

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

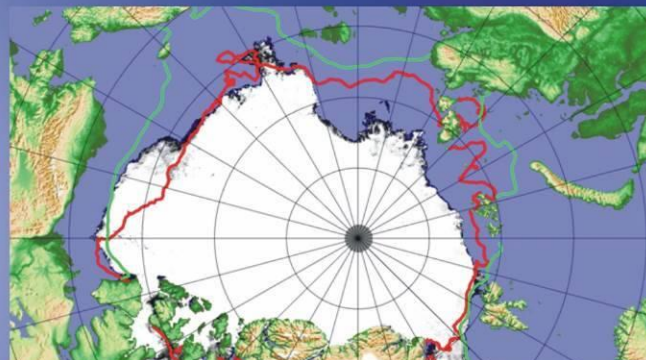


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

І квартал 2015





СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Метеорологические условия Северной полярной области в январе - марте 2015 г...5	
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария	5
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области.....	18
2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях	26
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей	39
3.1 Термохалинные условия	39
3.2 Уровень арктических морей	43
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей	48



Введение

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в первом квартале (январь-март) 2015 г. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, ледовой базы «Мыс Баранова», проектов Всемирной Метеорологической Организации 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., рук. группы к.т.н. Налимов Ю.В.).

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 2015 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 2015 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – декабрь 2014 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 2015 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за первый квартал 2015 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 2015 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	M ₁	M ₂
Число дней	42	16	32	13	5	72
Аномалия	11	-4	-7	-11	-11	22

В период январь – март 2015 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов западной (W) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 11 дней и составили 42 дня.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₂. Данные процессы отмечались в 72 днях, что выше нормы на 22 дня.

Анализ процессов показал, что в январе – марте 2015 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 2015 г. представлен на рис. 1.1

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с января по март 2015 г. выглядит следующим образом:

Январь – W_{M2} → Февраль - W_{M2} → Март – E_{M2}

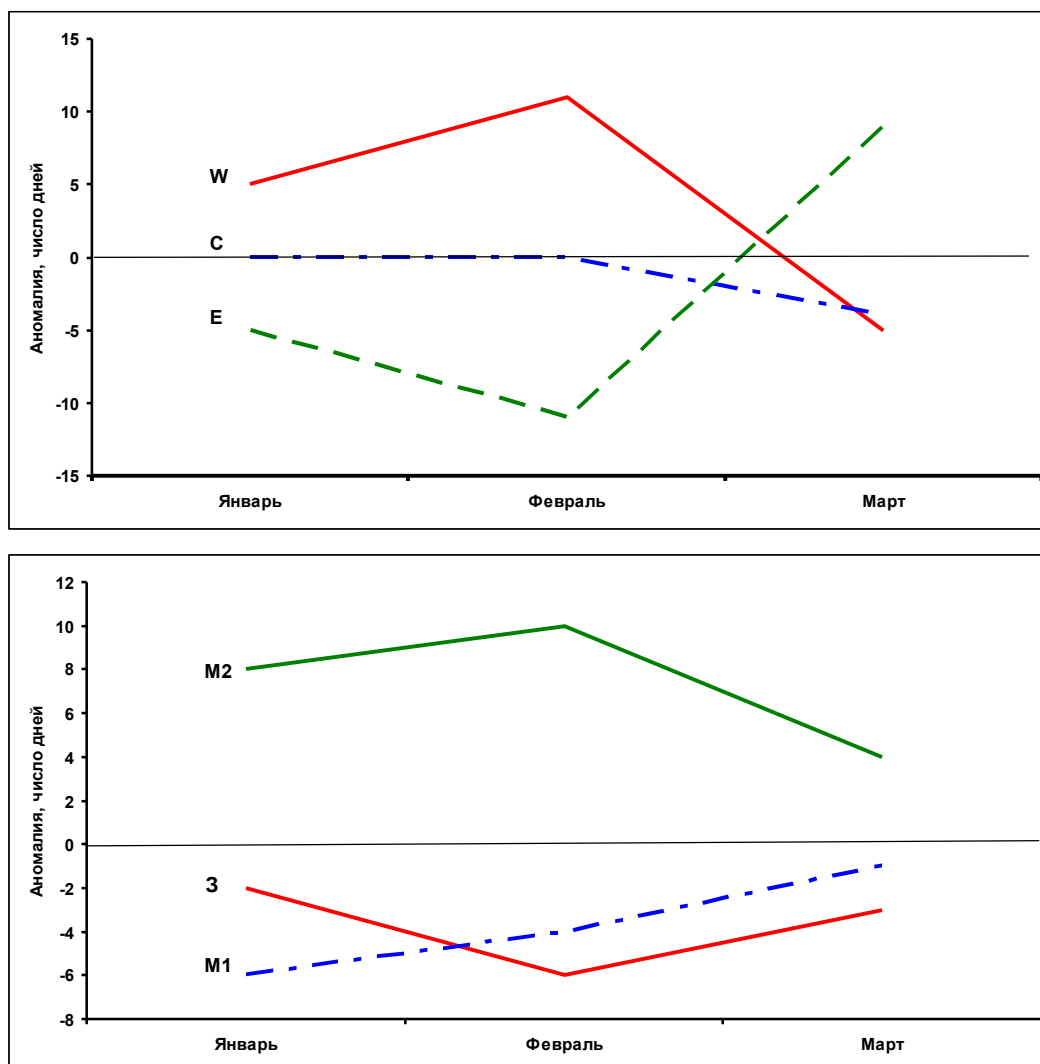


Рис. 1.1 – Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период январь – март 2015 г.

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

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 в виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления отдельно для европейского и американского секторов Арктики. При положительных значениях аномалий давления интегральная кривая идет вверх, при отрицательных – вниз.

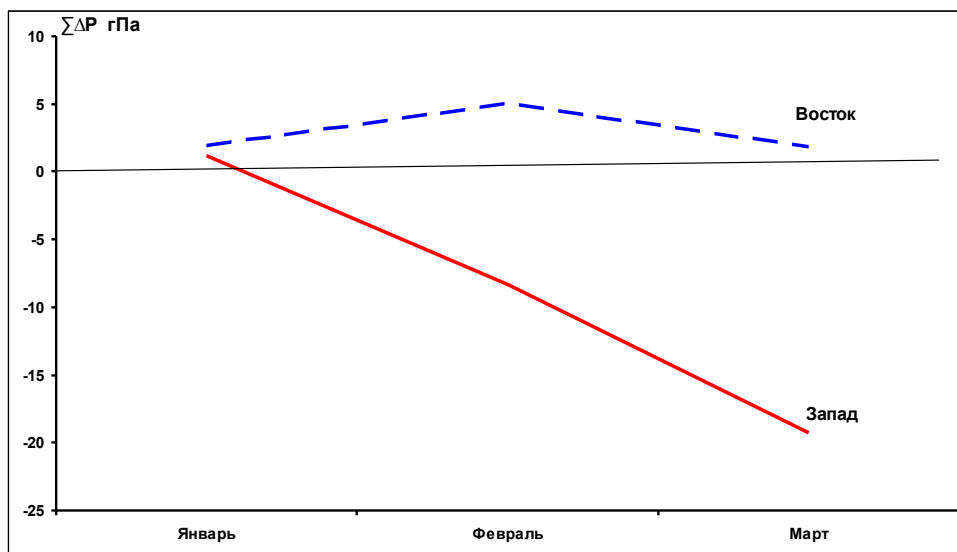


Рис. 1.2 – Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления (гПа) в январе-марте 2015 г. европейском (запад) и американском (восток) секторах полярного района Арктики

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

Во втором американском секторе Арктики на фоне ослабления арктического антициклона наблюдалась тенденция падения давления от положительных аномалий в январе и феврале к отрицательным в марте.

Изменения среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району в январе–марте 2015 г. представлены на рис. 1.3.

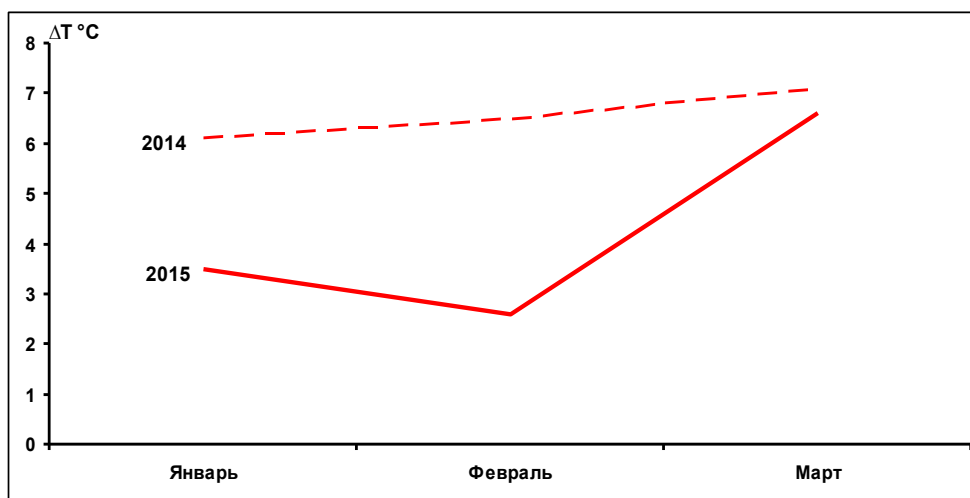


Рис. 1.3 – Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – марте 2013, 2014 и 2015 гг.

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

Тенденция к значительному повышению температурного фона от января и февраля к марту была обусловлена крупномасштабной перестройкой атмосферных процессов и сменой в направленности воздушных потоков. В марте на фоне роста процессов восточной формы циркуляции с высокоширотными траекториями циклонов в системе исландского минимума отмечалась более устойчивая адвекция теплых воздушных масс полярный район Арктики.

Структурные особенности развития атмосферных процессов в первом квартале 2015 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуры воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

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

В январе полярный район находился под влиянием высотного гребня антициклона, под которым в приземном поле сформировался антициклональный режим циркуляции. Вследствие этого циркумполярный вихрь на изобарической поверхности 500 гПа имел два центра. Один располагался в район Канады и второй над районом Таймыра (рис. 1.4).

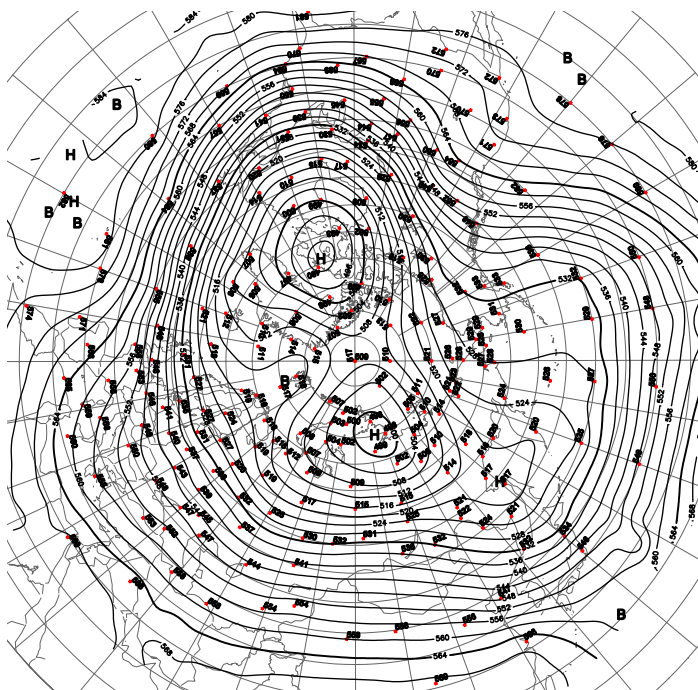


Рис. 1.4 – Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в январе 2015 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов западной формы циркуляции. Под влиянием гребня арктического антициклона циклоны в системе исландского минимума смещались по низкоширотным траекториям по континентальной части Евразии. Фон давления в приполюсном районе и в Баренцевом море был выше нормы на 2 гПа. Воздушные потоки преимущественно южных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс в Арктику. Фон температуры был выше нормы. Исключением явился район юго-восточной части Баренцева моря и юго-западной части Карского моря, где преобладали воздушные потоки северо-восточных и юго-восточных направлений. Фон температуры был ниже нормы на 2-4 °С (рис. 1.5, 1.6).

Во втором (тихоокеано-американском) секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типа M_2 . Характерной особенностью развития макропроцессов было усиление арктического антициклона и влияние его гребня на Берингово море. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению нормой по низкоширотным траекториям и не оказывали существенного влияния на полярный район Арктики. Фон давления был выше нормы. В теплой части антициклона преобладала адвекция теплых воздушных масс. Температурный фон был выше нормы на 4-6 °С (рис. 1.5, 1.6).

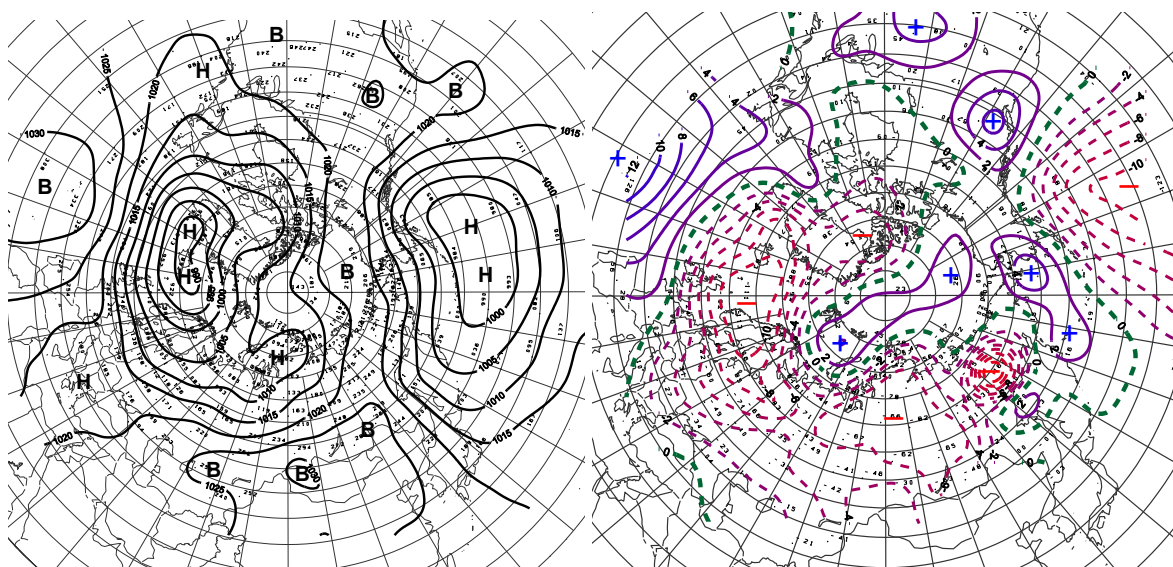


Рис. 1.5 – Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в январе 2015 г.(гПа)

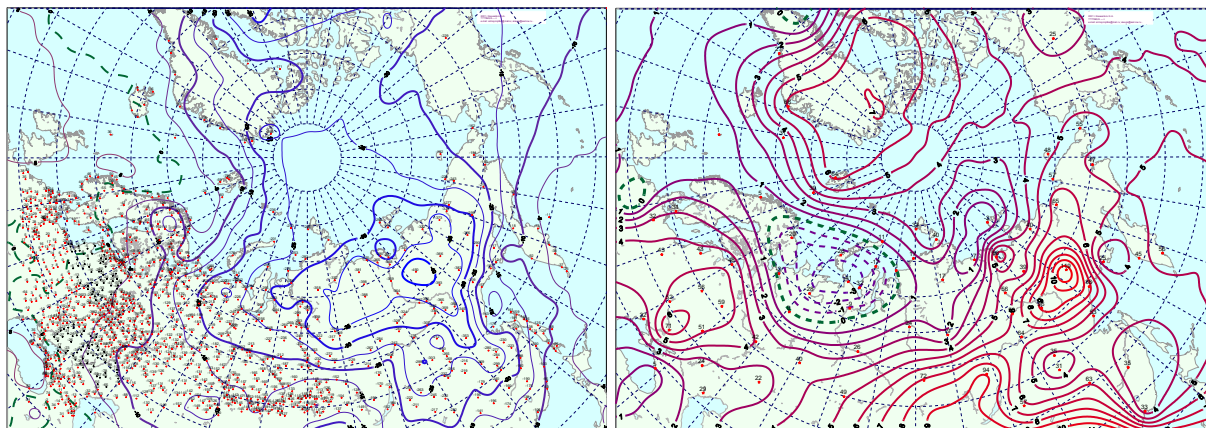


Рис. 1.6 – Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в январе 2015 г., (°C)

В феврале произошла перестройка высотного поля над полярным районом от антициклональной к циклональной циркуляции. Центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе северной части Гренландии. Две его генеральные ложбины были ориентированы на Северную Америку и Восточную Сибирь. Преобладающие воздушные потоки в средней тропосфере были направлены в первом секторе полушария в зональном направлении. Во втором секторе под влиянием высотного гребня гавайского антициклона в меридиональном направлении (рис. 1.7).

