

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

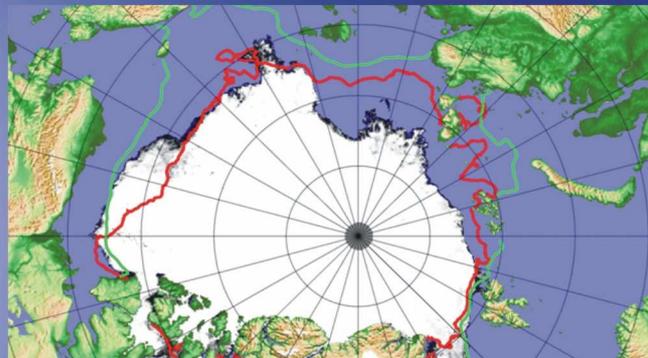


Государственный научный центр РФ  
Арктический и антарктический научно-  
исследовательский институт

# ОБЗОР

## гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

І квартал 2013





---

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>1 Метеорологические условия Северной полярной области в январе-марте 2013 г.</b>	<b>4</b>
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария за период январь–март .....	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области за период январь-март.....	16
<b>2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе-марте 2013 года .....</b>	<b>24</b>
2.1 Развитие ледовых условий в зимний период (январь–март) .....	25
<b>3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в январе-марте 2013 г. ....</b>	<b>37</b>
3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне .....	37
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) 2013 г. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, дрейфующей станции «СП-40», 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 ФГБУ «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 2013 г.**

### **1.1 Мониторинг 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 метеорологических условий в полярном районе Северного полушария за период с января по март 2013 г.

Полярный район является крайне сложным по метеорологическим условиям. 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 2013 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 – С (меридиональная) и Е (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 2013 г. были выявлены следующие особенности их развития.

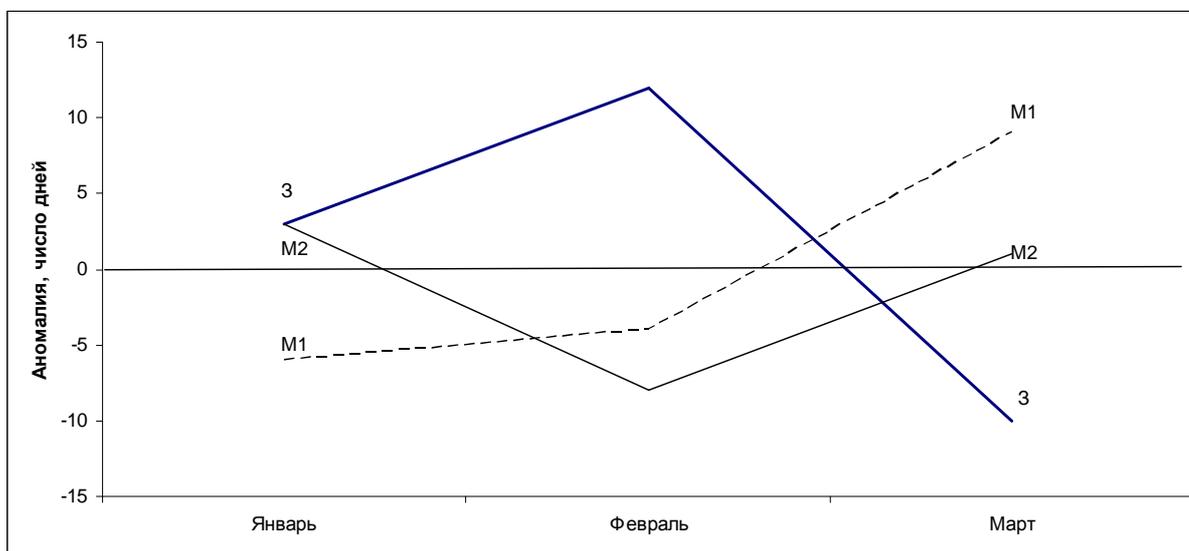
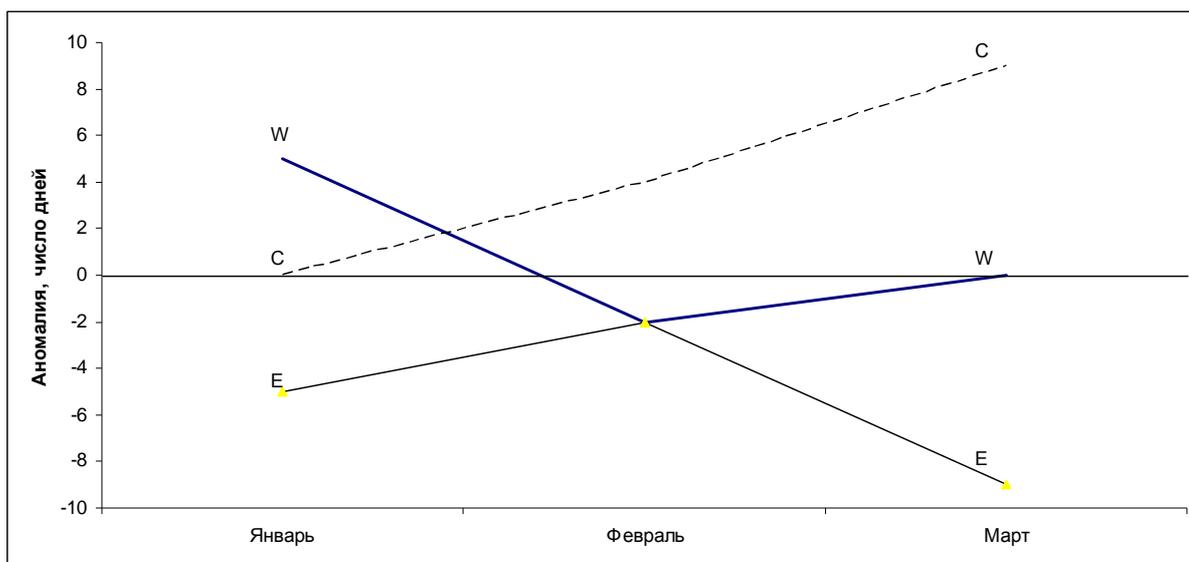
Особенности развития атмосферных процессов в первом квартале 2013 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Вангенгейма–Гирса (табл. 1.1, рис. 1.1), а также картами среднегодовых полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа (рис. 1.2), приземного 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 2013 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Число дней	34	33	23	26	14	50
Аномалия	3	13	-16	2	-2	0



