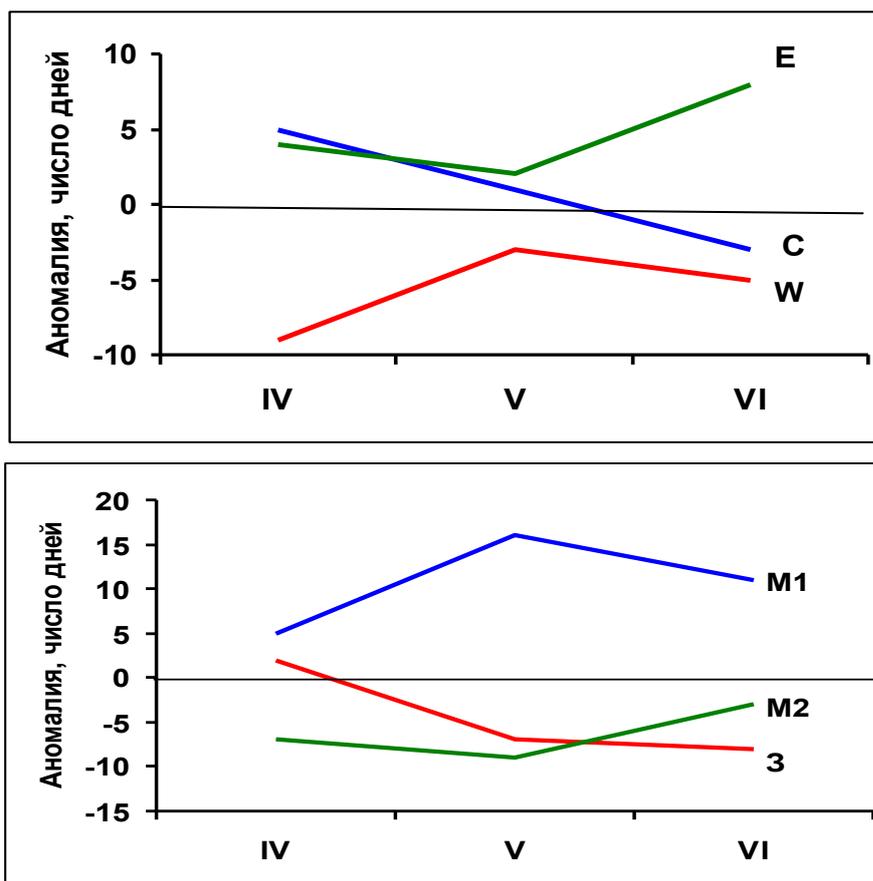


Рис. 1.1.1. Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период апрель – июнь 2019 г.

W – западная форма, *E* – восточная форма, *C* – меридиональная форма, *3* – зональный тип, *M₁* – первый меридиональный тип, *M₂* – второй меридиональный тип

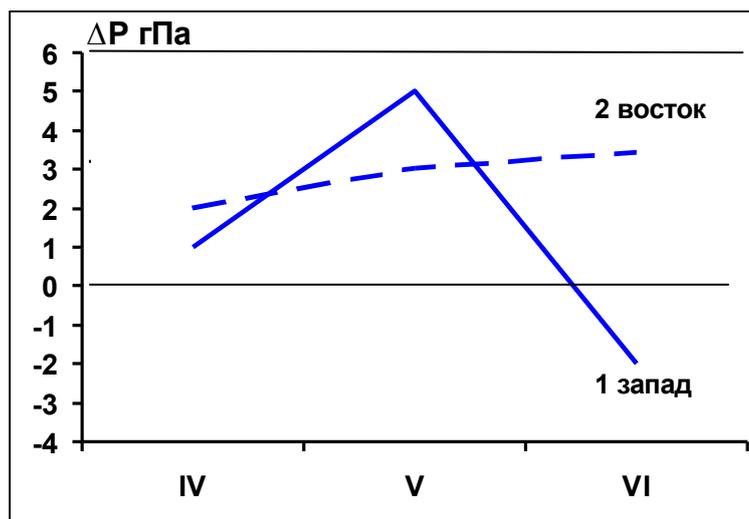


Рис. 1.1.2. Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в апреле – июне 2019 г. в европейском (1) и американском (2) секторах полярного района Арктики

В апреле и мае под влиянием арктического антициклона отмечался фон давления с положительными аномалиями давления. В дальнейшем в западном секторе полярного

района при усилении циклонической деятельности преобладали отрицательные аномалии давления. Изменения в апреле — июне 2019 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.1.3.

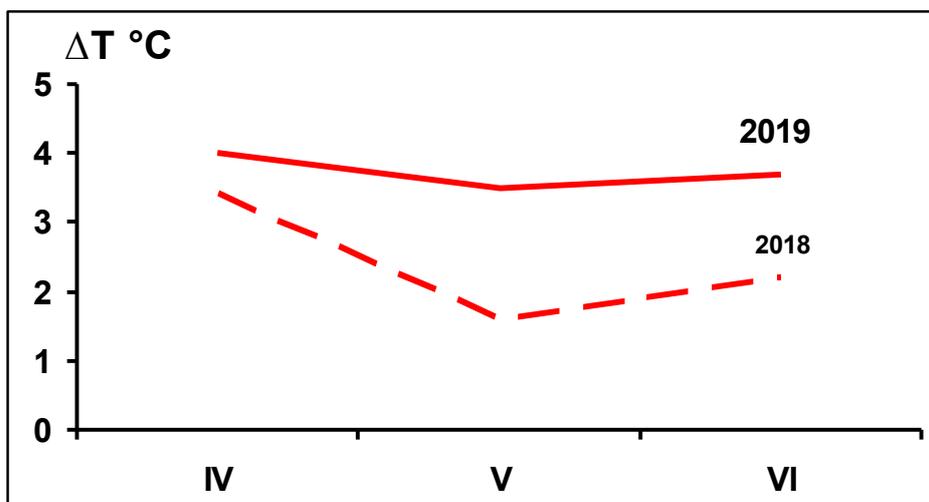


Рис. 1.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 — 85° с.ш. в апреле — июне 2019 г.

Во все месяцы второго квартала в целом над полярным районом фон температуры был выше нормы. По сравнению с прошлым годом фон с положительными аномалиями температуры повысился.

Тенденция к повышению температурного фона во втором квартале 2019 г. была обусловлена более устойчивой адвекцией теплых воздушных масс в полярный район Арктики с теплого континента Азии.

Структурные особенности развития атмосферных процессов во втором 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 апреле — июне 2019 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 апреле 2019 г. полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней, которые блокировали выходы циклонов в полярный район Арктики.

Циркумполярный вихрь (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа имел два центра — над Таймыром и Канадой (рис. 1.1.4).

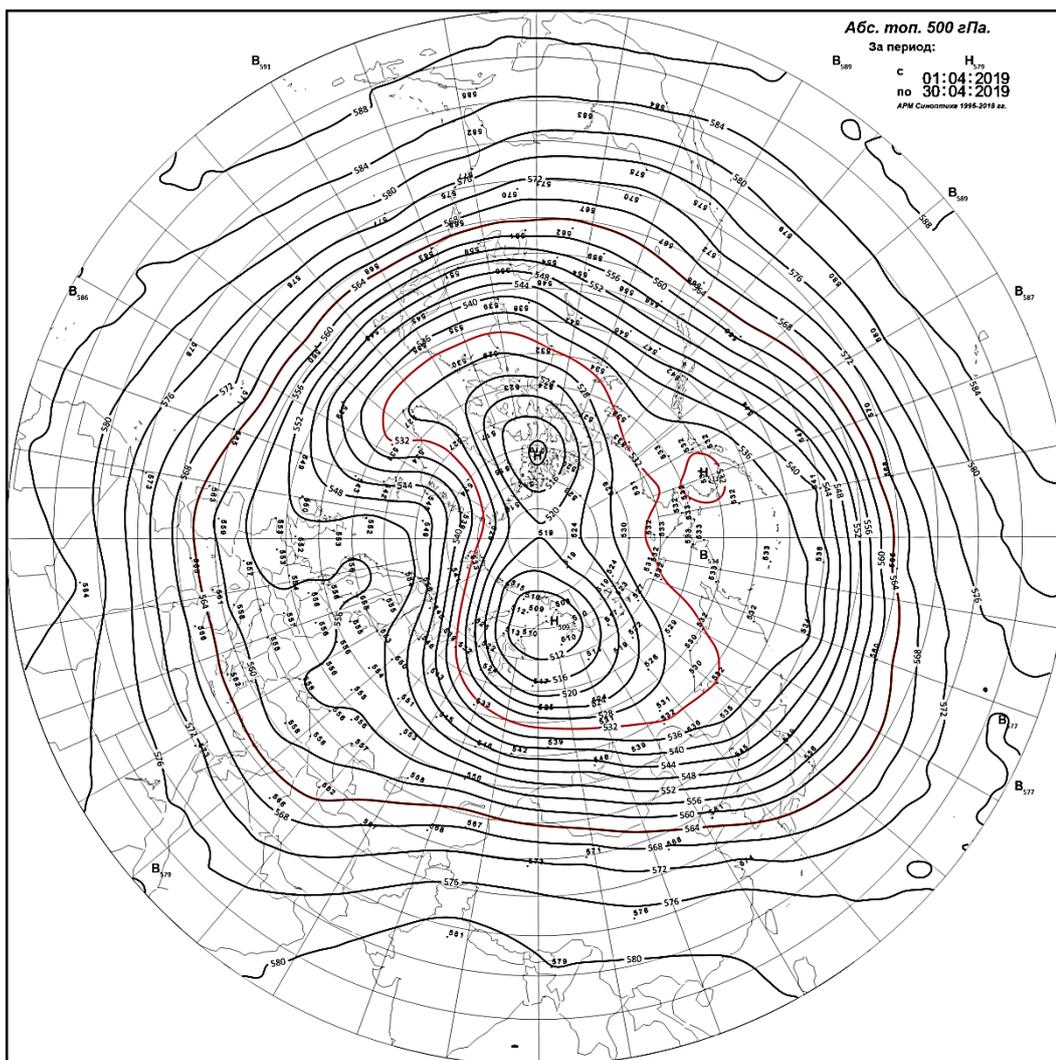


Рис. 1.1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2019 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась сочетание крупномасштабных атмосферных процессов восточной и меридиональной форм циркуляции.

Под влиянием гребней устойчивого антициклона с центром над Скандинавией циклоны в системе исландского минимума смещались в Арктику по высокоширотным траекториям.

Наиболее низкий фон давления с отрицательными аномалиями до 8–10 гПа отмечался в северо-восточной части Карского моря и в море Лаптевых (рис. 1.1.5).

Под влиянием устойчивой адвекции теплых воздушных масс преобладали положительные аномалии температуры до значений 4 — 6 °С.

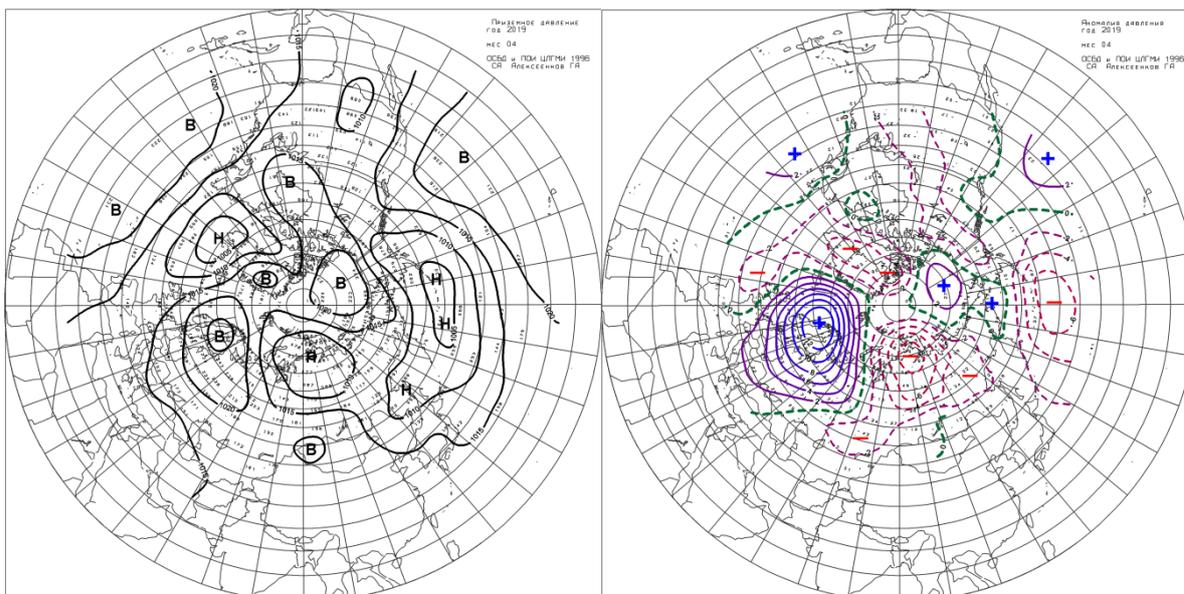


Рис. 1.1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в апреле 2019 г.(гПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы меридионального типа M_1 .

Особенностью процессов данного месяца явилось усиление арктического антициклона в восточном секторе полярного района. Фон давления в данном секторе Арктики был выше нормы на 2 — 3 гПа.

Под влиянием адвекция теплых воздушных масс с Тихого океана сформировался температурный фон выше нормы на 2 — 4 °С (рис. 1.1.6).

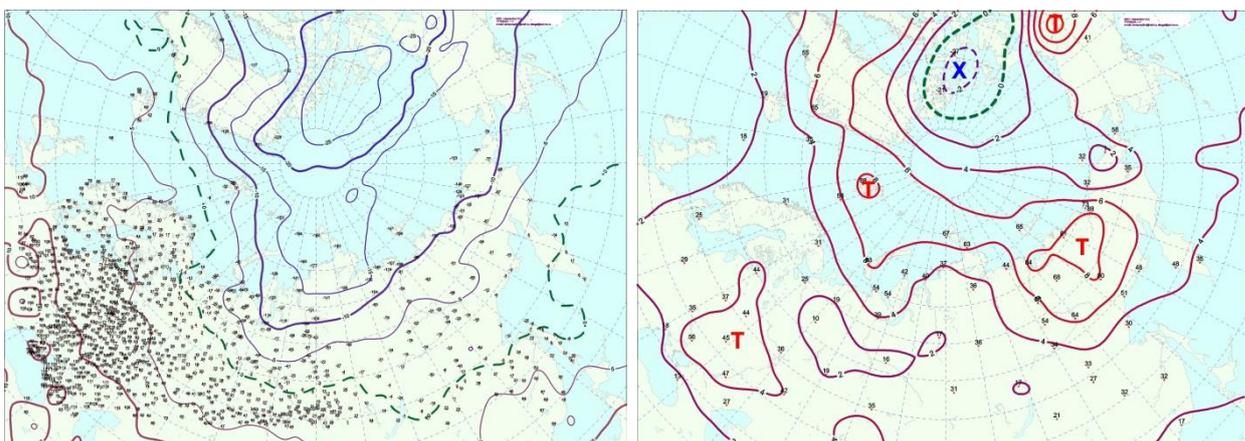


Рис. 1.1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2019 г., (°С)

В *мае 2019 г.* полярный район находился под влиянием высотных гребней антициклонов, под которыми в приземном поле сформировался антициклон с центром в восточном секторе Арктики. Вследствие этого циркумполярный вихрь на изобарической

поверхности 500 гПа имел два центра. Один располагался в район Канады и второй над районом Таймыра (рис. 1.1.7).

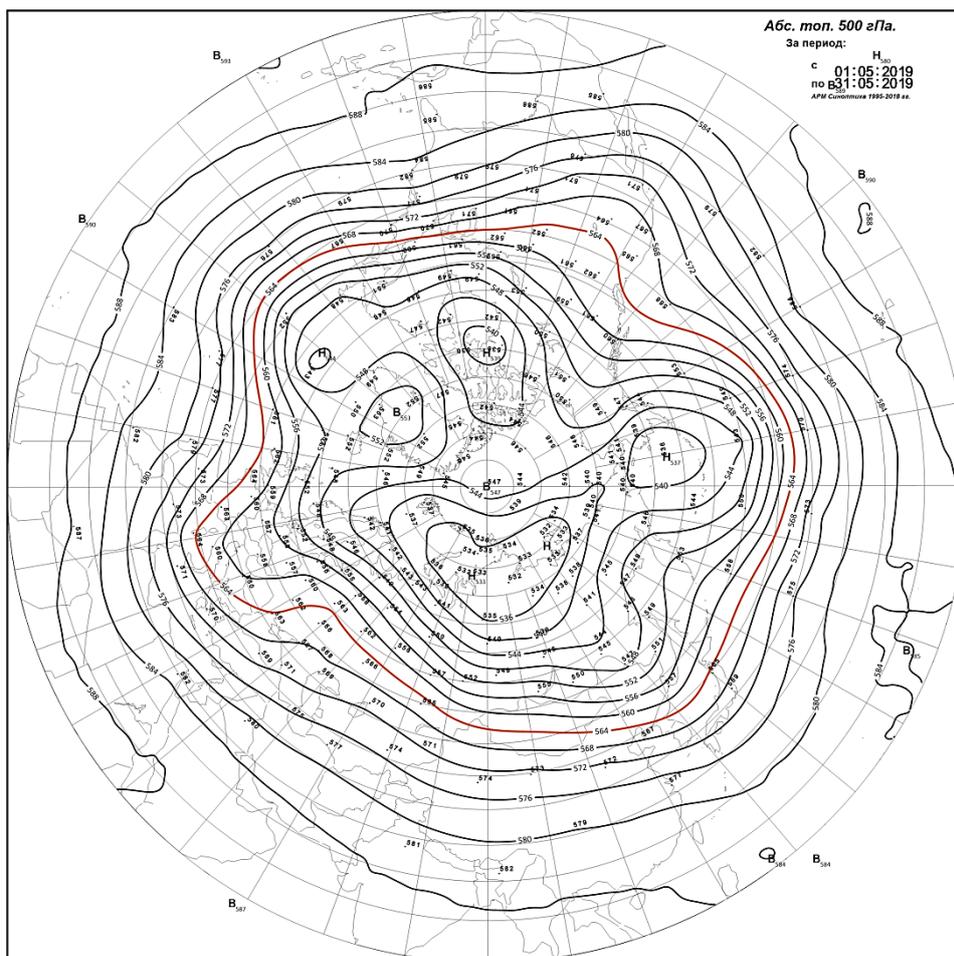


Рис. 1.1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2019 г.

