

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

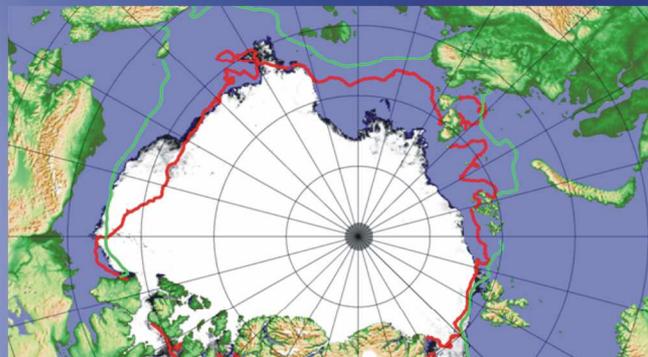


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

I квартал 2012





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в январе–марте 2012 г.	4
1.1 Развитие крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период январь–март	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области (декабрь 2011 – февраль 2012 г.)	16
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе–марте 2012 года	23
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в январе–марте 2012 г.....	36
3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне по данным дрейфующей станции «Северный полюс–39».....	36
3.2 Уровень арктических морей	41
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	46



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в первом квартале (январь–март) 2012 г. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, дрейфующей станции «СП–39», 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 осуществлял вед. инженер отдела ледового режима и прогнозов Сороко С.О.

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 2012 г.

1.1 Развитие крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период январь–март

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга развития атмосферных процессов различного пространственно–временного масштаба и связанных с ними изменений метеорологических условий в полярном районе северного полушария за период с января по март 2012 г.

Процессы данного района тесно взаимосвязаны с развитием и перестройкой процессов общей циркуляции атмосферы (ОЦА), т.е. процессами значительно более крупного масштаба, чем рассматриваемый район.

Полярный район находится под влиянием трех естественных синоптических районов. На него оказывают влияние основные центры действия атмосферы: на западе, в атлантико–евразийском секторе полушария, исландский минимум и азорский максимум, а также азиатский циклон летом и антициклон зимой; на востоке, в тихоокеано–американском секторе, – алеутский минимум и гавайский максимум.

При анализе и диагнозе крупномасштабных процессов в первом квартале 2012 г. 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. Данные элементы ОЦА крайне важны при анализе развития и перестройки атмосферных процессов внутри года и оценке метеорологических процессов в отдельных районах Арктики.

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. По данной классификации для атлантико–евразийского сектора выделяются три основных состояния атмосферы: зональные процессы с термобарическими волнами малой амплитуды – *W* (западная) форма циркуляции, а также два типа меридиональных процессов с волнами большой амплитуды – *S* (меридиональная) и *E* (восточная) формы циркуляции.

Соответственно во втором, тихоокеано–американском секторе выделяются также три типа процессов: *Z* – западный и два меридиональных M_1 и M_2 .



Каждая из форм и типов имеет ряд разновидностей, отражающих варианты перестроек от одного макропроцесса к другому. Разновидности макропроцессов на полушарии имеют значимые различия в направленности крупномасштабных атмосферных процессов и состоянии 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 системах исландского и алеутского минимумов.

Для анализа макросиноптических процессов межгодовой изменчивости и их влияния на развитие гидрологических процессов в океане также использовался индекс арктической осцилляции. Индекс отражает состояние циркумполярного вихря (ЦПВ) и связанных с ним преобладающих зональных потоков воздушных масс. Поскольку индекс характеризует интенсивность воздушных потоков, осредненных по большому району, то в ряде случаев он не отражает географическую ориентацию центра ЦПВ и положение высотной фронтальной зоны (ВФЗ), по которой смещаются фронтальные циклоны и антициклоны. В связи с этим в данном обзоре применение индекса ограничено использованием его в анализе межгодовой изменчивости атмосферных и гидрологических условий в Арктике.

Реальное состояние циркуляции в атмосфере и метеорологические условия каждого конкретного года существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы). Развитие процессов каждого года указывает на существование большого числа вариантов конкретных реализаций ОЦА. 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 2012 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития атмосферных процессов в первом квартале 2012 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса (табл. 1.1 и рис. 1.1), а также на картах среднегодовых полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа (рис. 1.2), приземного атмосферного давления (рис. 1.3) и температуры воздуха и их аномалий (рис. 1.6 – 1.8).



Таблица 1.1– Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период январь – март 2012 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	<i>W</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>З</i>	<i>M₁</i>	<i>M₂</i>
Число дней	33	22	36	24	21	46
Аномалия	2	2	-3	0	5	-4

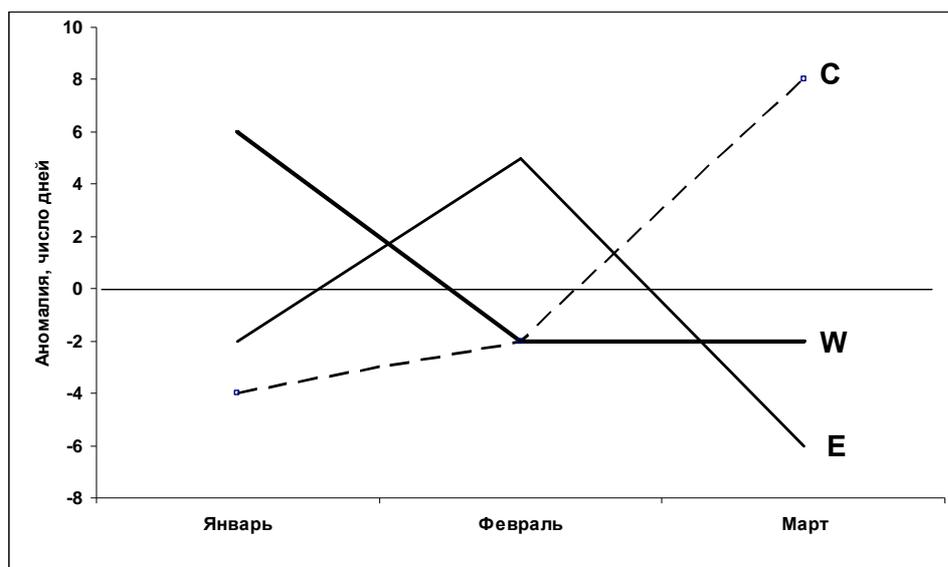


Рисунок 1.1 – Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами циркуляции в период январь – март 2012 г. (*W* – западная форма, *E* – восточная форма, *C* – меридиональная форма)

В период январь – март 2012 г. отмечались частые перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии.

В средней тропосфере на изобарической поверхности 500 гПа основной центр планетарного циркумполярного вихря по сравнению с нормой наиболее часто смещался в канадо–гренландский район Арктики. Среднемесячные значения геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа представлены на рис. 1.2.

Под влиянием длинных термобарических волн на периферии высотного полярного вихря от месяца к месяцу происходило изменение его структуры, системы тропосферных ПФЗ и траекторий циклонов в системе исландского и алеутского минимумов. Так, в евразийском секторе ВФЗ располагалась чаще севернее своего многолетнего положения, что определило в январе – марте 2012 г. более северные траектории циклонов в атлантико–евразийском секторе.

В приземном поле основная ложбина исландского минимума была ориентированы на западные районы Арктики (рис. 1.3).

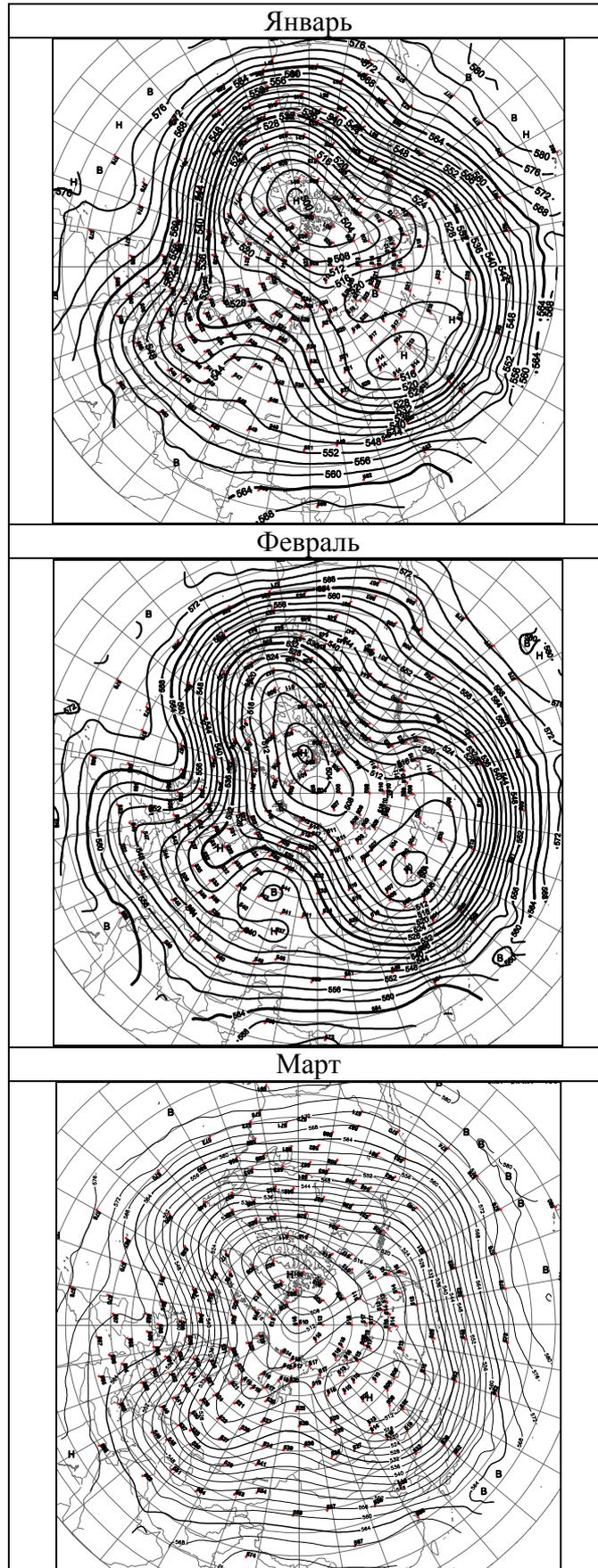


Рисунок 1.2 – Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в январе – марте 2012 г.

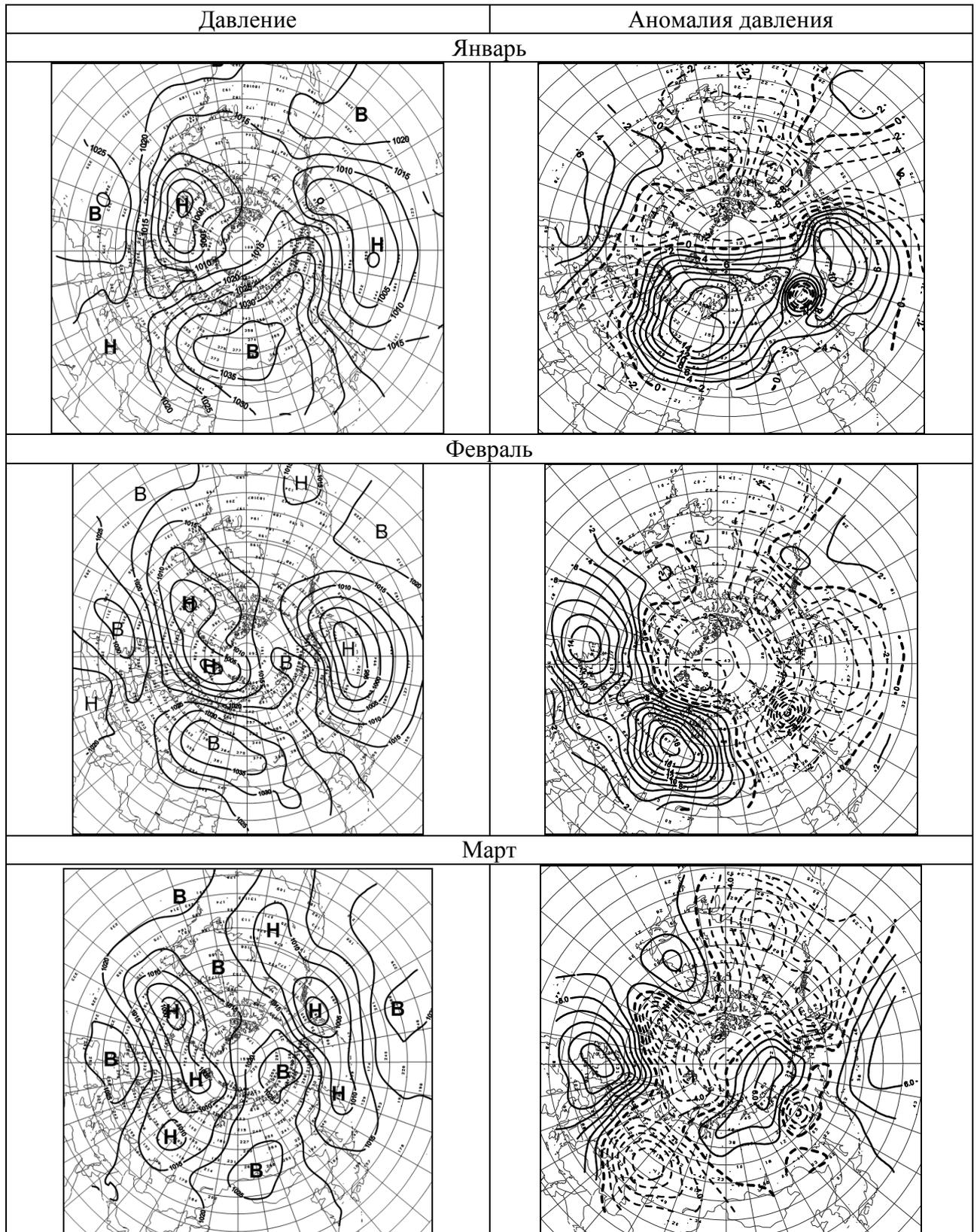


Рисунок 1.3 – Поля среднего приземного давления и аномалии давления (гПа) за период январь – март 2012 г.



Циклоны в системе исландского минимума смещались над Северной Атлантикой в Арктику по сравнению с нормой более высокоширотными траекториями. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над Баренцевым и Карским морями.

Повышенная повторяемость разновидностей процессов с более высокоширотными по сравнению с нормой траекториями циклонов обусловила устойчивую адвекцию теплых воздушных масс с южной составляющей и формирование в среднем за период январь – март 2012 г. положительного фона аномалий температуры воздуха в полярном районе Арктики. Наиболее крупные среднемесячные значения аномалий температуры воздуха отмечались в районах Карского и Баренцева морей (рис. 1.6 – 1.8). Эти районы Арктики внесли наибольший вклад в формирование экстремально высокого температурного фона полярного района в январе – марте 2012 г. В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха составила 6,5 °С, что на 1,3 °С выше значения, отмеченного за тот же период года в 2011 г.

Структурный анализ внутригодовых и внутримесячных особенностей развития атмосферных процессов в 2012 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (форма и тип циркуляции, направление воздушных потоков, давление и температура воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Анализ развития процессов показал, что в январе – марте 2012 г. отмечалась более частая, чем в последние годы, смена (перестройка) направленности развития крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии. В рассматриваемый период выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов (табл. 1.2). Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с января по март 2012 г. выглядит следующим образом:

Январь – W_{M2} → Февраль – E_{M2+3} → Март – C_{M1}

Тенденции изменений давления в первом квартале в полярном районе представлены в виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления отдельно для европейского, азиатского, американского и приполюсного секторов Арктики на рис. 1.4.

В изменение давления в большинстве районов отмечается тенденция к его понижению. В январе – марте на фоне разновидностей процессов с высокоширотными траекториями циклонов в Арктике отмечались усиление циклонической деятельности и преобладание отрицательных аномалий давления.

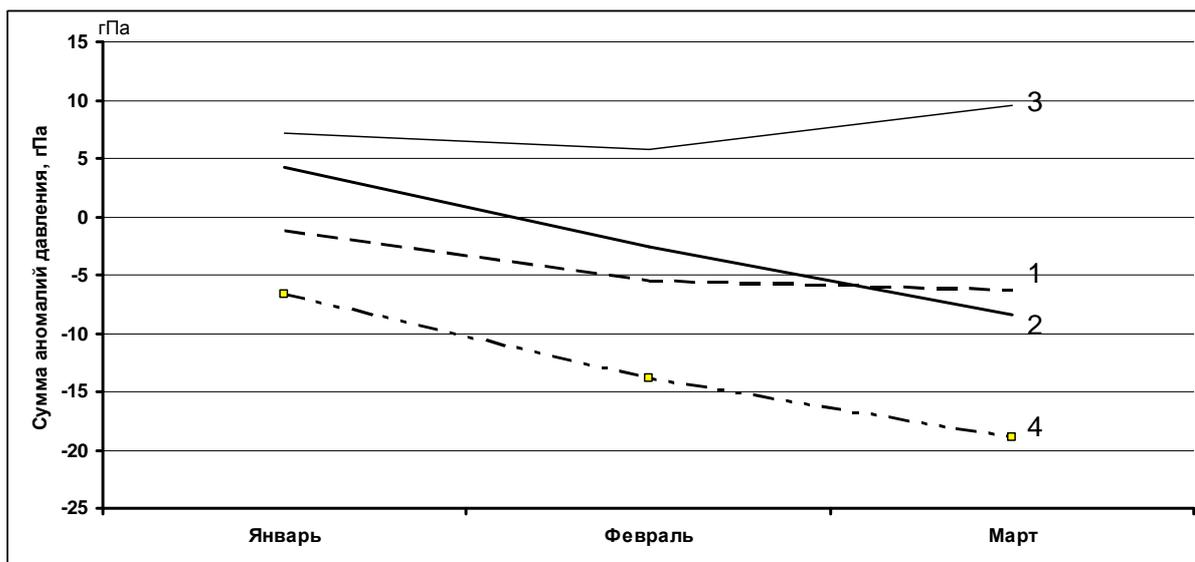


Рисунок 1.4 – Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления в январе–марте 2012 г. в приполюсном (1), европейском (2), азиатском(3) и американском (4) секторах полярного района Арктики

В марте в азиатском секторе Арктики под влиянием блокирующих гребней азиатского и арктического антициклонов отмечалось преобладание положительных аномалий давления.

Изменения среднемесячных значений аномалий температуры представлены на рис. 1.5. Во все месяцы фон температуры оставался крайне высоким. Тенденция изменения температуры в период январь март 2012 г. в целом согласуется с тенденциями колебания крупномасштабных процессов.

