

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

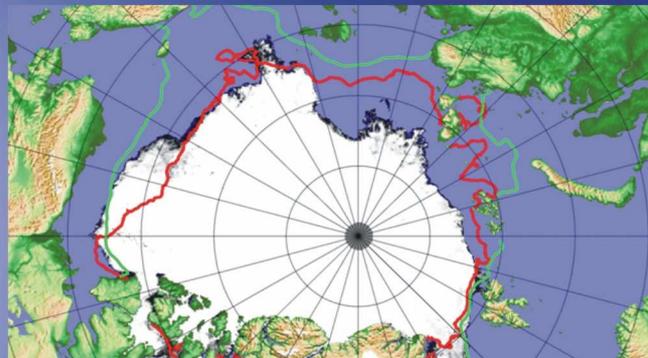


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2016





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия в Северной полярной области в апреле - июне 2016 г.	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области.....	15
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2016 года.....	26
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь	26
2.2 Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период ...	40
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в апреле-июне 2016 г.....	48
3.1 Термохалинные условия.....	48
3.2 Уровень арктических морей	52
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель-июнь) 2016 г. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, ледовой базы «Мыс Баранова», проектов ВМО и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и международных проектов российскими и зарубежными организациями.

Обзор продолжает серию ежеквартальных обзоров, описывающих развитие метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане в прошедшем квартале текущего года.

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

Метеорологический раздел, посвящен описанию особенностей развития крупномасштабных метеорологических процессов и изменчивости различных метеорологических элементов. В составлении раздела принимали участие специалисты лабораторий метеорологии (ответственный – зав. лабораторией к.г.н. Радионов В.Ф.) и долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный – зав. лабораторией к.г.н. Иванов В.В.).

Ледовый раздел посвящен описанию развития ледяного покрова и особенностям ледовых явлений в океане, арктических морях и устьевых областях основных арктических рек. Основой для такого анализа послужили данные спутникового мониторинга, полярных станций системы Росгидромета, экспедиционные наблюдения на судах и дрейфующих станциях и архивные климатические данные. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела ледового режима и прогнозов (ответственный - зав. лабораторией к.г.н. Юлин А.В., зав. лабораторией к.г.н. Смоляницкий В.М.).

Гидрологический раздел посвящен описанию гидрологических и гидрохимических условия в Северном Ледовитом океане и его морях. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела океанологии (ответственный – зав. отделом к.г.н. Ашик И.М.).

Общее руководство и редакция обзора была выполнена директором ГУ «ААНИИ» д.г.н., профессором Фроловым И.Е.

Подготовку и оформление обзора осуществляли вед. инженеры отдела ледового режима и прогнозов Сороко С.О и Павлова Е.А.

Обзор предназначен для широкого круга специалистов, занимающихся изучением природной среды Арктики и осуществляющих хозяйственную деятельность в этом регионе.



1 Метеорологические условия в Северной полярной области в апреле - июне 2016 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 2016 г.

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 2016 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй квартал 2016 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 (табл. 1.1).

Таблица. 1.1.

**Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы
в период апрель – июнь 2016 г.**

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	3	M ₁	M ₂
Число дней	15	28	48	3	58	30
Аномалия	-14	-4	18	-25	25	0

В период апрель – июнь 2016 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (E) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 18 дней и составили 48 дней.

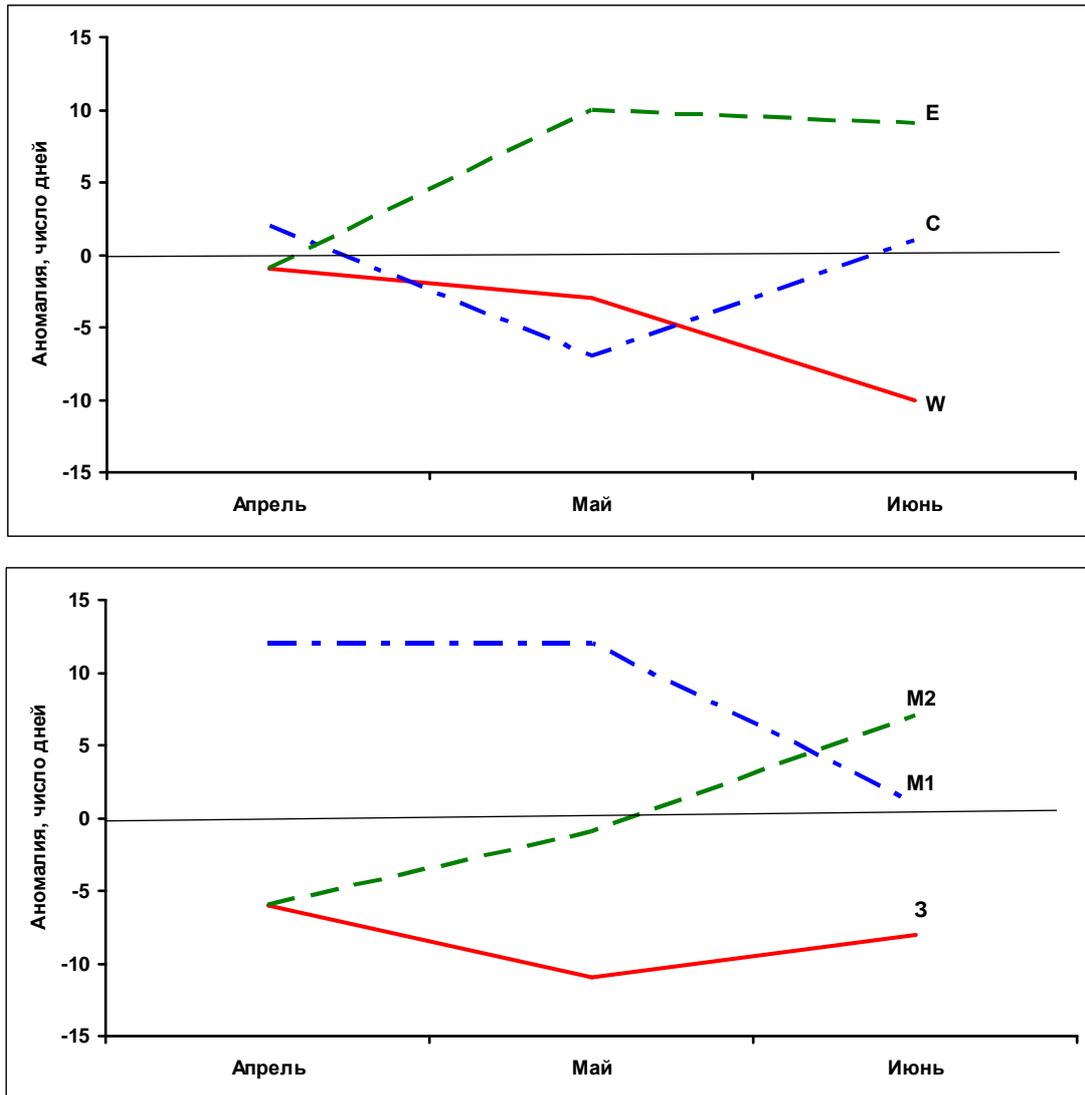
Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₁. Данные процессы отмечались 58 дней, что выше нормы на 25 дней.

Анализ процессов показал, что в апреле-июне 2016 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 2016 г. представлен на рис. 1.1.

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с апреля по июнь 2016 г. выглядит следующим образом:

Апрель – C_{M1} → Май - E_{M1} → Июнь (E+C)_{M2+M1}



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

Рис. 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период апрель – июнь 2016 г.

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

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

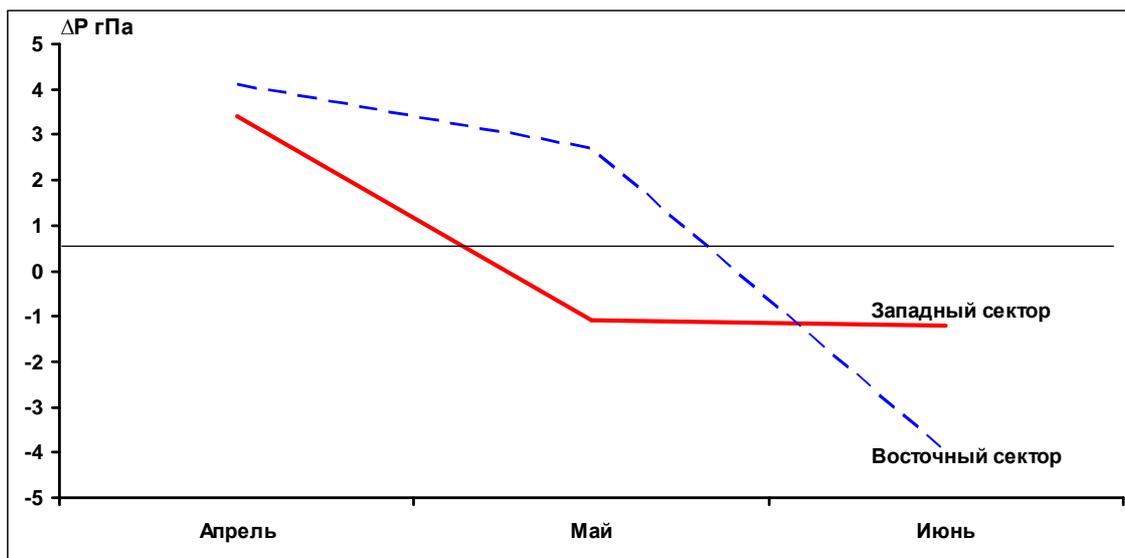


Рис. 1.2. Значения аномалий давления (гПа) в апреле-июне 2016 г. европейском (запад) и американском (восток) секторах полярного района Арктики.

В первом европейском секторе Арктики под влиянием циклонов северной Атлантики отмечалась устойчивая тенденция к понижению давления от положительных в апреле к отрицательным аномалиям в мае и июне. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в июне.

Во втором американском секторе Арктики на фоне усиления арктического антициклона в апреле и мае наблюдались положительные аномалии давления. В июне произошла перестройка в направленности атмосферных процессов. Под влиянием циклонов в июне отмечались устойчивые отрицательные аномалии давления.

Изменения в апреле – июне 2016 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.3.

Во все месяцы второго квартала фон температуры в целом над полярным районом оставался аномально высоким и выше, чем в прошлом году.

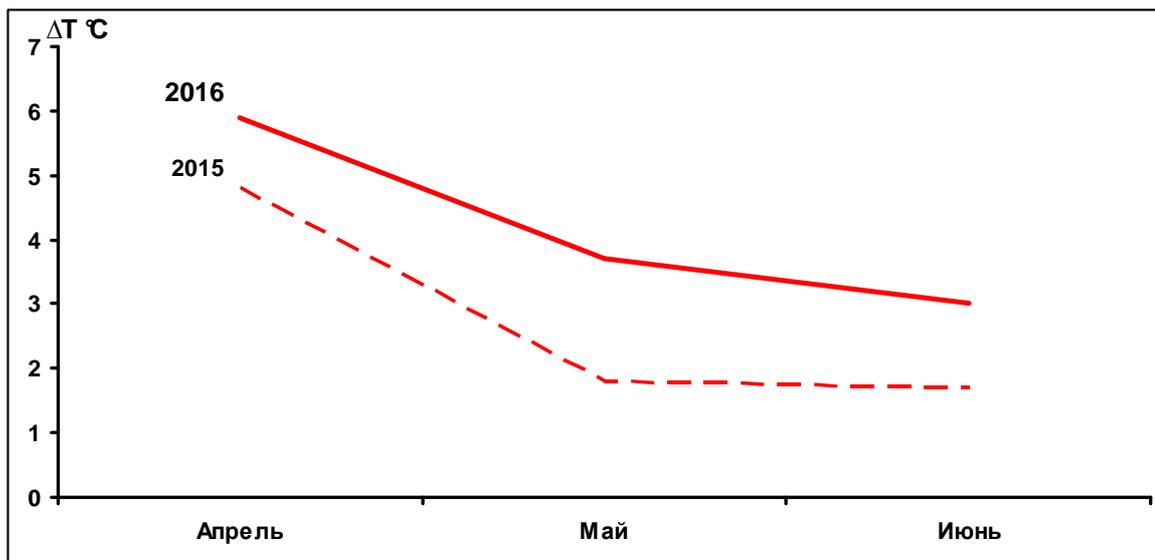


Рис. 1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в апреле – июне 2015 и 2016 гг.

Как было показано, тенденция к понижению температурного фона от апреля к июню была обусловлена крупномасштабной перестройкой атмосферных процессов и сменой направления воздушных потоков.

В апреле отмечалась устойчивая адвекция теплых воздушных масс в полярный район Арктики при преобладающих воздушных потоках юго-западных и юго-восточных направлений. В последующие месяцы в тылу проходящих циклонов возросла повторяемость потоков северных направлений.

Структурные особенности развития атмосферных процессов во втором квартале 2016 г. выделялись по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуры воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Основные особенности развития атмосферных процессов в апреле – июне 2016 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

В **апреле 2016 г.** основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе Канады. Полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней с Северной Атлантики и американского континента, который блокировал выходы циклонов в полярный район Арктики (рис. 1.4).

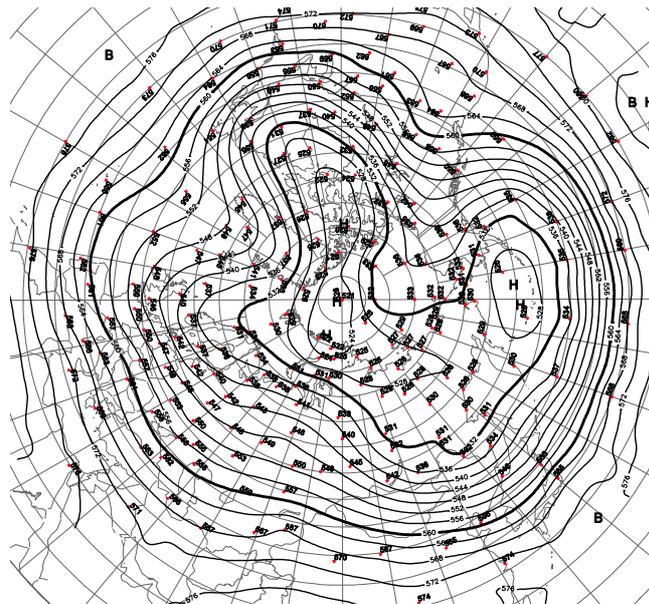


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2016 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных меридиональных процессов С формы циркуляции. Район Северной Атлантики находился под влиянием гребней азорского и арктического антициклонов. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась у побережья Америки и над континентальной частью Европы. В полярном районе располагался устойчивый антициклон, который сформировал фон давления выше нормы до положительных аномалий 6-8 гПа (рис. 1.5).

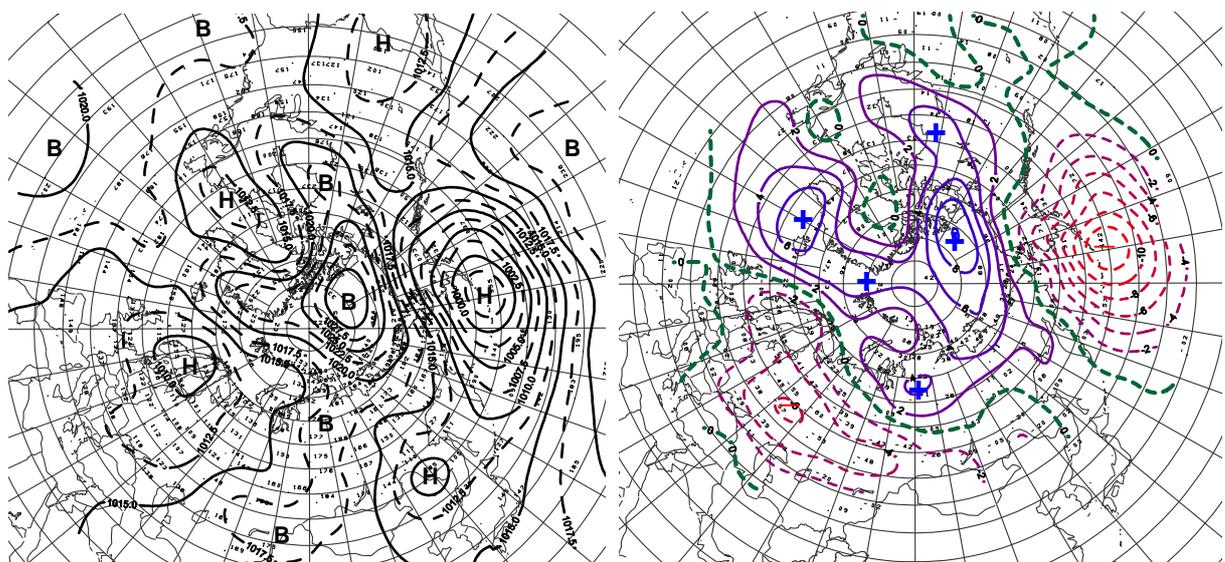


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в апреле 2016 г. (гПа)

При воздушных потоках юго-восточных и восточных направлений сформировался фон температуры выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до $7-9^{\circ}\text{C}$) отмечались в районе Карского моря.

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость сохранили крупномасштабные процессы типа M_1 . Особенностью процессов данного месяца явилось усиление гребня арктического антициклона над востоком Америки. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались на западные районы Америки и не оказывали влияние на полярный район Арктики. Фон давления в данном секторе Арктики был выше нормы на 6-9 гПа.

Под влиянием теплой части арктического антициклона при воздушных потоках юго-восточных и южных направлений сформировался температурный фон выше нормы на $4-8^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.6).

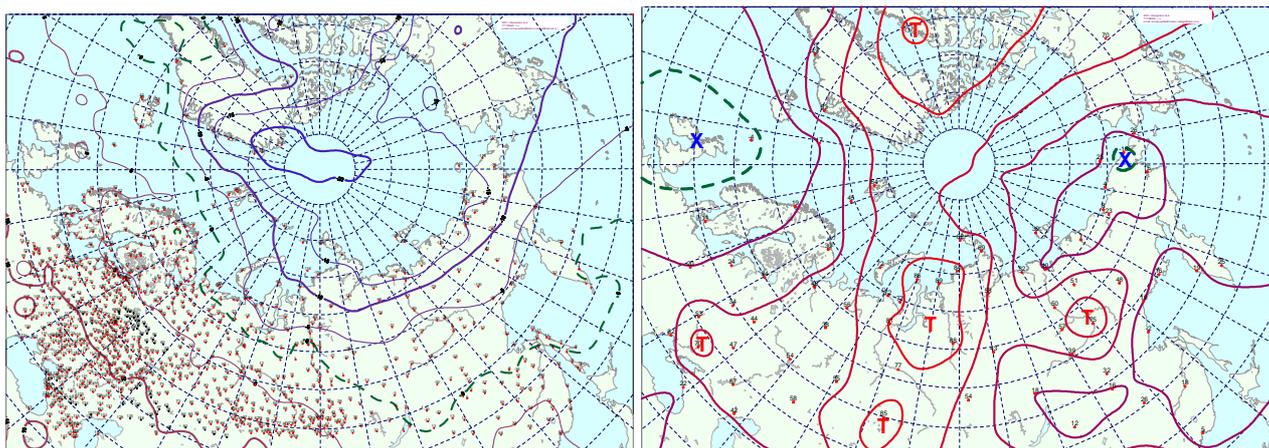


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2016 г., ($^{\circ}\text{C}$)

В мае 2016 г. полярный район находился под влиянием высотного гребня антициклона, под которым в приземном поле сформировался обширный антициклон. Основной центр ЦПВ находился над районом Таймыра, ложбина которого была ориентирована на север Гренландии и Канаду (рис.1.7).