В *первом секторе* отмечалось аномальное развитие процессов восточной и меридиональной форм циркуляции атмосферы. Под влиянием гребней арктического антициклона циклоны Северной Атлантики смещались по низкоширотным траекториям по континентальной части Евразии (рис. 1.1.8).

Фон давления в западном секторе Арктики был выше нормы на 6 — 10 гПа. Воздушные потоки юго-восточных направлений обусловили фон температуры выше нормы на 2 — 4 °С (рис. 1.1.9).

Во *втором секторе* направленность крупномасштабных атмосферных процессов типа M_1 и основные метеорологические параметры сохранились.

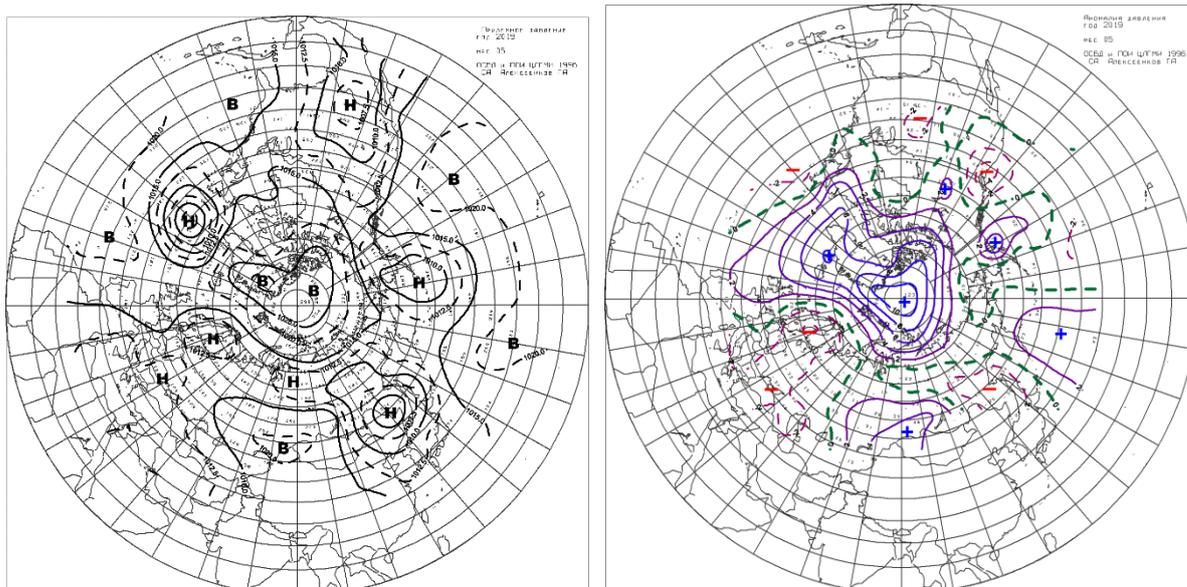


Рис. 1.1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2019 г.(гПа)

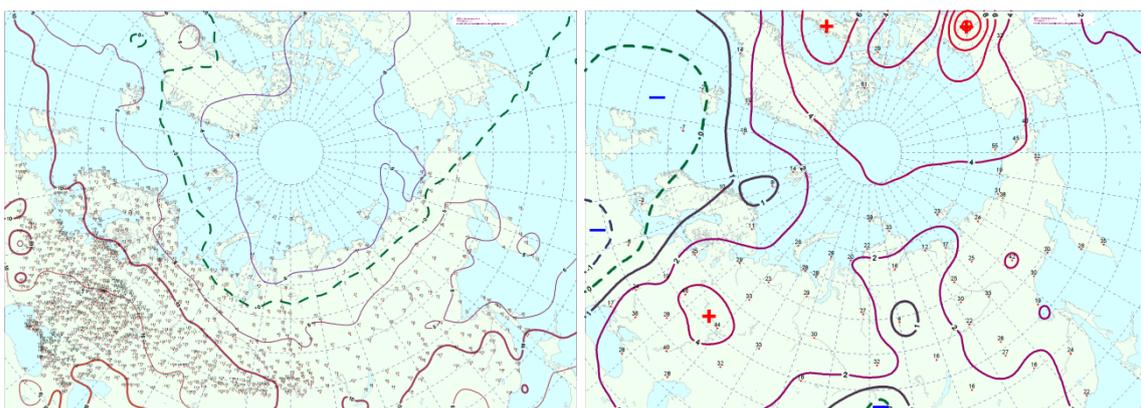


Рис. 1.1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2018 г., (°С)

В июне 2019 г. центр циркумполярного вихря находился в районе Карского моря. Основная ложбина ЦПВ были ориентированы на районы Канады. Наиболее часто гребни блокирующие западный перенос воздушных масс в толще тропосферы располагались над Европой. Высотная фронтальная зона располагалась севернее своего многолетнего положения (рис. 1.1.10).

В первом секторе наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов восточной формы циркуляции. Циклоны Северной Атлантики чаще, чем в мае, смещались по ВФЗ высокоширотными траекториями.

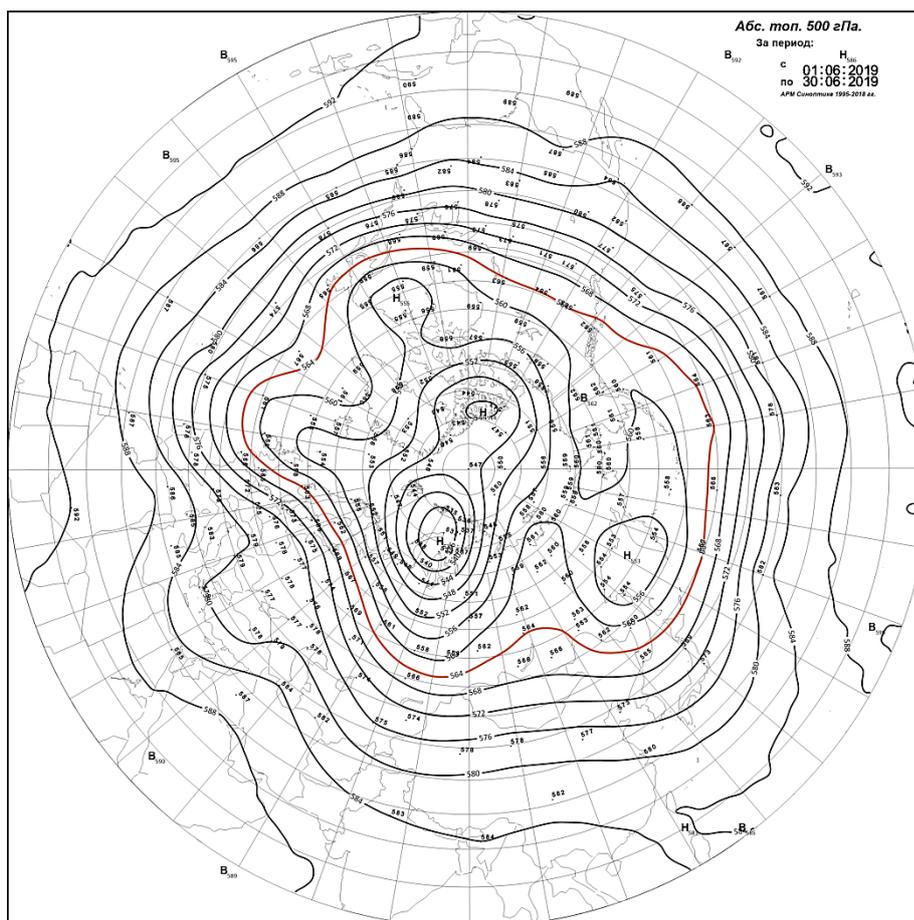


Рис. 1.1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2019 г.

Фон давления в западном секторе понизился до отрицательных аномалий. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в районе Баренцева и Карского морей (рис. 1.1.11).

Фон температуры с положительными аномалиями, по сравнению с маем, повысился на 1 — 2 °С.

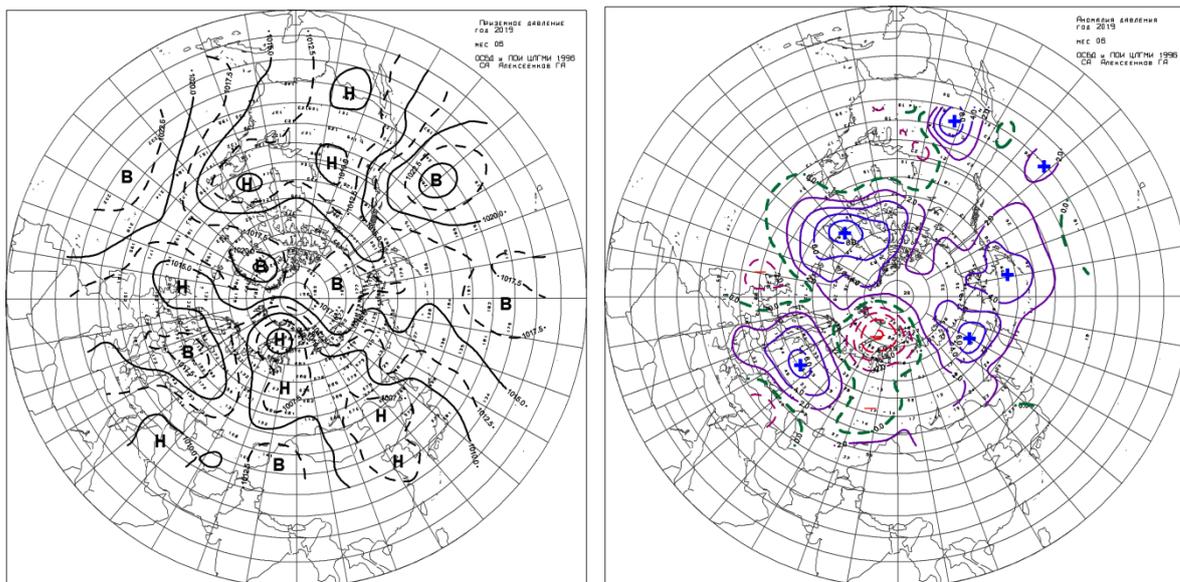


Рис. 1.1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2019 г.(гПа)

Во *втором секторе* сохранилось преобладание меридиональных процессов типа M_1 . Циклоническая деятельность в системе алеутского минимума под влиянием гребней арктического и гавайского антициклонов была ослаблена и циклоны не оказывали существенного влияния на восточный сектор полярного района Арктики.

Фон давления в восточном секторе сохранился выше нормы.

Воздушные потоки преимущественно восточных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры (рис. 1.1.12).

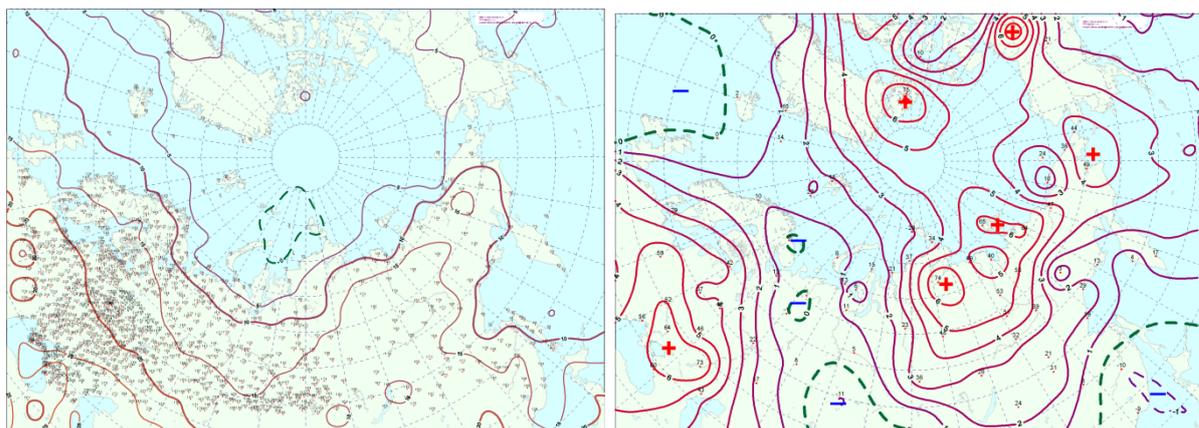


Рис. 1.1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2019 г., (°C)

Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов показал, что характерный для текущей циркуляционной стадии развития атмосферных процессов высокий температурный фон в целом для полярного района во втором квартале 2019 г. сохранился.

Средние за второй квартал данные значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики за текущий 2019 г. и за прошлый 2018 г. приводятся на рисунке 1.1.13.

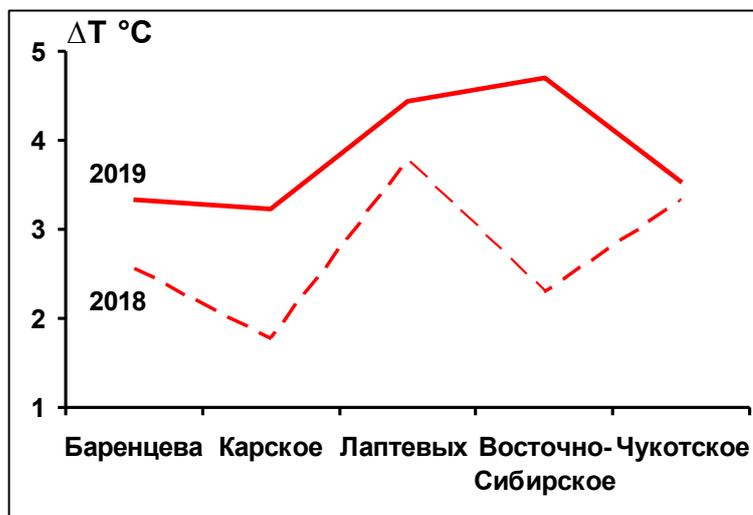


Рис. 1.1.13. Средние за второй квартал значения аномалий температуры воздуха (°C) по акваториям морей российской Арктики в 2018 и 2019 гг.

Как видно на рис. 1.1.13, повышение температурного фона во втором квартале этого года отмечено во всех морях. В Чукотском море фон температуры близок к прошлому году. Тенденция к наиболее высокому повышению температурного фона во втором квартале отмечена в районе Восточно-Сибирского моря.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в апреле — июне 2019 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 апреля по июнь 2019 г. представлены в табл. 1.1.2.



Таблица 1.1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с апреля по июнь 2019 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Апрель 2019			Май 2019			Июнь 2019		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
			1-2	W	M ₁			
			3-7	C	M ₁	1-2	W	M ₁
1-3	C	M ₂	8-10	E	M ₁	3-5	E	M ₁
4-8	E	3	11-13	E	M ₁	6-8	E	M ₁
9-12	C	M ₁	14-17	C	3	9-11	W	M ₂
13-18	E	3	18-19	E	M ₂	12-15	C	M ₁
19-21	C	M ₁	20-22	E	M ₁	16-19	E	M ₁
22-27	E	M ₁	23-24	C	M ₁	20-22	E	M ₁
28-30	C	M ₂	25-27	W	M ₁	23-26	E	M ₁
			28-30	E	M ₁	27-30	C	M ₁
			31	W	M ₁			
Итого	W 0 (-9)	3 11 (2)	Итого	W 6 (-3)	3 4 (-7)	Итого	W 5 (-5)	3 0 (-8)
	C 13 (5)	M ₁ 13 (5)		C 11 (1)	M ₁ 25 (16)		C 8 (-3)	M ₁ 27 (11)
	E 17 (4)	M ₂ 6 (-7)		E 14 (2)	M ₂ 2 (-9)		E 17 (8)	M ₂ 3 (-3)

Примечания:

- 1 ЭСП – элементарный синоптический процесс
- 2 А-Е – атлантико-европейский сектор полушария
- 3 Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария
- 4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типами (3, M1, M2) атмосферной циркуляции

Выводы

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период апрель-июнь 2019 г., можно сделать следующие выводы.

1. В период апрель-июнь 2019 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (E) форм циркуляции. Процессы данных форм составили 48 дней и превысили норму на 14 дней. Процессы меридиональной (C) формы близки к многолетней норме.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₁. Данные процессы отмечались 65 дней, что выше нормы на 32 дня.

2. В средней тропосфере на изобарической поверхности H₅₀₀ в апреле и мае полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней с Северной Атлантики и Тихого океана, которые блокировали выходы циклонов в полярный район



Арктики. Под высотными гребнями антициклонов в приземном поле сформировался антициклон с центром в восточном секторе Арктики.

В июне произошла крупномасштабная перестройка в направленности атмосферных процессов. Полярный район находился под влиянием ЦПВ, под которым в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность в западном секторе Арктики.

3. В апреле и мае под влиянием арктического антициклона циклоны смещались преимущественно по низкоширотным траекториям. Фон давления в Арктике преобладал выше нормы. В дальнейшем при усилении циклонической деятельности в западном секторе преобладали отрицательные аномалии давления.

4. Во все месяцы второго квартала в среднем по полярному району фон температуры был выше нормы. По сравнению с прошлым годом фон с положительными аномалиями температуры повысился.

5. На трассе СМП повышение температурного фона во втором квартале этого года отмечено во всех морях. В Карском море фон температуры был близок к прошлому году.

В целом направленность атмосферных процессов и фоновые метеорологические показатели соответствуют фоновому метеорологическому прогнозу на 2019 г.

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 (рис.1.2.1) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев МПАБ.

