

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

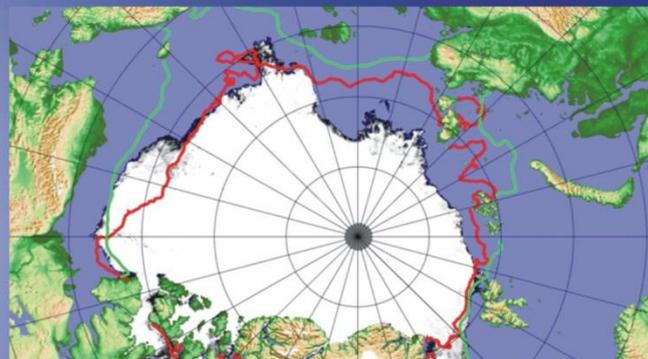


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2020





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия в Северной полярной области в апреле — июне 2020 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 2020 года.....	26
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь	26
2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период.....	42
3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2020 г.	49
3.1. Термохалинные условия.....	49
3.2 Уровень арктических морей.....	53
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей во 2 квартале 2020 г.....	59
Список литературы	63



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во 2 квартале 2020 г. Фактическая информация для составления обзора была получена по данным государственной наблюдательной сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ, и наблюдений непосредственно на береговых и научной обсерватории «Мыс Баранова».

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

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

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

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

Общее руководство подготовкой обзора осуществлялось научный руководителем ААНИИ, чл.-корр. РАН, д-ром геогр. наук И.Е. Фроловым.

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 2020 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 2020 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов во втором квартале проводятся с учетом процессов за предшествующий период январь – март 2020 г., особенности которого более подробно были представлены ранее.

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

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

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

Реальное состояние крупномасштабной циркуляции в атмосфере и метеорологические условия в полярном районе Арктики каждого конкретного года существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы), что указывает на существование большого числа вариантов конкретных реализаций ОЦА



в отдельных локальных районах Арктики. Несмотря на сложность взаимосвязей между элементами макроструктуры, множественность их возможных состояний и сочетаний, в эволюции макросиноптических процессов всегда имеется возможность выявить ряд существенных особенностей, определяющих тенденцию их развития.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с апреля по июнь 2020 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй квартал 2020 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.

Таблица 1.1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период апрель – июнь 2020 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	<i>W</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>З</i>	<i>M₁</i>	<i>M₂</i>
Число дней	11	40	40	12	59	21
Аномалия	-17	11	6	-16	26	-10

В *первом секторе* в период апрель – июнь 2020 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости процессов меридиональной (*C*) и восточной (*E*) форм циркуляции. Процессы данных форм составили 40 дней и превысили норму для меридиональной (*C*) формы на 11 дней, а для восточной формы – на 6 дней.

Во *втором секторе* более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа *M₁*. Данные процессы отмечались 59 дней, что выше нормы на 26 дней.

Анализ процессов показал, что в апреле – июне 2020 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 2020 г. представлен на рисунке 1.1.1.

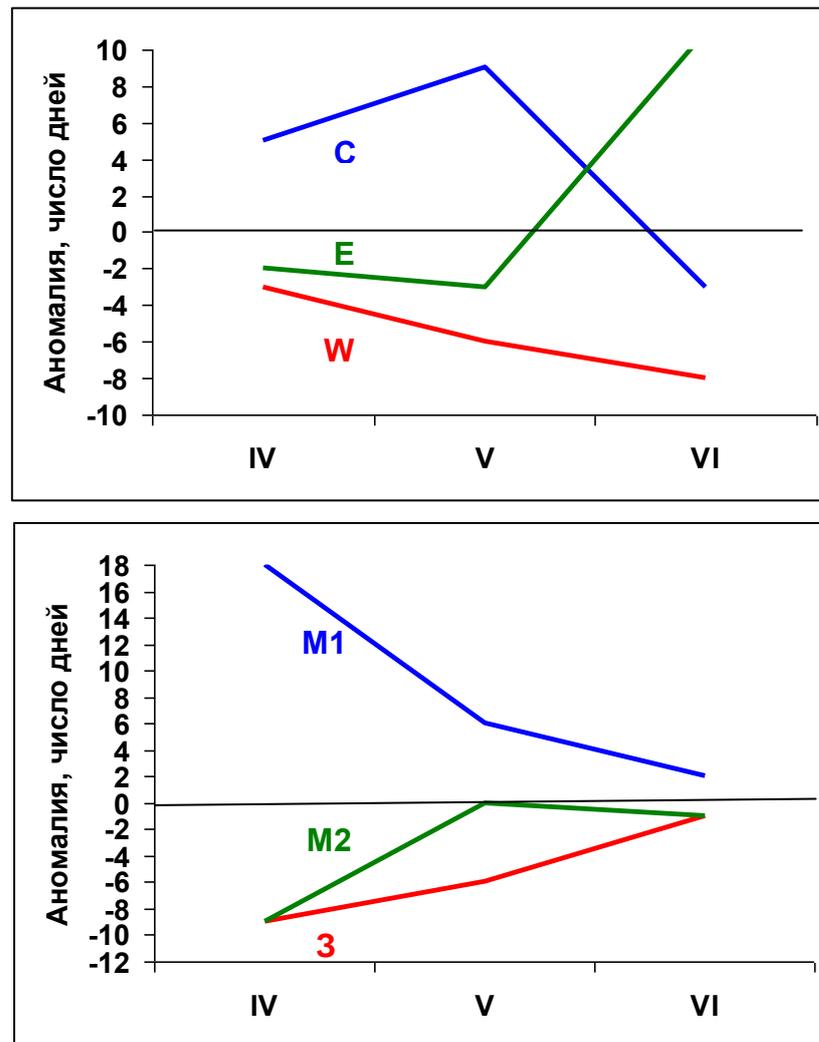


Рис. 1.1.1 Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период апрель – июнь 2020 г.

W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма,
З – зональный тип, M1 – первый меридиональный тип, M1 – второй меридиональный тип

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с апреля по июнь 2020 г. выглядит следующим образом:

Апрель – C_{M1} → Май - 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.

В апреле и июне под влиянием циклонов в полярном районе отмечался фон давления с отрицательными аномалиями давления. В мае при усилении арктического антициклона преобладали положительные аномалии давления. Изменения средних



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

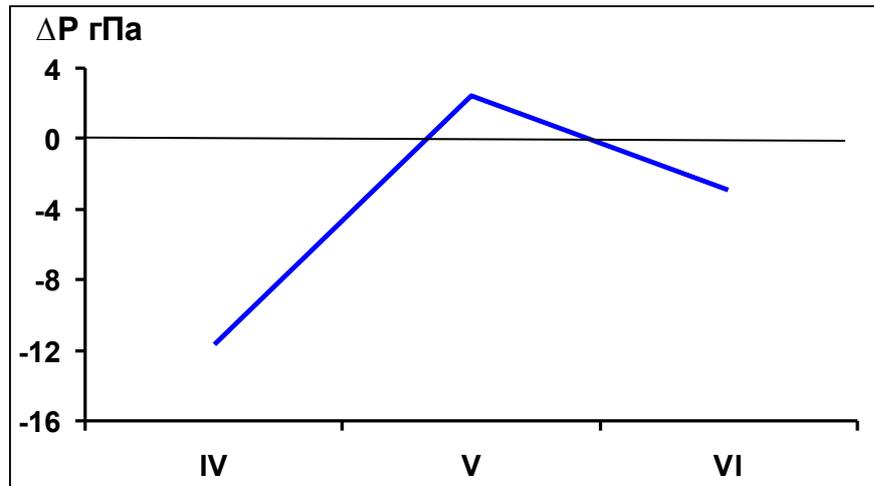


Рис. 1.1.2. Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в апреле-июне 2020 г. в полярном районе Арктики

В течение второго квартала 2020 г. фон температуры над полярным районом сохранялся аномально высоким. По сравнению со вторым кварталом прошлого года фон температуры в этом году в полярном районе повысился на 0,6 °С.

Наиболее устойчивая адвекция теплых воздушных масс в полярный район Арктики с теплого континента Азии отмечалась в апреле. В дальнейшем в мае и июне фон температуры понизился на 2,5 °С. Изменения в апреле-июне 2020 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.1.3.

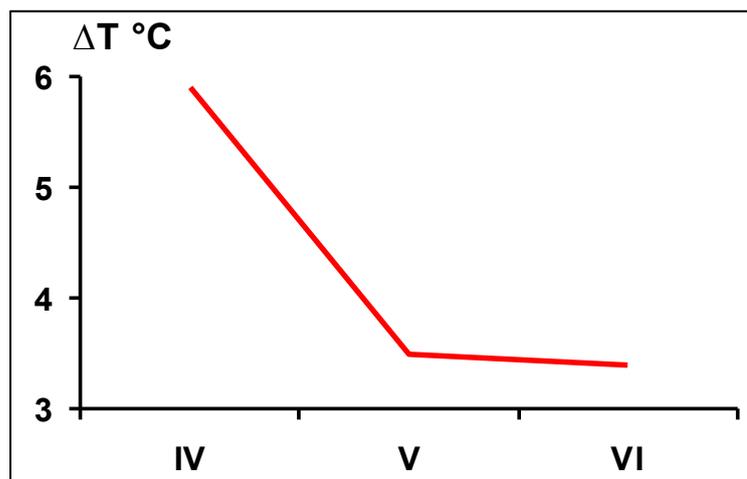


Рис.1.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°С) в широтном поясе 70 — 85° с.ш. в апреле — июне 2020 г.

Структурные особенности развития атмосферных процессов во втором квартале 2020 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и

типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуре 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 2020 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 2020 г.* центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа был смещен в восточный сектор полярного района. Западный сектор находился под влиянием гребня азорского антициклона. Основная ложбина ЦПВ была ориентирована на район Баренцева моря, где в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2020 г. показано на рисунке 1.1.4.

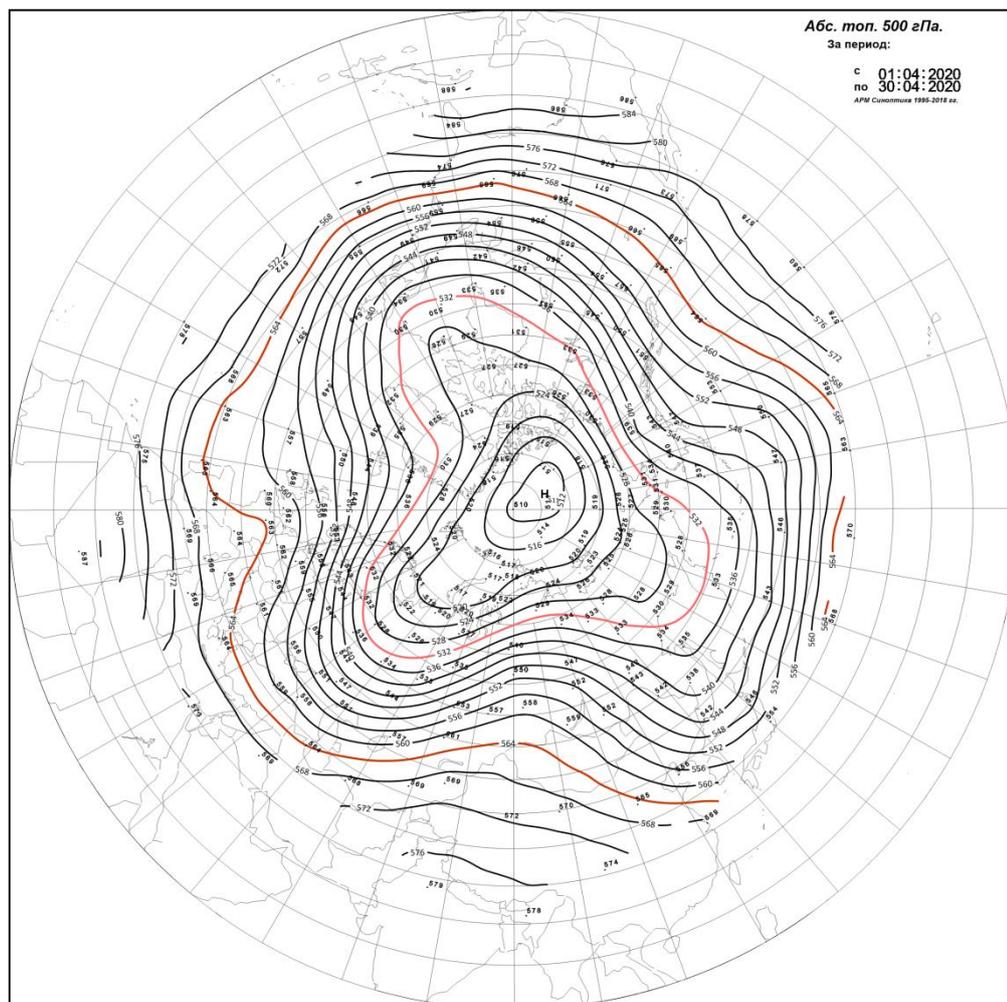


Рис. 1.1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2020 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась наибольшая повторяемость меридиональной формы циркуляции атмосферы.

Под влиянием гребня устойчивого антициклона над Северной Атлантикой циклоны в системе исландского минимума смещались в Арктику по высокоширотным траекториям через акваторию Баренцева моря на район Западной Сибири.

В полярном районе сформировался низкий фон давления с отрицательными аномалиями до 8 — 10 гПа.

Под влиянием устойчивой адвекции теплых воздушных масс с юга преобладали положительные аномалии температуры в северо-восточной части Карского моря до значений 10 — 12 °С (рис. 1.1.5).

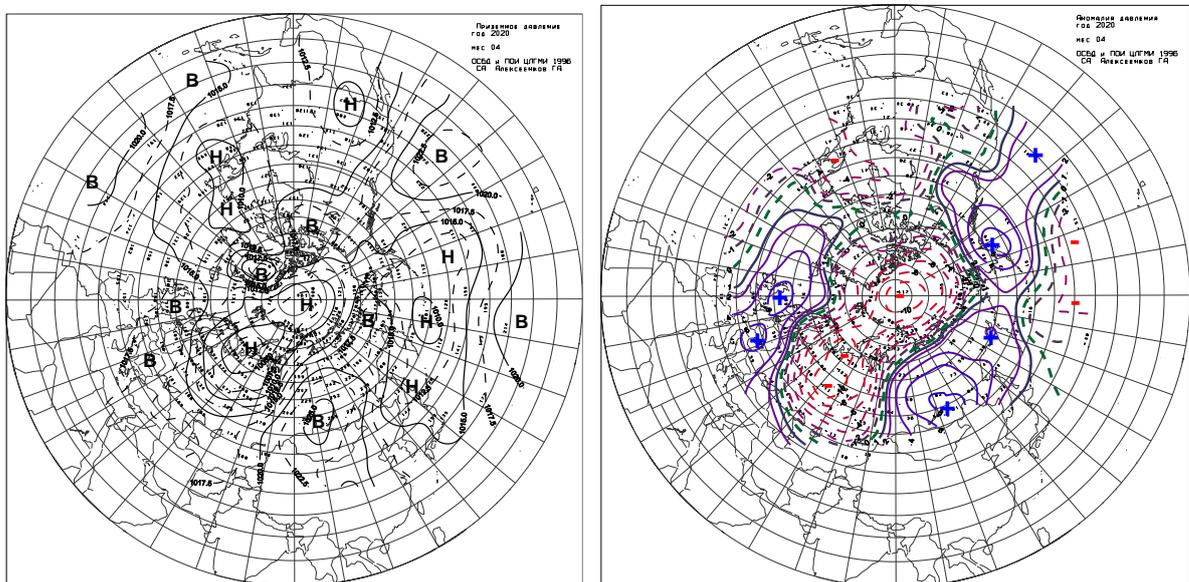


Рис. 1.1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в апреле 2020 г. (гПа)

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

Особенностью процессов данного месяца явилось усиление антициклона над Тихим океаном. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям в Арктику. Фон давления в данном секторе Арктики ниже нормы на 4 — 8 гПа.

Под влиянием адвекция теплых воздушных масс с Тихого океана сформировался температурный фон выше нормы на 3 — 5 °С (рис. 1.1.6).

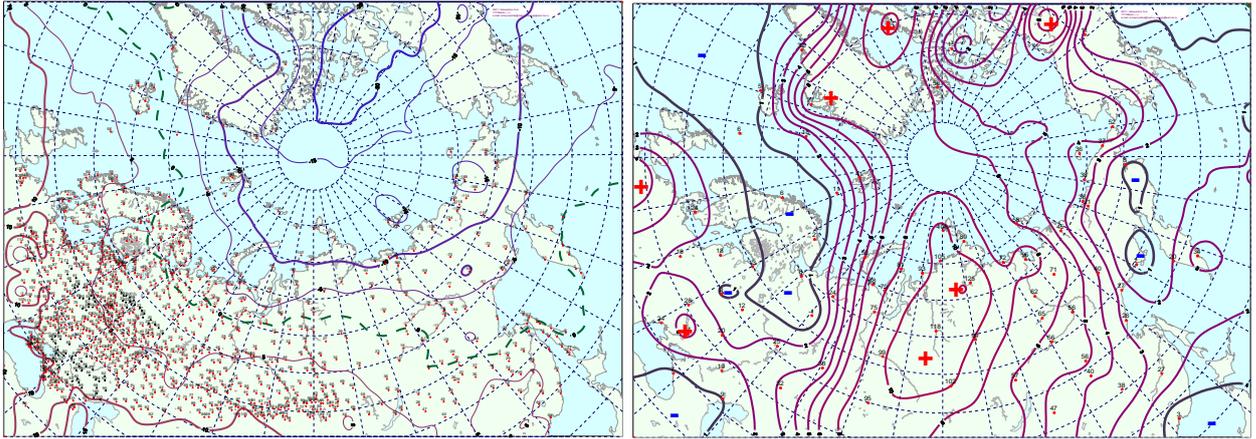


Рис. 1.1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2020 г., (°C)

В мае 2020 г. центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился из восточного в западный сектор Арктики. На восточный сектор находился под влиянием высотного гребня гавайского антициклона, где в приземном поле сформировался устойчивый антициклон.