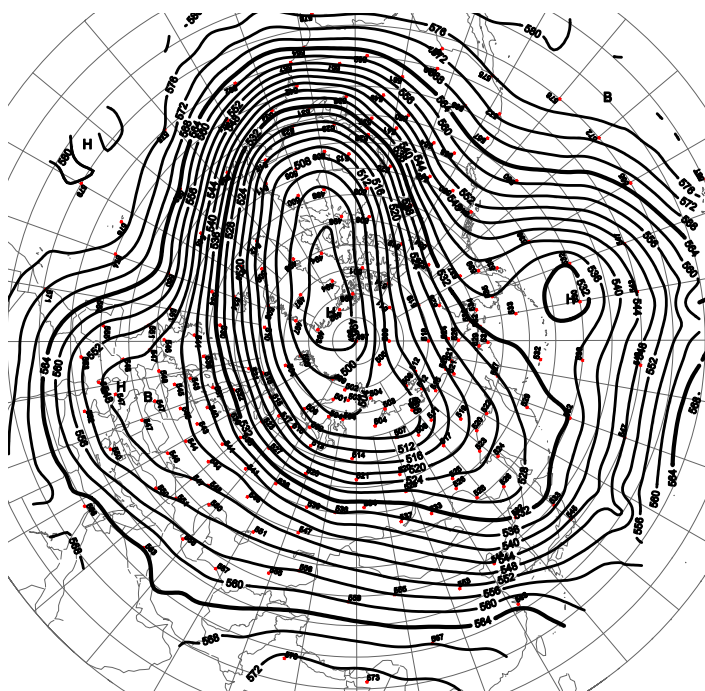


Рис. 1.7 – Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в феврале 2015 г.

В первом секторе сохранилась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов западной формы циркуляции разновидностей с высокоширотными траекториями циклонов Северной Атлантики в приполюсный район Арктики. Знак аномалии давления по сравнению с январем сменился на противоположный. Отрицательные значения среднемесячных аномалий давления достигали в приполюсном районе 12 гПа.

При устойчивых в течение месяца воздушных потоках западных и юго-западных направлений фон температуры был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 5-7°C) отмечались над континентальной частью Европы. В западной Арктики значения аномалии температуры составили 2-3 °C (рис.1.8, 1.9).

Во втором (тихоокеано-американском) секторе направленность крупномасштабных процессов при аномально высокой повторяемости типа M_2 сохранилась. Отличием явилось усиление гребней азиатского и американского антициклонов. Фон температуры по сравнению с январем понизился на 2-4 °C (рис.1.8, 1.9).

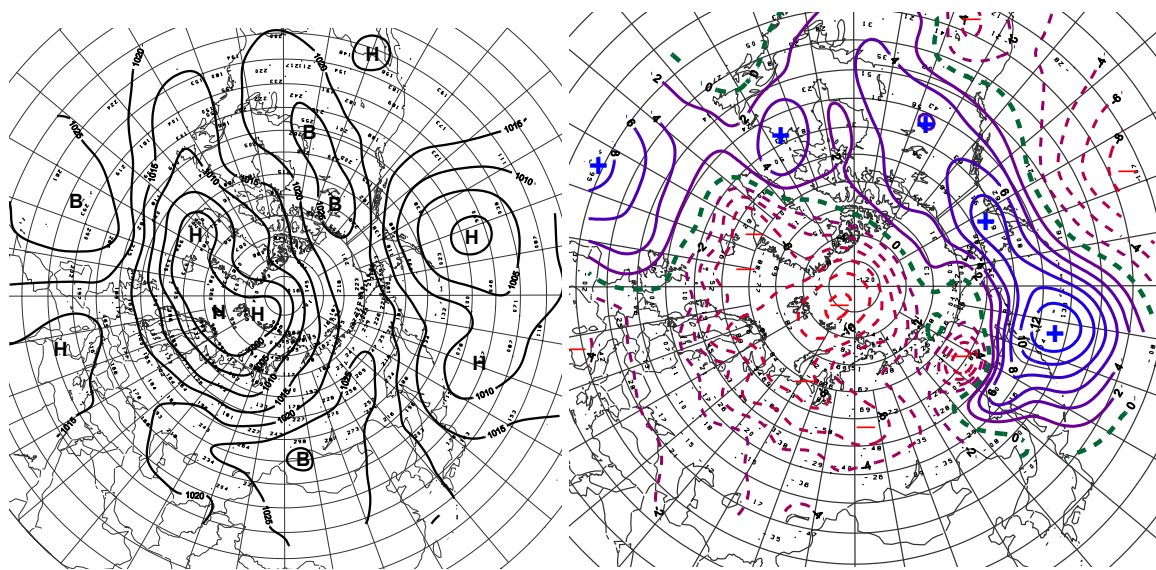


Рис. 1.8 – Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в феврале 2015 г., гПа

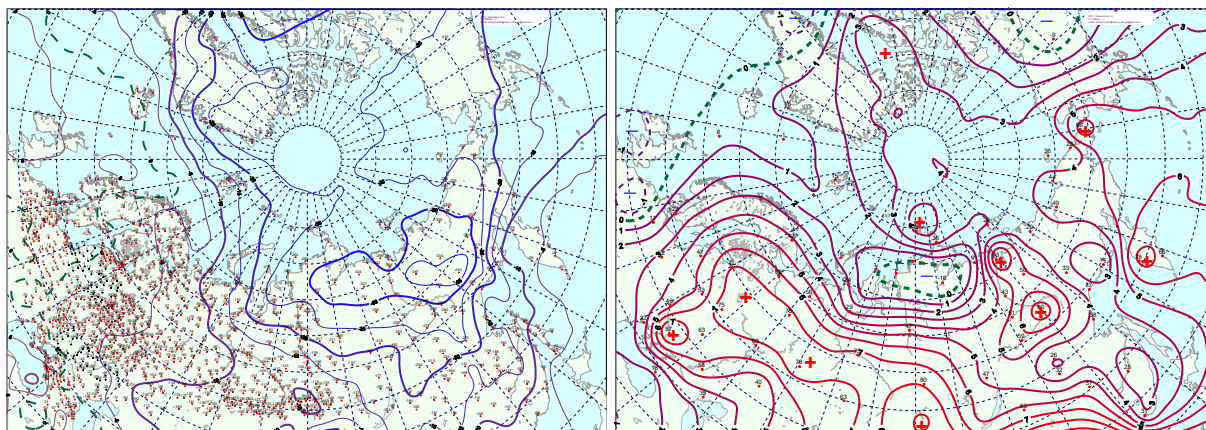


Рис. 1.9 – Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в феврале 2015 г., (°С)

В марте произошла перестройка высотного поля над полярным районом Арктики. Под влиянием высотных гребней на приполюсный район циркумполярный вихрь на изобарической поверхности 500 гПа имел два центра. Один располагался в район моря Баффина и второй над районом Таймыра. В этих районах в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность (рис. 1.10).

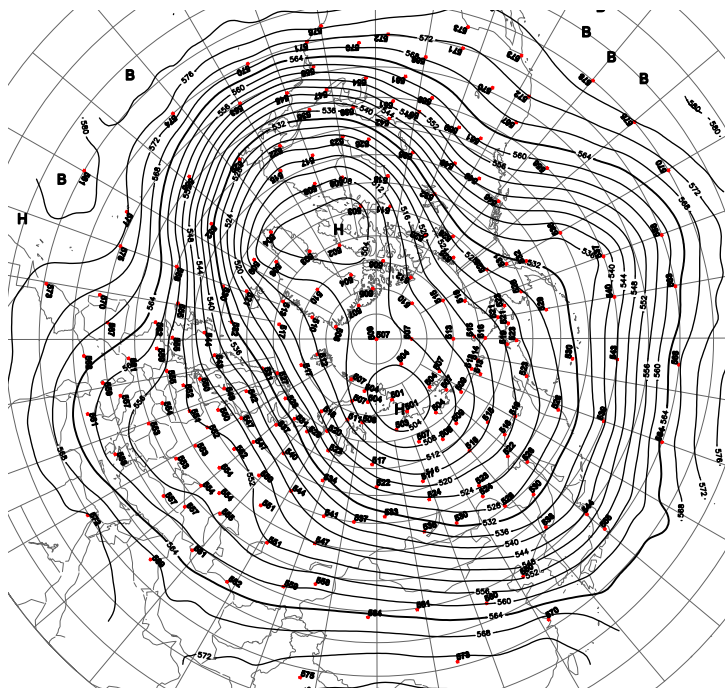


Рис. 1.10 – Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в марте 2015 г.

В первом секторе произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от западной к восточной форме циркуляции. Континентальная

часть Европы находилась под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле преобладал антициклональный режим циркуляции и погоды.

Вследствие этого циклоны Северной Атлантики смещались в Арктику по высокоширотным траекториям через акваторию Баренцева, Карского и Лаптевых морей.

Фон давления в Карском море был значительно ниже нормы и составил в среднем за месяц аномалию более 14 гПа. При воздушных потоках южных направлений фон температуры по сравнению с январем и февралем значительно повысился. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры воздуха (до 10 °С) отмечались в Карском и Баренцевом морях (рис. 1.11, 1.12).

Во втором секторе направленность крупномасштабных процессов сохранилась при аномально высокой повторяемости меридиональных процессов типа циркуляции M_2 . Отличием явилось то, что под влиянием глубоких циклонов с запада, произошло ослабление интенсивности арктического антициклона и понижение давления от положительных до отрицательных аномалий. При усилении адвекции теплых воздушных масс фон температуры повысился на 3-5 °С (рис. 1.11, 1.12).

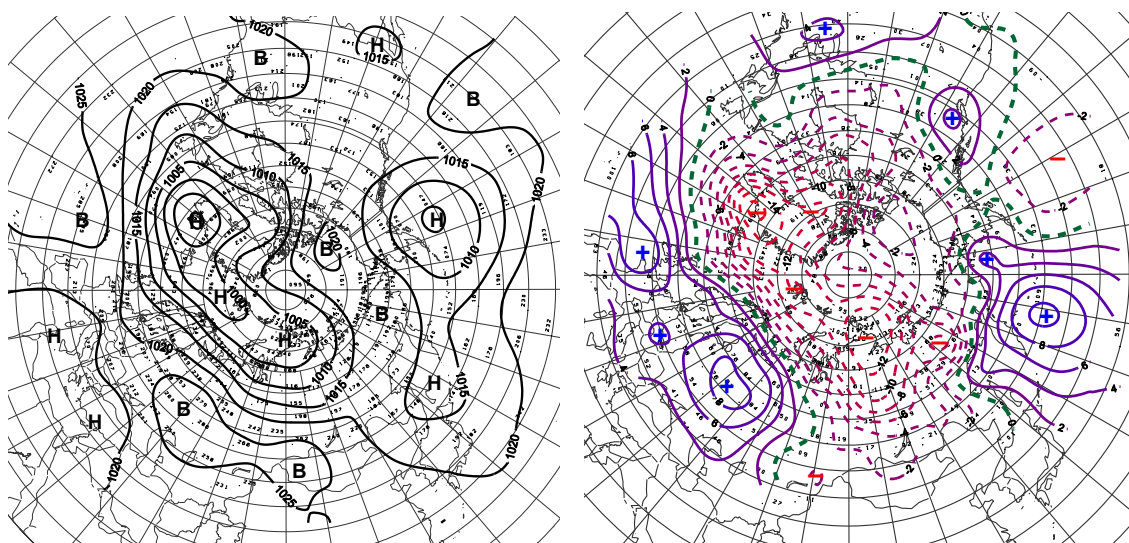


Рис. 1.11 – Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа)
в марте 2015 г., гПа

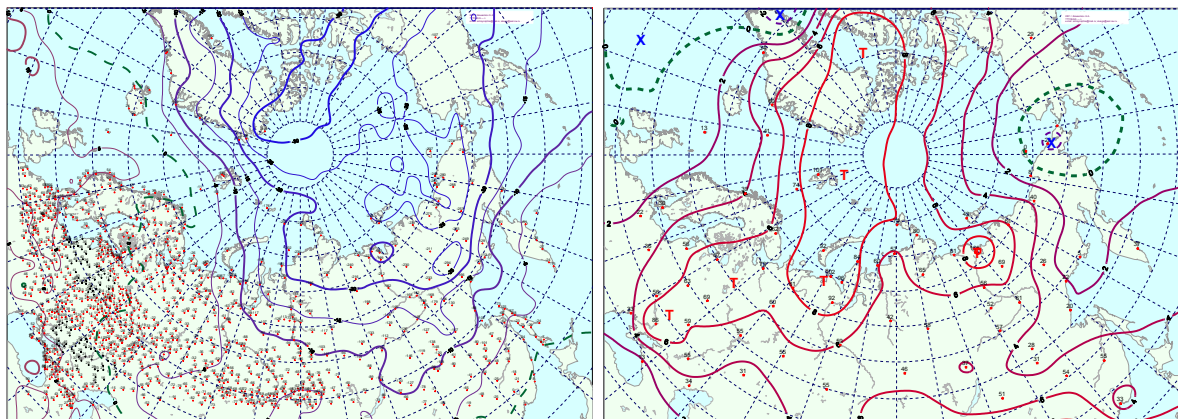


Рис. 1.12 – Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в марте 2015 г., (°C)

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 2015 г. сохранился. Как было показано, основным отличием с прошлым 2014 г., явилось значительное понижение 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 2015 г. в сравнение с прошлым 2014 г. Наиболее значительные понижения температурного фона на 4-6 °C отмечались в районах Карского и Баренцева морей.

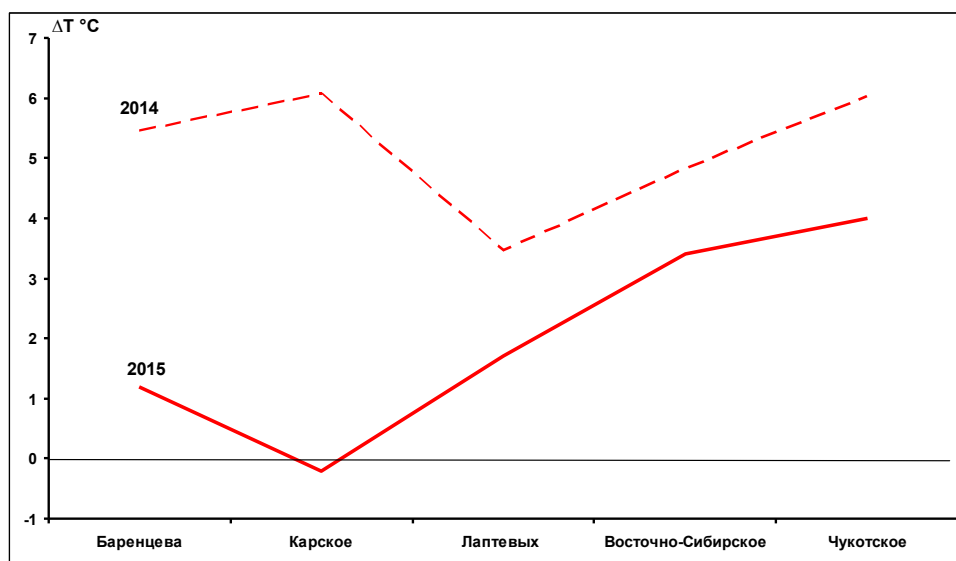


Рис. 1.13 – Средние за первую декаду значения аномалий температуры воздуха (°C) по акватории морей российской Арктики в 2014 и 2015 гг.



Структурные внутримесячные особенности развития и перестроек атмосферных процессов в январе-марте 2015 г. по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) представлены в таблице 1.2. Эти разновидности отражают географическая ориентация основных блокирующих гребней антициклонов, с которыми сопряжены более высокоширотные или более низкоширотные по сравнению с нормой траектории циклонов в системах исландского и алеутского минимумов.

Изменения от одного ЭСП к другому сопровождаются сменой знака барических полей и направлением преобладающих воздушных потоков в масштабе естественного синоптического района при крупномасштабных перестройках циркуляции атмосферы.

