

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

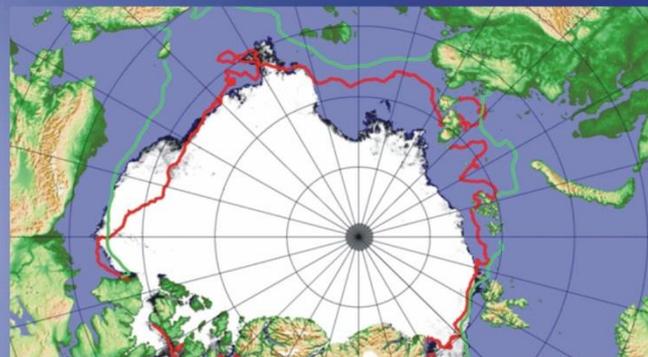


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

I квартал 2016



СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в январе – марте 2016 г.....	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области.....	16
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе – марте 2016 г.....	23
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в январе – марте 2016 г.	40
3.1 Термохалинные условия	40
3.2 Уровень арктических морей	44
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей	48
ВЫВОДЫ	51



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в первом квартале (январь-март) 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 Северной полярной области в январе – марте 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 января по март 2016 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – декабрь 2015 г., особенности которого более подробно были представлены ранее.

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

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

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

Реальное состояние крупномасштабной циркуляции в атмосфере и метеорологические условия в полярном районе Арктики каждого конкретного года

существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы), что указывает на существование большого числа вариантов конкретных реализаций ОЦА в отдельных локальных районах Арктики. Несмотря на сложность взаимосвязей между элементами макроструктуры, множественность их возможных состояний и сочетаний, в эволюции макросиноптических процессов всегда имеется возможность выявить ряд существенных особенностей, определяющих тенденцию их развития.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с января по март 2016 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за первый 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 январь – март 2016 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	M ₁	M ₂
Число дней	24	20	47	13	13	65
Аномалия	-7	0	8	-11	-3	15

В период январь – март 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 8 дней и составили 47 дней.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M2. Данные процессы отмечались 65 дней, что выше нормы на 15 дней.

Анализ процессов показал, что в январе – марте 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 января по март 2016 г. представлен на рис. 1.1

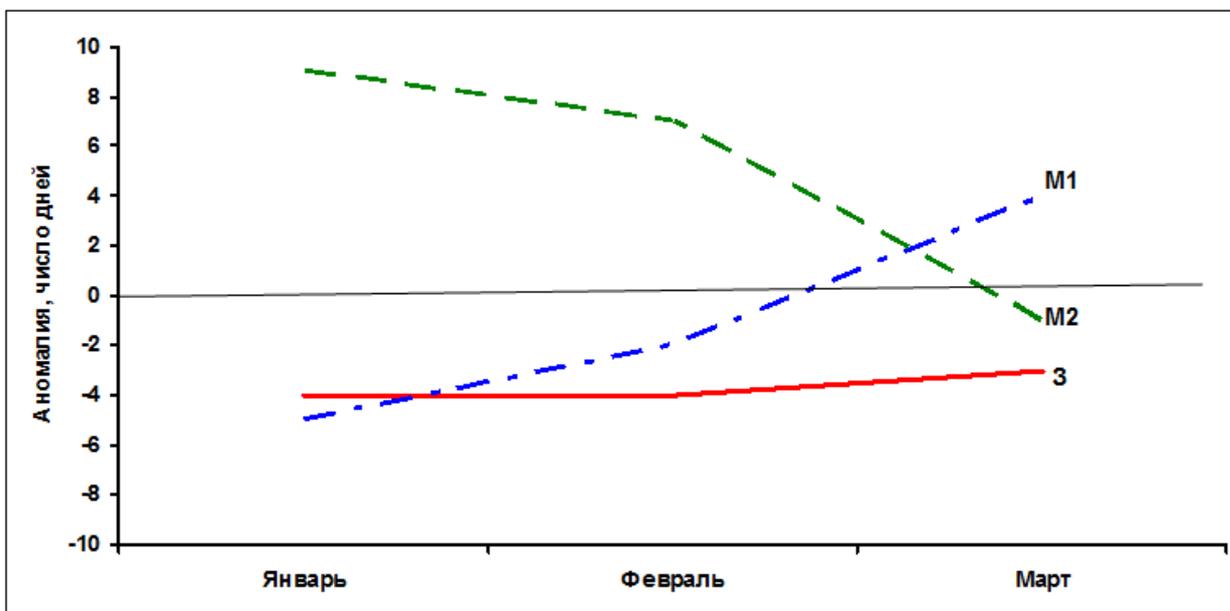
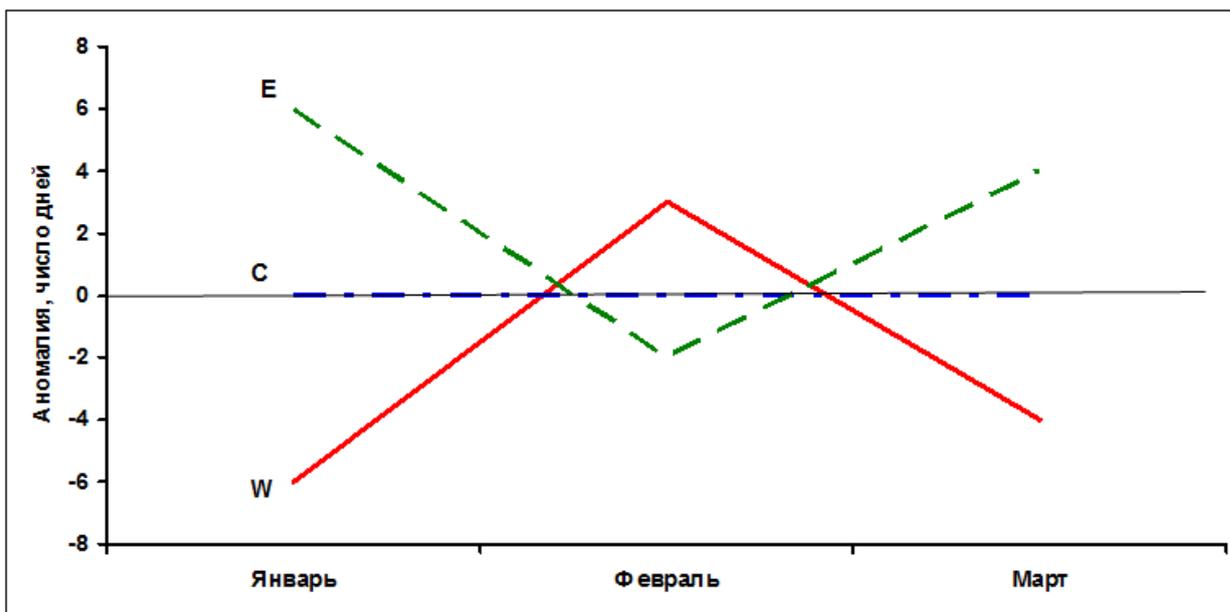


Рис. 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период январь – март 2016 г.

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

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

Январь (E_{M2}) → Февраль (W_{M2}) → Март (E_{M1})

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

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

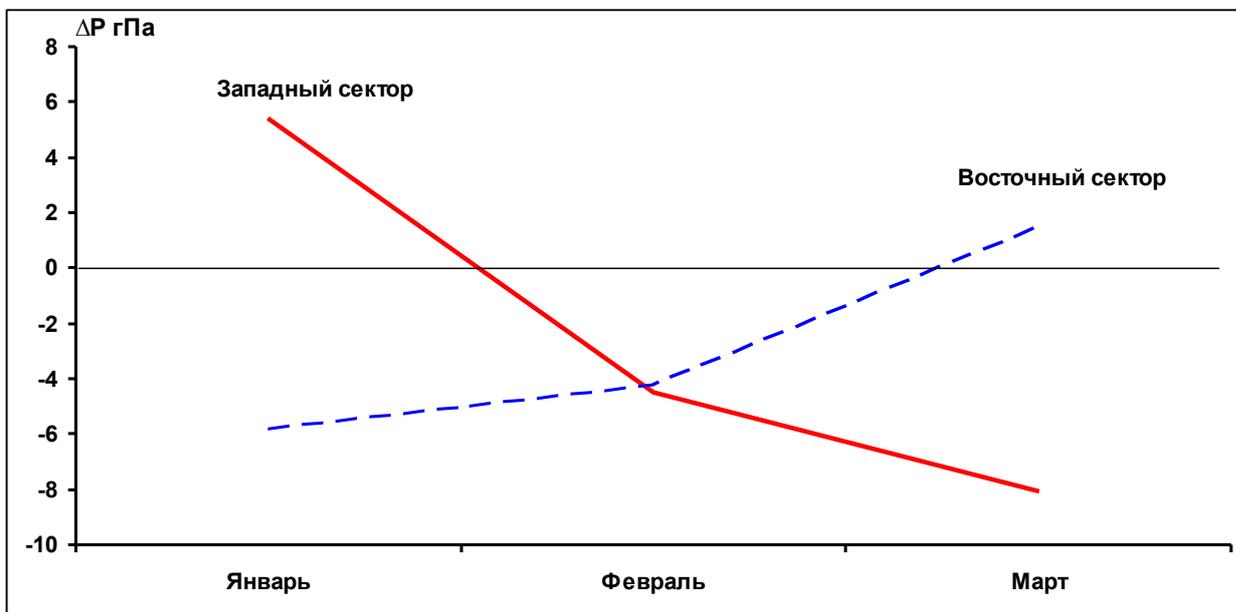


Рис. 1.2. Значения аномалий давления (гПа) в январе-марте 2016 г. европейском (запад) и американском (восток) секторах полярного района Арктики

В первом европейском секторе Арктики под влиянием циклонов Северной Атлантики отмечалась устойчивая тенденция к понижению фона давления от положительных в январе к отрицательным аномалиям в феврале и марте. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в марте.

Во втором американском секторе Арктики на фоне усиления арктического антициклона наблюдалась тенденция к росту давления до положительных аномалий в марте.

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

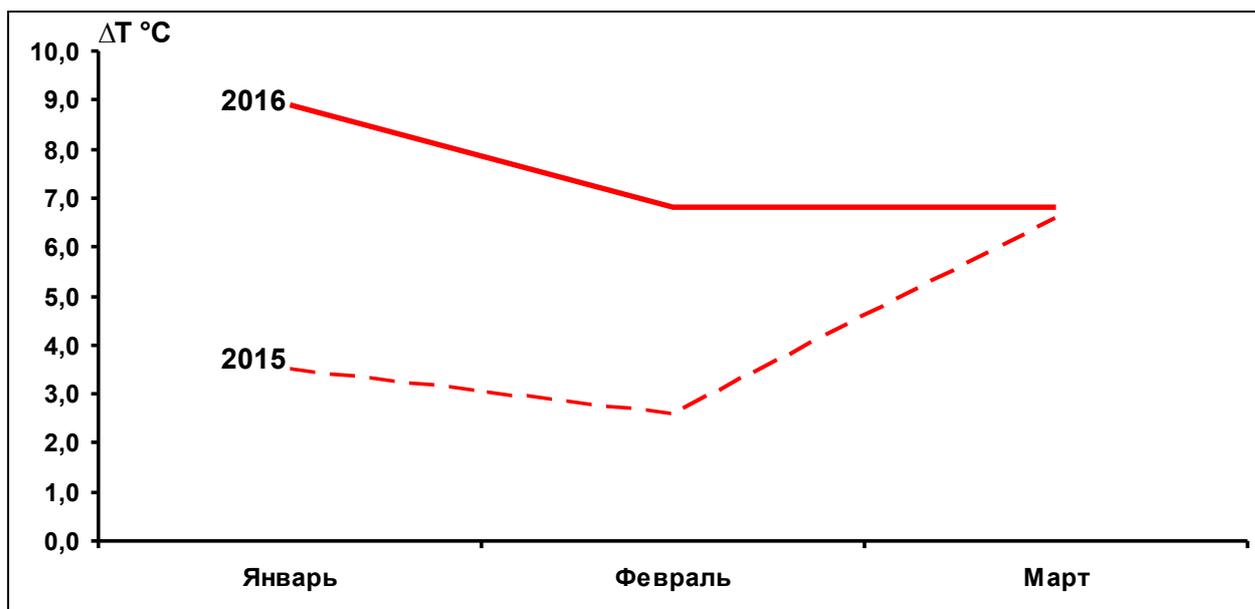


Рис.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в широтном поясе $70\text{--}85^{\circ}$ с.ш. в январе–марте 2015 и 2016 гг.

Во все месяцы фон температуры в целом над полярным районом оставался аномально высоким, но выше, чем в первом квартале прошлого года.

Тенденция к понижению температурного фона от января к марту была обусловлена крупномасштабной перестройкой атмосферных процессов и сменой в направленности воздушных потоков. В январе отмечалась более устойчивая адвекция теплых воздушных масс из Северной Атлантики в полярный район Арктики при преобладающей направленности воздушных потоков юго-западных и южных направлений. В последующие месяцы преобладали потоки юго-восточных и южных направлений.

Структурные особенности развития атмосферных процессов в первом квартале 2015 г. приведены 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.

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

В *январе 2016 г.* основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе Канады. Полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней азиатского и американского антициклонов, который блокировал выходы циклонов в полярный район. Вследствие этого основной западный

воздушный поток в средней тропосфере был направлен в меридиональном направлении в Арктику (рис.1.4).

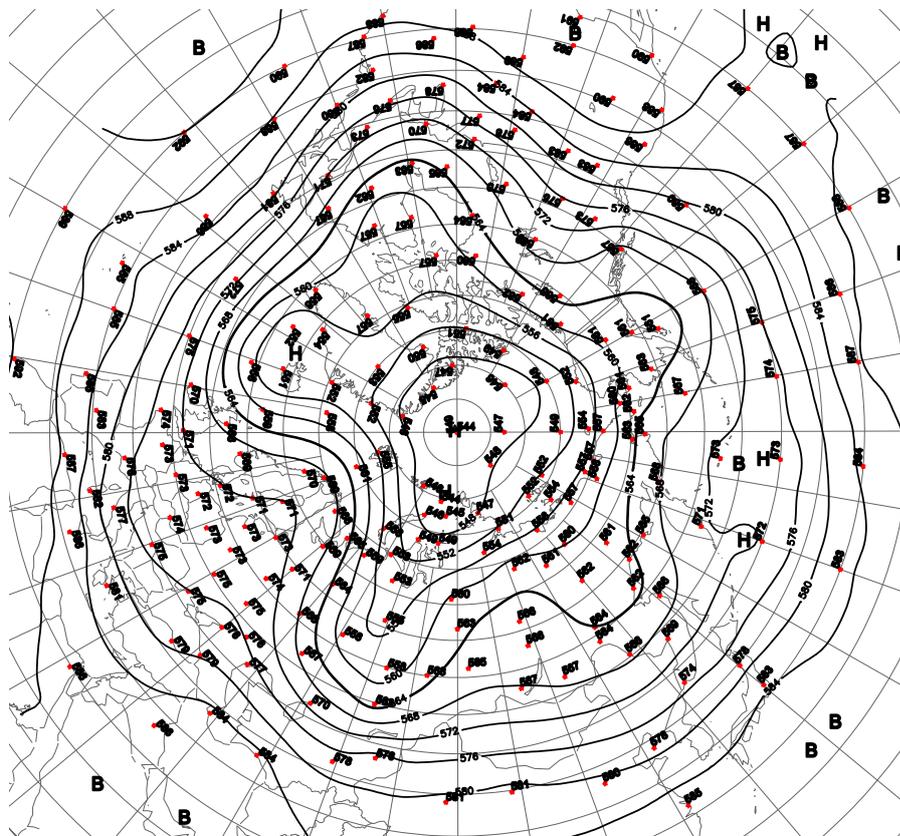


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в январе 2016 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов восточной формы циркуляции. Над Азией располагался устойчивый антициклон, гребень которого часто был ориентирован на западный сектор Арктики. Циклоны Северной Атлантики смещались низкоширотными траекториями по континентальной части Европы. Далее их движение было блокировано с востока азиатским и арктическим антициклонами. Фон давления в секторе был значительно выше нормы и аномалия в среднем за месяц достигала значений более 14 гПа. При устойчивых меридиональных направлениях воздушных потоков с южной составляющей сформировался фон температуры значительно выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 8-13°C) отмечались в районе Карского моря (рис. 1.5).