W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма

З – зональный тип, M<sub>1</sub> – первый меридиональный тип, M<sub>2</sub> – второй меридиональный тип

**Рис. 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период январь - март 2013 г.**



В период январь - март 2013 г. отмечались частые перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии. Атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе в январе процессов западной (W) и феврале - марте меридиональной (С) форм циркуляции. За период январь - март 2013 г. повторяемость процессов западной формы составила 34 дня и превысило норму на 2 дня. Повторяемость процессов меридиональной формы циркуляции составила 33 дня и превысило норму на 13 дней.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа  $M_2$ , число дней с которой составила 50 дней. Зональные процессы отмечались в 26 днях.

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с января по март 2013 г. выглядит следующим образом:

**Январь -  $W_{M2+3}$  → Февраль -  $C_3$  → Март -  $C_{M1+M2}$**

В средней тропосфере на изобарической поверхности 500 гПа основной центр планетарного циркумполярного вихря в январе и феврале наиболее часто смещался в канадо-гренландский район Арктики. В марте его центр находился в районе Карского моря. Полярный район Арктики находился преимущественно под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле сформировался устойчивый антициклон. 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 ПВФЗ и траекторий циклонов в системе исландского и алеутского минимумов. Высотная фронтальная зона располагалась южнее своего многолетнего положения, что определило в январе – марте 2013 г. более южные траектории циклонов в атлантико-евразийском и тихоокеано-американском секторах северного полушария.

В приземном поле в январе и феврале основная ложбина исландского минимума была ориентирована на районы Баренцева и Карского морей. Далее их движение на восток было блокировано гребнями арктического и азиатского антициклонов (рис. 1.3).