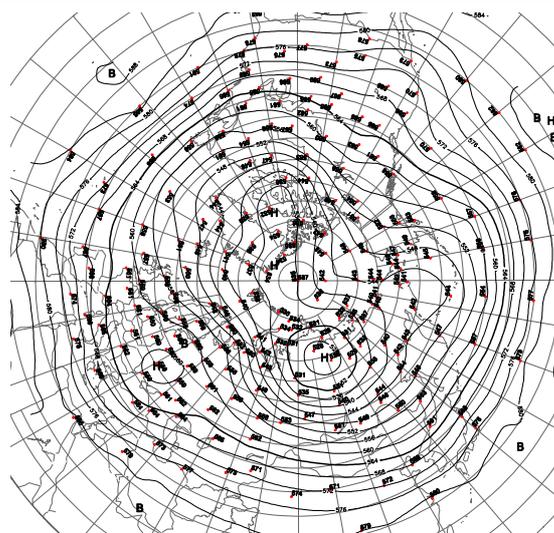


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2016 г.

В первом секторе произошла перестройка атмосферных процессов от меридиональной к восточной форме циркуляции. Над континентальной частью Европы располагался устойчивый антициклон. Гребень антициклона был ориентирован на север, где он часто взаимодействовал с арктическим антициклоном. Циклоны в системе исландского минимума доходили только до акватории Норвежского и Баренцева морей. Фон давления в приполюсный район и в западных морях был выше нормы на 2-6 гПа (рис. 1.8).

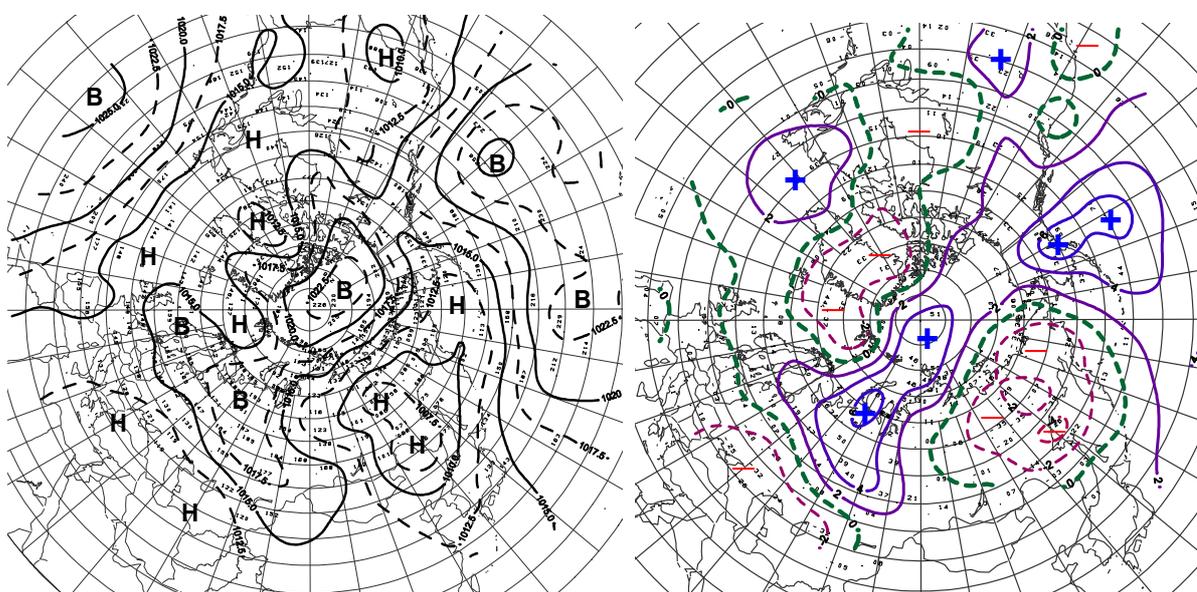


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2016 г. (гПа)

При воздушных потоках с южной составляющей фон температуры сохранился выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 6°C) отмечались в южной части Баренцева моря.

Во *втором секторе* аномально повышенную повторяемость сохранили крупномасштабные процессы типа M_1 . Особенностью процессов данного месяца явилось усиление гребня гавайского антициклона и взаимодействие его с арктическим антициклоном. Вследствие этого циклоны не оказывали влияние на полярный район Арктики. Фон давления в данном секторе Арктики был выше нормы на 2 гПа.

При воздушных потоках восточных направлений сформировался температурный фон выше нормы на 3-4°C (рис. 1.9).

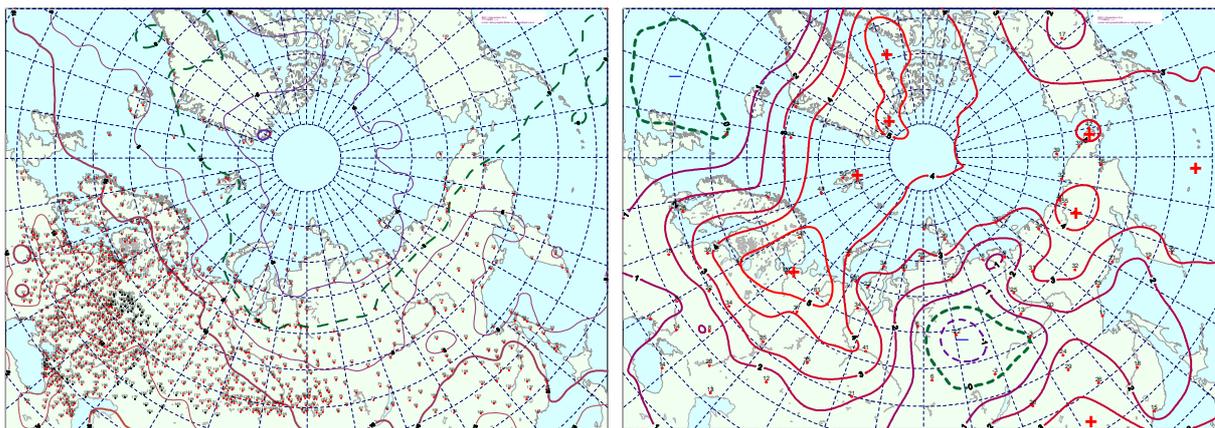


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2016 г., (°C)

В *июне 2016 г.* основной центр циркумполярного вихря сместился в приполюсный район, где в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность (рис. 1.10).

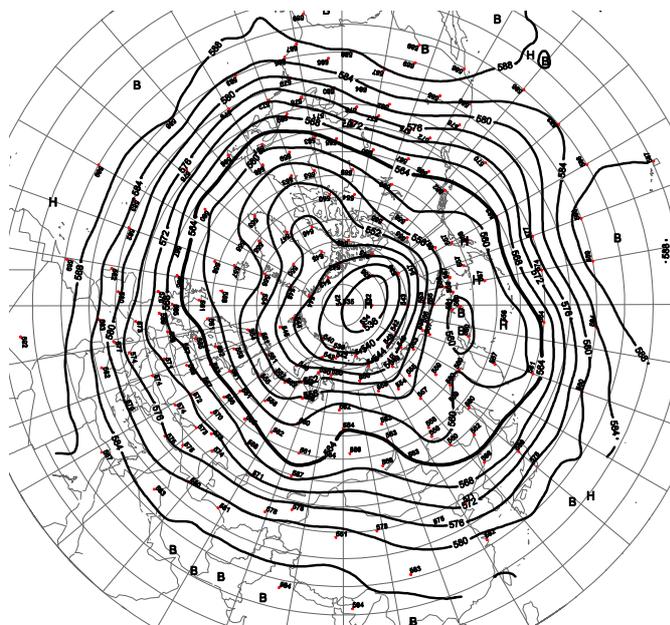


Рис. 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2016 г.

В первом секторе наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов восточной (Е) и меридиональной (С) форм циркуляции. Число дней с этими формами соответственно составило 18 и 12 дней. Под влиянием блокирующих гребней в начале месяца над Северной Атлантикой, а в дальнейшем над континентальной частью Евразии, циклоны в системе исландского минимума смещались по высокоширотным траекториям в полярный район Арктики.

По сравнению с маем произошла смена знака барического поля от антициклонального к циклональному. Фон давления понизился от положительных к отрицательным аномалиям на 10 гПа (рис. 1.11).

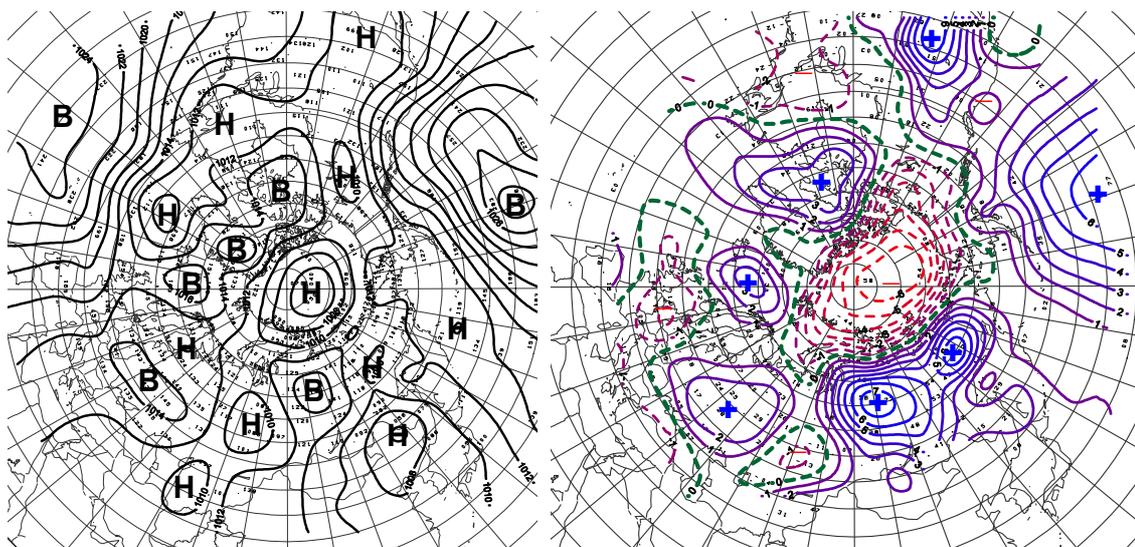


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2016 г. (гПа)

Фон температуры сохранился выше нормы. Очаг с наиболее крупными значениями положительных аномалий среднемесячной температуры сместился с южной части Баренцева моря в район юго-западной части Карского моря.

Во втором секторе сохранилось преобладание меридиональных процессов типов M_1 и M_2 . Под устойчивым влиянием над Тихим океаном гребня гавайского антициклона циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям в восточный сектор полярного района Арктики. Фон давления понизился 4-6 гПа. Воздушные потоки преимущественно юго-западных и южных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры (рис. 1.12).

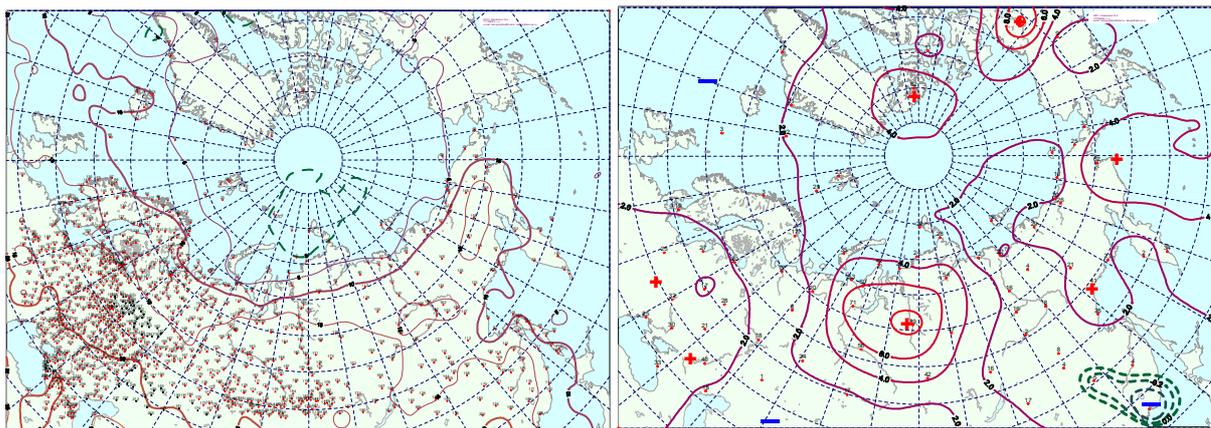


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2016 г., (°С)

Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов показал, что характерный для текущей циркуляционной стадии развития атмосферных процессов высокий температурный фон с преобладанием положительных аномалий температуры в первой квартале 2016 г. сохранился. Как было показано, основным отличием с прошлым 2015 г., явилось значительное повышение температурного фона как в целом по полярному району Арктики, так и по отдельным его районам.

На рис. 1.13 приводятся фоновые средние за второй квартал значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с данными за 2015 г. Наиболее значительные повышения температурного фона на $1,5^{\circ}\text{C}$ отмечались в море Лаптевых. В Чукотском море произошло понижение температуры на $0,9^{\circ}\text{C}$.

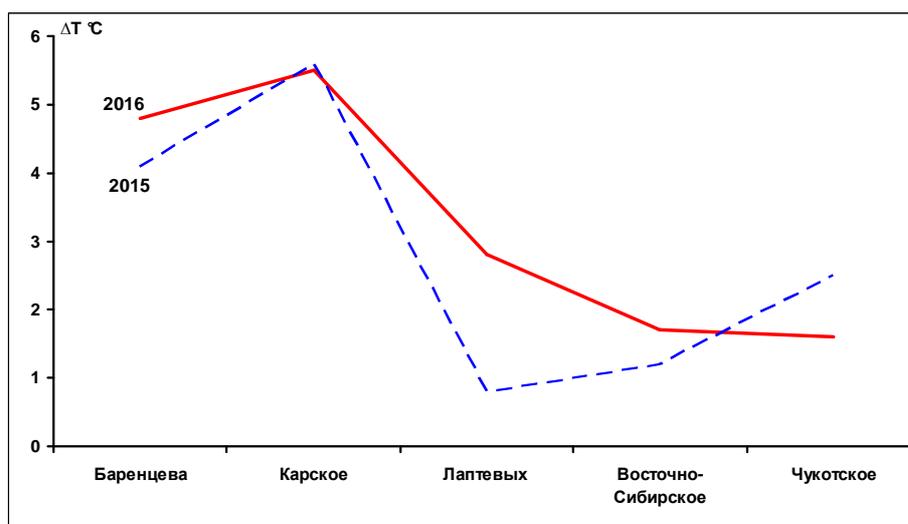


Рис. 1.13. Средние за второй квартал значения аномалий температуры воздуха (°С) по акваториям морей российской Арктики в 2015 и 2016 гг.



Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в апреле-июне 2016 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 2016 г. представлены в табл. 1.2.

Таблица . 1.2

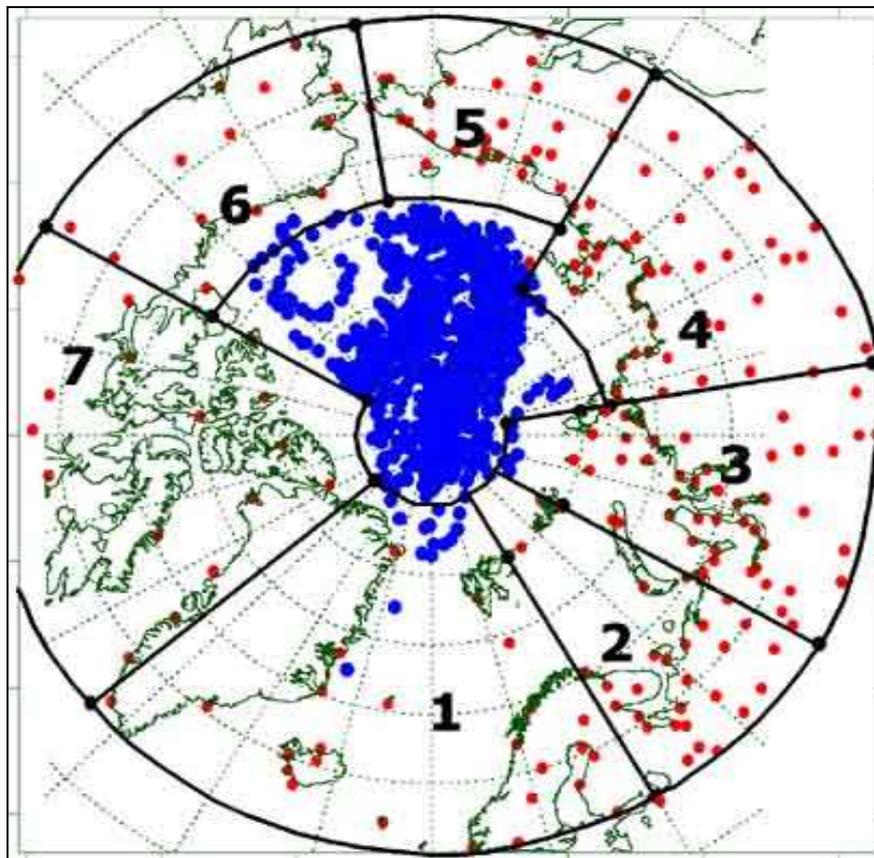
Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с апреля по июнь 2016 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Апрель			Май			Июнь		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-3	С	M ₁	1	Е	M ₂			
4-6	Е	M ₁	2-4	Е	M ₂			
7-9	W	M ₁	5-7	Е	M ₁	1-3	С	M ₂
10-14	С	M ₁	8-10	Е	M ₁	4-10	С	M ₁
15-17	W	3	11-16	W	M ₂	11-14	Е	M ₂
18-20	W	M ₂	14-16	С	M ₂	15-17	Е	M ₁
21-23	С	M ₂	17-19	Е	M ₁	18-19	С	M ₂
24-25	С	M ₁	20-22	Е	M ₁	20-26	Е	M ₁
26-27	Е	M ₁	23-24	Е	M ₁	27-30	Е	M ₂
28-30	Е	M ₁	25-27	W	M ₁			
			28-31	Е	M ₁			
Итого	W 9 (-1) С 13 (2) Е 8 (-1)	3 3 (-6) M ₁ 20 (12) M ₂ 7 (-6)	Итого	W 6 (-3) С 3 (-7) Е 22 (10)	3 0 (-11) M ₁ 21 (12) M ₂ 10 (-1)	Итого	W 0 (-10) С 12 (1) Е 18 (9)	3 0 (-8) M ₁ 17 (1) M ₂ 13 (7)
Примечания								
1. ЭСП – элементарный синоптический процесс;								
2. А-Е – атлантико-европейский сектор полушария;								
3. Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария.								
4. В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, С, Е) и типами (3, M ₁ , M ₂) атмосферной циркуляции.								