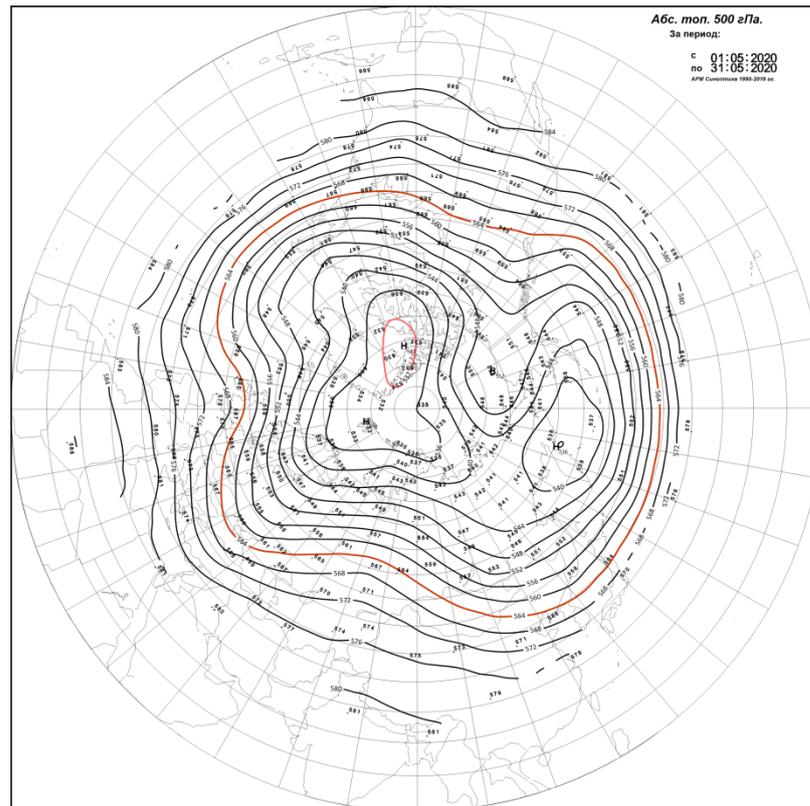


Рис. 1.1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2020 г.

В первом секторе сохранилась направленность крупномасштабных процессов меридиональной формы циркуляции атмосферы. Отличием по сравнению с апрелем явилось то, что циклоны Северной Атлантики смещались по высокоширотным

траекториям через западный сектор Арктики в район ЕТР. Фон давления в западном секторе Арктики ниже нормы на 2-6 гПа.

Воздушные потоки юго-восточных, южных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс и формирование фона температуры выше нормы до 3 – 6 °С (рис. 1.1.8).

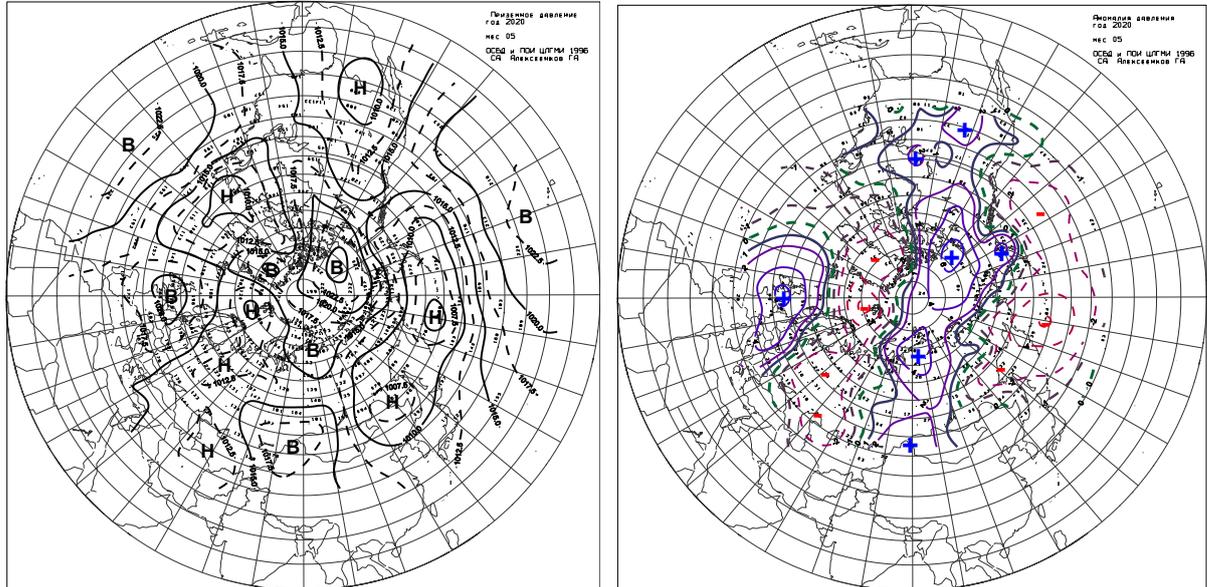


Рис. 1.1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2020 г., (гПа)

Во *втором секторе* при перестройке на антициклональный режим погоды фон давления повысился от отрицательных до положительных аномалий со значениями до 4-6 гПа. При преобладающих воздушных потоках юго-восточных и восточных направлений фон температуры сформировался выше нормы на 2 — 4 °С (рис. 1.1.9).

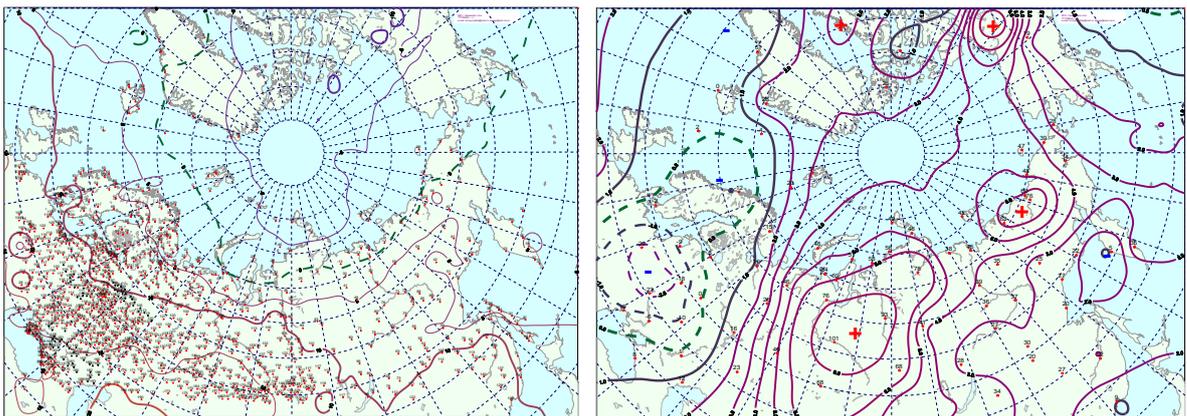


Рис. 1.1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2020 г., (°С)

В *июне 2020 г.* центр циркумполярного вихря находился в приполюсном районе Арктики. Основные ложбина ЦПВ были ориентированы на районы Канады, Карского и Чукотского морей. 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).

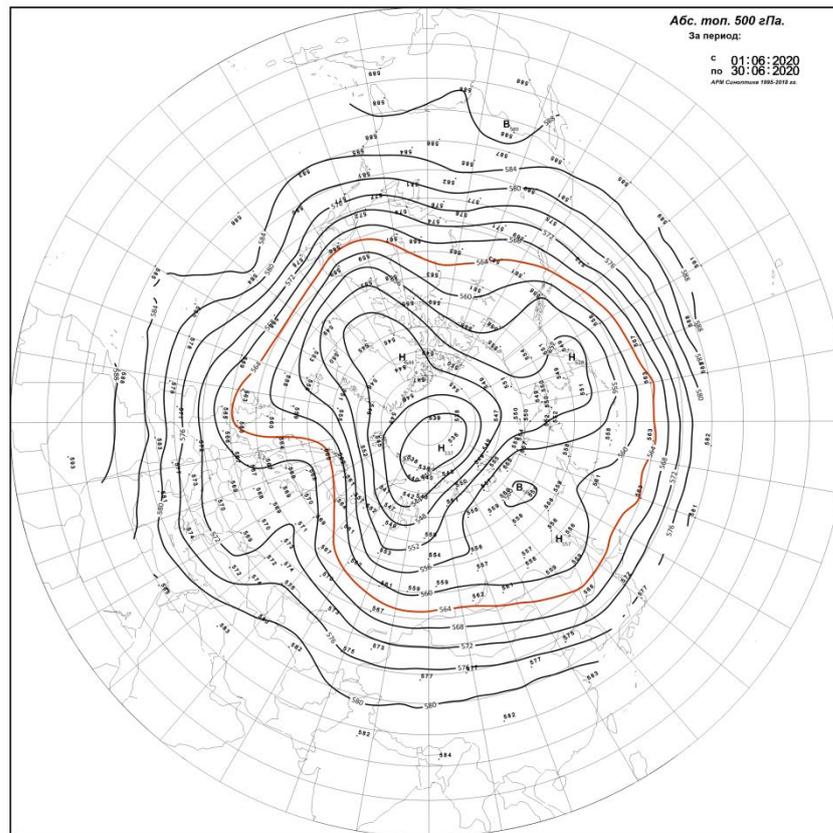


Рис. 1.1.10. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2020 г.

В первом секторе наибольшую повторяемость имели разновидности процессов восточной формы циркуляции.

Циклоны Северной Атлантики чаще, чем в мае, смещались по ВФЗ высокоширотными траекториями. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в районе северной части Баренцева и Карского морей.

Фон температуры с положительными аномалиями, по сравнению с маем сохранился. Наиболее высокие положительные аномалии температуры до 4 — 8 °С сформировались на Таймыре, в Карском и Лаптевых морях.

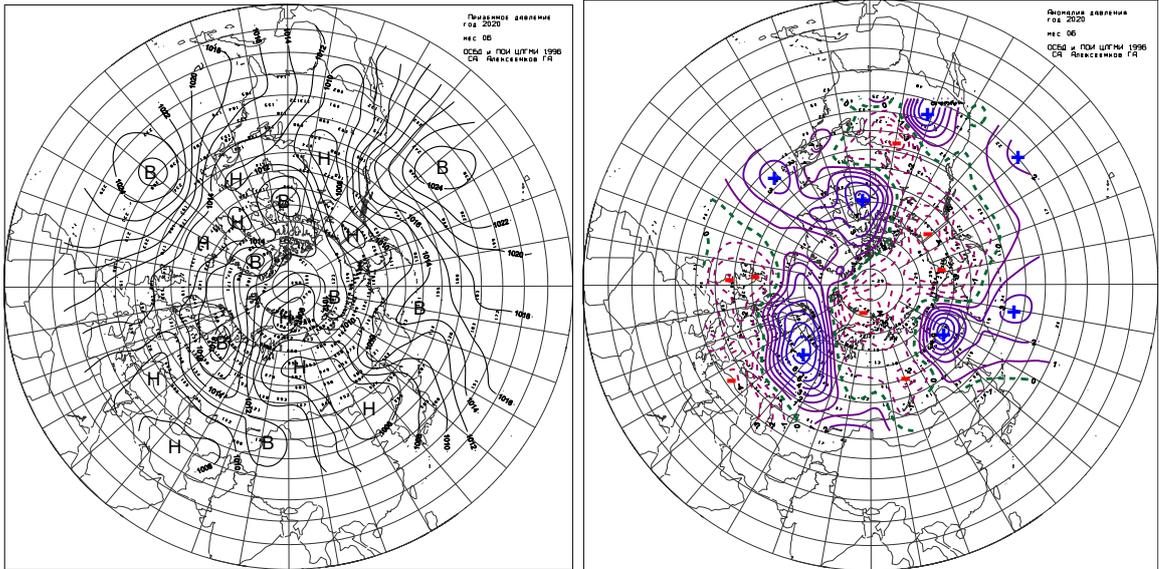


Рис. 1.1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2020 г. (гПа)

Во *втором секторе* сохранилось преобладание меридиональных процессов тип M_1 . Под влиянием циклонов в системе алеутского минимума произошло ослабление арктического антициклона. Фон давления в восточном секторе сменил знак аномалии давления от положительных к отрицательным значениям.

Воздушные потоки преимущественно восточных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс и преобладание положительных аномалий температуры со значениями от 1 до 4 °С. (рис. 1.1.12).

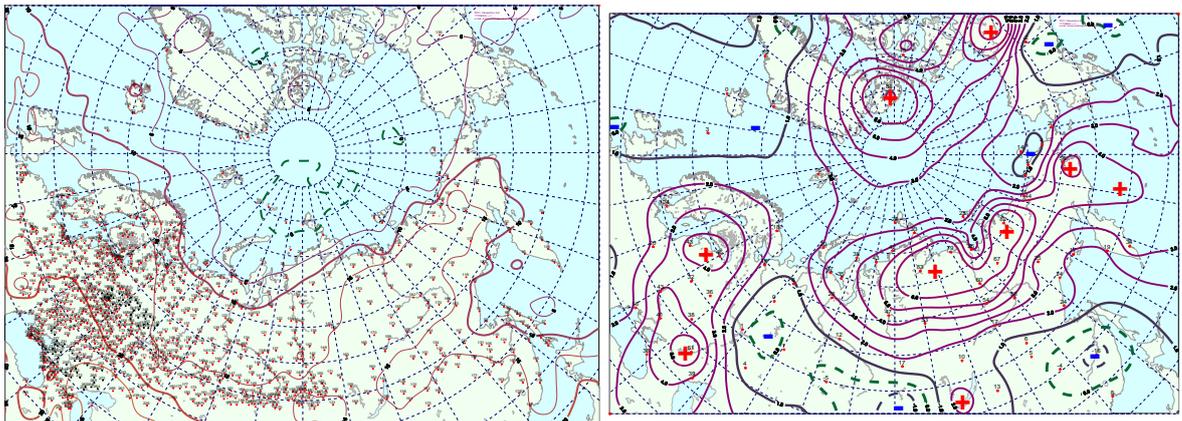


Рис. 1.1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2020 г., (°С)

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 2020 г. сохранился.



Средние за второй квартал данные значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики за текущий 2020 год и за прошлый 2019 г. приводятся на рисунке 1.1.13.

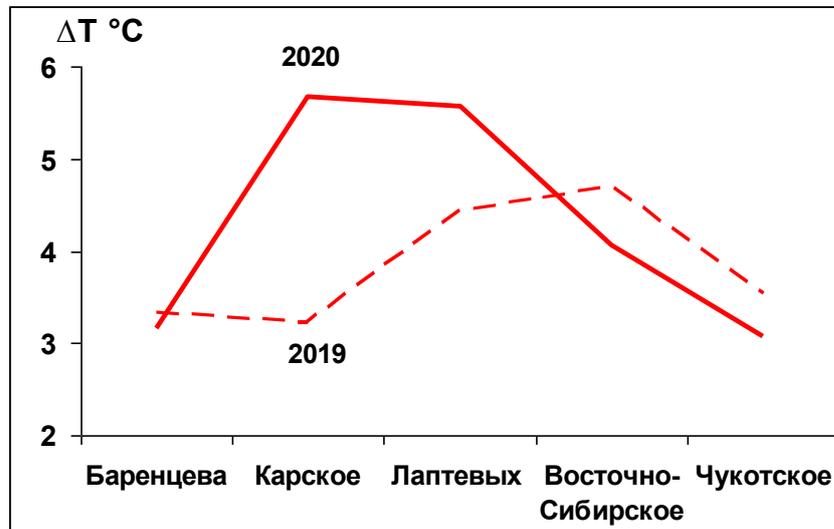


Рис. 1.1.13. Средние за второй квартал значения аномалий температуры воздуха (°C) по акватории морей российской Арктики в 2020 и 2019 гг.

Как видно на рис. 13, повышение температурного фона во втором квартале этого года отмечено Карском и Лаптевых морях. В Восточно-Сибирском и Чукотском морях фон температуры имел тенденцию к понижению. В Баренцевом море фон температуры близок к прошлому году.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в апреле - июне 2020 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 2020 г. представлены в таблице 1.1.2.



Таблица 1.1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с апреля по июнь 2020 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Апрель 2020			Май 2020			Июнь 2019		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-6	W	M ₁	1-3	E	M ₂	1-3	C	M ₁
7-9	E	M ₁	4-9	C	M ₂	4-6	E	M ₁
10-13	C	M ₂	10-11	E	M ₂	7-9	E	M ₁
14-21	E	M ₁	12-16	C	3	10-14	E	3
22-30	C	M ₁	17-19	W	M ₁	15-19	E	M ₂
			20-23	C	M ₁	20-21	C	3
			24-27	E	M ₁	22-25	E	M ₁
			28-31	C	M ₁	26-28	C	M ₁
						29-30	W	M ₁
Итого	W 6 (-3) C 13 (5) E 11 (-2)	3 0 (-9) M ₁ 26 (18) M ₂ 4 (-9)	Итого	W 3 (-6) C 19 (9) E 9 (-3)	3 5 (-6) M ₁ 15 (6) M ₂ 11 (0)	Итого	W 2 (-8) C 8 (-3) E 20 (11)	3 7 (-1) M ₁ 18 (21) M ₂ 6 (-1)

Примечания

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

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период апрель — июнь 2020 г., можно сделать следующие выводы.

1. В период апрель — июнь 2020 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов меридиональной (С) и восточной (Е) форм циркуляции. Процессы данных форм составили 40 дней и превысили норму для меридиональной (С) формы на 11 дней, а для восточной формы — на 6 дней.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₁. Данные процессы отмечались 59 дней, что выше нормы на 26 дней.

2. В средней тропосфере на изобарической поверхности H₅₀₀ в апреле и июне центр ЦПВ находился в приполюсном районе полярного района Арктики. В мае полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней с Северной Атлантики и Тихого океана. Под высотными гребнями антициклонов в приземном поле сформировался антициклон с центром в восточном секторе Арктики.



3. В апреле и июне под влиянием циклонов в полярном районе отмечался фон давления с отрицательными аномалиями давления. В мае при усилении арктического антициклона в полярном районе преобладали положительные аномалии давления.