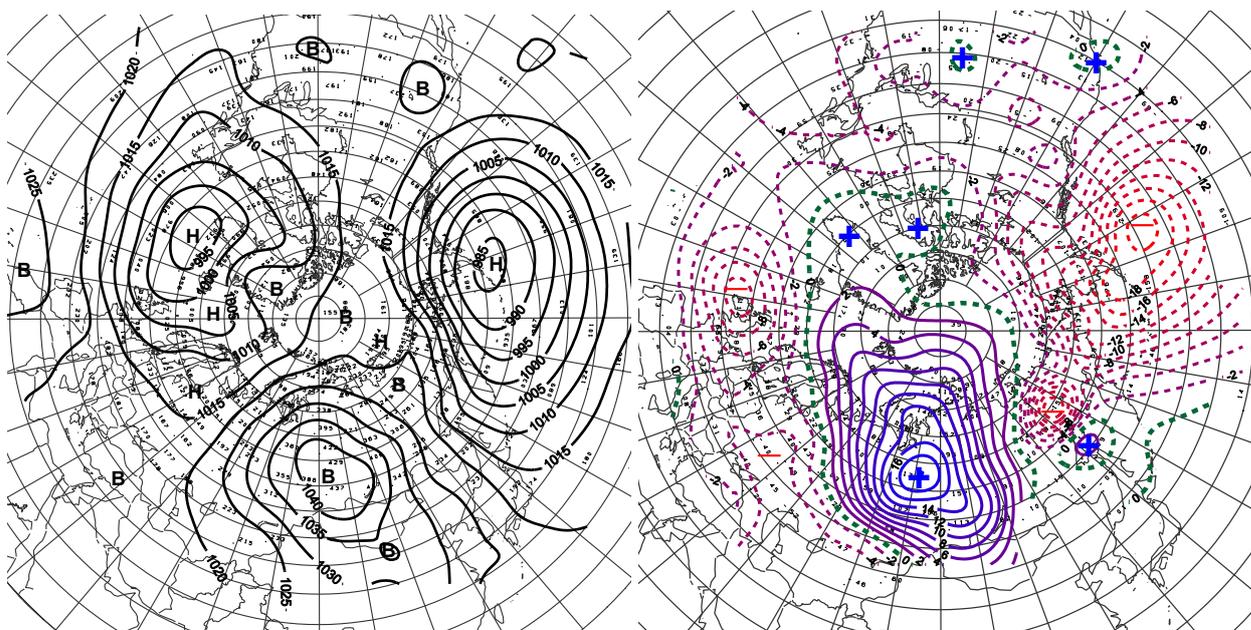


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа)
в июле 2014 г. (ГПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типа M_2 . Характерной особенностью развития данного макропроцесса явилось усиление антициклона над Северной Америкой. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались на северо-восток и оказывали частое влияние на данный сектор полярного района Арктики. Фон давления был ниже нормы на 2-6 ГПа. При воздушных потоках юго-восточных и южных направлений сформировался температурный фон выше нормы на 6-10 $^{\circ}$ С (рис. 1.6).

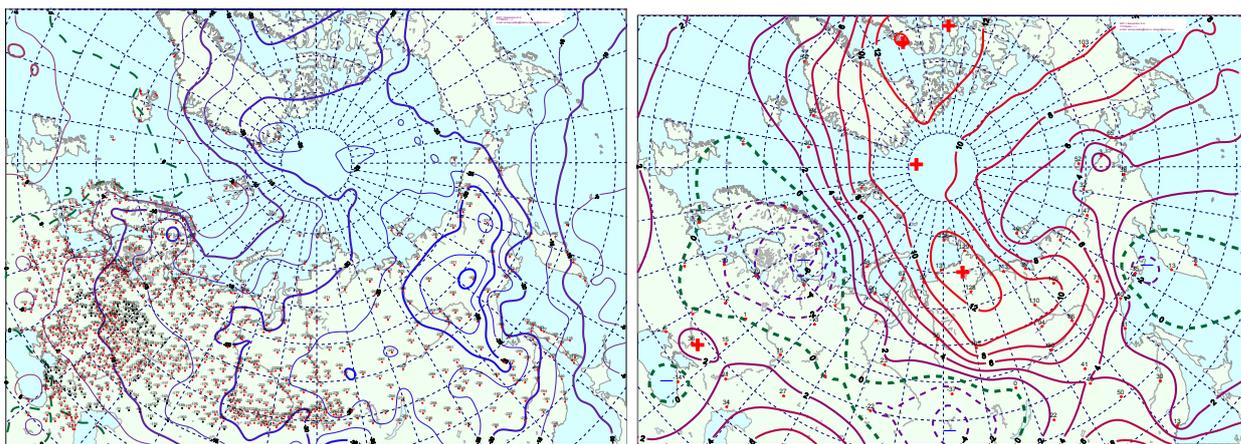


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в январе 2016 г. ($^{\circ}$ С)

В феврале 2016 г. пространственная ориентация основных высотных гребней и ложбин над полярным районом сохранилась. Отличием по сравнению с январем явилось ослабление высотного гребня азиатского антициклона и усиление гребня над полярным районом, под которым в приземном поле сформировался устойчивый антициклон с центром над восточным сектором Арктики (рис. 1.7).

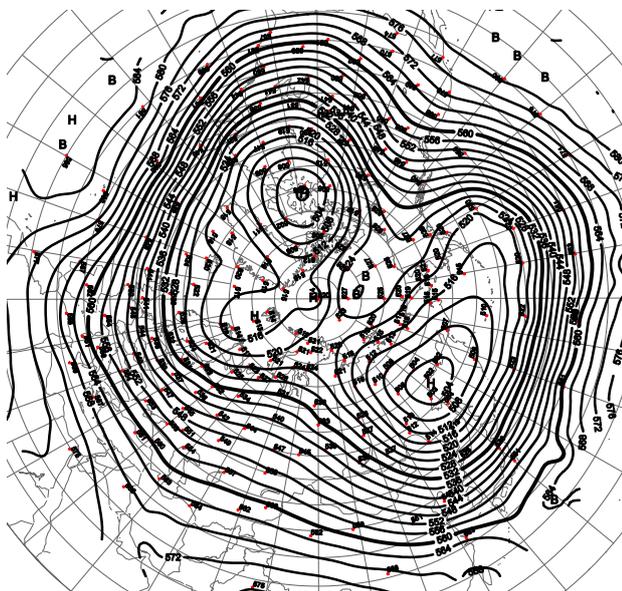


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в феврале 2016 г.

В первом секторе произошла перестройка атмосферных процессов от восточной к западной форме циркуляции. При ослаблении гребня азиатского антициклона на западный сектор Арктики циклоны в системе исландского минимума смещались по более высокоширотным траекториям, чем в январе. Фон давления в западных морях понизился до отрицательных аномалий. При воздушных потоках с южной составляющей фон температуры сохранился выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 10-11°C) отмечались в юго-западной части Карского моря (рис. 1.8).

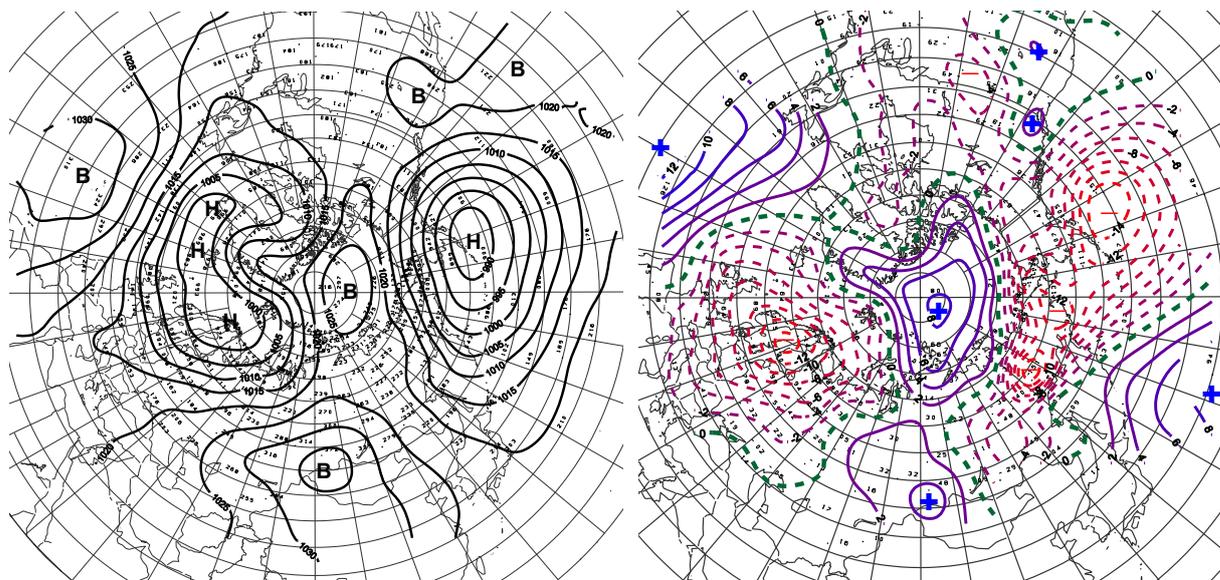


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в феврале 2016 г. (гПа)

Во *втором секторе* аномально повышенную повторяемость сохранили крупномасштабные процессы типа M_2 . Особенностью процессов данного месяца явилось усиление арктического антициклона. Фон давления повысился на 2-6 гПа. Циклоны в системе алеутского минимума влияли на Аляску и акваторию моря Бофорта. При воздушных потоках восточных и северо-восточных направлений фон температуры с положительными аномалиями понизился на 2-4°C (рис. 1.9).

В *марте 2016 г.* основной центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа сместился из Канады к северу Гренландии и его генеральная ложбина была направлена на море Лаптевых. Вследствие этого влияние высотных гребней азиатского и американского антициклонов на полярный район по сравнению с февралем было ослаблено (рис. 1.10).

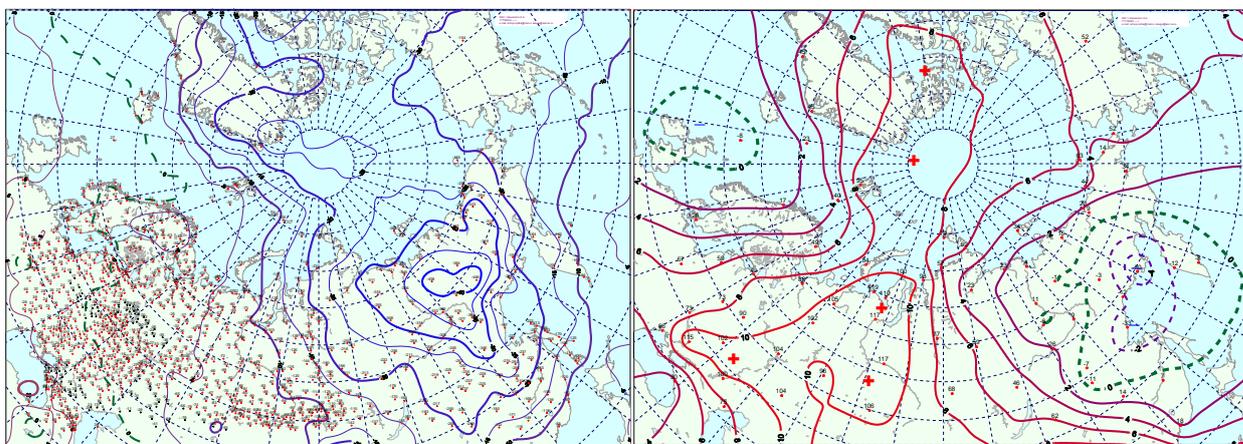


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в феврале 2016 г. (°C)

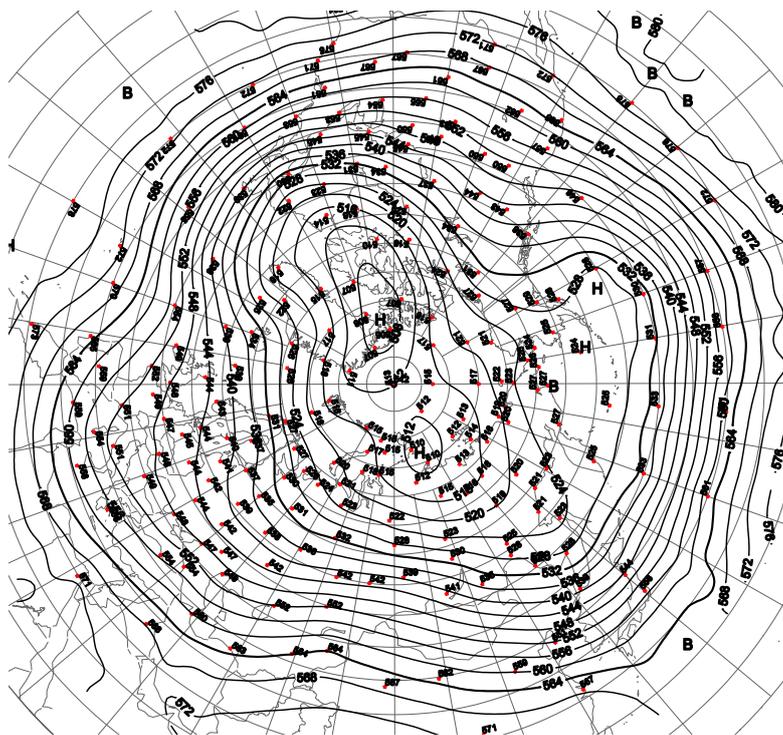


Рис. 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в марте 2015 г.

В *первом секторе* произошла перестройка атмосферных процессов от западной к восточной форме циркуляции. Над континентальной частью Европы отмечалось частое взаимодействие гребней азорского и азиатского антициклонов.

Циклоны Северной Атлантики смещались по высокоширотным траекториям в полярный район. Фон давления понизился на 5-9 гПа, и в приполюсном районе сменил знак аномалии давления на противоположный – от положительных к отрицательным аномалиям. Фон температуры сохранился выше нормы со значениями положительных аномалий 8-10°C (рис. 1.11).

Во *втором секторе* произошло ослабление меридиональных процессов типа M_2 за счет увеличения повторяемости зональных и меридиональных процессов типа M_1 . При данных процессах наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась на востоке Тихого океана и континентальной частью Америки.

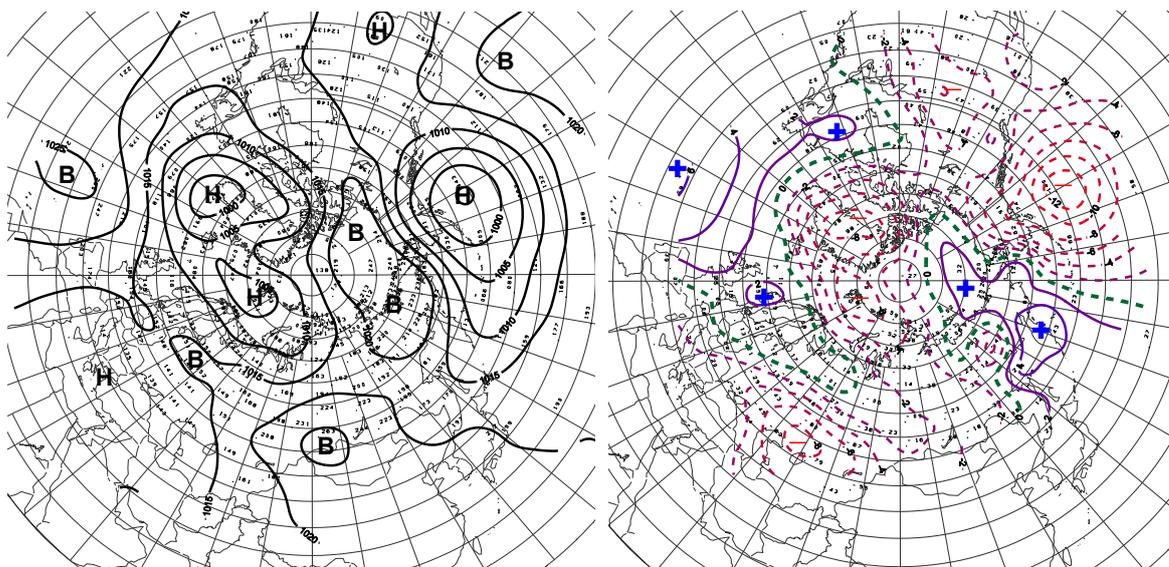


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в марте 2015 г. (гПа)

Над восточным сектором Арктики преобладал антициклональный знак поля с незначительными положительными аномалиями давления. Воздушные потоки были неустойчивые по направлению. Фон температуры воздуха был на 4-8°C выше нормы (рис. 1.12).

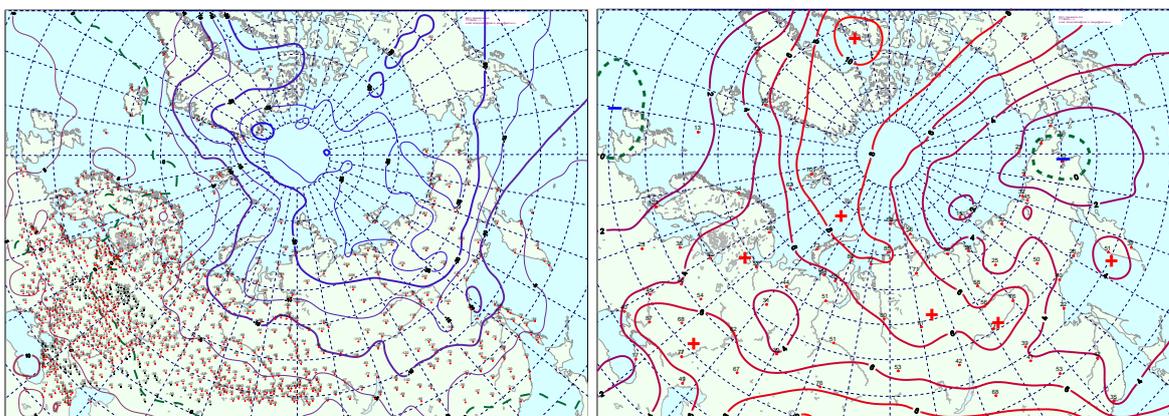


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в марте 2016 г., (°C)

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 рисунке 1.13 приводятся фоновые среднегодовые значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в первом квартале 2016 г. в сравнение с прошлым 2015 г. Наиболее значительные повышения температурного фона на 3-7°C отмечались в районах Карского и Баренцева морей.