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.1.14) и арктическим морям. Исходными

данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев МПАБ.



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

Рис. 1.14. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

Температура воздуха.

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

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2016 г. по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в табл. 1.3. В весеннем сезоне 2016 г. аномалия температуры воздуха в СПО составила 3,5°С.

Таблица 1.3

**Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО
и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2016 г.**

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	3,7	2	2011 (4,0)	1966 (-2,2)
60-70	3,2	1	2016 (3,2)	1964 (-2,2)
60-85	3,5	1	2016 (3,5)	1964 (-2,1)

Весна 2016 г. по рангу теплых лет стала наиболее теплой весной за период с 1936 г. Аномалия температуры в широтной зоне 70-85° с.ш. оказалась равной 3,7°C, а в зоне 60-70° с.ш. 3,2°C. Прошедший сезон в обеих широтных зонах стал соответственно вторым и первым теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2016 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий в западных частях евразийского и североамериканского секторов СПО (рис. 1.15, табл.1.4). Аномалия температуры в Североевропейском, Западносибирском и Аляскинском районах составила 4,2, 5,2 и 4,8°C соответственно. Весна 2016 г. оказалось первой по рангу теплых лет в районах Североевропейском и Аляскинском и третьей в Западносибирском.

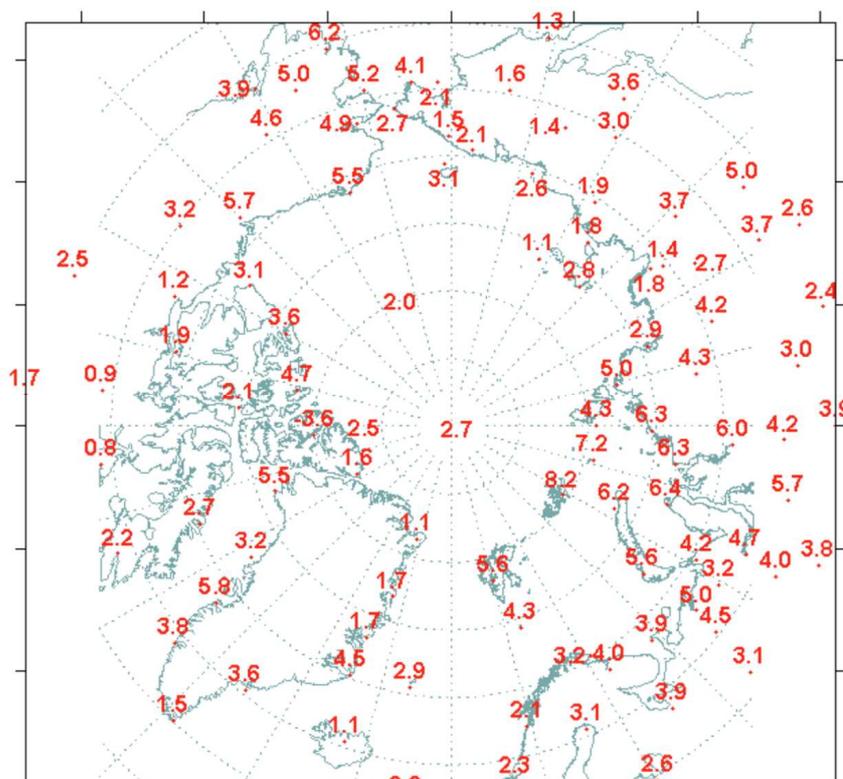


Рис. 1.15. Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона 2016 г. на станциях Северной полярной области, °С



Таблица 1.4

Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в весеннем сезоне 2016 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	2,4	2	2004 (3,0)	1968 (-1,4)
Североевропейский	4,2	1	2016 (4,2)	1958 (-2,8)
Западносибирский	5,2	3	2011 (6,7)	1964 (-2,0)
Восточносибирский	3,2	6	2011 (5,5)	1958 (-2,7)
Чукотский	2,3	11	2002 (4,3)	1950 (-2,8)
Аляскинский	4,8	1	2016 (4,8)	1964 (-4,2)
Канадский	2,4	7	2010 (4,6)	1964 (-2,5)

В районах арктических морей наблюдались только положительные аномалии температуры. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в районе Баренцева и Карского морей, а также в районе моря Бофорта. Соответственно в районе Баренцева моря весенний сезон стал наиболее теплым, а в районе Карского моря и моря Бофорта вторым теплым сезоном по рангу теплых лет (табл.1.5).

Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2016 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	3,1	2	2004,2006 (3,8)	1968 (-2,1)
Баренцево море	5,0	1	2016 (5,0)	1969 (-2,7)
Карское море	5,8	2	2011 (7,3)	1964 (-3,9)
Море Лаптевых	2,9	7	2011 (5,6)	1966 (-2,6)
Восточно-Сибирское море	2,0	11	1990 (5,4)	1950 (-2,5)
Чукотское море	2,0	15	2002 (5,4)	1985 (-3,2)
Море Бофорта	4,5	2	2015 (3,9)	1964 (-2,7)
Северная часть Канадского района	2,8	7	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. 1.16, а для районов арктических морей на рис. 1.17.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за весенний сезон 1936-2016 гг. показала наличие статистически значимого (на 5% уровне значимости) положительного линейного тренда как для широтных зон к северу и югу от 70° с.ш., так и для СПО в целом (табл.1.6). Повышение температуры весеннего сезона составило соответственно 2,0, 1,8 и 1,9°С за 81 год.

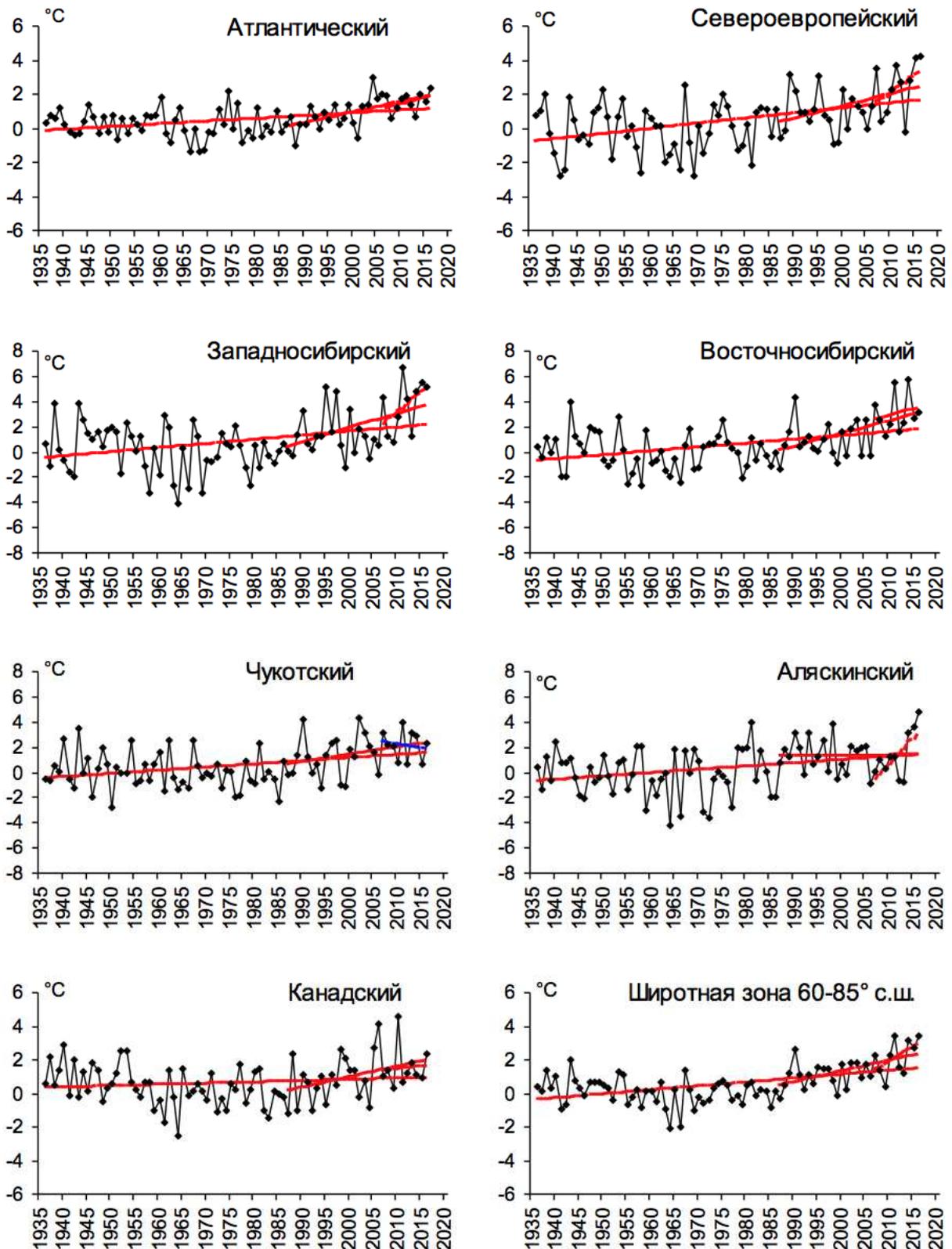


Рис. 1.16. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °С

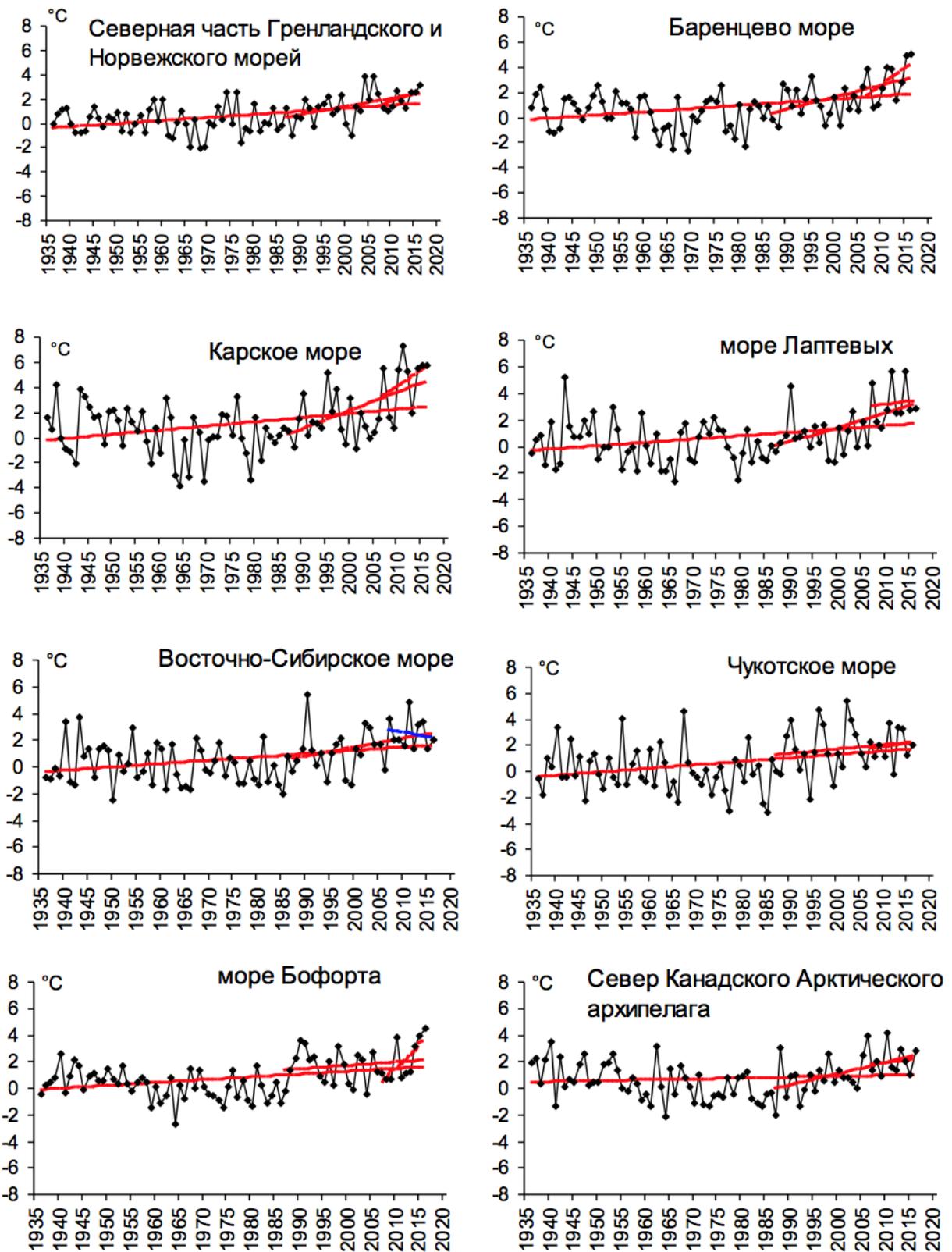


Рис. 1.17. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °C



Таблица 1.6

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

Район, широтная зона	1936-2016		1987-2016		2007-2016	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,16	41,3	0,62	61,8	0,73	38,4
Североевропейский	0,30	43,7	0,72	42,6	2,01	38,7
Западносибирский	0,32	35,5	1,13	47,0	3,06	45,7
Восточносибирский	0,31	41,1	1,02	51,4	0,99	19,5
Чукотский	0,25	37,0	0,58	32,9	-0,67	17,5
Аляскинский	0,26	33,4	0,05	3,1	4,02	65,3
Канадский	0,07	13,9	0,62	39,4	0,32	7,8
60-70° с.ш.	0,22	50,3	0,51	47,1	1,70	51,0
70-85° с.ш.	0,25	47,6	0,87	66,4	1,39	45,4
60-85° с.ш.	0,23	50,6	0,64	57,4	1,69	50,1

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1987-2016 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 региону составляет 1,9°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 в здесь составляет соответственно около 3,4 и 3,1 °C/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде статистически значимые линейные тренды отсутствуют. В целом по региону знак тренда в температуре весеннего сезона положителен.

В районах всех арктических морей сохраняется положительный знак линейного тренда в изменениях температуры воздуха весеннего сезона (табл.1.7). Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха сохраняется в районе Карского моря. За 1987-2016 гг. температура воздуха в этом районе повысилась на 4,4 °C/30 лет.

Таблица 1.7

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

Море, часть моря	1936-2016		1987-2016		2007-2016	
	<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	46,6	0,68	50,6	1,30	52,5
Баренцево море	0,25	37,0	0,97	54,0	2,77	53,6
Карское море	0,33	34,3	1,46	55,1	2,59	35,9
Море Лаптевых	0,25	32,9	1,09	52,8	0,44	08,7



Море, часть моря	1936-2016		1987-2016		2007-2016	
	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>
Восточно-Сибирское море	0,25	35,0	0,66	36,0	-0,68	17,9
Чукотское море	0,27	33,1	0,34	17,1	0,45	11,1
Море Бофорта	0,21	36,2	0,26	16,8	3,52	68,8
Северная часть Канадского района	0,07	11,5	0,86	53,4	0,42	12,3

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

Атмосферные осадки.

Оценка выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2015-16 гг. 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.1.8 представлены относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) количества осадков за холодный сезон 2015-16 гг. для отдельных широтных зон и климатических районов. В целом в СПО осадков выпало выше нормы (на 5,7 %) за счет обильного выпадения осадков в Атлантическом Североευропейском и Западносибирском районах. Такое количество осадков, выпавших в холодном периоде 2015-16 гг. в СПО оказалось одиннадцатым значением в ряду убывающих значений с 1936 года. К югу от 70°с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало выше нормы на 8,5 %, а к северу на 10,1 %. Это соответственно седьмое и десятое значения в ряду убывающих значений с 1936 г.

Таблица 1.8

Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков холодного сезона 2015-16 гг.

Климатический район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	114,2	2015 (123,2)	1968 (75,2)
Североευропейский	111,1	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	102,7	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	96,9	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	91,6	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	94,9	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	95,6	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	108,5	2015 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	110,1	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	105,7	1954 (117%)	1980 (90%)

В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков холодного сезона за весь период (с 1936 по 2016 гг.) по северным (70-85° с.ш.) и южным (60-70° с.ш.) частям климатических районов



и для районов в целом. На рис. 1.18 временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

Таблица 1.9

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

Район, широтная зона	<i>Вх</i>	% от нормы	<i>D</i>	<i>Вх</i>	% от нормы	<i>D</i>
	1936-2016			1987-2016		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	7,79	7,4	18,7	-0,33	-0,1	4,8
Скандинавия и север ЕТР	14,89	39,7	70,8	-0,62	-0,6	9,8
Западная Сибирь	9,02	27,1	60,9	-0,88	-1,0	14,9
Восточная Сибирь	2,43	13,2	36,3	-1,67	-3,3	28,0
Чукотка	-0,77	-2,8	5,3	-0,33	-0,5	4,7
Аляскинский (южная часть)	2,86	13,6	19,2	-2,16	-3,8	20,4
Канадский (южная часть)	-0,18	-1,1	2,5	0,75	1,7	9,7
60-70° с.ш.	5,37	14,5	48,1	-0,60	-0,6	13,4
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	9,00	31,0	50,0	10,80	13,8	26,4
Баренцево море	6,27	22,4	55,5	4,12	5,5	15,3
Карское море	0,14	,8	1,7	5,35	12,0	24,5
Море Лаптевых	-3,12	-20,8	39,3	-2,08	-5,1	12,0
Восточно-Сибирское море	-7,13	-46,2	55,6	-6,34	-15,2	29,7
Чукотское море	-9,41	-43,5	54,5	0,80	1,4	3,1
Море Бофорта	-0,93	-7,7	12,4	-7,40	-22,9	32,1
Канадский (северная часть)	0,53	7,2	8,9	-5,08	-25,3	26,8
70-85° с.ш.	1,27	7,4	25,6	6,37	9,3	48,6
Атлантический	8,39	10,6	28,5	-4,97	-2,3	5,3
Североевропейский	11,41	33,8	75,0	5,71	6,3	22,1
Западносибирский	5,28	20,2	57,2	0,37	0,5	1,8
Восточносибирский	0,31	1,8	5,9	-1,40	-3,0	10,0
Чукотский	-3,50	-14,9	27,9	-5,59	-8,8	29,1
Аляскинский	1,72	9,3	14,2	-3,14	-6,3	10,4
Канадский	0,10	0,7	1,7	-6,40	-17,6	38,2
60-85° с.ш.	3,45	11,4	46,1	-1,92	-2,4	10,5

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

Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936-2016 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения зимних осадков в целом по региону (на 11 %) и к югу от 70° с.ш. (на 14 % от нормы). За этот период осадки более всего выросли в Североевропейском районе (на 34 % от нормы 1961-90 гг.) и Западносибирском (на 20 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части



районов на 40 и 27 % соответственно. В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 15 %).