4. Во все месяцы второго квартала в среднем по полярному району фон температуры был выше нормы. По сравнению с вторым кварталом прошлого года фон температуры в этом году в полярном районе повысился на 0,6 °С.

5. На трассе СМП повышение температурного фона во втором квартале этого года отмечено в Карском и Лаптевых морях. В Восточно-Сибирском и Чукотском море фон температуры имел тенденцию к понижению. В Баренцевом море фон температуры близок к прошлому году.

В целом направленность атмосферных процессов и фоновые метеорологические показатели соответствуют фоновому метеорологическому прогнозу на 2020 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, поступавшие с дрейфующих буев МПАБ.

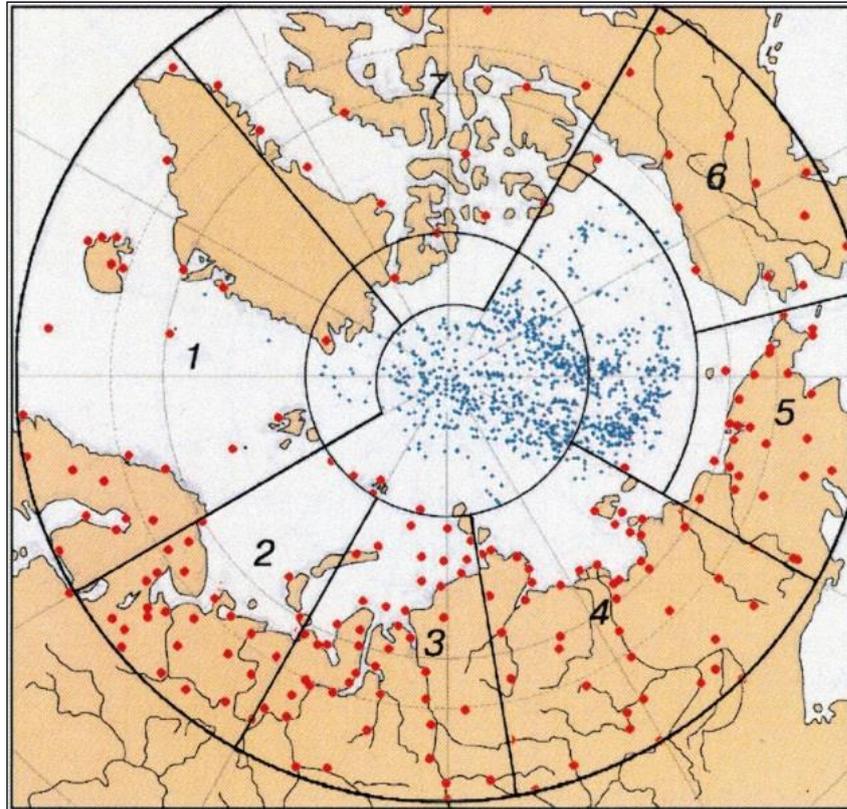


Рис. 1.2.1 Сеть метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов

1 — Атлантический; 2 — Североевропейский; 3 — Западносибирский; 4 — Восточносибирский; 5 — Чукотский; 6 — Аляскинский; 7 — Канадский

Температура воздуха

Основным методом получения пространственно осредненных по территории северной полярной области и территориям климатических районов аномалий температуры воздуха является метод оптимальной интерполяции и оптимального осреднения. Приводимые оценки аномалий температуры были получены относительно рекомендованного ВМО стандартного периода 1961 – 1990 гг. В качестве весеннего сезона рассматривался период март – май.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2020 года по отдельным широтным зонам (60 – 85, 70 – 85 и 60 – 70° с.ш.) представлена в табл.1.2.1.

В весеннем сезоне 2020 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 3,7 °С. Весна 2020 г. по рангу теплых лет стала второй теплой весной за период с 1936 г. Аномалия температуры в широтной зоне 70 – 85° с.ш. оказалась равной 4,0 °С, а в зоне 60 – 70° с.ш. 3,5 °С. Прошедший сезон в этих широтных зонах стал также вторым 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 2020 г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70 – 85	4,0	2	2019 (4,1)	1966 (-2,2)
60 – 70	3,5	2	2019 (3,6)	1964 (-2,2)
60 – 85	3,7	2	2019 (3,8)	1964 (-2,1)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2020 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в евразийском секторе СПО (рис.1.2.2, табл.1.2.2). Аномалия температуры в Западносибирском и Восточносибирском районах составила 7,3 и 5,4 °С соответственно. Прошедший сезон в Западносибирском районе стал первым, а в Восточносибирском – третьим теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

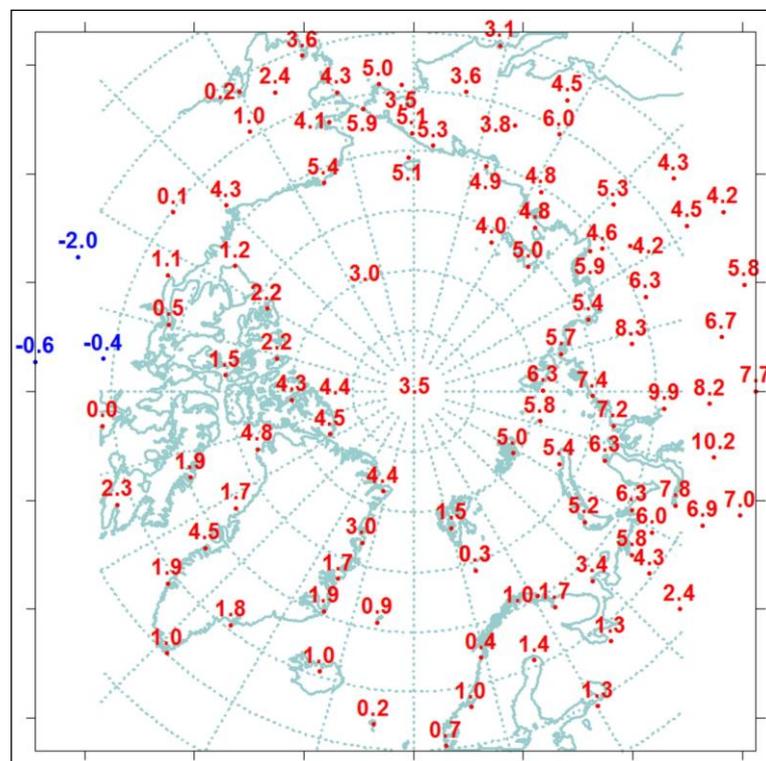


Рис. 1.2.2. Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона 2020 г. на станциях Северной полярной области, °С



Таблица 1.2.2

Аномалии (отклонение от нормы за 1961 — 1990 гг.) средней температуры воздуха в весеннем сезоне 2020 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	1,4	10	2004 (3,0)	1968 (-1,4)
Североевропейский	3,0	7	2016 (4,2)	1958 (-2,8)
Западносибирский	7,3	1	2020 (7,3)	1964 (-2,0)
Восточносибирский	5,4	3	2011 (5,5)	1958 (-2,7)
Чукотский	4,6	3	2017 (5,0)	1950 (-2,8)
Аляскинский	2,8	9	2019 (5,8)	1964 (-4,2)
Канадский	1,7	13	2010 (4,6)	1964 (-2,5)

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

Таблица 1.2.3

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2020 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	2,0	8	2004,2006 (3,8)	1968 (-2,1)
Баренцево море	3,0	7	2016 (5,0)	1969 (-2,7)
Карское море	6,4	2	2011 (7,3)	1964 (-3,9)
Море Лаптевых	5,4	3	2011 (5,6)	1966 (-2,6)
Восточно-Сибирское море	4,7	4	1990 (5,4)	1950 (-2,5)
Чукотское море	5,3	3	2019 (5,7)	1985 (-3,2)
Море Бофорта	3,2	7	2019 (6,2)	1964 (-2,7)
Северная часть Канадского района	3,1	5	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 — 2020 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 2,55; 2,21 и 2,38 °С за 85 лет.

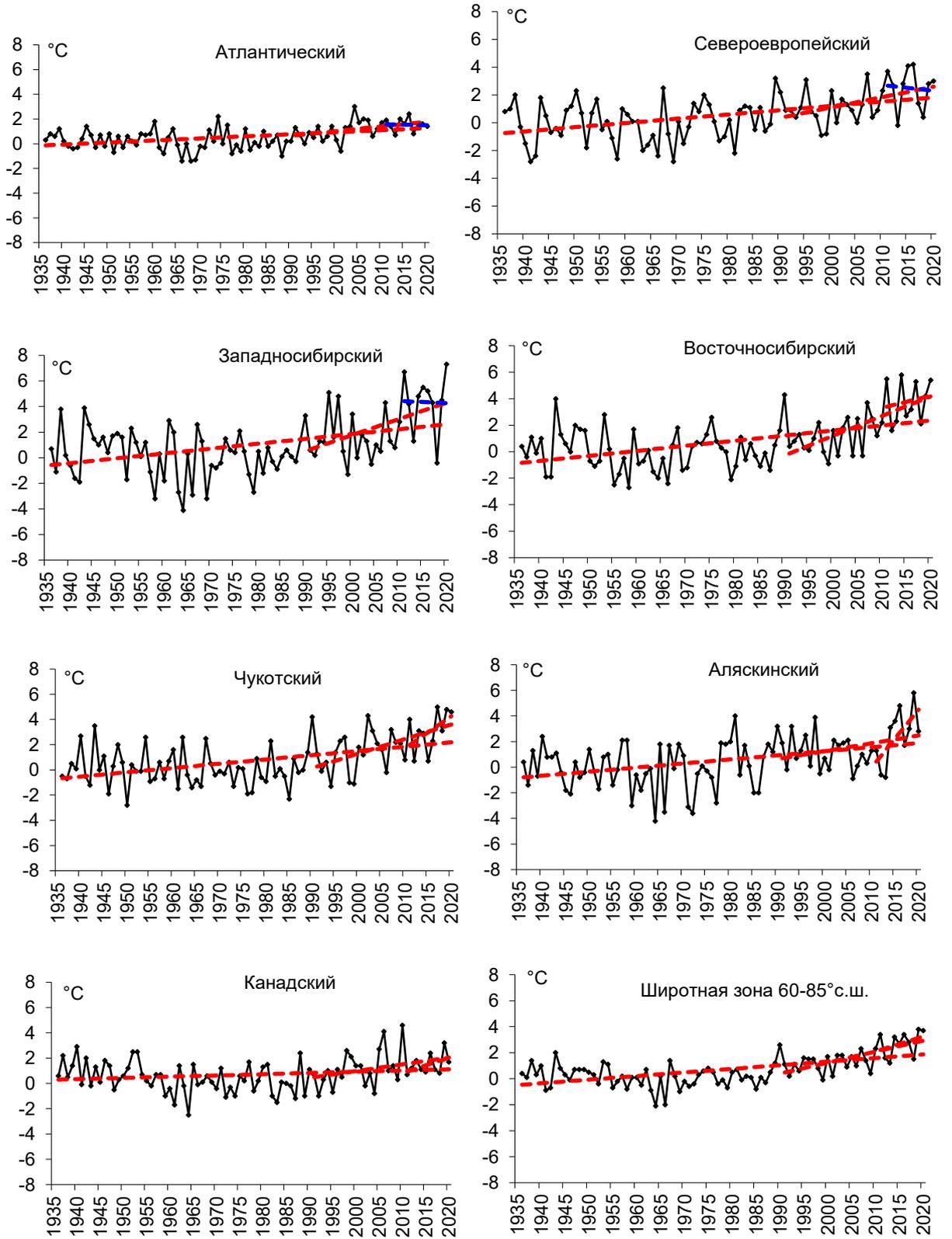


Рис. 1.2.3. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °С

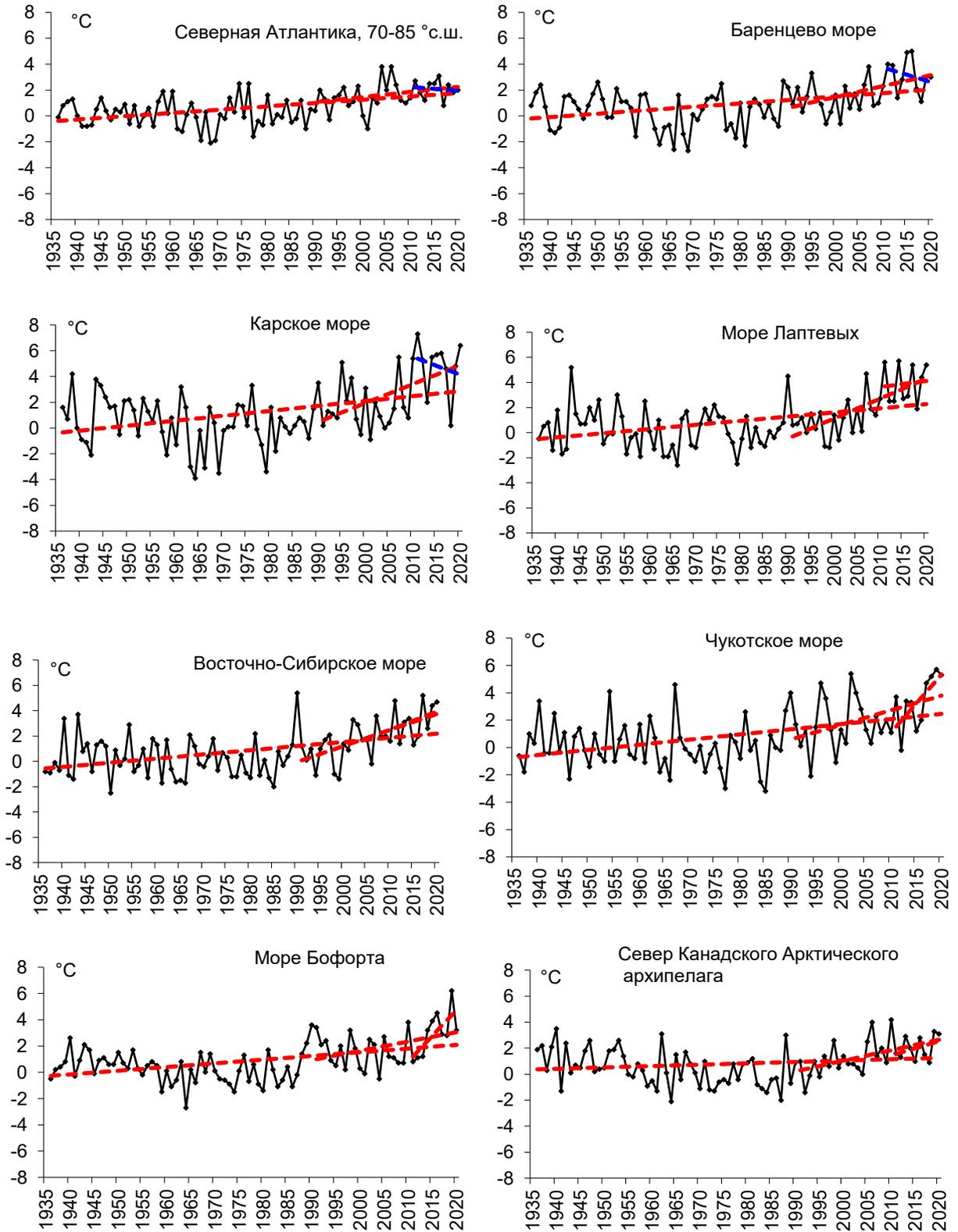


Рис. 1.2.4. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °С



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	1936-2020		1991-2020		2011-2020	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,16	44,6	0,38	44,4	-0,08	5,0
Североевропейский	0,30	46,5	0,75	46,0	-0,41	8,2
Западносибирский	0,38	41,0	1,26	47,7	-0,17	2,2
Восточносибирский	0,38	49,4	1,48	70,0	0,93	17,4
Чукотский	0,34	47,1	1,15	58,5	2,55	49,6
Аляскинский	0,32	40,8	0,61	31,9	4,50	64,1
Канадский	0,10	19,0	0,53	36,2	1,18	44,8
60-70° с.ш.	0,26	57,0	0,75	63,3	1,52	44,1
70-85° с.ш.	0,30	54,9	1,03	75,0	0,61	22,8
60-85° с.ш.	0,28	57,4	0,85	69,6	1,16	36,4

Пр и м е ч а н и е : *Bx* – значение линейного тренда в °C/10 лет; *D* – вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды

Для последнего тридцатилетнего периода 1991 – 2020 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 2,55 °C 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 3,78 и 4,44 °C/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).

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	1936-2020		1991-2020		2011-2020	
	<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

Пр и м е ч а н и е : *Bx* – значение линейного тренда в °C/10 лет; *D* – вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды



Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха отмечается в районе Карского моря и моря Лаптевых. За 1991 — 2020 гг. температура воздуха в районах повысилась на 4,41 и 4,77 °С/30 лет соответственно.

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2019/20 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 процентах от нормы 1961 — 1990 гг.) количества осадков за холодный сезон 2019/20 г. для отдельных широтных зон и климатических районов. В целом в СПО осадков выпало выше нормы (104,9 %). Такое количество осадков, выпавших в холодном периоде 2019/20 г. в СПО оказалось двенадцатым значением в ряду убывающих значений с 1936 года. К югу от 70°с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало выше нормы на 5,8 %, а к северу на 21,3 % выше нормы. Это соответственно тринадцатое и третье значения в ряду убывающих значений с 1936 года.

Таблица 1.2.6

Относительные аномалии (в процентах от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков холодного сезона 2019/20 г.

Климатический район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	83,7	2015 (123,2)	1968 (75,2)
Североевропейский	137,5	2020 (137,5)	1980 (68,5)
Западносибирский	132,0	2020 (132,0)	1946 (72,4)
Восточносибирский	107,9	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	85,6	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	136,4	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	82,5	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	105,8	2015 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	121,3	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	104,9	1954 (117%)	1980 (90%)

В табл. 1.2.7 приведены оценки изменения сумм осадков холодного сезона за весь период (с 1936 по 2020 гг.) по северным (70 — 85° с.ш.) и южным (60 — 70° с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рис. 1.2.5 временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.