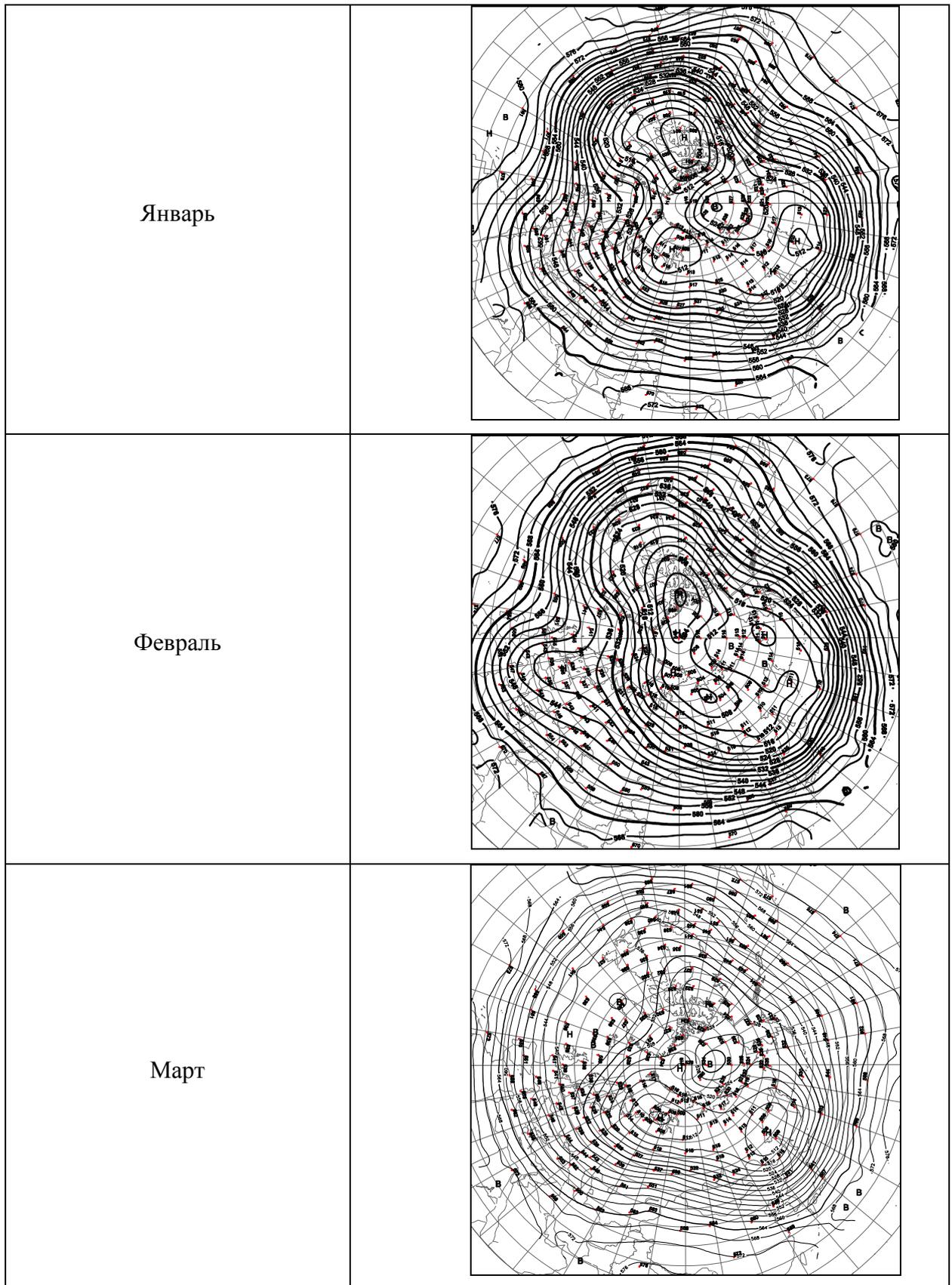


Рис. 1.2. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в январе – марте 2013 г.