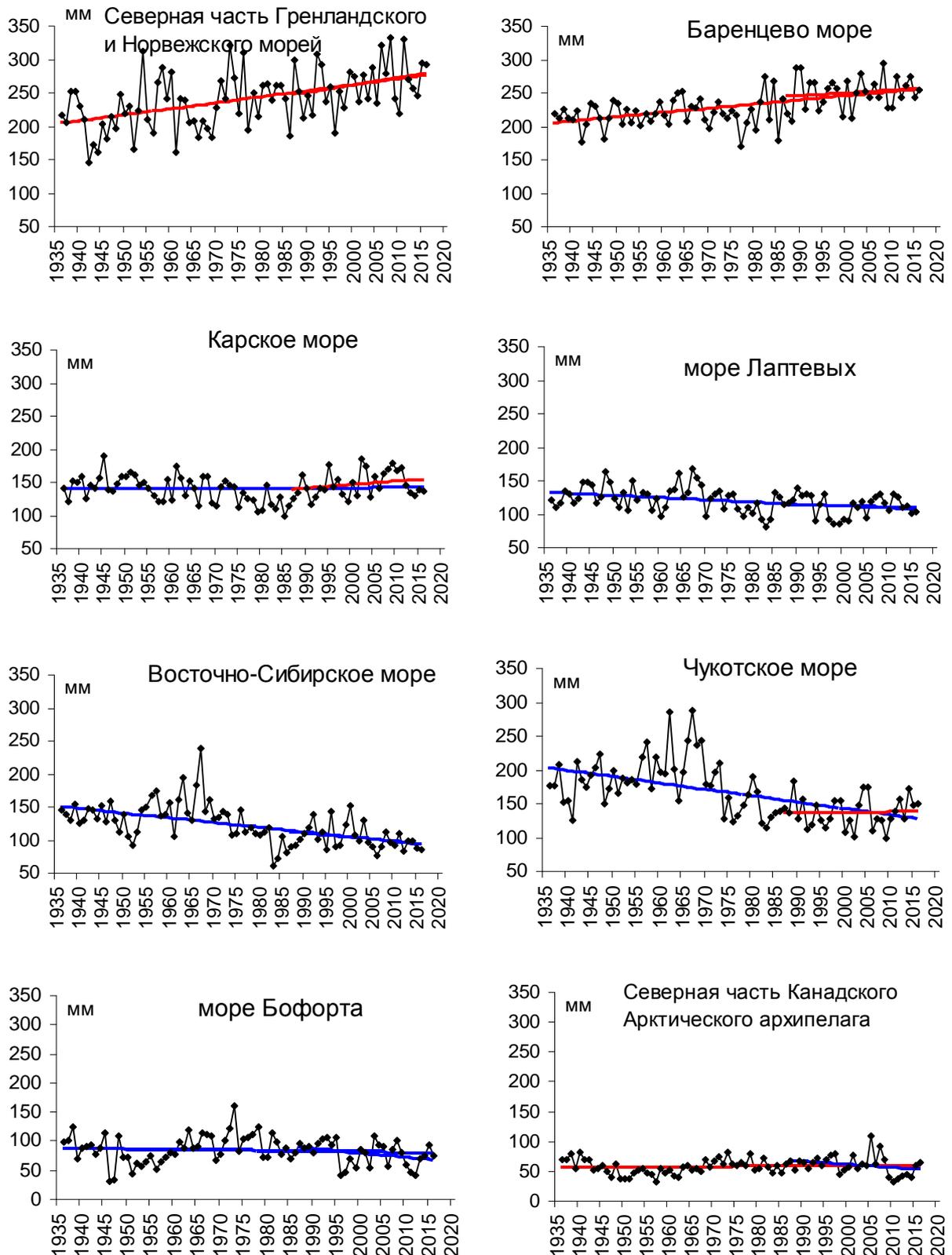


Рис. 1.18. Временные ряды сумм осадков холодного сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм



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



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2016 года

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле-июне 2016 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» в апреле-мае на научной базе «Мыс Баранова» 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 Североамериканкой ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО СИГРИЗ доступна на сервере МЦД МЛ по адресам <http://wdc.aari.ru/datasets/d0004> (карты ААНИИ), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0031> (карты КЛС), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0032> (карты НЛЦ). В графическом формате PNG совмещенные карты ААНИИ-КЛС-НЛЦ доступны по адресу <http://wdc.aari.ru/datasets/d0040>.



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

-источник данных – архивные и квазиоперативные с задержкой 1-2 дня ежедневные матрицы (поля распределения) оценок общей сплоченности Северной (севернее 45° с.ш.) полярной области по алгоритму NASATEAM за период с 26.10.1978 г. по настоящий момент времени, копируемые с сервера НЦДСЛ;

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

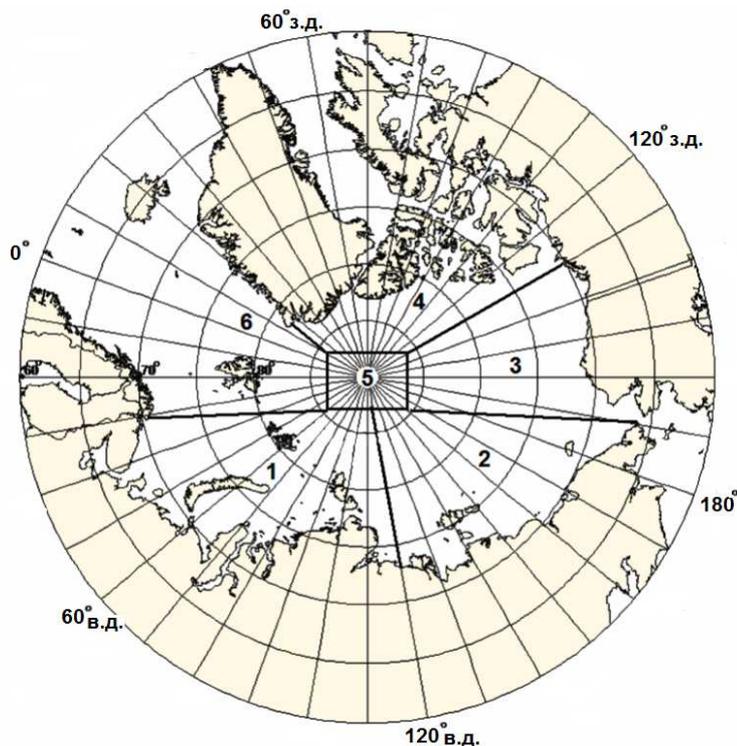
-вычислительные особенности расчета – авторское программное обеспечение ААНИИ с сохранением точности расчетов и оценке статистических параметров по гистограмме распределения.

Результаты расчетов ледовитости Северной полярной областей и их регионов доступны также на сервере МЦД МЛ ААНИИ (<http://wdc.aari.ru/datasets/ssmi/data/>).

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5% и 50% (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945-2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945-1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960-1979 гг., Национального ледового центра США за 1972-2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968-1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970-2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2016 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (<http://nsidc.org>).

На рис. 2.1 показаны границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

Развитие ледовых условий на начало весеннего периода 2016 г. проходило на фоне адвекции теплых воздушных масс и положительных аномалии температуры воздуха в Арктике. Особенно большие выносы тепла и положительные аномалии температуры воздуха наблюдались в западном районе российского сектора Арктики, над морями Баренцевым, Карским и Лаптевых.



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

Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана

В конце первого квартала в СЛО сложилась следующая ледовая обстановка. В западном районе российского сектора Арктики преобладали однолетние льды, среди которых значительную долю имели однолетние средние льды (до 120 см.). В восточном районе российского сектора Арктики преобладали однолетние толстые льды (более 120 см)

Многолетние льды располагались в небольшой части приполюсного района, гренландском, канадском секторах и части аляскинского сектора Арктики. Три значительных по протяженности языка старых льдов наблюдались в северных частях морей Карского, Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Вдоль восточного побережья Гренландии наблюдался протяженный язык старых льдов, образовавшийся в результате дрейфа и выноса льда из Арктического бассейна через пролив Фрама. Старые льды по площади составляли до 40% от всей площади льдов на акватории СЛО.

Распространение ледяного покрова в Северной полярной области в конце марта приведено на рис. 2.2. В западных морях (Гренландском, Баренцевом) распространение ледяного покрова в конце марта было значительно меньше, чем в среднем многолетнем. В Баренцевом море граница дрейфующего льда наблюдалась значительно севернее и восточнее своего среднего положения. Здесь сформировалась крупная отрицательная аномалия ледовитости. В других районах Северного



Ледовитого океана граница дрейфующих льдов была близка к своему среднемноголетнему положению, (рис. 2.2).

К концу марта в российских арктических морях сформировались отрицательные аномалии толщины припайного льда, составляющие -20...-40 см. Значительно меньше нормы (на 30 % меньше средних многолетних значений) был развит припай.

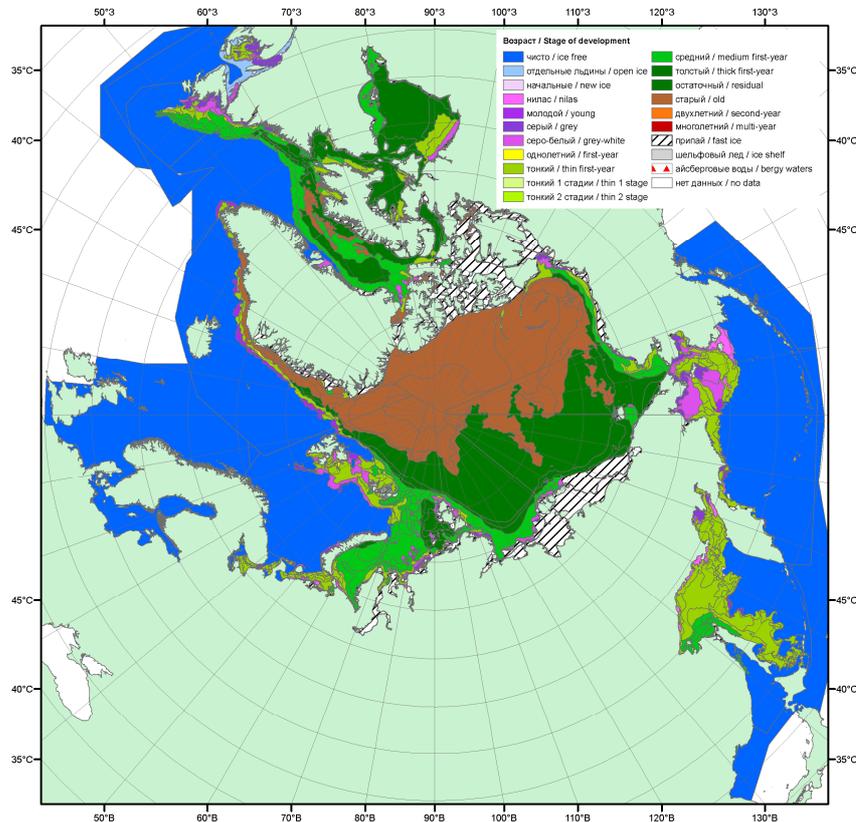


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО за 28 – 29.03.2016 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США.

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2016 г. составило 11,5 млн. км², что на 4,2 % меньше среднего многолетнего значения. Меньшее количество льда в СЛО сформировалось за счет малой ледовитости морей гренландского сектора и западного района российского сектора Арктики (см. рис. 2.13).

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда несколько была выше нормы в восточном районе арктического сектора Арктики, что привело к приближению толщины льда в морях Восточно-Сибирском и Чукотском к среднемноголетним значениям.

Однако в морях западного района российского сектора Арктики крупные отрицательные аномалии толщины льда сохранились и составили $-25...-50$ см. Аномалии толщины льда в конце периода нарастания (май) приведены на рис. 2.3.

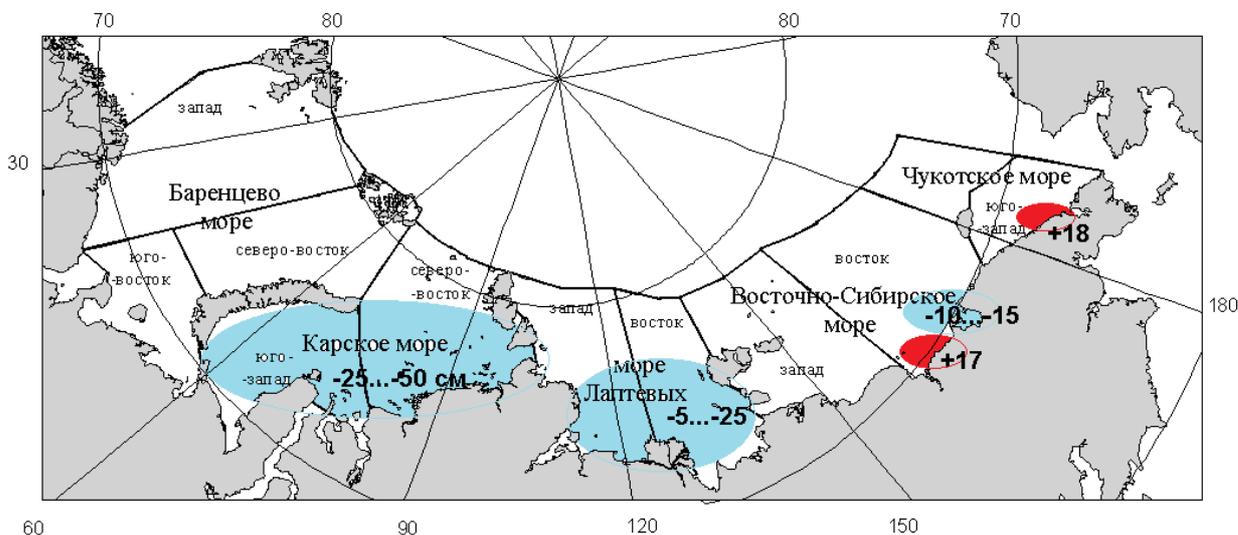


Рис. 2.3. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2016 г. (конец мая).

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период апрель-июнь 2016 г. приведены на рисунках 2.4-2.12.

В апреле в распределении льдов по акватории СЛО произошли качественные изменения в составе ледяного покрова. Практически на всей акватории СЛО однолетний лед перешел в возрастную градацию однолетних толстых льдов. Только в западном районе российского сектора Арктики (в Баренцевом и юго-западной части Карского морях) и прибрежных частях морей Бофорта и Чукотского в течение апреля наблюдались однолетние средние льды и небольшое количество тонких льдов. Заприпайные полыньи в арктических морях были развиты крайне слабо, в связи с этим молодых льдов (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало.

Был хорошо развит припай в районе архипелага Новосибирских островов и очень слабо развит припай в районе архипелага Новая земля. Отсутствовал сплошной припай в проливе Вилькицкого.

Старые льды наблюдались в канадском, гренландском и аляскинском секторах и части приполюсного района Арктики. К северу от острова Врангеля, на границе между Восточно-Сибирским и Чукотским морями сохранялся небольшой язык двухлетних льдов (рис. 2.4).

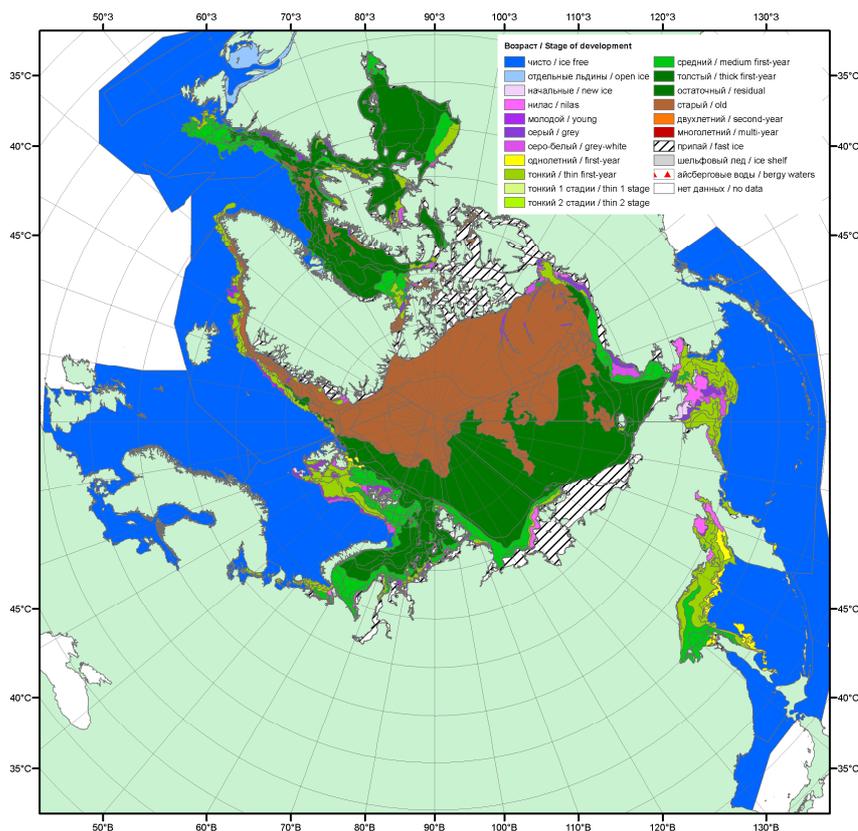


Рис. 2.4. Обзорная ледовая карта СЛО за 18 – 19.04.2016 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США.

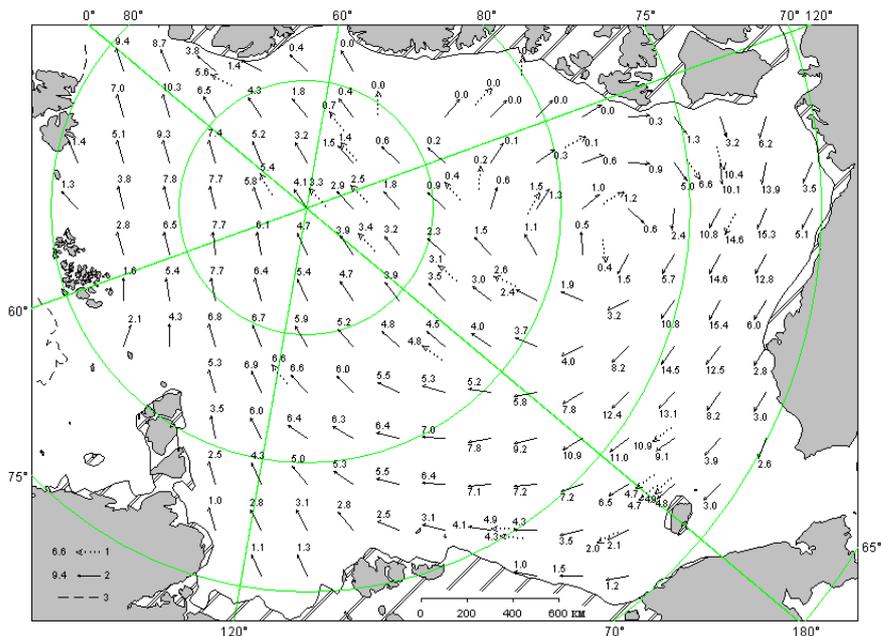
Основные структуры дрейфа льда в СЛО – Трансарктического перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот были развиты хорошо.

Стрежень Трансарктического переноса льдов был смещен к северной части архипелага Новосибирские острова. Это приводило к выносу однолетних льдов из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского в приполюсный район. Далее уже из приполюсного района в результате трансарктического дрейфа старые льды выносились в пролив Фрама вдоль восточного побережья Гренландии.

Центр Канадского антициклонического круговорота был смещен к побережью канадского арктического архипелага. По южной его периферии наблюдался мощный перенос льдов вдоль аляскинского побережья в северные части Чукотского и Восточно-Сибирского морей (рис. 2.5).