Таблица 1.2.7

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

Район, широтная зона	Вх	% от нормы	D	Вх	% от нормы	D
	1936-2020			1991-2020		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	3,97	4,0	9,9	-11,05	-3,9	8,2
Скандинавия и север ЕТР	14,46	40,5	70,8	-0,01	0,0	0,0
Западная Сибирь	9,53	30,0	63,7	5,70	6,3	15,6
Восточная Сибирь	2,49	14,2	39,1	-0,66	-1,3	4,1
Чукотка	0,15	0,6	1,0	1,64	2,2	5,0
Аляскинский (южная часть)	4,14	20,7	27,3	11,42	20,2	26,1
Канадский (южная часть) 60-70° с.ш.	-0,67	-4,1	9,5	-8,90	-19,3	45,3
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	11,54	41,7	57,8	28,58	36,4	51,4
Баренцево море	7,28	27,4	61,6	12,49	16,6	44,6
Карское море	0,55	3,5	6,9	5,05	11,4	23,3
Море Лаптевых	-2,94	-20,5	39,5	0,81	2,0	4,9
Восточно-Сибирское море	-7,46	-50,6	59,7	-13,35	-32,0	56,9
Чукотское море	-8,92	-43,3	54,8	4,89	8,4	19,9
Море Бофорта	-0,60	-5,3	6,4	-1,95	-6,1	8,1
Канадский (северная часть) 70-85° с.ш.	0,42	6,0	7,6	-5,32	-26,7	28,2
Атлантический	1,96	12,1	38,0	10,11	21,9	66,7
Североевропейский	6,28	8,3	22,0	-0,65	-0,3	0,7
Западносибирский	11,56	35,9	76,3	6,99	7,7	26,7
Восточносибирский	5,75	23,1	60,9	5,39	7,6	23,5
Чукотский	0,41	2,5	8,3	-0,08	-0,1	0,6
Аляскинский	-2,85	-12,7	24,0	0,99	1,6	4,5
Канадский 60-85° с.ш.	2,22	12,7	18,9	2,49	5,0	7,7
	-0,25	-1,9	4,5	-7,57	-20,8	44,0
	3,36	11,7	47,1	1,22	1,5	6,9

Пр и м е ч а н и е : Первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет;
 Второй столбец – изменение сумм осадков в процентах 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 — 2020 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 12 %, а в целом по региону на 12 %. За этот период осадки более всего выросли в Североевропейском районе (на 36 %) и Западносибирском (на 23 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части районов на 40 и 30 % соответственно. В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 13 %). Относительно наметившихся тенденций в изменениях сумм осадков холодного сезона можно указать на положительный 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 статистически значимого увеличения зимних осадков.

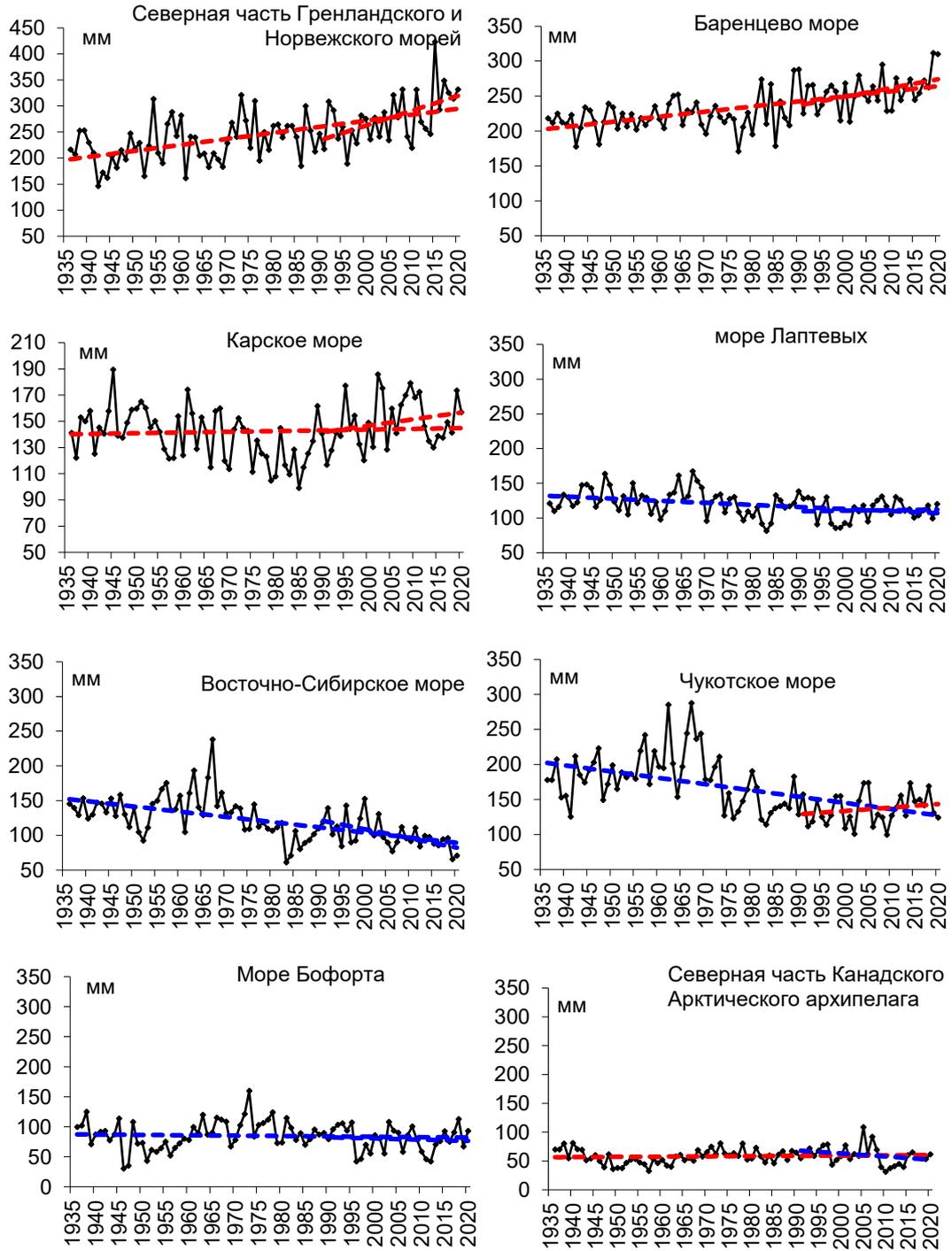


Рис. 1.2.5. Временные ряды сумм осадков холодного сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле — июне 2020 года

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле-июне 2020 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» в апреле-июне на научной базе «Мыс Баранова», 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 СИГРИДЗ Мирового центра данных по морскому льду (МЦД МЛ). В пределах отдельного месяца выборка карт из архива проводилась по критериям близости к середине месяца и интервала времени между картами ААНИИ и КЛС-НЛЦ в 1 сутки (день недели выпуска карт ААНИИ – каждая среда, КЛС – каждый вторник, НЛЦ – 1 раз в 2 недели по вторникам). Для цветовой окраски карт в зимний (по возрасту) и летний (по общей сплоченности) периоды использован стандарт ВМО (WMO/Td. 1215). Следует также отметить, что в зонах стыковки карт ААНИИ и КЛС, НЛЦ наблюдается определенная несогласованность границ и характеристик ледовых зон вследствие ряда различий в ледовых информационных системах ААНИИ и КЛС, НЛЦ (КЛС и НЛЦ имеют единую информационную систему в рамках Североамериканской ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО 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 2020 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (<http://nsidc.org>).

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

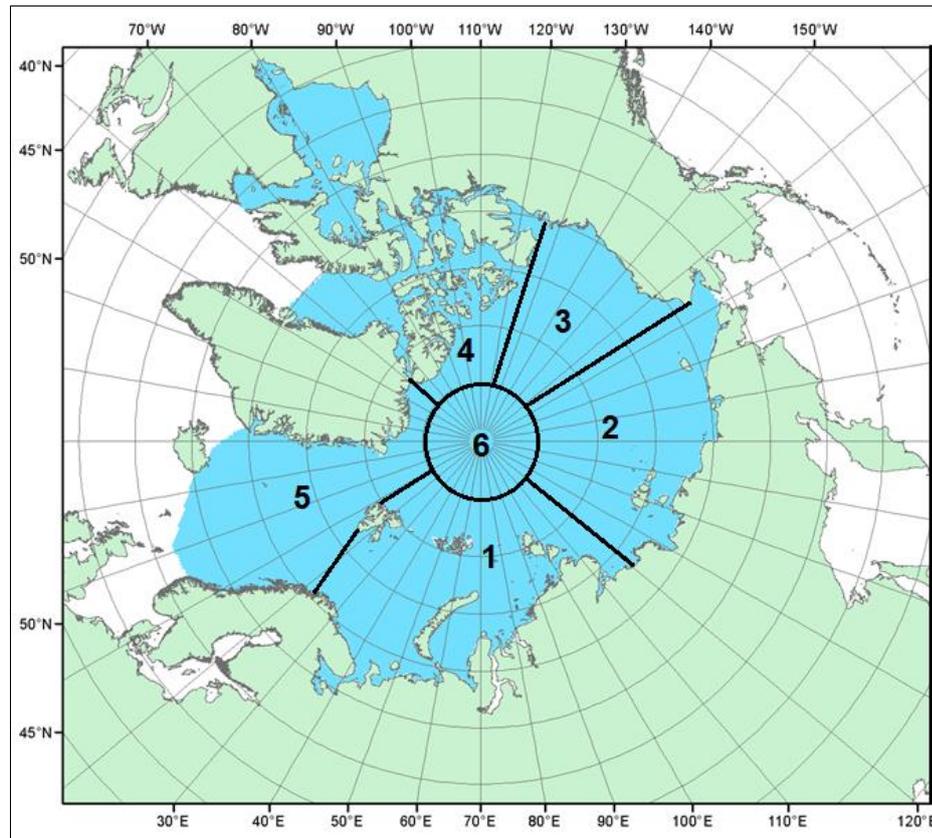


Рис. 2.1.1 Районы Северного Ледовитого океана

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

Развитие ледовых условий в течение предшествующего зимнего сезона 2020 г. проходило на фоне адвекции теплых воздушных масс и положительных аномалий температуры воздуха в Арктике. В среднем за первый квартал 2020 г. фон температуры над полярным районом оставался аномально высоким.

В первом квартале 2020 г. в морях на трассе СМП наиболее высокая температура сформировалась в Карском, а наиболее низкая — в Восточно-Сибирском и Чукотском морях.

В конце первого квартала в СЛО сложилась следующая ледовая обстановка.

Зона однолетних толстых льдов наблюдалась южнее массива старых льдов неширокой полосой 100 — 150 км и в восточной части моря Бофорта. В российских арктических морях появление однолетних толстых льдов не наблюдалось. Такая ситуация, когда в российских арктических морях в марте еще не появились однолетние толстые льды, является крайне необычной и свидетельствует о медленном нарастании толщины ледяного покрова. В возрастном составе во всех морях российского сектора Арктики по-прежнему преобладал смешанный состав льдов всех возрастных категорий с преобладанием однолетних средних льдов. Наблюдалось много однолетних тонких льдов и молодых льдов

в морях Баренцевом, Карском и Чукотском.

Из-за постоянного выноса льдов из моря Лаптевых, не установился припай на восточных подходах к проливу Вилькицкого со стороны моря Лаптевых. В море Лаптевых наблюдалось развитие протяженной и устойчивой заприпайной полыньи вдоль всего припая.

Многолетние льды располагались в приполюсном районе, а также в гренландском и канадском секторах Арктики. Непосредственно в границах арктических окраинных морей старых льдов не наблюдалось. Площадь старых льдов составляла около 30% от площади льдов на акватории СЛО.

Распространение ледяного покрова в Северной полярной области в начале апреля приведено на рис. 2.1.2.

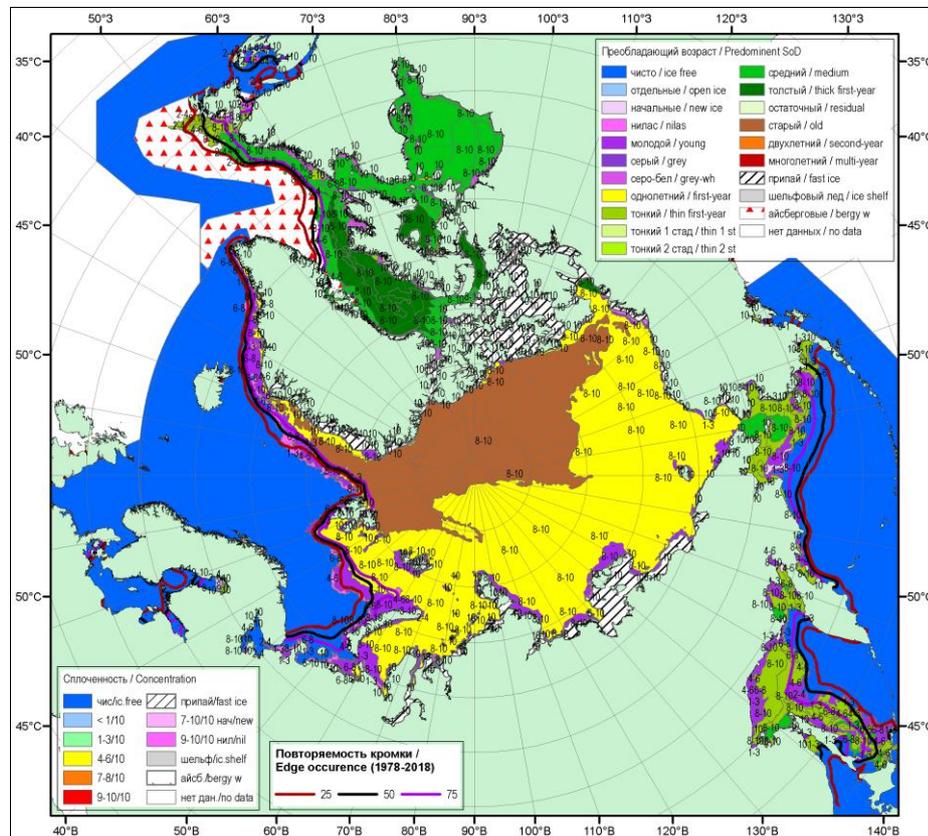


Рис. 2.1.2 Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 02-07 апреля 2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2020 г. составило 11,86 млн. км², что на 1 % меньше среднего многолетнего значения, то есть очень близко к норме за длинный ряд наблюдений (с 1978 г.). Количество льда, наблюдавшееся в СЛО в конце марта 2020 г., также оказалось больше среднего значения за десятилетний период 2010-2019 гг. и очень



близко к значению за 2019 г. (табл. 2.1, рис. 2.1.14 а). Однако при большой площади ледяного покрова, приближающейся к норме, необходимо отметить, что его толщина была меньше средней, характерной для конца марта, о чем свидетельствует возрастной состав льда.

Распределение ледяного покрова по возрастным грациям и по сплоченности, а также поля среднемесячного дрейфа за каждый месяц за период апрель-июнь 2020 г. приведены на рисунках 2.1.4 — 2.1.12.

В апреле наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и переход однолетних средних льдов в возрастную грацию 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 2020 г. происходил со значительным запаздыванием по сравнению с нормой.

Заприпайные полыньи в арктических морях были развиты слабо. Они отмечались в западной части моря Лаптевых и за припаем Новосибирских островов. В связи с этим молодых льдов (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало. Только в Баренцевом море наблюдались обширные зоны молодых льдов в прикромочной зоне.

Был хорошо развит припай в районе Новосибирских островов и очень слабо развит припай в районе архипелага Северная Земля, как со стороны Карского, так и со стороны моря Лаптевых, что было обусловлено постоянным выносом льдов из районов этих морей.

Старые льды наблюдались в гренландском и канадском секторах, а также в приполюсном районе Арктики (рис. 2.1.4).