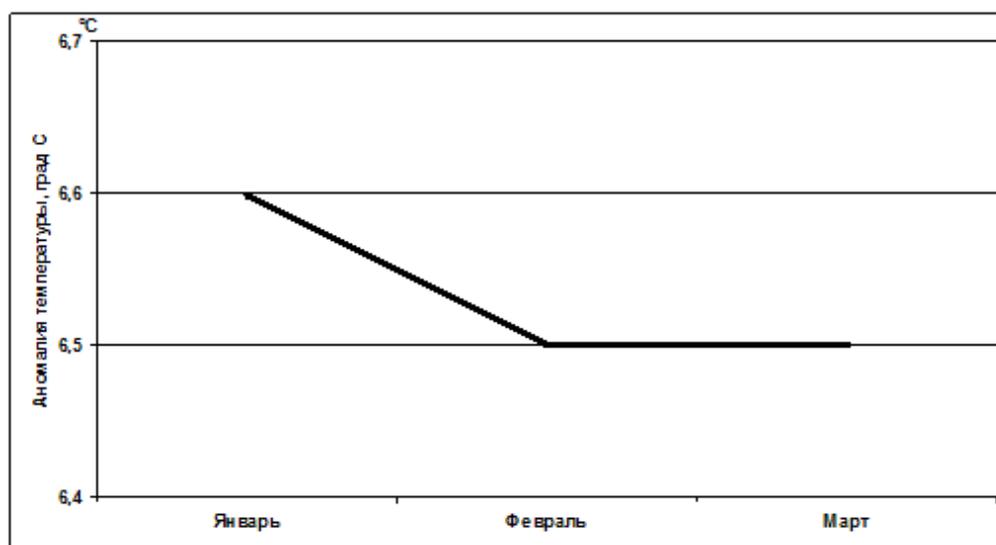


Рисунок 1.5 – Средние месячные аномалии температуры воздуха (°С) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – марте 2012 г.



При аномально повышенной повторяемости разновидностей процессов с высокоширотными траекториями преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс и устойчивые большие положительные аномалии температуры воздуха.

Основные особенности развития синоптических процессов в каждом месяце за период январь– март 2012 г. описаны ниже.

В **январе** центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в район Канады. Западный сектор Арктики находился под влиянием высотного гребня. Вследствие этого основной западно–восточный воздушный поток в средней тропосфере был направлен в Арктику.

В первом (атлантико–евразийском) секторе отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов западной формы циркуляции. Под влиянием с востока на Европу гребня обширного азиатского антициклона циклоны в системе исландского минимума чаще смещались с запада на восток высокоширотными траекториями в канадский сектор полярного района Арктики. Фон давления в западных морях был значительно выше нормы и среднемесячные положительные аномалии давления в Карском море достигали значений выше 16 гПа. Воздушные потоки преимущественно юго–западных и западных направлений обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 13–14 °С) отмечались в районе севера Баренцева и Карского морей.

Во втором (тихоокеано–американском) секторе повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типа M_2 . Характерной особенностью развития макропроцессов было усиление азиатского антициклона. Его гребень оказывал влияние на восточный район Арктики, где он взаимодействовал с гребнем американского антициклона. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой более низкоширотными траекториями и не оказывали существенного влияния на полярный район Арктики. Атлантические циклоны при высокоширотных траекториях обусловили в этот сектор адвекцию теплых воздушных масс с юго–западной составляющей. Средние месячные значения положительных аномалий температуры превышали 2 – 6 °С, за исключением побережья моря Бофорта, где в тылу тихоокеанских циклонов при северных и северо–восточных направлениях воздушных потоков, отмечались преимущественно отрицательные аномалии температуры воздуха (до 1–3 °С) (рис. 1.6).

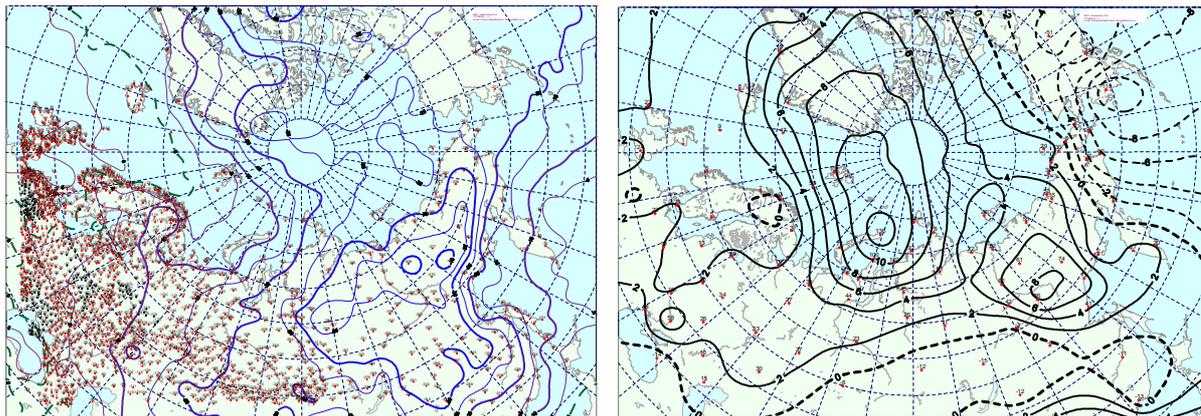


Рисунок 1.6 – Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в январе 2012 г., (°С)

В **феврале** произошла перестройка крупномасштабных атмосферных процессов от западной к восточной форме циркуляции. Основной центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа также как и в январе располагался над районом Канады. Произошло ослабление высотного гребня азиатского антициклона над побережьем восточных морей российской Арктики.

В первом секторе особенностью приземного барического поля по сравнению с предыдущим месяцем явилось ослабление влияния азиатского антициклона на район Арктики. В связи с этим циклоны смещались высокоширотными траекториями восточнее, чем в январе. Своей теплой частью циклоны обусловили устойчивую адвекцию теплых воздушных масс. Очаг с наибольшими положительными аномалиями температуры (до 14 °С) сформировался над районом Карским морем южнее, чем в январе. Наибольшее понижение фона температуры в Арктике отмечалось над Восточно–Сибирским морем. Среднемесячные отрицательные аномалии здесь достигали значений –3–5 °С.

Во втором секторе также произошла перестройка атмосферных процессов при типах M_2 и 3 с низкоширотными траекториями циклонов к разновидности с высокоширотными траекториями. Под частым влиянием на район Берингова моря с юго–востока блокирующих гребней гавайского антициклона циклоны сериями смещались севернее, чем в январе. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над Охотским и западной частью Берингова морей. Фон давления в полярном секторе был ниже нормы. Под влиянием атлантических и тихоокеанских циклонов в данном секторе Арктики преобладала адвекция теплых воздушных масс при южных направлениях воздушных потоков. Средние месячные значения аномалий температуры составили значения от 2 до 8 °С (рис. 1.7).

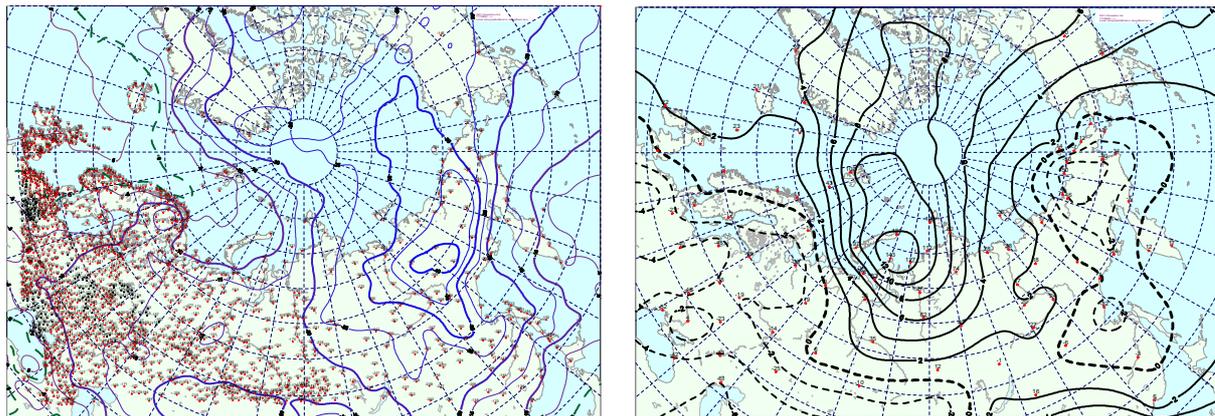


Рисунок 1.7 – Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в феврале 2012 г., (°С)

В марте произошла перестройка направленности крупномасштабных атмосферных процессов. По сравнению с предыдущим месяцем, когда преобладали разновидности восточной формы циркуляции, резко возросло число дней с меридиональной формой. В полярном районе Арктики центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа по-прежнему располагался в районе Канады. Ось высотного гребня азиатского антициклона была ориентирована на побережье восточных морей российской Арктики, под которым в приземном поле сформировался обширный арктический антициклон.

В первом секторе циклоны в системе исландского минимума над Северной Атлантикой, огибая гребень азорского антициклона, смещались в меридиональном направлении на ЕТР. Фон давления в европейском секторе Арктики был ниже нормы на 4–9 гПа. Воздушные потоки преимущественно южных направлений обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 10–12 °С) отмечались в районе севера Баренцева и Карского морей.

Во втором секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типа M_1 . Характерной особенностью развития макропроцессов явилось усиление арктического антициклона. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по более низкоширотным траекториям и не оказывали влияния на полярный район Арктики. Фон давления был выше нормы. Под влиянием восточной части атлантических циклонов преобладала адвекция теплых воздушных масс с южной составляющей. Средние месячные значения аномалий температуры составили от минус 2 до плюс 4 °С (рис. 1.8).

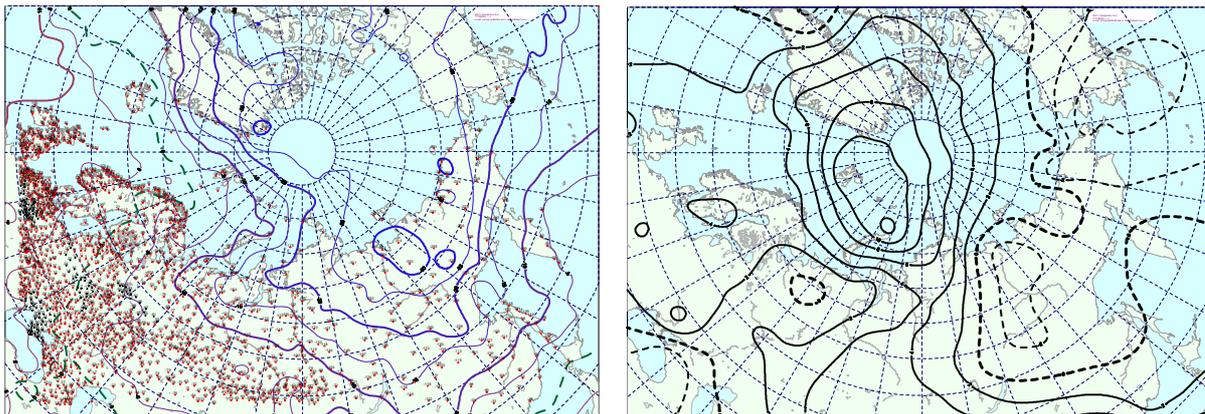


Рисунок 1.8 – Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в марте 2012 г., (°С)

Структурные особенности развития процессов внутри каждого месяца в 2012 г. по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) представлены в табл. 1.2. Изменения от одного ЭСП к другому сопровождаются сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики при крупномасштабных перестройках атмосферной циркуляции.

Таблица 1.2 – Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирсас января по март 2012 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
1-2	Е	М2		Е	М2	1-3	С	М1
3-5	Е	М2	1-4	Е	М2	4-6	Е	М1
6-9	Е	3	5-7	Е	М2	7-10	Е	М1
10-13	W	М1	8-12	С	М2	11-13	W	3
14-16	W	М2	13-16	W	3	14-16	С	3
17-18	Е	М2	17-18	Е	3	17-19	W	3
19-21	W	М2	19-22	W	3	20-21	W	М1
22-24	W	М2	23-25	W	3	22-25	С	М2
25-27	W	М1	26-28	С	М2	26-28	С	М2
28-29	С	М1	29		М2	29-31	С	М2
30-31	W	3						
Итого	W 18 (6) С 2 (-4) Е 11 (-2)	3 6 (-2) М1 9 (3) М2 16 (-1)	Итого	W 7 (-2) С 4 (-2) Е 18 (5)	3 9 (3) М1 0 (-4) М2 20 (2)	Итого	W 8 (-2) С 16 (8) Е 7 (-6)	3 9 (-1) М1 12 (6) М2 10 (-5)

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 крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период январь–март 2012 г., можно сделать следующие выводы:

– В целом, несмотря на сохранение высоких значений положительных аномалий температуры воздуха в Арктике, развитие крупномасштабных атмосферных процессов в январе – марте 2012 г. имели существенные отличия от направленности процессов последних лет;

– Атмосферные процессы в 2012 г. в северной полярной области развивались на аномально повышенном фоне в первом секторе полушария разновидностей процессов в январе западной, в феврале восточной и в марте меридиональной форм циркуляции.. Во втором секторе наибольшую повторяемость имели меридиональные процессы типа M_2 в январе и феврале и типа M_1 в марте;

– В средней тропосфере на изобарической поверхности H_{500} центр планетарного циркумполярного вихря наиболее часто смещался в канадо–гренландский район Арктики;

– Циклоны Северной Атлантики в системе исландского минимума смещались в Арктику по сравнению с нормой северными траекториями. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над севером Баренцева и Карского морей и над приполюсным районом Арктики;

– Усиление циклонической деятельности способствовало ослаблению арктического антициклона и частое смещение его центра на восток, что обусловило преобладание над полярным районом Арктики в 2011 г. значительном большинстве случаев отрицательных аномалий давления;

– Повышенная повторяемость разновидностей процессов с высокоширотными по сравнению с нормой траекториями циклонов обусловила устойчивую адвекцию теплых воздушных масс с южной составляющей и формирование в среднем период январь – март положительного фона аномалии температуры воздуха в полярном районе Арктики;

– Наиболее часто крупные значения аномалий температуры воздуха отмечались в районах Карского и Баренцева морей, которые внесли наибольший вклад в формирование высокого температурного фона полярного района. В среднем по полярному району в январе – марте 2012 г. аномалия температуры воздуха составила $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше, чем в 2011 г.;

– В заключение можно отметить, что результаты мониторинга состояния приземной атмосферы в Северной полярной области позволяют сделать вывод о сохраняющейся в последние годы тенденции к потеплению в высоких широтах. При этом очаг положительных аномалий температуры имеет тенденцию к смещению из района Канадского Арктического архипелага и Гренландии в район Карского и Баренцева морей, что обусловлено особенностями проявления крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Арктики.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области (декабрь 2011 – февраль 2012 г.)

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха в Северной полярной области (СПО) и районах арктических морей (рис. 1.9). Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступившие с дрейфующей станции СП–39 и дрейфующих буев МПАБ, которые позволили уточнить значения температуры воздуха в околополюсном районе.

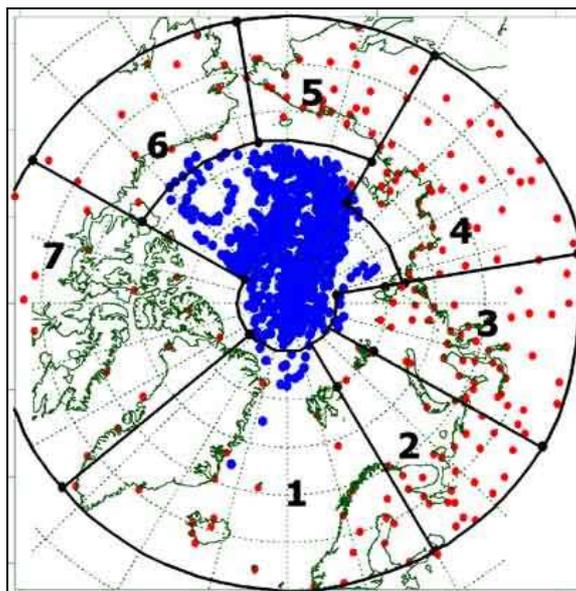


Рисунок 1.9 – Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – североευропейский; 3 – западносибирский; 4 – восточносибирский; 5 – чукотский; 6 – аляскинский; 7 – канадский)

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 2011 г. по февраль 2012 г.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за зимний сезон 2011–12 года по отдельным широтным зонам (60–85, 60–70 и 70–85° с.ш.) представлена в табл. 1.3. В целом по широтной зоне 60–85° с.ш. аномалия температуры воздуха составила 2,9 °С. Зима 2011–12 г. в СПО стала наиболее теплой зимой по рангу теплых лет за период с 1936 г. Предыдущая наиболее теплая зима отмечалась в 1937 г. с аномалией температуры 2,7 °С. В широтной зоне 70–85° с.ш. зимний сезон оказался вторым теплым сезоном с аномалией температуры 4,0 °С, а в широтной зоне 60–70° с.ш. – пятым теплым сезоном с аномалией 2,1 °С 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 2011/12 г., °С

Широтная зона, ° с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70–85	4,0	2	2006 (4,1)	1966 (-2,2)
60–70	2,1	5	2008 (2,4)	1966 (-2,7)
60–85	2,9	1	2012 (2,9)	1966 (-2,5)

Сопоставление значений пространственно осредненных по территориям климатических районов аномалий температуры воздуха в зимнем сезоне 2011–12 г. показало несколько очагов крупных положительных аномалий. Наиболее крупная аномалия температуры воздуха имела место в евразийском секторе на территории западносибирского района. Значение пространственно осредненной по территории района аномалии составило 7,6 °С (табл. 1.4). Для западносибирского района прошедшая зима оказалась самой теплой зимой с 1936 г. В восточной части азиатского сектора (чукотский район) и на западе Аляски (альяскинский район) наблюдались отрицательные аномалии температуры воздуха. Значение пространственно осредненной по территории каждого из районов аномалии температуры составило, соответственно, –0,7 и –0,2 °С.

Таблица 1.4 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за зимний сезон 2011/12 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	аномалия	ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	2,9	3	2006 (3,6)	1966 (-2,4)
Североевропейский	5,2	3	1937 (6,5)	1979 (-4,4)
Западносибирский	7,6	1	1937 (7,3)	1969 (-5,6)
Восточносибирский	3,4	4	1989 (4,1)	1966 (-4,5)
Чукотский	-0,7	50	1938 (3,8)	2002 (-2,3)
Аляскинский	-0,2	45	2001 (6,5)	1965 (-5,6)
Канадский	2,3	10	2010 (5,0)	1972 (-3,6)

На метеорологических станциях в районах арктических морей и на территории суши севернее 70° с.ш., а также в североамериканском секторе и в восточной части азиатского отмечались преимущественно положительные аномалии температуры воздуха (рис. 1.10).