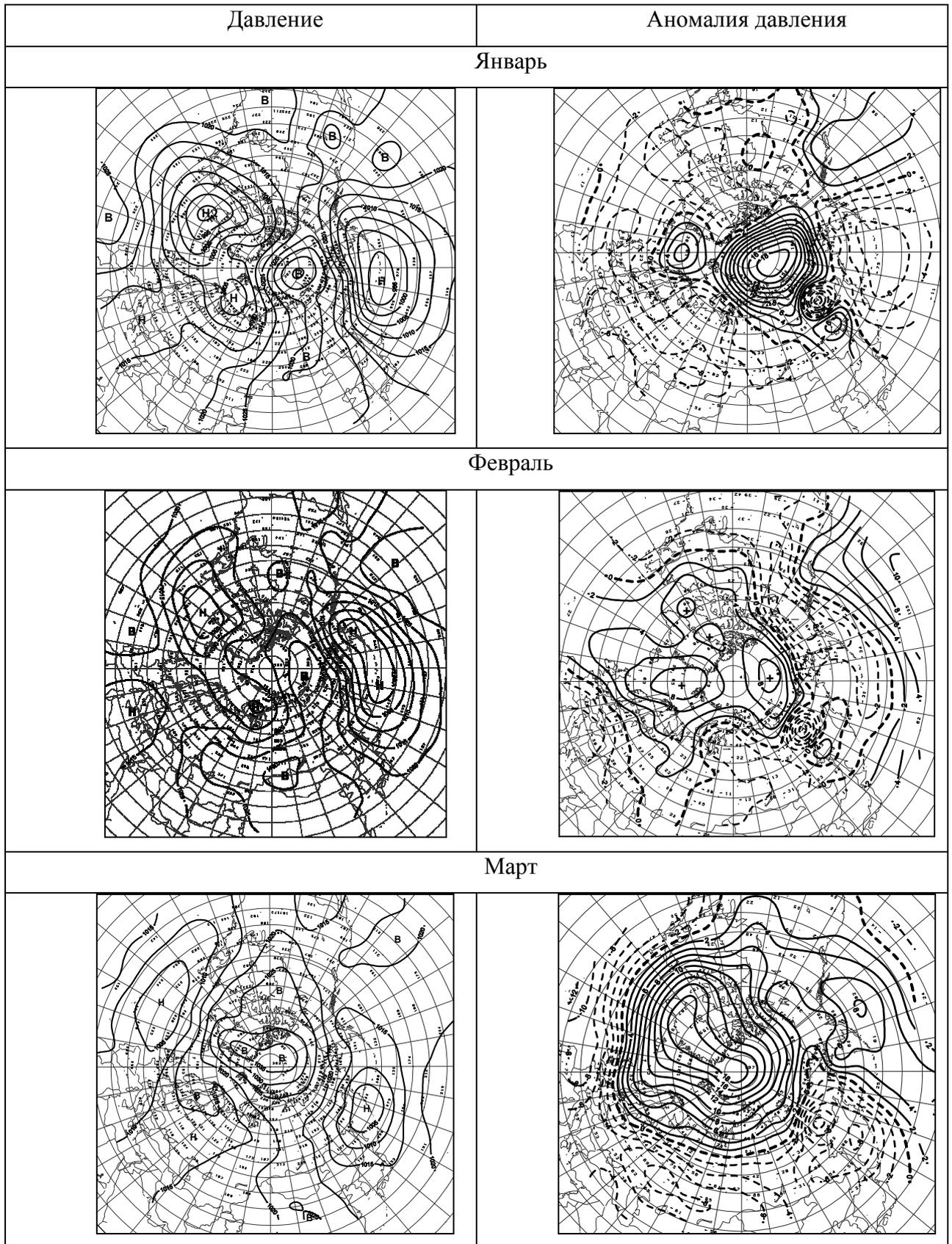


Рис. 1.3. Поля среднего приземного давления и аномалии давления (гПа) за период январь – март 2013 г.

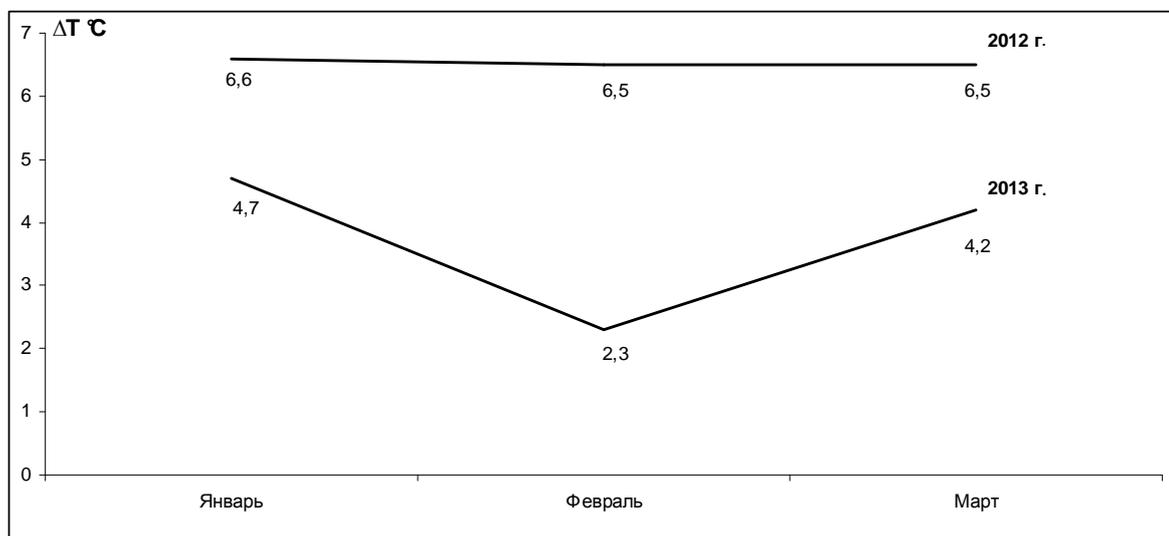


В марте под влиянием арктического антициклона циклоны в системе исландского минимума смещались по сравнению с нормой низкоширотными траекториями. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над континентальной частью Евразии.