Таблица 1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с января по март 2015 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	W	M ₂	1-3	E	M ₂	1-5	E	M ₁
2-3	W	M ₂	4-6	C	M ₂	6-10	W	M ₂
4-5	C	M ₂	7-9	C	M ₂	11-13	E	M ₂
6-8	E	M ₂	10-12	W	M ₂	14-15	E	3
9-12	W	M ₂	13-15	W	M ₂	16-18	E	M ₂
13-16	W	M ₂	16-17	E	M ₂	19-22	C	M ₂
17-18	W	M ₂	18-20	W	M ₂	23-25	E	M ₂
19-22	C	3	21-23	W	M ₂	26-28	E	3
23-26	W	3	24-25	W	M ₂	29-31	E	3
27-30	E	M ₂	26-28	W	M ₂			
31	E	M ₂						
Итого	W – 17 (5) C – 6 (0) E – 8 (-5)	3 – 6 (-2) M ₁ – 0 (-6) M ₂ – 25 (8)	Итого	W – 20 (11) C – 6 (0) E – 2 (-11)	3 – 0 (-6) M ₁ – 0 (-4) M ₂ – 28 (10)	Итого	W – 5 (-5) C – 4 (-4) E – 22(9)	3 – 8 (-2) M ₁ – 5 (-1) M ₂ – 18 (3)

Примечания

1 ЭСП – элементарный синоптический процесс;

2 А-Е – атлантико-европейский сектор полушария;

3 Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария.

4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типами (3, M₁, M₂) атмосферной циркуляции.



Выводы

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период январь - март 2015 г., можно сделать следующие выводы.

1. В целом, несмотря на сохранение высоких значений положительных аномалий температуры воздуха в Арктике, крупномасштабные атмосферные процессы в январе – марте 2015 г. имели существенные отличия от направленности процессов по сравнению с первым кварталом 2014 г.
2. Атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе в январе и феврале процессов западной (*W*), а в марте восточной (*E*) форм циркуляции. Во втором секторе крайне высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M_2 .
3. В средней тропосфере на изобарической поверхности H_{500} центр планетарного циркумполярного вихря наиболее часто находился в районе Канады и Таймыра. Высотная фронтальная зона под влиянием блокирующих гребней располагалась севернее по сравнению с нормой.
4. Циклоны в системе исландского минимума смещались в Арктику преимущественно по высокоширотным траекториям, а системе алеутского минимума по низкоширотным траекториям.
5. Над полярным районом преобладал фон давления ниже нормы. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в западном секторе Арктики, где отмечалась от месяца к месяцу устойчивая тенденция к интенсивному понижению давления.
6. В среднем за период январь – март 2015 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 и февраля тенденцию к значительному повышению температурного фона в полярном районе Арктики.
7. В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха в первом квартале ниже на 2-3 °С, чем в первом квартале прошлого года. Наиболее значительные понижения температурного фона на 4-6 °С отмечались в районах Карского и Баренцева морей.

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, поступавшие с дрейфующих буев МПАБ.

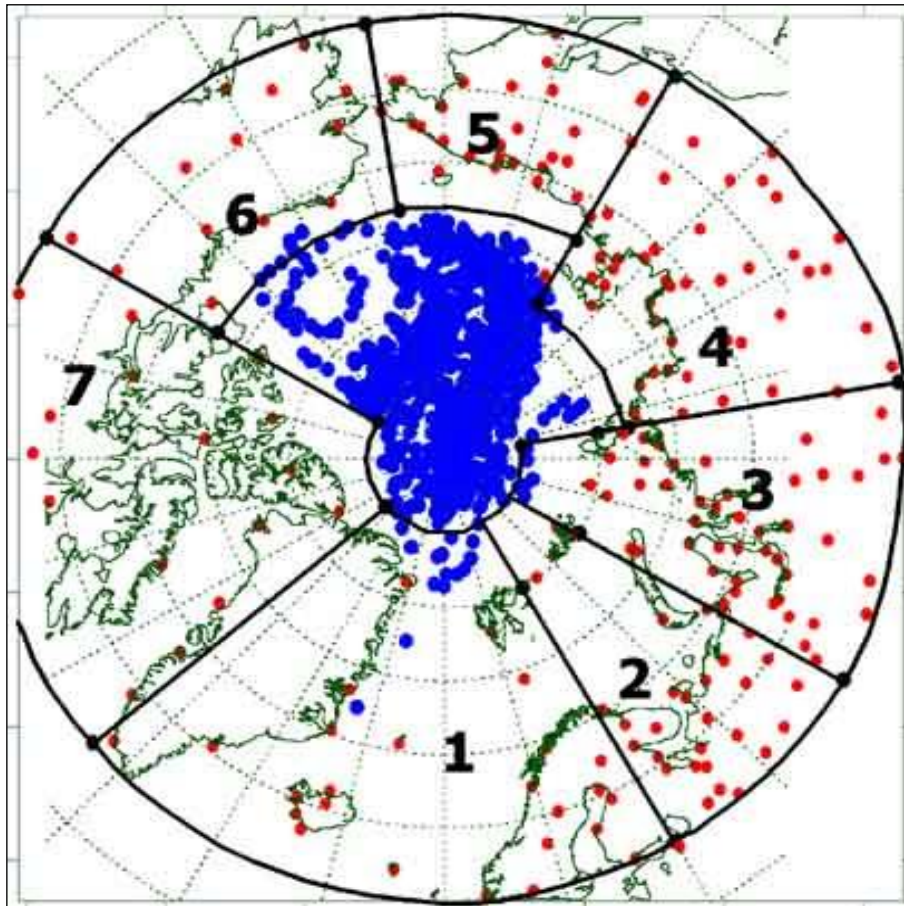


Рис. 1.14 – Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

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 2014 г. по февраль 2015 г.



Оценка аномалий средней температуры воздуха за зимний сезон 2014-2015 гг. по отдельным широтным зонам представлена в табл.1.3. В целом по широтной зоне 60-85° с.ш. аномалия температуры воздуха составила 2,7 °С и прошедшая зима стала четвертой по рангу теплых лет за период с 1936 г. Наиболее теплая зима отмечалась в 2012 г. с аномалией температуры 2,9 °С. К северу от 70° с.ш., в широтной зоне 70-85° с.ш., зимний сезон оказался тринадцатым теплым сезоном с аномалией температуры 2,5 °С, а к югу от 70° с.ш., в широтной зоне 60-70° с.ш., наиболее теплым сезоном с аномалией 2,8 °С по рангу теплых лет с 1936 г. Предыдущий наиболее теплый зимний сезон в этой широтной зоне наблюдался в 2008 г. с аномалией температуры 2,4 °С.

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 2014-2015 гг.

Широтная зона, ° с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	2,5	13	2006 (4,1)	1966 (-2,2)
60-70	2,8	1	2014 (2,8)	1966 (-2,7)
60-85	2,7	4	2012 (2,9)	1966 (-2,5)

Сопоставление значений пространственно-осредненных по территориям климатических районов аномалий температуры воздуха обнаружило крупные положительные аномалии температуры в приатлантическом и притихоокеанском секторах (табл.1.4). Значение пространственно-осредненной по территории района аномалии составило: в Западносибирском 3,4 °С, в Восточносибирском 3,2 °С, в Чукотском 2,8 °С и Аляскинском 4,2 °С. Для Чукотского и Аляскинского районов прошедшая зима оказалась пятой теплой зимой с 1936 г.

Таблица 1.4

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

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	2,0	14	2014 (3,9)	1966 (-2,4)
Североевропейский	3,0	22	1937 (6,5)	1979 (-4,4)
Западносибирский	3,4	15	2012 (7,6)	1969 (-5,6)
Восточносибирский	3,2	6	1989 (4,1)	1966 (-4,5)
Чукотский	2,8	5	1938 (3,8)	2002 (-2,3)
Аляскинский	4,2	5	2001 (6,5)	1965 (-5,6)
Канадский	0,4	39	2010 (5,0)	1972 (-3,6)

На метеорологических станциях в районах арктических морей и на территории суши севернее 70° с.ш. отмечались только положительные аномалии температуры воздуха (рис.1.15).

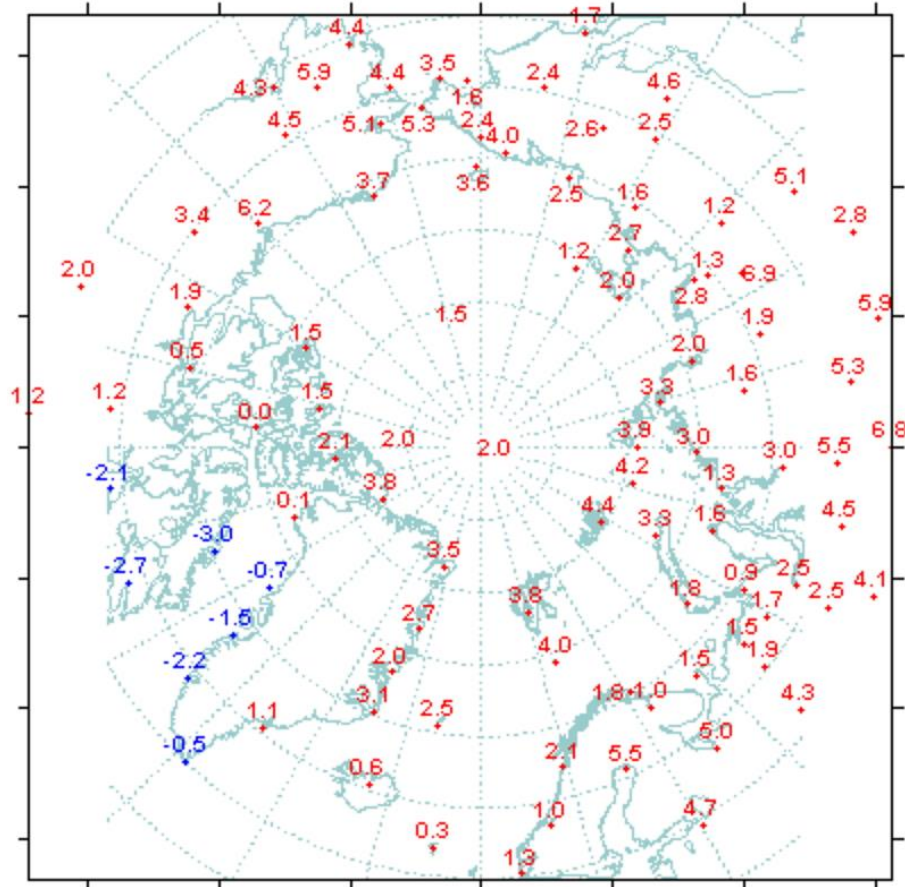


Рис. 1.15 –. Значения аномалий средней температуры воздуха зимнего сезона 2014-2015 гг. на станциях Северной полярной области, $^{\circ}\text{C}$

Крупные положительные аномалии наблюдались на станциях северной части Гренландского и Норвежского морей и на станциях района Чукотского моря и моря Бофорта. Здесь аномалии температуры воздуха достигали $3-4^{\circ}\text{C}$. В целом, по району северной части Гренландского и Норвежского морей, пространственно-осредненная аномалия составила $3,1^{\circ}\text{C}$, а в районе Чукотского моря $3,8^{\circ}\text{C}$ (табл.1.5). Зима 2014/15 г. в районе Чукотского моря оказалась пятой по рангу теплых лет с 1936 г.

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



Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в зимнем сезоне 2014-2015 гг. на территории севернее 70°с.ш.

Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Сев. часть Гренландского и Норвежского	3,1	16	2014 (6,1)	1966 (-2,7)
Баренцево море	2,7	25	1937 (7,6)	1979 (-3,4)
Карское море	2,6	30	1945 (9,8)	1979 (-5,9)
Море Лаптевых	2,6	14	2012 (4,6)	1979 (-4,4)
Восточно-Сибирское море	2,3	7	1938 (4,9)	1966 (-3,3)
Чукотское море	3,8	5	1938 (5,7)	1939 (-3,4)
Море Бофорта	3,2	8	2006 (5,4)	1966 (-3,1)
Северная часть Канадского района	0,4	40	2010 (5,0)	1949 (-3,6)