Крупные аномалии наблюдались в северной части Гренландского и Норвежского морей, районах Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых. Самые высокие значения положительных аномалий наблюдались на станциях на северо–востока Баренцева и северной части Карского морей. Здесь значение аномалий температуры воздуха на станциях достигали 15–16 °С. В целом, по району Карского моря значение пространственно осредненной по району аномалии температуры составило 9,7 °С, что оказалось лишь на одну десятую градуса меньше, чем в 1945 г. (табл. 1.5). Зима 2011–12 г. стала также самой теплой в районе моря Лаптевых. Значение аномалии температуры в прошедшую зиму оказалось равным 4,6 °С. Предыдущий самый теплый год в районе моря Лаптевых отмечался в 1937 г. с аномалией температуры 4,5 °С.

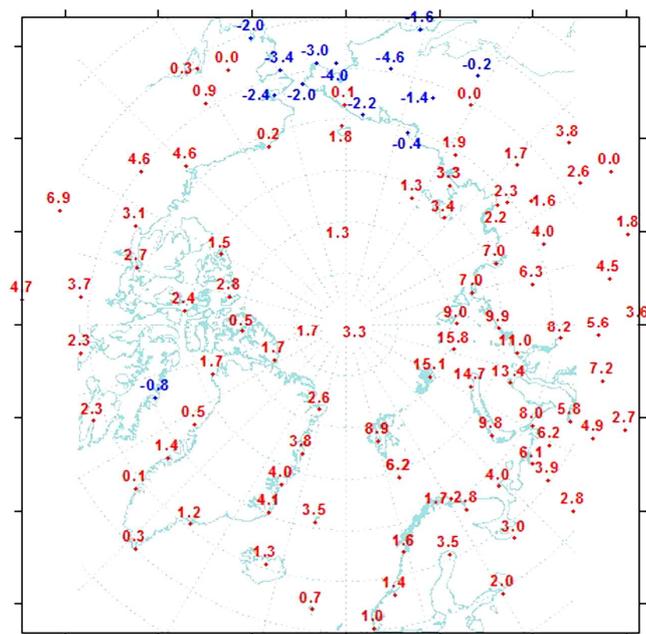


Рисунок 1.10 – Значения аномалий средней температуры воздуха зимнего сезона 2011–12 гг. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.5 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за зимний сезон 2011/12 г. для районов севернее 70° с.ш., °С

Море, часть климатического района	аномалия	ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	4,7	3	2006 (5,4)	1966 (-2,7)
Баренцево море	7,4	2	1937 (7,6)	1979 (-3,4)
Карское море	9,7	2	1945 (9,8)	1979 (-5,9)
Море Лаптевых	4,6	1	2012 (4,6)	1979 (-4,4)
Восточно-Сибирское море	1,3	19	1938 (4,9)	1966 (-3,3)
Чукотское море	-0,1	41	1938 (5,7)	1939 (-3,4)
Море Бофорта	2,2	15	2006 (5,4)	1966 (-3,1)
Северная часть канадского района	1,3	22	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. 1.11, а для районов арктических морей на рис. 1.12.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за зимний сезон с 1936 по 2012 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, Восточносибирском, Аляскинском и Канадском (на 5-% уровне значимости) районах, где он соответственно равен 0,15, 0,18, 0,33 и 0,22 °С/10 лет (линейное увеличение температуры за 77 лет составило 1,2, 1,4, 2,5 и 1,7 °С).

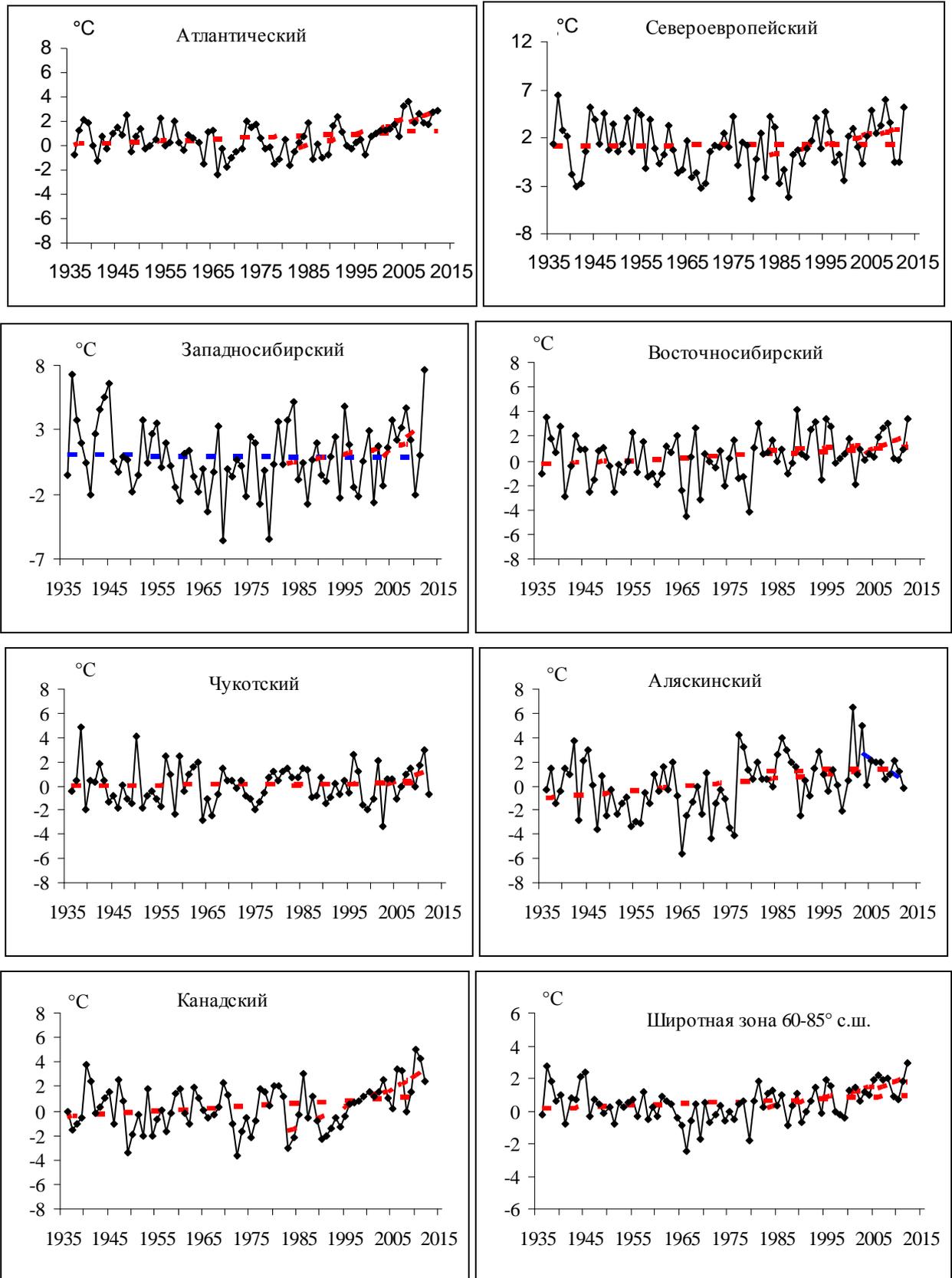


Рисунок 1.11 – Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °C

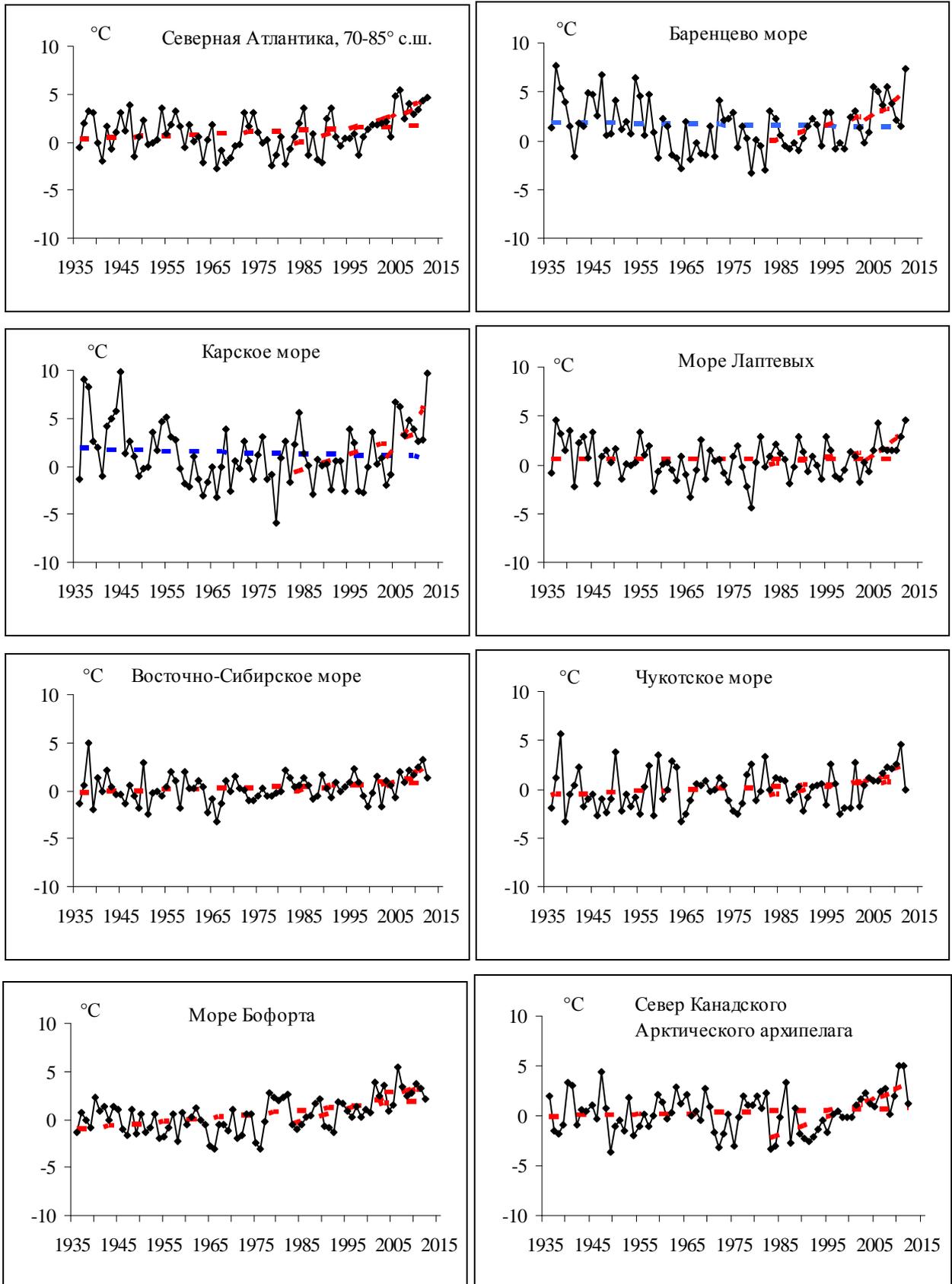


Рисунок 1.12 – Временные ряды аномалий температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом за зимний сезон, °C



Таблица 1.6 – Коэффициенты линейного тренда средней за зимний сезон температуры воздуха отдельных районов за весь период наблюдений и за последние 30 и 10 лет

Район, широтная зона	1936/37–2011/12		1982/83–2011/12		2002/03–2011/12	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Атлантический	0,15	25,7	0,93	65,0	0,76	27,0
Североевропейский	0,03	2,3	0,94	32,8	0,78	9,5
Западносибирский	-0,04	3,5	0,59	19,8	2,94	31,8
Восточносибирский	0,18	22,6	0,19	10,8	1,58	36,5
Чукотский	0,03	4,0	0,15	9,6	1,19	29,9
Аляскинский	0,33	32,2	0,05	2,5	-2,65	54,6
Канадский	0,22	27,1	1,61	71,0	2,23	40,4
70–85° с.ш.	0,08	13,8	1,16	70,3	2,64	66,5
60–70° с.ш.	0,14	29,4	0,24	21,7	-0,60	20,9
60–85° с.ш.	0,10	22,4	0,53	50,6	0,67	29,7

Примечание: **Bx** – значение линейного тренда в °C/10 лет; **D** – вклад тренда в полную дисперсию *D*%; 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. 3,5 °C/30 лет (на 5–% уровне значимости) и широтной зоне 60–85° с.ш. 1,6 °C/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 значимое увеличение температуры отмечается только в широтной зоне к северу от 70° с.ш.. Линейное увеличение температуры достигает 2,6 °C/10 лет. Кроме этого, в последнем десятилетнем периоде также можно указать на противоположные тенденции в изменениях температуры к северу (повышение) и к югу (понижение) от 70° с.ш.

В районах арктических морей положительный линейный тренд прослеживается по всем морям с последнего 30–ти летнего периода (табл. 1.7). Наиболее стремительно повышение температуры происходит в северной части канадского района, а также в районе Карского моря. За 30–летний период повышение зимней температуры воздуха в этих частях СПО составило около 5,4 и 4,5 °C/30 лет соответственно.

Таблица 1.7 – Коэффициенты линейного тренда средней за зимний сезон температуры воздуха районов арктических морей и за последние 30 и 10 лет

Море, часть моря, территория суши	1936/37–2011/12		1982/83–2011/12		2002/03–2011/12	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,20	22,6	1,36	59,0	2,29	46,2
Баренцево море	-0,07	6,1	1,34	53,7	3,29	41,1
Карское море	-0,11	7,8	1,50	42,2	6,33	55,4
Море Лаптевых	0,01	1,4	0,59	31,1	3,34	61,2



ОБЗОР ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ
I КВАРТАЛ 2012

Море, часть моря, территория суши	1936/37–2011/12		1982/83–2011/12		2002/03–2011/12	
	Вх	D	Вх	D	Вх	D
Восточно–Сибирское море	0,13	19,7	0,51	36,8	2,29	61,9
Чукотское море	0,18	20,1	0,74	38,6	1,96	44,4
Море Бофорта	0,39	49,5	1,39	72,5	0,39	9,3
Северная часть канадского района	0,11	13,0	1,79	71,5	2,03	37,9

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



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе–марте 2012 года

Оценки развития ледовых условий в первом квартале 2012 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований проводимых в ААНИИ, на дрейфующей станции СП–39 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 2011 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.

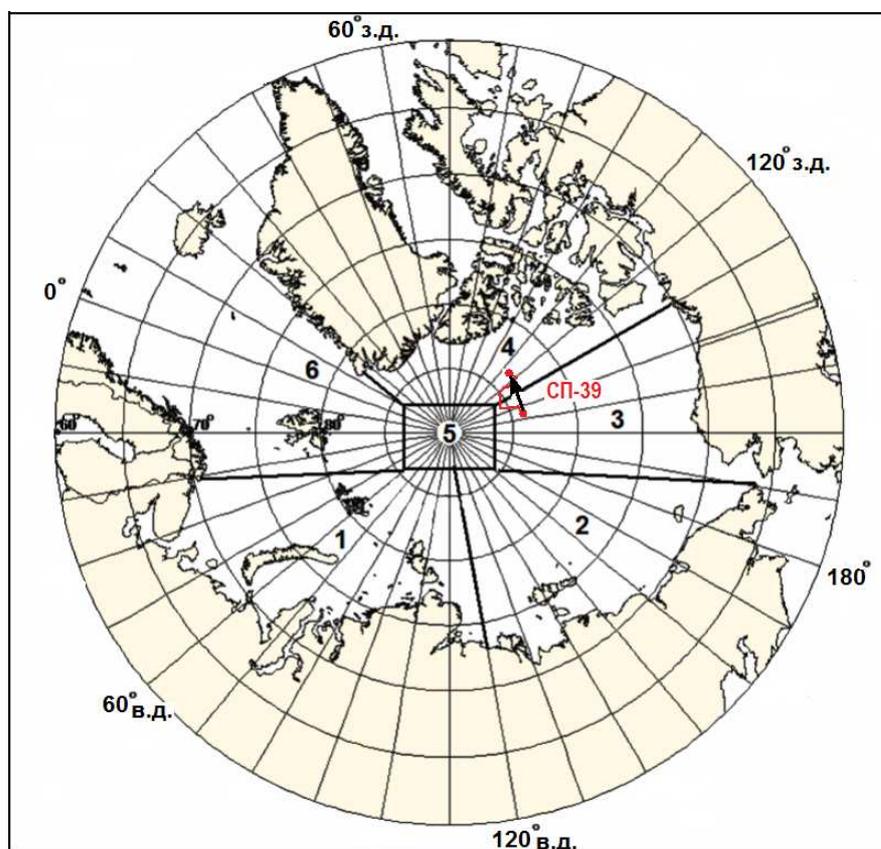


Рисунок 2.1 – Районы Северного Ледовитого океана. (1–западный район российского сектора, 2–восточный район российского сектора, 3–аляскинский сектор, 4–канадский сектор, 5–приполюсный район, 6–гренландский сектор)

Развитие ледовых условий в зимний период 2012 г. проходило на фоне позднего начала ледообразования и малой остаточной ледовитости, которые наблюдались в конце 2011 г. во всех арктических морях и океане в целом.

В результате позднего начала осенних ледовых процессов в морях российского сектора Арктики в конце 2011 г. преобладали однолетние тонкие и средние льды. Большое количество молодых льдов наблюдалось в Баренцевом море, юго-западной части Карского моря и в Чукотском море.

Старые льды отмечались в северной части Восточно-Сибирского моря и в западной части моря Бофорта. Основная масса старых льдов была смещена в приполюсный район и в канадский сектор Арктики (рис. 2.2).