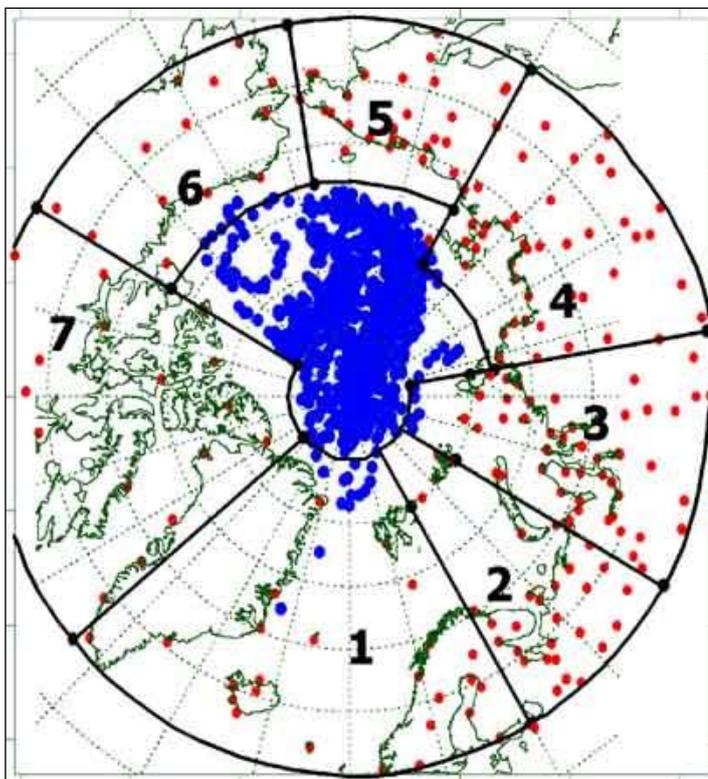


Рис. 1.2.1. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

1 – Атлантический; 2 – Североευропейский; 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 весеннего сезона рассматривался период с марта по май.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2019 года по отдельным широтным зонам (60 — 85, 70 — 85 и 60 — 70° с.ш.) представлена в табл.1.2.1. В весеннем сезоне 2019 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 3,8 °С.

Весна 2019 г. по рангу теплых лет стала наиболее теплой весной за период с 1936 г. Аномалия температуры в широтной зоне 70 — 85° с.ш. оказалась равной 4,1 °С, а в зоне

60 — 70° с.ш. 3,6 °С. Прошедший сезон в этих широтных зонах стал также наиболее теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.2.1

Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2019г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70 — 85	4,1	1	2019 (4,1)	1966 (-2,2)
60 — 70	3,6	1	2019 (3,6)	1964 (-2,2)
60 — 85	3,8	1	2019 (3,8)	1964 (-2,1)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2019 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в восточной части евразийского и западной части североамериканского секторов СПО (рис.1.2.2, табл.1.2.2). Аномалия температуры в Чукотском и Аляскинском районах составила 4,8 и 5,8 °С соответственно. Прошедший сезон в Чукотском районе стал вторым, а в Аляскинском – наиболее теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

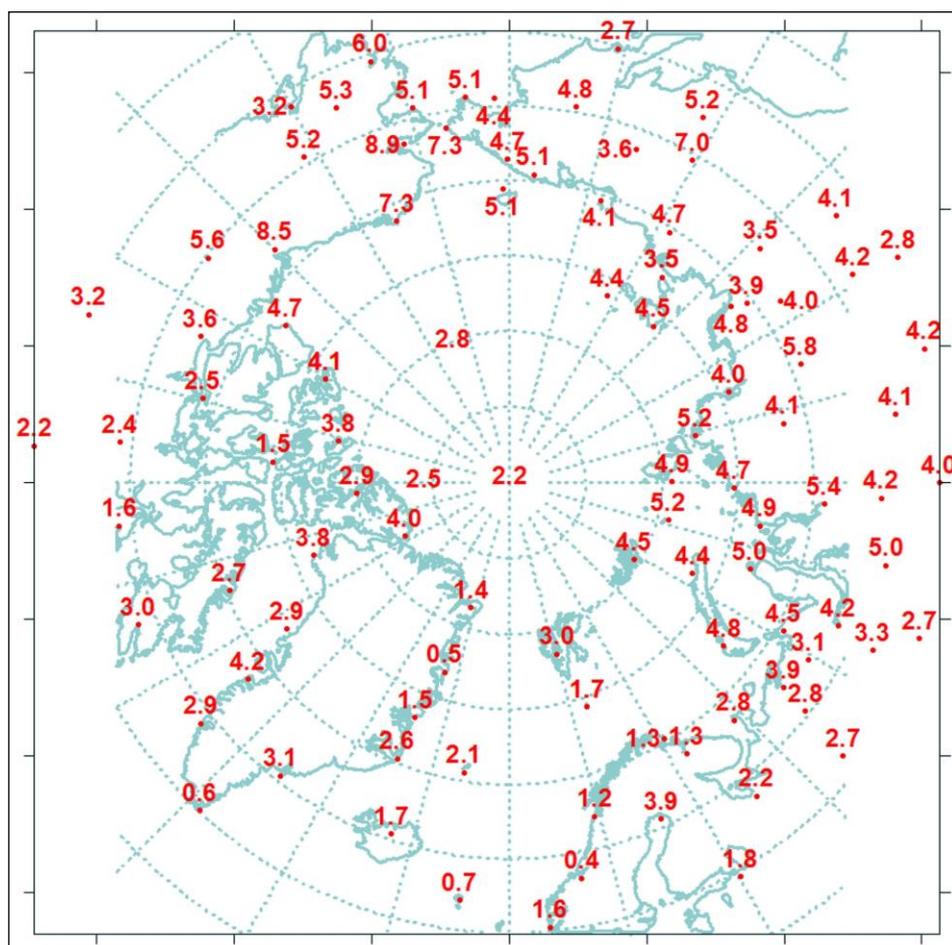


Рис. 1.2.2. Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона 2019 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.2.2

Аномалии (отклонение от нормы за 1961 — 1990 гг.) средней температуры воздуха в весеннем сезоне 2019 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	1,6	8	2004 (3,0)	1968 (-1,4)
Североевропейский	2,8	7	2016 (4,2)	1958 (-2,8)
Западносибирский	4,5	6	2011 (6,7)	1964 (-2,0)
Восточносибирский	4,2	4	2011 (5,5)	1958 (-2,7)
Чукотский	4,8	2	2017 (5,0)	1950 (-2,8)
Аляскинский	5,8	1	2019 (5,8)	1964 (-4,2)
Канадский	3,2	3	2010 (4,6)	1964 (-2,5)

В районах арктических морей наблюдались только положительные аномалии температуры. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в районе Чукотского моря и моря Бофорта. В районах этих морей прошедший весенний сезон стал самым теплым сезоном по рангу теплых лет (табл.1.2.3).

Таблица 1.2.3

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2019 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	1,8	10	2004,2006 (3,8)	1968 (-2,1)
Баренцево море	3,0	7	2016 (5,0)	1969 (-2,7)
Карское море	4,8	8	2011 (7,3)	1964 (-3,9)
Море Лаптевых	4,4	7	2011 (5,6)	1966 (-2,6)
Восточно-Сибирское море	4,4	4	1990 (5,4)	1950 (-2,5)
Чукотское море	5,7	1	2019 (5,7)	1985 (-3,2)
Море Бофорта	6,2	1	2019 (6,2)	1964 (-2,7)
Северная часть Канадского района	3,3	4	2010 (4,2)	1964 (-2,1)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за весенний 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 весенний сезон 1936 — 2019 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.1.2.4). Повышение температуры весеннего сезона составило соответственно 2,35; 2,10 и 2,18 °С за 84 года.

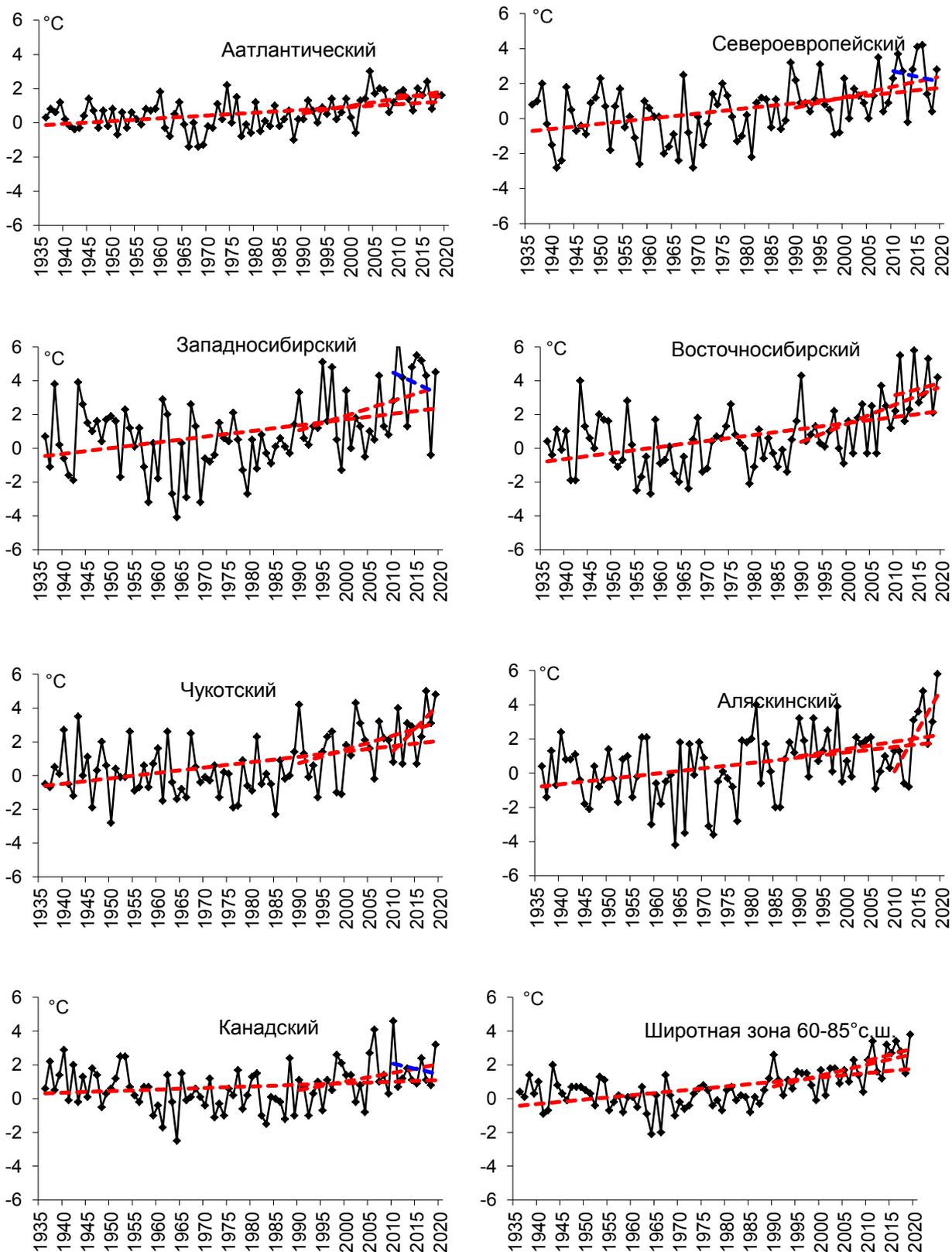


Рис. 1.2.3. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °С

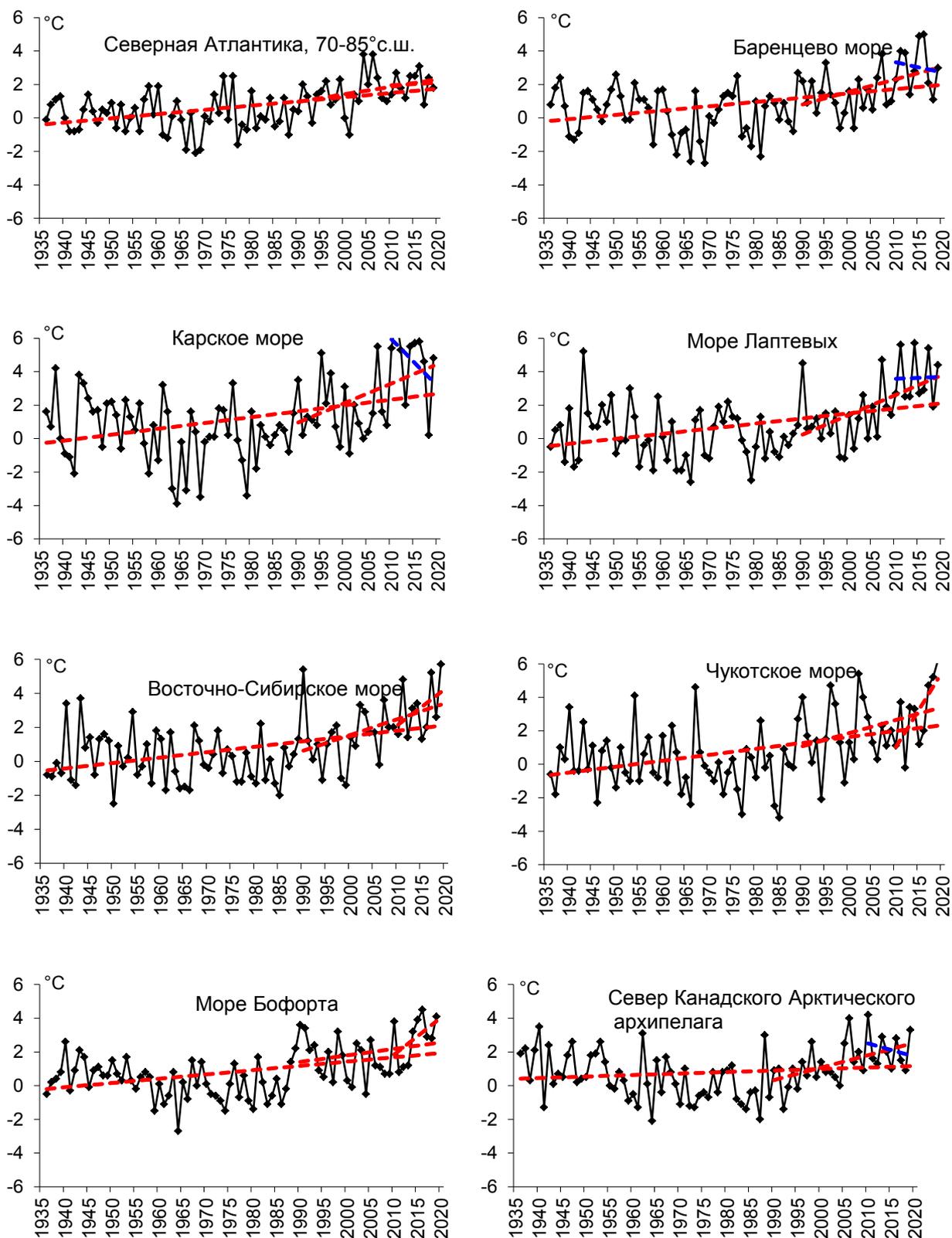


Рис. 1.2.4. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °C

Таблица 1.2.4

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

Район, широтная зона	1936 — 2019		1990 — 2019		2010 — 2019	
	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,16	43,7	0,44	49,3	-0,08	4,6
Североевропейский	0,30	44,8	0,60	37,5	-0,64	13,0
Западносибирский	0,34	37,8	0,88	35,8	-1,30	18,7
Восточносибирский	0,36	47,0	1,10	53,7	0,75	14,3
Чукотский	0,32	44,8	0,82	42,2	2,82	52,9
Аляскинский	0,31	39,4	0,43	22,0	4,92	69,2
Канадский	0,10	17,7	0,51	35,1	-0,65	15,6
60-70° с.ш.	0,25	54,9	0,54	47,7	1,10	34,1
70-85° с.ш.	0,28	52,9	0,86	64,1	0,64	23,4
60-85° с.ш.	0,26	55,3	0,65	56,3	0,75	24,9

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1990-2019 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах в весенней температуре характерны статистически значимые (на 5% уровне значимости) положительные тренды. Повышение температуры в целом по СПО составляет 1,95 °С за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Западносибирского и Восточносибирского районов. Значение линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха здесь составляет соответственно 2,64 и 3,30 °С/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде в районах приатлантического сектора наблюдается слабо выраженный отрицательный линейный тренд. В целом по СПО знак тренда в температуре весеннего сезона положителен.

В районах всех арктических морей сохраняется положительный знак линейного тренда в изменениях температуры воздуха весеннего сезона (табл.1.2.5). Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха отмечается в районе Карского моря и моря Лаптевых. За 1990-2019 гг. температура воздуха в районах повысилась на 3,51 и 3,57 °С/30 лет соответственно.

Таблица 1.2.5

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

Море, часть моря	1936-2019		1990-2019		2010-2019	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,25	48,2	0,45	36,3	0,13	5,5
Баренцево море	0,26	39,1	0,75	45,4	-0,61	13,5
Карское море	0,35	36,8	1,17	44,3	-2,85	42,0
Море Лаптевых	0,30	39,3	1,19	54,5	0,13	2,6
Восточно-Сибирское море	0,32	42,8	0,93	45,2	2,13	39,4
Чукотское море	0,36	41,9	0,78	34,4	4,52	67,7
Море Бофорта	0,25	42,7	0,39	24,7	2,20	49,3
Северная часть Канадского района	0,10	15,6	0,74	52,3	-0,81	22,2

Примечание: *Bx* – значение линейного тренда в °С/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 в холодном сезоне 2018/19 г. проводилась по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принят период с октября по май, период преимущественного выпадения твердые осадков.

В табл.1.2.6 представлены относительные аномалии (в % от нормы 1961 — 1990 гг.) количества осадков за холодный сезон 2018/19 г. для отдельных широтных зон и климатических районов.

Таблица 1.2.6

Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков холодного сезона 2018/19 г.

Клим. район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	84,3	2015 (123,2)	1968 (75,2)
Североевропейский	119,5	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	127,7	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	92,2	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	90,9	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	119,7	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	80,3	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	99,0	2015 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	115,9	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	99,4	1954 (117%)	1980 (90%)

В целом в СПО осадков выпало чуть ниже нормы (99,4 %). Такое количество осадков, выпавших в холодном периоде 2018/19 г. в СПО оказалось двадцать четвертым значением в ряду убывающих значений с 1936 года. К югу от 70°с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало ниже нормы на 1,0 %, а к северу на 15,9 % выше нормы. Это



соответственно двадцать второе и седьмое значения в ряду убывающих значений с 1936 года.