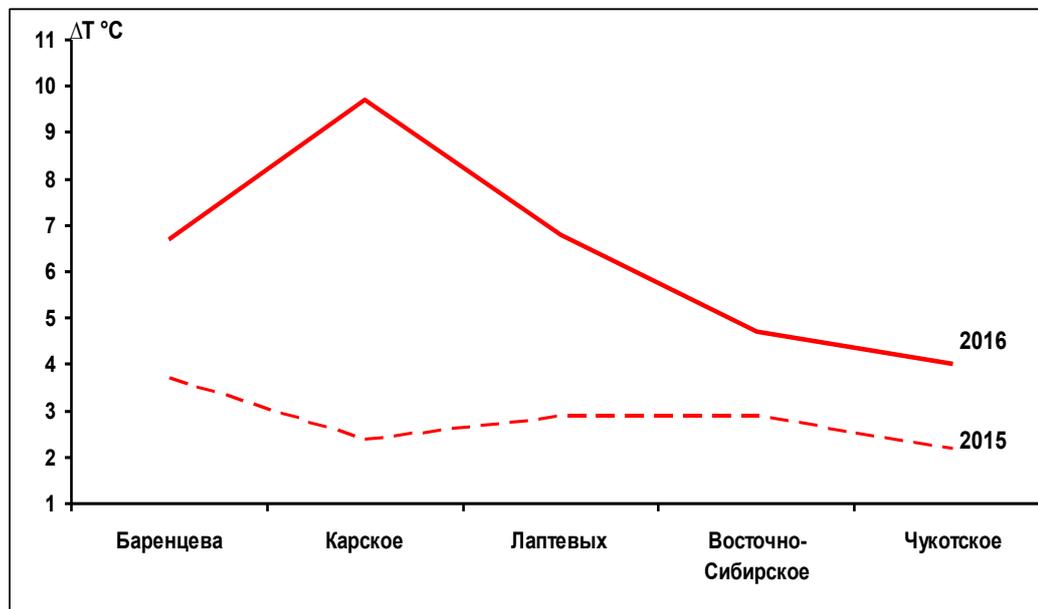


Рис. 1.13. Средние значения аномалий температуры воздуха (°C) по акватории морей российской Арктики за первый квартал в 2015 и 2016 гг.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в январе–марте 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 января по март 2016 г. представлены в табл. 1.2.

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

Январь			Февраль			Март		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-3	Е	М ₂	1-5	W	М ₂	1-4	Е	М ₂
4-6	Е	М ₂	6-9	W	М ₂	5-8	Е	3
7-10	Е	М ₂	10-12	W	М ₂	9-11	Е	М ₂
11-14	Е	М ₂	13-14	Е	М ₂	12-15	W	3
15-17	С	3	15-16	С	3	16-23	С	М ₂
18-20	С	М ₂	17-22	Е	М ₂	24-25	W	М ₁
21-25	Е	М ₂	23-26	С	М ₂	26-29	Е	М ₁
26-29	W	М ₂	27-29	Е	М ₂	30-31	Е	М ₁
30-31	W	3						
Итого	W 6 (-6) С 6 (0) Е 19 (6)	3 5 (-3) М ₁ 0 (-6) М ₂ 26 (9)	Итого	W 12 (3) С 6 (0) Е 11 (-2)	3 2 (-4) М ₁ 0 (-4) М ₂ 27 (9)	Итого	W 6 (-4) С 8 (0) Е 17(4)	3 8 (-2) М ₁ 8 (2) М ₂ 15 (0)

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, М₁, М₂) атмосферной циркуляции.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха по районам северной полярной области и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступавшие с дрейфующих буев МПАБ (рис.1.14).

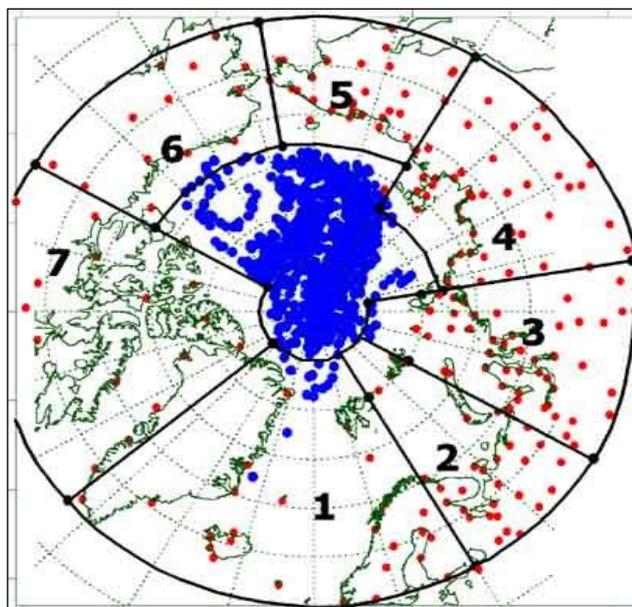


Рис. 1.14. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

1 – Атлантический, 2 – Североевропейский, 3 – Западносибирский, 4 – Восточносибирский, 5 – Чукотский, 6 – Аляскинский, 7 – Канадский

Температура воздуха

Основным методом получения пространственно-осредненных по территории Северной полярной области и территориям климатических районов аномалий температуры воздуха является метод оптимальной интерполяции и оптимального осреднения. Приводимые оценки аномалий температуры были получены относительно рекомендованного ВМО стандартного периода 1961-1990 гг. В качестве зимнего сезона рассматривался период с декабря 2015 г. по февраль 2016 г.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за зимний сезон 2015-2016 гг. по отдельным широтным зонам представлена в табл.1.3. В целом по широтной зоне 60-85°с.ш. аномалия температуры воздуха составила 4,2°С и прошедшая зима стала первой по рангу теплых лет за период с 1936 г. Предыдущая наиболее теплая зима отмечалась в 2012 г. с аномалией температуры 3,0°С. В широтной зоне 70-85°с.ш. аномалия температуры составила 4,8°С, а в широтной зоне 60-70°с.ш. 3,7°С. Это наиболее высокие значения аномалий температуры по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.3

Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за зимний сезон 2015/16 г.

Широтная Зона, °с.ш.	Аномалия, °С	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	4,8	1	2016 (4,8)	1966 (-2.2)
60-70	3,7	1	2016 (3,7)	1966 (-2.7)
60-85	4,2	1	2016 (4,2)	1966 (-2.5)

Сопоставление значений пространственно-осредненных по территориям климатических районов аномалий температуры воздуха обнаружило крупные положительные аномалии температуры в азиатском и аляскинском секторах (табл.1.4, рис.1.15). Значение пространственно-осредненной по территории района аномалии составило: в Западносибирском 7,6°С, в Восточносибирском 4,6°С и Аляскинском 5,5°С. Для Восточносибирского района прошедшая зима оказалась первой по рангу теплых лет с 1936 г.

Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в зимнем сезоне 2014/15 г. для отдельных районов СПО

Климатический район	Аномалия, °С	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	2,6	7	2014 (3,9)	1966 (-2,4)
Североевропейский	4,7	8	1937 (6,5)	1979 (-4,4)
Западносибирский	7,6	1	2012, 2016 (7,6)	1969 (-5,6)
Восточносибирский	4,6	1	2016 (4,6)	1966 (-4,5)
Чукотский	1,8	12	1938 (3,8)	2002 (-2,3)
Аляскинский	5,5	2	2001 (5,6)	1965 (-5,6)
Канадский	2,8	7	2010 (5,0)	1972 (-3,6)

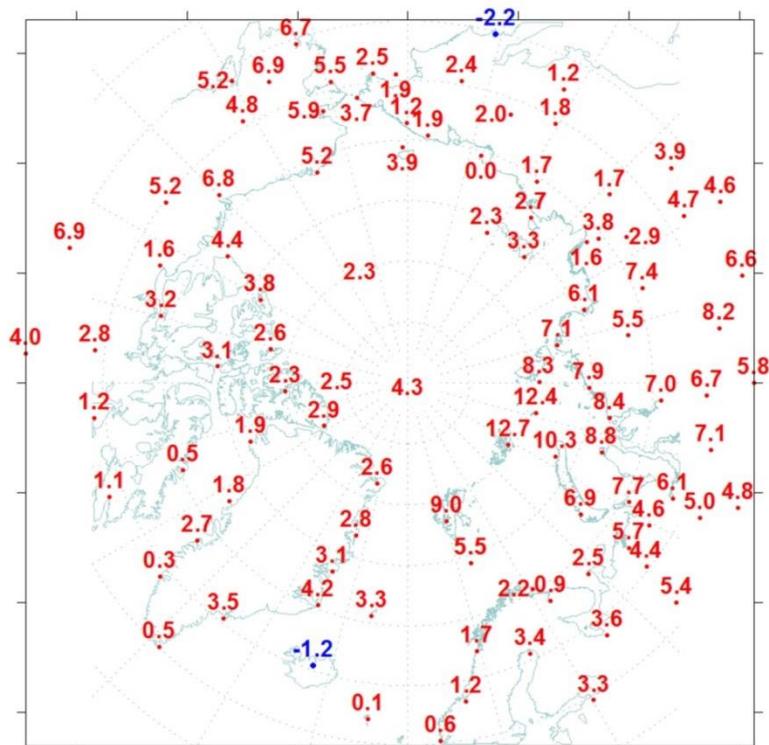


Рис. 1.15. Значения аномалий средней температуры воздуха зимнего сезона 2015-16 гг. на станциях Северной полярной области, °С

На метеорологических станциях в районах арктических морей и на территории суши севернее 70°с.ш. отмечались только положительные аномалии температуры воздуха (рис.1.15). Крупные положительные аномалии наблюдались на станциях северной части Баренцева и Карского морей и на станциях района моря Бофорта. В районе Карского моря аномалии температуры воздуха достигали 9-13°C. В целом, по району Карского моря, пространственно-осредненная аномалия составила 9,1°C (табл.1.5). Зима 2015-2016 гг. в районе Карского моря оказалась третьей по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в зимнем сезоне 2015/16 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	4,4	6	2014 (6,1)	1966 (-2,7)
Баренцево море	5,9	5	1937 (7,6)	1979 (-3,4)
Карское море	9,1	3	1945 (9,8)	1979 (-5,9)
Море Лаптевых	4,2	4	2012 (4,6)	1979 (-4,4)
Восточно-Сибирское море	2,0	11	1938 (4,9)	1966 (-3,3)
Чукотское море	2,9	9	1938 (5,7)	1939 (-3,4)
Море Бофорта	5,1	2	2006 (5,4)	1966 (-3,1)
Северная часть Канадского района	2,7	10	2010 (5,0)	1949 (-3,6)

Временные ряды пространственно-осредненных аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60-85°с.ш. представлены на рис. 1.16, а для районов арктических морей и территории суши севернее 70°с.ш. на рис. 1.17.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за зимний сезон с 1936 по 2016 гг. показала наличие статистически значимого положительного линейного тренда во всех широтных зонах СПО (на 5-% уровне значимости) (табл.1.6). Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за зимний сезон температуры прослеживается в Атлантическом, Восточносибирском, Аляскинском и Канадском (на 5-% уровне значимости) районах, где он соответственно равен 0,20, 0,22, 0,40 и 0,23°С/10 лет (линейное увеличение температуры за 81 год составило 1,6, 1,8, 3,2 и 1,9°С).

Таблица 1.6

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

Район, широтная зона	1936/37-2015/16		1986/87-2015/16		2006/07-2015/16	
	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,20	34,8	1,09	73,9	0,80	37,5
Североевропейский	0,09	8,7	1,22	45,6	0,16	2,2
Западносибирский	0,06	4,9	1,46	47,2	2,61	26,3
Восточносибирский	0,22	27,4	0,37	19,0	1,34	22,9
Чукотский	0,10	14,0	0,89	46,3	1,82	33,5
Аляскинский	0,40	43,6	0,85	40,2	3,68	63,1
Канадский	0,23	29,9	1,35	67,4	-0,95	17,6
70-85° с.ш.	0,16	26,4	1,58	83,7	1,17	40,2
60-70° с.ш.	0,20	38,6	0,61	47,6	1,41	34,2
60-85° с.ш.	0,18	37,3	1,04	75,1	1,34	42,3