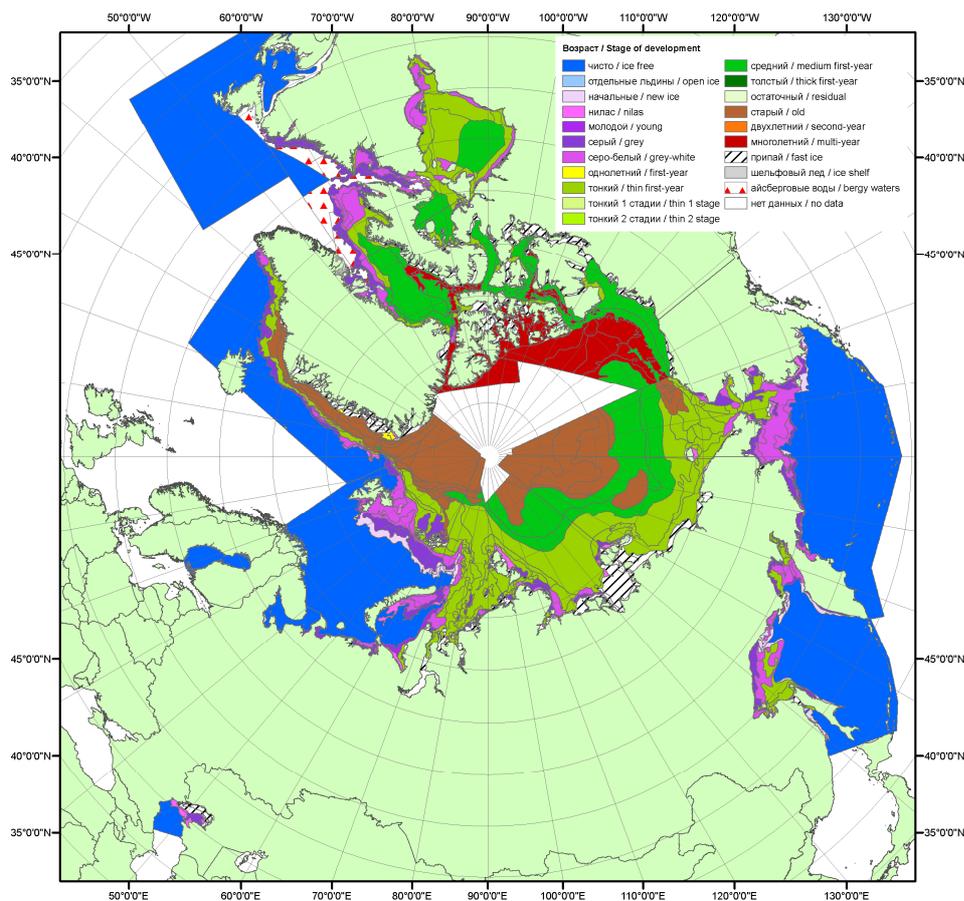


Рисунок 2.2 – Обзорная ледовая карта СЛО за 19–27 декабря 2011 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Общее количество льда в Северном Ледовитом океане в конце 2011 г. было меньше среднего многолетнего значения в основном за счет небольшой ледовитости морей западного района российского сектора Арктики (морей Баренцева и Карского).

По оценкам, выполненным в ААНИИ, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря составила 12,59 млн км² при норме 13,36 млн км², т.е. была на 5,8 % меньше средних многолетних значений.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным грациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь–март 2012 г. приведены на рис. 2.3–2.11.

На рис. 2.3 приведено распределение льда по возрасту на середину января. Обширные зоны молодых льдов наблюдались в Баренцевом море и юго-западной части Карского моря. В Баренцевом, Карском и Чукотском морях преобладали однолетние тонкие льды. Однолетние льды в центральных морях российского сектора Арктики и море Бофорта достигли возрастной грации однолетних средних льдов. Продолжалось становление припая на побережье и в проливах арктических морей. Вдоль побережья Аляски в моря Бофорта наблюдался устойчивый вынос старых льдов, обусловленный прибрежной ветвью Канадского антициклонического круговорота.

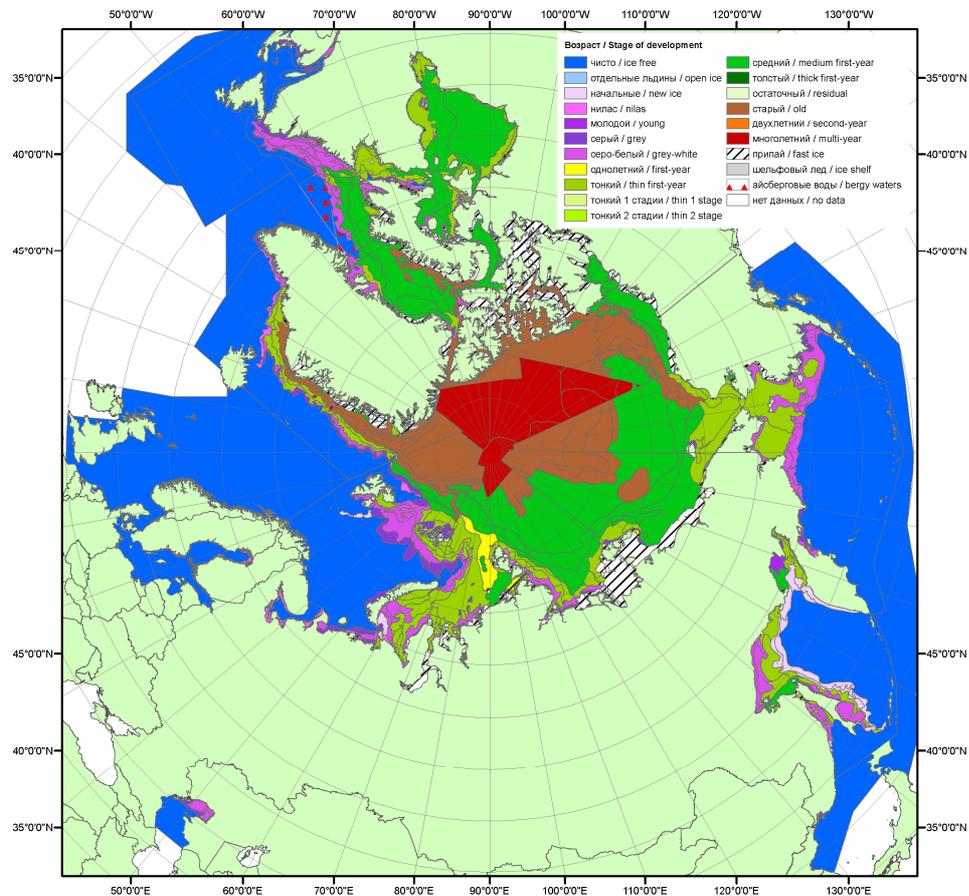


Рисунок 2.3 – Обзорная ледовая карта СЛО за 16–17 января 2012 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

В январе наблюдалась необычное развитие поля дрейфа льда в СЛО. Традиционно существующего Трансарктического переноса как такового не было. Вместо него наблюдалось развитие обширного потока, захватывающего северные части российских арктических морей и приполюсный район, с направлением с запада на восток. Канадский антициклонический круговорот был развит слабо. Из морей российского сектора Арктики происходил вынос льда. В этих морях сформировалась отрицательная аномалия сплоченности. Наблюдался перенос льдов в Чукотское море и в море Бофорта, а также его дальнейший вынос в Берингово море. Практически отсутствовал вынос льда из пролива Фрама (рис. 2.4).

В результате развития такой необычной картины дрейфа льда сформировались крупные отрицательные аномалии сплоченности в морях западного района российского и гренландском секторах Арктики (зоны выделенные синим цветом). Положительные аномалии сплоченности (зоны выделенные зеленым и красным цветом) сформировались в юго-западной части Чукотского моря, море Бофорта и Беринговом море (рис. 2.5).

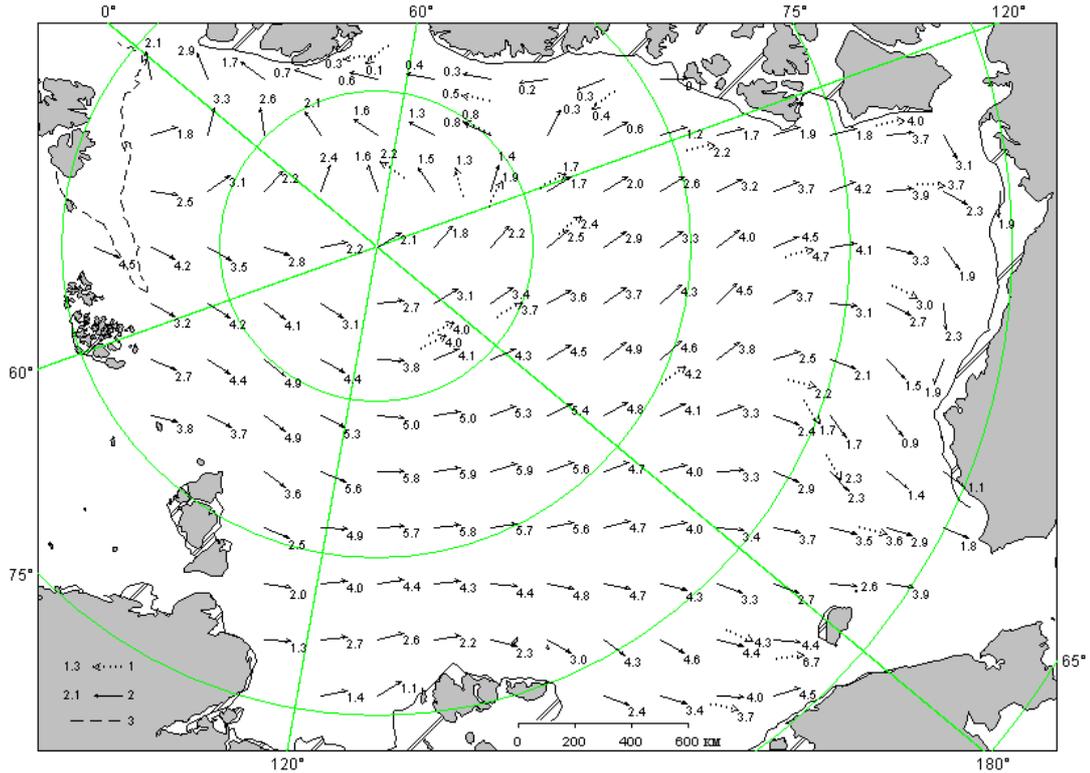


Рисунок 2.4 – Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в январе 2012 г. (1 – направление и скорость (км/сут) дрейфа автоматического буя, 2 – результаты расчета в узле сетки, 3 – кромка молодого льда.)

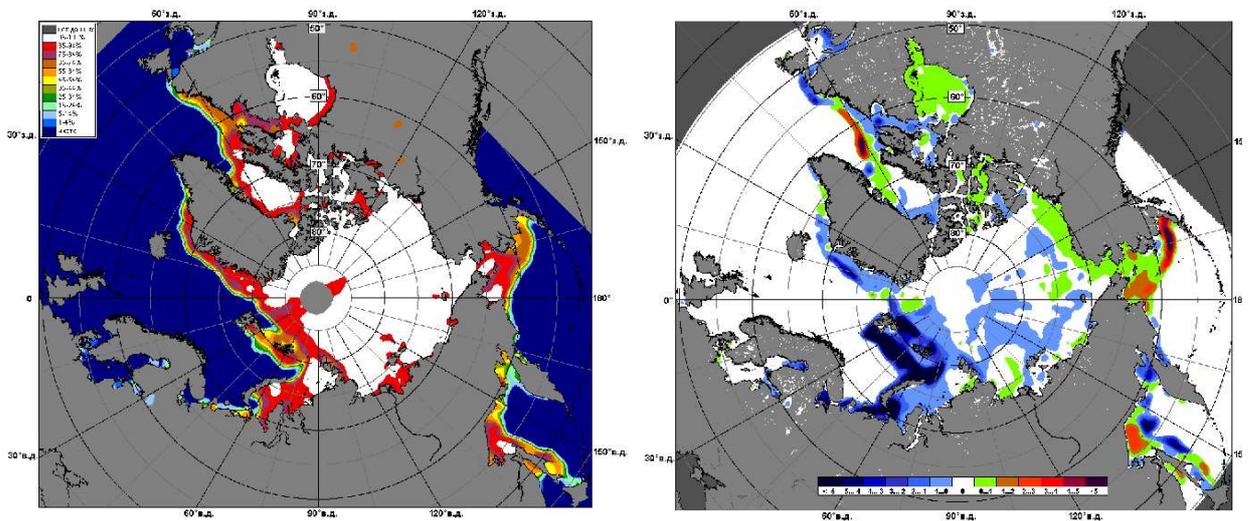


Рисунок 2.5 – Медианное распределение сплоченности льда в январе 2012 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2012 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM.



В феврале произошла перестройка крупномасштабных атмосферных процессов, что повлекло за собой перестройку поля дрейфа льда. Адвекция тепла в западный район российского сектора Арктики (моря Баренцево и Карское) привела к сохранению в них отрицательной аномалии ледовитости и большого количества молодых льдов. В северных частях морей восточного района российского сектора Арктики и море Бофорта лед перешел в возрастную градацию однолетних толстых. Непосредственно в самих морях преобладали однолетние средние льды. Припай в российских арктических морях и проливах Канадского Арктического архипелага был развит слабо, меньше среднемноголетних границ. Например, в проливе Вилькицкого сплошной припай так и не установился, что в предыдущие годы наблюдалось крайне редко (рис. 2.6).

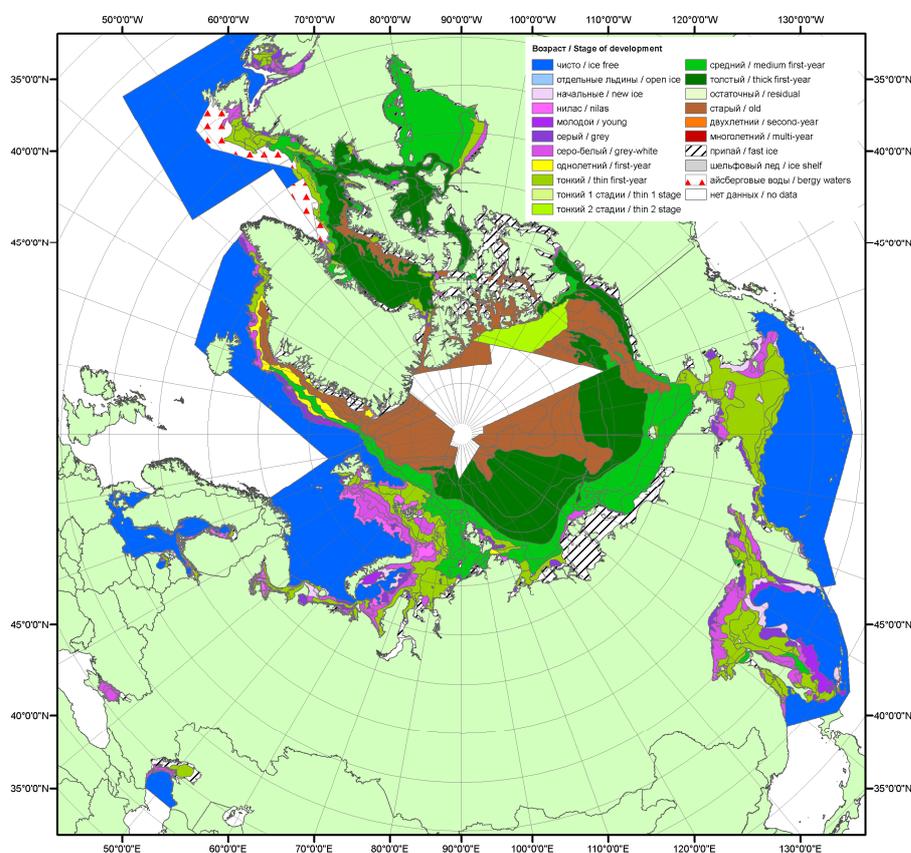


Рисунок 2.6 – Обзорная ледовая карта СЛО за 13–14 февраля 2012 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Сформировался Трансарктический перенос со стрежнем, смещенным к архипелагу Новосибирских островов до островов Канадского арктического архипелага. Также сформировался многоцентровая система Канадского антициклонического круговорота с хорошо развитой прибрежной ветвью дрейфа, направленной вдоль побережья Аляски и выносящая льды из моря Бофорта в Чукотское море (рис. 2.7).



В результате изменения характера дрейфа произошло формирование двух хорошо выраженных областей с крупными отрицательными и небольшими, но положительными аномалиями сплоченности льда. В первую область вошли моря западного района российского и гренландский сектора Арктики, во вторую область вошли моря восточного района российского и аляскинского сектора Арктики (рис. 2.8).

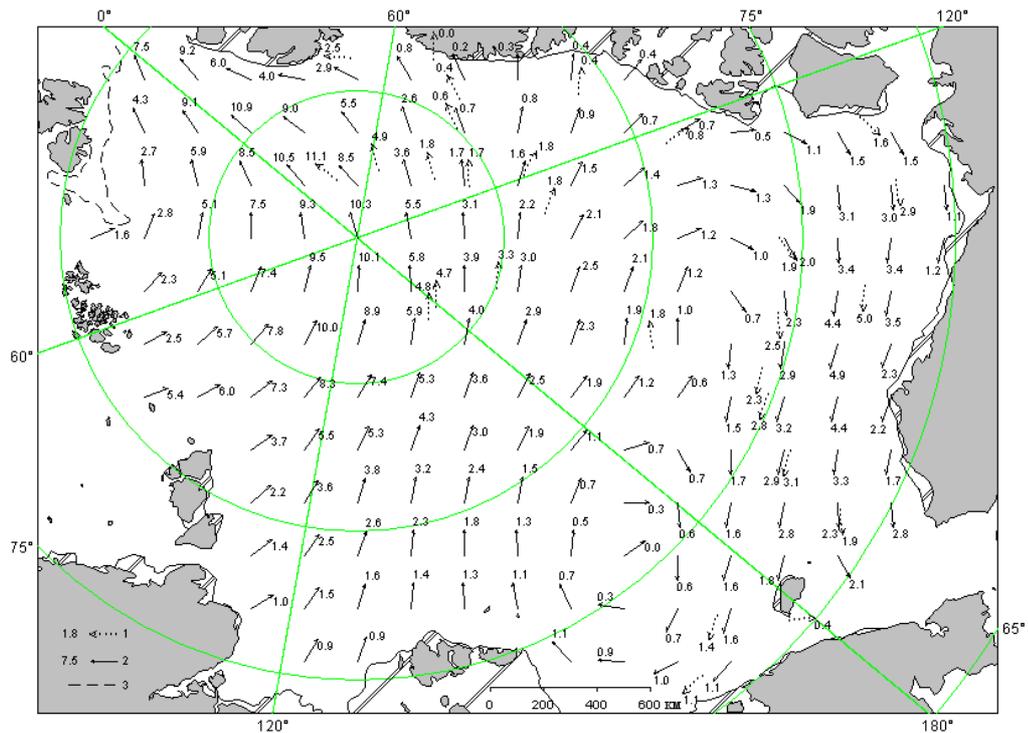


Рисунок 2.7 – Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в феврале 2012 г. Усл. обозначения см. рис. 2.5.