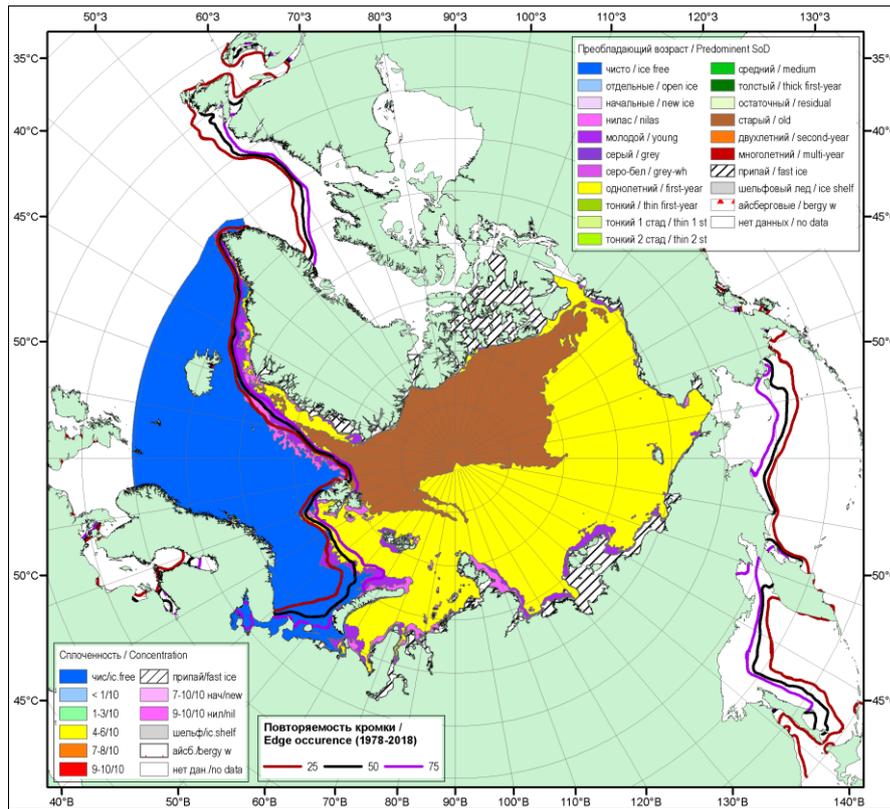


Рис. 2.1.4 Обзорная ледовая карта СЛЮ по возрасту льда за 17-21 апреля 2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

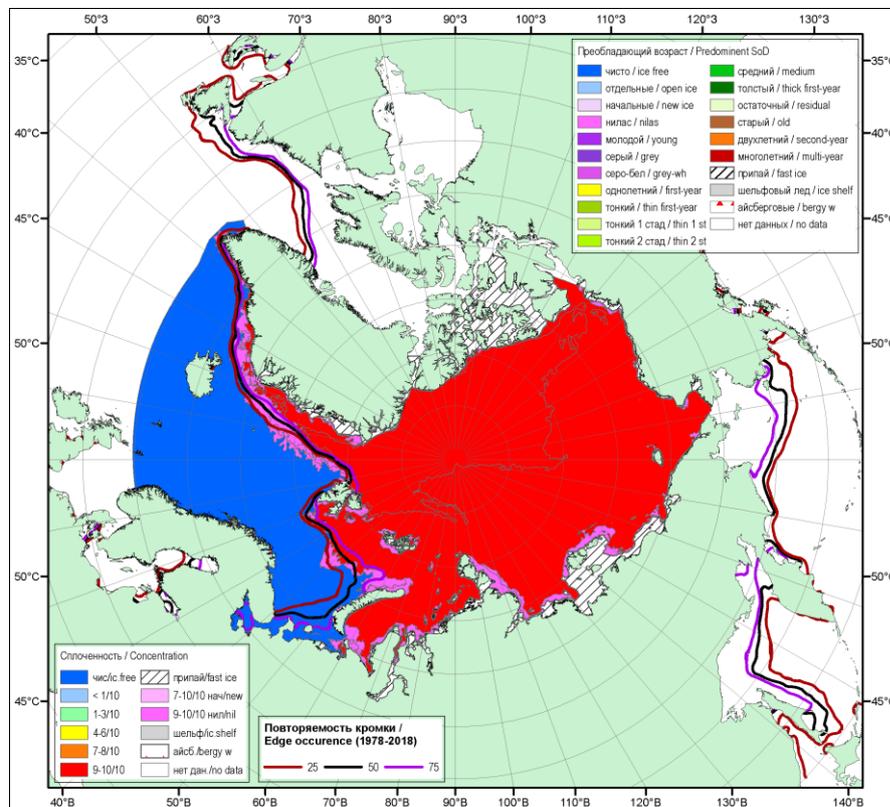


Рис. 2.1.5. Обзорная ледовая карта СЛЮ по сплоченности льда за 17–21 апреля 2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась достаточная однородность. Преобладал сплоченный лед, были отчетливо обозначены заприпайные полыньи. Необходимо отметить, что однородность поля сплоченности весьма характерно для зимних месяцев в СЛО. Граница распространения ледяного покрова в западной части Баренцева море, а также морях Гренландском, Баффина и Лабрадор была близка к среднему многолетнему положению. В северо-восточной и юго-восточной частях Баренцева моря граница дрейфующих льдов была близка к своему минимальному положению (рис. 2.1.5).

Основные структуры дрейфа льда в СЛО – Трансарктического перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот полностью отсутствовали. На акватории всего СЛО сложилась крайне необычная циклональная структура дрейфа, которая охватила весь океан. Гигантская область пониженного давления обусловила формирование циклонического дрейфа льда с центром над приполюсным районом. В результате такого направления дрейфа льды из морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского выносились в море Бофорта, а мощные старые льды из прибрежных районов Канадского арктического архипелага выносились в пролив Фрама, увеличивая, таким образом, разгрузку СЛО от старых льдов (рис. 2.1.6).

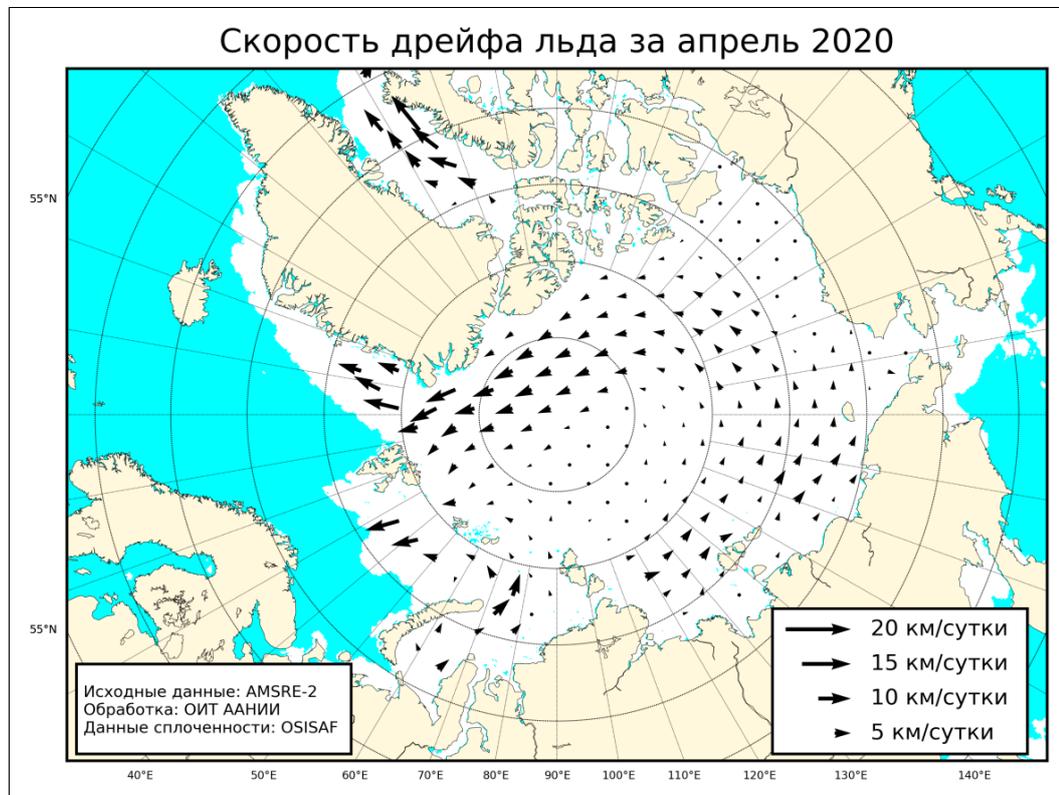


Рис. 2.1.6. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в апреле 2020 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне



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 65% от общего количества льда. Около 30% от общего количества льда составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено молодыми льдами или зонами обширных разряжений, которые начали формироваться в морях западного района российского сектора Арктики, но полностью отсутствовали в морях восточного района и море Бофорта.

Однолетние льды занимали весь российский сектор Арктики, более половины приполюсного района и аляскинского сектора Арктики. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах Арктики. Из приполюсного района старые льды были и в значительной степени вытеснены и замещены однолетними льдами (рис. 2.1.7).

Припай в конце периода максимального развития 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 Баренцевом, Карском и Лаптевых. Характер и районы развития полыней и разряжений, появившихся в течение мая показали, что основные очаги очищения начали формироваться в морях западного района российского сектора Арктики (рис. 2.1.8).

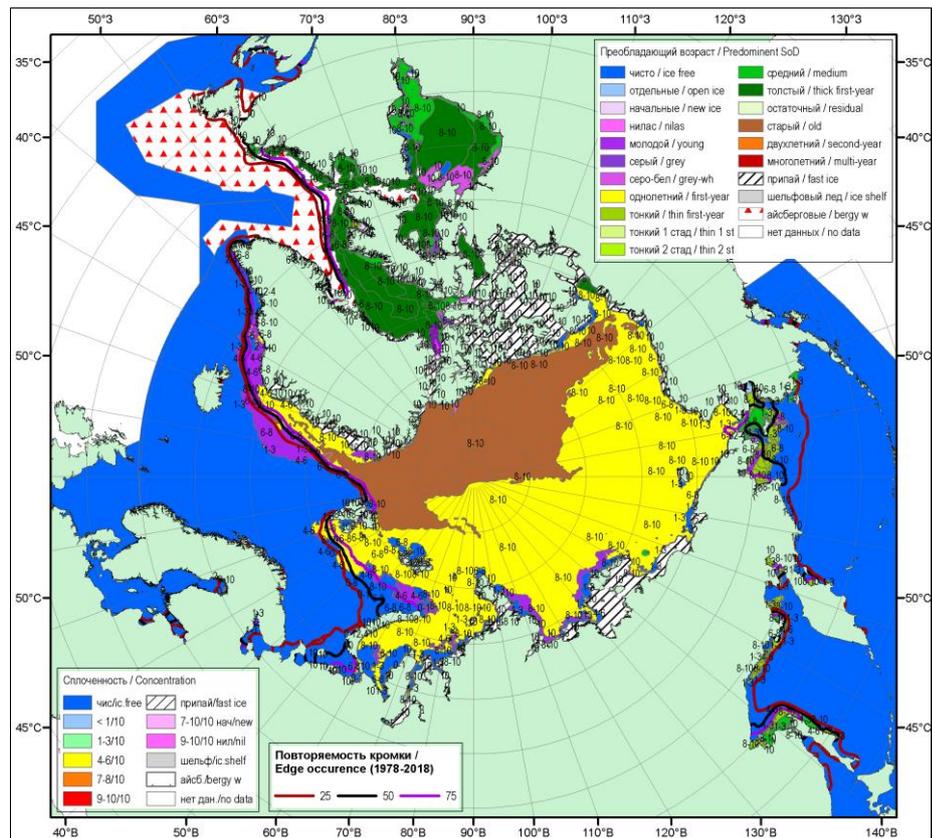


Рис. 2.1.7. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности за 14-19 мая 2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

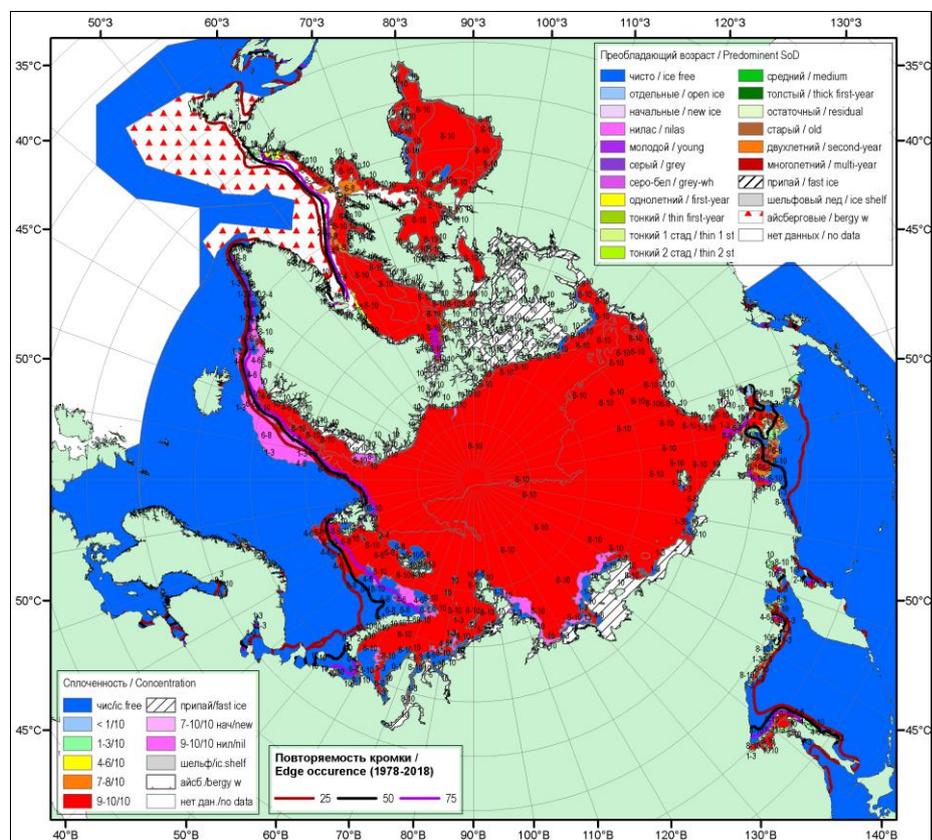


Рис. 2.1.8. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 14-19 мая 2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В мае в поле дрейфа произошли существенные изменения. Вместо наблюдавшегося в апреле гигантского циклонического вихря, вновь сформировались традиционные основные структуры дрейфа – Трансарктический переноса и Канадский антициклонический круговорот.

Трансарктический перенос льдов начинался в северной части моря Лаптевых, был значительно смещен к западу, по сравнению со средним положением, и выносил льды непосредственно в пролив Фрама. Канадский антициклонический круговорот получил хорошее развитие. Его центр располагался над северной частью моря Бофорта. На периферии круговорота, в морях Бофорта, Чукотском и в северной части Восточно-Сибирского, скорость дрейфа достигала 10 км/сутки (рис. 2.1.9).

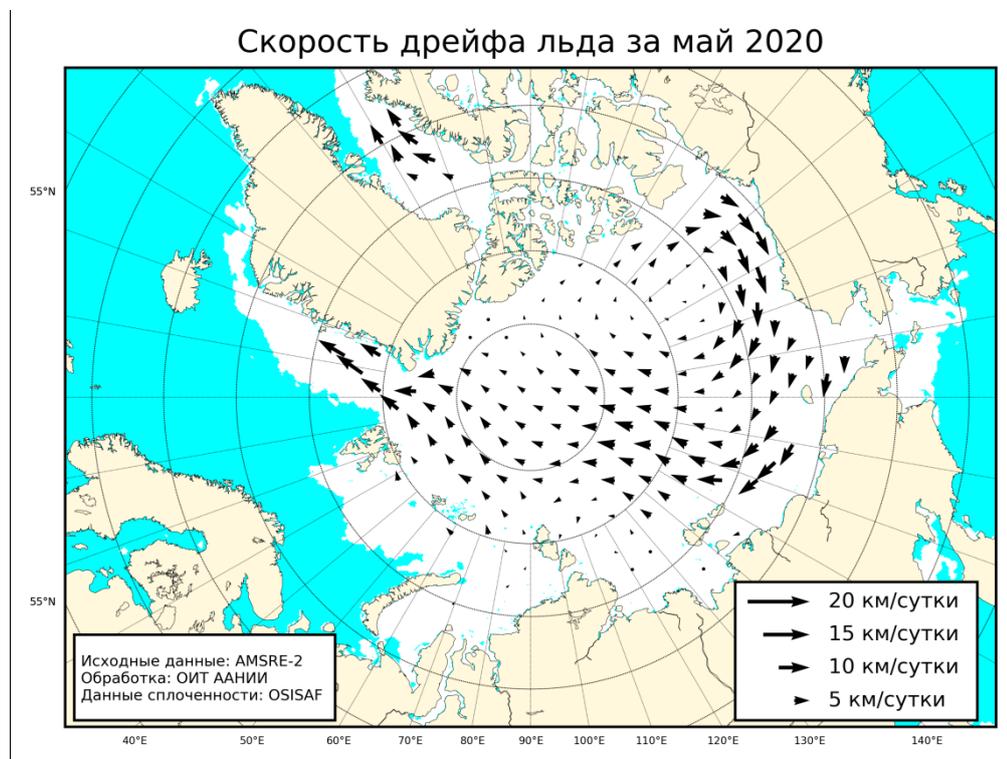


Рис. 2.1.9. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в мае 2020 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда несколько была выше нормы в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море, 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 до –50 см. Для акватории Чукотского моря в рассматриваемом периоде было недостаточное количество данных о состоянии ледяного покрова. Распределение аномалии толщины льда по морям в конце периода нарастания (вторая

половина мая) приведены на рис. 2.1.3.

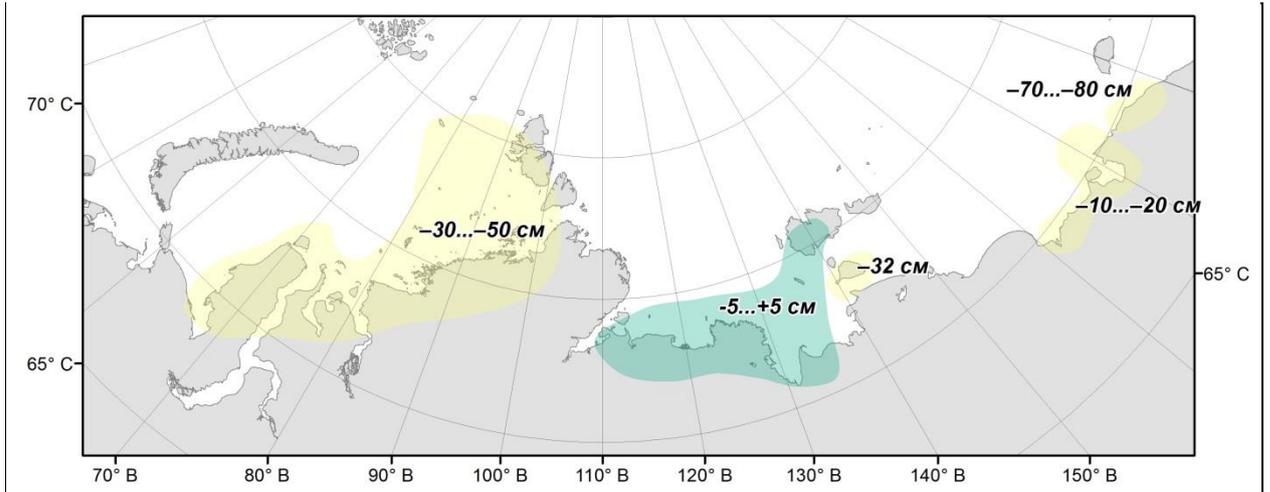


Рис. 2.1.3. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2020 г. (вторая половина мая)

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение окраинных морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева, Карского, Лаптевых. Большое разряжение развилось и в юго-западной части Чукотского моря. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В середине июня аномалии ледовитости составили: в Баренцевом –22%, в юго-западной части Карского – 41%, в западной части Лаптевых –33, в Чукотском –12%. Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекцией тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда (рис. 2.1.10).