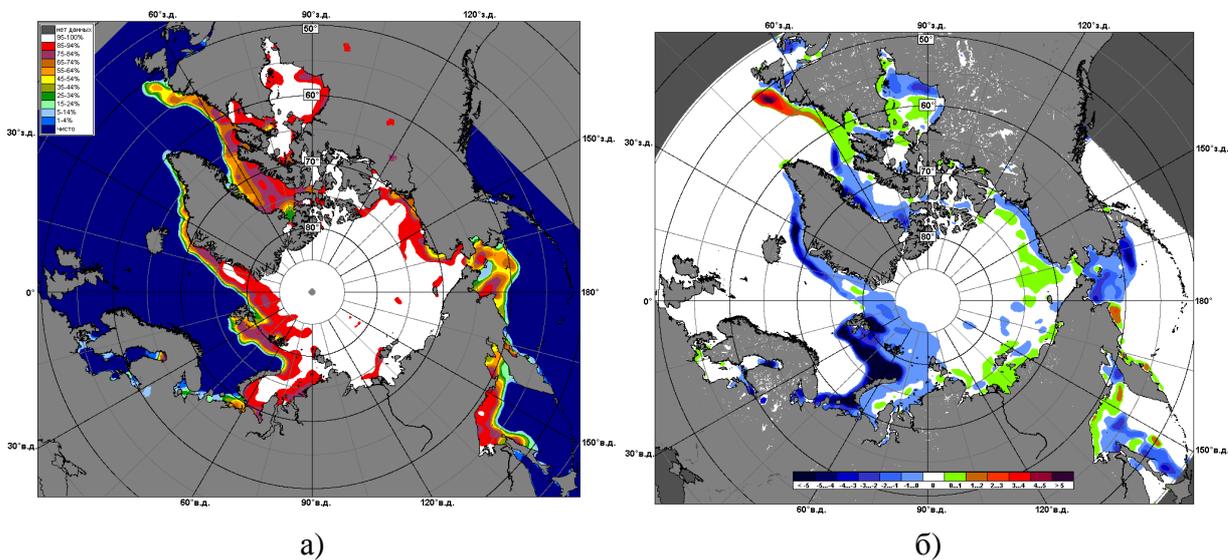
В поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась однородность. Зоны пониженной сплоченности наблюдались в Гренландском, Баренцевом и Карском морях, откуда выносило лед в результате Трансарктического переноса льдов (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.6 б) и зоны повышенной сплоченности в прибрежной зоне моря Бофорта и в Восточно-Сибирском море,

куда приносило лед по периферии Канадского антициклонического круговорота (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.6 б).



1 – направление (стрелка) и скорость (0.2 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда

Рис. 2.5. Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2016 г.



а)

б)

Рис. 2.6. Медианные распределения сплоченности льда в апреле 2016 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2016 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS.

В конце мая, который считается периодом максимального развития ледяного покрова, в структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океане преобладали однолетние льды (преимущественно однолетние толстые льды), которые составляли около 50% от общего



количества льда. Около 45% от общего количества льда составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено однолетними средними и тонкими льдами, которые наблюдалось в прикромочных областях морей, Гренландского и Баренцева, и прибрежной части морей Чукотского и Бофорта.

Однолетние льды занимали весь российский сектор Арктики, часть гренландского сектора и более половины приполюсного района. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском, канадском и аляскинском секторах Арктики (рис. 2.7).

Припай и заприпайные полыньи были развиты слабо во всех окраинных арктических морях, кроме западной части Восточно-Сибирского моря.

В поле дрейфа сохранялось четко выраженное развитие основных структур дрейфа – Трансарктического переноса и Канадского антициклонического круговорота.

Стрежень трансарктического переноса сместился к западу и наблюдался западнее меридиана 120°с.ш., в районе западной части моря Лаптевых. Перенос льдов, направленных к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама, обусловил вынос льдов из морей западного района российского сектора Арктики (Баренцева, Карского, Лаптевых). В результате устойчивого выноса льдов трансарктическим переносом из приполюсного района было вынесено большое количество старых льдов, которые были заменены однолетними льдами из северной части моря Лаптевых.

Канадский антициклонический круговорот получил хорошее развитие и наблюдался в виде развитого круговорота с центром, смещенным к приполюсному району. Прибрежная ветвь дрейфа проходила вдоль побережья островов Канадского Арктического архипелага и Аляски, далее по северной части морей Чукотского и Восточно-Сибирского (рис. 2.8). Таким образом, смещение Канадский антициклонический круговорота к приполюсному району обусловила вынос льда из северных частей морей Бофорта, Чукотского и Восточно-Сибирского.

В распределении сплоченности льдов в мае в связи с развитием обширного Трансарктического переноса и хорошо развитым Канадским антициклоническим круговоротом наблюдалась отрицательные аномалии сплоченности в западных морях (Баренцево, Карское) и в северных частях морей Бофорта, Чукотском и Восточно-Сибирском (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.10 б). В прибрежных частях морей восточного района российского сектора Арктики и в Гренландском секторе наблюдались положительные аномалии сплоченности (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.10 б).

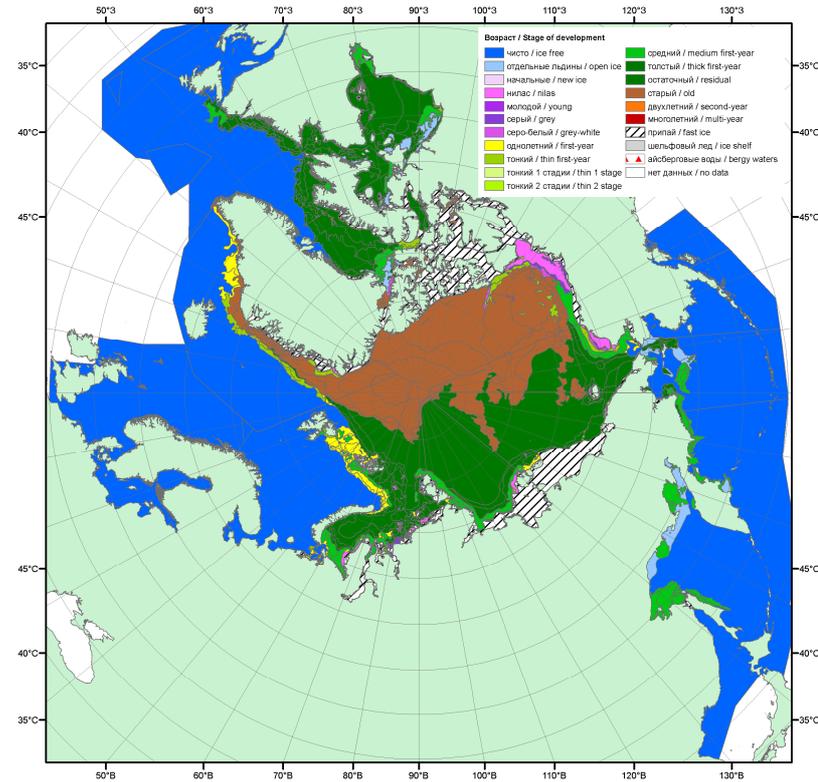
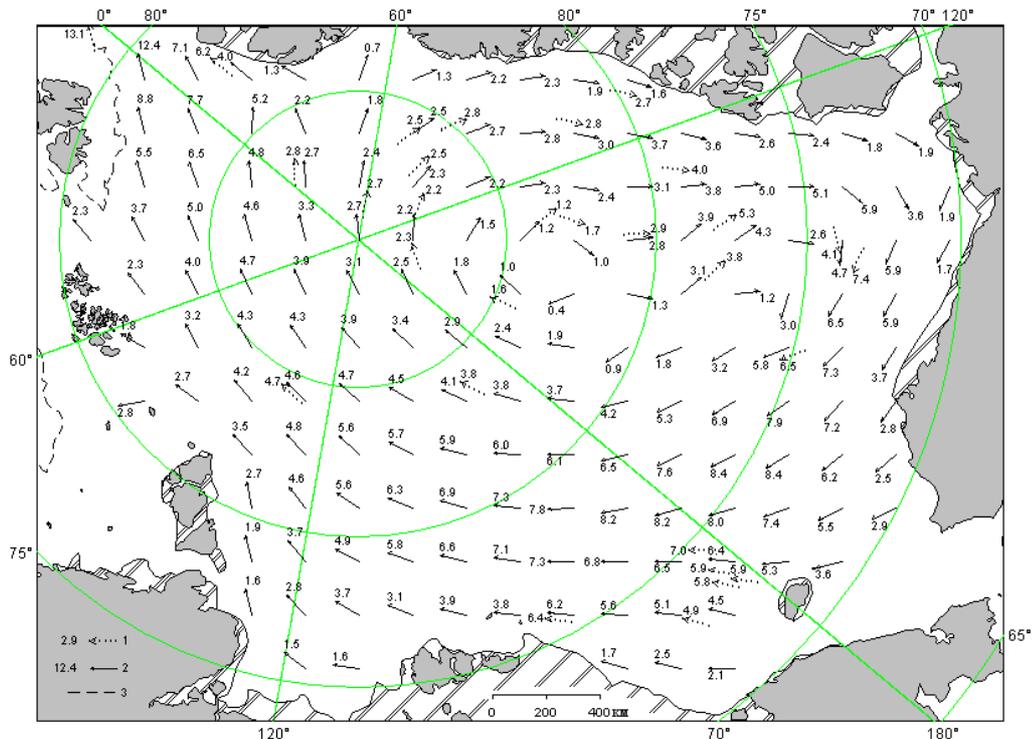


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛО за 16-17.05.2016 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США.



1 – направление (стрелка) и скорость (5.1 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда

Рис. 2.8. Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2016 г.

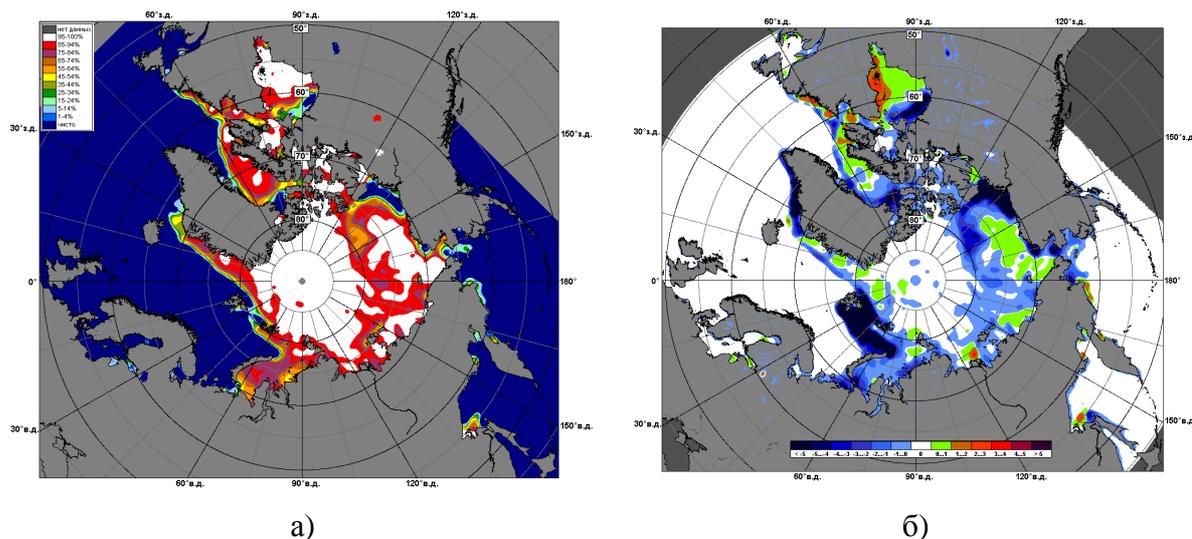


Рис. 2.9. Медианные распределения сплоченности льда в мае 2016 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2016 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS.

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение окраинных морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева и Карского. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В Баренцевом море аномалия ледовитости в третьей декаде июня составила -35%, в Карском море -36%,. Очищение морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом выносного характера из этих морей, адвекции тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда (рис. 2.10).

В июне в связи с произошедшей крупномасштабной перестройкой направленности атмосферных процессов, смещением центра циркумполярного вихря в приполюсный район и сменой знака барического поля от антициклонального к циклональному, произошла полная перестройка поля дрейфа льдов.

В поле дрейфа наблюдалось полное отсутствие Трансарктического переноса льда, что само по себе является крайне необычным явлением. Кроме этого, вместо характерного Канадского антициклонического круговорота сформировался гигантский циклонический вихрь, охватившего весь бассейн Северного Ледовитого океана. Центр сформировавшегося циклонического вихря наблюдался на меридиане 150°в.д, между архипелагом Новосибирских островов и Северным Полюсом.

Такой характер дрейфа обусловил вынос льда в течение июня из восточных окраинных арктических морей Чукотского и Бофорта и принос льда в моря Гренландское и Лаптевых (рис. 2.8).



В результате сложившегося необычного поля дрейфа с развитым циклоническим круговоротом вместо обычных структур дрейфа, в поле сплоченности ледяного покрова наблюдалось формирование обширных разрежений в восточных окраинных морях – Чукотском и Бофорта (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.12 б).

Зоны положительной аномалии сплоченности (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.12 б) сформировались в зонах приноса ледяного покрова, в гренландском секторе Арктики и море Лаптевых.

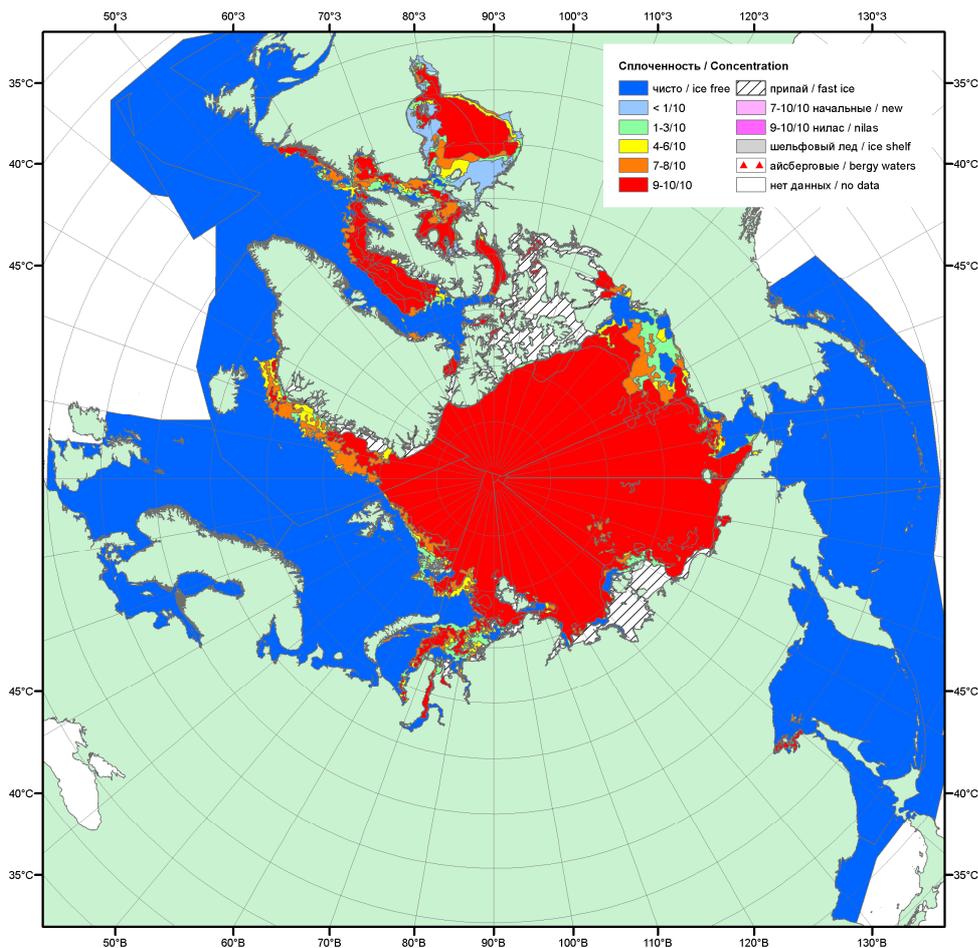
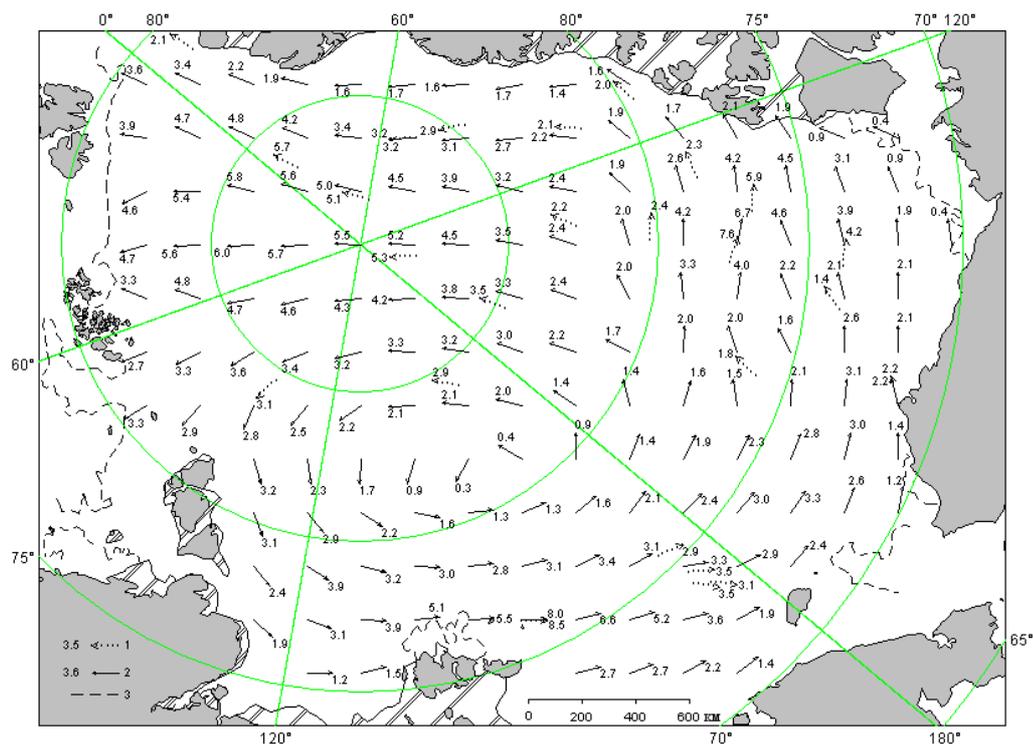


Рис. 2.10. Обзорная ледовая карта СЛО за 20-21.06.2016 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США.



(1 – направление (стрелка) и скорость (2.3 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда)

Рис. 2.11. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2016 г.