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

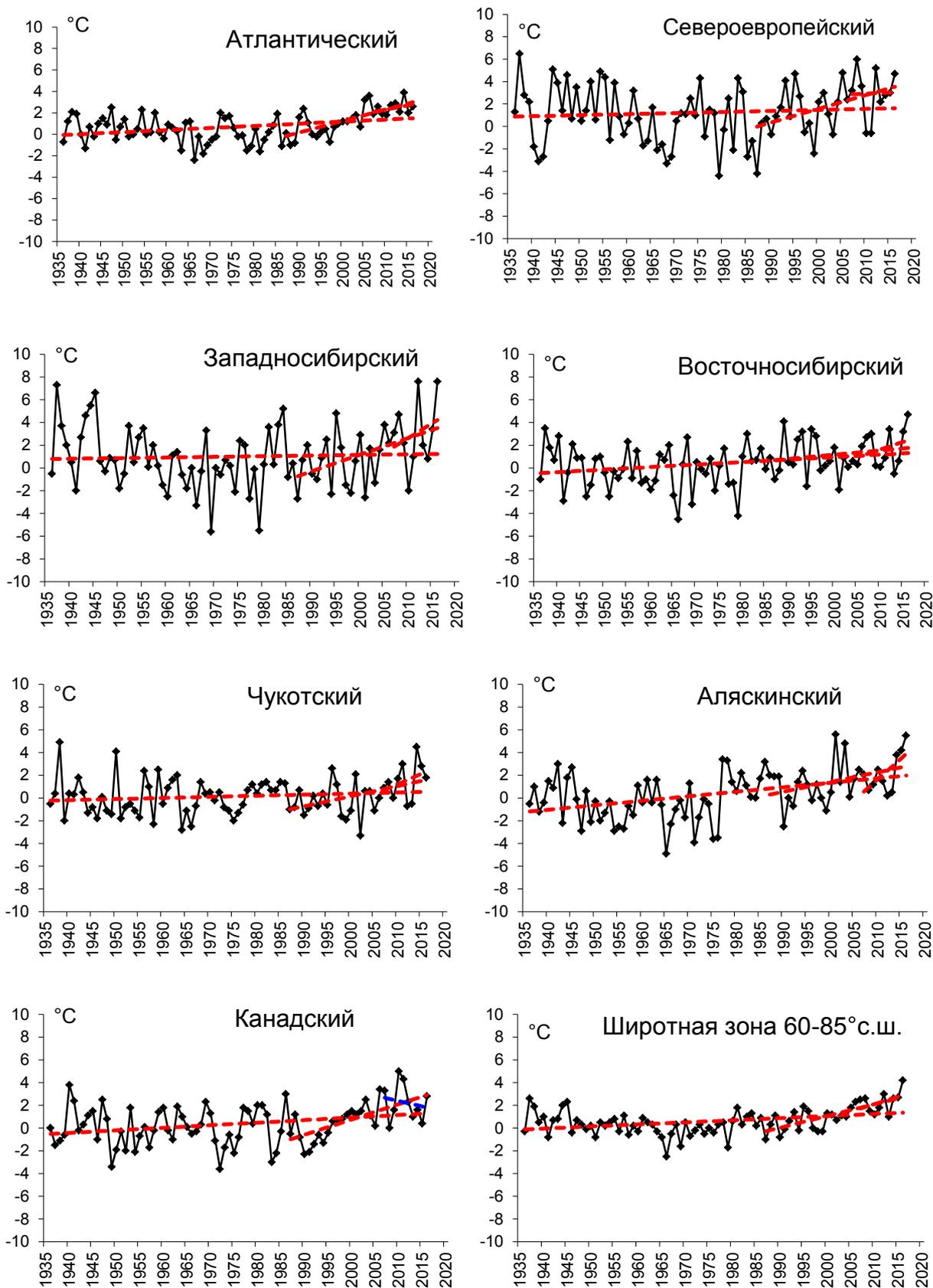


Рис. 1.16. Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °C

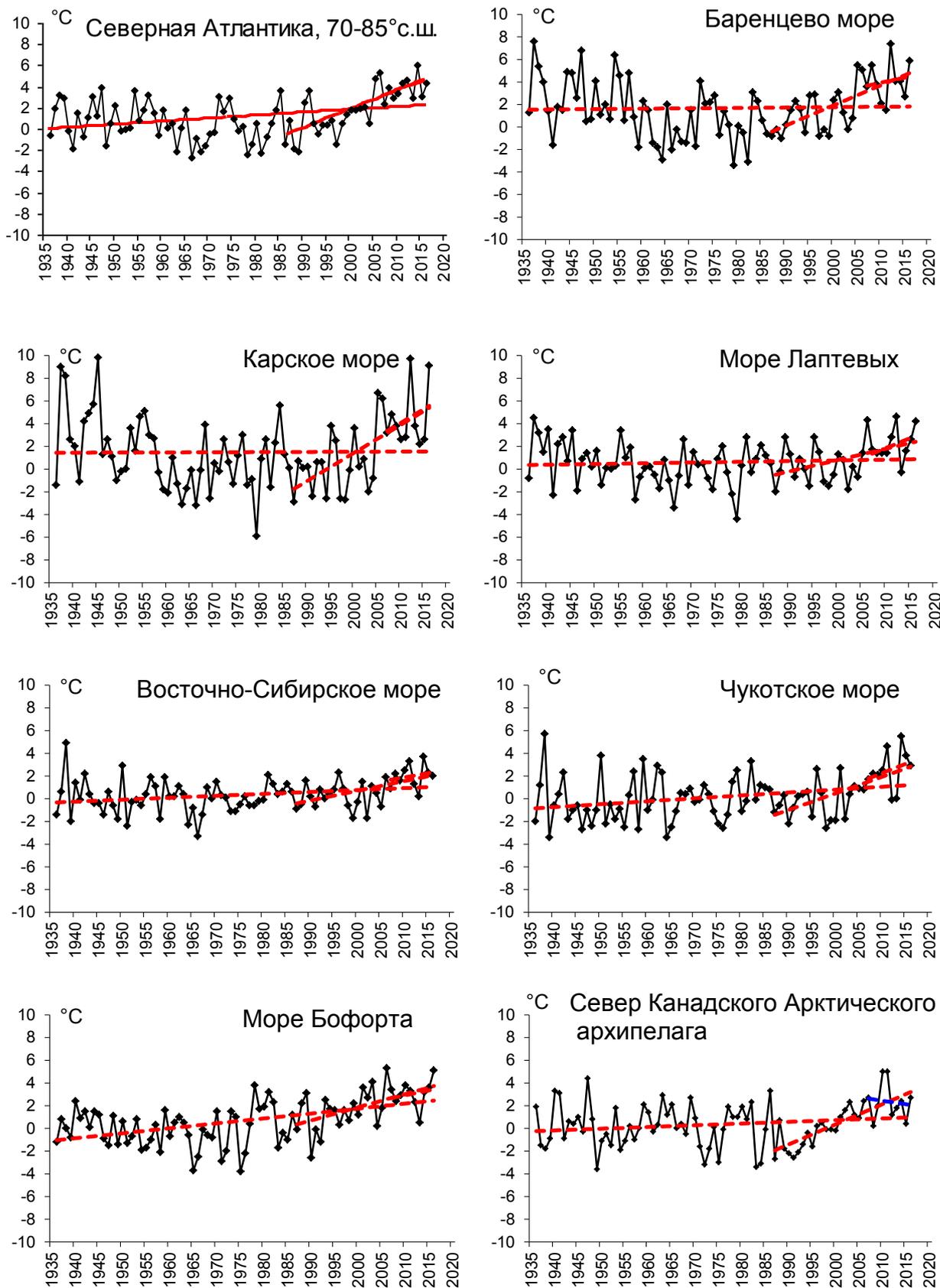


Рис. 1.17. Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °С



В последнем тридцатилетнем периоде статистически значимое повышение температуры составило: в широтной зоне 70-85°с.ш. 4,7°С/30 лет (на 5-% уровне значимости) и в широтной зоне 60-85°с.ш. 3,1°С/30 лет (на 5-% уровне значимости). Наиболее заметно потепление в последнем тридцатилетии наблюдается в районах атлантического сектора Арктики, а также в Канадском районе.

В последнем десятилетнем периоде статистически значимые линейные тренды не наблюдаются.

В районах арктических морей положительный линейный тренд прослеживается по всем морям с последнего 30-ти летнего периода (табл.1.7). Наиболее быстрое повышение температуры происходит в районе Карского моря. За 30-летний период повышение зимней температуры воздуха здесь составило 7,4°С/30 лет.

Таблица 1.7

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

Море, часть моря, территория суши	1936/37-2015/16		1986/87-2015/16		2006/07-2015/16	
	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,28	32,3	1,78	74,1	1,62	44,7
Баренцево море	0,03	3,2	1,79	68,4	0,88	14,8
Карское море	0,01	1,1	2,46	64,8	2,44	27,2
Море Лаптевых	0,06	8,0	1,00	48,7	1,73	36,1
Восточно-Сибирское море	0,17	27,3	0,86	54,7	0,74	21,2
Чукотское море	0,26	29,3	1,47	62,7	1,62	27,3
Море Бофорта	0,43	51,2	1,16	57,1	0,87	22,0
Северная часть Канадского района	0,15	18,3	1,77	77,8	-0,61	11,1

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

2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе – марте 2016 г.

Оценки развития ледовых условий в первом квартале 2016 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований ААНИИ, на исследовательской базе «Мыс Баранова» и при осуществлении ряда международных проектов.

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.

Со всей доступной исходной информацией 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. В результате карты ААНИИ характеризуют ледовые условия морей от Гренландского до Чукотского, а также Берингова, Охотского и Балтийского, карты КЛС – морей Бофорта, Баффина, Лабрадор, пролива Девисов и проливов Канадского арктического архипелага, а карты НЛЦ – Арктического Бассейна, моря Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ – вся акватория СЛО и субполярные моря).

Для цветовой окраски карт использован стандарт ВМО (WMO/Std. 1215) для зимнего (по возрасту) и летнего (по общей сплоченности) периодов. 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. Однако данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация 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).

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

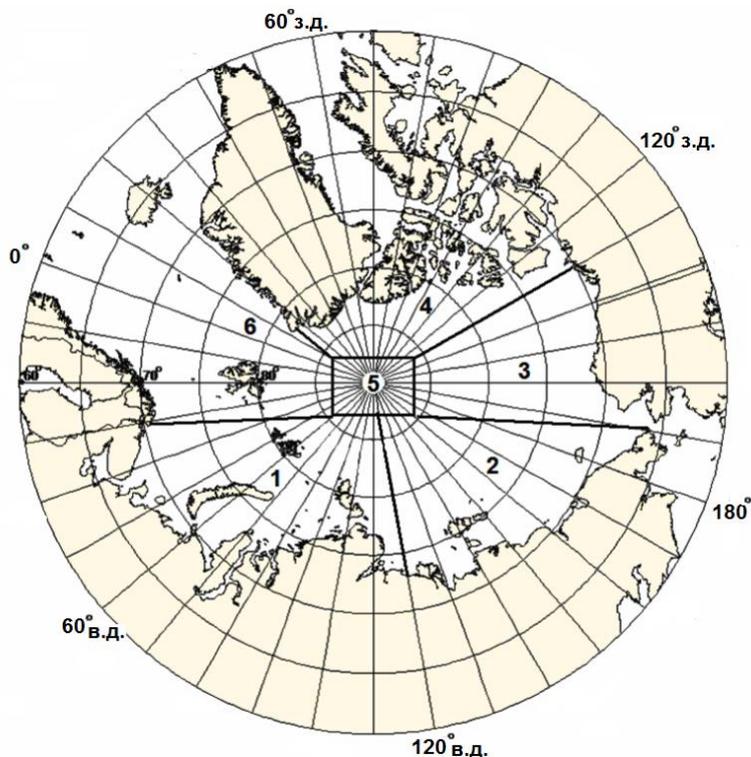


Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана

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

В предшествующий осенний период 2015 г. ледообразование среди остаточных льдов в арктическом бассейне началось в середине сентября, что на полмесяца позже средних сроков.

Хотя ледообразование в осенний период 2015 г. началось позже средних многолетних сроков, но оно характеризовалось большой интенсивностью. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины сентября по середину октября составило около 2,5 млн. км², что на 0,5 млн. км² больше среднего многолетнего значения.

На северных границах всех арктических морей (от Баренцева до Бофорта) молодые льды стали наблюдаться уже в начале октября.

Непосредственно в центральных арктических морях России ледообразование началось позже нормы на 5-15 суток. Но особенно поздно ледообразование началось в

юго-западной части Карского и юго-восточной части Чукотского морей, в первой декаде января 2016 г и первой декаде декабря 2015 г. соответственно.

В результате позднего начала осенних ледовых процессов в конце 2015 г. в морях российского сектора Арктики преобладали однолетние тонкие и средние льды. Большие участки акватории Баренцева и юго-западной части Карского морей вообще оставались свободными ото льдов. Большое количество молодых льдов наблюдалось в Баренцевом и Карском морях. Небольшое количество остаточных льдов сохранилось в северной части Восточно-Сибирского моря в виде вытянутого языка в северной части моря.

Основная масса старых льдов в СЛО была смещена в приполюсный район, в гренландский и канадский секторы Арктики (рис. 2.2).

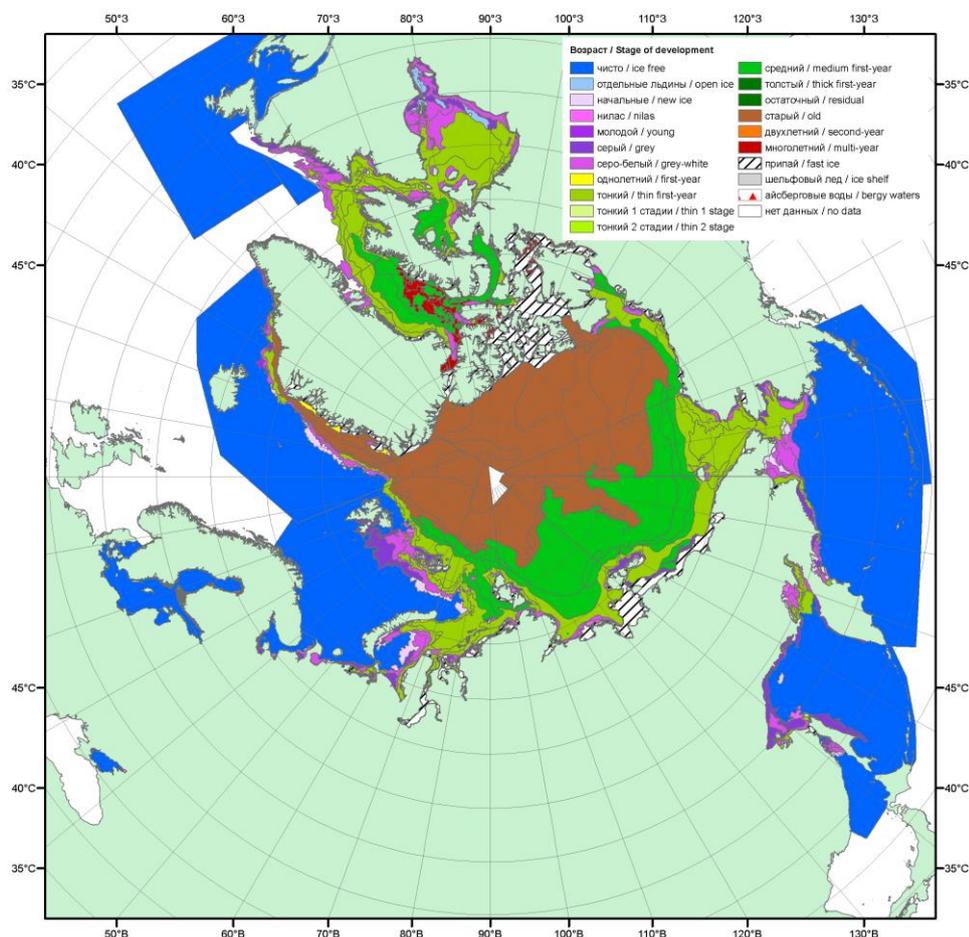


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО за 28-29 декабря 2015 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря 2015 г. составила 11,01 млн. км² при норме 11,66 млн. км², т.е. была на 5,6% меньше средних многолетних значений.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь–март 2016 г. приведены рис. 2.3–2.12.

На рис. 2.3 приведено распределение льда по возрасту на середину января.

Позднее начало ледообразования в осенний период отчасти компенсировалось большей интенсивностью его нарастания в зимний период. Темпы нарастания толщины льда приблизились к средним многолетним значениям во всех арктических морях, кроме Баренцева и Карского морей. В январе на акватории всех арктических морей, начиная от северо-восточной части Карского моря и далее на восток, уже преобладали однолетние средние льды (диапазон толщины 70–120 см). Только в западных окраинных морях российского сектора Арктики (Баренцевом и Карском) наблюдалось преобладание однолетних тонких и молодых льдов. На северных границах морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского появились однолетние толстые льды. Небольшой отрог двухлетних льдов наблюдался в северной части Восточно-Сибирского моря. Двухлетние льды наблюдались также в северной и восточной частях моря Бофорта.

Началось становление припая вдоль арктического побережья всех арктических морей, в проливах островов Канадского арктического архипелага и в районе Новосибирских островов со стороны моря Лаптевых.

В январе были хорошо развиты все основные структуры дрейфа льда в СЛО. Стрежень развитого Трансарктического переноса, в который были вовлечены льды на $\frac{1}{2}$ акватории СЛО, был направлен от Новосибирских островов к побережью Гренландии. У побережья Гренландии поток льдов разделялся на две части. Часть переноса было направлено в пролив Фрама, а вторая часть вовлекалась в периферию Канадского антициклонического круговорота. Центр круговорота, который был также хорошо развит, был смещен к северной границе Чукотского моря. Обширный круговорот обусловил интенсивный перенос льда вдоль побережья Аляски и вынос льда из моря Бофорта в Чукотское море и Берингов пролив (рис. 2.4).

В результате хорошего развития поля дрейфа очень близкого к средней схеме и разделением ветви Трансарктического переноса льда на две части, что вызвало меньшее поступление льдов в пролив Фрама, сформировались отрицательные аномалии сплоченности льда вдоль побережья Гренландии, а также в районе западных окраинных морей откуда интенсивно выносило лед по периферии Трансарктического дрейфа льда (зоны выделенные синим цветом). Вдоль побережья Аляски и в районе Чукотского моря

сформировались небольшие положительные аномалии сплоченности (зоны выделенные зеленым цветом) (рис. 2.5).

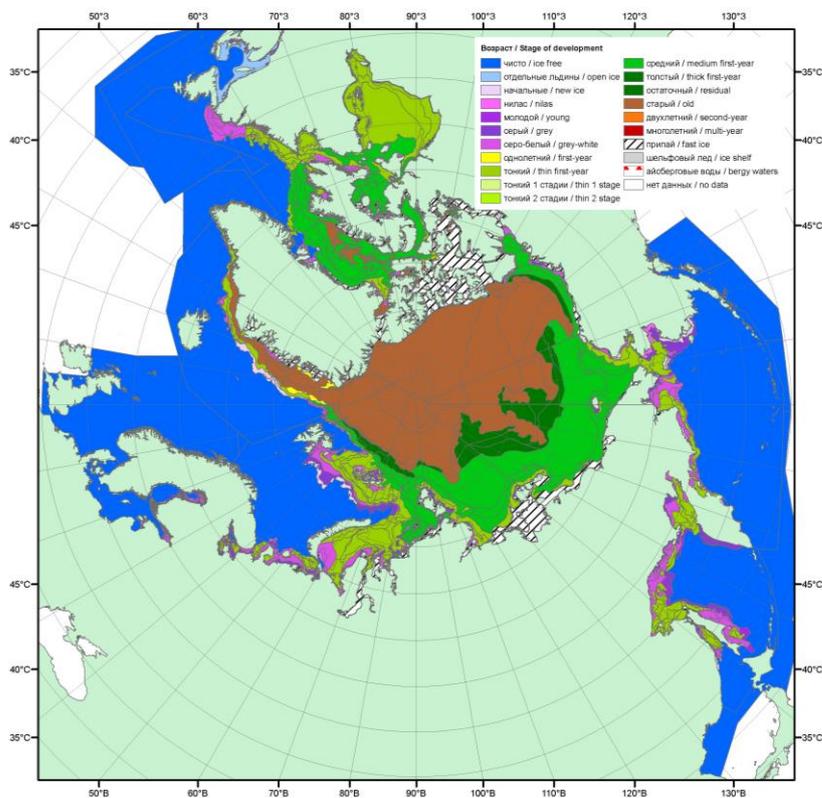


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта СЛО за 18–19 января 2016 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

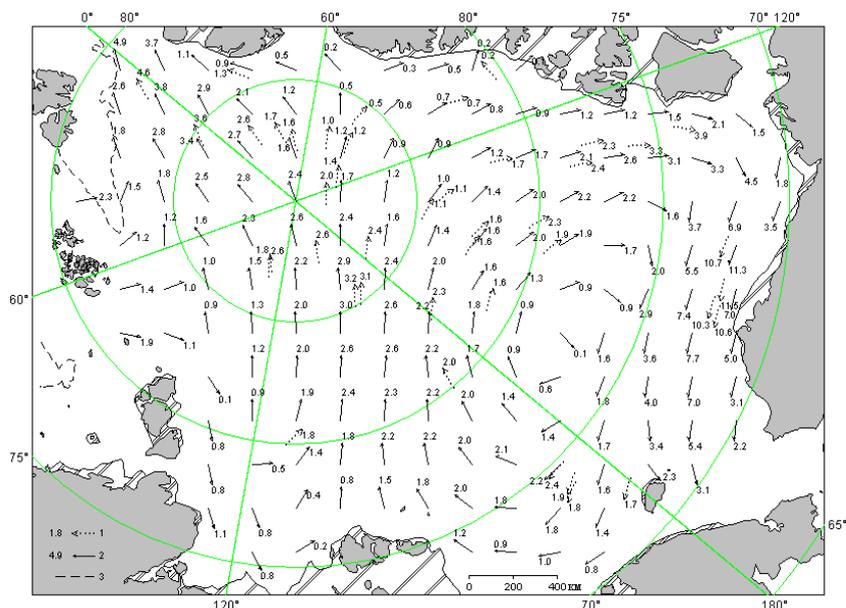


Рис. 2.4. Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в январе 2016 г.