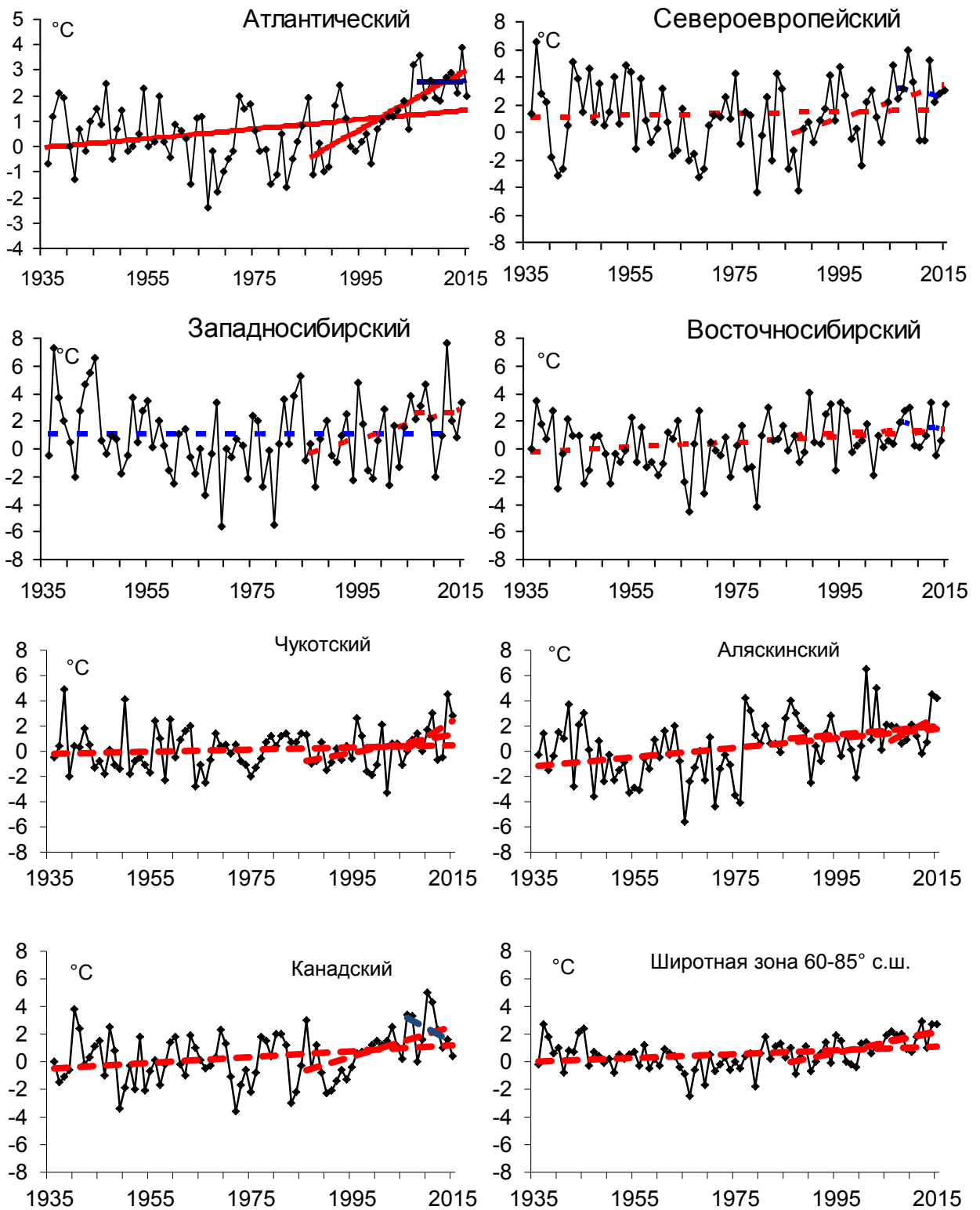


Рис. 1.16 – Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °C

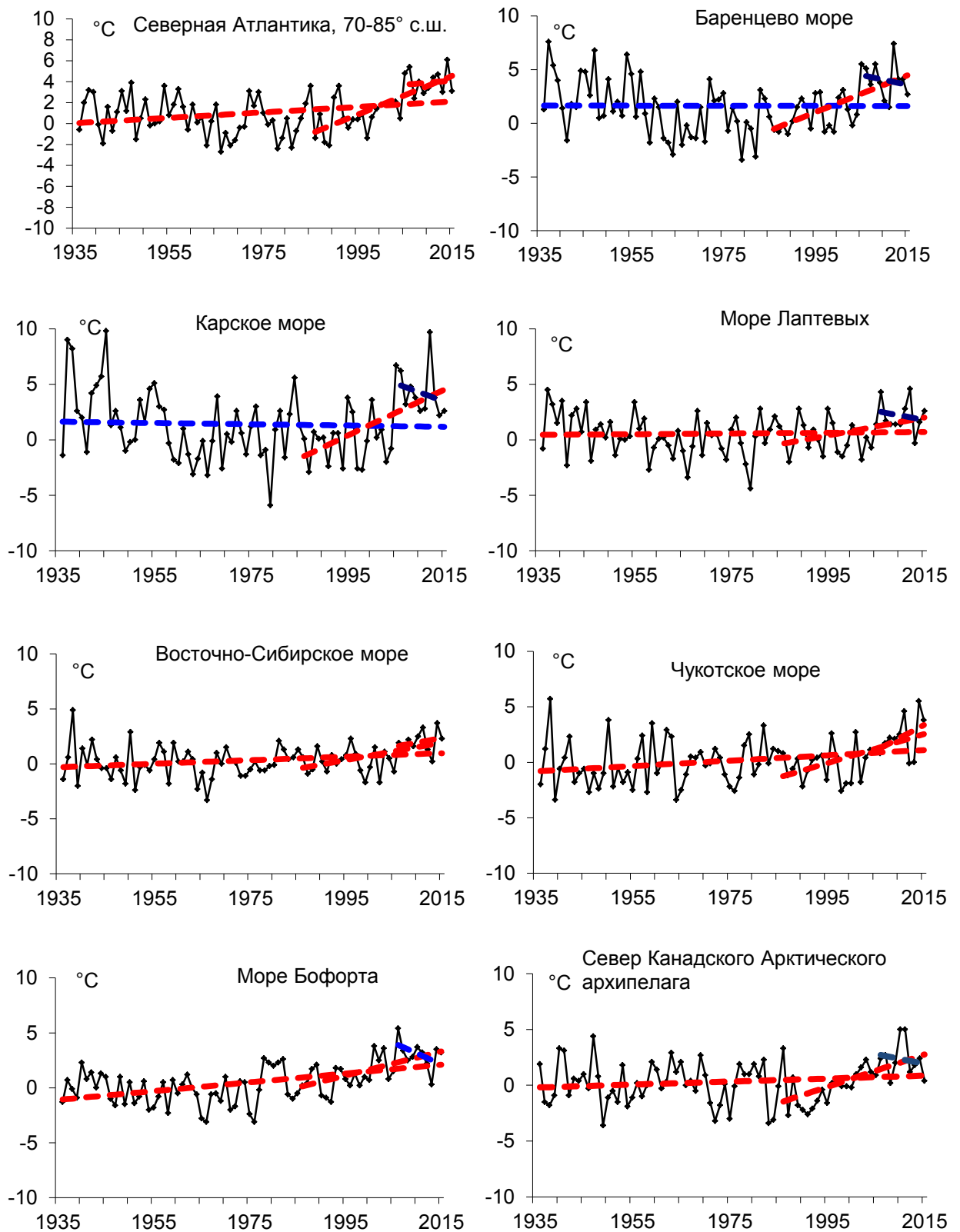


Рис. 1.17 – Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °C



Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за зимний сезон с 1936 по 2015 гг. показала наличие статистически значимого положительного линейного тренда в целом для СПО и для широтной зоны 60-70° с.ш. (на 5-% уровне значимости) (табл.1.6). Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за зимний сезон температуры прослеживается в Атлантическом, Аляскинском и Канадском (на 5-% уровне значимости) районах, где он соответственно равен 0,19, 0,37 и 0,21 °С/10 лет (линейное увеличение температуры за 80 лет составило 1,5, 3,0 и 1,7 °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	1936/37-2014/15		1985/86-2014/15		2005/06-2014/15	
	Vx	D	Vx	D	Vx	D
Атлантический	0,19	32,8	1,17	76,0	0,06	2,5
Североевропейский	0,06	5,9	1,22	45,5	-0,70	10,0
Западносибирский	0,00	0,4	1,10	39,2	0,02	0,3
Восточносибирский	0,19	23,7	0,15	8,4	-0,61	12,7
Чукотский	0,09	12,1	0,72	37,9	2,43	43,0
Аляскинский	0,37	37,3	0,34	15,0	2,08	41,2
Канадский	0,21	27,9	1,10	54,4	-1,95	35,4
70-85° с.ш.	0,13	21,5	1,41	80,7	-0,36	15,4
60-70° с.ш.	0,17	34,0	0,37	32,5	0,58	16,2
60-85° с.ш.	0,14	29,7	0,75	65,1	0,74	28,3

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

В последнем тридцатилетнем периоде статистически значимое повышение температуры составило: в широтной зоне 70-85° с.ш. 4,2 °С/30 лет (на 5-% уровне значимости) и в широтной зоне 60-85° с.ш. 2,2 °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 6,2 °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	1936/37-2014/15		1985/86-2014/15		2005/06-2014/15	
	Vx	D	Vx	D	Vx	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,26	29,8	1,84	75,1	0,40	10,1
Баренцево море	0,00	0,4	1,72	67,1	-0,90	15,8
Карское море	-0,06	4,3	2,07	59,5	-1,61	21,3
Море Лаптевых	0,03	4,0	0,81	41,6	-0,82	16,9
Восточно-Сибирское море	0,16	25,6	0,79	51,2	0,79	22,7
Чукотское море	0,24	27,2	1,31	57,2	2,31	37,4
Море Бофорта	0,40	51,9	1,10	60,3	-1,96	46,1
Северная часть Канадского района	0,13	16,2	1,45	63,2	-0,88	16,2

Примечание: Vx – значение линейного тренда в °C/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

Оценки развития ледовых условий в первом квартале 2015 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований проводимых в 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 2015 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/Td. 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 границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

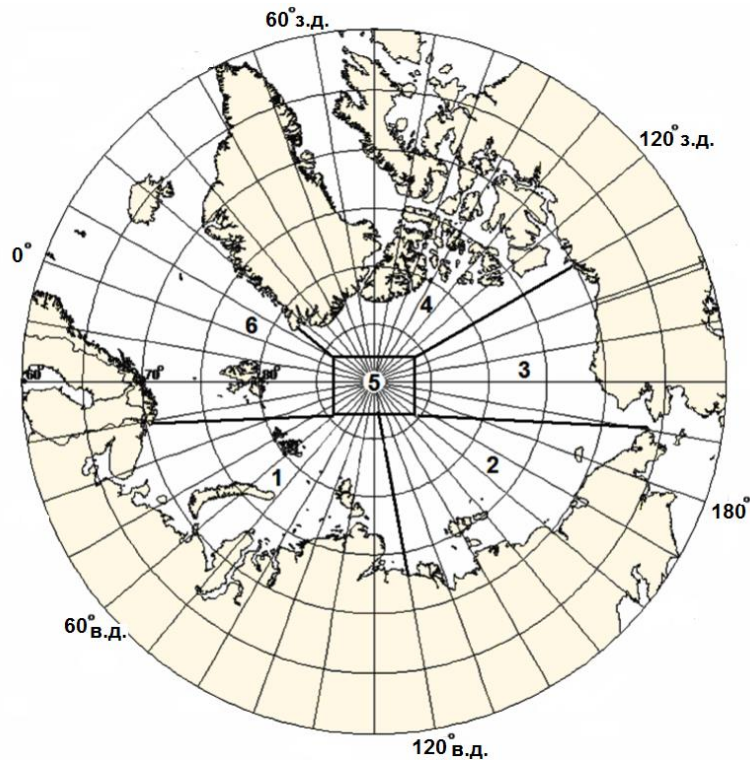


Рис. 2.1 – Районы Северного Ледовитого океана

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 2014 г. ледообразование в арктическом бассейне началось в середине сентября, что на полмесяца позже средних сроков. На северных границах всех арктических морей (от Баренцева до Бофорта) молодые льды стали наблюдаться в начале октября. Ледообразование в осенний период 2014 г. характеризовалось слабой интенсивностью. Количество молодых льдов, появившихся в СЛО с середины сентября по середину октября составило приблизительно 1,6 млн. км² (это на 0,4 млн. км² меньше среднего многолетнего значения).

Ледообразование в арктических морях России в осенний период началось позже нормы на 5-15 суток и особенно поздно в Чукотском море, на 30-50 суток.

В результате позднего начала осенних ледовых процессов в конце 2014 г. в морях российского сектора Арктики преобладали однолетние тонкие и средние льды. Большое

количество молодых льдов наблюдалось в Баренцевом и Чукотском морях. Значительное количество остаточных льдов сохранилось в северной части Восточно-Сибирского моря.

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

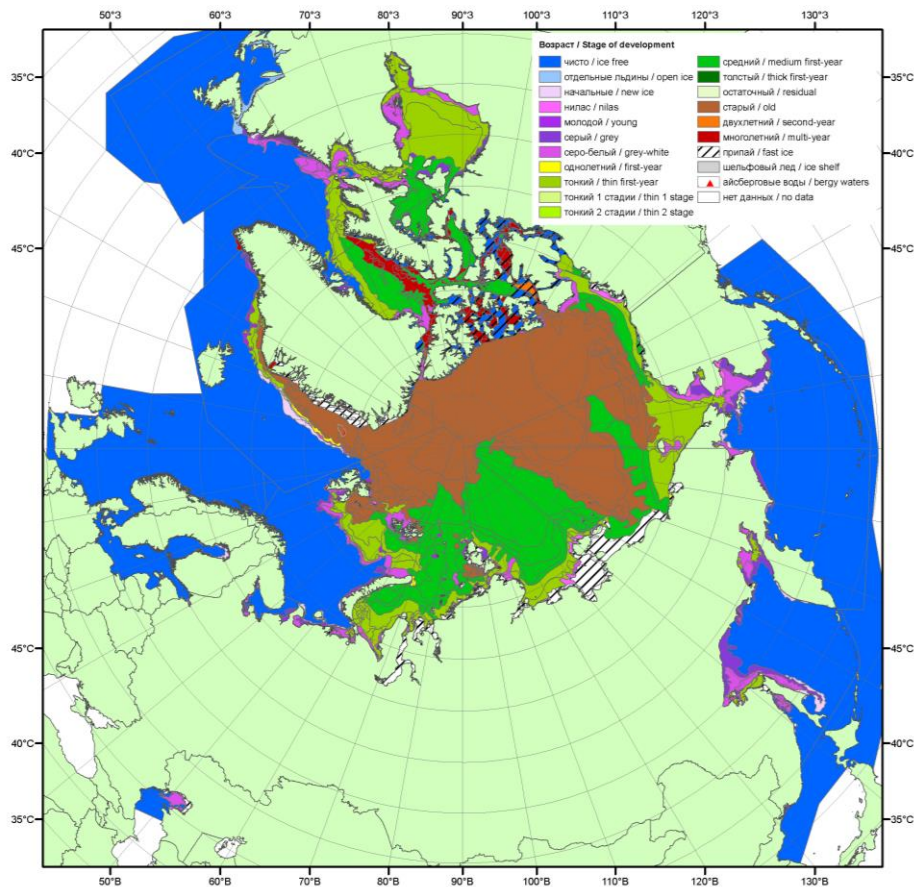


Рис. 2.2 – Обзорная ледовая карта СЛО за 29-30 декабря 2014 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря 2014 г. составила 12,89 млн. км² при норме 13,62 млн. км², т.е. была на 5 % меньше средних многолетних значений.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градам на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь–март 2014 г. приведены на 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 большой интенсивностью его нарастания в зимний период. Темпы нарастания толщины льда приблизились к средним многолетним значениям во всех арктических морях, кроме Чукотского моря. В январе на акватории всех арктических морей, начиная от северо-



восточной части Карского моря и далее на восток, преобладали однолетние средние льды (диапазон толщины 70–120 см). Только в окраинных морях российского сектора Арктики (Баренцевом и Чукотском) наблюдалось преобладание однолетних тонких и молодых льдов. Обширный отрог двухлетних льдов наблюдался в Восточно-Сибирском море. Двухлетние льды наблюдались также в северной части моря Бофорта и в виде небольшого локального пятна в северо-восточной части Карского моря.

Продолжалось становление припая на побережье и в проливах арктических морей.

В январе были хорошо развиты все основные структуры дрейфа льда в СЛО. Стрежень хорошо развитого Трансарктического переноса был направлен от Новосибирских островов к побережью Гренландии, у которого направление переноса льдов разделялось на две части. Часть переноса было традиционно направлено в пролив Фрама, а вторая часть вовлекалась в периферию Канадского антициклонического круговорота, который был также хорошо развит. Центр круговорота располагался чуть севернее северной границы моря Бофорта. Образовавшийся круговорот обусловил интенсивный перенос льда вдоль побережья Аляски и вынос льда из моря Бофорта в северные части морей Чукотского, Восточно-Сибирского и Лаптевых (рис. 2.4).

В результате развития хорошо развитой близкой к средней картины дрейфа льда и разделением ветви Трансарктического дрейфа льда на две части, что вызвало меньшее поступление льдов в пролив Фрама, сформировались отрицательные аномалии сплоченности льда вдоль побережья Гренландии, куда поступило меньше льдов, а также вдоль побережья Аляски, вдоль которой интенсивно выносило лед по периферии Канадского антициклонического круговорота (зоны выделенные синим цветом).

Положительные аномалии сплоченности (зоны выделенные зеленым цветом) сформировались локально в северных частях морей западного района российского сектора Арктики (рис. 2.5).

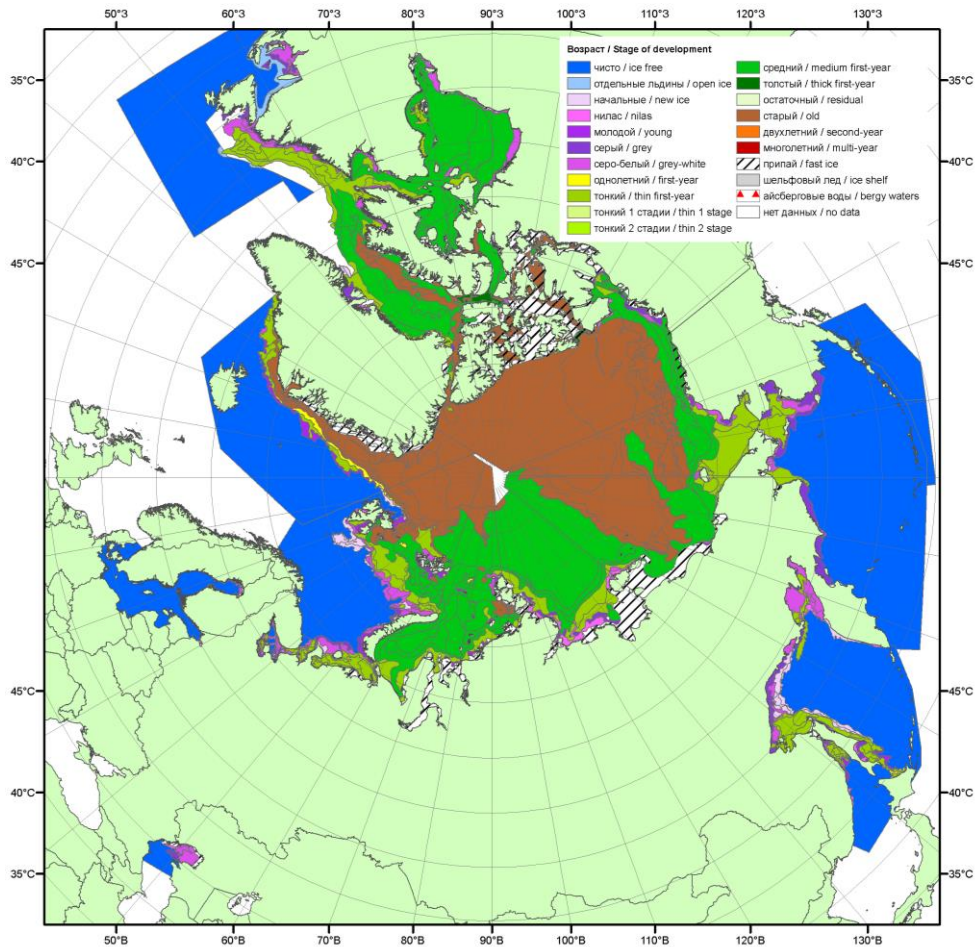


Рис. 2.3 – Обзорная ледовая карта СЛО за 19–20 января 2015 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