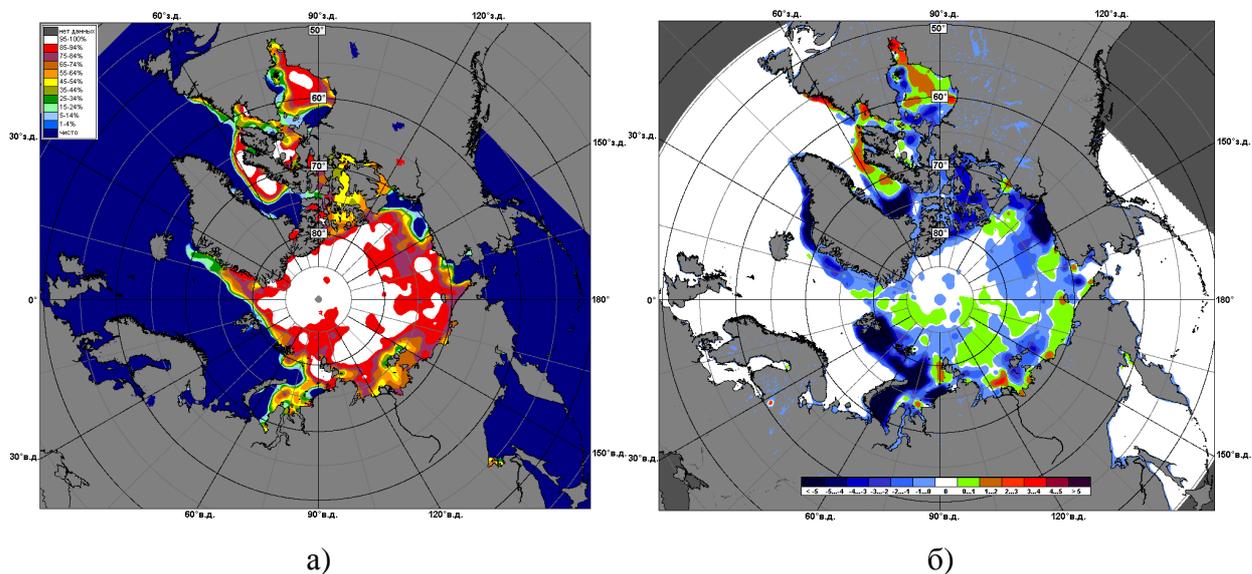


Рис. 2.12. Медианные распределения сплоченности льда в июне 2016 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2016 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS.

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ФГБУ «АНИИ», в конце второго квартала 2016 г. оказалось на



11% меньше среднемноголетнего значения за счет малой ледовитости морей западного сектора 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря) Арктики (рис. 2.13, табл. 2.1). Необходимо отметить, что за второй квартал 2016 года, в который входит период интенсивного нарастания льда (апрель-май) произошло увеличение по абсолютной величине отрицательной аномалии ледовитости по сравнению с первым кварталом, с 4 % до 11%. Это свидетельствует о меньшем накоплении льда в Северном Ледовитом океане перед началом летнего периода.

Таблица 2.1

Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в июне 2016 г. и её аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

Район, моря	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2015 г.	от 2006-2016 гг.	от 1978-2016 гг.
Северный Ледовитый океан	9467.9	-442.6	-440.6	-1158.2
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)	1821.5	-473.6	-588.5	-1027.2
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых-Чукотское, Берингово, Охотское)	3397.5	41.5	81.9	-3.2
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	4724.1	-167.4	-65.4	-358.6

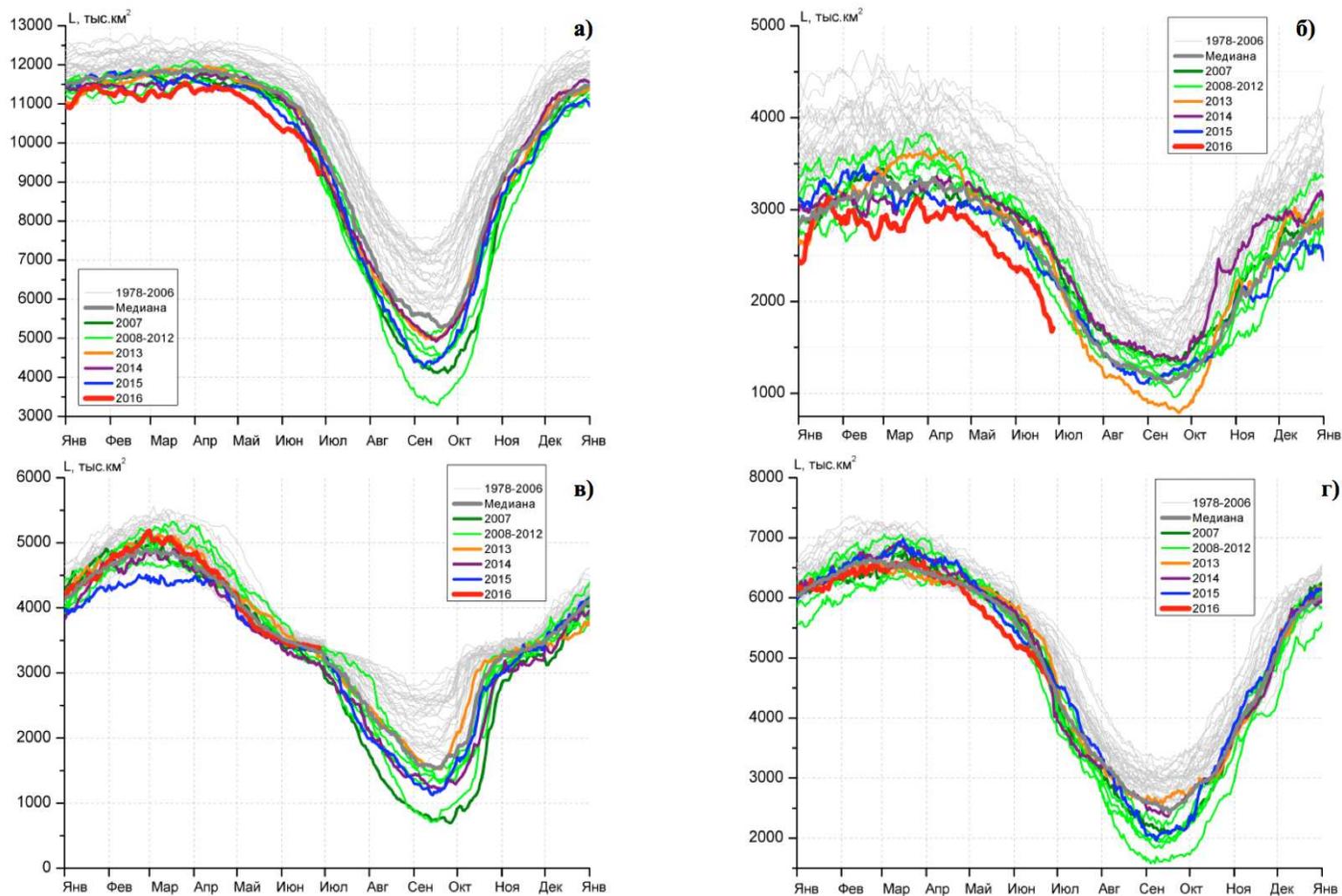


Рис. 2.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) - для Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов б) - 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря), в) - 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) - 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период за период 26.10.1978 - 26.06.2016 по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM.

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

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

Карское море

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна Карского моря наблюдалось: на реках Таз и Енисей (п. Дудинка) – в январе, на реке Обь – в феврале. На р. Енисей в пунктах Игарка и Караул нарастание толщины льда в январе и феврале было одинаково равномерное. В апреле нарастание толщины льда продолжалось во всех пунктах.

В таблице 2.2 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.

Таблица 2.2

**Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2016 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	54	9	67	13	71	4	73	2
Таз-Тазовское	79	15	83	4	90	7	100	10
Енисей-Игарка	57	20	77	20	89	12	92	3
Енисей-Дудинка	68	19	83	15	94	11	107	13
Енисей - Караул	67	9	76	9	83	7	87	4

В таблице 2.3 приведены аномалии толщин льда на конец апреля, т. е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда. Толщина льда повсеместно оказалась меньше средних многолетних величин. Аномалия толщины льда составила от -5 до -50 см.

Таблица 2.3

Толщины льда и их аномалии в апреле

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2016 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	73	102	-29
Таз	Тазовское	100	137	-37
Енисей	Игарка	92	97	-5
	Дудинка	107	131	-24
	Караул	87	137	-50

Высота снега на льду в конце апреля в рассматриваемых пунктах составила: 16-20см в устьевой части реки Оби, 36-50см – на реке Таз и от 5-50см в устьевой части р. Енисей.

В таблице 2.4 приведены сроки начала весеннего ледохода и очищения ото льда, а также их аномалии по отношению к средним многолетним датам.

Таблица 2.4

Сроки вскрытия рек и их аномалии в весенний период 2016 г.

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2016 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2016 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	16.05	26.05	-10	22.05	1.06	-10
Таз	Тазовское	6.06	11.06	-5	8.06	15.06	-7
Енисей	Игарка	29.05	28.05	+1	6.06	8.06	-2
	Дудинка	5.06	4.06	+1	10.06	11.06	-1
	Караул	8.06	9.06	-1	13.06	16.06	-3

Закраины появились на устьевых участках рек бассейна Карского моря: на реке Обь – в первой декаде мая, на реках Таз и Енисей – в третьей декаде мая. Подвижки льда наблюдались на устьевых участках р. Енисей - с 26 мая по 6 июня. На реках Обь и Таз подвижек отмечено не было. Затопы льда наблюдателем были отмечены 6 июня только на р. Таз выше поста.

Весенний ледоход начался раньше нормы на устьевых участках рек Обь и Таз на 5 и 10 дней соответственно, на реке Енисей - около нормы. Продолжительность весеннего ледохода составила: на реках Таз и Обь 2-6 дней, на р. Енисей – от 5 до 8 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек бассейна Карского моря произошло раньше средних многолетних сроков: от 1-3 дней на р. Енисей до 5-10 дней на реках Таз и Обь.



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, расположенная в бухте Новый Порт, на устьевом взморье р. Енисей – полярная станция Сопочная Карга.

В таблице 2.5 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его ежемесячного нарастания с января по апрель. Наибольшее нарастание толщины льда наблюдалось в январе. Незначительное таяние льда в Обской губе и в Енисейском заливе было отмечено только в конце мая.

Таблица 2.5

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2016 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	26	112	13	124	12	130	6
Енисейский залив-Сопочная Карга	81	15	91	10	102	11	110	8

В таблице 2.6 приведены аномалии толщины льда на устьевом взморье на конец апреля, в период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.6

Толщины льда и их аномалии в апреле

Устьевое взморье	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2016 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	130	139	-9
Енисейский залив	Сопочная Карга	110	167	-57

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье р. Оби и р. Енисей была меньше нормы на 9-57см.

Высота снега на льду в конце апреля составила 20-29 см в п. Сопочная Карга и 30-39 см в п. Новый Порт.

В таблице 2.7 приведены сроки взлома припая и очищения ото льда, наблюдаемые на полярных станциях Новый Порт и Сопочная Карга.



Таблица 2.7

**Сроки вскрытия устьевых взморий рек бассейна Карского моря по данным
стационарной сети в 2016 г.**

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2016 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	7.6	20.06	-13
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	18.6	01.07	-14
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	-	21.06	-
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	18.6	24.06	-6

Взлом припая устьевых взморий рек Обь и Енисей и очищение ото льда произошли раньше нормы на 6-14 дней. В Енисейском заливе взлом припая не был отмечен, так как наблюдался подход языка вытаивания со стороны стационарной Обь-Енисейской заприпайной полыньи. Продолжительность ледохода в Обской губе в районе п. Новый Порт составила 11 дней.

Море Лаптевых

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек Хатанга и Оленек отмечено в феврале. На реках Лена и Яна – в январе. В апреле наблюдалось продолжение нарастания льда на реках Оленек, Лена и Яна, тогда как на реке Хатанга лед уже начал таять.

В таблице 2.8 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.



Таблица 2.8

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2016 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых

Река-пункт	31 января		29 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда,	Нарастание за месяц, см						
Хатанга-Хатанга	115	19	136	21	149	13	141	-8
Оленек- Тюмети	80	10	96	16	98	2	100	2
Оленёк-Усть-Оленёк	100	16	119	19	127	8	145	18
Лена- Кюсюр	116	17	132	16	134	2	137	3
Лена-Хабарово	150	36	170	20	188	18	201	13
Яна-Юбилейная	102	23	115	13	128	13	132	4

В таблице 2.9 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, когда толщина льда близка к максимальной.

Таблица 2.9

Толщины льда и их аномалии в апреле

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2016 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	141	151	-10
Оленёк	Тюмети	100	138	-38
	Усть-Оленёк	145	191	-46
Лена	Кюсюр	137	175	-38
	Хабарово	201	225	-24
Яна	Юбилейная	132	152	-20

Толщина льда в апреле повсеместно была меньше нормы: от 10 см в устьевой части реки Хатанга до 38-46 см в устье реки Оленек.

Высота снега на льду в конце апреля в устьевой части рек Хатанга и Оленек составляла 26-35 см, на р. Лена – 5-20 см, и на р. Яна – 21-25 см.

В таблице 2.10 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек бассейна моря Лаптевых и их аномалии по отношению к средним многолетним значениям.



Таблица 2.10

Сроки вскрытия рек и их аномалии в весенний период 2016 г.

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2016 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2016 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	9.06	12.06	-3	13.06	17.06	-4
Оленёк	Тюмети	3.06	2.06	+1	9.06	13.06	-4
	Усть-Оленёк	13.06	17.06	-4	16.06	21.06	-5
Лена	Кюсюр	28.05	1.06	-4	5.06	11.06	-6
	Хабарово	3.06	7.06	-4	9.06	15.06	-6
Яна	Юбилейная	31.05	30.05	+1	5.06	6.06	-1

В 2016 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых появление закраин было отмечено в последней декаде мая на реках Хатанга, Яна и Лена. На реке Оленек – в первой декаде июня. Процесс вскрытия рек сопровождался образованием заторов на устьевых участках реки Оленек в п. Тюмети с 3 по 8 июня, на реке Лена в пункте Кюсюр с 29 по 31 мая, а на реке Хатанга затор отмечен 9 июня.

Весенний ледоход начался раньше средних многолетних сроков на устьевых участках рек: Хатанга, Лена и Оленек (п. Усть-Оленек) на 3-4 дня. На устьевой части рек Яна и Оленек (п. Тюмети) весенний ледоход был отмечен в сроки близкие к среднемноголетним. Продолжительность ледохода составила на реках: Хатанга – 4 дня, Оленек – 3-6 дней, Лена – 6-8 дней, Яна – 5 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 4-6 дней раньше средних многолетних значений (на р. Яна - в срок, близкий к норме).

Восточно-Сибирское море

Максимальное нарастание льда в устьевой части Восточно-Сибирского моря наблюдалось в январе. Нарастание льда продолжалось до конца апреля везде, кроме пункта Колымское, где в апреле было отмечено незначительное таяние льда.

В таблице 2.11 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и его нарастании за период с января по апрель 2016 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.11

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2016 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря

Река-пункт	31 января		29 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда,	Нарастание за месяц,	Толщина льда,	Нарастание за месяц,	Толщина льда,	Нарастание за месяц, см	Толщина льда,	Нарастание за месяц, см
Индигирка-Чокурдах	109	23	124	15	134	10	140	6
Колыма-Колымское	83	28	98	15	102	4	101	-1
Колыма-Черский	70	20	88	18	102	14	108	6

В таблице 2.12 приведены толщины льда и их аномалии на конец апреля, в период, близкий к максимальной толщине льда.

Таблица 2.12

Толщины льда и их аномалии в апреле

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2016 г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	140	167	-27
Колыма	Колымское	101	140	-39
Колыма	Черский	108	142	-34

Толщины льда в конце апреля на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались меньше нормы на 27-39 см.

Высота снега на льду в конце апреля на р. Колыме составляла от 21-25 до 26-35 см, на р. Индигирке 5-10 см.

В таблице 2.13 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Индигирки и Колымы бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.13

Сроки вскрытия рек и их аномалии в весенний период 2016 г.

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2016 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2016 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	2.06	7.06	-5	6.06	10.06	-4
Колыма	Колымское	24.05	30.05	-6	29.05	4.06	-6
Колыма	Черский	26.05	2.06	-7	3.06	9.06	-6



Закраины и первые подвижки льда на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря были отмечены в третьей декаде мая.

Заторы наблюдались на реке Колыме (в пункте Колымское) с 24 по 26 мая. На р. Индигирке заторы отмечены 2-3 июня.

Весенний ледоход начался на 5-7 дней раньше нормы. Продолжительность весеннего ледохода составила 4 дня в устьевой части р. Индигирки и от 5 до 8 дней в устьевой части р. Колымы.

Очищение ото льда устьевой части р. Индигирки произошло на 4 дня раньше нормы, устьевой части р. Колымы – на 6 дней раньше нормы.

3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в апреле-июне 2016 г.

3.1 Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) во втором квартале 2016 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ИТР (Ice-Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающими непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (таблица 3.1, рисунок 3.1).