В январе–марте 2013 г. на фоне усиления арктического антициклона в целом над полярным районом во всех месяцах преобладали устойчивые положительные аномалии давления. Средняя за январь–март положительная аномалия давления в приполюсном районе составила 12,4 гПа. В прошлом году за тот же период преобладали отрицательные аномалии давления (-2,1 гПа).

В среднем за период январь–март над центральным полярным районом преобладала адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха.

Изменения среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.4. Во все месяцы фон температуры оставался аномально высоким. Тенденция изменения температуры в период январь - март 2013 г. в целом согласуется с тенденциями колебания крупномасштабных процессов. При блокировании западно-восточного переноса воздушных масс гребнями арктического и азиатского антициклонов в целом над полярным районом преобладала адвекция теплых воздушных масс и формирование над большей частью его положительных аномалии температуры воздуха.



**Рис. 1.4. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – марте 2012 и 2013 гг.**

Наиболее крупные среднемесячные значения аномалий температуры воздуха отмечались в канадо-гренландском районе Арктики. Этот район Арктики внес наибольший вклад в формирование положительного температурного фона полярного района в январе - марте 2013 г

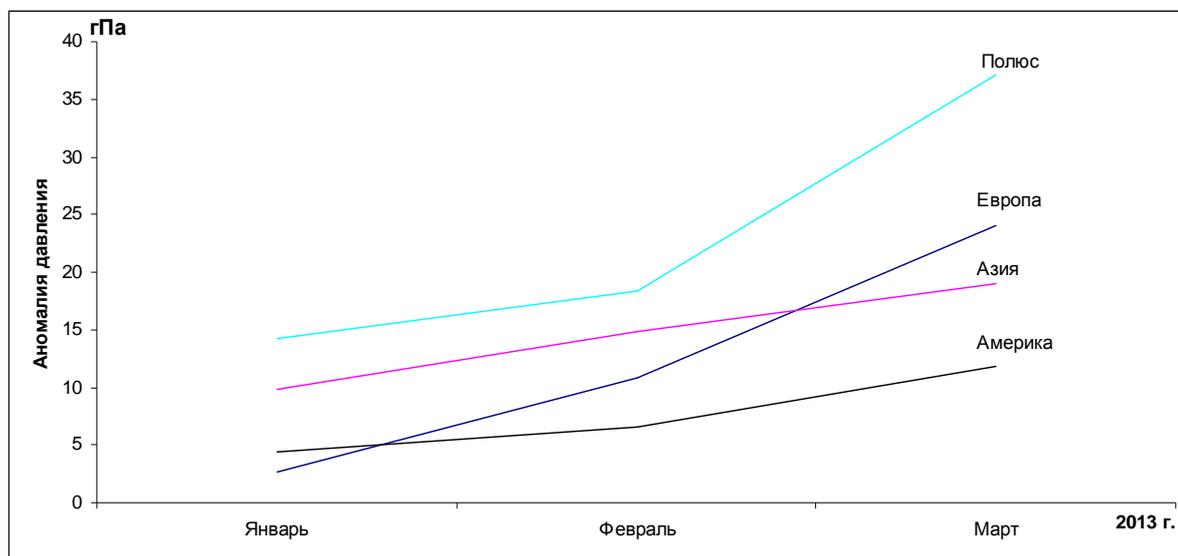


(рис. 1.6 – 1.8). В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха в январе - марте 2013 г составила 3,7 °С, что на 2,8 °С ниже значения, отмеченного за тот же период 2012 г (6,5 °С).

Структурный анализ внутригодовых и внутримесячных особенностей развития атмосферных процессов в 2013 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 2013 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов. Перестройки в циркуляции атмосферы в полярном районе Арктики по элементарным синоптическим процессам представлены в табл. 1.2.

Основные тенденции изменений давления в первом квартале в отдельных секторах полярного района представлены в виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления для европейского, азиатского, американского и приполюсного секторов Арктики (рис. 1.5). При положительных значениях аномалий давления интегральная кривая идет вверх, при отрицательных – вниз.



**Рис. 1.5. Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления в январе–марте 2013 г. в приполюсном (1), европейском (2), азиатском(3) и американском (4) секторах полярного района Арктики**



На фоне усиления арктического антициклона в 2013 г. в изменение давления во всех секторах Арктики преобладали устойчивые положительные аномалии давления и тенденция к его повышению с января по март 2013 г.