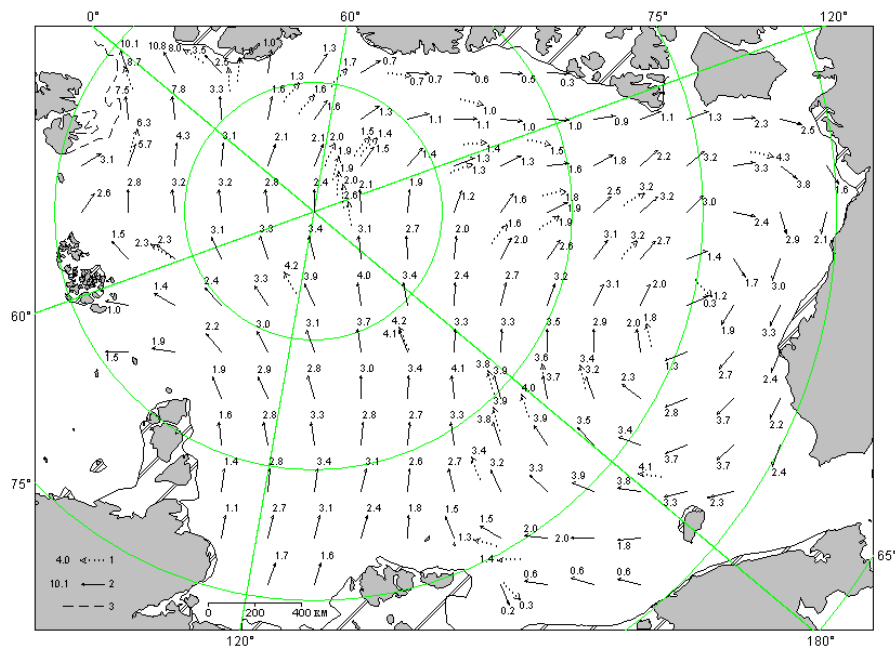


Рис. 2.4 – Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в январе 2015 г. (1 – направление и скорость (км/сут) дрейфа автоматического буя, 2 – результаты расчета узле сетки, 3 – кромка молодого льда)

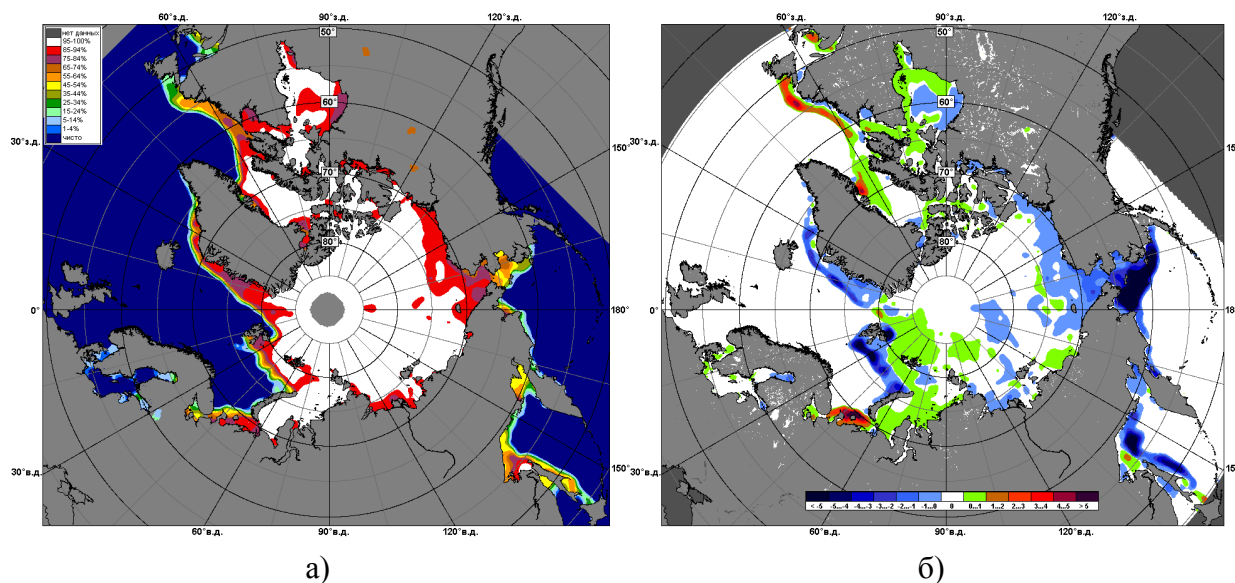


Рис. 2.5 – Медианное распределение сплоченности льда в январе 2015 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2015 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM.

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 результате выноса льдов из моря Лаптевых в его южной части сформировались обширные заприпайные полыньи. В Восточно-Сибирском моря сохранялся обширный язык двухлетних льдов.

Наблюдалось дальнейшее нарастание толщины льда и увеличению площади припая 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 морей Лаптевых и Восточно-Сибирского к побережью островов Канадского арктического архипелага. Далее весь поток льдов уходил в пролив Фрама. В Трансарктический перенос были вовлечены льды на 2/3 акватории СЛО. Канадский антициклонический круговорот был смещен в северную часть моря Бофорта и был развит слабо (рис. 2.7).

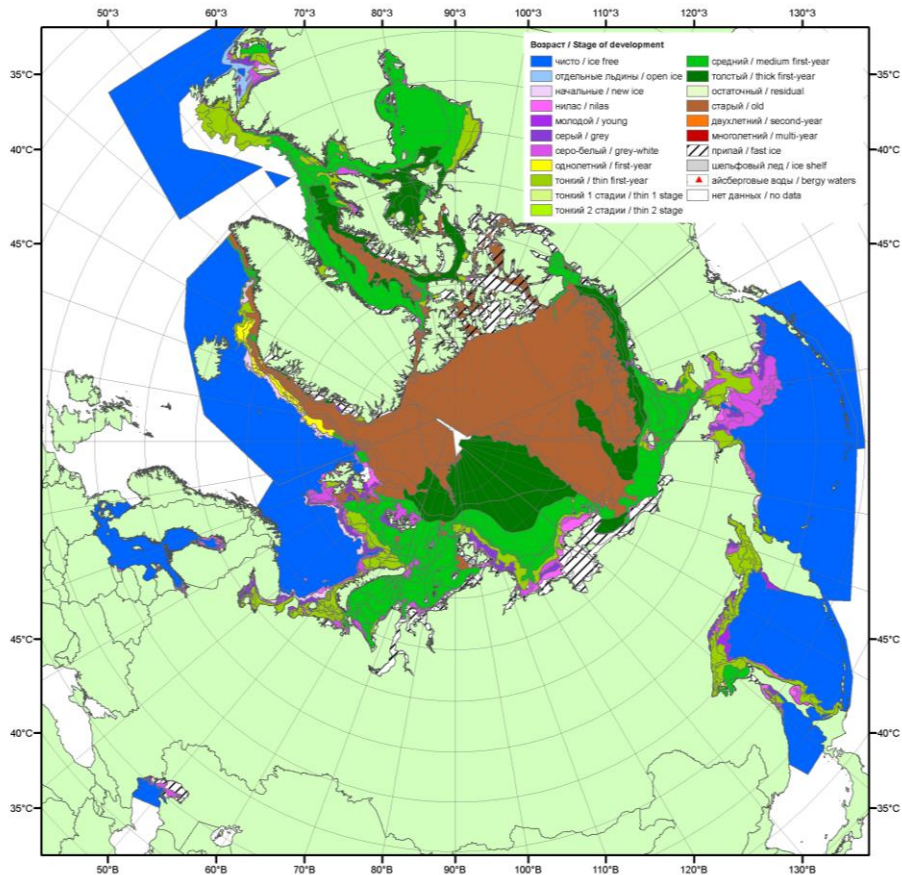


Рис. 2.6 – Обзорная ледовая карта СЛЮ за 16–17 февраля 2015 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

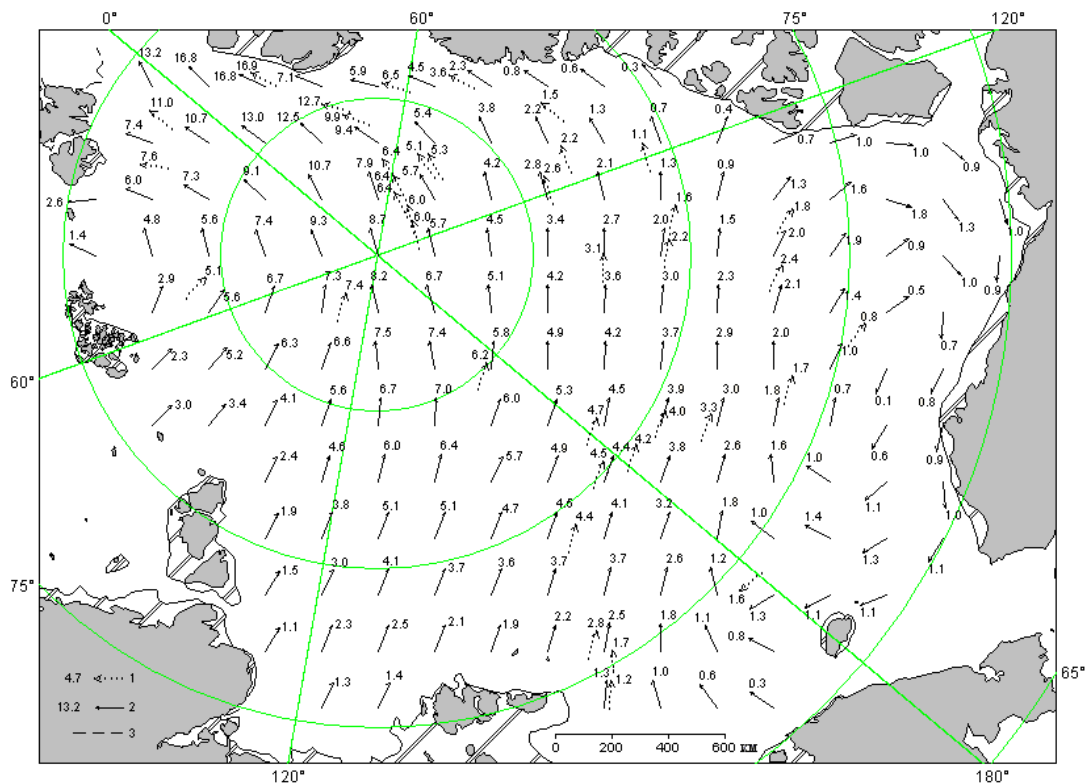


Рис. 2.7 – Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в феврале 2015 г.
Усл. обозначения см. рис. 2.4.

В результате развития такой картины дрейфа наблюдалось формирование характерного поля сплоченности с двумя хорошо выраженными областями отрицательных аномалий сплоченности льда (зоны выделенные синим цветом). В первую область вошли моря западного района российского (в основном море Лаптевых), во вторую область вошло море Бофорта. Область повышенной сплоченности (зоны выделенные зеленым цветом) наблюдалось на подходах и в самом проливе Фрама (рис. 2.7).

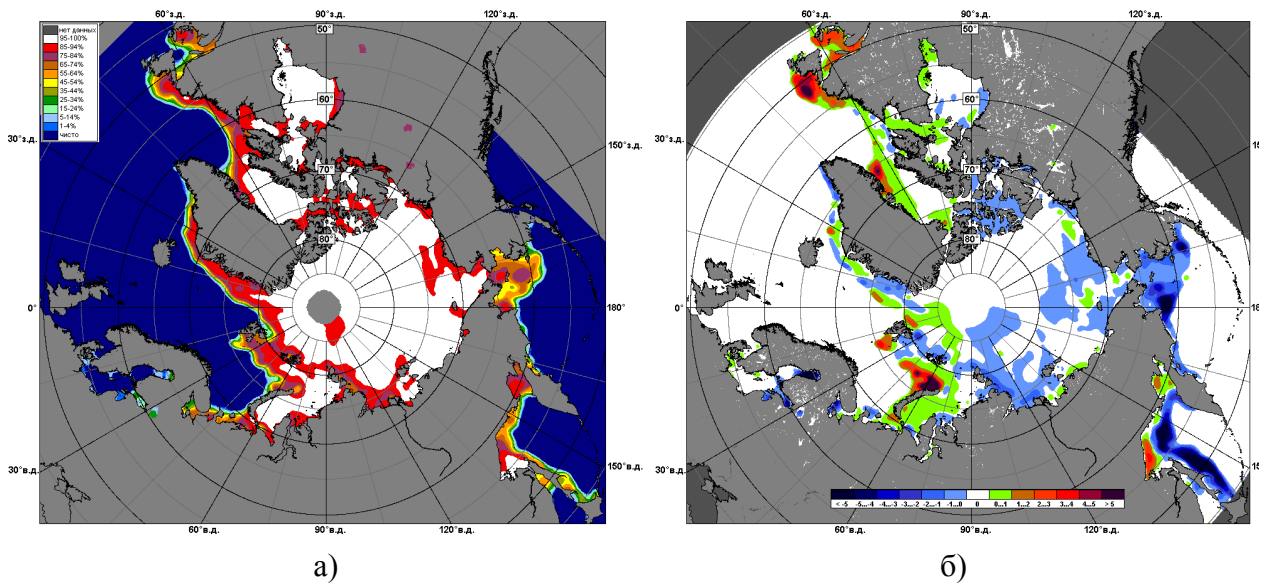


Рис. 2.8 – Медианное распределение сплоченности льда в феврале 2015 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2015 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

В марте наблюдалось дальнейшее нарастание и развитие ледяного покрова, особенно в морях российского и аляскинского секторов Арктики. В возрастном составе льдов в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Бофорта 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).

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 (зоны выделенные синим цветом) и в которые приносило лед (зоны выделенные зеленым цветом) в результате его дрейфа (рис. 2.11).

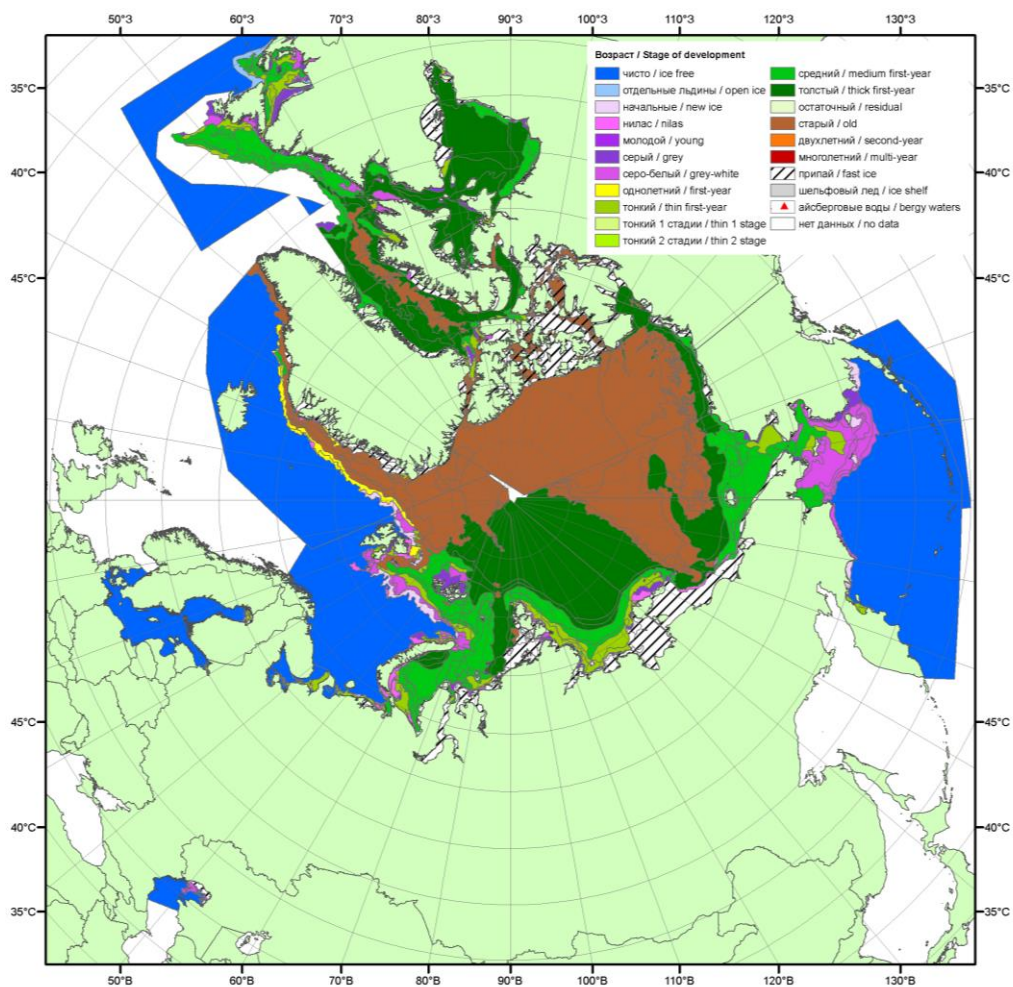


Рис. 2.9 – Обзорная ледовая карта СЛО за 16–17 марта 2015 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

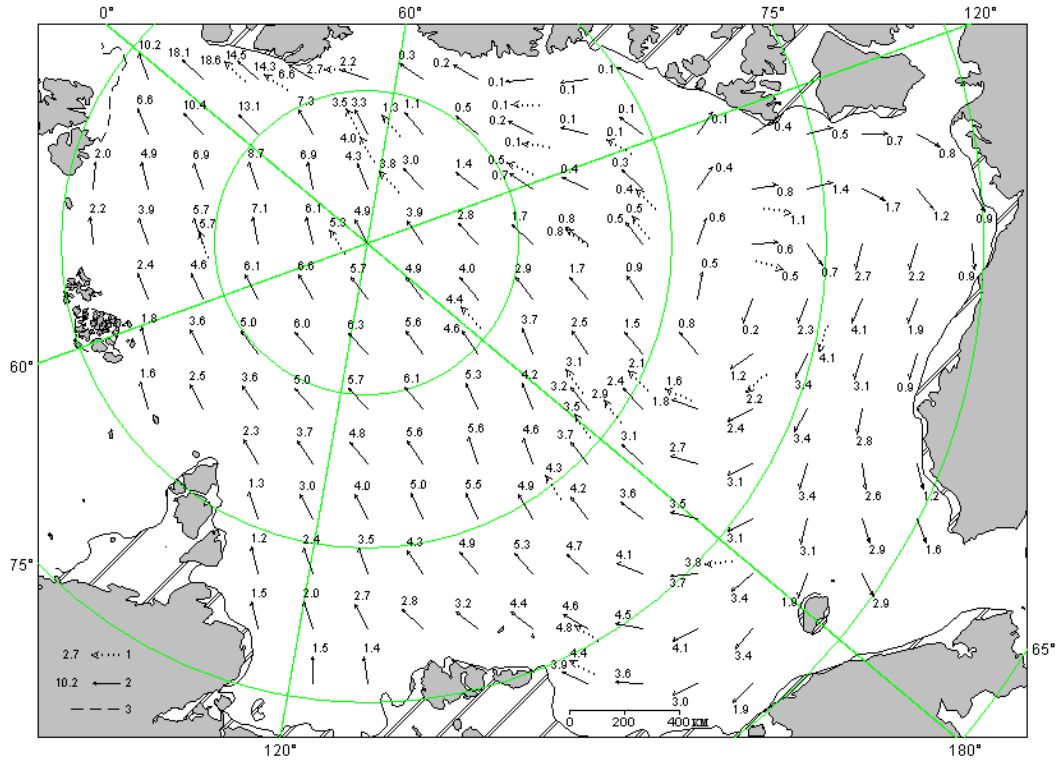


Рис. 2.10 – Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в марте 2015 г.
Усл. обозначения см. рис. 2.4.