(1 – направление и скорость (км/сут) дрейфа автоматического буя, 2 – результаты расчета в узле сетки, 3 – скорость молодого льда)

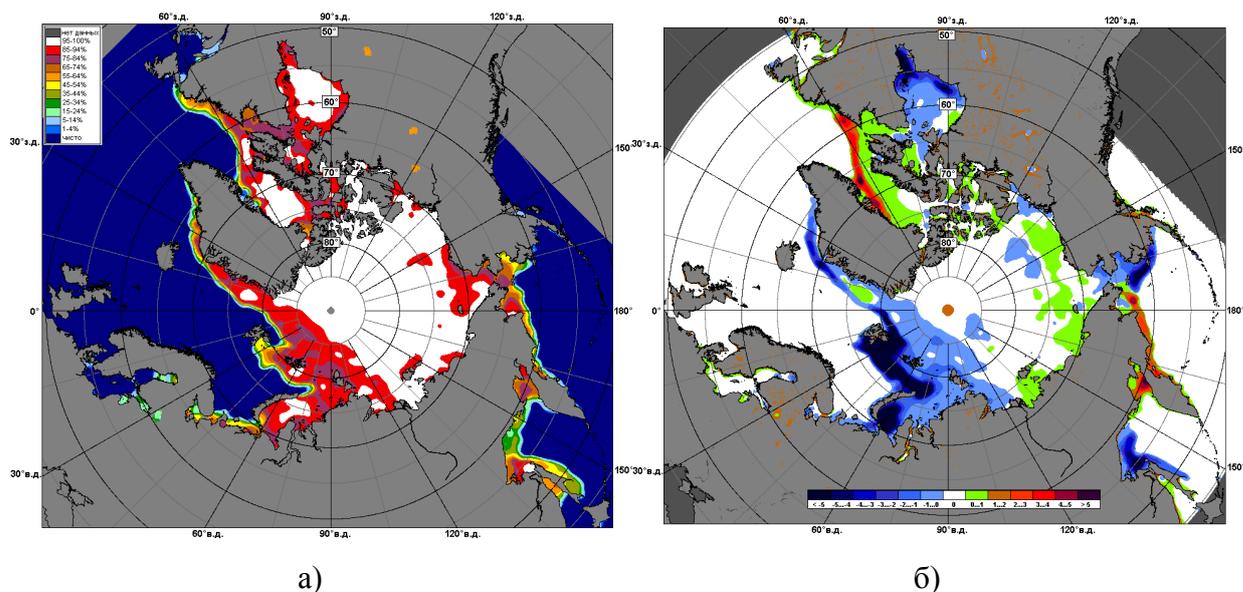


Рис. 2.5. Медианное распределение сплоченности льда в январе 2016 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2016 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

В феврале продолжалось нарастание толщины льда. Акватории всех арктических морей заполнились однолетними льдами, преимущественно однолетним средним (диапазон толщины 70-120 см). В северных частях морей восточного района российского сектора Арктики и море Бофорта лед перешел в возрастную градацию однолетних толстых. Непосредственно в самих морях (в их центральных и южных частях) преобладали однолетние средние льды. В Баренцевом море наблюдалась большая отрицательная аномалия ледовитости. В прикромочной зоне моря наблюдалось обширная полоса молодых льдов, а в северной части моря располагались однолетние тонкие льды. Заприпайные полыньи были развиты слабо. В северной части Восточно-Сибирского моря сохранялся язык двухлетних льдов.

Наблюдалось дальнейшее нарастание толщины припайного льда и увеличению площади припая в районе Новосибирских островов и вдоль арктического побережья. Но вместе с тем не произошло становление припая в проливе Вилькицкого (рис 2.6).

В поле дрейфа наблюдалось дальнейшее развитие Трансарктического переноса со стрежнем, смещенным от северных границ моря Лаптевых к побережью островов Канадского арктического архипелага. Далее весь поток, также как и в январе, делился на две ветви. Одна из ветвей дрейфа была направлена в пролив Фрама, а другая ветвь вовлекалась в периферию Канадского антициклонического круговорота. В Трансарктический перенос были вовлечены льды на 1/3 акватории СЛО. Канадский

антициклонический круговорот был развит очень хорошо и вовлекал в свой круговорот льды на 2/3 части акватории СЛО. Прибрежная периферийная ветвь круговорота, проходящая вдоль побережья Аляски и заканчивающаяся обычно в Чукотском море, в данном случае достигала западной части Восточно-Сибирского моря (рис. 2.7).

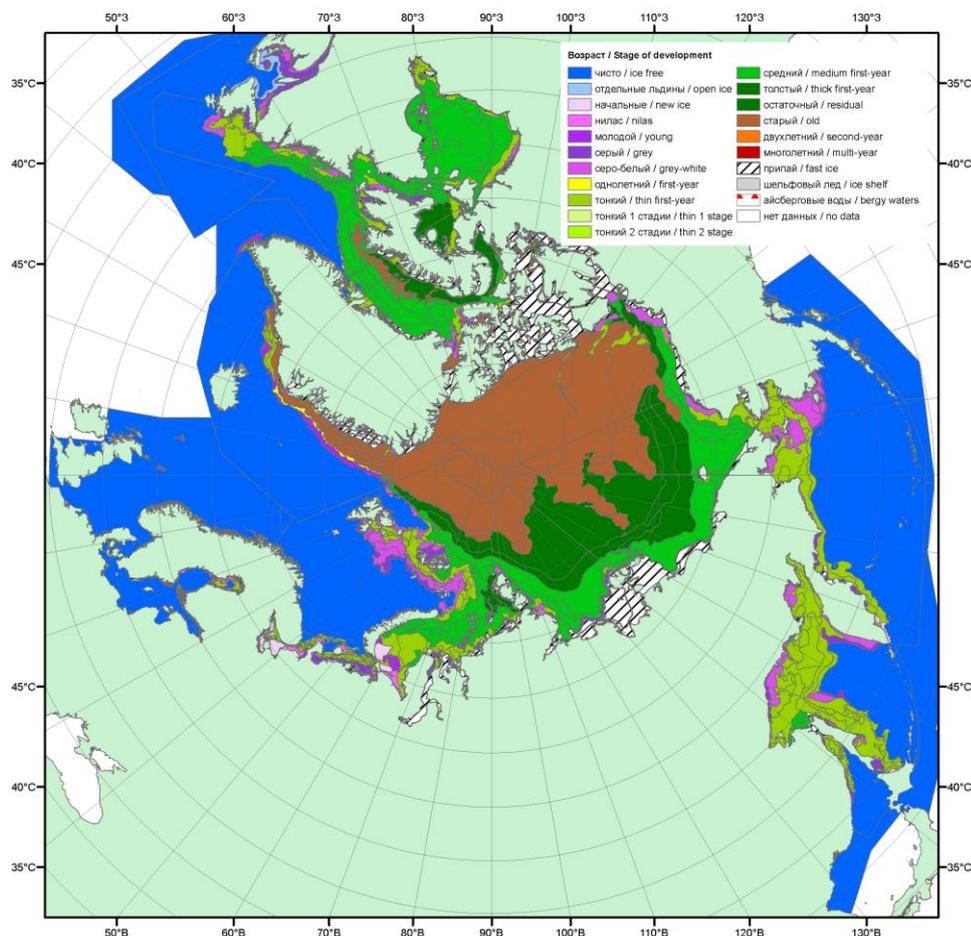


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта СЛО за 15–16 февраля 2016 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В результате развития ледовых условий и дрейфа льда в феврале наблюдалось формирование поля сплоченности с хорошо выраженной областью отрицательной аномалий сплоченности льда (зоны выделенные синим цветом) в западных окраинных морях (Гренландском, Баренцевом, Карском). Небольшие зоны повышенной сплоченности льда (зоны, выделенные зеленым цветом) наблюдались вдоль всего побережья морей восточной Арктики от Бофорта до Восточно-Сибирского морей (рис. 2.8).

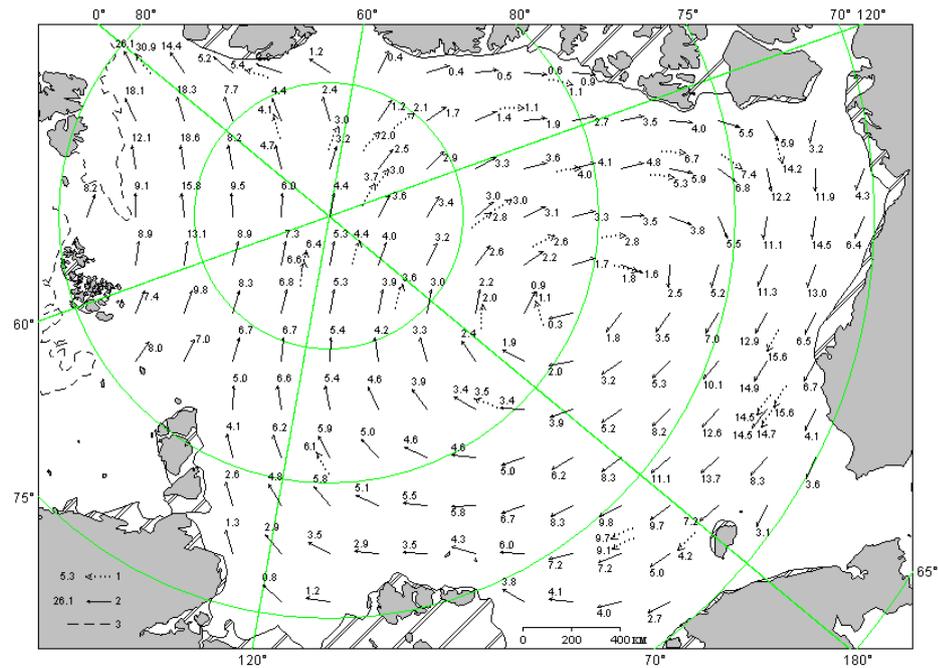


Рис. 2.7. Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в феврале 2016 г.

Усл. обозначения см. рис. 2.4.

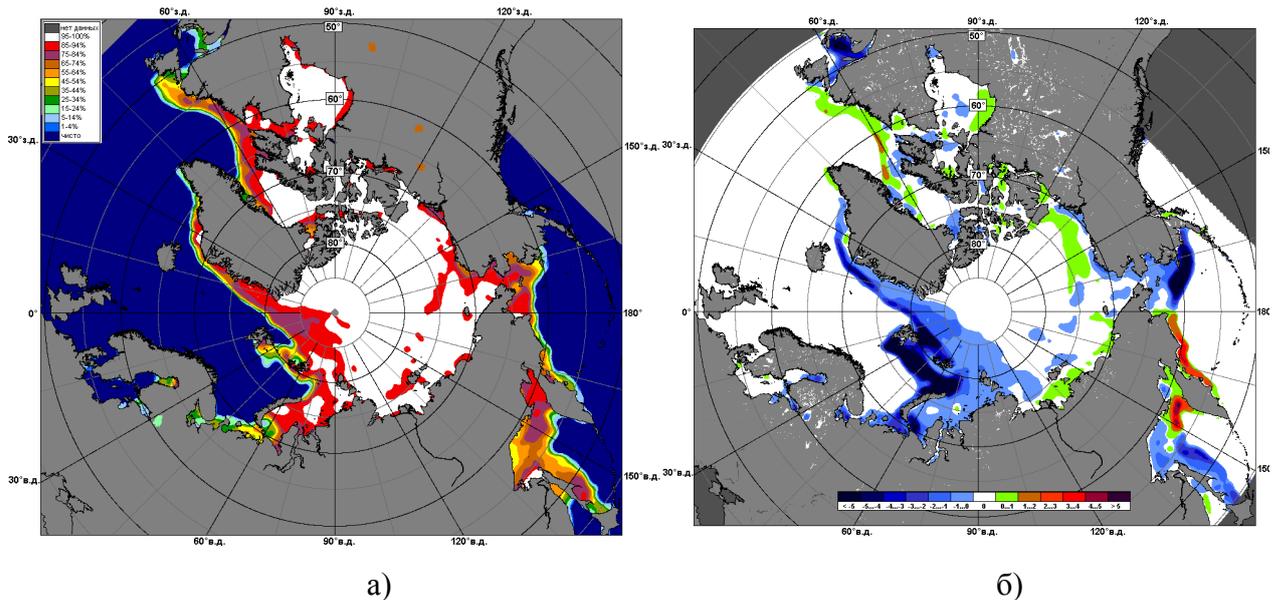


Рис. 2.8. Медианное распределение сплоченности льда в феврале 2016 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2016 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

В марте наблюдалось дальнейшее нарастание и развитие ледяного покрова, особенно в морях восточного района российского сектора Арктики. В возрастном составе льдов в морях северо-восточной части Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирском начали

преобладать однолетние толстые льды. В морях западного района российского сектора Арктики (Баренцевом и юго-западной части Карского) и Чукотском море преобладали однолетние средние льды, а также наблюдалось большое количество молодых льдов

Из-за постоянного выноса льдов из моря Лаптевых не становился припай на восточных подходах к проливу Вилькицкого (рис. 2.9).

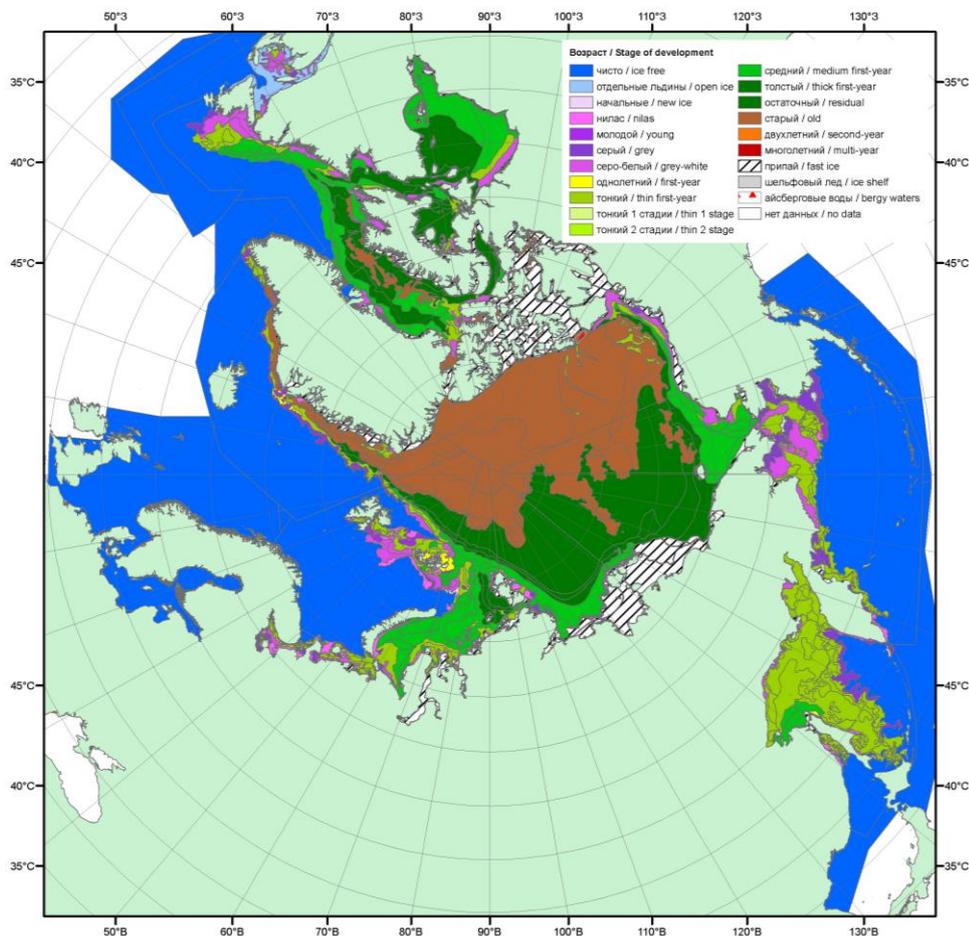


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта СЛО за 14–15 марта 2016 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В марте сохранилось поле дрейфа, сформированное в феврале. В поле дрейфа были хорошо выражены основные элементы общего дрейфа льда в океане – Трансарктический перенос и Канадский антициклонический круговорот. В результате Трансарктического переноса, стрежень которого был направлен от Новосибирских островов к побережью Гренландии, наблюдался вынос льдов из морей западного района российского сектора Арктики (Баренцево, Карское, Лаптевых) в пролив Фрама.

В результате хорошо развитого Канадского антициклонического круговорота продолжался перенос льда вдоль побережья Аляски из моря Бофорта в северную часть

Чукотского моря и далее на запад в Восточно-Сибирское море. Результирующее поле среднемесячного дрейфа за март приведено на рис. 2.10.

В поле сплоченности льда сформировались несколько центров отрицательных и положительных аномалии сплоченности, в основном в тех районах, из которых выносило западные окраинные моря (зоны выделенные синим цветом) и в которые приносило лед (зоны выделенные зеленым цветом) в результате его дрейфа – прибрежная часть Бофорта и Чукотское моря (рис. 2.11).