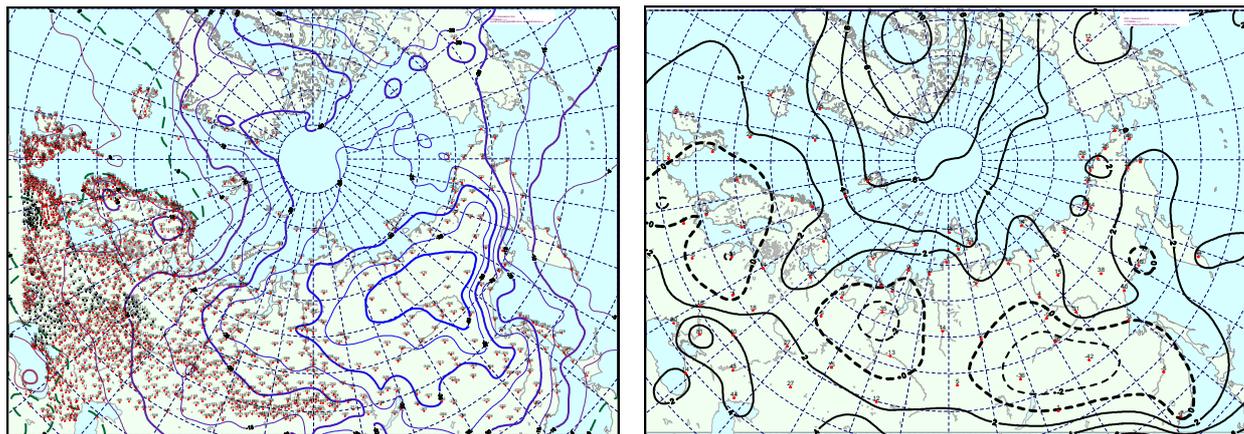
По сравнению с прошлым годом, когда на фоне процессов с высокоширотными траекториями циклонов, отмечались противоположные тенденции изменения давления в Арктике.

Отмеченные тенденции в перестройках крупномасштабные атмосферных процессов нашли свое отражение в изменении метеорологических условий каждого месяца в полярном районе Арктики. Основные особенности развития атмосферных процессов в январе - марте 2013 г. в атлантико-евразийском и тихоокеано-американском секторах северного полушария и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

В **январе** центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в район Канады. Восточный сектор Арктики находился под влиянием высотного антициклона, который блокировал выходы циклонов в полярный район. Вследствие этого основной западно-восточный воздушный поток в средней тропосфере был направлен на западную Арктику (рис. 1.6).

В *первом (атлантико-евразийском) секторе* отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов западной формы циркуляции. Под влиянием гребня обширного арктического антициклона циклоны в системе исландского минимума чаще смещались с запада на восток до акватории Баренцева и Карского морей. Фон давления в западных морях был значительно выше нормы. Среднемесячные положительные аномалии давления в море Лаптевых достигали значений выше 16 гПа. Преобладали воздушные потоки преимущественно юго-западных и юго-восточных направлений, которые обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 3–4 °С) отмечались в районе севера Баренцева, Карского и Лаптевых морей.

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типа  $M_2$ . Характерной особенностью развития макропроцессов было усиление гребня арктического антициклона и влияние его на район Аляски, где он взаимодействовал с гребнем гавайского 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.