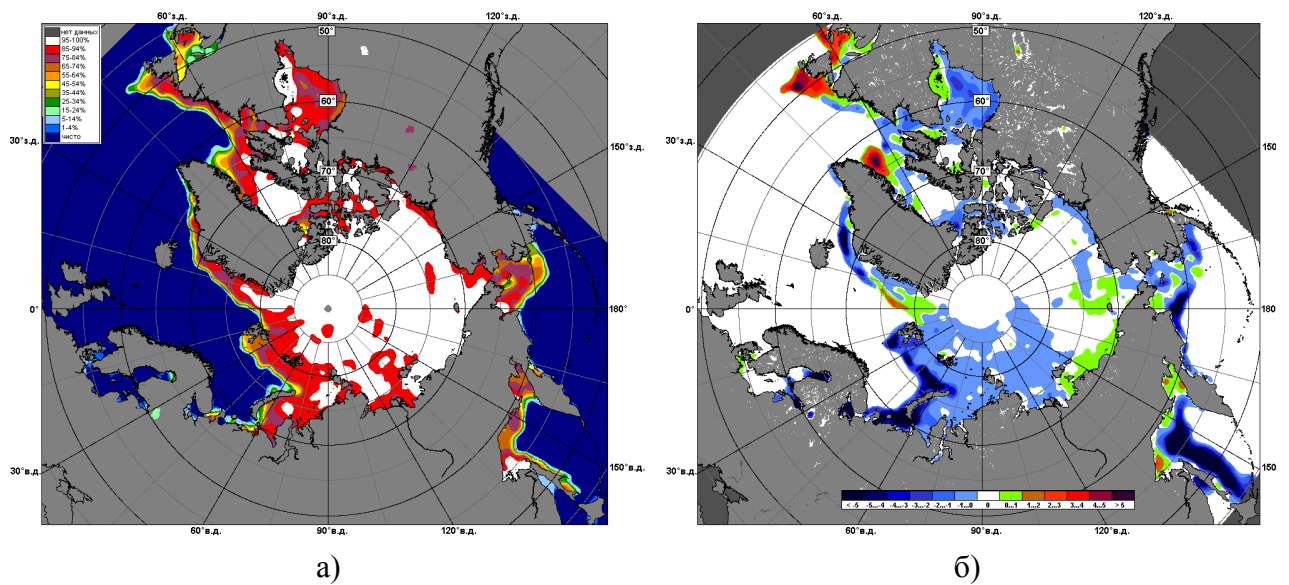


Рис. 2.11 – Медианное распределение сплоченности льда в марте 2015 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2015 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

Позднее начало ледообразования и средняя интенсивность нарастания льда в морях в течение зимних месяцев 2015 г. привели к тому, что толщина льда по данным полярных

станций во всех арктических морях (кроме юго-западной части Карского моря) была меньше средних многолетних значений на величину 10-30 см.

По данным полярных станций, во всех морях западного района российского сектора Арктики аномалии толщины были на 10-30 см меньше нормы, кроме Байдарацкой и Обской губы, где наблюдались аномалии толщины льда близкие к средним значениям. В морях Восточно-Сибирском и Чукотском наблюдались отрицательные аномалии толщины льда, составляющие по величине 20-35 см (рис. 2.12).

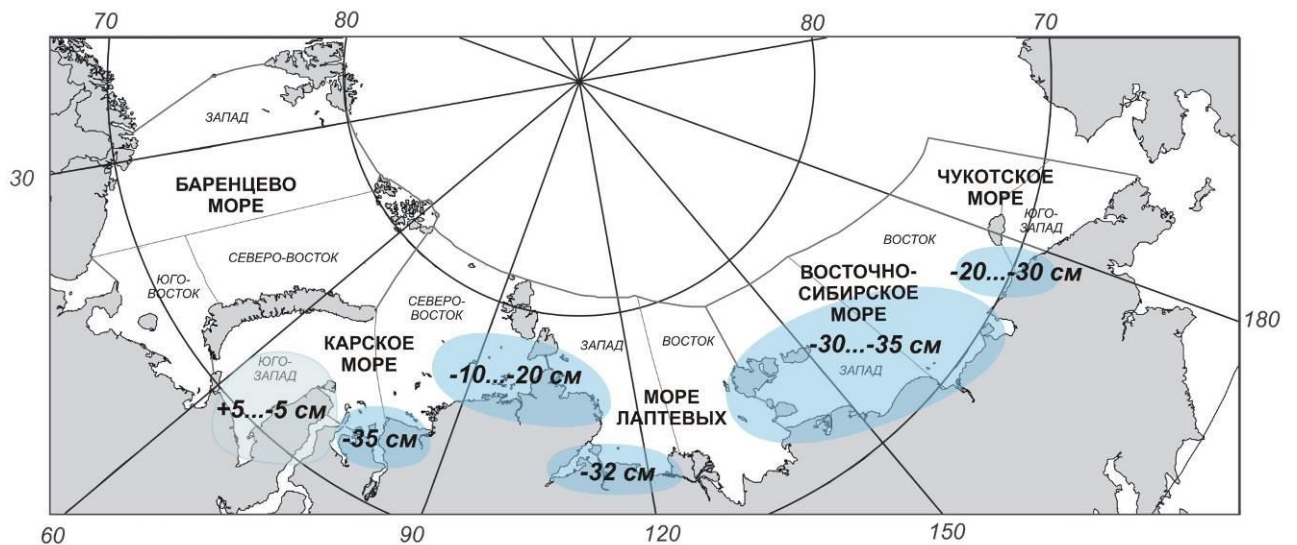


Рис. 2.12 – Аномалии толщины льда в российских арктических морях в марте 2015 г.

Развитие припая в морях в течение первых двух зимних месяцев проходило с малой интенсивностью. Площадь припая во всех российских арктических морях была меньше средних многолетних значений, кроме припая Новосибирских островов, который был развит близко к норме. Не полностью сформировался припай в проливе Вилькицкого, особенно на его восточных подходах (со стороны моря Лаптевых). В середине марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 383 тыс. км² при норме 553 тыс. км², что на 30 % меньше средних многолетних значений.

Распространение ледяного покрова в 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 меньше чем в среднем многолетнем, что особенно хорошо прослеживалось в Баренцевом море (граница дрейфующего льда в этом море наблюдалась севернее и восточнее своего среднего положения). Напротив, в морях Канадской Арктики граница дрейфующих льдов была близка к своему среднемноголетнему положению, (рис. 2.13).

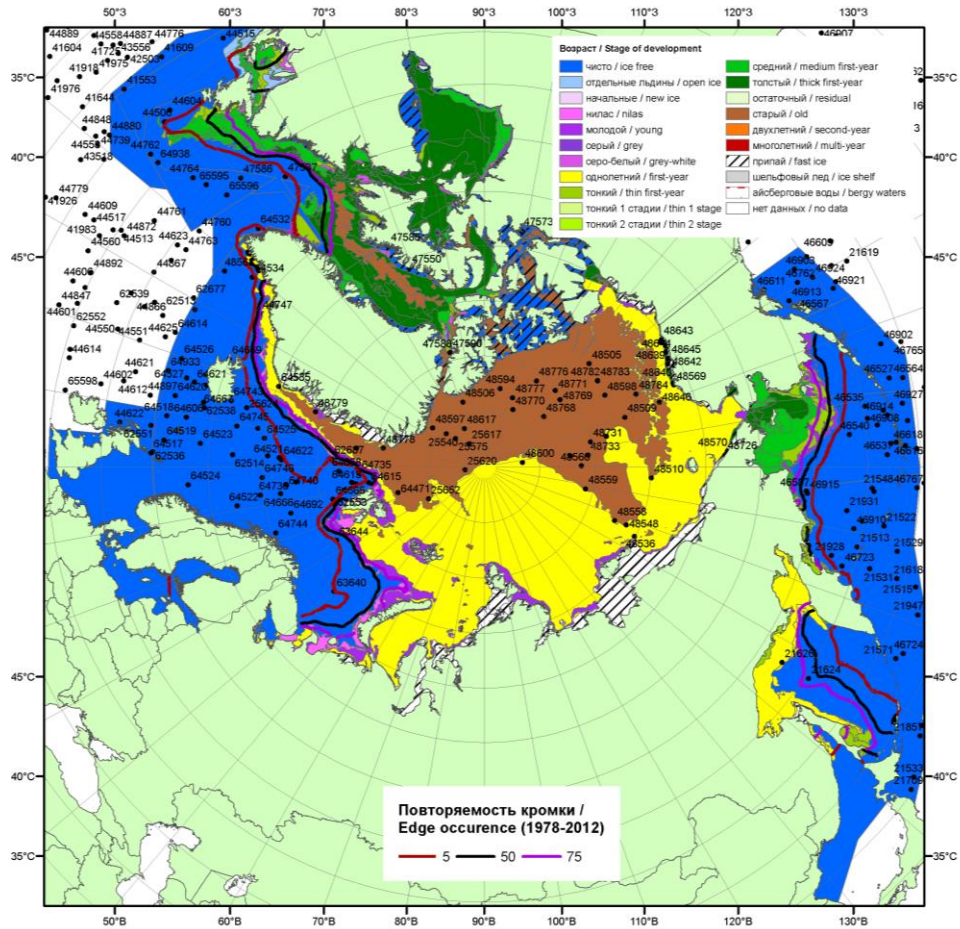


Рис. 2.13 – Оценка общей сплоченности морского льда Северного полушария за 23.03-31.03.2015 на основе данных NCEP NOAA и повторяемость кромки за 26.03-31.03 за период 1979-2012 гг. по наблюдениям SSMR-SSM/I-SSMIS (алгоритм NASATEAM)

Общее количество льдов в Северной Полярной области по оценкам, выполненным в АНИИ, в конце первого квартала 2015 г. составило 14436 тыс. км², что на 6,5 % меньше среднего многолетнего значения. Меньшее количество льда в СЛЮ сформировалось за счет малой ледовитости морей гренландского сектора и западного района российского сектора Арктики (см. рис. 2.14).

В секторах 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря) и 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) количество льда в конце марта было на 12-13% меньше среднего многолетнего значения (рис. 2.14 б, в). В секторе 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) количество льда было близко к среднему многолетнему значению (рис. 2.14 г).

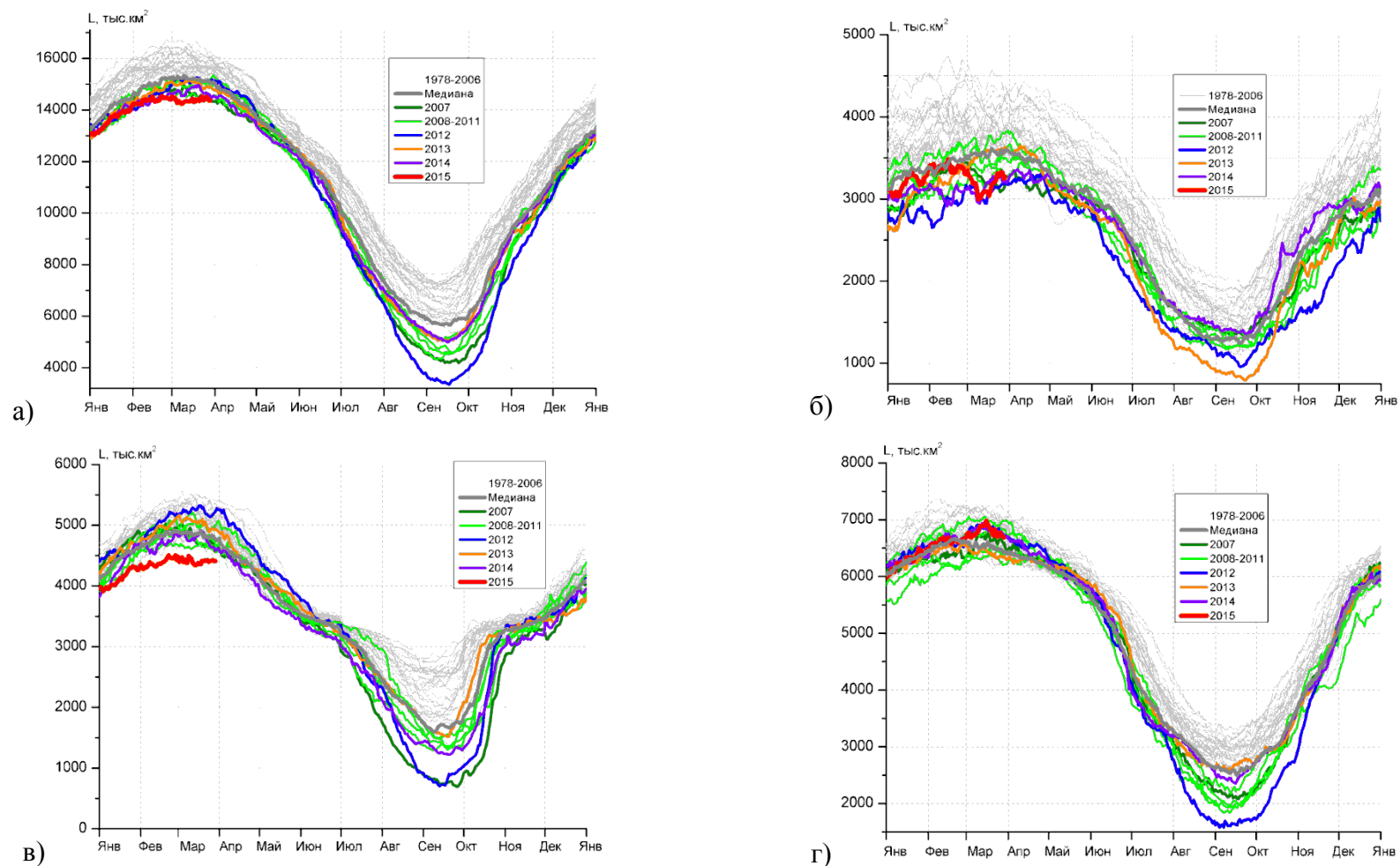


Рис. 2.14 – Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северной Полярной области и трех меридиональных секторов за период 26.10.1978 - 29.03.2015 по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM: а) СПО, б) сектор 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря), в) сектор 95°E-170°W (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

3.1 Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в первом квартале 2015 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). Вся океанографическая информация получена на акватории глубоководной части СЛО в Американо-Азиатском суббассейне по данным 7 ИТР буев (рис. 3.1).