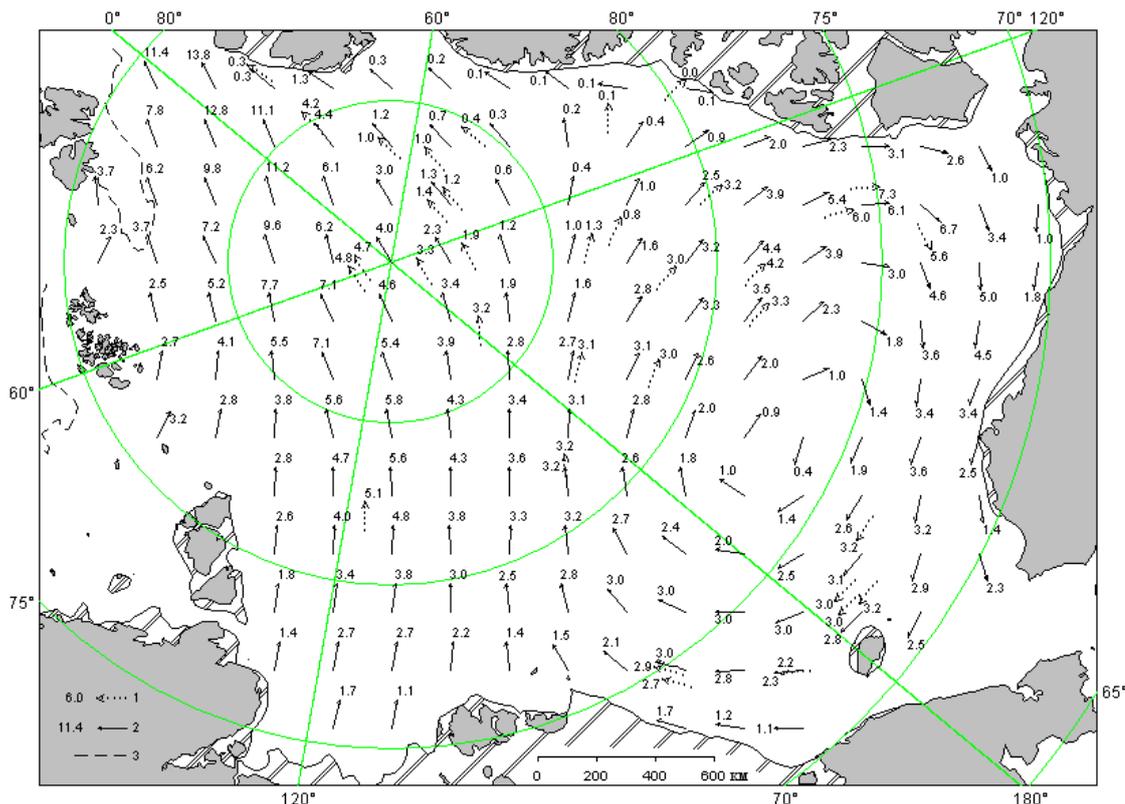


Рис. 2.10. Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в марте 2016 г.

Усл. обозначения см. рис. 2.4

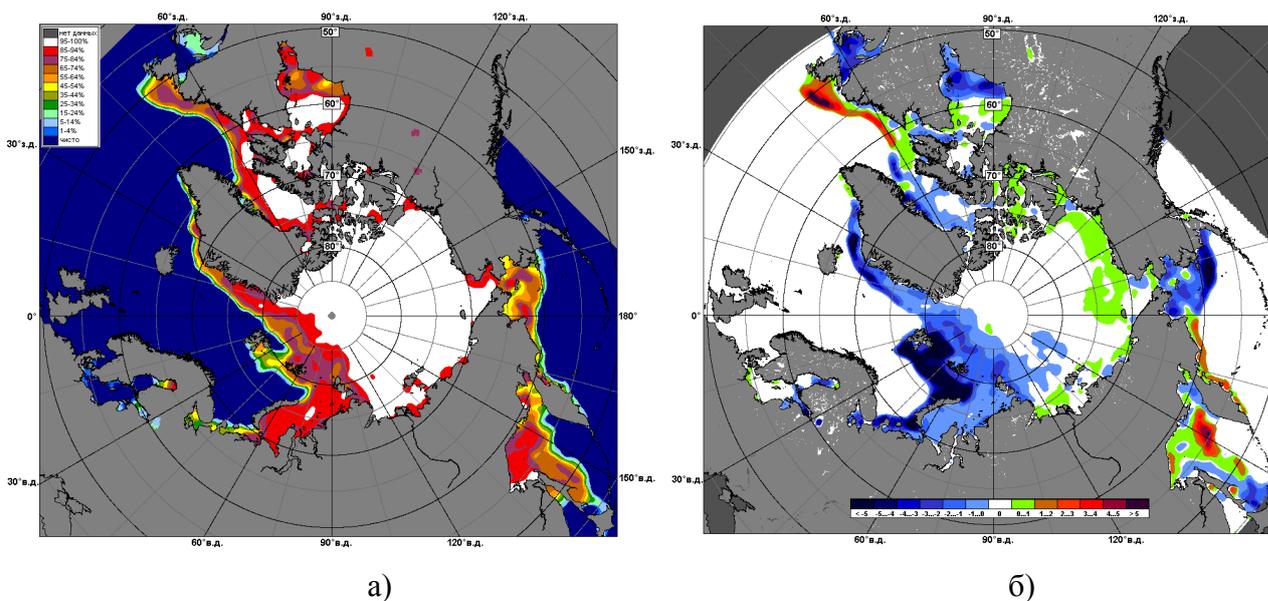


Рис. 2.11. Медианное распределение сплоченности льда в марте 2016 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2016 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

Позднее начало ледообразования и средняя интенсивность нарастания льда в морях в течение зимних месяцев 2016 г. привели к тому, что толщина льда по данным полярных станций во всех арктических морях была значительно меньше средних многолетних значений.

По данным полярных станций, во всех морях западного района российского сектора Арктики толщина припайного льда была на 20-50 см меньше нормы, а в морях Восточно-Сибирском и Чукотском толщина припайного льда была на 10-20 см меньше нормы (рис. 2.12).

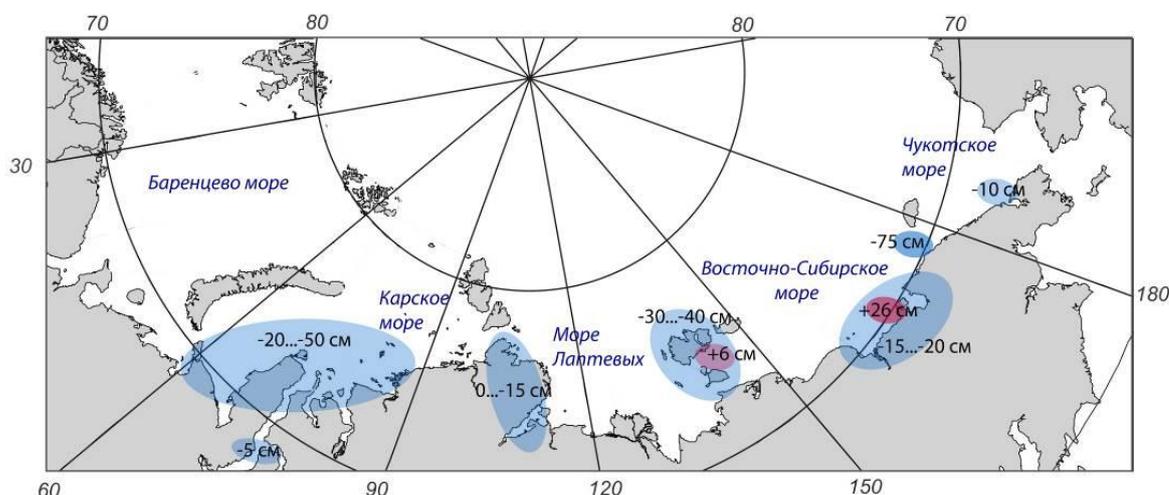


Рис. 2.12. Аномалии толщины льда в российских арктических морях в марте 2016 г.

Развитие припая в морях в течение первых зимних месяцев проходило с малой интенсивностью. Площадь припая во всех российских арктических морях была меньше средних многолетних значений, кроме припая Новосибирских островов. Не полностью сформировался припай в проливе Вилькицкого и в районе архипелага Северная земля. Припай вокруг Новосибирских островов, напротив, был развит значительно больше среднемноголетнего значения. В середине февраля суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 398 тыс. км² при норме 553 тыс. км², что на 28 % меньше средних многолетних значений, в основном за счет малого развития припая в морях западного района российского сектора Арктики.

Распространение ледяного покрова во всей Северной полярной области в конце марта и среднемноголетнее границы льдов различной повторяемости приведено на рис. 2.13. В Гренландском и Баренцевом морях распространение ледяного покрова в конце марта было значительно меньше, чем в среднем, что особенно хорошо прослеживалось в Баренцевом море (граница дрейфующего льда в этом море наблюдалась намного севернее и восточнее своего среднего положения). Напротив, в морях Канадской Арктики граница дрейфующих льдов была близка к своему среднемноголетнему положению (рис. 2.13).

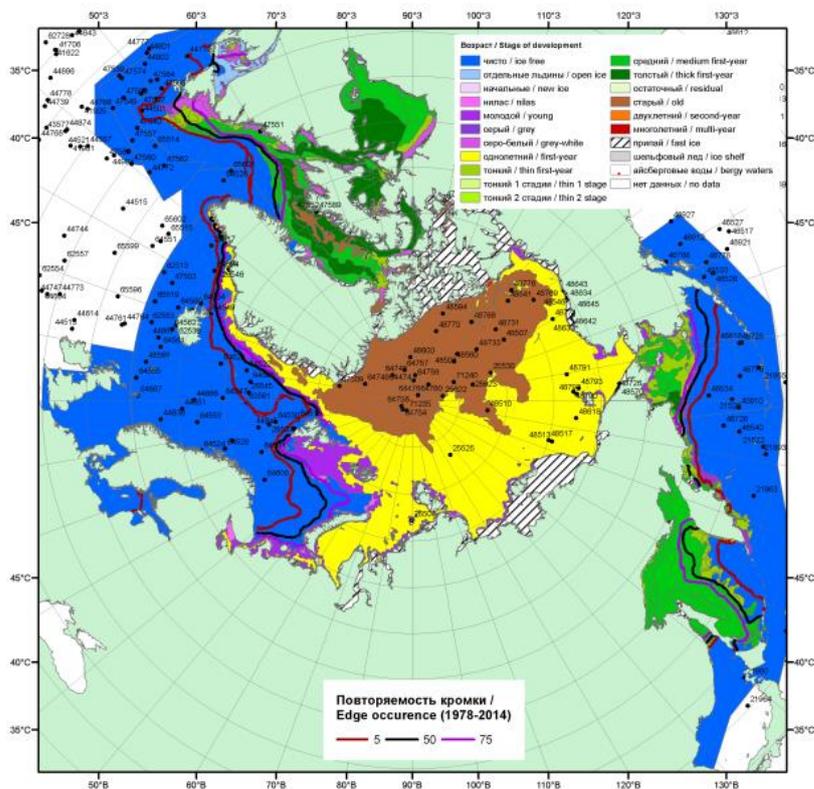


Рис. 2.13 – Оценка общей сплоченности морского льда Северной Полярной области за 14.03-16.03.2016 на основе данных NCEP NOAA и повторяемость кромки за период 1979-2012 гг. по наблюдениям SSMR-SSM/I-SSMIS (алгоритм NASATEAM)



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. 2.14).

В секторе 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря) количество льда в конце марта было на 17% меньше среднего многолетнего значения (рис. 2.14 б). В секторе 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) количество льда было незначительно меньше (на 2%) среднего многолетнего значения (рис. 2.14 в, г).

Необходимо отметить, что если в конце 2015 г. отрицательная аномалия общего количества льда в СЛО составила 5,6%, то за первый квартал 2016 г. аномалия сократилась почти на 1.5% и составила 4.2%, что свидетельствует о достаточно интенсивном накоплении льда в СЛО в первом квартале года.

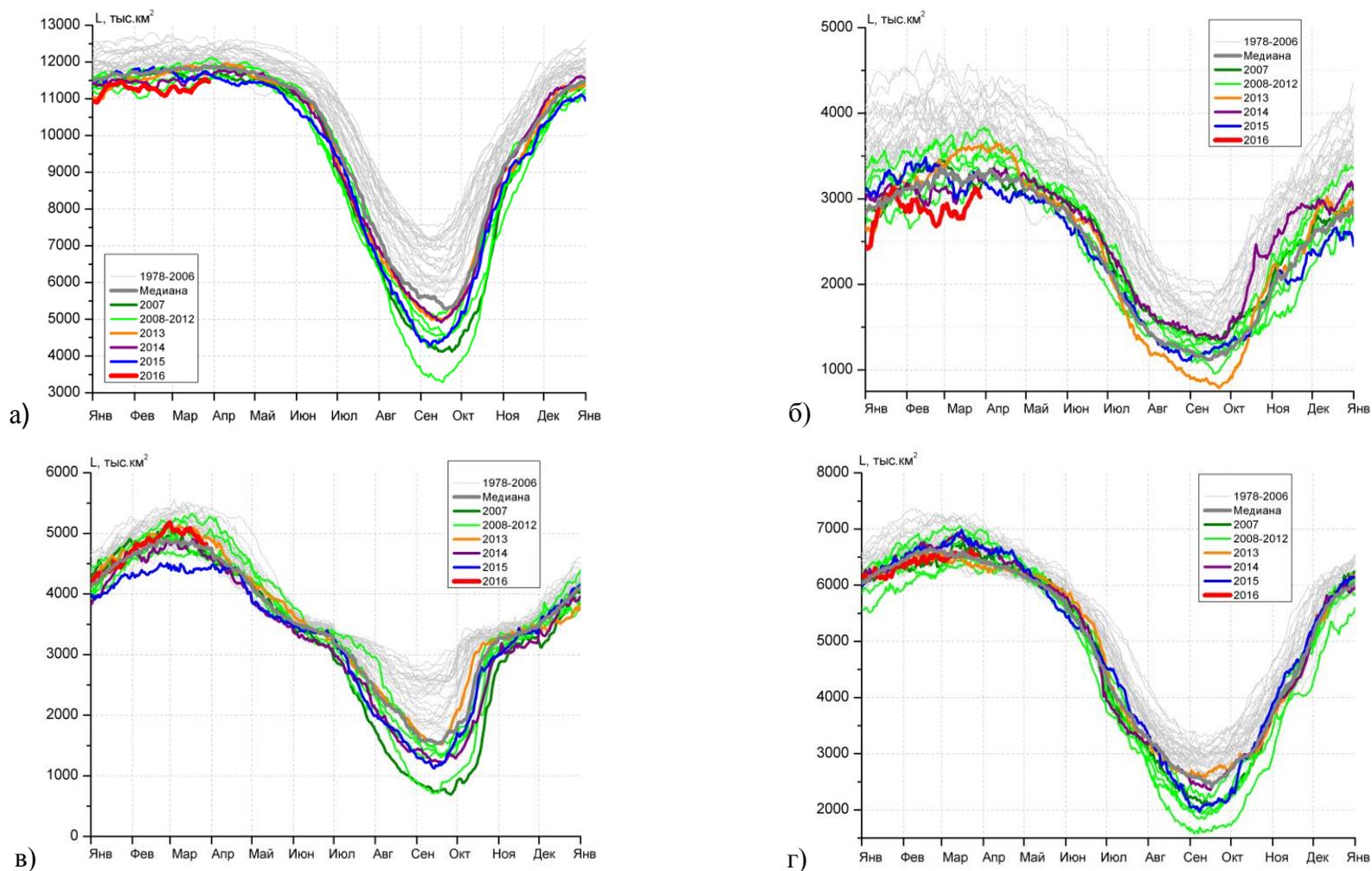


Рис. 2.14 – Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и трех меридиональных секторов за период 26.10.1978 - 29.03.2015 по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM: а) СЛО, б) сектор 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря), в) сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское), г) сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)

3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в январе – марте 2016 г.

3.1 Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в первом 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 (табл. 3.1, рис. 3.1).

Таблица 3.1

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

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 82	01.01.2016	31.03.2016	326
2	ИТР 89	01.01.2016	31.03.2016	182
3	ИТР 90	01.01.2016	05.03.2016	127
4	ИТР 91	01.01.2016	16.02.2016	94
5	ИТР 92	01.01.2016	22.02.2016	604
6	ИТР 93	01.01.2016	31.03.2016	202

Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2016 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ, приведено на рис. 3.1.