В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков холодного сезона за весь период (с 1936 по 2019 гг.) по северным (70 — 85° с.ш.) и южным (60 — 70° с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рис. 1.13 временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

Таблица 1.9

Коэффициенты линейного тренда сумм осадков холодного 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 — 2019			1990 — 2019		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	5,25	5,2	13,1	-7,56	-2,7	5,7
Скандинавия и север ЕТР	13,97	38,6	69,5	-4,96	-4,9	12,6
Западная Сибирь	8,99	28,0	62,0	-2,16	-2,4	6,5
Восточная Сибирь	2,40	13,5	37,4	-2,32	-4,7	14,5
Чукотка	0,21	0,8	01,4	0,19	0,3	0,6
Аляскинский (южная часть)	3,53	17,5	23,7	4,42	7,8	10,7
Канадский (южная часть)	-0,49	-3,0	6,8	-7,66	-16,6	40,0
60 — 70° с.ш.	5,03	14,1	47,3	-1,87	-1,9	6,6
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	10,24	36,5	55,7	20,89	26,6	46,5
Баренцево море	6,89	25,6	59,7	6,71	8,9	25,4
Карское море	0,45	2,9	05,5	5,09	11,5	23,5
Море Лаптевых	-3,06	-21,1	40,3	-1,58	-3,9	9,1
Восточно-Сибирское море	-7,31	-49,0	58,4	11,79	-28,3	59,2
Чукотское море	-8,89	-42,7	54,0	6,24	10,7	52,2
Море Бофорта	-0,70	-6,1	07,3	-2,88	-8,9	25,4
Канадский (северная часть)	0,41	5,7	07,3	-5,73	-28,7	30,3
70-85° с.ш.	1,69	10,3	33,8	8,31	18,0	12,0
Атлантический	6,95	9,1	24,7	1,02	0,5	1,1
Североевропейский	11,11	34,1	75,5	1,55	1,7	7,2
Западносибирский	5,39	21,4	59,0	0,88	1,2	4,3
Восточносибирский	0,31	1,9	6,2	-2,02	-4,4	15,0
Чукотский	-2,79	-12,3	23,2	0,67	1,0	3,0
Аляскинский	1,90	10,7	16,1	-1,83	-3,7	5,7
Канадский	-0,14	-1,1	2,5	-6,96	-19,2	40,9
60-85° с.ш.	3,30	11,3	46,1	-0,78	-0,9	4,4

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 холодного сезона за период 1936 — 2019 гг. сохраняется тенденция статистически значимого увеличения зимних осадков. В



широтной зоне к югу от 70° с.ш. количество осадков увеличилось на 14 % (по отношению к норме 1961 — 1990 гг.), к северу — на 10 %, а в целом по региону на 11 %. За этот период осадки более всего выросли в Североевропейском районе (на 34 %) и Западносибирском (на 21 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части районов на 39 и 28 % соответственно. В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 12 %).

Относительно наметившихся тенденций в изменениях сумм осадков холодного сезона можно указать на отрицательный знак тренда в последнем 30-ти летнем периоде как в целом по СПО, так и южной ее части. К северу же от 70°с.ш. продолжает сохраняться тенденция к росту осадков.

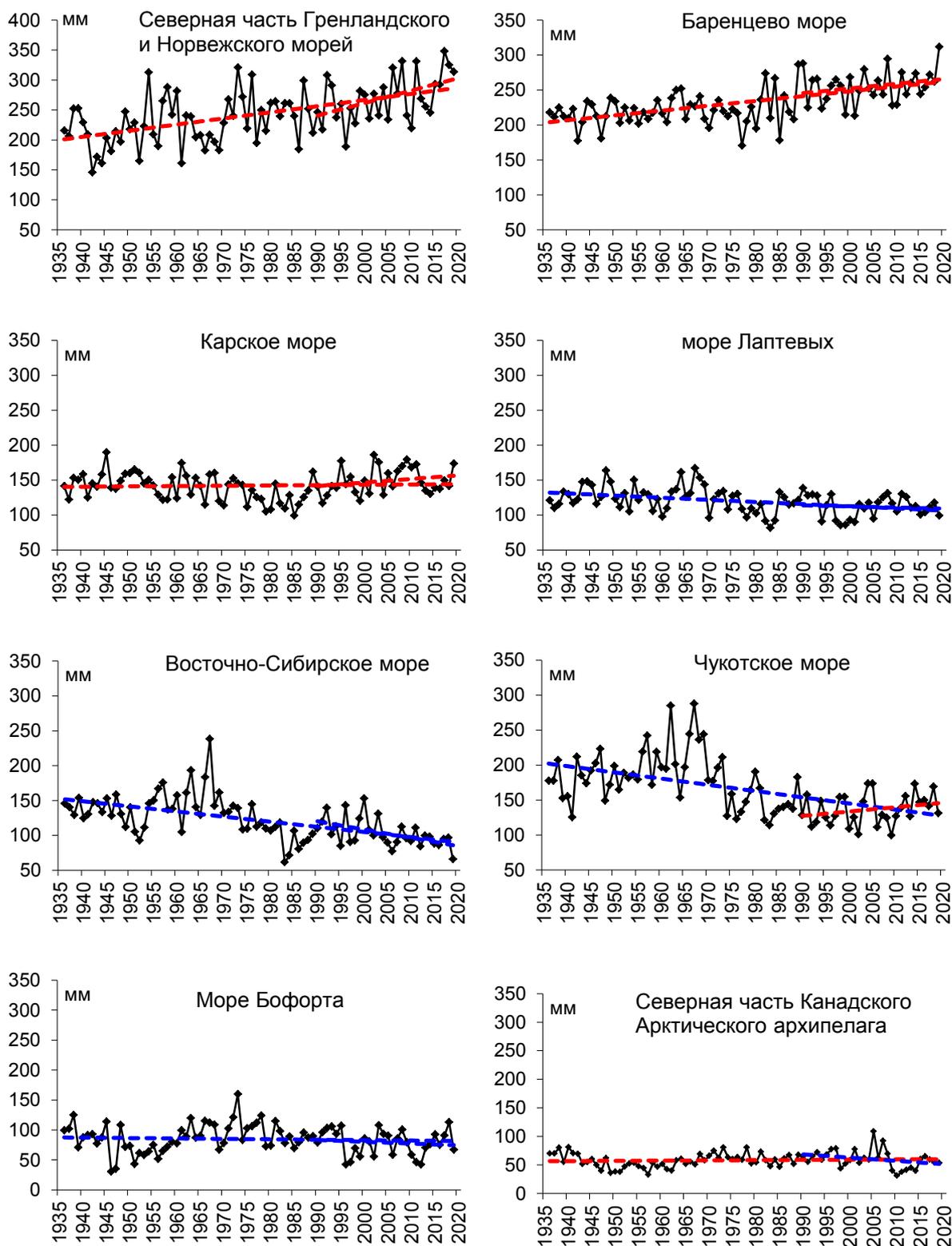


Рис. 1.13. Временные ряды сумм осадков холодного сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2019 г.

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле-июне 2019 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» в апреле-мае на научной базе «Мыс Баранова», НЭС «Академик Федоров» в экспедиции «Трансарктика-2019» и в 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 СИГРИД-3 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 Североамериканкой ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО СИГРИЗ 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).



В графическом формате PNG совмещенные карты ААНИИ-КЛС-НЛЦ доступны по адресу <http://wdc.aari.ru/datasets/d0040>.

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 2017 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (<http://nsidc.org>).

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

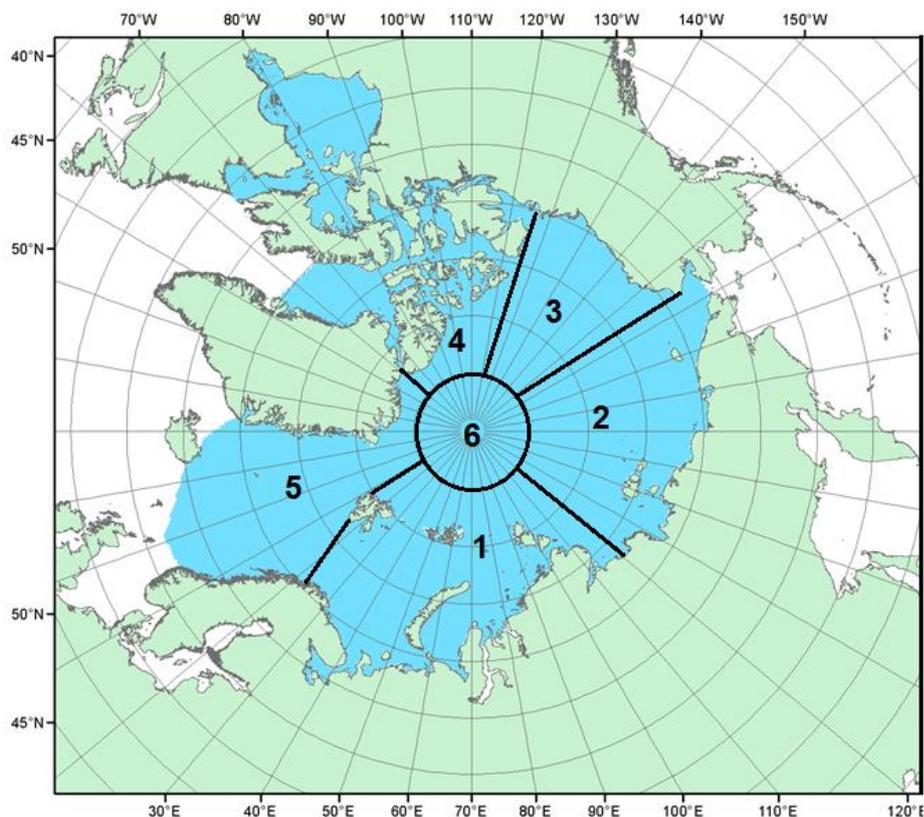


Рис. 2.1.1. Районы Северного Ледовитого океана

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

Развитие ледовых условий на начало весеннего периода 2019 г. проходило на фоне адвекции теплых воздушных масс и положительных аномалии температуры воздуха в Арктике. В среднем за первый квартал 2019 г. фон температуры над полярным районом оставался аномально высоким. Наиболее резкое повышение температуры отмечалось в марте, когда фон температуры с положительными аномалиями составил 5,1 °С

В первом квартале 2019 г. в морях трассы СМП наиболее высокая температура сформировалась в Чукотском море, а наиболее низкая – в Восточно-Сибирском море.

В конце первого квартала в СЛО сложилась следующая ледовая обстановка. В прибрежных и центральных частях всех российских арктических морей преобладали однолетние средние льды. В северных частях морей, а также в морях Восточно-Сибирском и Бофорта, преобладали однолетние толстые льды. В возрастном составе во всех морях российского сектора Арктики по-прежнему наблюдался смешанный состав льдов всех возрастных категорий, с небольшим преобладанием однолетних толстых льдов.

Многолетние льды располагались в приполюсном районе, в гренландском и канадском секторах Арктики. Непосредственно в границах арктических окраинных морей старых льдов не наблюдалось, за исключением Восточно-Сибирского моря, в котором

сохранялся протяженный язык старых льдов. Площадь старых льдов составляла около 35% от площади льдов на акватории СЛО.

Толщина припайного льда по данным полярных станций в течение зимних месяцев 2019 г. нарастала достаточно интенсивно и приблизилась к своему среднемуголетнему значению в целом ряде районов морей: в северо-восточной части Карского, в целом по Лаптевых, в западной части Восточно-Сибирского и юго-западной части Чукотского. В юго-западной части Карского и восточной части Восточно-Сибирского морей сформировались большие отрицательные аномалии толщины льда.

Площадь припая во всех российских арктических морях была меньше средних многолетних значений. Не полностью сформировался припай в проливе Вилькицкого и в районе архипелага Северная земля. В середине марта суммарная площадь припая в российских арктических морях была на 24 % меньше средних многолетних значений, в основном за счет малого развития припая в морях западного района российского сектора Арктики.

Распространение ледяного покрова в Северной полярной области в конце марта приведено на рис. 2.1.2.

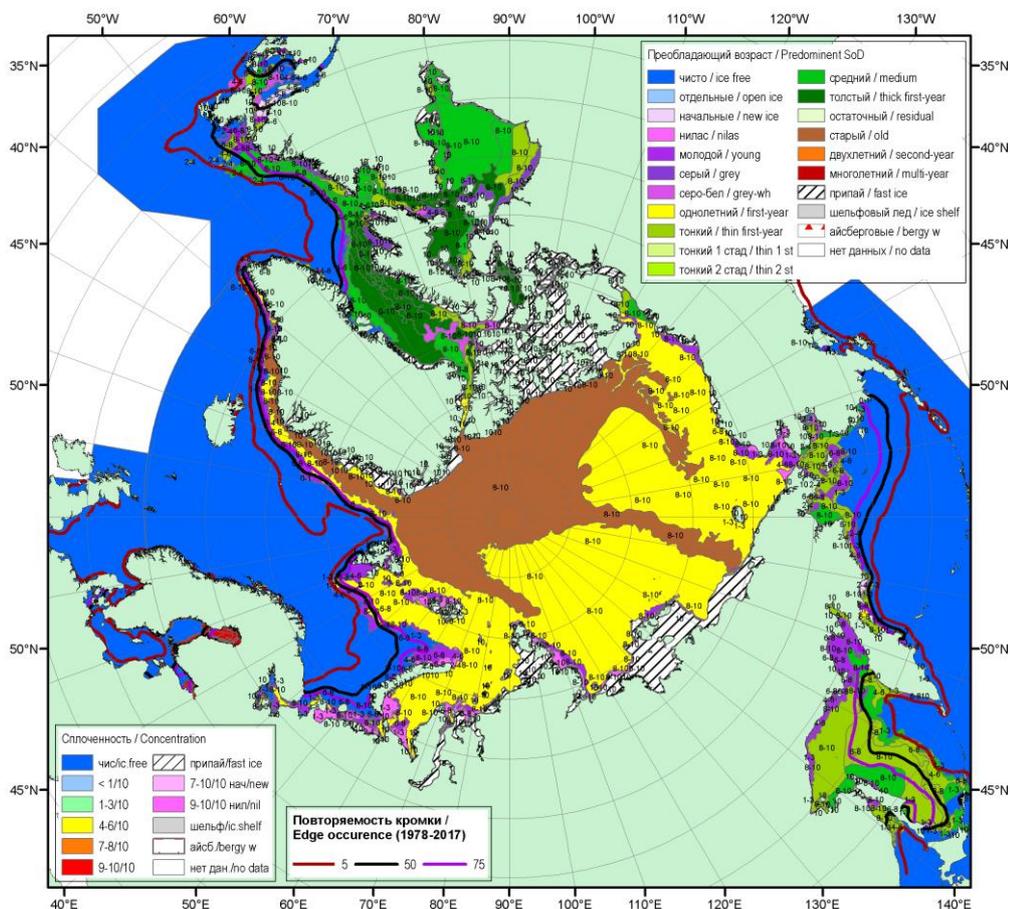


Рис. 2.1.2. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 28 — 31 марта 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в АНИИ, в конце первого квартала 2019 г. составило 11,7 млн. км², что на 2,3 % меньше среднего многолетнего значения по ряду с 1978-2019 гг. и очень близко к норме за последнее десятилетие.

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда несколько была выше нормы в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском, что привело к приближению толщины льда к среднемноголетним значениям в этих районах. Однако в морях западного района российского сектора Арктики отрицательные аномалии толщины льда сохранились и составили –20...–40 см. Распределение аномалии толщины льда по морям в конце периода нарастания (середина мая) приведены на рис. 2.1.3.

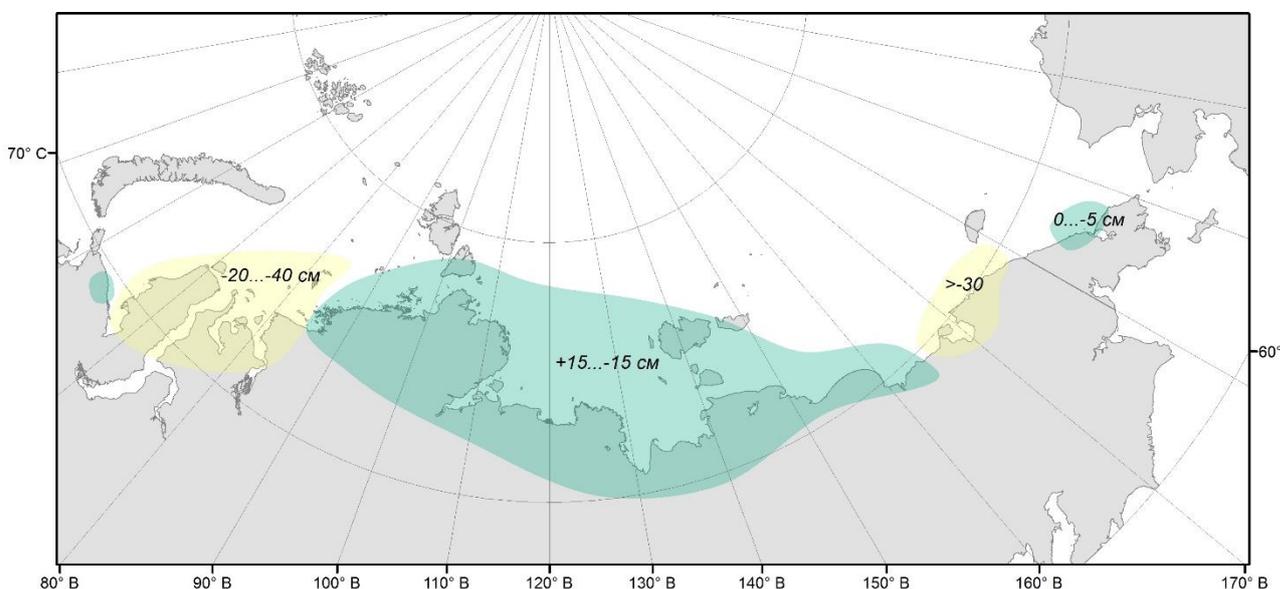


Рис. 2.1.3. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2019 г. (конец мая)

Распределение ледяного покрова по возрастным градациям и по сплоченности и поля среднемесячного дрейфа за каждый месяц за период апрель-июнь 2019 г. приведены на рисунках 2.1.4 — 2.1.12.

В апреле наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и переход однолетних средних льдов в возрастную градацию однолетних толстых льдов в большинстве районов окраинных арктических морей. Однако на обширных акваториях Баренцева, юго-западной части Карского и Чукотского морей, сохранялось преобладание однолетних средних и тонких льдов. Процесс нарастания льда в весенний период 2019 г. происходил со значительным запаздыванием по сравнению с нормой.

Заприпайные полыньи в арктических морях были развиты слабо, они отмечались в юго-западной части Карского моря, за припаем Новосибирских островов и в Чукотском море. В связи с этим молодых льдов (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало.

Был хорошо развит припай в районе Новосибирских островов и очень слабо развит припай в районе архипелага Северная земля со стороны моря Лаптевых, что было обусловлено постоянным выносом льдов их западной части моря Лаптевых в результате дрейфа. В апреле установился сплошной припай в проливе Вилькицкого.

Старые льды наблюдались в гренландском, канадском секторах и в приполюсном районе Арктики. К центральной части Восточно-Сибирского моря сохранялся протяженный язык двухлетних льдов (рис. 2.1.4).