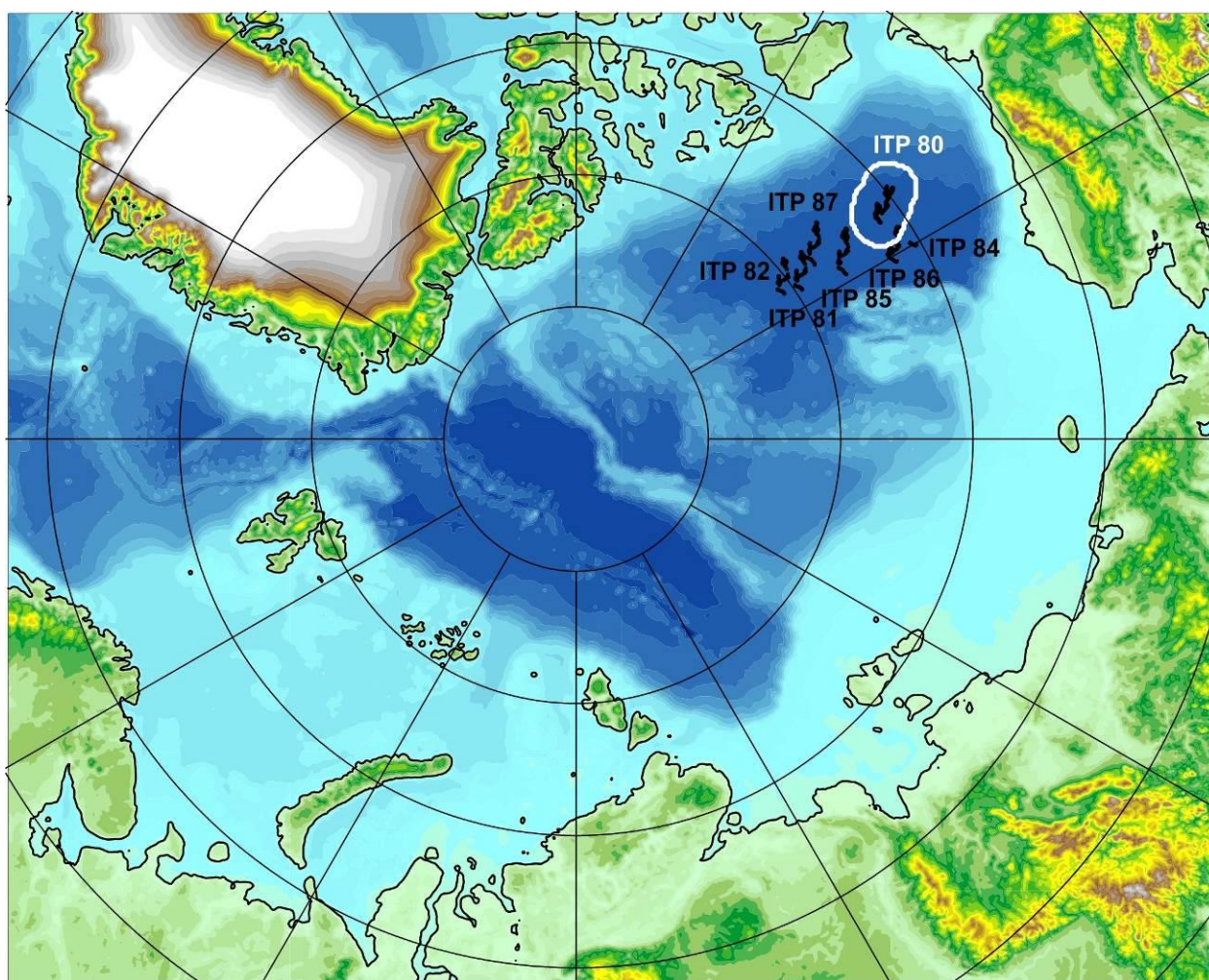


Рис. 3.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2015 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ



Таблица 3.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2015 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР-80	01.01.2015	18.03.2015	791
2	ИТР-81	01.01.2015	18.03.2015	152
3	ИТР-82	01.01.2015	18.03.2015	153
4	ИТР-84	01.01.2015	06.01.2015	12
5	ИТР-85	01.01.2015	17.03.2015	152
6	ИТР-86	01.01.2015	18.03.2015	154
7	ИТР-87	01.01.2015	18.03.2015	150

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в первом квартале 2015 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенных группах океанографических станций. В качестве таковых использовались станции ИТР-80 в Канадской глубоководной котловине (рис. 3.1.1). 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. 3.1.1, белый контур) была на 50–100 км шире по сравнению с анализируемой группой станций.

Амеразийский суббассейн

В первом квартале 2015 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в Канадской глубоководной котловине по данным ИТР-80 демонстрировало аномальное состояние, относительно средnekлиматического, наблюдающееся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой был существенно распреснен в сравнении с климатической нормой. При этом аномалия поверхностной солености в 2015 г. (–3 ‰) увеличилась на 1 ‰ по сравнению с аналогичным периодом 2014 г. (–2 ‰) (рис. 3.2). Температура верхнего перемешанного слоя была близка к –1,5 °С и незначительно превышала климатическое среднее, вследствие повышения температуры замерзания воды из-за наличия распресненного слоя.

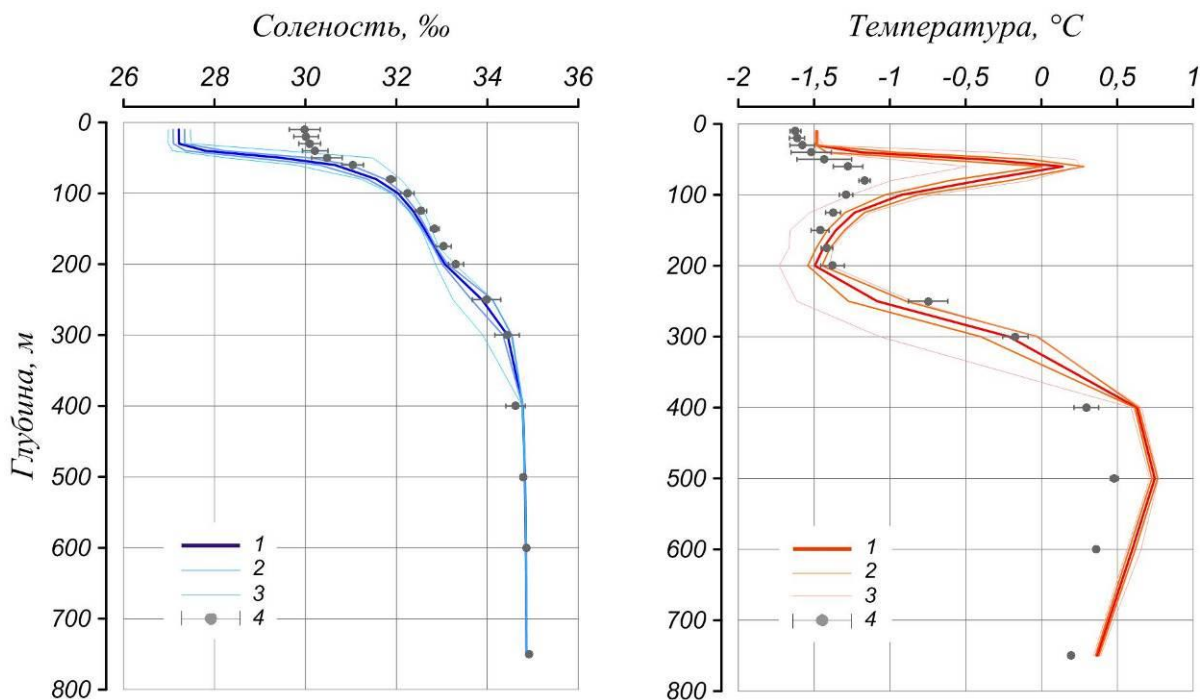


Рис. 3.2 – Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в январе – марте 2015 г. по результатам измерений профилографа ИТР-80.

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.

Под верхним перемешанным слоем глубже 25 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Американо-Азиатского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33 ‰. Максимальные значения температуры слоя ЛТВ достигли 0,15–0,30 °С, что почти на 1,5 °С выше климатической нормы. Стоит также отметить увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 160 м против 130 м согласно климатическим данным.

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



тихоокеанских вод. По данным ГТР-80 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 200 м, в то время как по климатическим данным оно должно было наблюдаться на 150 м.

Начиная от глубин около 210 м, в Канадском глубоководном бассейне наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ), отличающейся высокими значениями температуры и солености. Верхняя граница этого слоя ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) по данным первого квартала 2015 года располагалась на глубине 320 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры в 2015 г. соответствуют значениям предшествующего 2014 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в СЛО.

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных в первом квартале 2015 г., гидрологический режим Американо-Азиатского суббассейна СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солености характеризуется усилившейся с 2014 г. отрицательной аномалией ($-3\text{ }‰$). Сохраняется положительная аномалия температуры ядра АВ, значение которой колеблется около $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое значение на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по март 2015 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 14-ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском (таблица 3.2). В Чукотском море 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		
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 м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
7 о. Визе	79 30 N	76 59 E
8 Голомянный	79 33 N	90 37 E
9 ГМО им.Е.К. Фёдорова (м. Челюскина)	77 43 N	104 17 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
Восточно-Сибирское море		
14 Певек	69 42 N	170 15 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.3) на станциях им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Усть-Кара и Амдерма колебания уровня в течение всего первого квартала 2015 года происходили на повышенном фоне (+6 +20 см). Значительный подъем уровня в юго-западной части Карского моря наблюдался 13 февраля, когда уровень на всех трех станциях поднялся на 70–75 см выше среднемноголетних значений, а наибольший подъем уровня произошел 16 марта, когда на станции Амдерма уровень поднялся на 91 см выше среднемноголетнего. Наиболее значительное понижение уровня было отмечено 4–5 февраля, при этом уровень опустился до отметки –69 см на станции Амдерма, –66 см на станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) и –52 см на станции Усть-Кара.

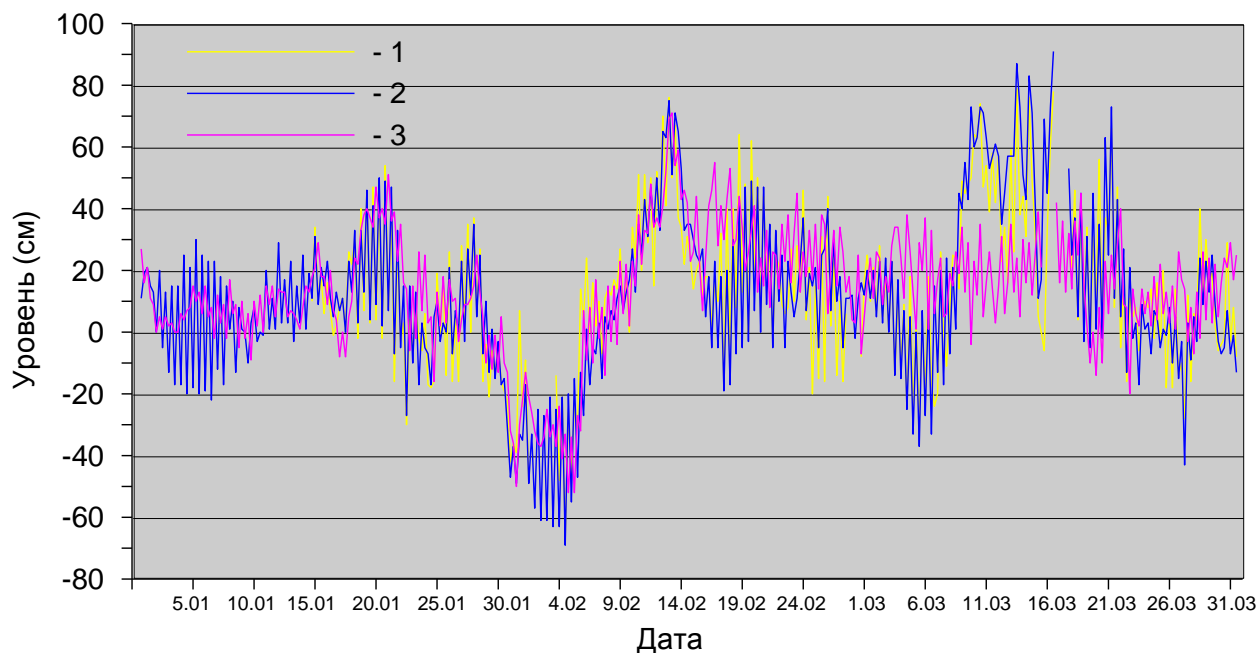


Рис. 3.3 – Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2015 г (1 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос); 2 – Амдерма; 3 – Усть-Кара)

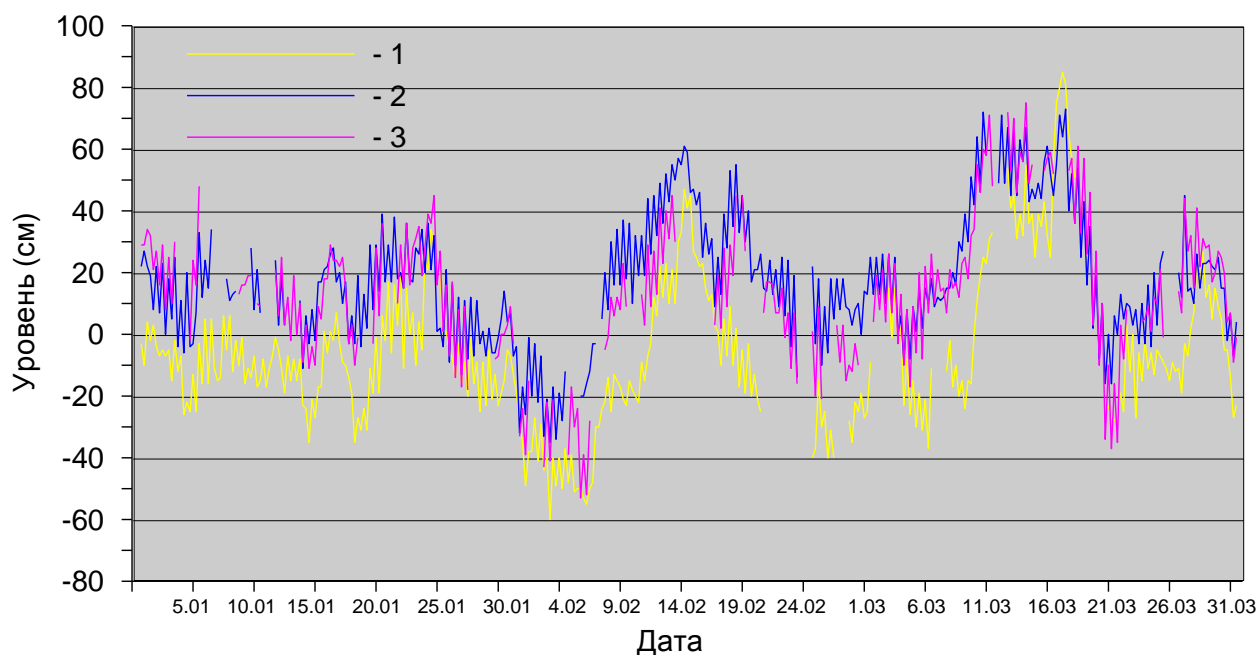


Рис. 3.4 – Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в январе – марте 2015 г. (1- Сопочная Карга; 2 – о-ва Известий ЦИК; 3 –м. Стерлегова)

В восточной части Карского моря (Рис. 3.4) на станции Сопочная Карга в январе и феврале колебания уровня происходили на пониженном фоне: -8 см в январе и -16 см в феврале. В марте произошло повышение фона до положительных значений: $+7$ см. В тоже время на станциях восточного района Карского моря о-ва Известий ЦИК и мыс Стерлегова в течение всего первого



квартала 2015 года колебания уровня происходили на повышенном фоне: от +12 +14 см в январе до +22 см +25 см в марте. Наиболее значительный подъем уровня в этом районе Карского моря произошел 17 марта, когда на станциях Сопочная Карга и мыс Стерлегова уровень поднялся соответственно на 85 и 73 см выше среднемноголетних значений. Наиболее заметное понижение уровня отмечалось 3 февраля, когда на станции Сопочная Карга уровень опустился на 60 см ниже среднемноголетнего значения.

В северной части Карского моря (Рис. 3.5) на станциях ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) и о. Визе, колебания уровня в первом квартале 2015 года происходили на повышенном фоне (+3 +16 см). Наиболее существенное понижение уровня здесь наблюдалось на станции о. Визе 3 февраля, когда аномалия уровня составила -37 см, а наиболее существенный подъем уровня отмечался также на станции о Визе 16 марта (+56 см).