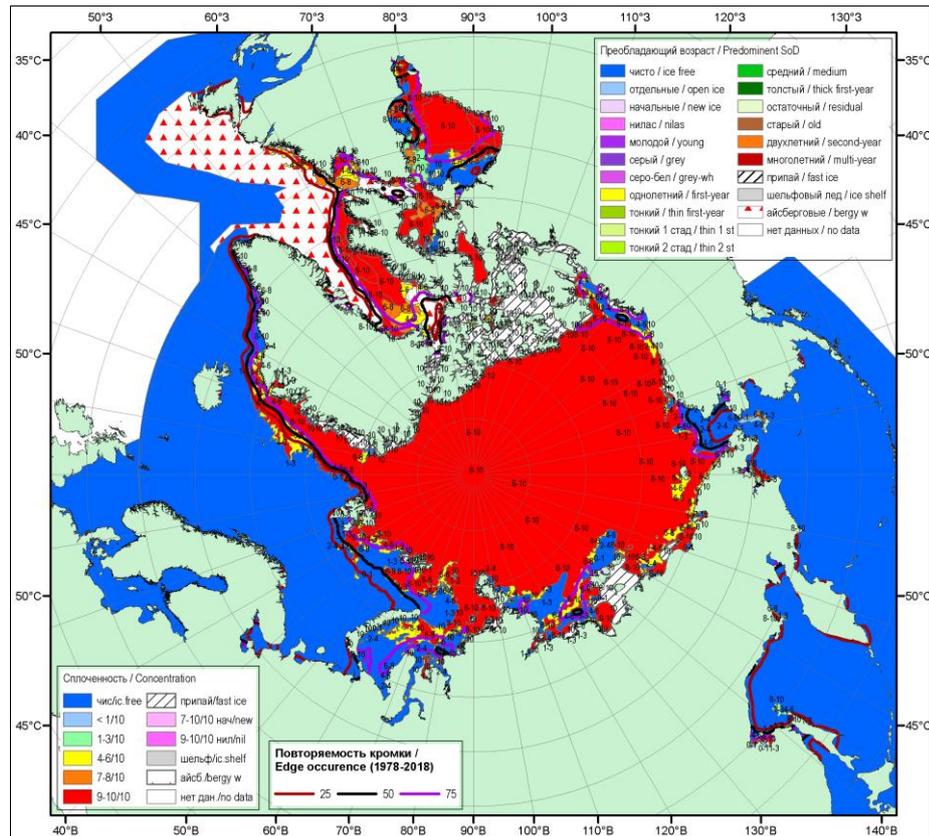


Рис. 2.1.10. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 18–23 июня 2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

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 льды, составляли около 60-65%. Сформировавшиеся в морях разряжения и полыньи вдоль берегов составляли оставшуюся площадь.

Основными очагами очищения послужили прикромочная зона в северной части Баренцева моря, вся юго-западная часть Карского моря, а также западная часть и заприпайный район в море Лаптевых (рис. 2.1.11).

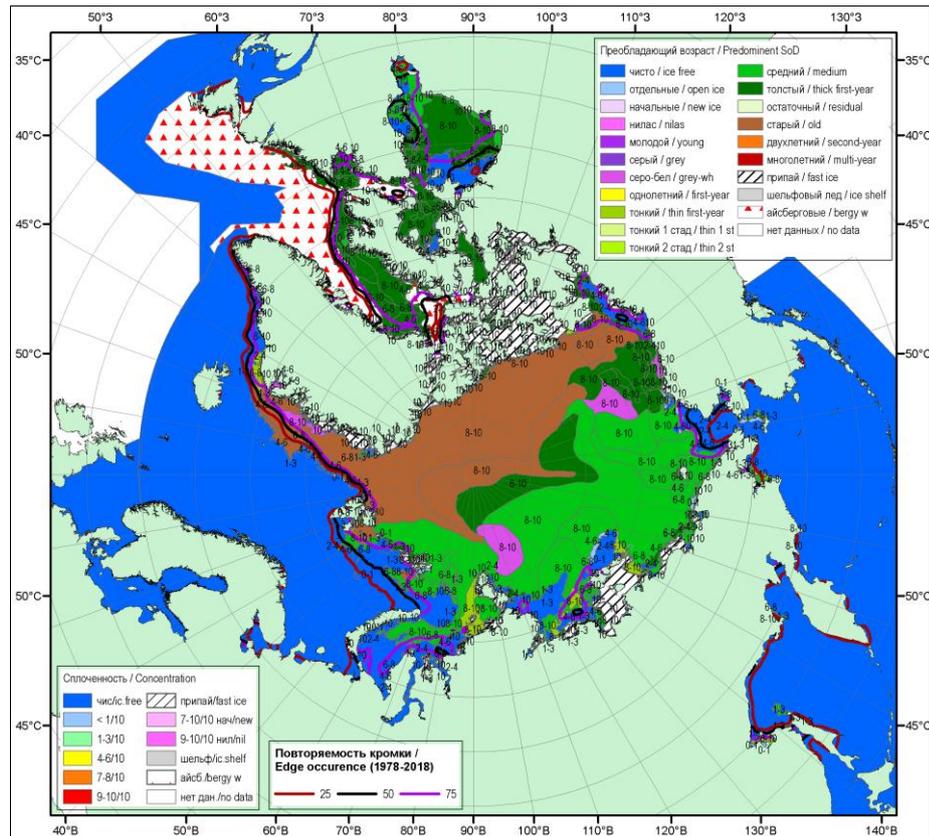


Рис. 2.1.11. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту за 18-23 июня 2020 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В июне в поле дрейфа льда в СЛО наблюдалось развитие нескольких 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. Кроме этого, сформировался небольшой антициклонический круговорот в Восточно-Сибирском море.

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

Канадский антициклонический круговорот получил менее выраженное развитие и существовал в виде обширного вихря с центром над морем Бофорта. Интенсивность и скорости дрейфа в Канадском антициклоническом круговороте была невелика, такой же небольшой круговорот с небольшими скоростями дрейфа сформировался в Восточно-Сибирском море (рис. 2.1.12).

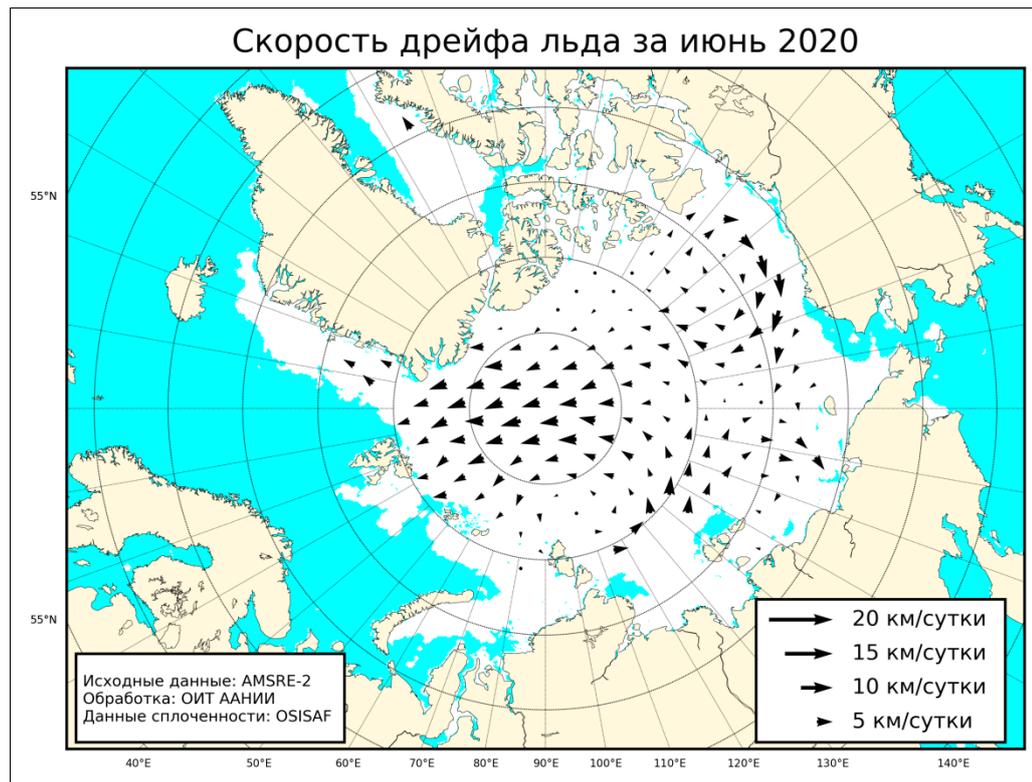


Рис. 2.1.12. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в июне 2020 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

Общее количество льдов в СЛО в июне, по оценкам, выполненным в ААНИИ, составила 9,9 млн. км², что оказалось на 7,0% меньше среднегогодового значения по ряду с 1978-2019 гг. Отрицательная аномалия сформировалась за счет малой ледовитости, наблюдавшейся в секторах 45°W-95°E (Гренландское — Карское моря) и 95°E — 170°W (моря Лаптевых — Чукотское, Берингово, Охотское) (табл.2.1.1).

Таблица 2.1.1

Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в июне 2020 г. и её аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

Район, моря	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2019 г.	от 2009–2020 гг.	от 1978–2020 гг.
Северный Ледовитый океан	9879,8	137,1	32,9	-736,2
Сектор 45°W–95°E (Гренландское – Карское моря)	2704,9	-157,1	-34,3	-498,5
Сектор 95°E–170°W (моря Лаптевых–Чукотское, Берингово, Охотское)	3257,7	-41,9	-127,2	-247,3
Сектор 170°W–45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	4817,1	343,9	69,5	-228,1



Ход изменения кривой площади льдов в СЛО и его отдельных секторах представлен на рисунке 2.1.13. Хорошо видно, что в конце зимнего сезона и в начале летнего (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.

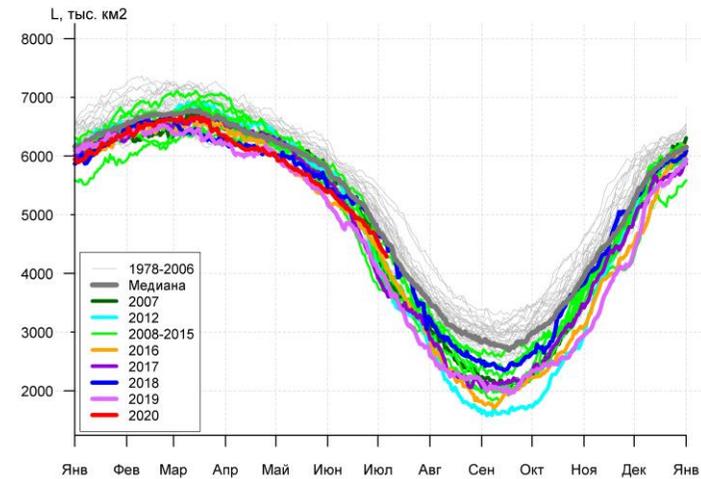
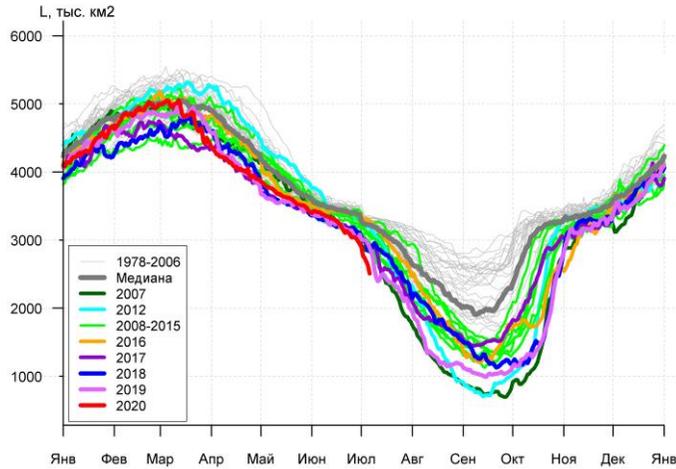
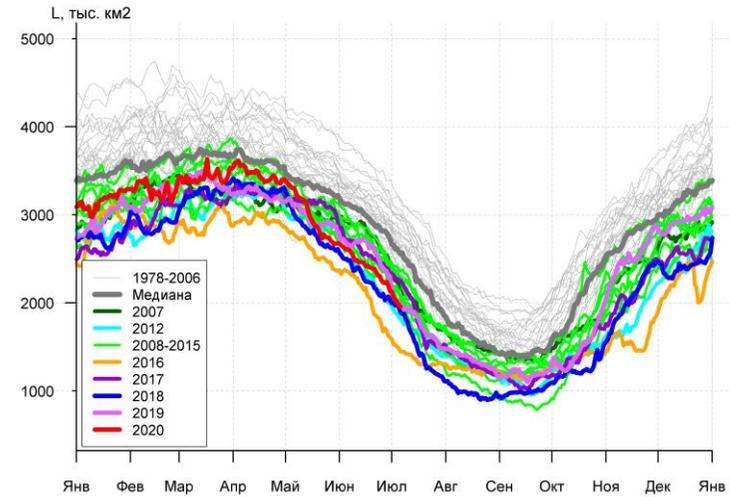
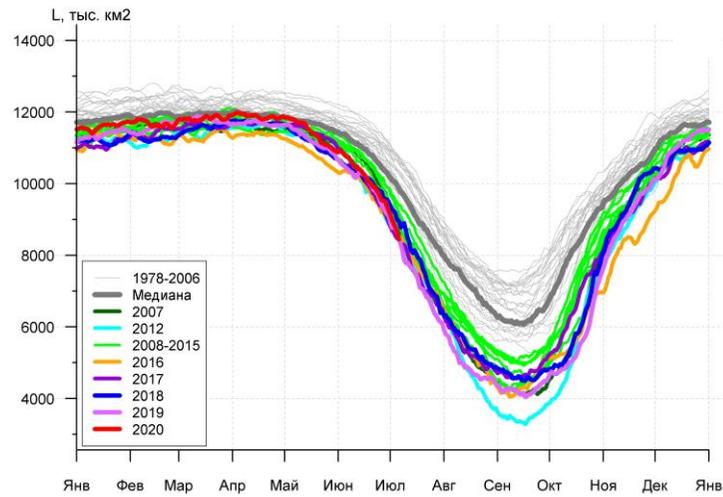


Рис. 2.1.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) — для Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов б) — $45^{\circ}\text{W} — 95^{\circ}\text{E}$ (Гренландское — Карское моря), в) — $95^{\circ}\text{E} — 170^{\circ}\text{W}$ (моря Лаптевых — Чукотское и Берингово, Охотское) и г) — $170^{\circ}\text{W} — 45^{\circ}\text{W}$ (море Бофорта и Канадская Арктика) за период 26.10.1978 — 23.06.2020 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 АНИИ кодом 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 реке Обь наблюдалось в феврале, на устьевых участках рек Таз и Енисей - в январе, кроме п. Караул, где наибольшее нарастание толщины льда отмечалось в феврале и марте. В марте и апреле на реке Енисей в районе п. Игарка нарастание льда не отмечалось. На реке Таз в марте также не наблюдалось нарастание льда, а к концу апреля лед растаял на 5 см. На реке Обь (п. Салехард) в конце апреля измерения не производились в связи с опасностью выхода на лед.

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 2020 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря

Река-пункт	31 января		29 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	60	+4	84	+24	85	+1	85*	0*
Таз — Тазовское	84	+14	90	+6	90	0	85	-5
Енисей — Игарка	70	+8	71	+1	71	0	71	0
Енисей — Дудинка	82	+19	99	+17	117	+18	123	+6
Енисей — Караул	61	+11	74	+13	87	+13	98	+11

*— данные за 25 апреля

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 толщины льда оказались меньше среднемноголетних на 8 — 47 см.



Таблица 2.2.2

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2020 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	85*	101	-16*
Таз	Тазовское	85	132	-47
	Игарка	71	96	-25
Енисей	Дудинка	123	131	-8
	Караул	98	134	-36

*– данные за 25 апреля

Высота снега на льду в конце апреля наблюдалась: на р. Таз 36 — 50 см, на р. Енисей от < 5 — 25 см. На р. Оби в конце апреля высота снега не отмечена.

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

Таблица 2.2.3

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2020 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2020 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	12.05	24.05	-12	21.05	30.05	-9
Таз	Тазовское	20.05	09.06	-20	23.05	12.06	-20
	Игарка	05.05	27.05	-22	23.05	06.06	-14
Енисей	Дудинка	17.05	03.06	-17	24.05	11.06	-18
	Караул	21.05	07.06	-17	26.05	17.06	-22

Появление закраин было отмечено на устьевых участках р. Енисей — с 30 апреля по 10 мая, подвижки льда — со 2 по 12 мая. Затор льда отмечался на реке Енисей (п. Игарка) с 6 по 10 мая. Закраины, подвижки и заторы льда на устьевых участках рек Обь и Таз не отмечались.

Весенний ледоход и очищение ото льда на устьевых участках рек Обь, Таз и Енисей начались значительно раньше среднемноголетних дат.

Продолжительность весеннего ледохода на реках Таз, Обь и Енисей составила от 3 до 18 суток.

Процесс вскрытия *устьевых взморий* крупных рек, впадающих в Карское море, охарактеризован также на основе анализа данных наблюдений стационарной сети. На устьевом взморье р. Оби 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 реки Оби наблюдалось в феврале, на устьевом взморье реки Енисей — в январе.

Таблица 2.2.4

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2020 г. на устьевых взморьях крупных рек бассейна Карского моря

Устьевое взморье-пункт	31 января		29 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	99	+18	121	+22	137	+16	142	+5
Енисейский залив–Сопочная Карга	94	+16	106	+12	120	+14	133	+13

В таблице 2.6 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		
		2020 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	142	141	+1
Енисейский залив	Сопочная Карга	133	163	-30

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье реки Оби отмечена больше среднемноголетнего значения на 1 см, а на устьевом взморье р. Енисей меньше среднемноголетнего на 30 см.

Высота снега на льду в конце апреля составила 40 — 49 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 2020 г.