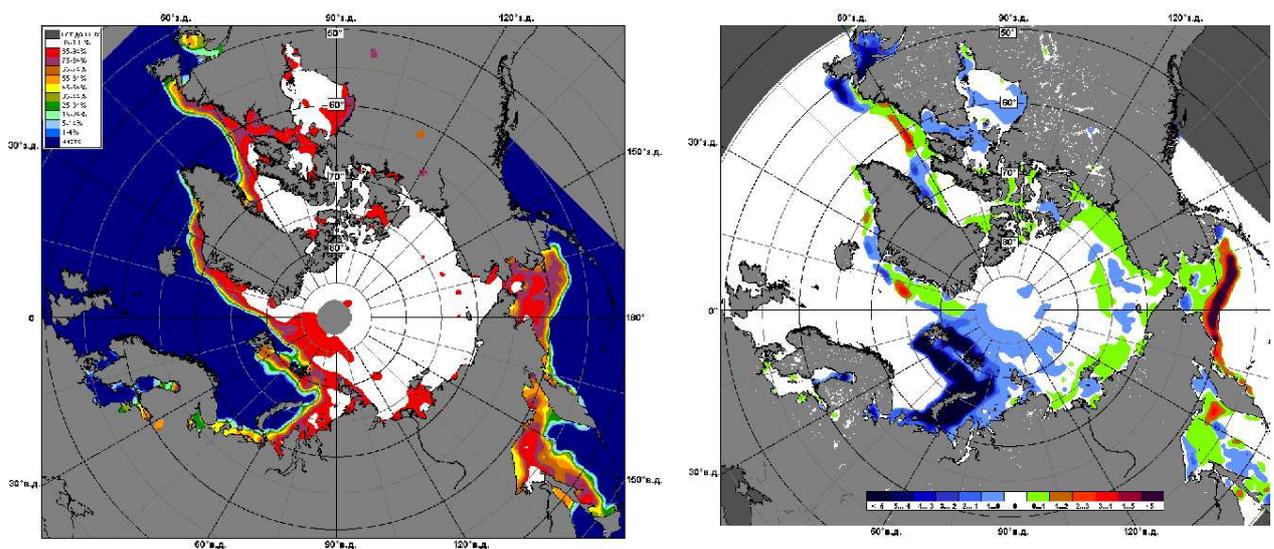


Рисунок 2.8 – Медианное распределение сплоченности льда в феврале 2012 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2012 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM.

В марте наблюдалось дальнейшее нарастание и развитие ледяного покрова, особенно в морях российского и аляскинского секторов Арктики. В результате еще более четко обозначилась оппозиция в формировании двух областей с крупными отрицательными и положительными аномалиями сплоченности льда, наметившаяся в феврале.

В возрастном составе льдов в морях восточного района российского и аляскинского секторов Арктики начали преобладать однолетние толстые льды. В морях западного района российского и гренландский секторов Арктики наблюдалось большое количество молодых льдов (рис. 2.9).

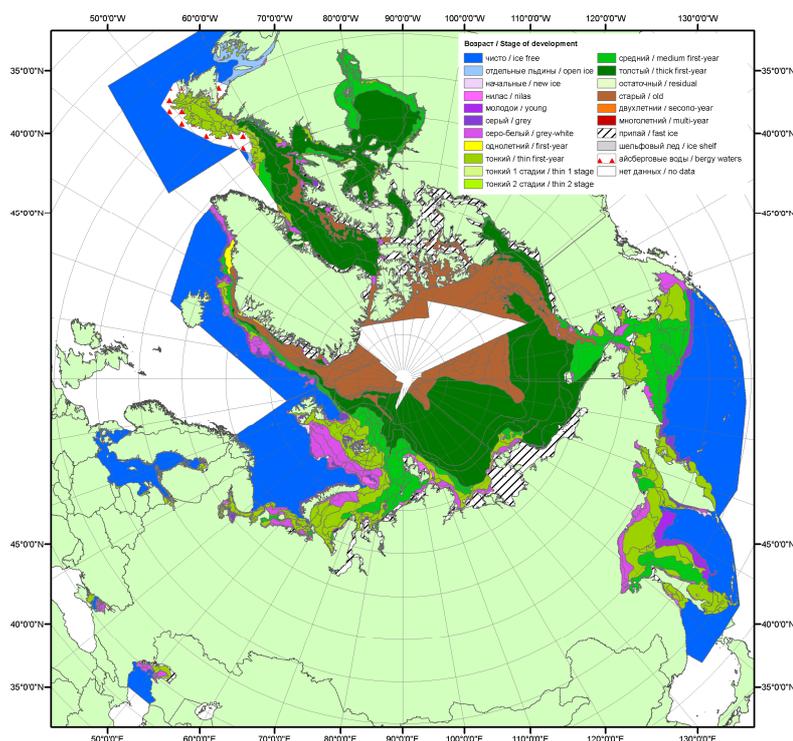


Рисунок 2.9 – Обзорная ледовая карта СЛЮ за 19–20 марта 2012 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

Были хорошо выражены основные элементы общего поля дрейфа льда в океане – Трансарктический перенос и Канадский антициклонический круговорот. Но их центры были значительно смещены относительно среднемноголетнего положения. Наблюдался мощный вынос льдов из морей западного района российского сектора Арктики а гренландский сектор и приполюсный район, и далее в пролив Фрама. Продолжался перенос льда вдоль аляскинского побережья из моря Бофорта в Чукотское море и вынос его через Берингов пролив. Результирующее поле среднемесячного дрейфа за март приведено на рис. 2.10.

В поле сплоченности льда сформировались значительные отрицательные аномалии в морях западного района российского сектора Арктики (Баренцево и Карское моря) и положительные (зеленые зоны) аномалии сплоченности в Чукотском море и море Бофорта (рис. 2.11).

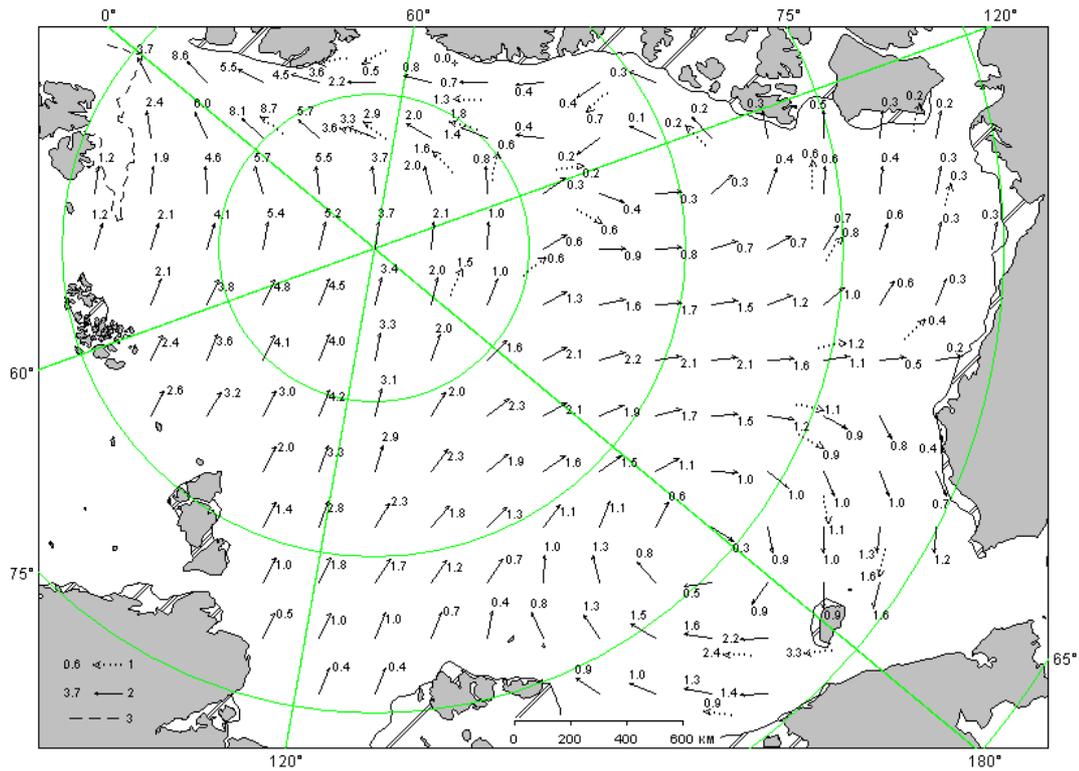


Рисунок 2.10 – Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в марте 2012 г. Усл. обозначения см. рис. 2.5.

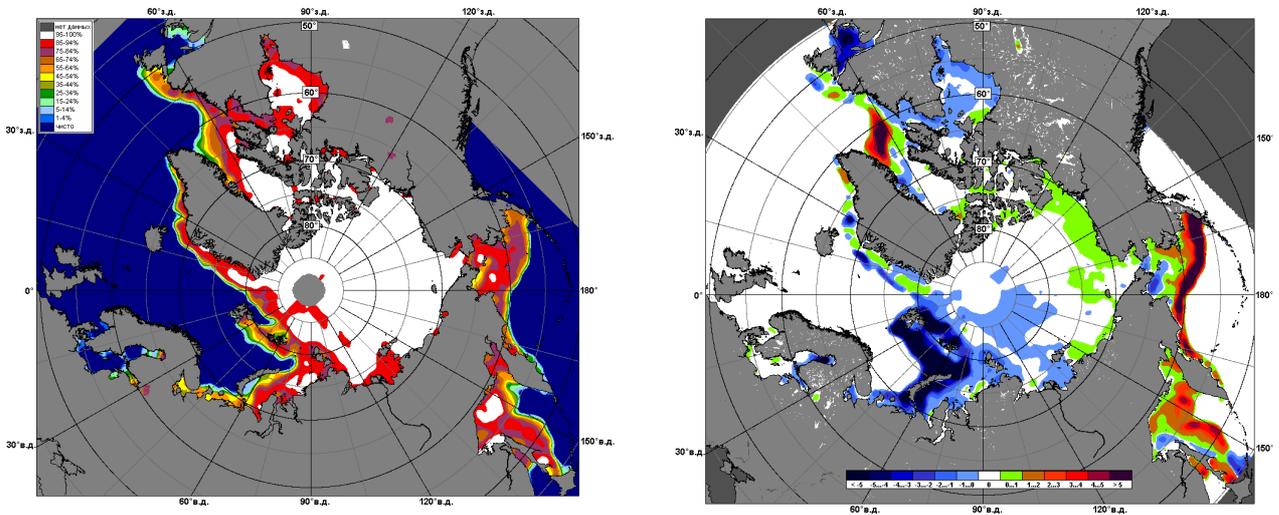


Рисунок 2.11 – Медианное распределение сплоченности льда в марте 2012 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2012 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM.

Позднее начало ледообразования и невысокая интенсивность нарастания льда в морях в течение зимних месяцев 2012 г. привели к тому, что толщина льда по данным полярных станций во всех арктических морях была меньше средних многолетних значений.

По данным полярных станций в западном районе российской Арктики аномалии толщины были на 40–50 см меньше нормы. В районе Новосибирских островов, аномалии толщины льда были также меньше нормы, но величина аномалии составляла уже от 0 до –20 см. В Восточно-Сибирском и Чукотском морях аномалии толщины льда имели разнонаправленные знаки и приближались к норме (рис. 14).

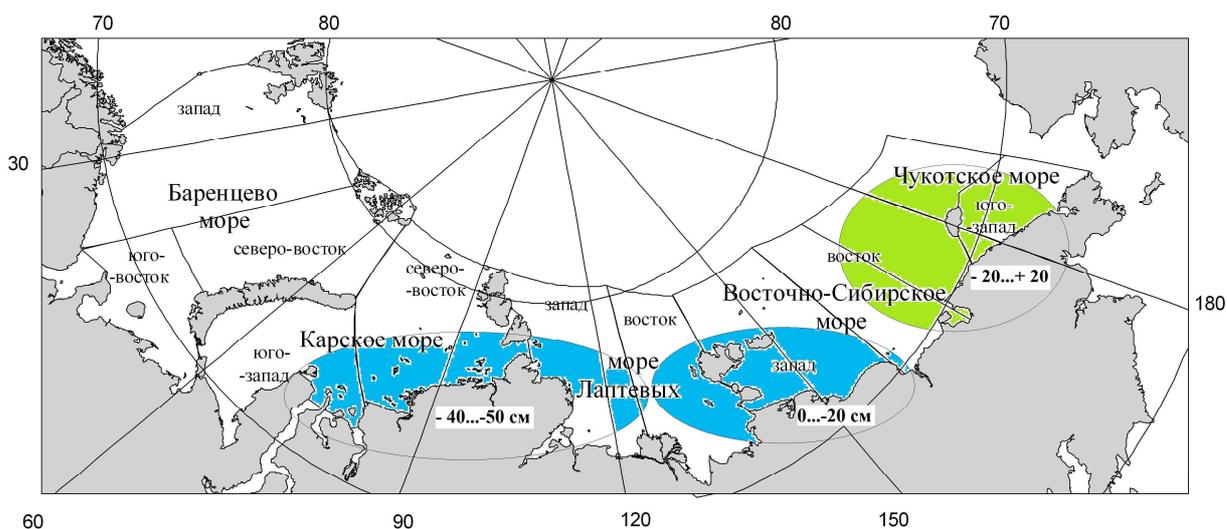


Рисунок 2.12 – Аномалии толщины льда в российских арктических морях в конце марта 2012 г.

Развитие припая в российских арктических морях в течение трех зимних месяцев проходило с небольшой интенсивностью. Площадь припая во всех российских арктических морях была меньше средних многолетних значений. В конце марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 445,6 тыс. км² при норме 615 тыс. км², то есть оказалась на 28 % меньше средних многолетних значений.

Развитие заприпайных полыней во всех морях было значительно больше средних многолетних значений. Суммарная площадь полыней составила в конце марта 162,1 тыс. км² при норме 101 тыс. км², т.е. более чем в полтора раза (60 %) превышала средние многолетние значения.

Следует отметить, что обычно площадь полыней в конце марта – начале апреля составляет 4,4 % от общей площади морей сибирского шельфа, в 2012 г. она составила 7,1 %. Известно, что полыньи в зимний период включаются в процесс ледопродуктивности моря. Образующиеся в них молодые льды, смешиваясь в результате дрейфа со льдами старшей возрастной категории (большей толщины), ослабляют ледяной покров.

С момента высадки станции СП–39 в конце октября 2011 г. и за первые три месяца 2012 г. общая протяженность ее дрейфа составила 1153 км, протяженность дрейфа в генеральном направлении на восток составила 394 км.



Средняя скорость дрейфа составила 6,0 км/сут, но в генеральном направлении станция перемещалась со средней скоростью 2,1 км/сут, что значительно ниже средних многолетних значений и подтверждает выводы о слабой динамике ледяного покрова в первом квартале года (см. рис. 2.23).

По данным измерений на дрейфующей станции СП–39, нарастание остаточного однолетнего льда оказалась значительно интенсивнее, чем многолетнего. Толщина льда за период с конца декабря по конец марта увеличилась соответственно от 136 до 176 см (увеличение на 40 см). Увеличение толщины в среднем за декаду составило 4,5 см, что очень близко к среднемноголетнему значению, которое в этот период года составляет 5 см.

Высота снежного покрова в марте 2012 г. оказалась несколько большей средней многолетней. По данным измерений, высота снега на конец марта составила 38 см, а средняя многолетняя высота снега на многолетних льдах в конце марта составляет 30 см. Ход изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямых измерений на полигоне СП–39 приведены на рис. 2.13.

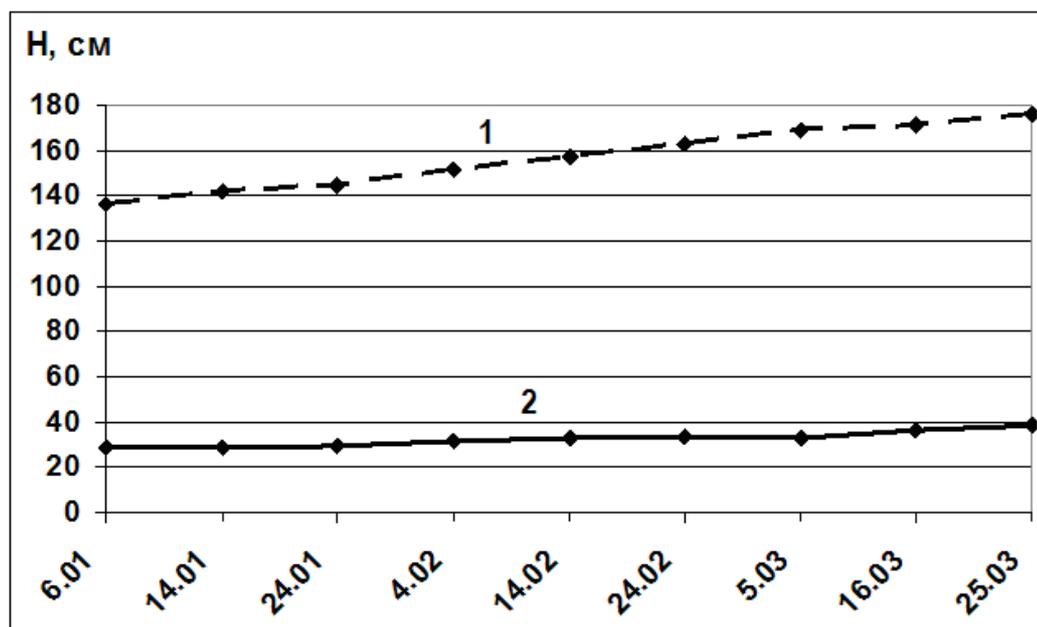


Рисунок 2.13 – Ход изменения толщины льда (1) и высоты снежного покрова (2) по данным измерений на стандартном полигоне дрейфующей станции СП–39

Распространение ледяного покрова в Северной полярной области и его среднемноголетнее положение приведено на рис. 2.14. 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 значительно севернее своего среднего положения). Напротив, в морях Канадской Арктики и



дальневосточных морях граница дрейфующих льдов была намного южнее своего обычного положения, а в Беринговом море распространение льдов даже приближалось к своему историческому максимуму (рис. 2.14).

Общее количество льдов в Северной Полярной области по оценкам, выполненным в ААНИИ, в первом квартале года было на 2,5 % меньше среднего многолетнего значения за счет малой ледовитости морей гренландского сектора и западного района российского сектора Арктики (см. рис. 2.15) .

В секторе 45°W–95°E (Гренландское – Карское моря) количество льда было аномально меньше среднего многолетнего значения (рис. 2.15 б). Однако в других секторах Северной полярной области, в секторах 95°E–170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и 170°W–45°W (море Бофорта и Канадская Арктика), количество льда превышало среднее многолетнее значение (рис. 2.15 в, г), что наблюдалось впервые за последние 5 лет.