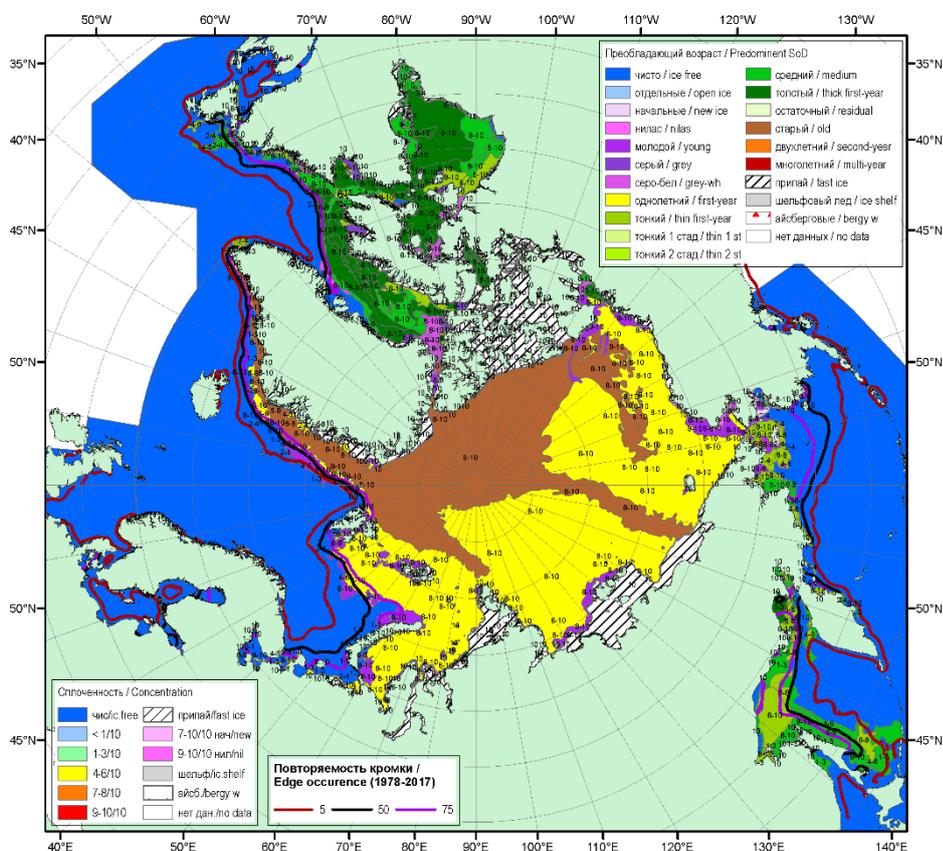


Рис. 2.1.4. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 18-23 апреля 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

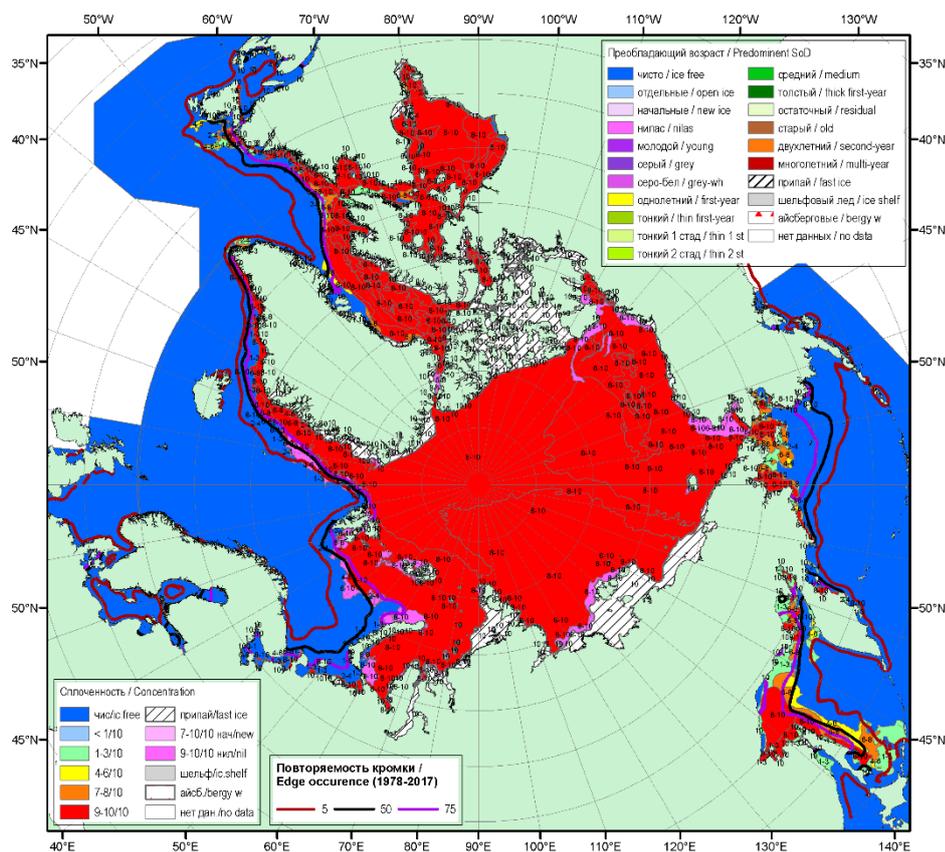


Рис. 2.1.5. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 18–23 апреля 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась достаточная однородность и преобладал сплоченный лед, были отчетливо обозначены заприпайные полыньи. Зоны пониженной сплоченности наблюдались в морях Бофорта, Чукотском и Лаптевых морях, откуда выносило лед в результате Трансарктического переноса льдов, а также в Баренцевом море, в следствии его малой ледовитости. Зоны повышенной сплоченности наблюдались в гренландском секторе Арктики, куда приносило лед в результате Трансарктического переноса.

Граница распространения ледяного покрова в морях западной части Баренцева, Гренландском, Баффина и Лабрадор была близка к среднему многолетнему положению, а в северо-восточной и юго-восточной частях Баренцевом море была близка к своему минимальному положению (рис. 2.1.5).

Основные структуры дрейфа льда в СЛО – Трансарктического перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот были развиты хорошо.

Стрежень Трансарктического переноса льдов был смещен к северной части архипелага Северная земля. Это приводило к выносу однолетних льдов из моря Лаптевых, особенно из его западной части, в приполюсный район и препятствовало образованию

устойчивого припая в североземельском районе со стороны моря Лаптевых. Далее из приполюсного района старые льды выносились к северному побережью Гренландии и в пролив Фрама

Центр Канадского антициклонического круговорота наблюдался в своем классическом положении – над центром моря Бофорта. По его периферии наблюдался перенос льдов вдоль побережья островов Канадского арктического архипелага и далее, со значительным усилением скорости дрейфа, вдоль аляскинского побережья в северные части Чукотского и Восточно-Сибирского морей (рис. 2.1.6).

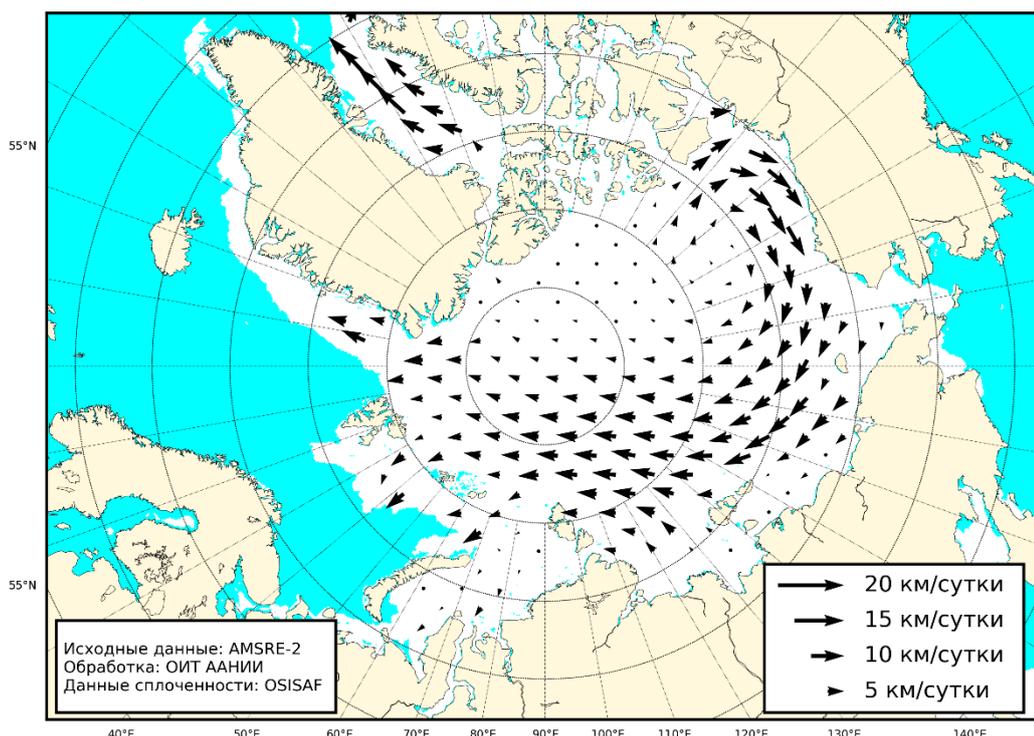


Рис. 2.1.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в апреле 2019 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В течение мая, который считается периодом максимального развития и накопления ледяного покрова, в структурном составе льдов Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды (преимущественно однолетние толстые и средние льды), которые составляли около 60% от общего количества льда. Около 35% от общего количества льда составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено молодыми льдами или зонами обширных разряжений, которые начали формироваться во всех арктических окраинных морях, кроме Восточно-Сибирского.

Однолетние льды занимали весь российский сектор Арктики и более половины аляскинского сектора Арктики. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах Арктики и в приполюсном районе (рис. 2.1.7).

Припай был развит слабо, меньше своего среднемноголетнего значения во всех окраинных арктических морях. Наиболее обширным припай был в районе Новосибирских островов и между островами Канадского арктического архипелага.

В поле сплоченности ледяного покрова хорошо проявились зоны заприпайных полыней и сформировавшихся разрывов в морях Чукотском и Бофорта (рис. 2.1.8).

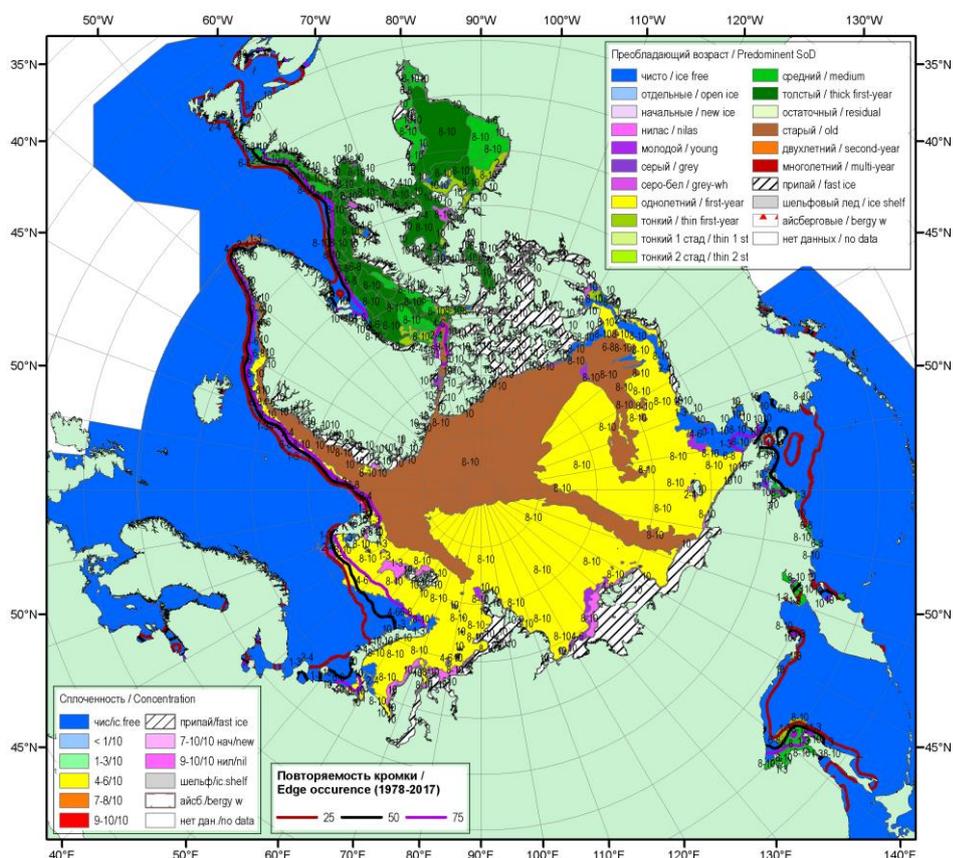


Рис. 2.1.7. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности за 16-21 мая 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

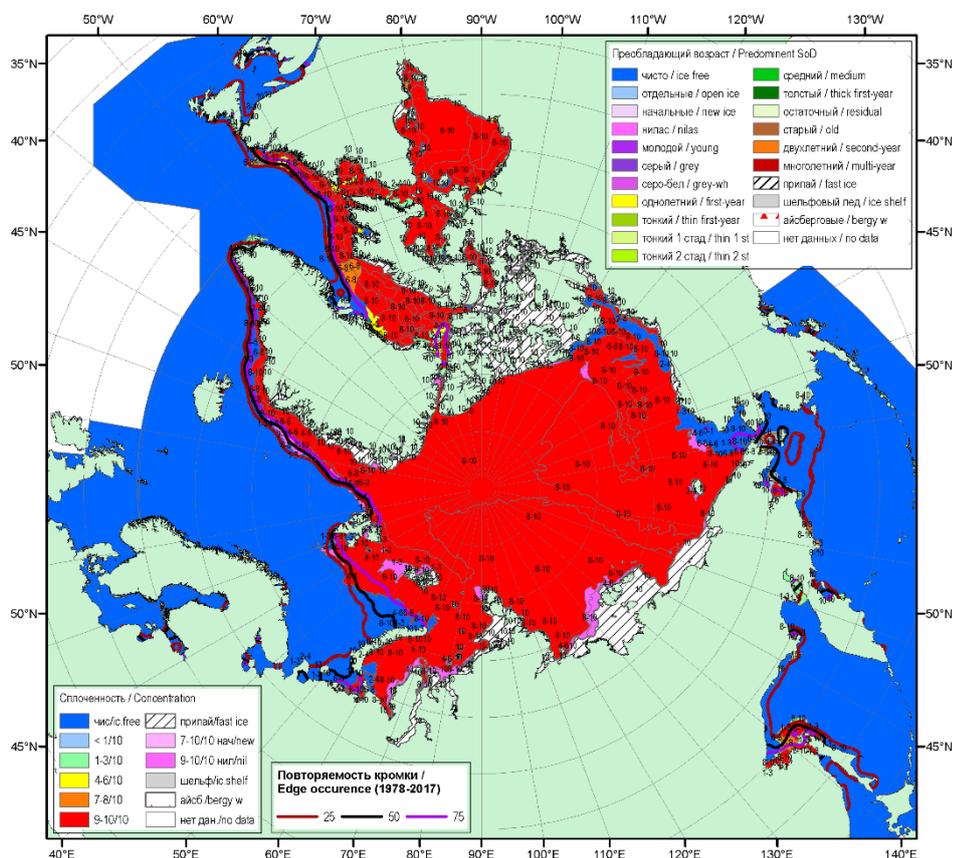


Рис. 2.1.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 16–21 мая 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В поле дрейфа произошли существенные изменения. Вместо традиционно наблюдавшихся основных структур дрейфа – Трансарктического переноса и Канадского антициклонического круговорота, сформировался хорошо развитый гигантский меридиональный переносом со смещенным стрежнем.

Стрежень трансарктического переноса начинался из моря Бофорта, далее по широкой дуге между широтами 75-85 °с.ш. проходил по северной границе всех российских арктических морей и далее уходил в пролив Фрама. В результате развития трансарктического переноса, из приполюсного района было вынесено большое количество старых льдов, которые были заменены однолетними льдами из северной части морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Канадский антициклонический круговорот был практически не развит.

Таким образом, развитие гигантского Трансарктического переноса обусловила вынос льда из северных частей морей Бофорта и Чукотского, в прибрежной части которых образовалось обширное разрежение (рис. 2.1.9).

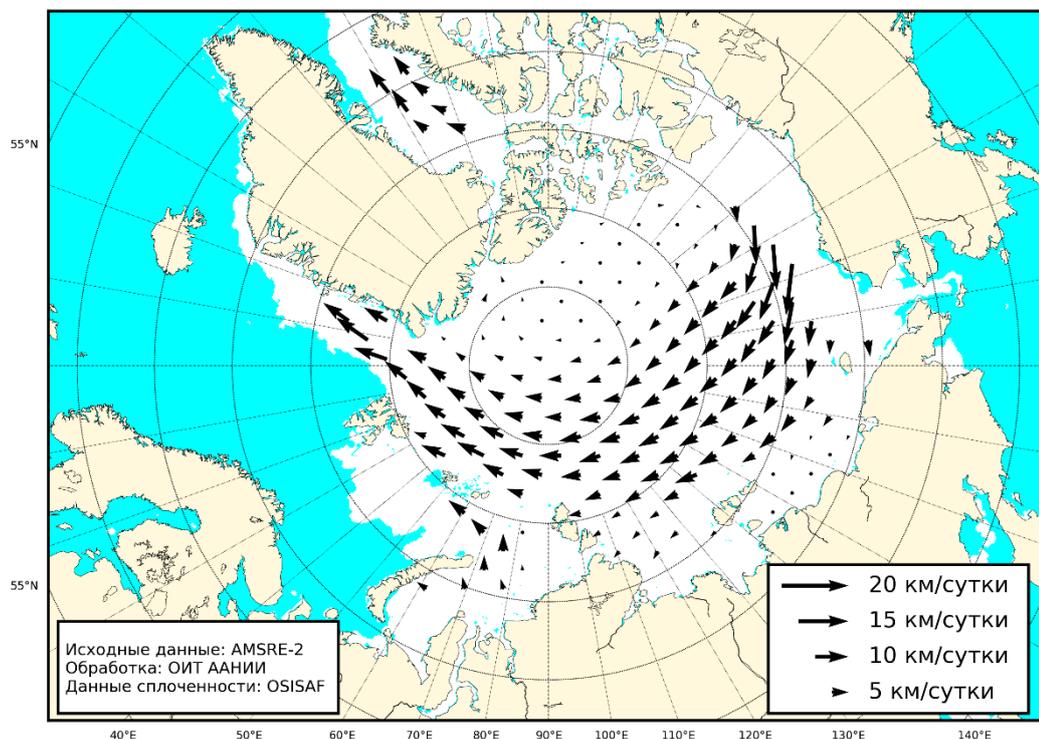


Рис. 2.1.9. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в мае 2019 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение окраинных морей западного и восточного районов российского сектора Арктики – Баренцева, Карского, Лаптевых и Чукотского. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В конце июня аномалии ледовитости составили: в Баренцевом –25%, в юго-западной части Карского –27%, в Лаптевых от –17 до –27%, в Чукотском –28%. 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 (рис. 2.1.10).