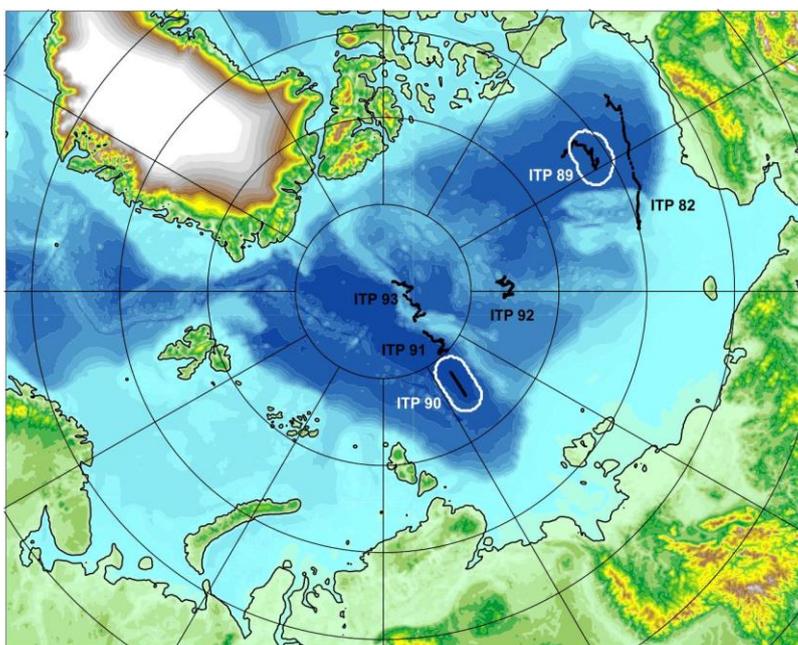


Рис. 3.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2016 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в первом 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 90 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

В первом 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 (27,2 ‰) в сравнении с климатической нормой (29,5 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило -2,3 ‰ (рис. 3.2). В аналогичный период 2015 г. аномалия поверхностной солености составила -3 ‰. Температура верхнего перемешанного слоя варьировалась в пределах -1,5 °С 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 0,6 °С, а средние значения варьировались около -0,1 °С, превышая климатическую норму на 1,1 °С. Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 160-170 м (130 м согласно климатическим данным).

На глубинах от 170-210 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод.

По данным ИТР 89 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 220 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150-160 м.

Глубже 210 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °С) по данным первого квартала 2016 года располагалась на глубине 330 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.

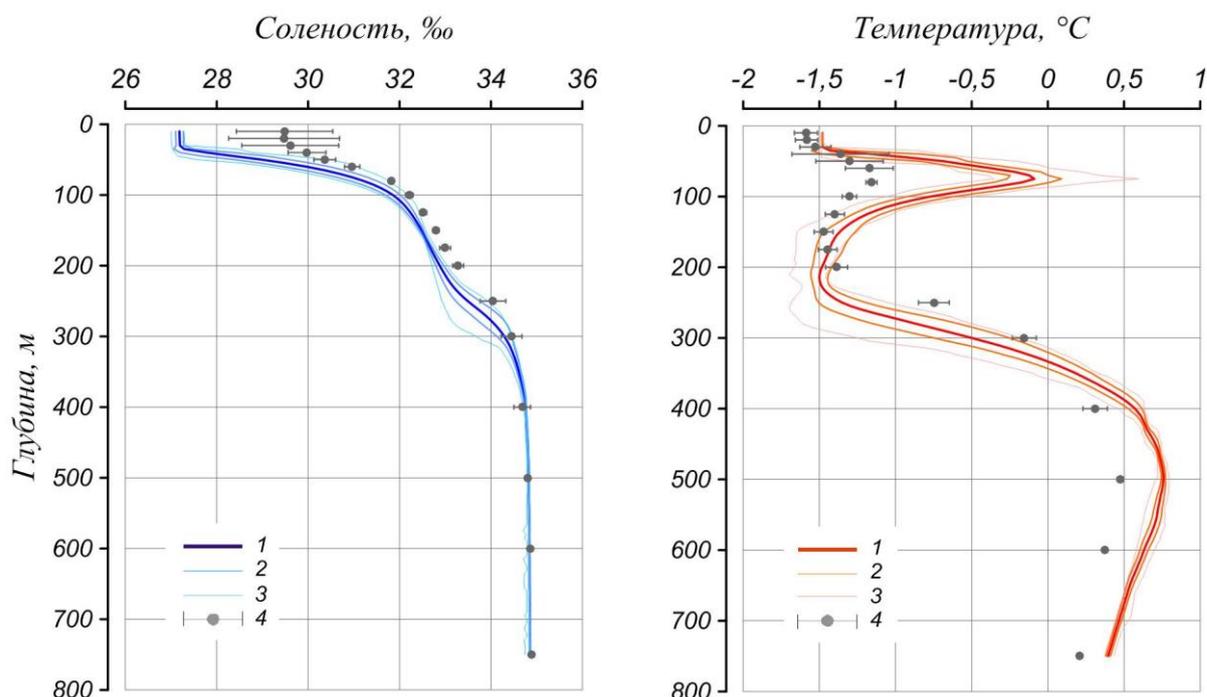


Рис. 3.2. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в январе-марте 2016 г. по результатам измерений профилографа ИТР 89.

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

Евразийский суббассейн

Поверхностный слой в котловине Амундсена Евразийского суббассейна в первом квартале 2016 года по данным ИТР 90 характеризовался высокими положительными значениями аномалии солёности, прослеживающейся до глубины 250-300 м (рис. 3.3). Значения поверхностной солёности составили 32,6 ‰, превышая климатическое среднее на 0,9 ‰. В 2015 году максимальная аномалия поверхностной солёности в котловине Амундсена была выше и составила 1,9 ‰. Поверхностная температура воды (-1,79 °С) была в пределах нормы.

Средние значения температуры в ядре АВ достигли 1,3 °С, превышая климатическую норму на 0,5 °С. Следует отметить, что максимально наблюдаемая температура АВ в первом квартале 2016 г. в котловине Амундсена составила почти 2,0 °С. Помимо аномалии термического состояния продолжает прослеживаться аномалия в локализации ядра АВ и его границ. Верхняя граница АВ, определяемая по изотерме 0 °С, была расположена на глубине 155 м, что примерно на 40 м выше ее климатического положения.

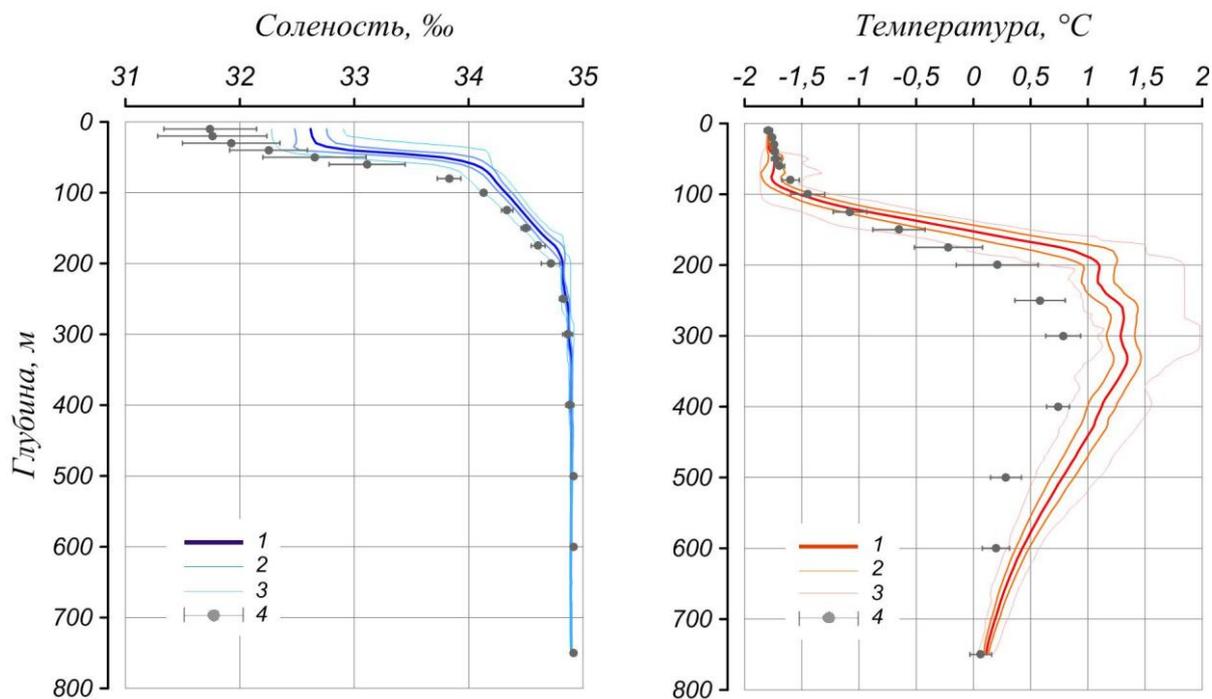


Рис. 3.3. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в котловине Амундсена в январе-марте 2016 г. по результатам измерений профилографа ИТР 90.

Условные обозначения см. рис. 3.2.

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных в первом квартале 2016 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солёности характеризуется наличием дипольной структуры, выраженной отрицательной аномалией (-2,3 ‰) в Американо-Северном суббассейне и положительной аномалией (+0,9 ‰) в Евразийском. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра АВ, значение которой варьируется в пределах +0,3..+0,5 °С. В отдельных случаях в котловине Амундсена аномалия температуры АВ достигла почти +2 °С. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое значение на 1,1 °С.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по март 2016 года 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 январь – март 2015 г.

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

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.4) по данным станции Усть-Кара колебания уровня в январе происходили на пониженном фоне (-7 см), в феврале и марте среднемесячные значение уровня повысились до $+5$ см и $+7$ см, соответственно. На станциях им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) и Амдерма измерения уровня производились только в марте, при этом если на станции им. Е.К. Фёдорова среднемесячный уровень был на 6 см ниже среднемноголетнего значения, то на станции Амдерма средний уровень на 22 см превышал среднемноголетнее значение.

Наибольший подъем уровня в юго-западной части Карского моря отмечался 16 марта, когда уровень на станциях им. Е.К. Федорова, Амдерма и Усть-Кара поднялся соответственно на 79, 94 и 98 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее значительное понижение уровня -71 см, относительно среднемноголетних значений, было зарегистрировано на станции Усть-Кара 16 января.

В северо-восточной части Карского моря (рис. 3.5) на станциях ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина), м. Стерлегова и о-ва Известий ЦИК, колебания уровня в январе происходили на повышенном фоне ($+7$ $+13$ см), в феврале среднемесячные значения уровня приблизились к среднемноголетним (-3 $+3$ см), а в марте вновь поднялись выше среднемноголетних значений ($+5$... $+8$ см).

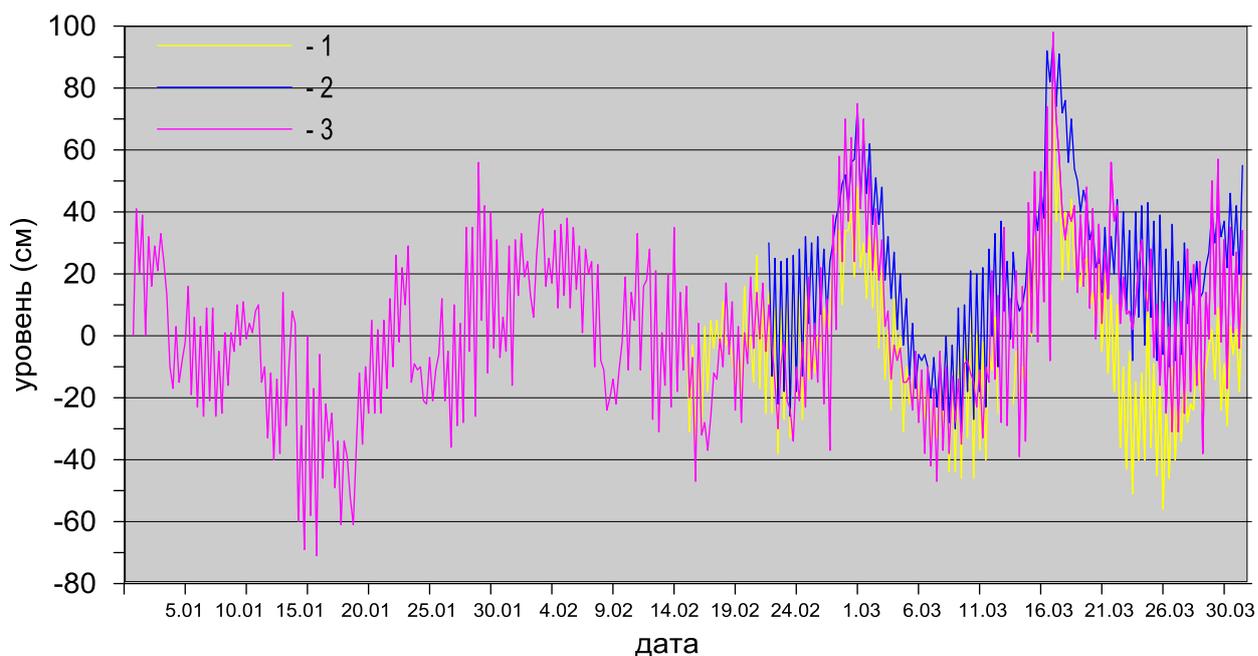


Рис. 3.4. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе–марте 2016 г.
(1 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос); 2 – Амдерма; 3 – Усть-Кара)

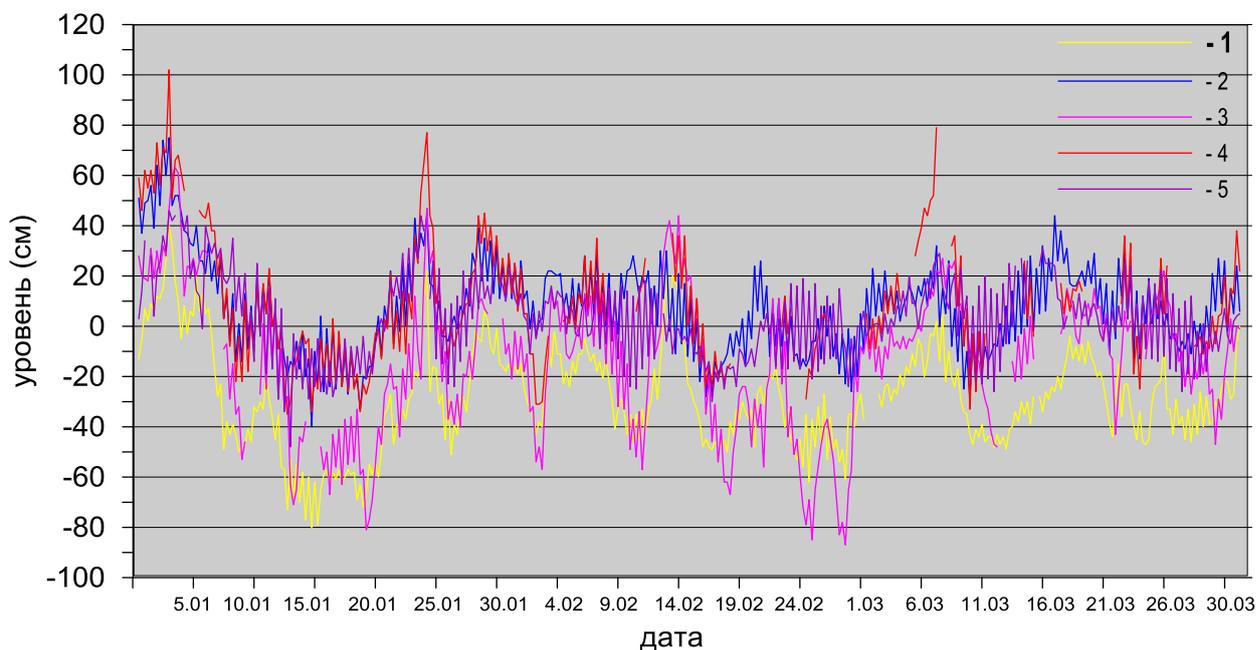


Рис. 3.5. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря
в январе – марте 2016 г.

(1 – Диксон; 2 – о-ва Известий ЦИК; 3– Сопочная Карга; 4 – м. Стерлегова; 5 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина))



При этом в первом квартале 2016 г. на станции о. Диксон колебания уровня происходили на значительно пониженном фоне (-27 см -29 см). Менее значительный пониженный фон колебаний уровня наблюдался на станции Сопочная Карга: среднемесячный уровень для января составил (-14 см), в феврале среднемесячные значения были наименьшими (-23 см), к марту фон колебаний повысился, но оставался пониженным (-6 см).

Наиболее существенное понижение уровня в этом районе наблюдалось 28 февраля на станции Сопочная Карга, когда значение уровня понизилось на 87 см относительно среднемноголетнего значения. Заметное понижение уровня отмечалось в период 13–19 января: 13 января уровень на станциях ГМО им. Е.К. Федорова и м. Стерлегова понизился относительно среднемноголетних значений на 48 и 35 см соответственно, 15 января на станциях о-ва Известий ЦИК и о. Диксон относительно среднемноголетних значений уровень понизился на 40 и 80 см соответственно, а 19 января на станции Сопочная Карга уровень понизился на 81 см относительно среднемноголетнего значения.

Наиболее существенный подъем уровня в северо-восточной части Карского моря отмечался 3–4 января, когда уровень поднялся относительно среднемноголетней величины на 40 см на станции о. Диксон, на 46 см на ГМО им. Е.К. Федорова, на 63 см на станции Сопочная Карга, на 75 см на станции о-ва Известий ЦИК и на 102 см на станции м. Стерлегова.

На станции Новый Порт в Обской губе Карского моря (рис. 3.6) в январе – марте фон колебаний уровня был повышенный ($+16$ см $+19$ см). Наиболее существенное понижение на этой станции наблюдались 30 января и составило -5 см относительно среднемноголетнего уровня, а наиболее существенный подъем уровня отмечался 1 января ($+47$ см).