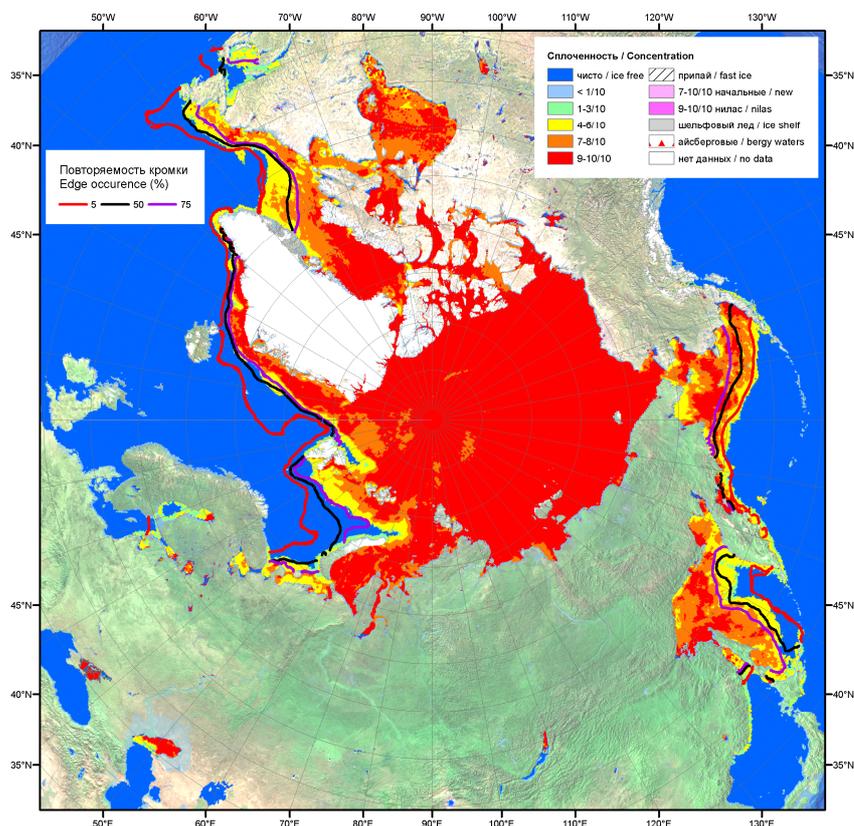


Рисунок 2.14 – Оценка общей сплоченности морского льда Северного полушария на 20.03.2012г. на основе данных NCEP NOAA и повторяемость кромки за 12.03–16.03 за период 1979–2012 гг. по наблюдениям SSMR–SSM/I–SSMIS (алгоритм NASATEAM)

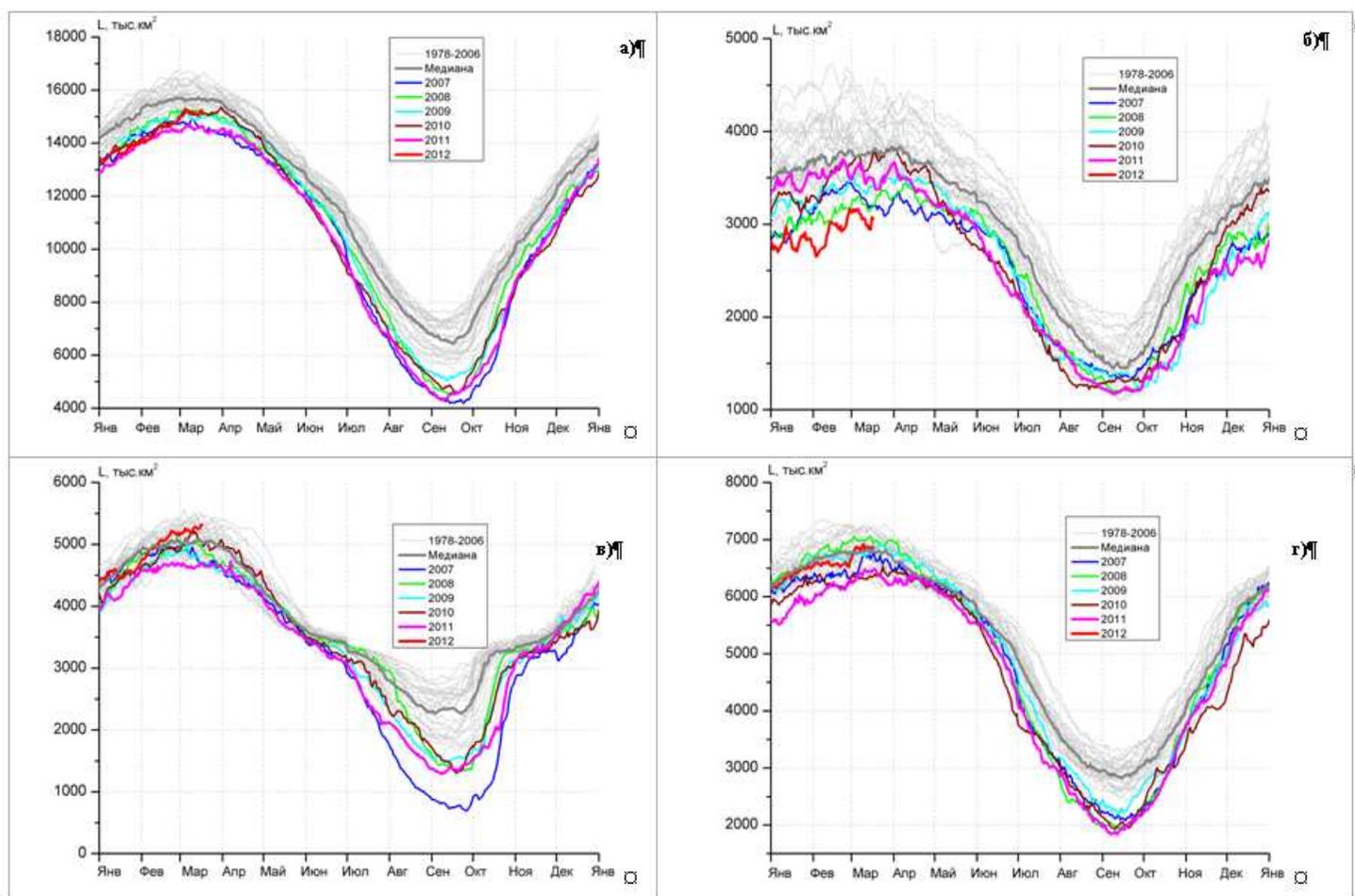


Рисунок 2.15 – Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северной полярной области и трех меридиональных секторов за период 26.10.1978 – 17.03.2012 по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM: а) Северная полярная область, б) сектор 45°W–95°E (Гренландское – Карское 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 2012 г.

3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне по данным дрейфующей станции «Северный полюс–39»

В первом квартале 2012 г. оперативная информация о термохалинном состоянии вод Северного Ледовитого океана продолжала поступать из двух основных источников: с российской дрейфующей станции «Северный Полюс 39» (СП–39) и с автономных дрейфующих ИТР (Ice–Tethered Profiler) буюв (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Сведения о наблюдениях в первом квартале 2012 г., загруженных в базу данных термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

№ п/п	Экспедиция, судно, измерительная платформа	Период		Количество станций
1	СП–39	01.01.2010	31.03.2010	86
2	ИТР*–41	01.01.2010	31.03.2010	200
3	ИТР–48	01.01.2010	31.03.2010	249
4	ИТР–53	01.01.2010	31.03.2010	192
ВСЕГО				727
<i>* Примечание: данные буюв ИТР, доступные с сайта Океанографического института в Вудсхоле, США (http://www.whoi.edu/itp)</i>				

В рассматриваемый период времени в глубоководной части Американо-Северного суббассейна дрейфовало в общей сложности 3 работающих ИТР буюв, оснащенных профилографами, с помощью которых обеспечивалось непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760–метрового слоя вод. При этом два работавших буюв (с номерами 41 и 53) осуществляли измерения в центральной области канадской глубоководной котловины, а третий (ИТР–48) – в районе поднятия Альфа в относительной близости от траектории дрейфа станции СП–39. Положение всех выполненных океанографических станций, использованных в рамках настоящего обзора, показано на рисунке 3.1.

Для анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры по данным наблюдений в первом квартале 2012 г. были выбраны характерные профили температуры и солёности из каждого из четырех источников поступления информации (см. таблицу 3.1), учитывая относительно небольшую пространственную протяженность наблюдений в каждом из представленных районов дрейфа в течение трех месяцев. Сравнительный анализ выполнялся путем сопоставления вертикальных профилей температуры и солёности со средними их

значениями за весь исторический период наблюдений, выполненных в зимний период в точках выбранных станций.

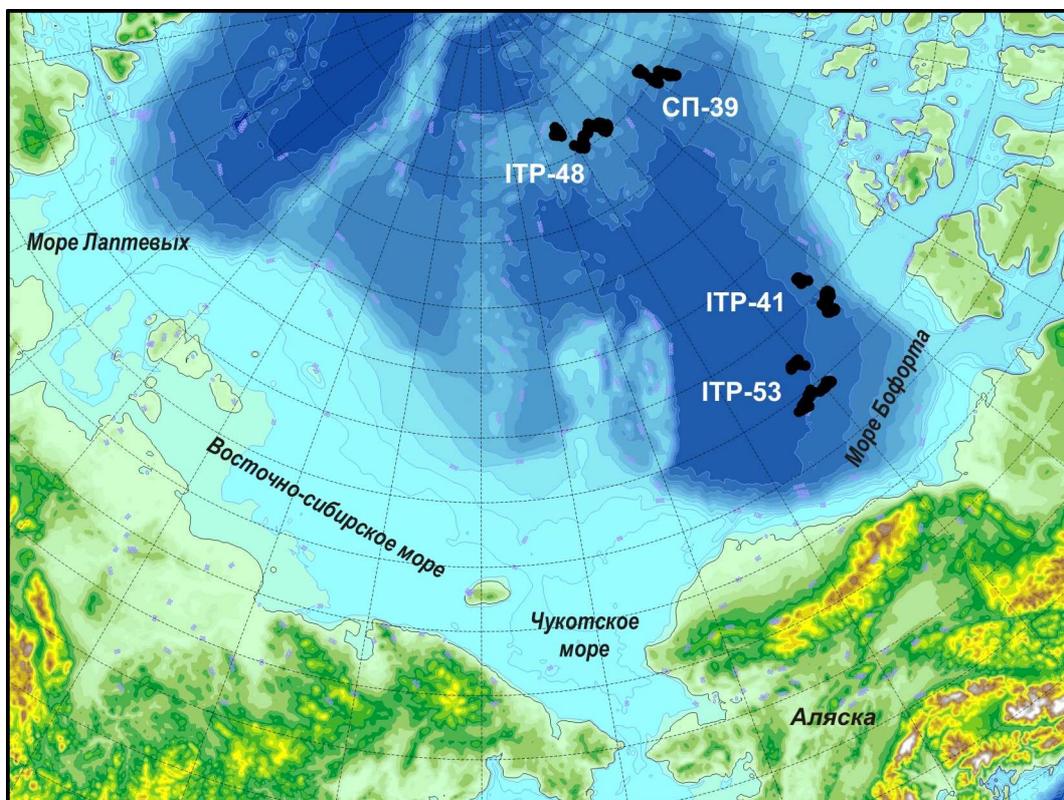


Рисунок 3.1 – Положение океанографических станций, выполненных в первом квартале 2012 г. и занесенных в БД отдела океанологии АНИИ

Согласно всем четырем источникам информации поверхностный слой амеразийского суббассейна характеризовался значительной отрицательной аномалией солёности по отношению к климатическому среднему. Диапазон изменений солёности составляет от 29,4–30,3 ‰ в районе дрейфа станции СП–39 и буя ИТР–48 (рисунки 3.2, 3.3) и до 26,3–27,8 ‰ в центральной части круговорота Бофорта (рисунки 3.4, 3.5). При этом аномалия солёности во всем поверхностном слое толщиной от 25 до 40 метров составляет –0,8 ‰ в районе дрейфа буя ИТР–48 (рисунок 3.3), увеличиваясь до –2,1 ‰ на станции СП–39 и до –2,9 ‰ в районе дрейфа ИТР–41, тогда как по данным измерений на буе ИТР–53 составляет целых –4,0 ‰ (рисунок 3.5).

В отдельных случаях отрицательная аномалия поверхностной солёности прослеживается гораздо глубже верхнего перемешанного слоя. Так, на северных станциях зона, где наблюдаются отрицательные солёности, простирается до глубин 50–60 метров и далее солёность уже незначительно отличается от средних климатических значений. На станциях, выполненных в центральной области круговорота Бофорта, эта глубина значительно больше и составляет около 100 метров на станции ИТР–41 (рисунок 3.4) и до 250 метров на станции ИТР–53 (рисунок 3.5).

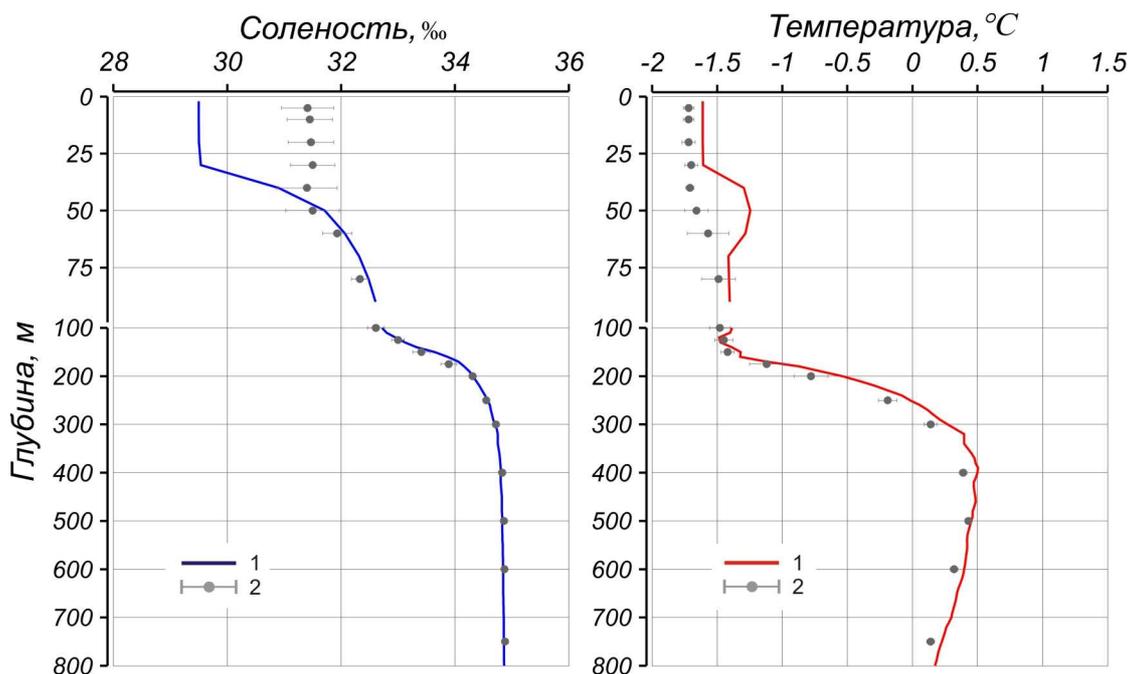


Рисунок 3.2 – Характерное вертикальное распределение солености и температуры по результатам CTD–зондирования в точке с координатами $119,16^\circ$ з.д. и $83,93^\circ$ с.ш. выполненного 28 февраля 2012 г. на дрейфующей станции СП–39 (1 – профиль температуры и солености, 2 – средние климатические значения и стандартные отклонения соответствующих характеристик по историческим данным базы океанографических данных СЛО отдела океанологии АНИИ)

Присутствие слоя летних тихоокеанских вод (ЛТВ) является характерной особенностью амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума в вертикальных профилях температуры на глубинах от 25–30 метров и глубже. Наиболее сильно этот слой выражен в южной части канадской глубоководной котловины, т.е. в районе, наиболее близко расположенном к Берингову проливу, через который и происходит поступление этих вод в СЛО. Так, максимум температуры ЛТВ был зарегистрирован в районе дрейфа ИТР–53, где максимальная температура достигала $-0,1^\circ\text{C}$, что примерно на $1,2^\circ\text{C}$ выше климатической нормы для этого периода (рисунок 3.5). При этом зона аномалий положительных температур ЛТВ простирается до глубины около 100 метров, что также можно отнести к аномальному состоянию. На станциях расположенных восточней – в районе дрейфа ИТР–41, максимальная температура ЛТВ опускается до $-0,1^\circ\text{C}$, что на $0,9^\circ\text{C}$ теплее климатической нормы (рисунок 3.4). Слой аномальных температур в этом районе также простирается до глубин около 100 метров, в отличие от северных групп станций в районе поднятия Альфа. По данным измерений на станции СП–39, диапазон глубин, в котором наблюдаются ЛТВ, составляет от 30 до 70 метров при максимальной температуре около $-1,25^\circ\text{C}$ (рисунок 3.2). Характерно, что для этого района согласно среднему

климату слой ЛТВ полностью отсутствует. Наличие ЛТВ здесь является характерной тенденцией последних нескольких лет, когда аномальное тепловое состояние ЛТВ сопровождалось аномальным распространением этих вод на север.