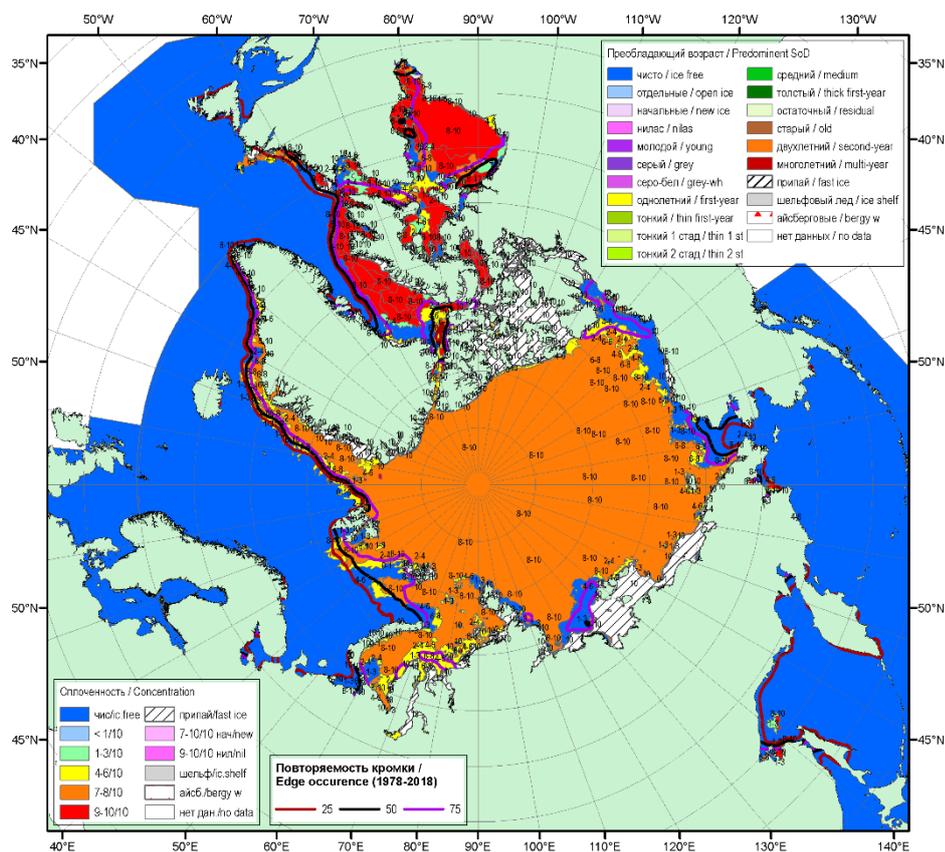


Рис. 2.1.10. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 13–18 июня 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В возрастном составе льда на начало активного таяния и разрушения льда преобладали однолетние толстые льды. Образование начальных и молодых льдов в окраинных морях прекратилось. Старые льды занимали не более 30% акватории океана. Однолетние льды, среди которых преобладали однолетние толстые составляли около 60—65%. Сформировавшиеся в морях разряжения и полыньи вдоль берегов составляли оставшуюся площадь.

Основными очагами очищения служили акватория северной части Баренцева моря, заприпайный район в море Лаптевых и обширнейшее разряжение вдоль всего побережья Аляски (рис. 2.1.11).

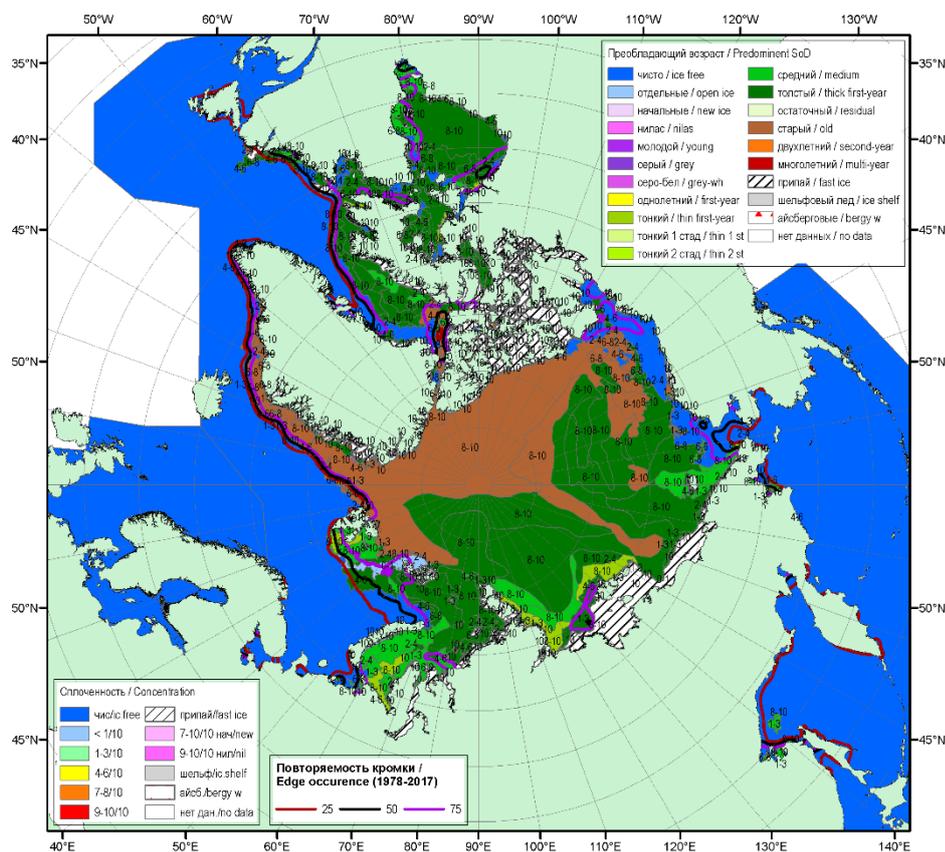


Рис. 2.1.11. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 13-18 июня 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В июне в поле дрейфа льда в СЛО наблюдалось развитие двух крупномасштабных структур дрейфа.

Произошедшие масштабные изменения в циркуляции атмосферы привели к формированию традиционных структур дрейфа — обширного Трансарктического переноса льда и менее развитого Канадского антициклонического круговорота.

Трансарктического перенос льда начинался из северной части моря Лаптевых и через приполюсный район выносил льды к побережью Гренландии и в пролив Фрама. Такой характер дрейфа обусловил мощный вынос льдов не из моря Лаптевых.

Канадский антициклонический круговорот получил менее выраженное развитие, но существовал в виде обширного вихря с центром над морем Бофорта. Интенсивность Канадского антициклонического круговорота была невелика (рис. 2.1.12).

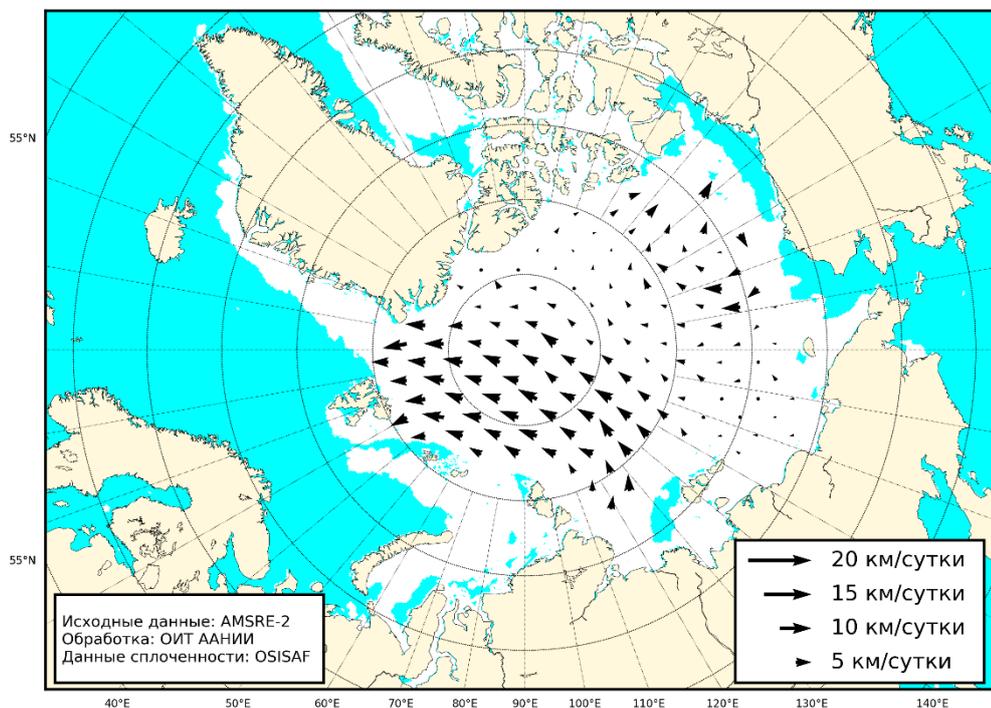


Рис. 2.1.12. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в июне 2019 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

Общее количество льдов в СЛО, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составила 10,3 млн. км², что оказалось на – 6,0% меньше среднемноголетнего значения по ряду с 1978-2019 гг. Отрицательная аномалия ледовитости сформировалась за счет малой ледовитости наблюдавшейся в секторах 45°W-95°E (Гренландское — Карское моря) и 170°W—45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) (табл. 2.1.1).

Интересно отметить динамику изменения ледовитости в СЛО за первое полугодие 2019 г. Если в начале года отрицательная аномалия общего количества льда в СЛО составила –5,3%, то за первый квартал 2019 г. аномалия уменьшилась почти на 3,0% и составила –2,3%, что свидетельствует о достаточно интенсивном накоплении льда в СЛО в первом квартале года. В конце второго квартала 2019 г. аномалия ледовитости составила –6,0%. То есть за второй квартал 2019 г., в который входит период интенсивного ледонакопления (апрель—май) произошло увеличение по абсолютной величине отрицательной аномалии ледовитости по сравнению с первым кварталом, с –2,3 % до – 6,0%. Это свидетельствует о меньшем накоплении льда в Северном Ледовитом океане перед началом летнего периода.

Ход изменения кривой площади льдов в СЛО и его отдельных секторах представлен на рисунках 2.1.13, Хорошо видно, что в зимний период (марте—мае)



развитие ледяного покрова в СЛО было близко к среднему многолетнему, но с началом таяния кривая переместилась в нижнюю часть пучка реализаций сезонного хода.

Таблица 2.1.1

Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в июне 2019 г. и её аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

Район, моря	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2018 г.	от 2009-2019 гг.	от 1978-2019 гг.
Северный Ледовитый океан	10254,0	11,0	-186,6	-686,7
Сектор 45°W—95°E (Гренландское — Карское моря)	2704,9	365,7	131,7	-293,1
Сектор 95°E—170°W (моря Лаптевых — Чукотское, Берингово, Охотское)	3257,7	23,9	-93,3	-191,3
Сектор 170°W—45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	4817,1	-463,3	-363,5	-576,2

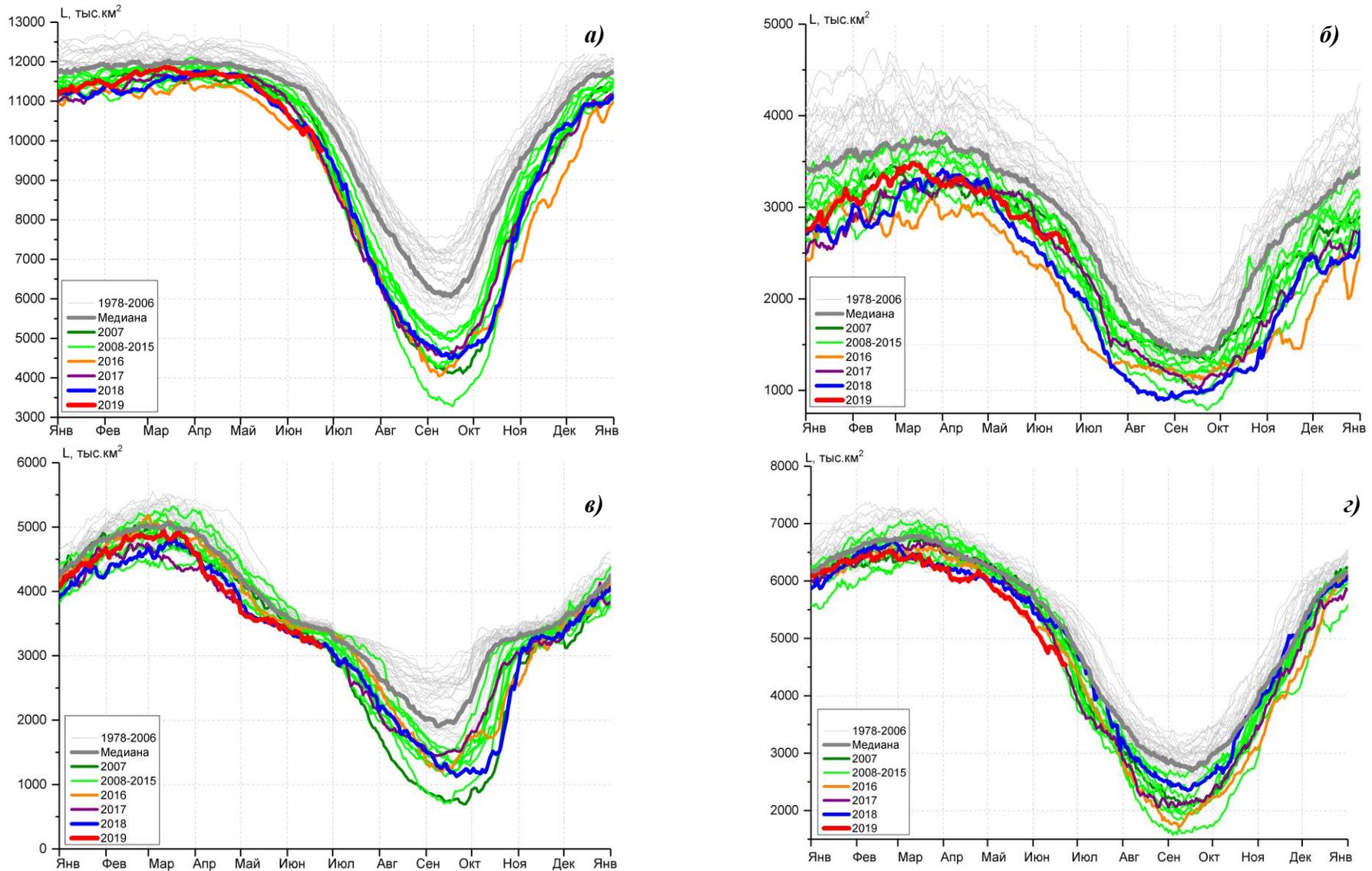


Рис. 2.1.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) для Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов б) 45°W—95°E (Гренландское — Карское моря), в) 95°E — 170°W (моря Лаптевых — Чукотское и Берингово, Охотское) и г) 170°W — 45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период 26.10.1978 - 23.06.2019 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM



2.2 Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период

Обзор ледово-гидрологических условий на устьевых участках рек бассейнов морей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского составлен на основе ежедневной информации, полученной на АСПД ААНИИ закодированной в коде КН-15 с постов и станций стационарной сети Росгидромета, и кодом КН-02-SEA с полярных станций, расположенных на устьевых взморьях рек Обь и Енисей.

Карское море

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна Карского моря на реках Обь, Таз и Енисей наблюдалось в январе. На реке Енисей (п. Дудинка) — в феврале. На реке Енисей (п. Игарка) в феврале и апреле нарастания не отмечалось.

В таблице 2.2.1 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.

Таблица 2.2.1

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2019 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Обь-Салехард	70	+15	75	+5	86	+11	88	+2
Таз-Тазовское	78	+22	94	+16	100	+6	102	+2
Енисей-Игарка	73	+10	73	0	75	+2	75	0
Енисей-Дудинка	91	+20	118	+27	130	+12	148	+18
Енисей - Караул	65	+20	80	+15	90	+10	97	+7

В таблице 2.2.2 приведены аномалии толщин льда на конец апреля, т. е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда. На реках Обь, Таз и Енисей (п. Игарка и п. Караул) толщины льда оказались меньше среднемноголетних на 13 — 39 см. На реке Енисей (п. Дудинка) — больше среднемноголетних на 18 см.



Таблица 2.2.2

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2019 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	88	101	-13
	Тазовское	102	134	-32
Енисей	Игарка	75	97	-22
	Дудинка	148	130	+18
	Караул	97	136	-39

Высота снега на льду в конце апреля наблюдалась: на р. Обь — от 11 до 15 см, на р. Таз — от 36 до 50 см, на р. Енисей — от 26—35 см до 36—50 см.

В таблице 2.2.3 приведены сроки начала весеннего ледохода и очищения ото льда, а также их аномалии по отношению к среднемноголетним датам.

Таблица 2.2.3

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2019 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2019 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	22.05	24.05	-2	30.05	30.05	0
Таз	Тазовское	09.06	10.06	-1	13.06	11.06	+2
	Игарка	29.05	27.05	+2	06.06	5.06	+1
Енисей	Дудинка	06.06	3.06	+3	14.06	11.06	+3
	Караул	09.06	8.06	+1	15.06	18.06	-3

Закраины появились на устьевых участках рек бассейна Карского моря: на реке Обь в конце первой декады мая, на реке Енисей и Таз — в третьей декаде мая. Подвижки льда наблюдались на устьевых участках р. Обь — 19 мая, р. Енисей — с 27 мая по 7 июня. На реке Таз подвижки льда не наблюдались. Затоп льда отмечался только на реке Енисей (п. Игарка) 31 мая.