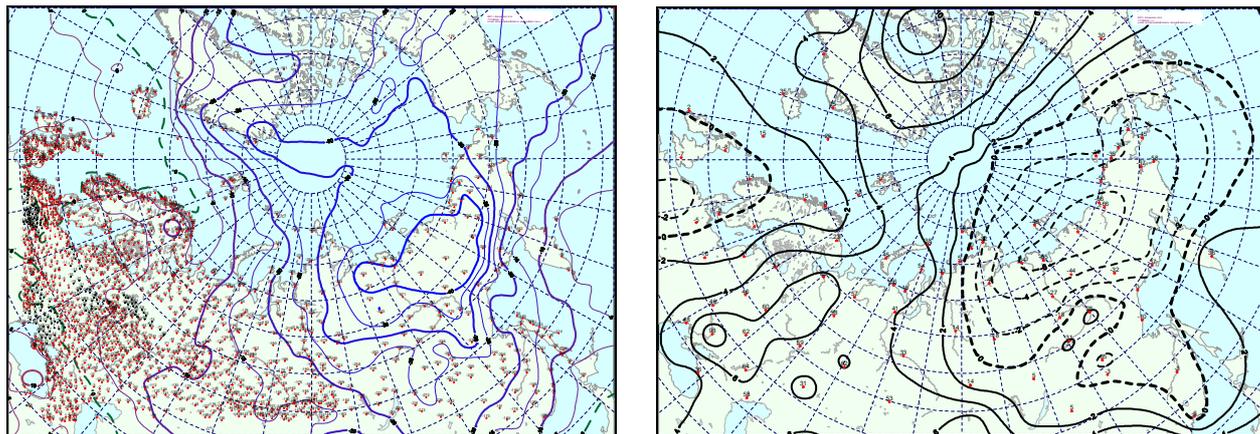


**Рис. 1.6.** Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в январе 2013 г., (°С)

В **феврале** произошла перестройка крупномасштабных атмосферных процессов от западной к меридиональной форме циркуляции. Основной центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа также как и в январе располагался над районом Канады, но и его генеральная ложбина была ориентирована на Таймыр. Произошло ослабление высотного арктического антициклона (рис. 1.7).

В *первом секторе* особенностью приземного барического поля по сравнению с предыдущим месяцем явилось ослабление влияния арктического антициклона. Фон давления понизился на 7 – 9 гПа. Неглубокие циклоны смещались до Карского моря. Далее их движение было блокировано гребнями азиатского и арктического антициклонов. Своей теплой частью эти циклоны обусловили адвекцию теплых воздушных масс на акваторию Баренцева и Карского морей. В морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском при антициклональном режиме погоды преобладали крупные отрицательные аномалии температуры воздуха. Наибольшее понижение фона температуры отмечалось в районе Новосибирских островов. Среднемесячные отрицательные аномалии на ряде станций достигали значений  $-6-8$  °С.

Во *втором секторе* также произошла перестройка атмосферных процессов с низкоширотными траекториями циклонов к высокоширотным траекториям. При ослаблении арктического 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.

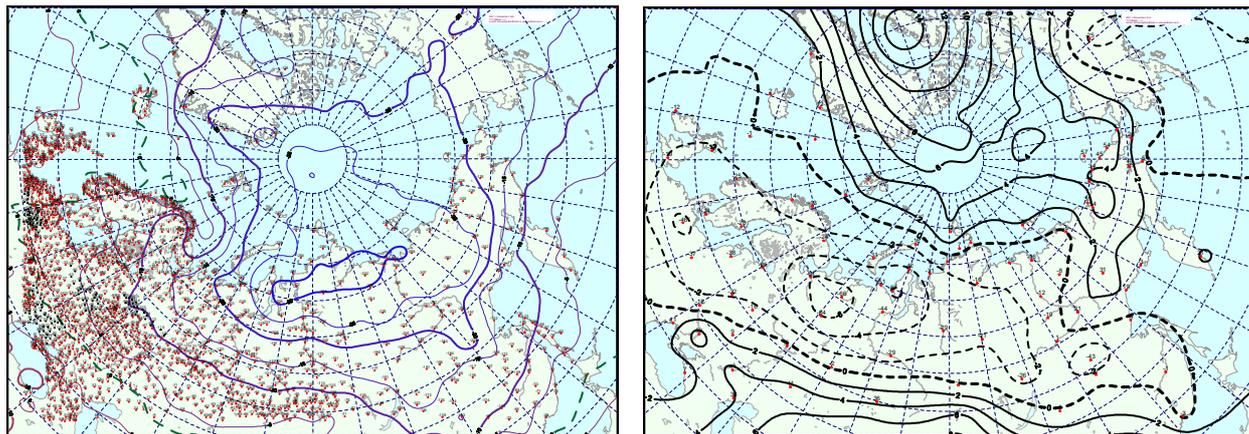


**Рис. 1.7. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в феврале 2013 г., (°С)**

В **марте** произошла резкая перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов. В полярном районе Арктики центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе юго-западной части Карского моря. В приполюсном районе преобладал обширный высотный антициклон, под которым в приземном поле сформировался устойчивый арктический антициклон (рис. 1.8).