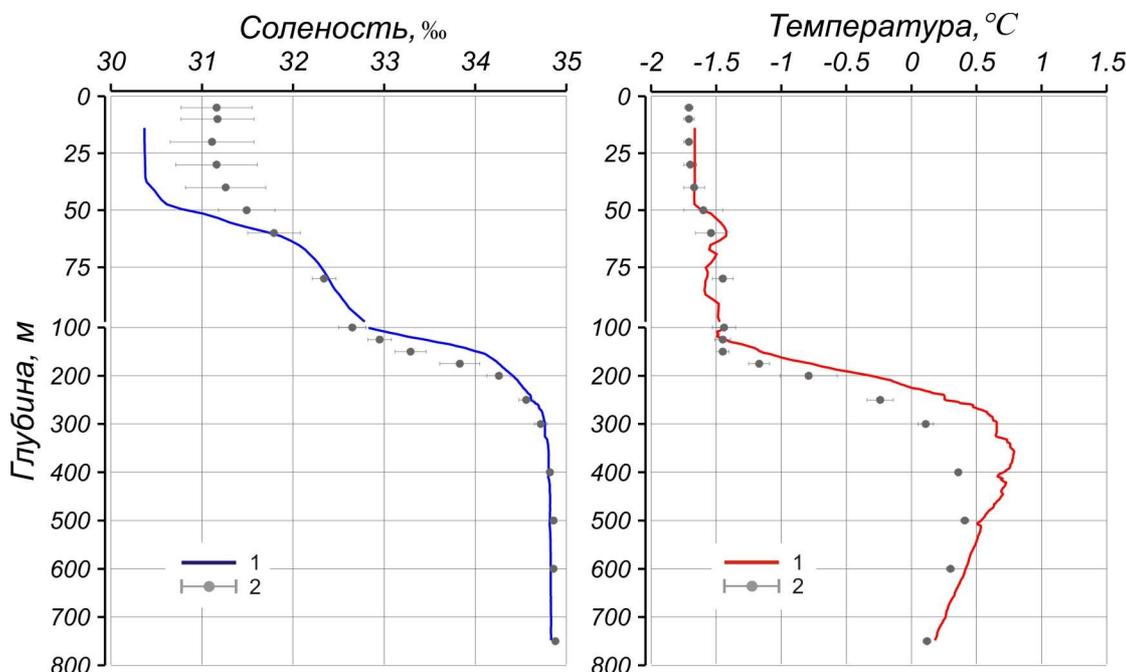


Рисунок 3.3 – Характерное вертикальное распределение солёности и температуры по результатам CTD-зондирования в точке с координатами 143,12° з.д. и 84,52° с.ш. выполненного 12 февраля 2012 г. буем ИТР–48 (условные обозначения см. рисунок 3.2)

От глубин около 120–150 метров (а по данным наблюдений на станции ИТР–53 с глубины 190 метров) наблюдается постепенный рост температуры воды, обусловленный присутствием атлантической водной (АВ) массы отличающейся высокими значениями температуры и солёности. Верхняя граница этого слоя, традиционна определяемая изотермой 0 °С, располагается на глубинах от 220–250 метров в районе поднятия Альфа (рис.3.2, 3.3) до 280–300 метров в центральной части круговорота Бофорта (рис.3.4, 3.5). В терминах аномалий по отношению к среднему климатическому положению указанной границы в приведенных районах это соответствует отрицательным аномалиям, что показывает более близкое расположение к поверхности. Причем амплитуда аномалий уменьшается от –50 и –20 метров по данным, полученным на станции ИТР–48 и СП–39, соответственно, до –15 метров и нуля на станциях ИТР–41 и ИТР–53. Максимальная температура в ядре АВ является прямым показателем термического состояния этой водной массы. Изменяясь в среднем от +0,50 до +0,75 °С (при максимальном из всех измеренных значений в +0,97 °С в районе дрейфа ИТР–48) по данным из всех четырех выбранных источников данных, наблюдаемые температуры значительно превышают климатическую норму. Как и в случае максимальной температуры в ядре, максимальная аномалия



наблюдается на станции ИТР-48 и составляет около $+0,4$ °С (рис.3.3). На остальных станциях эта величина несколько меньше и варьируется от $+0,1$ °С до $+0,25$ °С.

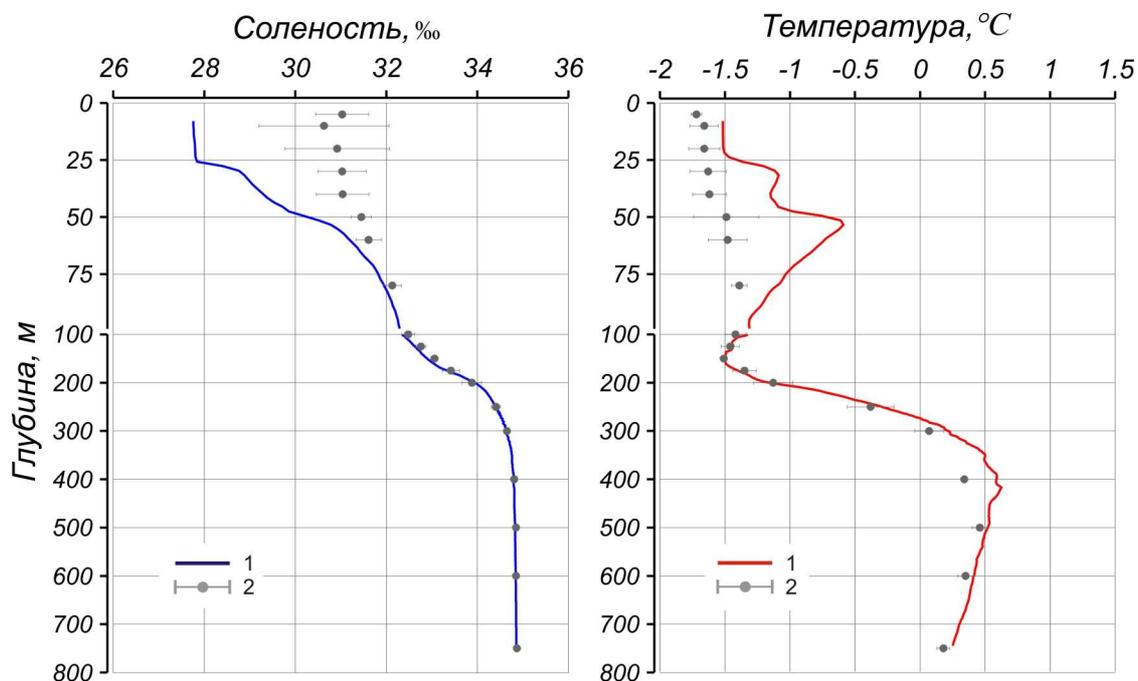


Рисунок 3.4 – Характерное вертикальное распределение солености и температуры по результатам CTD-зондирования в точке с координатами $133,22^{\circ}$ з.д. и $75,27^{\circ}$ с.ш. выполненного 12 марта 2012 г. буем ИТР-41 (условные обозначения см. рисунок 3.2)

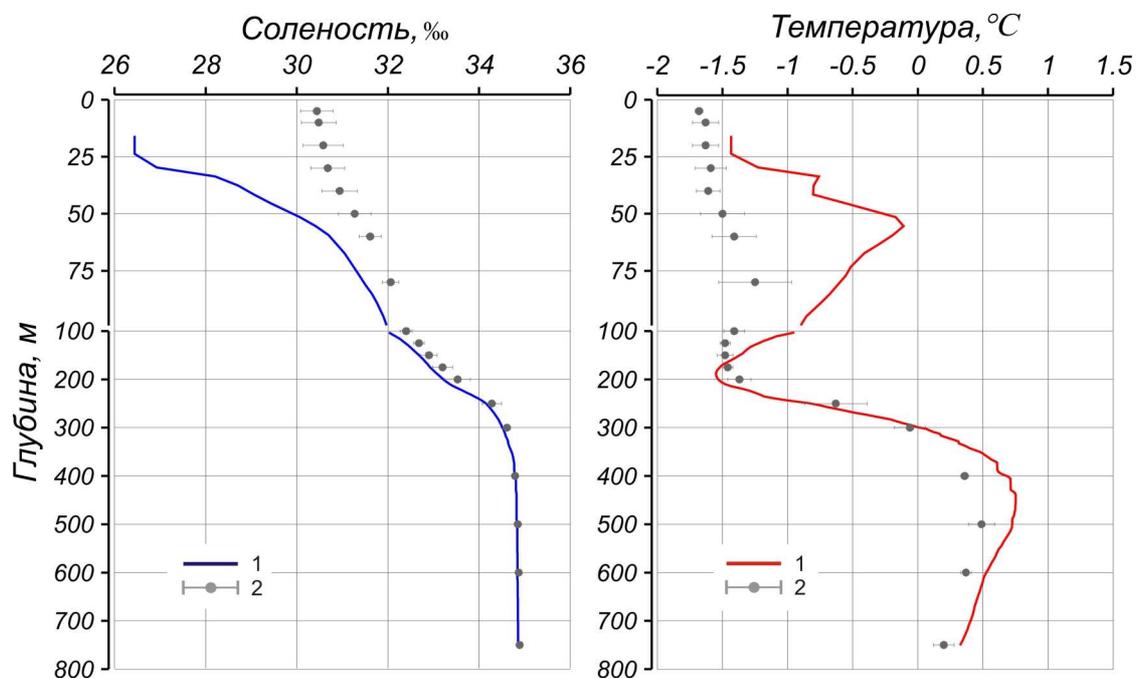


Рисунок 3.5 – Характерное вертикальное распределение солености и температуры по результатам CTD-зондирования в точке с координатами $142,64^{\circ}$ з.д. и $73,66^{\circ}$ с.ш. выполненного 6 марта 2012 г. буем ИТР-53 (условные обозначения см. рисунок 3.2)



По результатам наблюдений за особенностями термохалинного состояния вод СЛО в течение первого квартала 2012 г. были сделаны следующие общие выводы:

– Термическое состояние слоя АВ в Американо-Азиатском суббассейне продолжает оставаться аномальным высоким по отношению к климатической норме вследствие общего повышения температур Североатлантического течения на протяжении последних двух десятилетий, которое, в основном, и формирует текущее состояние промежуточного слоя вод за счет адвекции тепла из северной Атлантики

– Отрицательная аномалия солёности верхнего слоя толщиной 50–60 метров (а в отдельных случаях и глубже) в Американо-Азиатском суббассейне со значениями достигающими -4 ‰ , продолжает указывать на сохранение аномального состояния поверхностного слоя в этом регионе, связанного с постепенным сокращением толщины ледяного покрова и распреснением поверхностных вод за счет более усиленного таяния морских льдов в летний период;

– Факт аномально высоких температур в слое летних тихоокеанских вод также является следствием потепления климата в Арктике и более высоких температур ЛТВ в момент их поступления через Берингов пролив в летний период. Сохранение положительной тепловой аномалии в подповерхностном слое поддерживается за счет его распреснения и усиления вертикальной стратификации, которая способствует сохранению тепла на промежуточных глубинах.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по март 2012 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 15-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 2012 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
Амдерма	69 45 N	61 42 E
Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
ГМО им.Е.К.Фёдорова (м. Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
о. Диксон	73 30 N	80 24 E
о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
о. Визе	79 30 N	76 59 E
о. Голомянный	79 33 N	90 37 E
м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E



Станция	Широта	Долгота
ГМО им.Е.К.Фёдорова (м. Челюскина)	77 43 N	104 17 E
море Лаптевых		
Анабар	73 13 N	113 30 E
пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
о. Котельный	76 00 N	137 52 E
Восточно–Сибирское море		
Певек	69 42 N	170 15 E

В юго–западной части Карского моря (рисунок 3.6) колебания уровня за весь рассматриваемый период происходили около среднееголетних значений (-7 $+6$ см). Наибольший подъем уровня в юго–западной части Карского моря отмечался в феврале, когда уровень на станции Амдерма поднялся на 75 см выше среднееголетнего значения. Наиболее существенные понижения уровня -63 см и -55 см, относительно среднееголетних значений, были зарегистрированы на станции Усть–Кара 30 января и на станции Амдерма 7 марта 2012 года соответственно.

В северной части Карского моря (рисунок 3.7), как и в юго–западной части моря, колебания уровня происходили ниже или около среднееголетних значений (-10 , $+2$ см). Наиболее значительный подъем и понижение уровня в этом районе отмечался на станции о. Визе в марте, 23 числа, когда значение уровня превысило на 27 см среднееголетнее значение и 9 числа, когда значение уровня понизилось на 30 см относительно среднееголетнего значения.

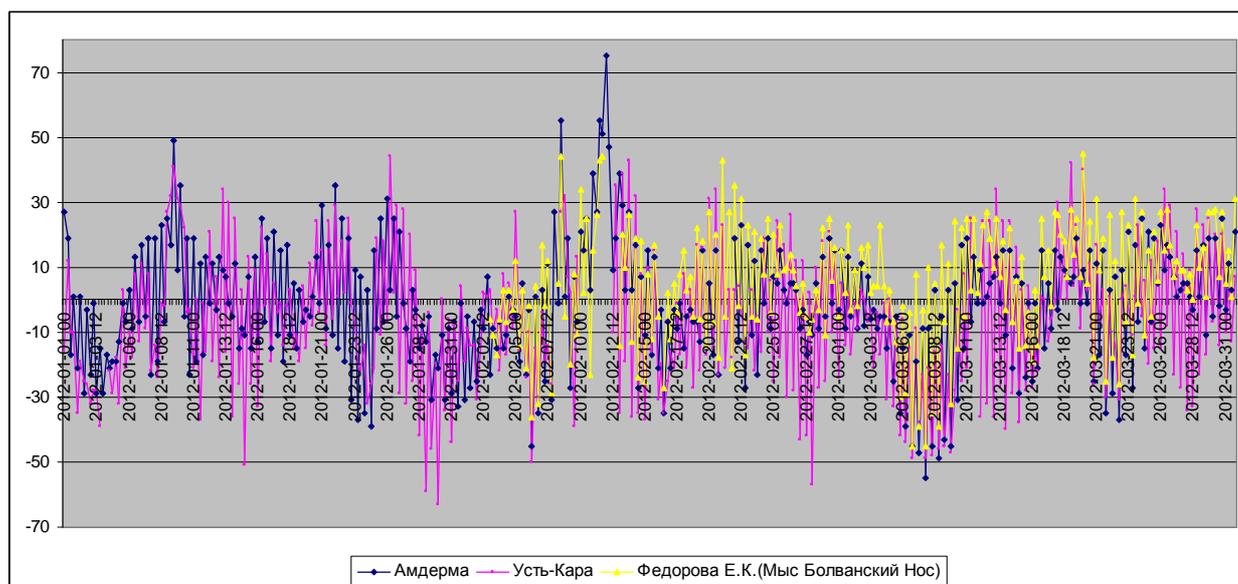


Рисунок 3.6 – Колебания уровня на станциях юго–западной части Карского моря в январе–марте 2012 г.

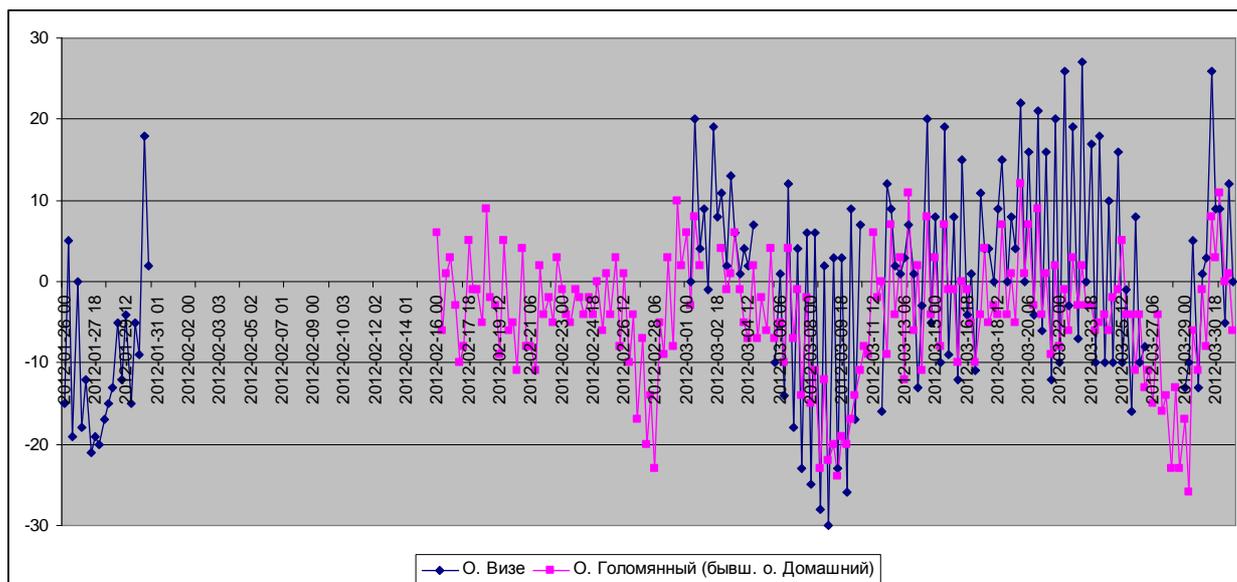


Рисунок 3.7 – Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в январе–марте 2012 г.

В восточной части Карского моря (рисунок 3.8) в январе колебания уровня происходили на слабо повышенном фоне ($-13 +26$ см), в феврале средний уровень поднялся на $10-45$ см и составил $+14 +49$ см, а в марте опустился к средним значениям на $17-36$ см и составил $-20 +22$ см. Наиболее значительный подъем уровня у юго–западного побережья Таймыра наблюдался 2 и 3 февраля 2012 г., в эти дни на станциях, м. Стерлегова, Сопочная Карга и о. Диксон уровень моря был наибольшим ($+83$ см, $+91$ см и $+134$ см соответственно). Наиболее существенные понижения уровня наблюдались 29 марта на станциях Сопочная Карга и о–ва Известий ЦИК, когда значение уровня понизилось на 61 см и 53 см, соответственно, относительно среднемноголетних значений.

В юго–западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рисунок 3.9) колебания уровня в январе происходили на пониженном фоне (-20 см). В феврале средний уровень поднялся до значения $+25$ см, а в марте опустился до $+12$ см. Наибольший подъем уровня наблюдался 2 февраля ($+80$ см). Наибольшее понижение уровня отмечалось в январе (-72 см).

В восточной части моря Лаптевых (рисунок 3.10) фоновые колебания уровня носили тот же характер, что и в юго–западной части моря Лаптевых и в восточной части Карского моря: в январе колебания уровня происходили на слабо повышенном фоне ($+3 +12$ см), в феврале средний уровень поднялся до величин $+22 +27$ см, а марте опустился до величин $-4 -9$ см. Наибольшие подъемы уровня в этом районе отмечались 2 и 11 февраля, когда уровень на станциях пр. Санникова и о. Котельный поднялся на 68 и 77 см выше среднемноголетнего значения соответственно. Наибольшие понижения уровня составляли -45 см 31 марта на станции м. Кигилях, -42 см 26 марта и -41 см 24 февраля на станции о. Котельный.