Весенний ледоход на устьевых участках рек Обь, Таз и Енисей начался в сроки близкие к средним многолетним на 1—3 дня.

Продолжительность весеннего ледохода на реках Таз, Обь и Енисей составила 4—8 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек Обь и Таз и Енисей отмечено в сроки, близкие к среднемноголетним.

Процесс вскрытия *устьевых взморий* крупных рек, впадающих в Карское море, охарактеризован также на основе анализа данных наблюдений стационарной сети. На



устьевом взморье р. Обь в настоящее время работает полярная станция Новый Порт, на устьевом взморье р. Енисей — полярная станция Сопочная Карга.

В таблице 2.2.4 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его ежемесячного нарастания с января по апрель. Наибольшее нарастание толщины льда на устьевом участке р. Обь наблюдалось в феврале, на устьевом взморье р. Енисей — в январе.

Таблица 2.2.4

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2019 г. на устьевых взморьях крупных рек бассейна Карского моря

Устьевое взморье-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Обская губа–Новый Порт	96	+36	134	+38	146	+12	162	+16
Енисейский залив-Сопочная Карга	88	+16	99	+11	108	+9	118	+10

В таблице 2.2.5 приведены аномалии толщины льда на устьевом взморье на конец апреля, в период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.2.5

Толщины льда в апреле, см

Устьевое взморье	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2019 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	162	141	+21
Енисейский залив	Сопочная Карга	118	165	-47

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье р. Обь была больше среднемноголетнего значения на 21 см, а на устьевом взморье р. Енисей меньше среднемноголетнего на 47 см.

Высота снега на льду в конце апреля составила 40 — 497 см в п. Новый Порт и 15—19 см в п. Сопочная Карга.

В таблице 2.2.6 приведены сроки взлома припая и очищения ото льда, наблюдаемые на полярных станциях Новый Порт и Сопочная Карга.



Таблица 2.2.6

Сроки вскрытия устьевых взморий рек бассейна Карского моря по данным стационарной сети в 2019 г.

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2019 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	19.06	18.06	+1
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	25.06	27.06	-2
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	20.06	20.06	0
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	23.06	27.06	-4

Взлом припая устьевых взморий рек Обь и Енисей произошел в сроки, близкие к среднемноголетним. Очищение устьевых участков рек Обь и Енисей отмечено на 2—4 дня раньше средних дат. Продолжительность ледохода в Обской губе составила 6 дней, в Енисейском заливе — 3 дня.

Море Лаптевых

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек Хатанга, Оленек (п. Тюмети), Лена (п. Хабарово) и Яна отмечено в январе, на реке Оленек (п. Усть-Оленек) — в феврале и марте, на реке Лена (п. Кюсюр) — в марте. В апреле повсеместно наблюдалось продолжение нарастания толщины льда, кроме реки Хатанги, где к концу месяца толщина льда уменьшилась на 8 см.

В таблице 2.2.7 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.

В таблице 2.2.8 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, когда толщина льда близка к максимальной.

Таблица 2.2.7

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2019 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Хатанга — Хатанга	124	+25	140	+16	143	+3	135	-8
Оленек — Тюмети	115	+26	127	+12	141	+14	152	+11
Оленёк-Усть — Оленёк	128	+10	144	+16	159	+15	165	+6
Лена — Кюсюр	115	+31	127	+12	163	+36	165	+2
Лена — Хабарово	175	+62	183	+8	200	+17	205	+5
Яна — Юбилейная	143	+78	150	+7	174	+24	187	+13



Таблица 2.2.8

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2019 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	135	151	-16
Оленёк	Тюмети	152	137	+15
	Усть-Оленёк	165	191	-26
Лена	Кюсюр	165	174	-9
	Хабарово	205	225	-20
Яна	Юбилейная	187	151	+36

Толщина льда в апреле в устье реки Оленек (п. Тюмети) и в устьевой части реки Яна была значительно больше среднемноголетних значений от 15 см до 36 см соответственно. В устьевой части реки Хатанги, Лены и Оленек (п. Усть-Оленёк) толщина льда наблюдалась ниже среднемноголетних значений от 9 до 26 см.

Высота снега на льду в конце апреля в устьевой части реки Оленек составила 26—35 см, на реке Яна — 11—15 см, на реке Лена (п. Кюсюр) и на реке Хатанга — 21—25 см. Данных по п. Хабарово (р. Лена) нет.

В таблице 2.2.9 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек бассейна моря Лаптевых и их аномалии по отношению к средним многолетним значениям.

Таблица 2.2.9

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2019 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2019 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	04.06	11.06	-7	09.06	16.06	-7
Оленёк	Тюмети	01.06	01.06	0	08.06	12.06	-4
	Усть-Оленёк	13.06	16.06	-3	15.06	20.06	-5
Лена	Кюсюр	30.05	31.05	-1	08.06	09.06	-1
	Хабарово	04.06	6.06	-2	10.06	13.06	-3
Яна	Юбилейная	02.06	29.05	+4	05.06	05.06	0

В 2019 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых появление закраин было отмечено на реке Лене — в конце третьей декады мая, на реке Оленек — в первой декаде июня. На реке Яне и Хатанге закраины не наблюдались. Подвижки отмечены на реке Лене (п. Кюсюр) — в конце третьей декады мая, на реке Оленек и р. Лене (п. Хабарово) — в первой декаде июня. На устьевых участках рек Яна и Хатанга подвижек не наблюдалось. На реках Лена и Оленек (п. Тюмети) в первой декаде июня процесс вскрытия сопровождался образованием заторов.



Весенний ледоход повсеместно начался в сроки, близкие к среднемноголетним, кроме реки Хатанги, где ледоход отмечался раньше среднемноголетней даты на 7 дней. Продолжительность ледохода составила на реках: Хатанга — 5 дней, Оленек — от 2 до 7 дней, Лена — от 6 до 9 дней, Яна — 3 дня.

Очищение ото льда устьевых участков рек Лена и Яна произошло в сроки, близкие к среднемноголетним. На реках Оленек и Хатанга — на 4—7 дней раньше среднемноголетних дат.

Восточно-Сибирское море

Максимальное нарастание толщины льда в устьевой части Восточно-Сибирского моря на реках Индигирка и Колыма наблюдалось в январе.

В таблице 2.2.10 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.2.10

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2019 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Индигирка-Чокурдах	124	+34	138	+14	152	+14	157	+5
Колыма-Колымское	87	+22	104	+17	119	+15	139	+20
Колыма-Черский	86	+30	104	+18	118	+14	126	+8

В таблице 2.2.11 приведены толщины льда и их аномалии на конец апреля, в период, близкий к максимальной толщине льда.

Таблица 2.2.11

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2019 г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	157	164	-7
Колыма	Колымское	139	140	-1
Колыма	Черский	126	141	-15



Толщины льда в конце апреля на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались меньше нормы на 1—15 см.

Снег на льду в конце апреля на реке Колыма (п. Черский) уже отсутствовал. На реке Индигирка высота снега на льду составила 51—70 см, на реке Колыма (п. Колымское) — 5—10 см.

В таблице 2.2.12 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Индигирки и Колымы бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.2.12

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2019 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2019 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	05.06	06.06	-1	07.06	09.06	-2
Колыма	Колымское	29.05	29.05	0	01.06	04.06	-3
Колыма	Черский	01.06	02.06	-1	04.06	07.06	-3

Закраины на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря были отмечены в конце второй — начале третьей декады мая, подвижки — в конце третьей декады мая. Затопы льда на реке Колыма (п. Колымское) отмечались 28 и 31 мая. На устьевых участках рек Индигирка и Колыма (п. Черский) затопы не наблюдались.

Продолжительность ледохода составила 2 дня в устьевой части реки Индигирки и 3 дня на р. Колыме.

Весенний ледоход и очищение ото льда на реках Индигирка и Колыма начался в сроки, близкие к среднемуголетним.

3 Гидрологические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2019 г.

3.1 Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) во втором квартале 2019 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ИТР (Ice-Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающим непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1.1, рис. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2019 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии АНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 104	01.04.2019	21.05.2019	952
2	ИТР 105	01.04.2019	21.05.2019	949
3	ИТР 107	01.04.2019	20.05.2019	100
4	ИТР 110	01.04.2019	20.05.2019	100

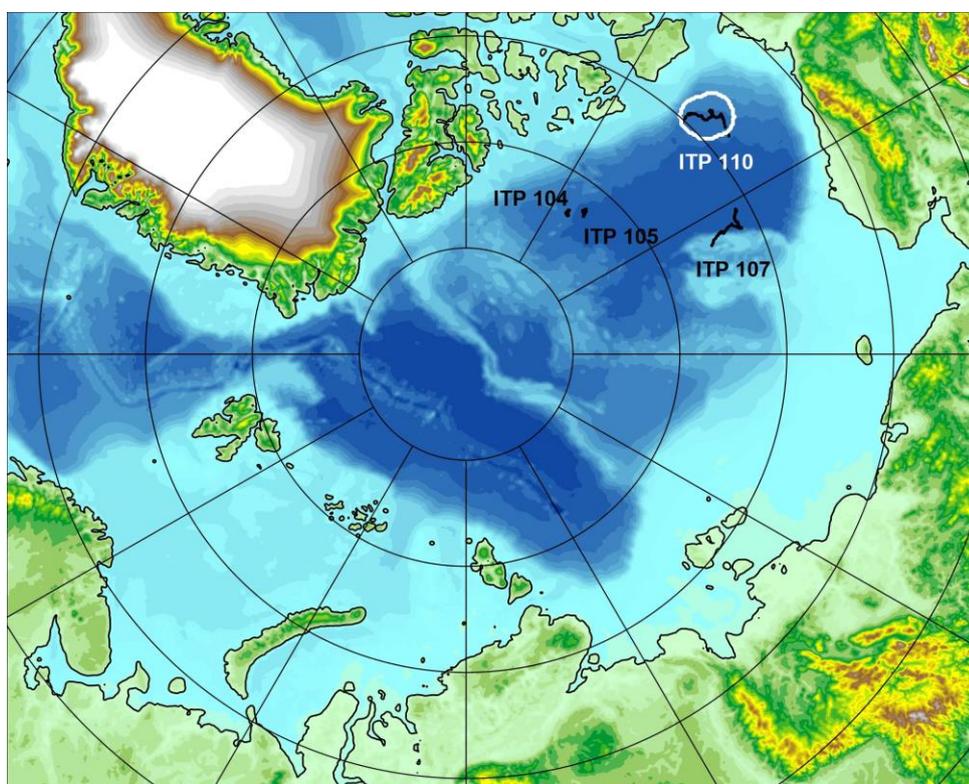


Рис. 3.1.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2019 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии АНИИ



Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО во втором квартале 2019 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковой использовались данные ИТР 110 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. 3.1.1, белый контур) был на 50-100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, используемых для анализа в 2019 году.

Амеразийский суббассейн

Во втором квартале 2019 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в юго-восточной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 110 соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (27,9 ‰) в сравнении с климатической нормой (31 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило $-3,1$ ‰ (рис. 3.1.2). В аналогичный период 2018 г. аномалия поверхностной солености составила $-2,5$ ‰, в 2017 г. — $-2,1$ ‰. Температура верхнего перемешанного слоя варьировалась в пределах $-1,5$ °С и незначительно превышала климатическое среднее ($-1,7$ °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 110 составило $0,13$ °С, превышая климатическую норму на $1,5$ °С. В 2018 г. аномалия температуры составила $1,2$ °С.

Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 180 м.

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 110 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 200-210 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 второго квартала 2019 года располагалась на глубине 310 м (в 2018 г. – 325 м; в 2017 г. – 295 м). Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,73 °С (480 м глубины), что на 0,3 °С выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры АВ в 2019 г. полностью соответствуют значениям предшествующего 2018 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Азиатском суббассейне СЛО.

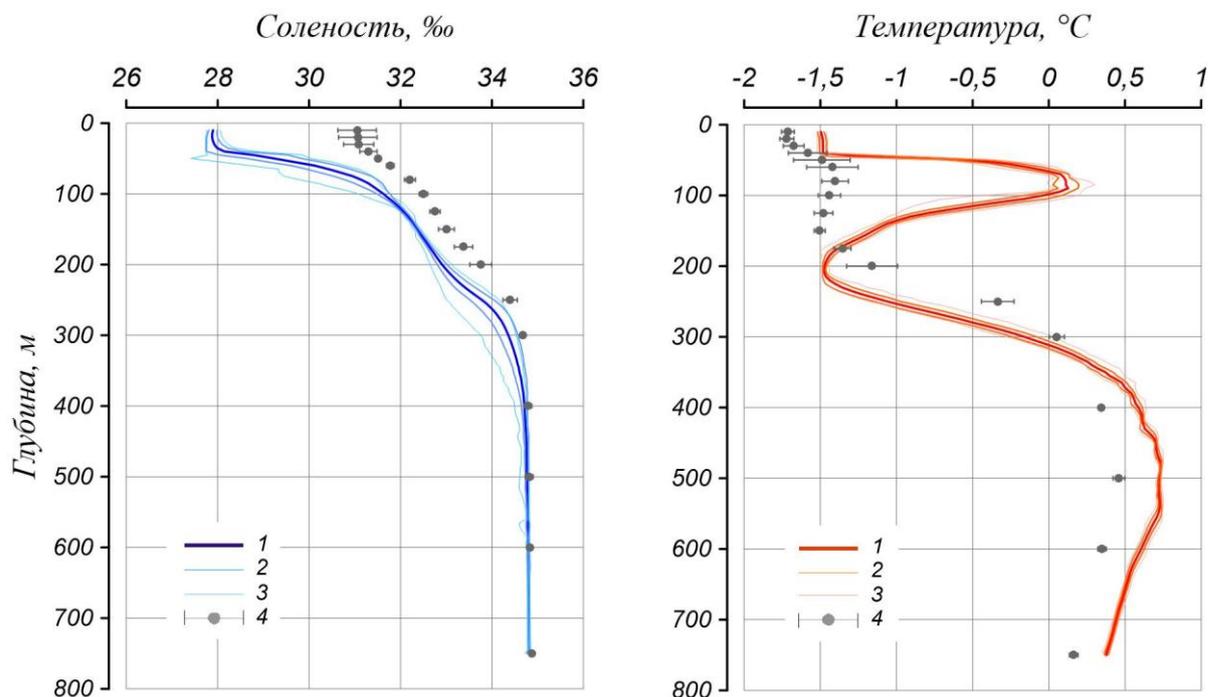


Рис. 3.1.2 — Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле-мае 2019 г. по результатам измерений профилографа ИТР 110

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 термohалинных характеристик СЛО отдела океанологии ААНИИ за январь-март в период с 1900 по 2000 гг.



Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных во втором квартале 2019 г., гидрологический режим СЛО (в юго-восточном районе Канадской глубоководной котловины) продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солености характеризуется наличием выраженной отрицательной аномалии (-3,1 ‰) 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 1,5 °С.



3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 2019 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 12-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.2.1). В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2.1

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период апрель-июнь 2019 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
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

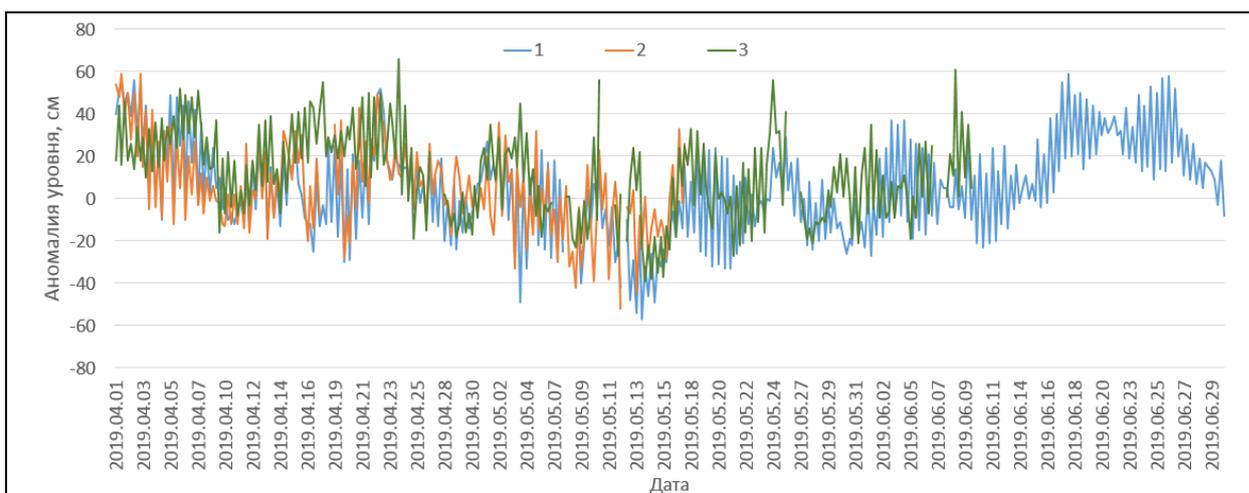


Рис. 3.2.1 – Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2019 г.

(1 – Амдерма; 2 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос); 3 – Усть-Кара)



Таблица 3.2.2

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2019 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Апрель	Май	Июнь
им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос)	h_{cp} (см)	12	-	-
	σ_h (см)	19	-	-
	h_{min} (см)	-28	-	-
	Дата	19	-	-
	h_{max} (см)	59	-	-
	Дата	1	-	-
	h_{cp} (см)	10	-8	15
Амдерма	σ_h (см)	21	21	21
	h_{min} (см)	-30	-57	-27
	Дата	19	14	1
	h_{max} (см)	56	29	59
	Дата	2	2	18
	h_{cp} (см)	20	3	-
	σ_h (см)	19	20	-
Усть-Кара	h_{min} (см)	-19	-39	-
	Дата	25	14	-
	h_{max} (см)	66	56	-
	Дата	24	10, 24	-

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. 3.2.1, табл. 3.2.2) по данным станций им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Амдерма и Усть-Кара в апреле колебания уровня происходили на повышенном фоне, чего нельзя сказать о колебаниях уровня в мае. В отличие от апреля, когда средний уровень составлял +10 – +20 см, в мае он опустился до +3 на станции Усть-Кара и до –6 и –8 на станциях им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) и Амдерма. В июне наблюдения за колебаниями уровня осуществлялись только на станции Амдерма, и здесь средний уровень возрос до средней отметки +15 см выше среднемноголетнего значения. На станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) наибольшее значение уровня было зафиксировано 1 апреля (+59 см), а наименьшее – 12 мая (–52 см). На станции Амдерма наибольшее значение уровня наблюдалось 18 июня (+59 см), а наименьшее — 14 мая (–57 см). На станции Усть-Кара наибольшее значение уровня было зафиксировано 24 апреля (+66 см), а наименьшее — 14 мая (–39 см).