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2020 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	29.05	18.06	-20
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	06.06	27.06	-21
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	06.06	19.06	-13
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	06.06	26.06	-20

Взлом припая и очищение устьевых участков рек Обь и Енисей произошел в сроки, значительно раньше среднемноголетних.

Продолжительность ледохода в Обской губе составила 8 дней, в Енисейском заливе взлом припая и очищение произошло в один день.

Море Лаптевых

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках реках Хатанга и Лена (п. Хабарово) отмечено в январе, на реках Оленек, Лена (п. Кюсюр) и Яна – в феврале. В апреле повсеместно наблюдалось продолжение нарастания толщины льда, кроме реки Хатанги, где к концу месяца толщина льда уменьшилась на 10 см.

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

Таблица 2.2.7

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2020 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых

Река-пункт	31 января		29 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	125	+45	143	+18	151	+8	141	-10
Оленек — Тюмети	81	+11	100	+19	108	+8	113	+5
Оленёк — Усть-Оленёк	130	+22	160	+30	185	+25	191	+6
Лена — Кюсюр	119	+18	150	+31	165	+15	169	+4
Лена — Хабарово	184	+53	205	+21	213	+8	216	+3
Яна — Юбилейная	75	+19	96	+21	105	+9	113	+8

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

Таблица 2.2.8

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2020 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	141	151	-10
	Тюмети	113	136	-23
Оленёк	Усть-Оленёк	191	190	+1
	Кюсюр	169	173	-4
Лена	Хабарово	216	224	-8
Яна	Юбилейная	113	150	-37

Толщина льда в апреле на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых наблюдалась значительно ниже среднемноголетних значений от 4 до 37 см. В устьевой части реки Оленек (п. Усть-Оленек) толщина льда наблюдалась на 1 см больше среднемноголетнего значения.

Высота снега на льду в конце апреля в устьевой части реки Лена (п. Хабарово) составила менее 5 см, на реках, на реке Оленек (п. Усть-Оленек) — 16 — 20 см, Хатанга и Лена (п. Кюсюр) — 26 — 35 см, на реке Оленек (п. Тюмети) и Яна — 36 — 50 см.

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		
		2020 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2020 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга						
	Тюмети	23.05	01.06	-9	31.05	11.06	-11
Оленёк	Усть-Оленёк	07.06	15.06	-8	10.06	19.06	-9
	Кюсюр	27.05	31.05	-4	02.06	09.06	-7
Лена	Хабарово	02.06	6.06	-4	07.06	13.06	-6
	Юбилейная	24.05	29.05	-5	28.05	05.06	-8

На устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых появление закраин было отмечено на реке Лене и Оленек — в третьей декаде мая. На реке Яна закраины не наблюдались. Подвижки на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых не отмечены. На реках — Лена (п. Кюсюр) и Оленек (п. Тюмети) в третьей декаде мая процесс вскрытия сопровождался образованием заторов.

Весенний ледоход и очищение ото льда повсеместно начался в сроки, раньше среднемноголетних. Продолжительность ледохода составила на реках: Оленек от 3 до 8 дней, Лена от 5 до 6 дней, Яна — 4 дня.

Восточно-Сибирское море

Максимальное нарастание толщины льда в устьевой части Восточно-Сибирского моря на реках Индигирка и Колыма (п. Колымское) наблюдалось в январе. На реке Колыма (п. Черский) – в феврале.

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 2020 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря

Река-пункт	31 января		29 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	103	+26	120	+17	134	+14	140	+6
Колыма — Колымское	69	+15	83	+14	89	+6	97	+8
Колыма — Черский	60	+4	71	+11	80	+9	85	+5

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		
		2020 г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	140	163	-23
Колыма	Колымское	97	140	-43
Колыма	Черский	85	138	-53

Толщины льда в конце апреля на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались меньше среднемноголетних значений на 23 — 53 см.

В конце апреля на реке Индигирка высота снега на льду составила 21 — 25 см, на реке Колыма — 26 — 50 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		
		2020 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2020 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	29.05	06.06	-8	31.05	09.06	-9
Колыма	Колымское	26.05	29.05	-3	29.05	04.06	-6
Колыма	Черский	24.05	01.06	-8	29.05	07.06	-9

Закраины на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря были отмечены в конце второй-начале третьей декады мая. Подвижки на реках Индигирка и Колыма (п. Колымское) наблюдались в третьей декаде мая. Затор льда на реке Индигирка отмечался 30 мая. На устьевых участках реки Колыма заторы не наблюдались.

Продолжительность ледохода составила 2 дня в устьевой части реки Индигирки и от 3 до 5 дней на р. Колыме.

Весенний ледоход и очищение ото льда на реках Индигирка и Колыма начался раньше среднемноголетних сроков.



3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2020 г.

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) во втором квартале 2020 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 2020 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии АНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 94	01.04.2020	28.06.2020	118
2	ИТР 111	01.04.2020	25.06.2020	165
3	ИТР 113	01.04.2020	28.06.2020	878
4	ИТР 114	01.04.2020	28.06.2020	880

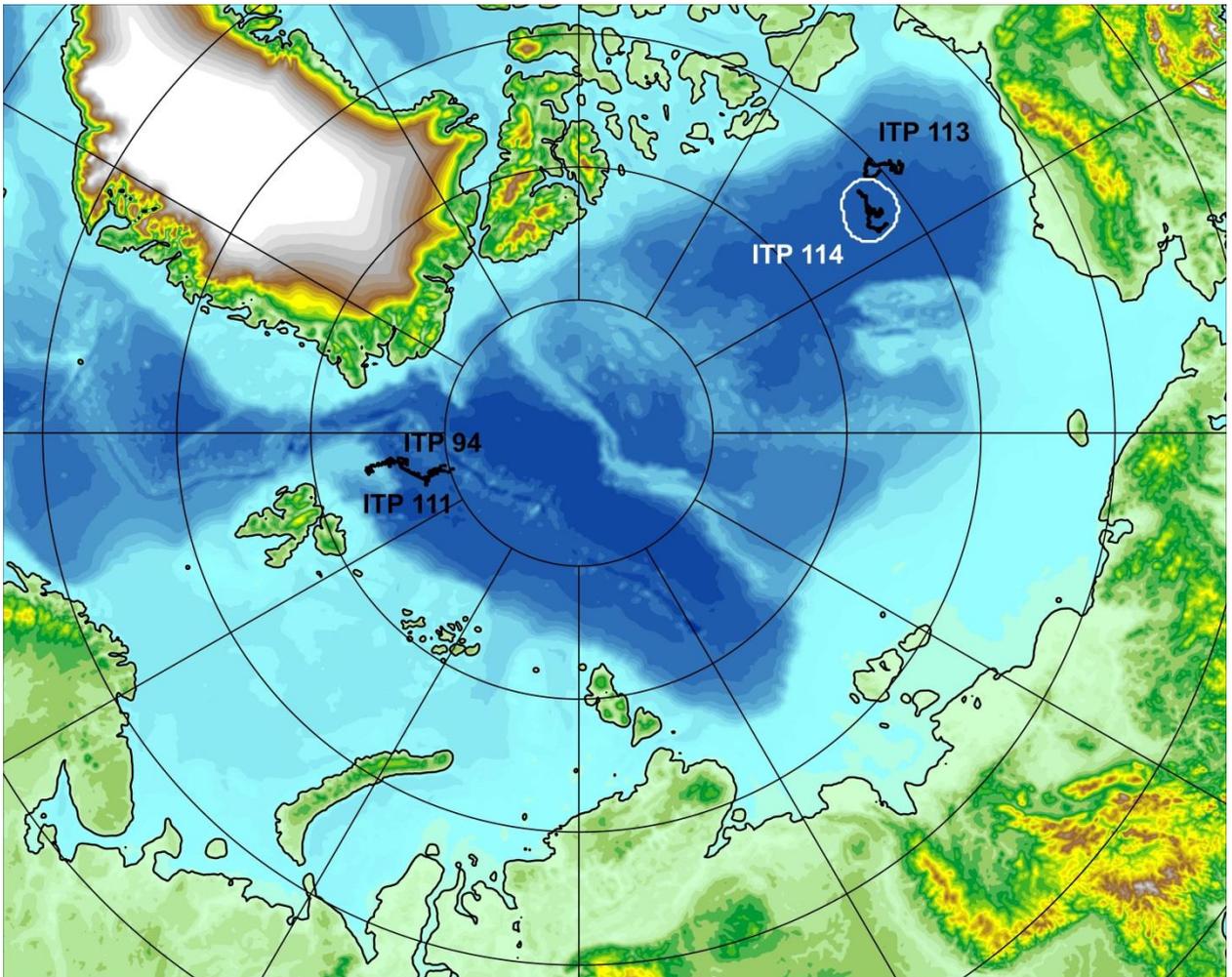


Рис. 3.1.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2020 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО во втором квартале 2020 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковой использовались данные ИТР 114 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 2020 году.

Амеразийский суббассейн

Во втором квартале 2020 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 114 соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (28,7 ‰) в сравнении с климатической нормой (30,4 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило $-1,7$ ‰ (рис. 3.1.2). В аналогичный период 2019 г. аномалия поверхностной солености составила $-3,1$ ‰, в 2018 г. — $-2,5$ ‰, 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 35 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 114 на горизонте 50 м составило $0,98$ °С, превышая климатическую норму на $2,2$ °С. В 2019 г. аномалия температуры составила $1,5$, в 2018 г. — $1,2$ °С. Согласно полученным результатам в последние несколько лет наблюдается значительное увеличение температуры ЛТВ. При этом важно отметить, что соленость ядра ЛТВ с наибольшей температурой составила в 2020 г. $30,3$ ‰, что свидетельствует также о распреснении слоя ЛТВ и расширении границ выделения данной водной массы по солености.

Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 175 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 заглупление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 114 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 ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) по данным второго квартала 2020 года располагалась на глубине 320 м (в 2019 г. – 310 м, в 2018 г. – 325 м; в 2017 г. – 295 м). Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило $0,82\text{ }^{\circ}\text{C}$ (470 м глубины), что на $0,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры АВ в 2020 г. полностью соответствуют значениям предшествующего 2019 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Северном суббассейне СЛО.

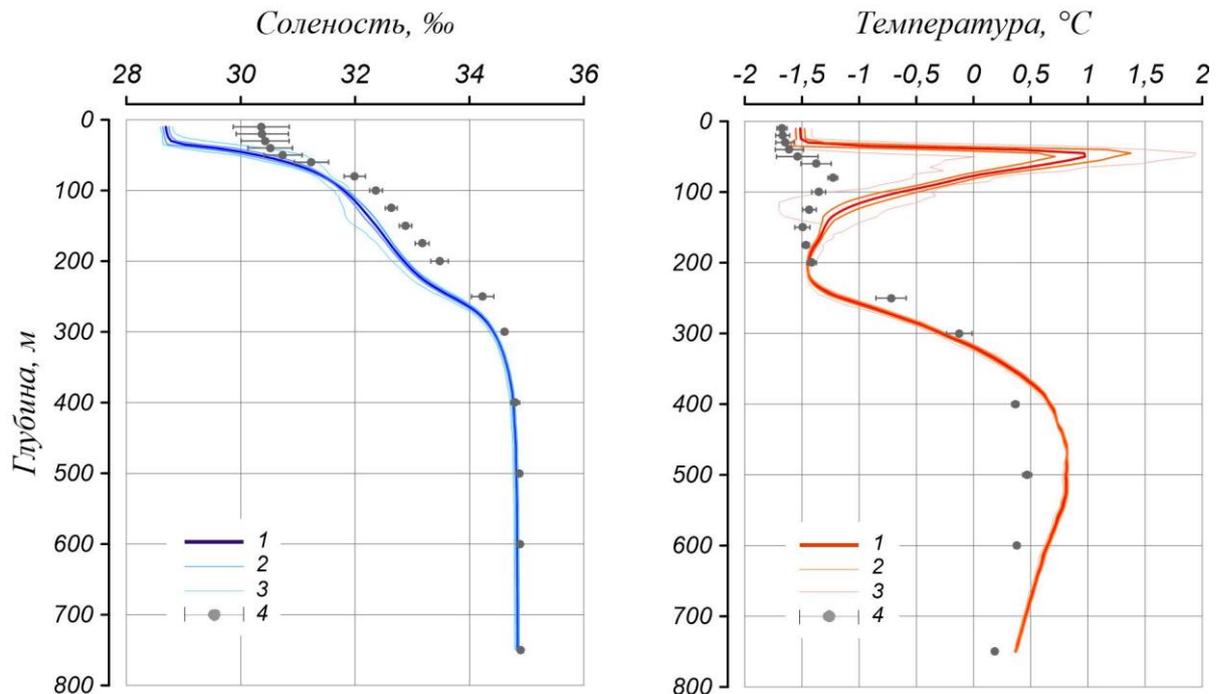


Рис. 3.1.2 – Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле-июне 2020 г. по результатам измерений профилографа ИТР 114

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

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных во втором квартале 2020 г., гидрологический режим СЛО (Американо-Северном суббассейне) продолжает характеризоваться



аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солености характеризуется наличием выраженной отрицательной аномалии (-1,7 ‰) в центральной части Канадской глубоководной котловины. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра атлантических вод (АВ), значение которой в Канадской глубоководной котловине составило +0,35 °С. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое среднее на 2,2 °С. Отдельно стоит отметить наблюдавшееся во втором квартале 2020 г. распреснение летних тихоокеанских вод. Соленость верхней границы ЛТВ составила 29 ‰.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 2020 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 2020 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
Амдерма	69 45 N	61 42 E
Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
Новый Порт	67 41 N	72 53 E
Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
о. Диксон	73 30 N	80 24 E
Мыс Стерлегова	75 25 N	88 54 E
ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина)	77 43 N	104 17 E
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

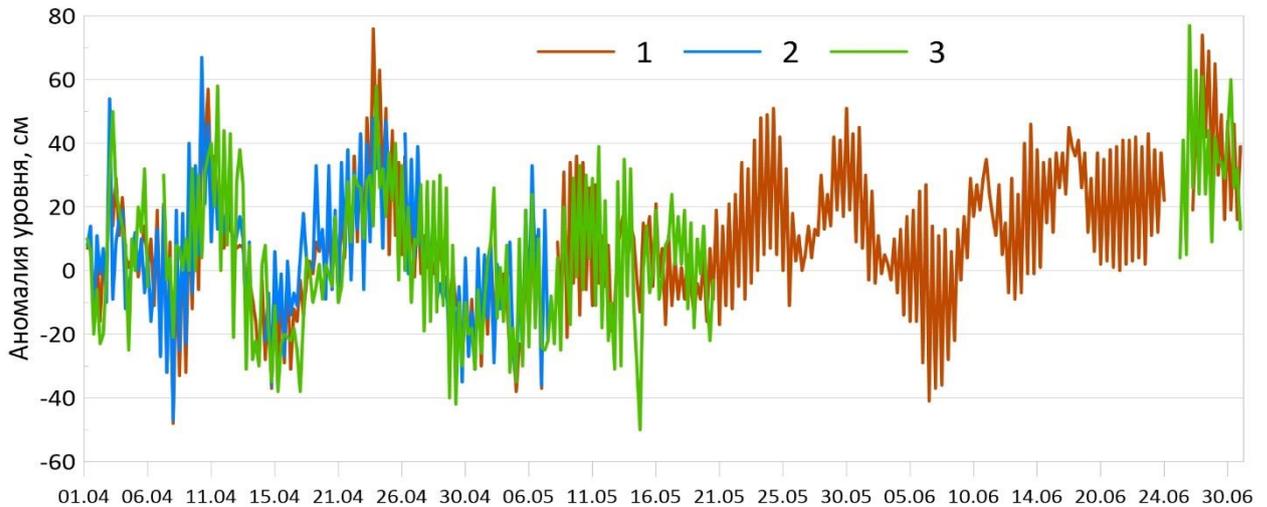


Рис. 3.2.1. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2020 г.

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

В юго-западной части Карского моря по данным станций Амдерма, им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский нос) и Усть-Кара во втором квартале 2020 года колебания уровня происходили преимущественно на повышенном фоне. В апреле временами уровень опускался ниже среднемноголетнего значения (до -48 см), а временами поднимался выше среднемноголетнего (до $+76$ см). В мае максимумы уровня не достигали апрельских, и в основном колебания уровня происходили в районе среднемноголетних значений. Аномалия среднего уровня в мае по данным станции Амдерма составил $+5$ см. В июне наблюдался средний рост урвенной поверхности, и здесь аномалия среднего уровня составила $+18$ см. Необходимо отметить, что об изменчивости уровня в юго-западной части Карского моря в мае и июне можно судить только по данным станции Амдерма. На других двух станциях в эти месяцы измерения практически не проводились.