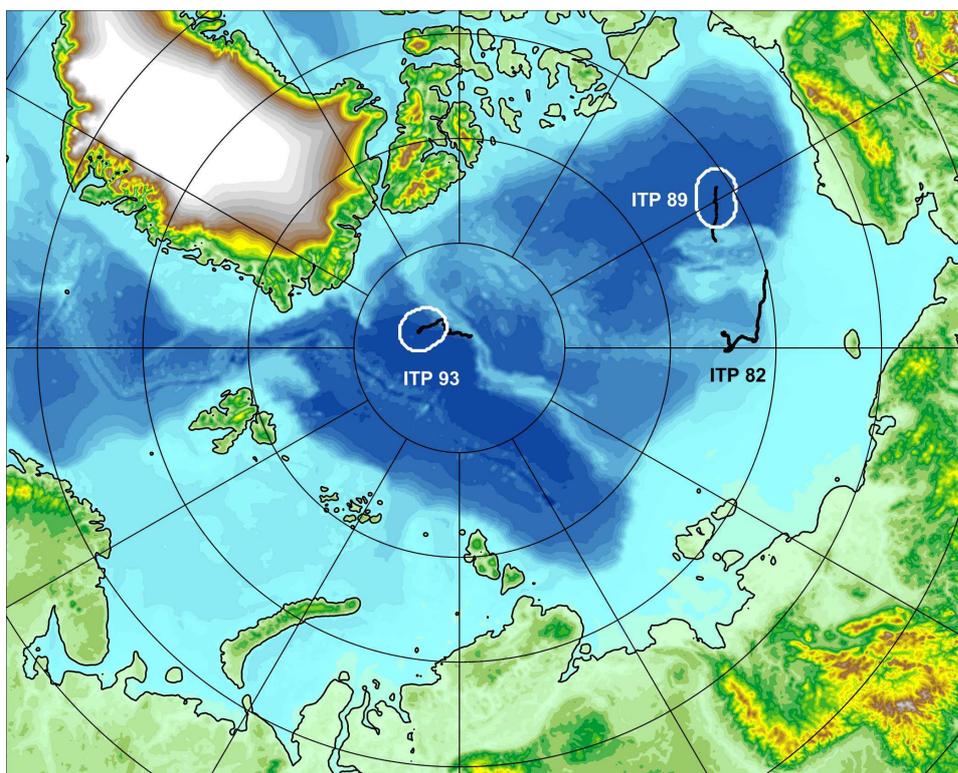


Рис. 3.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2016 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии АНИИ

Таблица 3.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2016 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии АНИИ

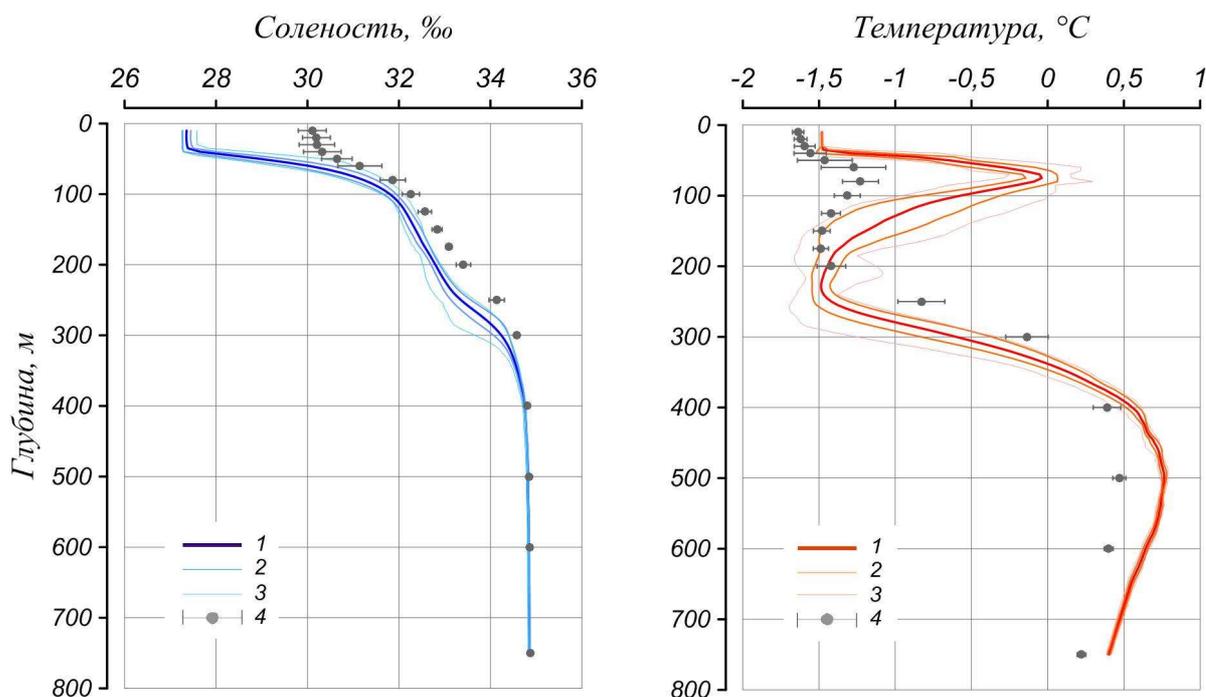
№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР-82	01.04.2016	30.06.2016	728
2	ИТР-89	01.04.2016	08.05.2016	76
3	ИТР-93	01.04.2016	30.06.2016	364

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО во втором квартале 2016 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенных группах океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР–89 в Канадской глубоководной котловине и ИТР–93 в глубоководной котловине Амундсена (рис. 3.1). В каждой 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 этих же районов. Область поиска исторических данных (рис. 3.1, белый контур) была на 50–100 км шире по сравнению с анализируемой группой станций.

Амеразийский суббассейн. Во втором квартале 2016 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в юго-западной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР–89 полностью соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (27,4‰) в сравнении с климатической нормой (30,1‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило $-2,7‰$ (рис. 3.2). В аналогичный период 2015 г. аномалия поверхностной солености составила $-2,5‰$. Температура верхнего перемешанного слоя колебалась около значения $-1,5^{\circ}\text{C}$ и незначительно превышала климатическое среднее, вследствие повышения температуры замерзания воды из-за наличия распресненного слоя.

Под верхним перемешанным слоем глубже 60 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‰. Наиболее высокие значения температуры слоя ЛТВ по данным ИТР–89 достигли $0,3^{\circ}\text{C}$, а средние значения колебались около 0°C , превышая климатическую норму на $1,2^{\circ}\text{C}$. Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 180 м (при 120 м согласно климатическим данным).



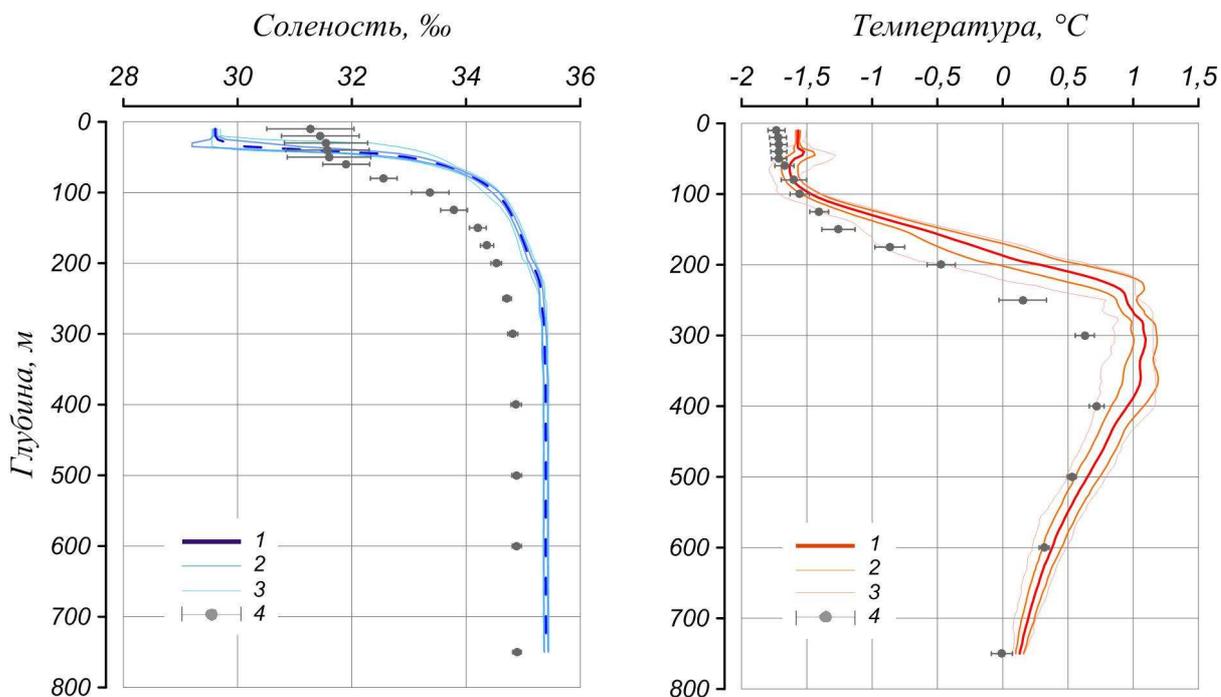
1 – профиль средних значений, 2 – область стандартного отклонения, 3 – минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 – средние климатические значения и их стандартные отклонения, рассчитанные по историческим данным базы термohалинных характеристик СЛО отдела океанологии ААНИИ за январь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

Рис. 3.2. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле – мае 2016 г. по результатам измерений профилографа ГТР–89

На глубинах от 200–230 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью равной 33,1‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ГТР–89 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 230 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 160–170 м.

Глубже 240 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница (0 °С) АВ по данным второго квартала 2016 года располагалась на глубине 340 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,8°С, что на 0,3°С выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры в 2016 г. практически полностью соответствуют значениям предшествующего 2015 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в СЛО.

Евразийский суббассейн. Анализ вертикального распределения солености в котловине Амундсена Евразийского суббассейна во втором квартале 2016 г. не может быть выполнен вследствие недостоверности данных, полученных датчиком электропроводности профилографа ИТР–93. Так по данным ИТР–93 максимальная соленость в слое АВ составила 35,4 ‰ (рис. 3.3), что не соответствует принятым представлениям о распределении термохалинных характеристик в СЛО.



Условные обозначения см. рис. 3.2.

Рис. 3.3. Вертикальное распределение солености и температуры воды в котловине Амундсена в апреле – июне 2016 г. по результатам измерений профилографа ИТР–93.

Поверхностная температура воды ($-1,57\text{ }^{\circ}\text{C}$) в котловине Амундсена по данным ИТР–93 незначительно превышала климатическую норму ($-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Интересной особенностью в вертикальном распределении температуры является наличие локально максимума температуры в слое 40–45 м глубины. Возможно, отмеченное локальное повышение температуры связано с наличием на данной изопикнической поверхности летних тихоокеанских вод, дошедших в данный район в сильно трансформированном и охлажденном состоянии.

Средние значения температуры в ядре АВ достигли $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (305 м), превышая климатическую норму на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Помимо аномалии термического состояния продолжает прослеживаться аномалия в локализации ядра АВ и его границ. Верхняя граница АВ, определяемая по изотерме $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, была расположена на глубине 190 м, что примерно на 40 м выше ее климатического положения.

Основные выводы.

Согласно результатам наблюдений, выполненных во втором квартале 2016 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Значение отрицательной аномалии поверхностной солености в Канадской глубоководной котловине составило $-2,7\%$. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра АВ, значение которой меняется в пределах $+0,3..+0,4^{\circ}\text{C}$. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое значение на $1,2^{\circ}\text{C}$.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июня 2016 г. составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 13-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.2). В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период апрель – июнь 2016 г.

	Станция	Широта	Долгота
Карское море			
1	им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
2	Амдерма	69 45 N	61 42 E
3	Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
4	Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
5	о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
6	о. Диксон	73 30 N	80 24 E
7	м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
8	ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина)	77 43N	104 17 E
9	Новый Порт	67 41 N	72 53 E
море Лаптевых			
10	Анабар	73 13 N	113 30 E
11	м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
12	пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
13	о. Котельный	76 00 N	137 52 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.4) наблюдения за уровнем на станциях им. Е.К. Федорова и Усть-Кара были прерваны в период с конца мая по начало третьей декады июня. В соответствии с обычным сезонным ходом средний уровень моря в апреле имел наименьшие значения: на 24 см ниже среднемноголетнего значения на станции им. Е.К. Федорова, на 3 см на станции Усть-Кара, но на 15 см выше на станции Амдерма. В мае произошло повышение среднемесячного уровня, наиболее значительное на станции им. Е.К. Федорова (21 см), наименее заметное на станции Амдерма (6 см). В июне средний уровень на станции Амдерма поднялся еще

на 9 см, и его аномалия составила 30 см. При этом необходимо отметить, что колебания уровня по данным наблюдений на станции Амдерма происходили в течение всего квартала на повышенном фоне, а средние уровни превышали значения уровня на станции Усть-Кара на 13–18 см, что позволяет предположить наличие ошибки наблюдений, скорее всего связанной с неправильной высотной привязки наблюдений на станции Амдерма.

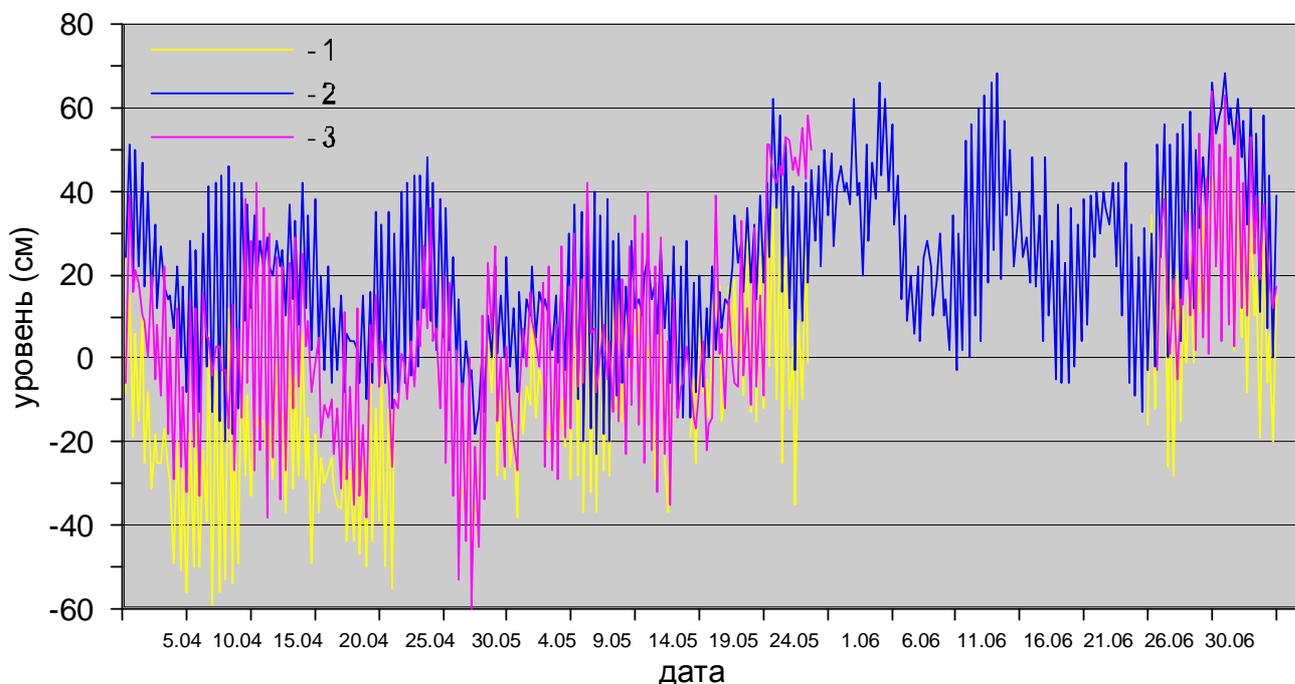


Рис. 3.4. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2016 г. (1 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос); 2 – Амдерма; 3 – Усть-Кара)

Наибольший подъем уровня в юго-западной части Карского моря отмечался 8 июня, когда уровень на станции Амдерма поднялся на 68 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее значительные понижения уровня были зарегистрированы на станции Усть-Кара 28 апреля (–60 см относительно среднемноголетних значений) и на станции им. Е.К. Федорова 7 апреля (аномалия составила –59 см).

В северо-восточной части Карского моря (рис. 3.5) так же как и в юго-западной части моря во втором квартале происходил рост среднемесячного уровня типичный для сезонного хода уровня в арктических морях. При этом если на станции о. Диксон в течение всего второго квартала аномалии среднемесячного уровня оставались отрицательными: от –33 см в апреле до –16 см в июне, то на остальных станциях в мае и июне отмечались положительные аномалии: от +2 в мае на станции м. Стерлегова до +31 см в июне на станции Сопочная Карга.

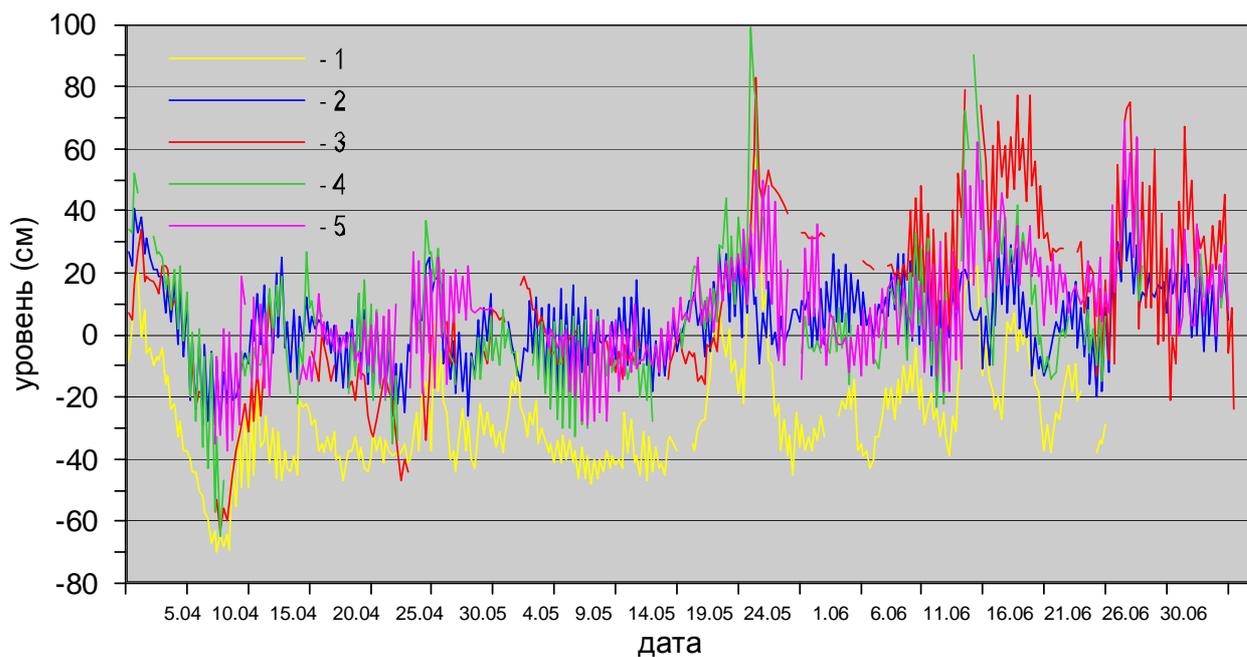


Рис. 3.5. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в апреле-июне 2016 г. (1 – Диксон; 2 – о-ва Известий ЦИК; 3 – Сопочная Карга; 4 – м. Стерлегова; 5 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина))

Наиболее существенное понижение уровня в этом районе наблюдалось 8 апреля на станциях Сопочная Карга, Диксон, о-ва Известий ЦИК и м. Стерлегова, когда значение уровня понизились на 63, 70, 30 и 65 см соответственно относительно среднеголетнего значения. Наиболее существенные подъемы уровня в северо-восточной части Карского моря отмечались 21–22 мая, когда уровень поднялся относительно среднеголетней величины на 99 см на Стерлегова и на 83 см на станции Сопочная Карга, в это же время отмечались заметные подъемы уровня на станциях о. Диксон и ГМО им. Е.К. Федоров (мыс Челюскин) и 8–9 мая, когда аномалия уровня на станциях м. Стерлегова и Сопочная Карга составила 90 см и 79 см соответственно.

На станции Новый Порт в Обской губе Карского моря (рис. 3.6) в апреле – мае фон колебаний уровня был повышенный (+17 см +29 см). В июне наблюдения за уровнем моря здесь не производились. Колебания в течение всего второго квартала носили спокойный характер, существенных подъемов и падений уровня не фиксировалось, аномалии значений уровня изменялись в диапазоне от 0 см до 43 см.