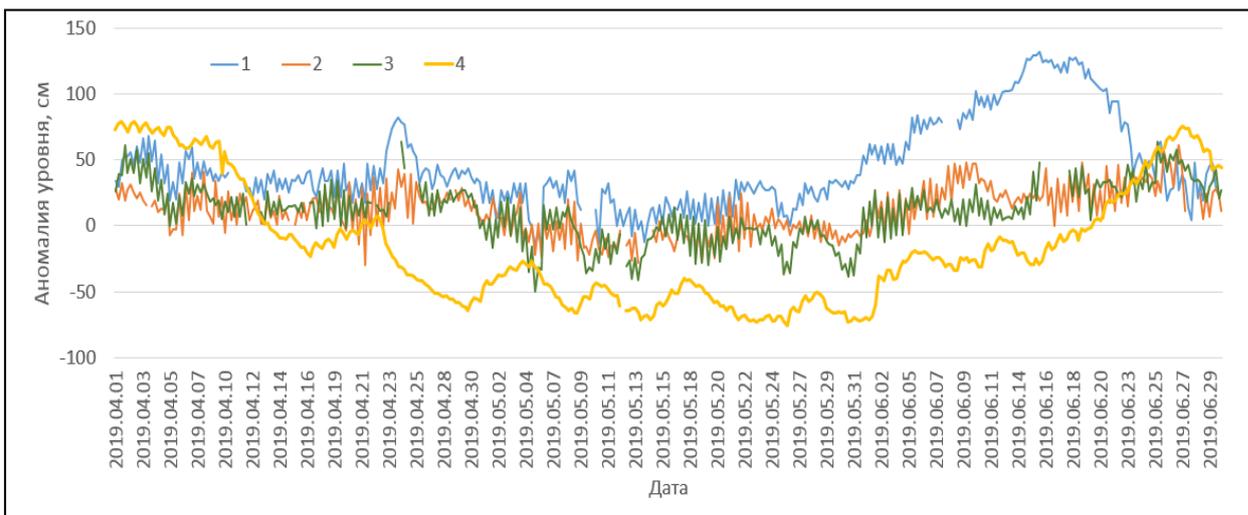


Рис. 3.2.2 – Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в апреле – июне 2019 г.

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

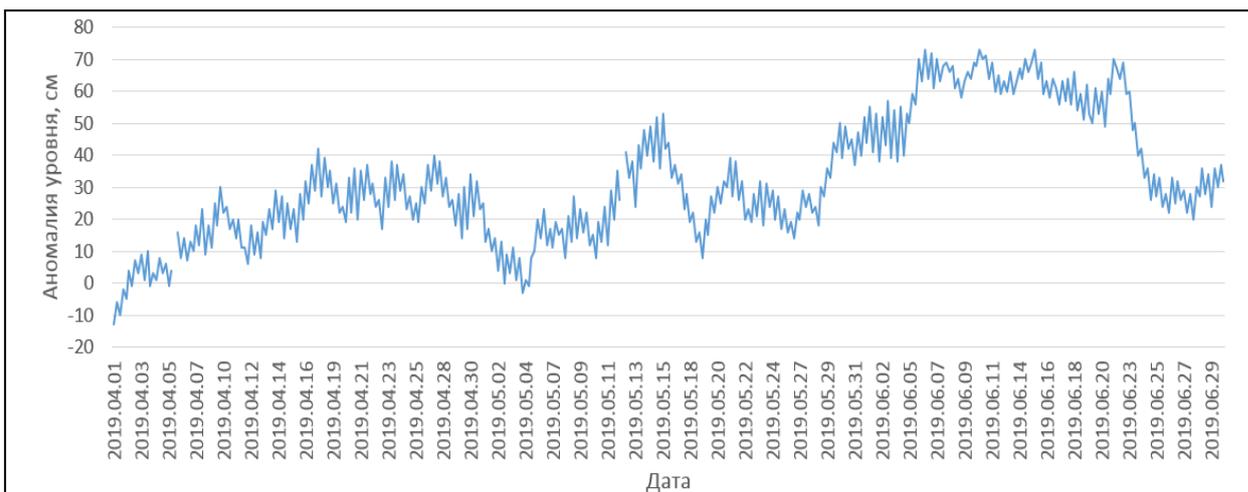


Рис. 3.2.3 – Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в апреле – июне 2019 г.

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) на станциях Сопочная Карга, Мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина) в апреле колебания уровня происходили на повышенном фоне и уровенная поверхность не опускалась ниже среднемноголетнего значения. Напротив, на станции о. Диксон в течение апреля происходило постепенное опускание уровенной поверхности с отметки +79 см 1-го апреля до отметки –64 см 30-го апреля. В мае на всех станциях, за исключением станции Сопочная Карга, среднее значение уровня было ниже среднемноголетнего: о. Диксон — –56 см, Мыс Стерлегова — –11 см, ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина) — –5 см. В июне уровень



моря на всех станциях заметно возрос, особенно явно — на станции Сопочная Карга, где уровенная поверхность поднялась до отметки +132 см выше среднемноголетнего уровня.

Таблица 3.2.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря и Обской губы в апреле – июне 2019 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Апрель	Май	Июнь
Новый порт (Обская губа)	h_{cp} (см)	20	24	53
	σ_h (см)	12	12	15
	h_{min} (см)	-13	-3	20
	Дата	1	4	28
	h_{max} (см)	42	53	73
	Дата	17	15	6, 10, 15
	h_{cp} (см)	10	-56	0
о. Диксон	σ_h (см)	46	13	38
	h_{min} (см)	-64	-76	-72
	Дата	30	26	1
	h_{max} (см)	79	-27	76
	Дата	1	4, 5	27
	h_{cp} (см)	41	19	78
	σ_h (см)	14	13	33
Сопочная Карга	h_{min} (см)	17	-16	4
	Дата	20	5	28
	h_{max} (см)	82	42	132
	Дата	24	8	15
	h_{cp} (см)	21	-11	22
	σ_h (см)	14	15	17
	h_{min} (см)	-2	-50	-21
м. Стерлегова	Дата	17	5	1
	h_{max} (см)	64	22	64
	Дата	24	3	25
	h_{cp} (см)	15	-5	24
	σ_h (см)	13	12	15
	h_{min} (см)	-30	-28	-8
	Дата	21	13	1
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{max} (см)	43	25	61
	Дата	24	4	27

На станции Новый Порт (Обская губа) (рис. 3.2.3, табл. 3.2.3) в течение рассматриваемых трёх месяцев наблюдалась положительная тенденция в колебаниях уровенной поверхности. Стоит отметить явные опускания уровня в 1 и 3 декадах мая, заметный подъем до +70 см в июне, а затем резкое опускание в конце июня до +20 см.

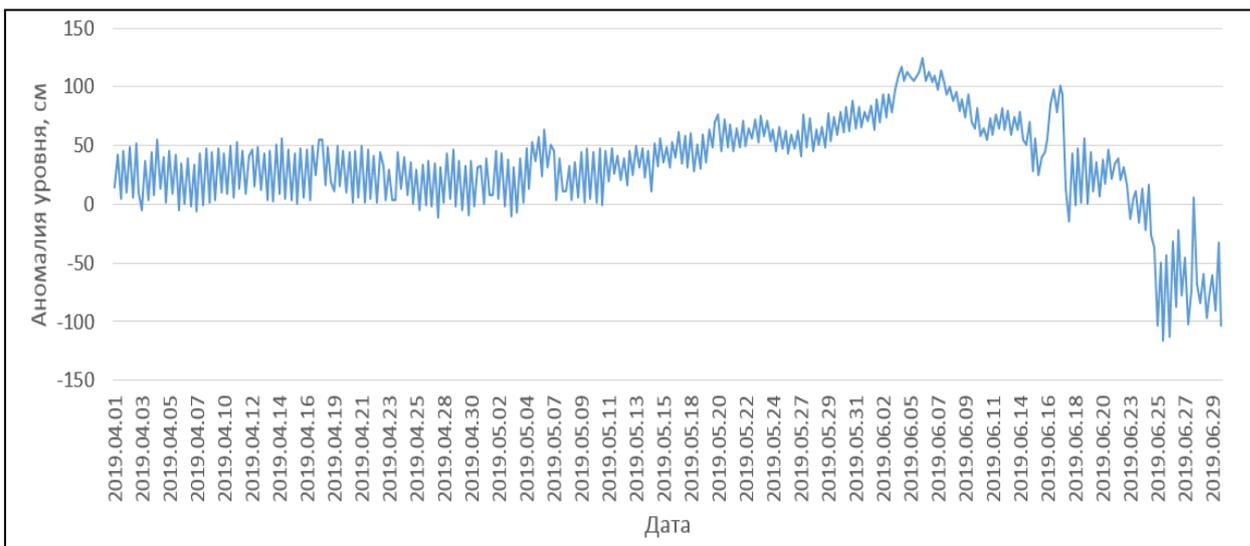


Рис. 3.2.4 – Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в апреле – июне 2019 г.

Таблица 3.2.4

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в апреле – июне 2019 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		Апрель	Май	Июнь
Анабар	h_{cp} (см)	24	43	37
	σ_h (см)	20	22	63
	h_{min} (см)	-11	-10	-116
	Дата	27	3	26
	h_{max} (см)	56	88	124
	Дата	14	31	6
м. Кигилях	h_{cp} (см)	-2	2	13
	σ_h (см)	13	12	11
	h_{min} (см)	-33	-27	-8
	Дата	11	7	6
	h_{max} (см)	20	29	43
	Дата	19	21	29
пр. Санникова	h_{cp} (см)	8	-2	11
	σ_h (см)	11	8	16
	h_{min} (см)	-18	-20	-24
	Дата	3	7	4
	h_{max} (см)	36	19	46
	Дата	1	20	29
о. Котельный	h_{cp} (см)	-11	-17	0
	σ_h (см)	22	19	25
	h_{min} (см)	-60	-66	-50
	Дата	7	7	4
	h_{max} (см)	28	35	46
	Дата	20	21	13

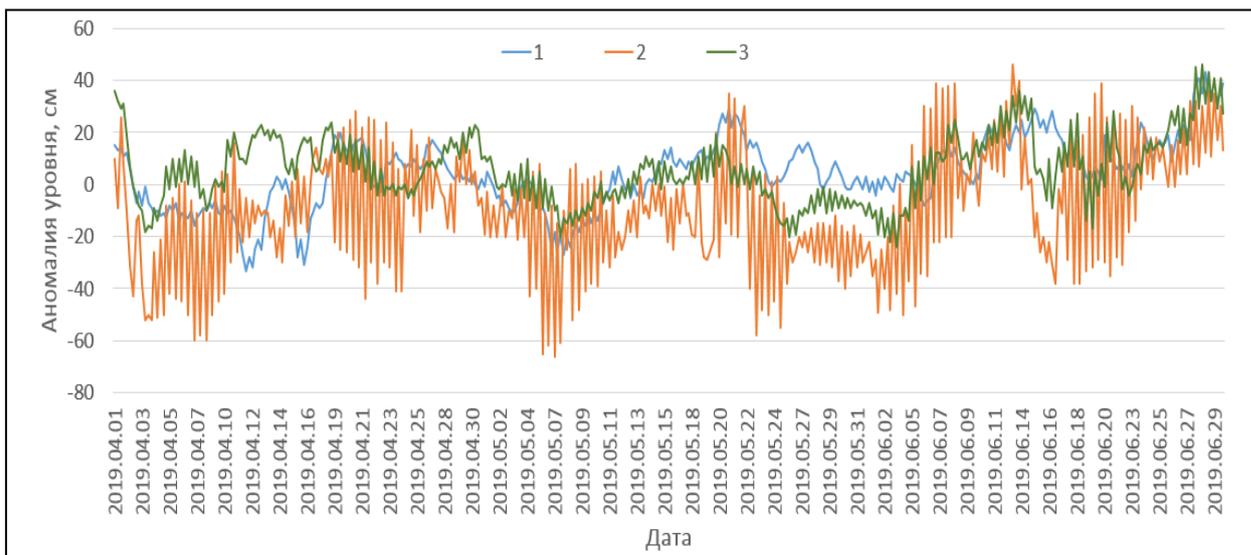


Рис. 3.2.5 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле – июне 2019 г.

(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) в течение апреля и первой декады мая колебания уровня происходили только под влиянием приливных сил. Во второй декаде мая начался заметный подъем уровня поверхности, и происходил он вплоть до начала июня. В начале июня уровень достиг своего максимума (+124 см), а затем стал резко опускаться до значений ниже среднемноголетних. 26 июня было зафиксировано минимальное значение уровня – –116 см.

На востоке моря Лаптевых по данным станций м. Кигилях и пр. Санникова (рис. 3.2.5, табл. 3.2.4) в течение апреля и мая наблюдались значения уровня близкие к среднемноголетнему, а на о. Котельный – ниже среднемноголетнего. В июне на станциях м. Кигилях и пр. Санникова средний уровень поднялся до отметки +13 см и +11 см соответственно. На станции о. Котельный средний уровень в июне был равен среднемноголетнему. В конце июня на всех трёх рассматриваемых станциях наметился общий подъем уровня поверхности.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях во втором квартале 2019 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 во 2 квартале 2019 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 апреля по июнь 2019 г. Расчеты и прогнозы ветрового волнения осуществлялись по авторской технологии, основанной на спектрально-параметрической модели (СПМ) ветрового волнения ААНИИ (AARI-PD2). В 2010 году данная технология была представлена на ЦМКП и решением комиссии рекомендована к использованию в ААНИИ для выполнения оперативных прогнозов на акватории морей Российской Арктики. Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по еженедельным данным диагноза сплоченности льда ААНИИ.

Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2019 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Апрель	–	6	7	10	6	1
Май	–	7	6	11	6	1
Июнь	–	6	13	7	4	–
Итого		19	26	28	16	2

Как видно из таблицы 3.3.1, во втором квартале 2019 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 4 м. Наиболее штормовым месяцем стали апрель и май, в которых максимальная расчетная высота волн на акватории Баренцева моря дважды превысила 5 м (01 апреля в 00 и 06 ч и 14 мая на 00 ч UTC), что на 1 м ниже, чем в 2018 г.

На рисунке 3.4.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 00 ч UTC 01 апреля 2019 г.

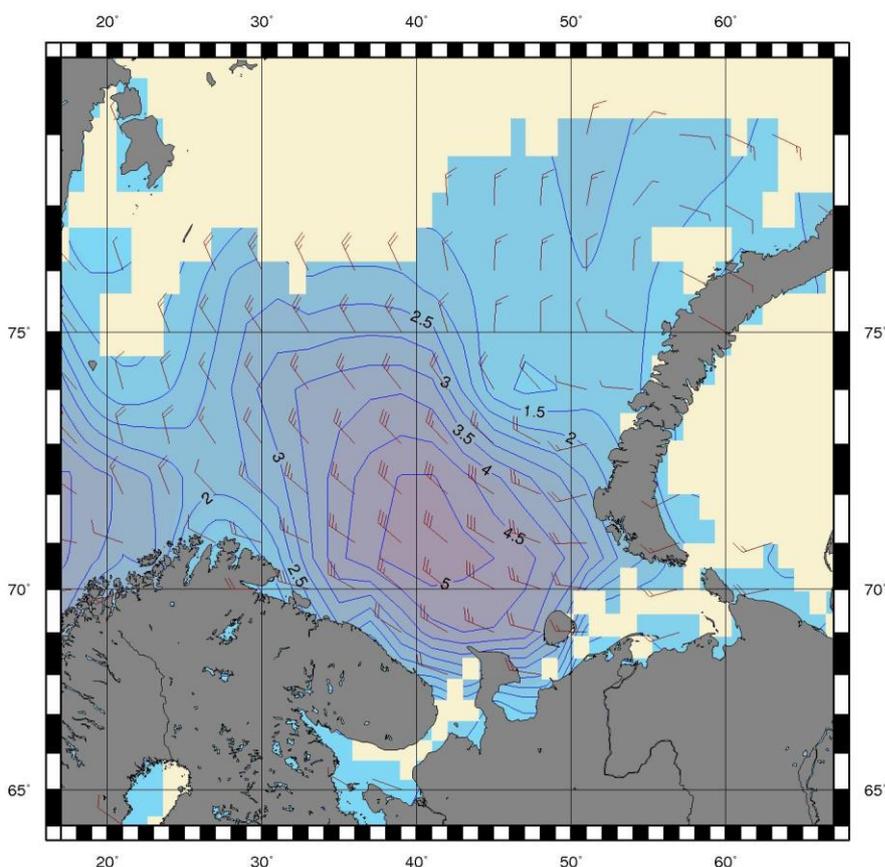


Рисунок 3.4.1 – Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 01апреля 2019 г.

Карское море стало открываться в конце мая, что на месяц раньше по сравнению с 2018 годом. Расчетная высота волны на чистой воде в основном была до 1 м, максимальная высота не превышала 2 м.

В таблице 3.4.2 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Карского моря во втором квартале 2019 г.

Таблица 3.3.2

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2019 г.

Месяц	Высота волн, м	
	0–1	1–2
Май (с 20 мая)	11	1
Июнь	17	13
Итого	28	14



Море Лаптевых стало открываться в конце мая – начале июня. В конце мая к западу от Новосибирских островов у зоны припая образовалась область чистой воды, которая постепенно расширялась и к концу июня заняла обширную часть моря от 74° до 79 ° с.ш.

Расчетная высота волны на чистой воде в основном была до 1 м, максимальная высота не превышала 3,0 м (18 июня на 18 ч и 19 июня на 00 и 06 ч).

В таблице 3.3.3 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для моря Лаптевых во втором квартале 2019 г.

Таблица 3.3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в море Лаптевых во втором квартале 2019 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Июнь	16	9	5
Итого	16	9	5

Восточно-Сибирское во втором квартале 2019 г. было покрыто льдом.

Чукотское море стало открываться в начале мая. К концу июня область чистой воды доходила до 72° с.ш. Высота волны в основном была до 1 м, максимальная высота не превышала 3,0 м (30 июня на 12 и 18 ч). В таблице 3.3.4 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Чукотского моря.

Таблица 3.3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море во втором квартале 2019 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Май	15	15	1
Июнь	18	10	2
Итого	33	25	3