Таблица 3.2.2

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2020 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		апрель	май	июнь
им. Е.К. Федорова (мыс Большой Болванский Нос)	$h_{\text{ср}}$ (см)	7	-	-
	σ_h (см)	21	-	-
	h_{min} (см)	-47	-	-
	Дата	7	-	-
	h_{max} (см)	67	-	-
	Дата	10	-	-



Амдерма	h_{cp} (см)	6	5	18
	σ_h (см)	22	20	22
	h_{min} (см)	-48	-38	-41
	Дата	7	4	6
	h_{max} (см)	76	51	74
	Дата	23	25,30	27
Усть-Кара	h_{cp} (см)	6	-	-
	σ_h (см)	23	-	-
	h_{min} (см)	-42	-	-
	Дата	30	-	-
	h_{max} (см)	58	-	-
	Дата	11,23	-	-

Пр и м е ч а н и е : h_{cp} – среднемесячный уровень; σ_h – среднеквадратическое отклонение уровня; h_{min} – минимальный уровень; h_{max} – максимальный уровень

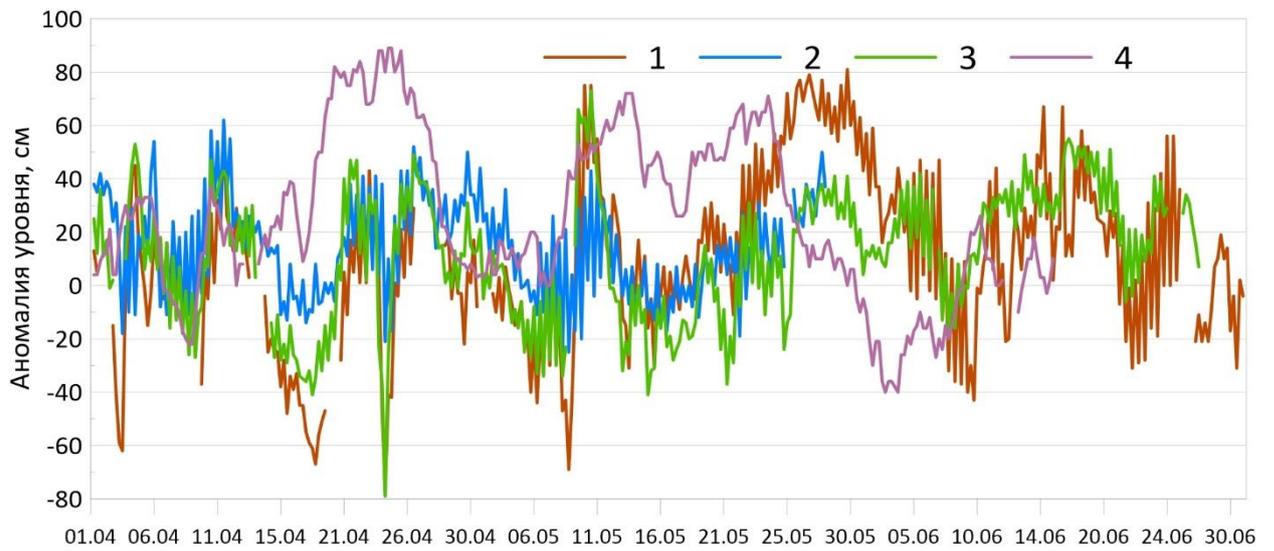


Рис. 3.2.2. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в апреле – июне 2020 г.

(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 Новый Порт в Обской губе Карского моря в апреле – июне 2020 г.

На северо-востоке Карского моря по данным станций Сопочная Карга, о. Диксон, Мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) средний уровень был выше среднемноголетней отметки, но при этом временами наблюдалось довольно резкое падение уровня до значений -60 – -80 см. В апреле и мае месяце наибольший средний уровень наблюдался на станции о. Диксон (+34 см), тогда как на других станциях он был заметно ниже. В целом наибольший подъем уровня в течение квартала наблюдался на станциях Сопочная Карга и о. Диксон. Максимум уровня наблюдался на станции о. Диксон 24 апреля (+89 см), а минимум – на станции м. Стерлегова, так же 24 апреля (-79 см).

На станции Новый Порт в Обской губе колебания уровня происходили на повышенном фоне, и уровенная поверхность ни разу за квартал не опустилась ниже среднемноголетнего значения. Аномалия среднего уровня в апреле составила +25 см, в мае – +42 см, в июне – +35 см. Максимальный уровень наблюдался 4 июня – +73 см, а минимальный – 24 июня – +2 см.

Таблица 3.2.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря и Обской губы в апреле – июне 2020 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		апрель	май	июнь
Новый порт (Обская губа)	h_{cp} (см)	25	42	35
	σ_h (см)	9	9	18
	h_{min} (см)	4	17	2
	Дата	25,26	10	24
	h_{max} (см)	44	63	73
	Дата	8	31	4
о. Диксон	h_{cp} (см)	34	34	1
	σ_h (см)	30	23	20
	h_{min} (см)	-22	-10	-40
	Дата	8	31	2
	h_{max} (см)	89	72	41
	Дата	24	13	25
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	-5	19	14
	σ_h (см)	29	35	26
	h_{min} (см)	-77	-69	-43
	Дата	24	8	9
	h_{max} (см)	59	81	67
	Дата	11	30	15,16
м. Стерлегова	h_{cp} (см)	8	4	25
	σ_h (см)	26	25	16
	h_{min} (см)	-79	-41	-17
	Дата	24	14	7
	h_{max} (см)	53	73	55
	Дата	4	10	17
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{cp} (см)	18	10	-
	σ_h (см)	19	17	-
	h_{min} (см)	-21	-25	-
	Дата	9,24	8	-
	h_{max} (см)	62	50	-
	Дата	11	28	-

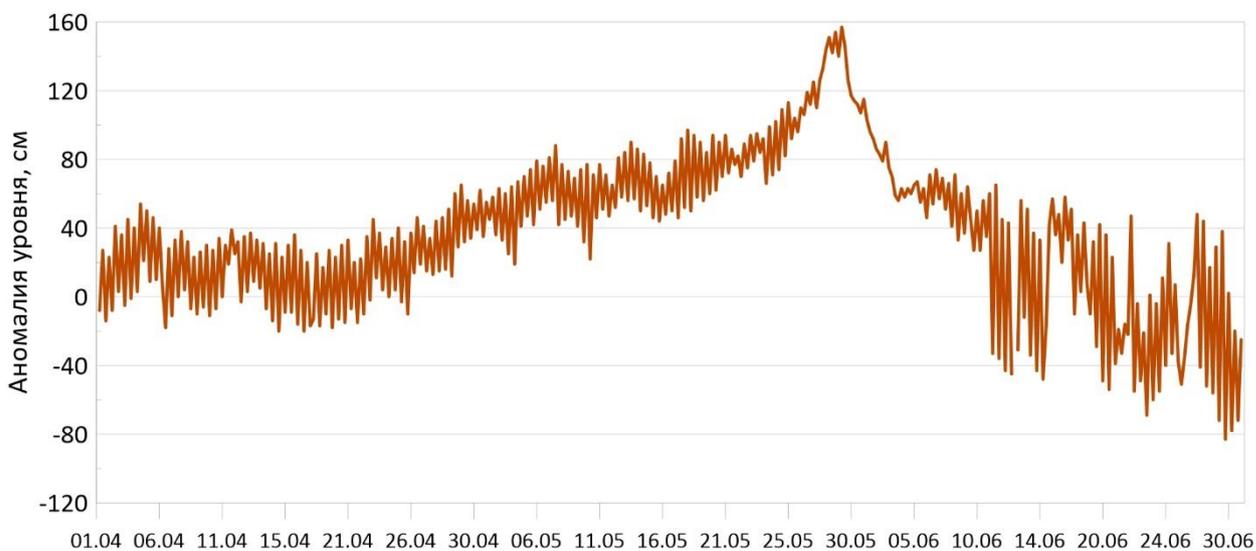


Рис. 3.2.4 Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в апреле – июне 2020 г.



Таблица 3.2.4

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в апреле – июне 2020 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		апрель	май	июнь
Анабар	h_{cp} (см)	17	77	17
	σ_h (см)	22	30	47
	h_{min} (см)	-20	19	-83
	Дата	15,17	4	29
	h_{max} (см)	65	157	103
м. Кигилях	Дата	29	30	1
	h_{cp} (см)	10	3	-2
	σ_h (см)	11	10	15
	h_{min} (см)	-9	-19	-34
	Дата	17,21,23,27	11	25
пр. Санникова	h_{max} (см)	33	26	26
	Дата	7	2	6
	h_{cp} (см)	9	2	21
	σ_h (см)	18	24	12
	h_{min} (см)	-36	-39	-4
о. Котельный	Дата	5	18	6
	h_{max} (см)	49	56	50
	Дата	13	28	26
	h_{cp} (см)	11	1	21
	σ_h (см)	21	27	19
о. Котельный	h_{min} (см)	-35	-52	-25
	Дата	27	10	25
	h_{max} (см)	54	63	74
	Дата	28	28	10

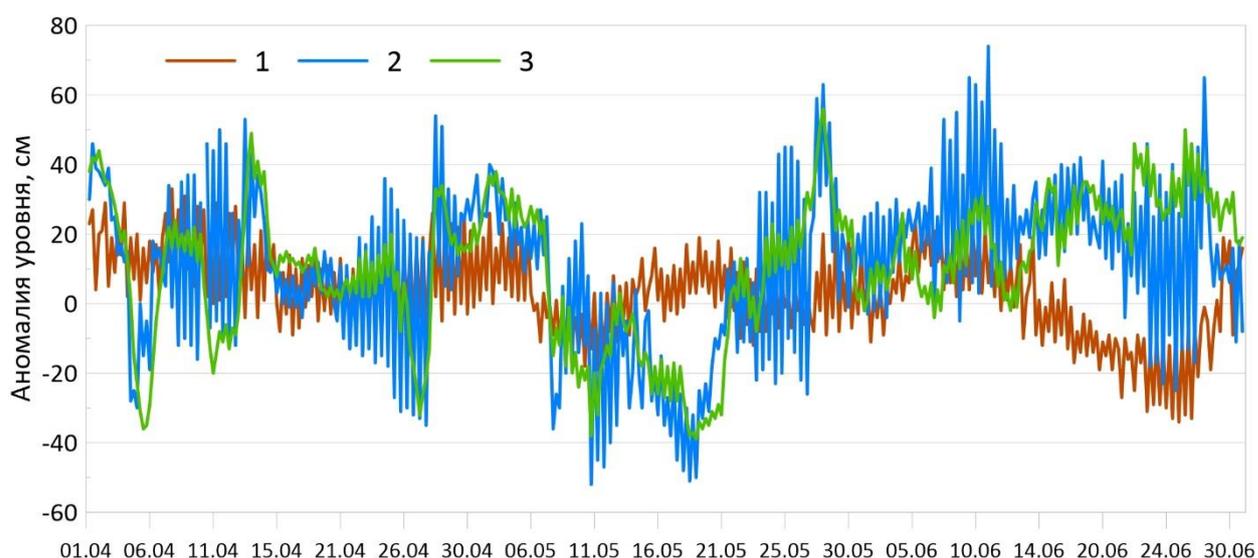


Рис. 3.2.5. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле – июне 2020 г.

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



На станции Анабар в юго-западной части моря Лаптевых до конца мая происходило плавное повышение уровня практически от среднегодовалого значения до +157 см, что связано очевидно с прохождением волны весеннего паводка. После 30 мая уровень на станции начал постепенно опускаться. Стоит отметить, что в июне среднеквадратическое отклонение уровня было намного выше, чем в предыдущие месяцы.

На востоке моря Лаптевых, по данным станций м. Кигилях, о. Котельный и пр. Санникова в апреле месяце колебания уровня в основном происходили на повышенном фоне, аномалия среднего уровня составила +9 – +11 см. В мае средний уровень понизился до практически средней величины, аномалия уровня составила +1 – +3 см. В середине месяца, для станций о. Котельный и пр. Санникова было характерно понижение уровня до значений –40 – –50 см. В июне наиболее значительное понижение уровня отмечалось на станциях м. Кигилях (до –34 см) и о. Котельный (–25 см). Максимальный уровень на станции о. Котельный наблюдался 10 июня (+74 см), а минимальный – 10 мая – –52 см. На станции пр. Санникова максимум зафиксирован 28 мая – +56 см, а минимум – 18 мая – –39 см. На станции м. Кигилях аномалия уровня моря во втором квартале 2020 года поднималась до максимального значения +33 см 7 апреля, и опускалась до минимального – –34 см 25 июня.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях во втором квартале 2020 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 2020 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 2020 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. 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 3.4.1.



Таблица 3.4.1

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Баренцевом море во втором квартале 2020 г.

Месяц	Высота волн, м						
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7
Апрель	–	4	5	13	3	4	1
Май	–	11	9	4	6	1	–
Июнь	–	3	16	8	3	–	–
Итого	–	18	30	25	12	5	1

Как видно из таблицы 3.4.1, во втором квартале 2020 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 4 м. Наиболее штормовым месяцем стал апрель, в котором максимальная расчетная высота волн на акватории Баренцева моря превысила 6 м (25 апреля в 00 и 06 ч UTC), что на 1 м выше, чем в 2019 г. Самый продолжительный шторм с высотами волн более 5 м был также в апреле, продолжительность шторма составила 5 дней (с 21 по 25 апреля).

На рисунке 3.4.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs на акватории Баренцева моря на 00 ч UTC 25 апреля 2020 г.

Карское море стало открываться во второй декаде мая в юго-западной части моря, а в конце июня область чистой воды занимала уже больше половины Карского моря.

Расчетная высота волны на чистой воде в мае в основном была от 0,5 до 1,5 м. В июне на акватории Карского моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот волн от 1 до 2 м. Максимальная расчетная высота волны не превышала 3,0 м (27 июня на 18 ч UTC и 28 июня на 00 и 06 ч UTC).

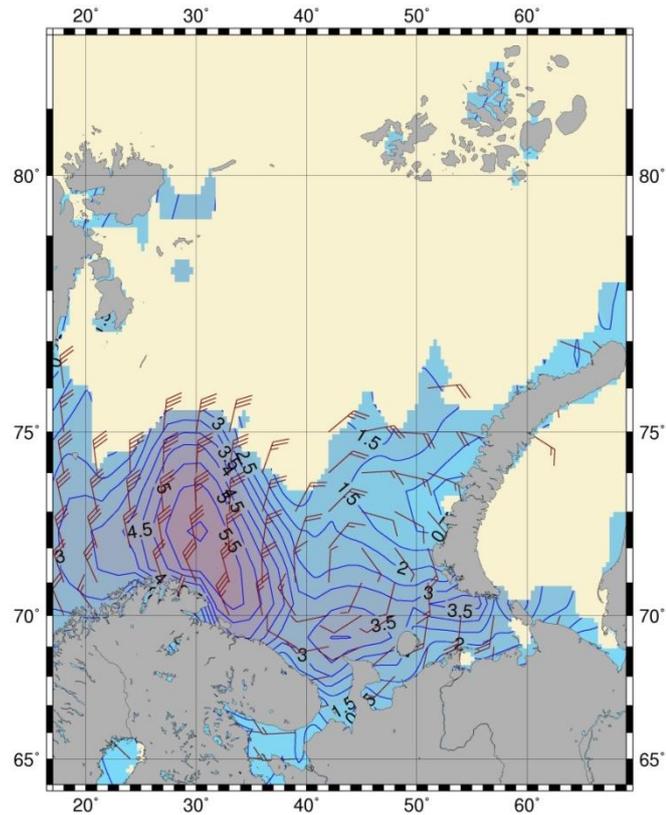


Рисунок 3.4.1. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 25 апреля 2020 г.

В таблице 3.4.2 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Карского моря во втором квартале 2020 г.

Таблица 3.4.2

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2020 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Май (с 10 мая)	11	8	3
Июнь	3	20	7
Итого	14	28	10

Море Лаптевых стало открываться в конце мая – начале июня. В конце мая в западной части моря у берегов Северной Земли и Таймырского п-ова образовалась область чистой воды, которая постепенно расширялась и к концу июня заняла обширную южную часть моря до 78° с.ш. Расчетная высота волны на чистой воде в основном была от 0,5 до 1,5 м, максимальная высота лишь дважды превышала 1,5 м (7 июня и 30 июня), что на метр ниже, чем в 2019 г.



В таблице 3.4.3 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для моря Лаптевых во втором квартале 2020 г.

Таблица 3.4.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в море Лаптевых во втором квартале 2020 г.

Месяц	Высота волн, м	
	0–1	1–2
Июнь	16	14
Итого	16	14

Восточно-Сибирское море в апреле было покрыто льдом. В конце мая - начале июня появилась небольшая область чистой воды севернее Новосибирских о-вов, которая расширилась в течение месяца от $75-76^\circ$ до 77° с.ш. Расчетная высота волны на чистой воде в основном была до 1 м, максимальная расчетная высота волн севернее Новосибирских о-вов не превышала 2 м (12 и 29 июня). В таблице 3.4.4 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Восточно-Сибирского моря во втором квартале 2020 г.

Таблица 3.4.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Восточно-Сибирском море во втором квартале 2020 г.

Месяц	Высота волн, м	
	0–1	1–2
Июнь	22	8
Итого	22	8

Чукотское море стало открываться в конце мая. К концу июня область чистой воды доходила до 71° с.ш. Высота волны в основном была от 0,5 до 2 м, максимальная высота не превышала 3,0 м (27 июня). В таблице 3.4.5 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Чукотского моря.

Таблица 3.4.5

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море во втором квартале 2020 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Май (с 25 мая)	6	1	–
Июнь	11	14	5
Итого	17	15	5



Список литературы

1. Randelhoff A. et al. Pan-Arctic Ocean primary production constrained by turbulent nitrate fluxes // *Frontiers in Marine Science*. – Статья подана.
2. Ardyna M. et al. Recent Arctic Ocean sea ice loss triggers novel fall phytoplankton blooms // *Geophysical Research Letters*. – 2014. – Т. 41. – №. 17. – С. 6207-6212.
3. Nishino S. et al. Nutrient supply and biological response to wind-induced mixing, inertial motion, internal waves, and currents in the northern Chukchi Sea // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. – 2015. – Т. 120. – №. 3. – С. 1975-1992.
4. Carmack E., Wassmann P. Food webs and physical–biological coupling on pan-Arctic shelves: unifying concepts and comprehensive perspectives // *Progress in Oceanography*. – 2006. – Т. 71. – №. 2-4. – С. 446-477.
5. Tremblay J. É. et al. Global and regional drivers of nutrient supply, primary production and CO₂ drawdown in the changing Arctic Ocean // *Progress in Oceanography*. – 2015. – Т. 139. – С. 171-196.
6. Randelhoff A., Sundfjord A., Reigstad M. Seasonal variability and fluxes of nitrate in the surface waters over the Arctic shelf slope // *Geophysical Research Letters*. – 2015. – Т. 42. – №. 9. – С. 3442-3449.
7. Holding J. M. et al. Seasonal and spatial patterns of primary production in a high-latitude fjord affected by Greenland Ice Sheet run-off // *Biogeosciences*. – 2019. – Т. 16. – №. 19.
8. Law C. S. et al. A Lagrangian SF₆ tracer study of an anticyclonic eddy in the North Atlantic: Patch evolution, vertical mixing and nutrient supply to the mixed layer // *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. – 2001. – Т. 48. – №. 4-5. – С. 705-724.