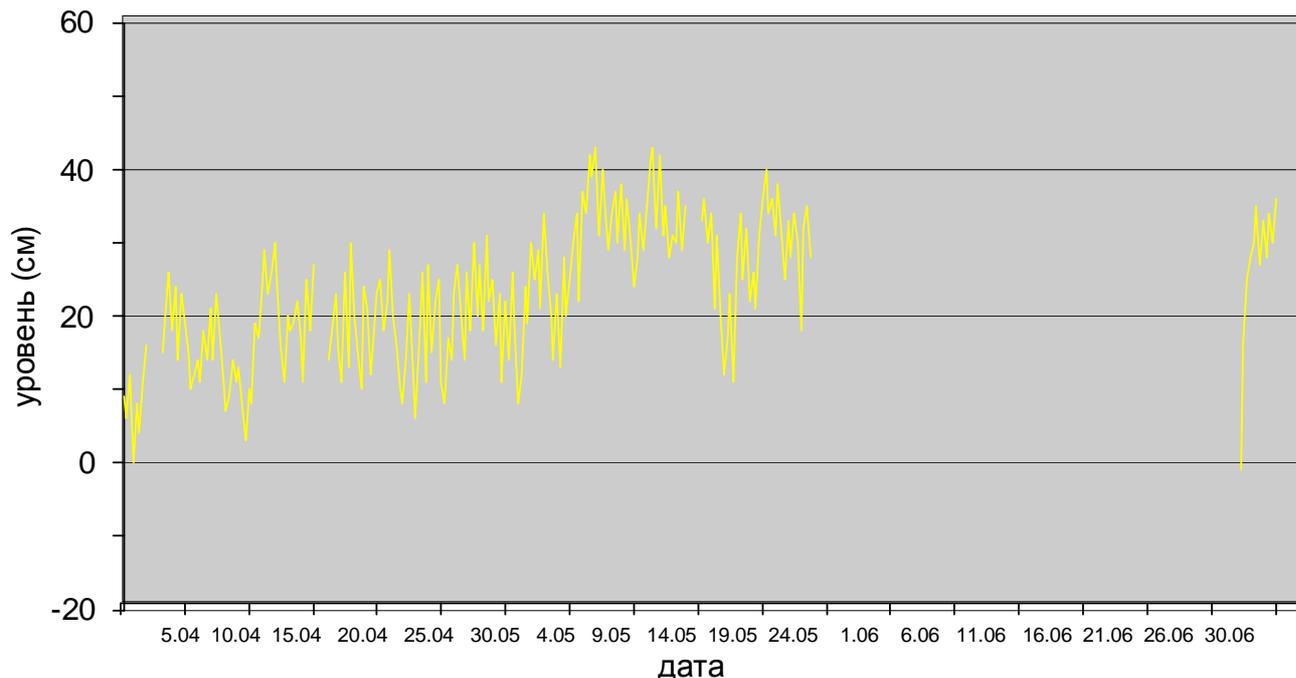


Рис. 3.6. Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в апреле – июне 2016 г.

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рис. 3.7) колебания уровня на протяжении всего второго квартала происходили на повышенном фоне (+29 см +31 см). Наибольший подъем уровня наблюдался 9 июня (+76 см), в этом же месяце 20 июня отмечалось и наибольшее понижение уровня (–56 см).

В восточной части на станциях м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный (рис. 3.8) на протяжении второго квартала отмечалась одинаковая тенденция в изменениях фона уровенных колебаний: в апреле среднемесячные значения были наименьшими и были несколько ниже среднемноголетнего годового значения на станциях м. Кигилях (–8 см), пр. Санникова (–1 см) и на станции о. Котельный (–9 см). В мае среднемесячные значения уровня на всех станциях этого района повысились до +4 см +7 см, в июне фон колебаний резко вырос (+24 см +32 см).

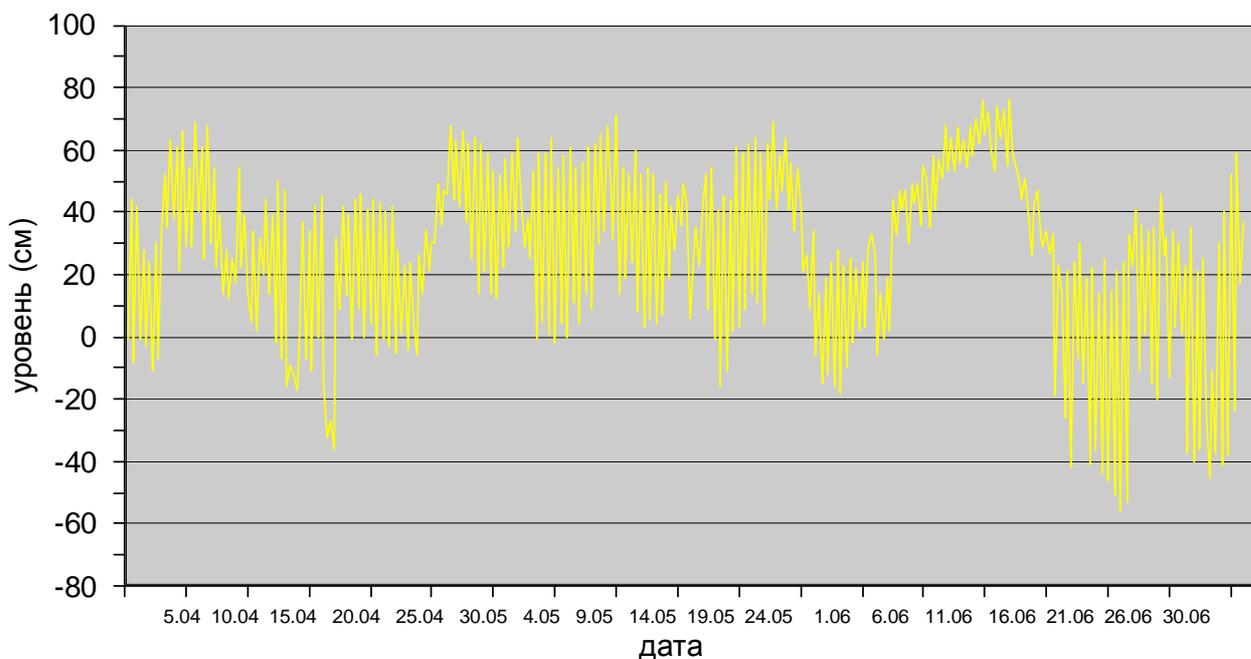


Рис. 3.7. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в апреле-июне 2016 г.

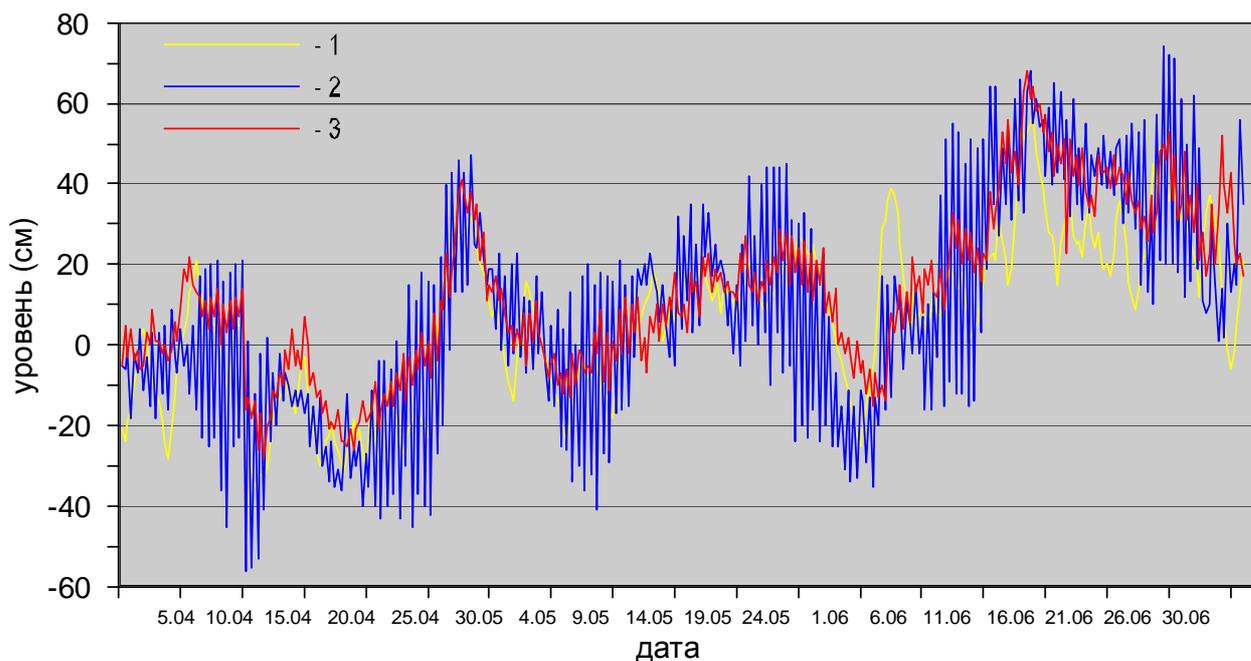


Рис. 3.8. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле-июне 2016 г.
(1 – м. Кигилях; 2 – о. Котельный; 3 – пр. Санникова)

Наибольший подъем уровня в этом районе отмечался 24 июня, когда уровень на станции о. Котельный поднялся на 74 см выше среднегодовалого значения. Существенный подъем уровня наблюдался в восточной части моря Лаптевых и 13 июня, когда аномалии уровня составили +68 см на станции пр. Санникова и +57 см на станции м. Кигилях. Наибольшее понижения уровня произошло 11–12 апреля, в это время отклонения уровня от среднегодовых значений

составили –56 см на станции о. Котельный, –35 см на станции м. Кигилях и –28 см на станции пр. Санникова.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях во втором квартале 2016 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

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 2016 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИНе и модифицированной в ААНИИ. Положение кромки льда при расчетах задается по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I). Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Апрель	–	17	7	4	2	–
Май	–	4	18	6	1	2
Июнь	–	10	13	7	–	–
Итого	–	31	38	17	3	2

Как видно из данных приведенных в таблице 3.3, во втором квартале 2016 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем стал май, в течение которого расчетная высота волн на акватории Баренцева моря дважды превышала 5 м. Максимальная расчетная высота волн не превысила 6 м (более 5,5 м 13 мая).

На рисунке 3.9, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 18 ч UTC 13 мая 2016 г.

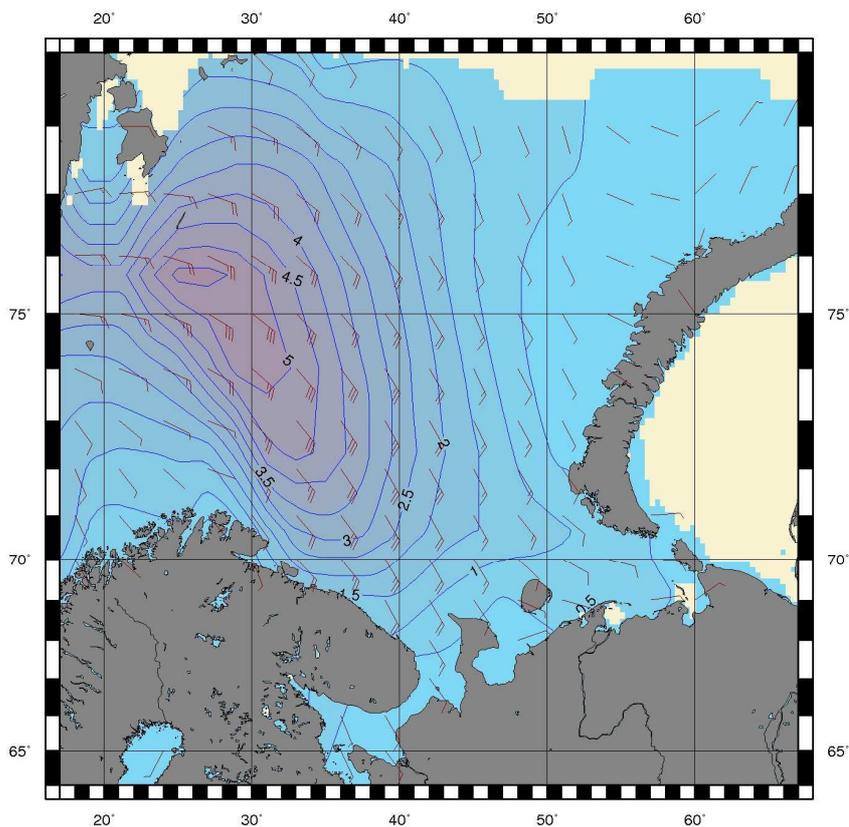


Рис. 3.9. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 13 мая 2016 г.

Карское море стало открываться в конце апреля – начале мая. Небольшая область чистой воды образовалась к северу и северо-востоку от архипелага Новая Земля, а в конце мая – вдоль восточного побережья Новой Земли. Пролив Карские ворота открылся в начале мая, но быстрое освобождение Карского моря ото льда началось только в начале июня. К концу июня основная часть моря была свободна ото льда (до 81° с.ш.). Высота волны на чистой воде в июне в основном была от 1 до 2 м, максимальная высота не превышала 3 м (более 2,5 м 20 и 22 мая, а также 9, 21 и 24 июня). В таблице 3.4 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Карского моря во втором квартале 2016 г.

Таблица 3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Май	17	9	5
Июнь	6	19	5
Итого	23	28	10

На рисунке 3.10 в качестве примера приведено поле ветра и высот волн H_s в Карском море на 12 ч UTC 21 июня 2016 г.

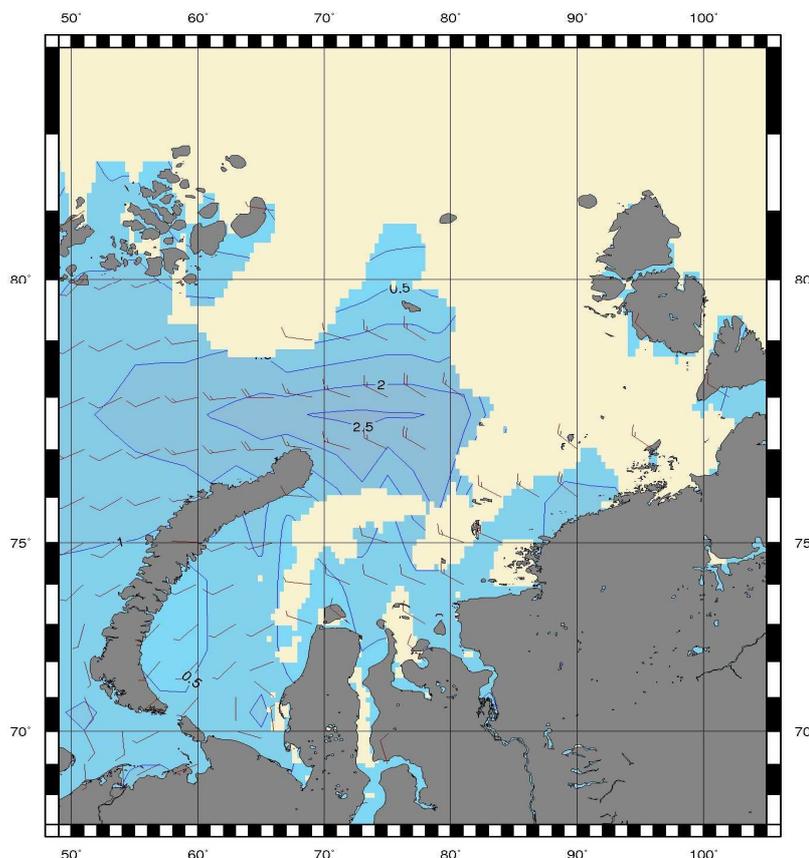


Рис. 3.10. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Карском море на 12 ч UTC 21 июня 2016 г.

Море Лаптевых в апреле и мае было покрыто льдом. В начале июня в море Лаптевых образовалась небольшая область чистой воды к юго-западу от Новосибирских островов, которая сохранялась до середины июня, а затем покрылась льдом. Во второй половине июня небольшая область чистой воды образовалась к востоку, юго-востоку от о. Большевик архипелага Северная Земля, но в конце месяца она также покрылась льдом.

Восточно-Сибирское море в апреле и мае было покрыто льдом. В начале июня образовалась область чистой воды к северу и западу от Новосибирских островов, которая сохранялась в течение всего месяца. Максимальная расчетная высота волн не превышала 0,5 м.

Чукотское море стало открываться после 15 мая от Берингова пролива и со стороны побережья Аляски. В конце июня область чистой воды доходила до 72° с.ш. Высота волны в июне в основном была от 1 до 2 м, максимальная высота не превышала 3 м (более 2,5 м 2 июня). В таблице 3.5 приведены сведения о распределении высот волн H_s во втором квартале 2016 г. на чистой воде для Чукотского моря.



Таблица 3.5

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море во втором квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0-1	1-2	2-3
Май (с 15 мая)	10	7	–
Июнь	10	17	3
Итого	20	24	3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период апрель-июнь 2016 г., можно сделать следующие выводы.

1. Атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (Е) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 18 дней и составили 4 дней. Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M_1 . Данные процессы отмечались 58 дней, что выше нормы на 25 дней.

2. В средней тропосфере на изобарической поверхности H_{500} в апреле и мае полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней азиатского и американского антициклонов, под которыми в приземном поле сформировался устойчивый антициклон. В июне произошла крупномасштабная перестройка в направленности атмосферных процессов. Основной центр циркумполярного вихря сместился в приполюсный район, где в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность.

3. Циклоны в системе исландского и алеутского минимумов смещались в апреле и мае преимущественно по низкоширотным траекториям и не оказывали существенного влияния на полярный район, где преобладал антициклональный режим циркуляции. Фон давления в Арктике преобладал выше нормы. В дальнейшем, в июне, циклоны Северной Атлантики и Тихого океана смещались высокоширотными траекториями. Смена в направленности атмосферных процессов во втором квартале отразилась на тенденции к понижению фона давления от положительных к отрицательным аномалиям давления.

4. В среднем за период апрель-июнь 2016 г. над центральным полярным районом преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха. Смена в вариантах адвекцию воздушных масс обусловила от апреля к июню тенденцию к понижению температурного фона в полярном районе Арктики.

5. В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха во втором квартале выше на $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, чем во втором квартале прошлого года. В морях российской Арктики по сравнению с прошлым годом наиболее значительные повышения температурного фона на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ отмечались в море Лаптевых. В Чукотском море произошло понижение температуры на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6. В районах всех арктических морей сохраняется положительный знак линейного тренда в изменениях температуры воздуха весеннего сезона. Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха сохраняется в районе Карского моря. За 1987-2016 гг. температура воздуха в этом районе повысилась на $4,4\text{ }^{\circ}\text{C}/30$ лет.



7. Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936-2016 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения зимних осадков в целом по региону (на 11 %) и к югу от 70° с.ш. (на 14 % от нормы). За этот период осадки более всего выросли в Североευропейском районе (на 34 % от нормы 1961-90 гг.) и Западносибирском (на 20 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части районов на 40 и 27 % соответственно. В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 15 %).

8. Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ФГБУ «АНИИ», в конце второго квартала 2016 г. оказалось на 11% меньше среднемноголетнего значения за счет малой ледовитости морей западного сектора 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря) Арктики. Во втором квартале 2016 г. произошло увеличение по абсолютной величине отрицательной аномалии ледовитости по сравнению с первым кварталом, с 4 % до 11%. Это свидетельствует о меньшем накоплении льда в Северном Ледовитом океане перед началом летнего периода.

9. Согласно результатам наблюдений, выполненных во втором квартале 2016 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Значение отрицательной аномалии поверхностной солености в Канадской глубоководной котловине составило $-2,7\text{‰}$. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра АВ, значение которой меняется в пределах $+0,3..+0,4^{\circ}\text{C}$. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое значение на $1,2^{\circ}\text{C}$.