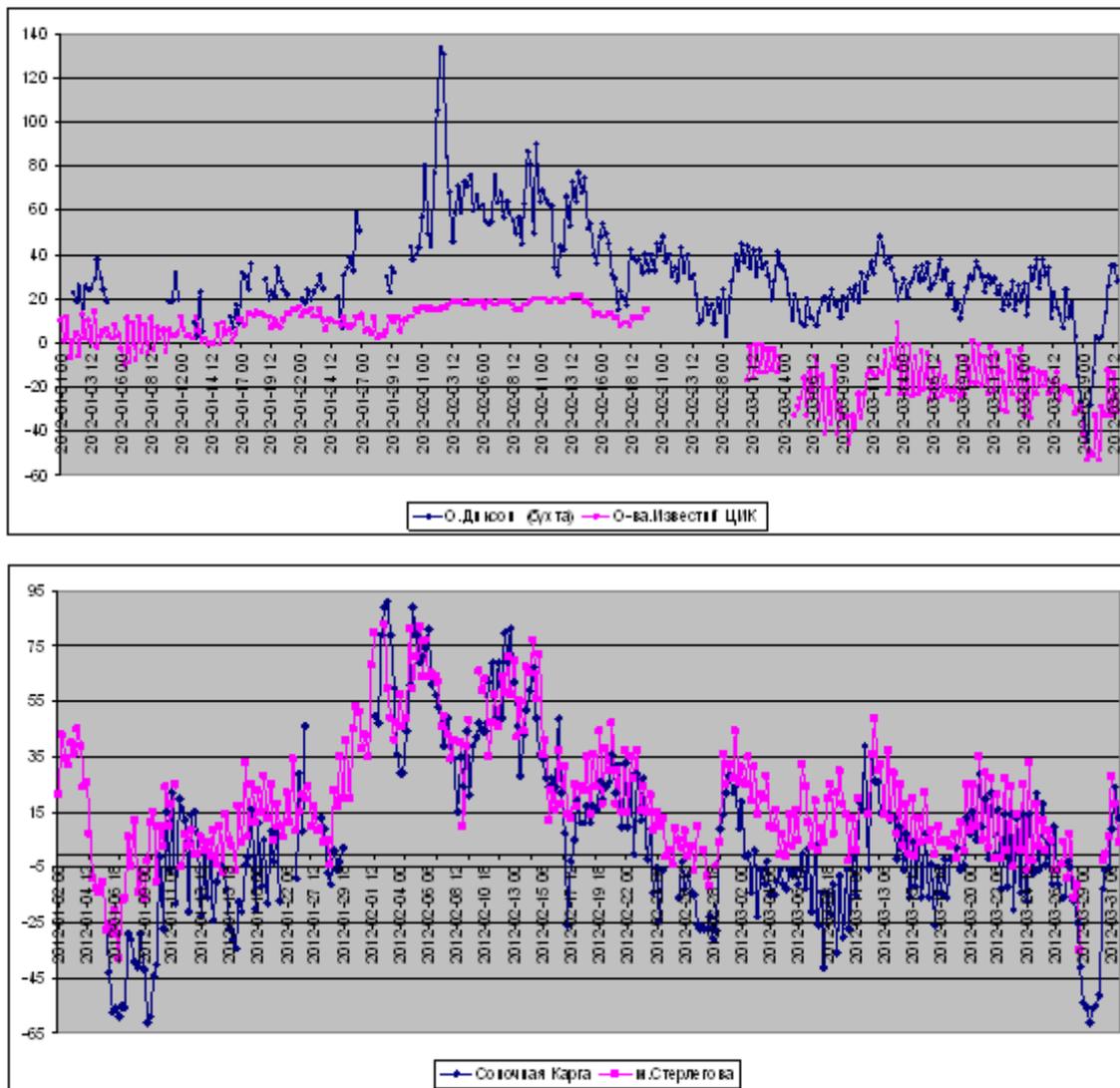


Рисунок 3.8 – Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в январе–марте 2012 г.

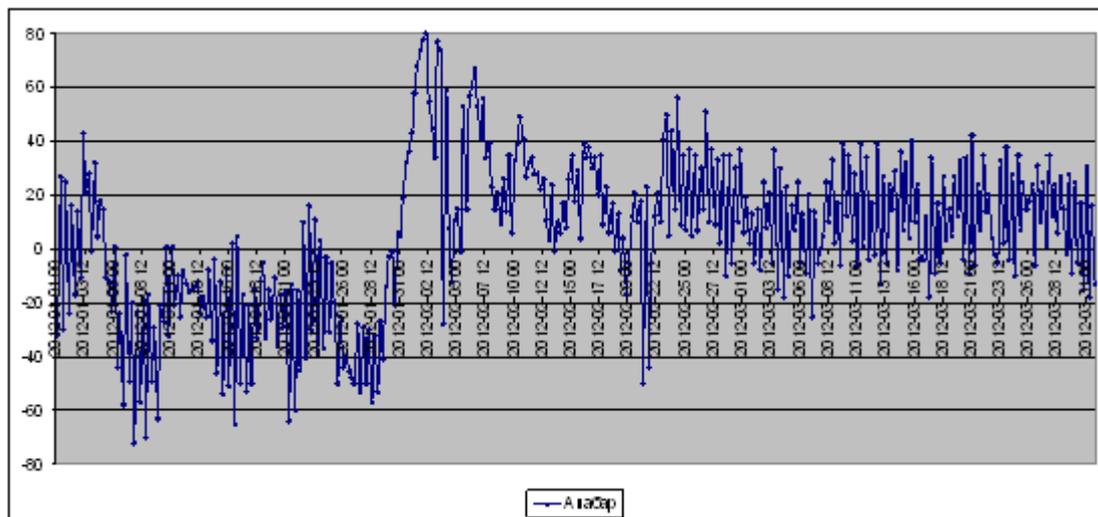


Рисунок 3.9 – Колебания уровня в юго–западной части моря Лаптевых в январе–марте 2012 г.



По данным наблюдений на станции Певек (рисунок 3.11) в Восточно–Сибирском море в январе и феврале колебания уровня происходили на повышенном фоне (+10, +11 см). В марте колебания уровня происходили ниже среднемноголетних значений (–16 см). Наиболее значительные подъемы уровня на станции Певек отмечались 10 января (+ 43 см) и 14 февраля (+44 см). Наибольшие понижения уровня составляли –46 см 18 января и –44 см 22 марта.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море за первые 3 месяца 2012 г. не производилось, в связи с чем, дать какую–либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

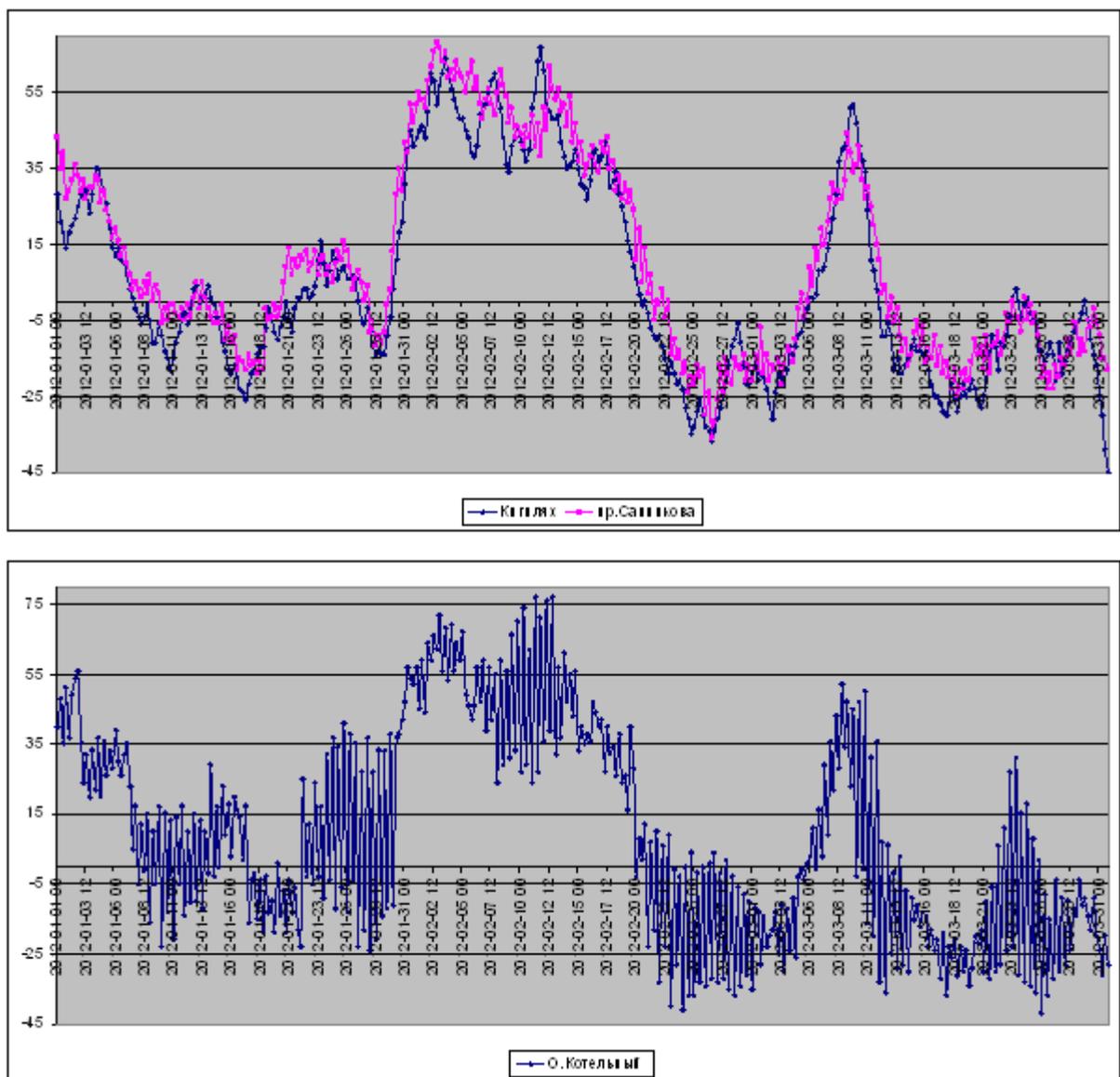


Рисунок 3.10 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе–марте 2012 г.

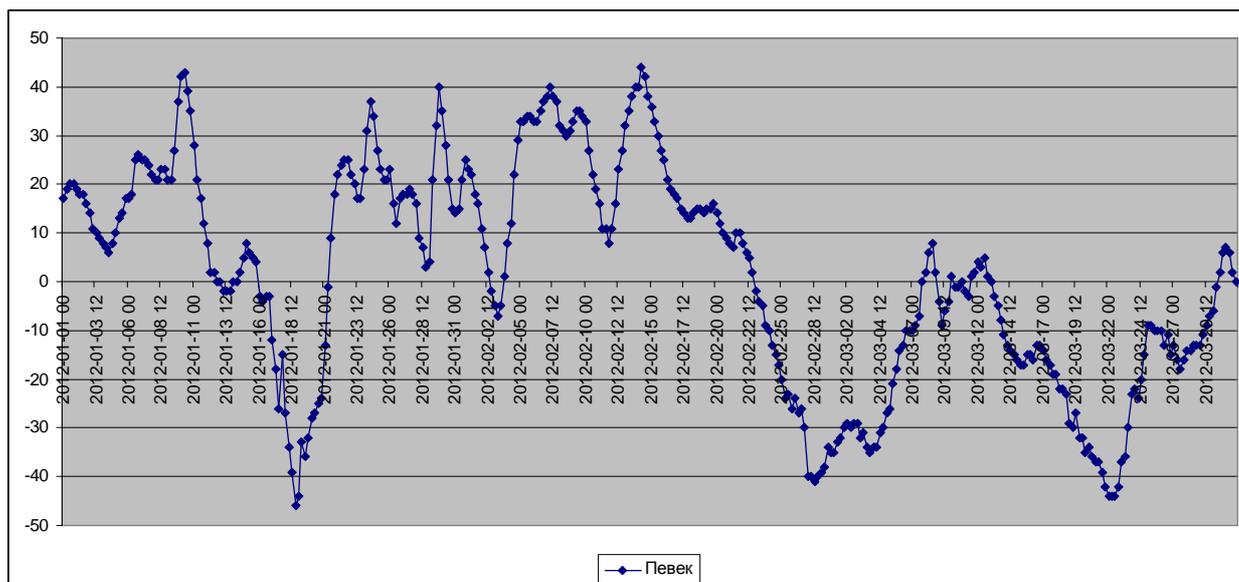


Рисунок 3.11 – Колебания уровня в Восточно–Сибирском море в январе–марте 2012 г.

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 в период с января по март 2012 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, а для Карского моря – в табл. 3.4. Акватории морей Лаптевых, Восточно–Сибирского и Чукотского в этот период были покрыты льдом.

Таблица 3.3 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Баренцевом море в первом квартале 2012 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	9	5	7	4	3	2	–
Февраль	–	–	–	4	9	9	6	–	1
Март	–	3	5	14	4	4	1	–	–
Итого	–	4	14	23	20	17	10	3	–

Как видно из таблицы 3.3, в 1 квартале 2012 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 3 до 5 м.

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



- 9 (32 %) – в январе;
- 16 (55 %) – в феврале;
- 5 (2 %) – в марте.

Процент штормовой активности и сведения из табл. 3.3 показывают, что в первом квартале 2012 г. самым штормовым месяцем стал февраль, когда расчетная высота волн на входе в Баренцево море составила более 8 м (11.02.12, 12ч). Продолжительность этого шторма составила 2 дня. Следующим по штормовой активности стал январь. В январе наибольшие высоты волн были рассчитаны 2–4 января (волнение от 6 до 8 м, продолжительность шторма 3 дня). Еще один шторм продолжительностью 3 дня и высотой волн более 6,5 м был рассчитан для периода 2–4 февраля. На рис. 3.12, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 00 ч 03 января 2012 г.

Карское море полностью закрылось к середине января 2012 г., но в начале февраля море стало открываться и образовались две большие области чистой воды (к востоку от о-вов Новая Земля и к северу от 76° с.ш.), которые сохранялись до конца февраля. Такого явления не наблюдалось за весь четырехлетний период оперативных расчетов. По расчетным данным наибольшая высота волн (более 3,5 м) отмечалась 4 февраля 2012 г. (06 и 18 ч) в районе, расположенном к северо-востоку от о-вов Новая Земля. В таблице 3.4 приведены сведения о распределении высот волн на открытых участках Карского моря, свободных ото льда в январе и феврале 2012 г., а на рис. 3.13 в качестве примера, приведено поле ветра и высоты волн на акватории Карского моря на 4 февраля 2012 г. (06 ч). Как видно из рис. 3.13, в Баренцевом море в это время имело место сильное волнение с высотой волн более 6,5 м, сопровождаемое западными ветрами 12–15 м/с.

Таблица 3.4 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море в первом квартале 2012 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Январь (до 15.01)	6	7	2	–
Февраль (с 3.02 по 25.02)	–	4	12	7
Итого	6	11	14	7

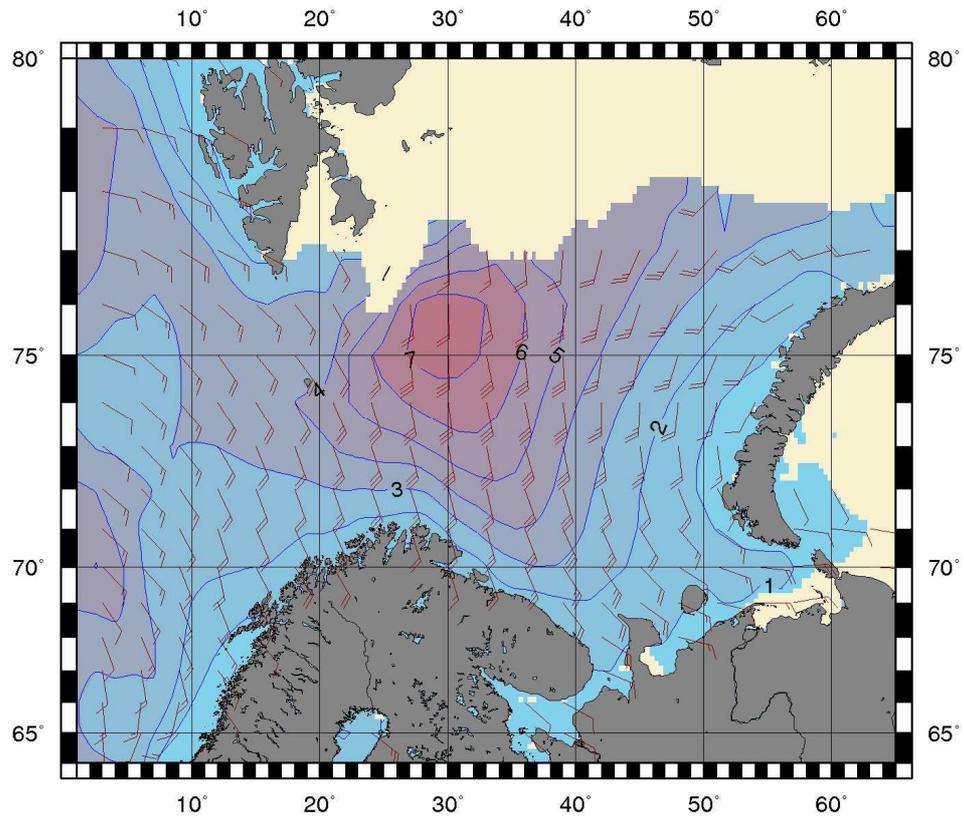


Рисунок 3.12 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 3 января 2012 г.

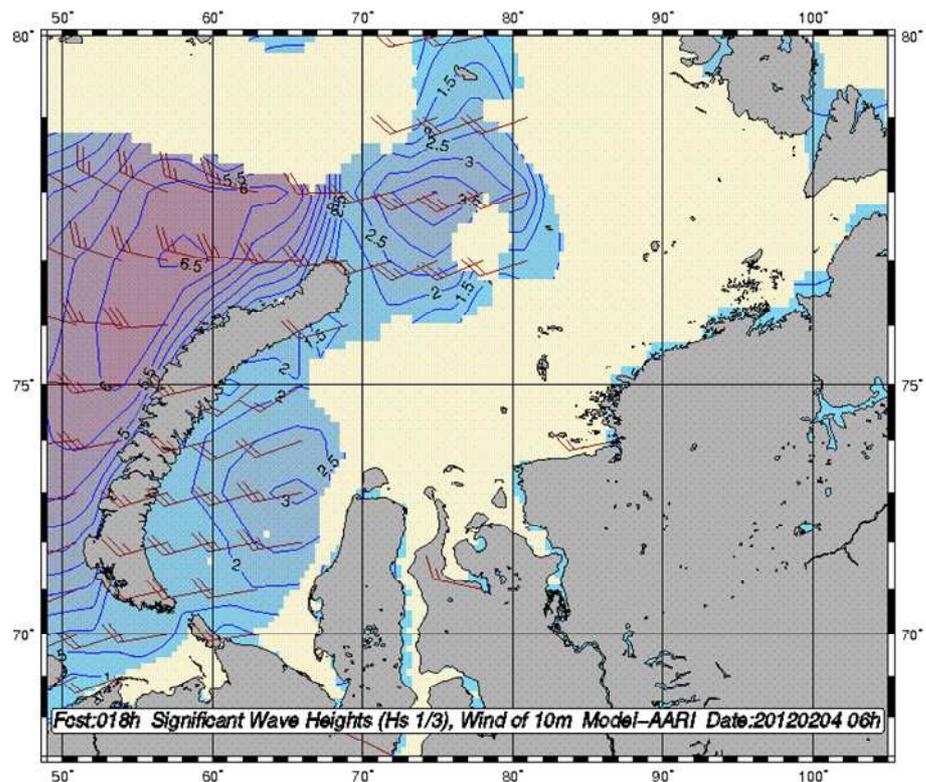


Рисунок 3.13 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Карском море на 06 ч UTC 4 января 2012