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рисунок 3.7) колебания уровня на протяжении всего первого квартала происходили на повышенном фоне ($+16$ см $+22$ см). Наибольший подъем уровня наблюдался 9 марта ($+73$ см), а наибольшее понижение уровня наблюдалось 29 февраля (-51 см).

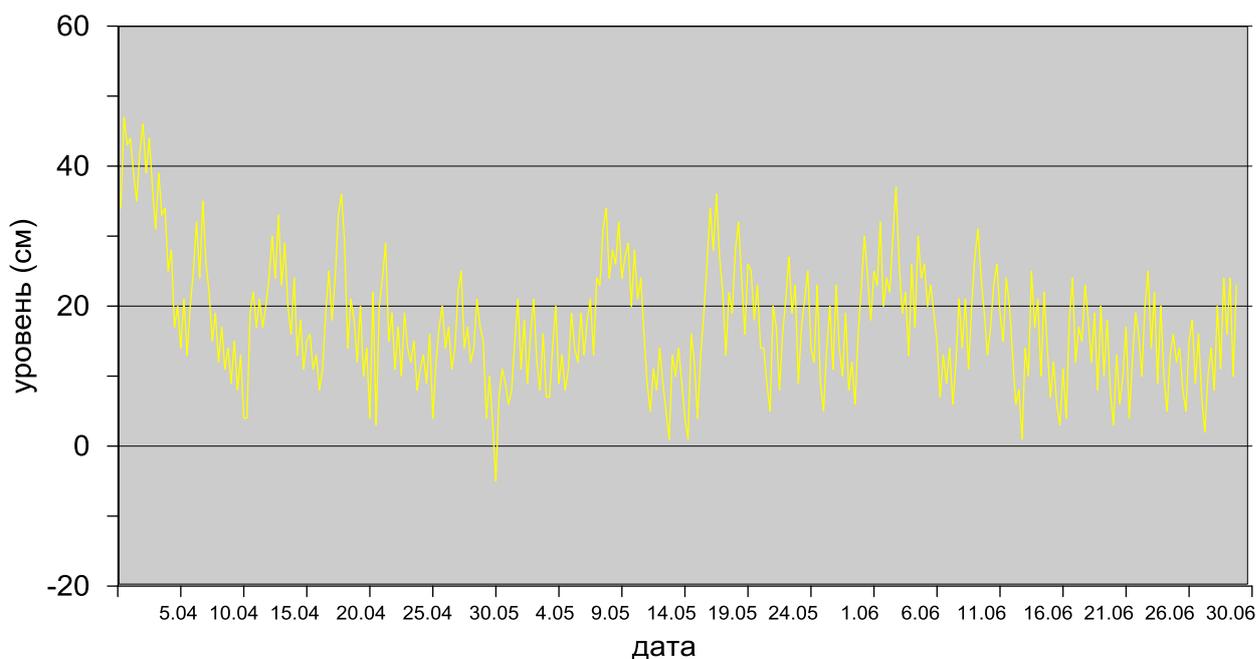


Рис. 3.6. Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в январе – марте 2016 г.

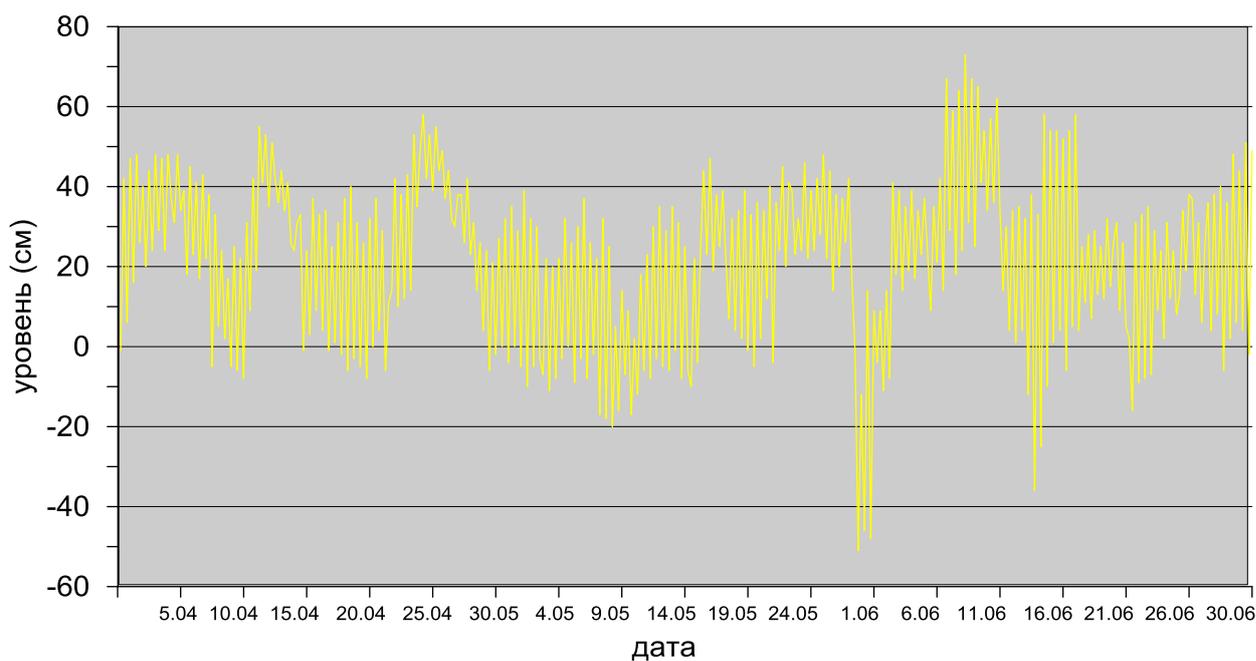


Рис. 3.7. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в январе–марте 2016 г.

В восточной части моря Лаптевых на станциях м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный на протяжении первого квартала отмечалась одинаковая тенденция в изменениях фона уровенных колебаний: в январе среднемесячные значения были наибольшими и не значительно превышали среднегодовые значения на станциях м. Кигилях (+ 17 см) и пр. Санникова (+11 см), только на станции о. Котельный колебания уровня происходили на пониженном фоне (–7 см). В феврале

среднемесячные значения уровня на всех станциях этого района снизились на 12–31 см и были наименьшими (–1 –29 см), в марте фон колебаний повысился, но аномалии уровня оставались отрицательными (–4 см –13 см).

Наибольший подъем уровня в этом районе отмечался 6 января, когда уровень на станции м. Кигилях поднялся на 99 см выше среднемноголетнего значения. Наибольшие понижения уровня происходили 1 и 2 марта и составляли –50 см, –41 см и –82 см на станциях м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный соответственно (рис. 3.8).

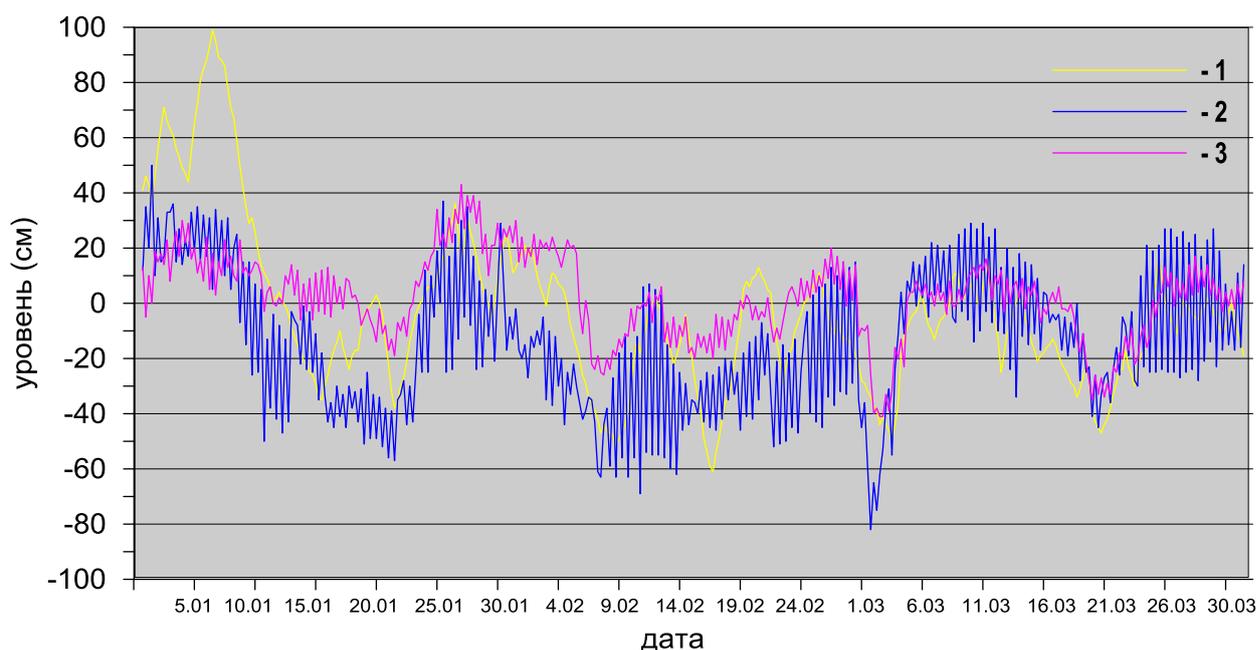


Рис. 3.8. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе – марте 2016 г. (1 – м. Кигилях; 2 – о. Котельный; 3 – пр. Санникова)

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях за первые 3 месяца 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 января по март 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 и Карского морей приведены в таблицах 3.3 и 3.4. Акватории морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского в этот период были покрыты льдом.

Таблица 3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Баренцевом море в первом квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м								
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9
Январь	–	1	12	10	6	1	1	–	–
Февраль	–	1	8	4	10	6	–	–	–
Март	–	5	7	7	7	3	–	–	2
Итого		7	27	21	23	10	1	–	2

Как видно из таблицы 3.3, в первом квартале 2016 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 5 м.

Число случаев, когда высота волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составило:

- 2 (6 %) – в январе;
- 6 (21 %) – в феврале;
- 5 (16 %) – в марте.

Эти показатели ниже, чем в 2015 г. за все три месяца квартала.

Максимальная расчетная высота волн в марте 2016 г. в Баренцевом море превысила 8 м (15 марта 12 и 18 ч UTC и 16 марта 00 ч UTC), что значительно меньше, чем в 2015 г. (в марте 2015 г. она была более 11,5 м). Продолжительность самого сильного мартовского шторма составила 4 дня (с 14 по 17 марта). Следующим по силе штормовой активности стал январь (высота волн более 6 м рассчитана на входе в Баренцево море 2 января на 18 ч UTC). На рисунке 3.9, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs на акватории Баренцева моря на 18 ч UTC 15 марта 2016 г.

Следует отметить, что в январе 2016 г. в Карском море сохранялись две небольшие области чистой воды. Одна из них располагалась в юго-западной части моря около пр. Карские ворота, а вторая – к северу и северо-востоку от арх. Новая Земля. Южная область и пр. Карские ворота покрылись льдом в третьей декаде января, а небольшая северная область, граничащая с Баренцевым морем, оставалась открытой до конца марта. Такое явление в Карском море наблюдалось впервые за весь период расчетов с 2007 по 2015 гг. В таблице 3.3.2 приведены сведения о распределении высот волн Hs для описанных открытых участков Карского моря с января по март 2016 г.

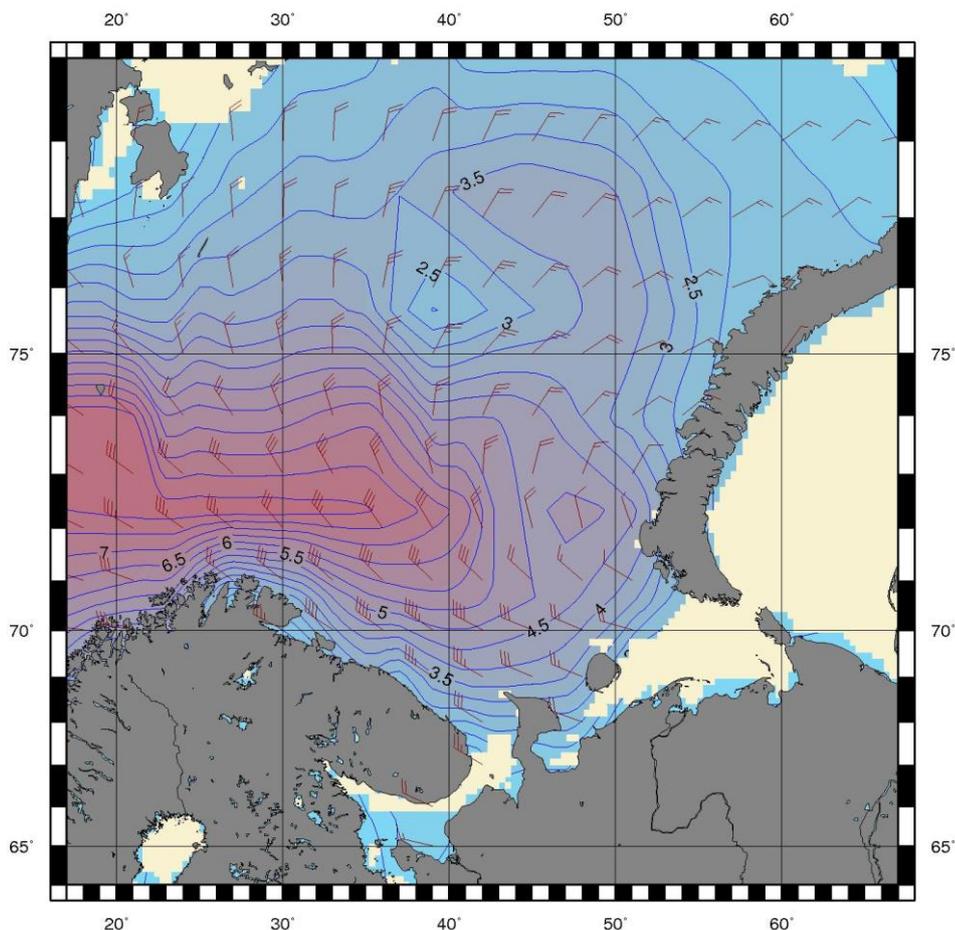


Рис. 3.9. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 15 марта 2016 г.

Как видно из таблицы 3.4, в первом квартале 2016 г. на свободной ото льда акватории Карского моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Наиболее штормовым месяцем стал январь. Максимальная расчетная высота волн в Карском море превысила 4 м (3 января 18 ч UTC).

Таблица 3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Карском море в первом квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Январь	3	15	6	6	1
Февраль	6	10	9	4	–
Март	11	13	5	2	–
Итого	20	38	20	12	1



ВЫВОДЫ

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

В целом, несмотря на сохранение высоких значений положительных аномалий температуры воздуха в Арктике, крупномасштабные атмосферные процессы в январе – марте 2016 г. имели существенные отличия от направленности процессов по сравнению с первым кварталом 2015 г.

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 8 дней и составили 47 дней. Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа М2. Данные процессы отмечались 65 дней, что выше нормы на 15 дней.

В средней тропосфере на изобарической поверхности H500 центр планетарного циркумполярного вихря в январе и феврале располагался в районе Канады. Полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней азиатского и американского антициклонов. В марте центр ЦПВ сместился к северу Гренландии. Влияние высотных гребней антициклонов на полярный район было ослаблено.

Циклоны в системе исландского минимума смещались в январе преимущественно по низкоширотным траекториям на континентальную часть Европы. В дальнейшем по более высоким северным траекториям полярный район Арктики. В системе алеутского минимума циклоны смещались по низкоширотным траекториям и не оказывали существенного влияния на полярный район.

В первом европейском секторе Арктики отмечалась устойчивая тенденция у понижению фона давления от положительных в январе к отрицательным аномалиям в феврале и марте. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в марте. Во втором американском секторе Арктики наблюдалась тенденция к росту давления до положительных аномалий в марте.

В среднем за период январь – март 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 января к марту тенденцию к понижению температурного фона в полярном районе Арктики.

В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха в первом квартале выше на 3 °С, чем в первом квартале прошлого года. Наиболее значительные повышения температурного фона на 3-7 °С отмечались в районах Карского и Баренцева морей.



По данным полярных станций, во всех морях западного района российского сектора Арктики толщина припайного льда была на 20-50 см меньше нормы, а в морях Восточно-Сибирском и Чукотском толщина припайного льда была на 10-20 см меньше нормы (рис. 2.12).

Суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 398 тыс. км² при норме 553 тыс. км², что на 28 % меньше средних многолетних значений, в основном за счет малого развития припая в морях западного района российского сектора Арктики.

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2016 г. составило 11,5 тыс. 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.

Согласно результатам наблюдений, выполненных в первом квартале 2016 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солености характеризуется наличием дипольной структуры, выраженной отрицательной аномалией (-2,3 ‰) в Амеразийском суббассейне и положительной аномалией (+0,9 ‰) в Евразийском. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра АВ, значение которой варьируется в пределах +0,3..+0,5 °С. В отдельных случаях в котловине Амундсена аномалия температуры АВ достигла почти +2 °С. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое значение на 1,1 °С.