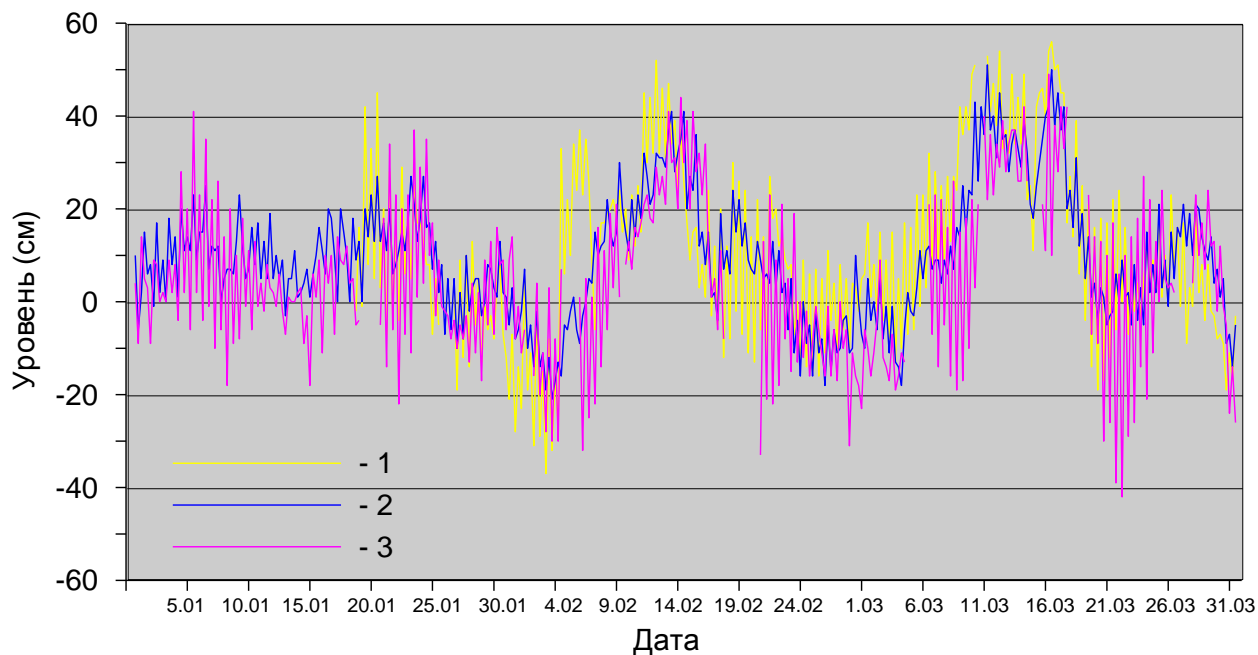


Рис. 3.5 – Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в январе – марте 2015 г. (1 – о. Визе; 2 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина); 3 – о. Голомянный)

Необходимо отметить, что в отличие от обычного сезонного хода фоновых колебаний уровня, характеризующихся уменьшением среднемесячных значений от января к марту, в 2015 году наблюдалась совершенно противоположная ситуация, когда происходило увеличение среднемесячных уровней на всех станциях Карского моря.

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (Рис. 3.6) колебания уровня в течение первого квартала 2015 года происходили на повышенном фоне (от +9 в марте до +29 см в январе). Максимальные значения уровня в течение всего периода не превышали 48 см, а наиболее



значительные понижения уровня, отмечавшиеся 11 февраля и 29 марта, составили -43 см и -40 см соответственно.

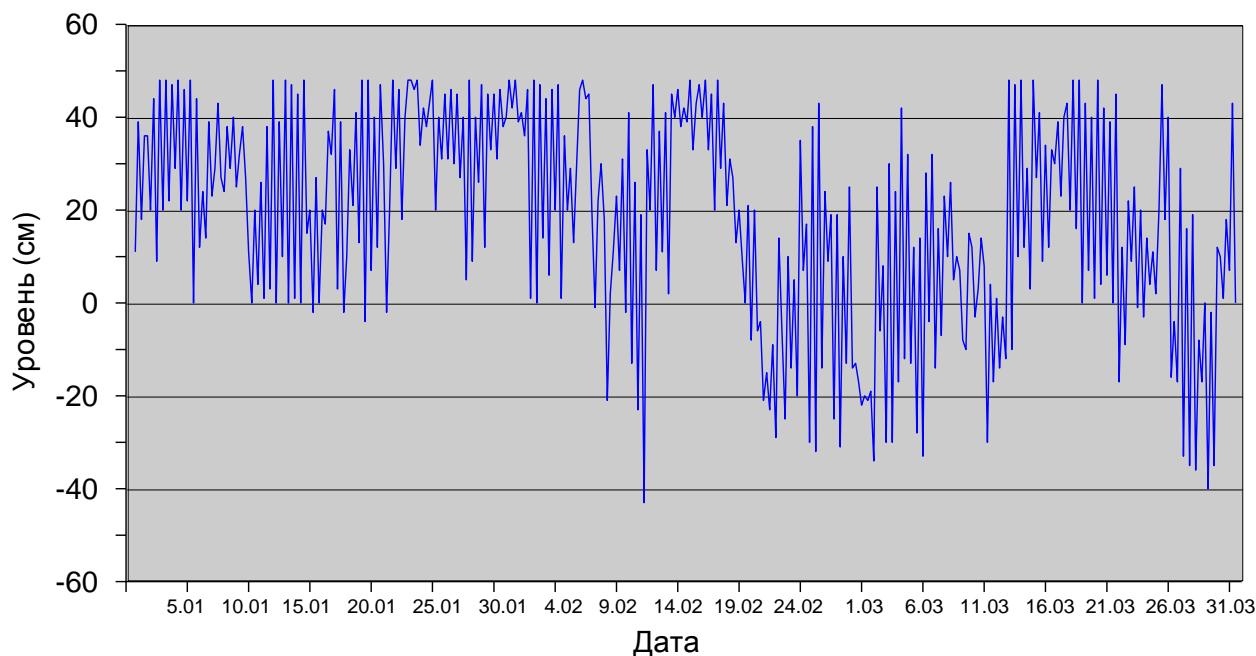


Рис. 3.6 – Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в январе-марте 2015 г.

В восточной части моря Лаптевых (Рис. 3.7) на станциях м. Кигилях и пр. Санникова в январе и феврале 2015 года колебания уровня происходили на пониженном фоне (от -10 см -17 см в январе до -4 см -9 см в феврале). В марте средний уровень на этих станциях повысился и достиг положительных значений ($+1$ см $+6$ см). На станции о. Котельный в течение всего первого квартала 2015 года колебания уровня происходили на повышенном фоне ($+8$ см $+14$ см). Наибольший подъем уровня в этом районе моря Лаптевых отмечался 27 марта, когда уровень на станции м. Кигилях поднялся на 60 см выше среднеемноголетнего значения. Наиболее значительное понижение уровня отмечалось 23 марта, минимальный уровень при этом наблюдался на станции о. Котельный и составил -58 см.

По данным наблюдений на станции Певек (Рис. 3.8) в Восточно-Сибирском море колебания уровня происходили на пониженном фоне (-12 -14 см). Значительных по своей величине сгонов или нагонов в период январь – март зафиксировано не было. Наиболее значительный подъем уровня на станции Певек составил только 22 см и отмечался 23 февраля, а наиболее существенные понижения уровня составляли -49 см 25 марта и -47 см 13 февраля.

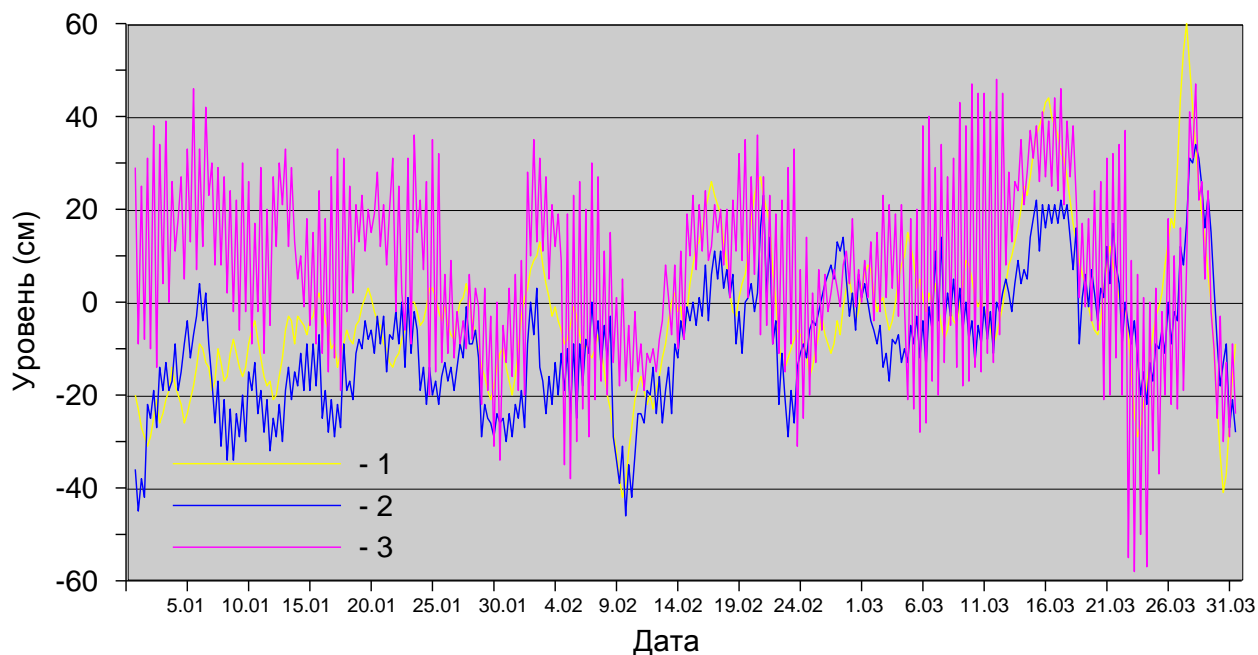


Рис. 3.7 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе – марте 2014 г.
(1 – м. Кигилях; 2 – пр. Санникова; 3 – о. Котельный)

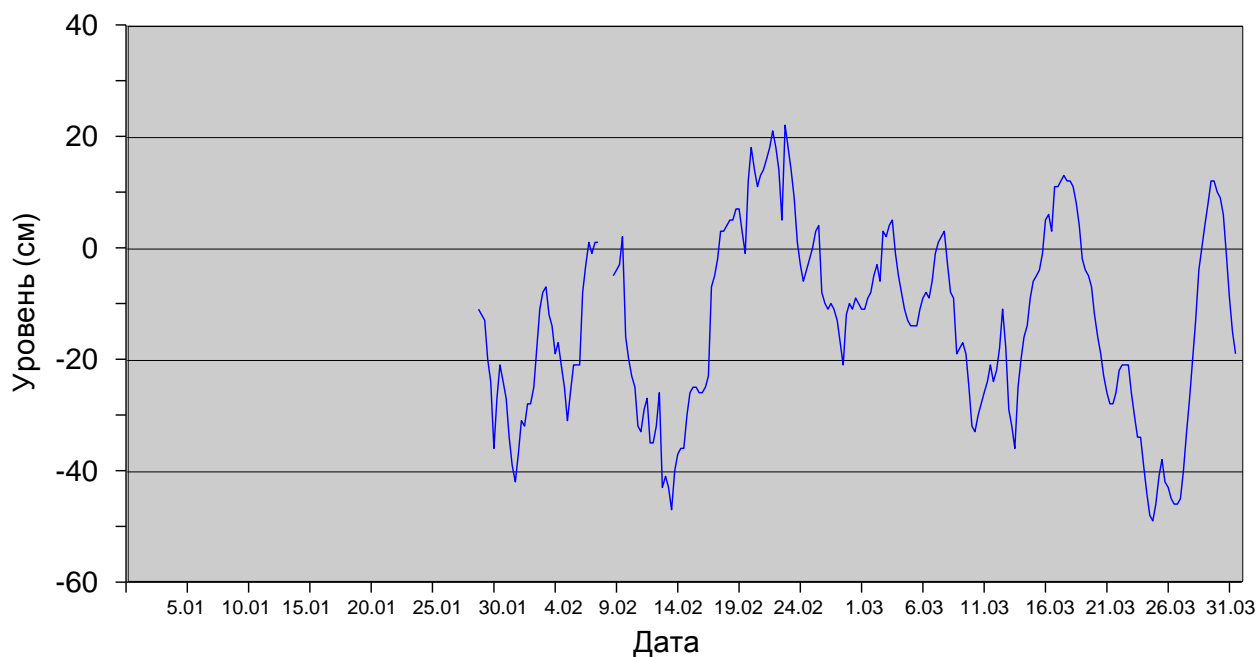


Рис. 3.8 – Колебания уровня в Восточно-Сибирском море (Певек) в январе – марте 2015 г.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море за первые три месяца 2015 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 2015 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. Акватории Карского моря, а также морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского в этот период были покрыты льдом.

Таблица 3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море в первом квартале 2015 г.

Месяц	Высота волн, м											
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12
Январь	–	–	6	11	5	4	1	3	1	–	–	–
Февраль	–	–	2	6	8	3	5	4	–	–	–	–
Март	–	–	4	13	5	–	2	1	2	2	1	1
Итого	–	–	12	30	18	7	8	8	3	2	1	1

Как видно из таблицы 3.3, в 1 квартале 2015 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:

9 (29 %) – в январе;

12 (43 %) – в феврале

9 (29 %) – в марте.

Эти показатели выше, чем в 2014 г. за все три месяца квартала. Особенно выделяется март. В 2014 г. максимальная расчетная высота волн в марте в Баренцевом море не превышала 9 м, а 13 марта 2015 г. она превысила 11,5 м. Это наибольшее значение высоты волны в марте за весь расчетный период, начиная с 2007 года.

Продолжительность самого сильного мартовского шторма составила 6 дней (с 12 по 17 марта), причем пять дней из шести при западном ветре до 20 м/с максимальная расчетная высота волны превышала 8 м.

Следующим по силе штормовой активности стал январь (высота волн более 8,5 м рассчитана 1 января на 00 ч UTC).



На рисунке 3.9, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 12 ч UTC 13 марта 2015 г.

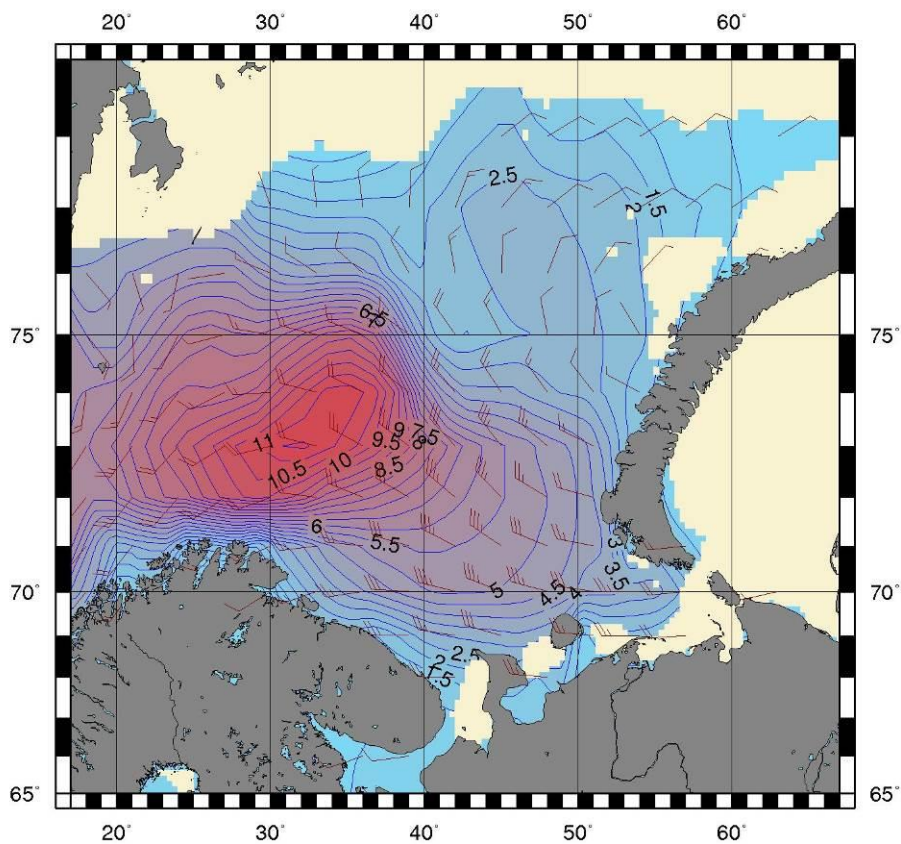


Рис. 3.9 – Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 12 ч UTC 13 марта 2015 г.