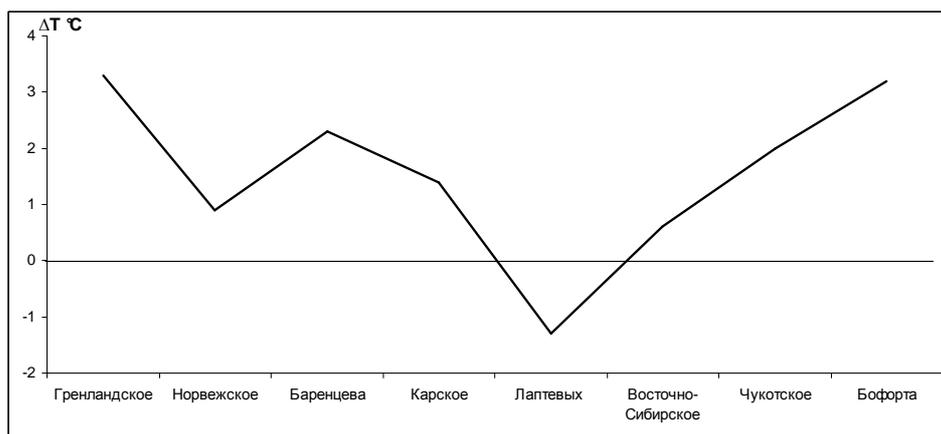
В *первом секторе* под влиянием с севера гребня арктического антициклона циклоны в системе исландского минимума Северной Атлантикой смещались низкоширотными траекториями по континентальной части Евразии. Фон давления в данном секторе Арктики значительно выше нормы на 16-18 гПа. Воздушные потоки преимущественно юго-восточных и восточных направлений обусловили в западных морях Арктики преобладающую адвекцию холодных воздушных масс. Фон температуры был ниже нормы. Наиболее часто отрицательные аномалии среднемесячной температуры (до 4-5 °С) отмечались в районе юга Баренцева и Карского морей.

Во *втором секторе* произошла кардинальная перестройка от зональных процессов к меридиональным. Аномально повышенную повторяемость имели меридиональные процессы разновидностей  $M_1$  и  $M_2$ . Наиболее характерной особенностью данного макропроцесса явилось влияние блокирующих гребней гавайского и арктического антициклонов на восточные районы Тихого океана и Берингово море. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума чаще смещались в меридиональном направлении через район Охотского моря и далее до района Аляски. Фон давления был выше нормы. Под влиянием восточной части тихоокеанских циклонов преобладала адвекция теплых воздушных масс с юго-восточной составляющей. Средние месячные значения положительных аномалий температуры воздуха в марте составили значения от 2 до 6 °С.



**Рис. 1.8. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в марте 2013 г., (°C)**

Средние значения аномалий температуры воздуха за период январь – март 2013 г для морей Арктики представлены на рис. 1.9.



**Рис. 1.9. Средние значения аномалий температуры воздуха для морей Арктики за период январь - март 2013 г.**

Наиболее устойчивая адвекция теплых воздушных масс отмечалась в районах Гренландского и Бοфорта морей. Средняя за период январь - март 2013 г. положительная аномалия температуры составила более 3 °C.

Значительные среднемесячные отрицательные аномалии температуры отмечались: в феврале в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском (до -5 °C) и в марте в Карском море (до -3 °C). Наиболее низкий фон температуры в январе - марте 2013 г. оказался в море Лаптевых со средней за период отрицательной аномалией 1,3 °C.

Структурные особенности развития процессов внутри каждого месяца в январе - марте 2013 г. представлены по элементарным синоптическим процессам (ЭСП). Изменения от одного ЭСП к другому сопровождаются сменой знака барических полей и направлением преобладающих



воздушных потоков в полярном районе Арктики при крупномасштабных перестройках атмосферной циркуляции. Границы и продолжительность ЭСП и преобладающие в них разновидности крупномасштабных атмосферных процессов представлены в табл. 1.2.

В заключение можно сделать основной вывод о сохранение аномально высоко фона температуры воздуха в полярном районе и тенденции к его понижению по сравнению за тем же периодом прошлого года.

Таблица 1.2

**Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма–Гирса с января по март 2013 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
1-4	W	M2	1-4	W	M2	1-3	C	M2
5-7	C	M2	5-7	W	3	4-6	C	M2
8-10	W	3	8-10	E	3	7-10	W	M1
11-15	E	M2	11-15	E	3	11-13	W	M1
16-18	E	3	16-18	E	M2	14-16	C	M1
19-21	W	M2	19-23	C	3	17-19	C	M2
22-24	C	M2	24-28	C	M2	20-22	W	M2
25-28	W	3				23-27	C	M2
29-31	W	M2				28-31	E	M1
Итого	W 17 (5) C 6 (0) E 8 (-5)	3 10 (2) M1 0 (-6) M2 21 (4)	Итого	W 7 (-2) C 10 (4) E 11 (-2)	3 16 (10) M1 0 (-4) M2 12 (-6)	Итого	W 10 (0) C 17 (9) E 4 (-9)	3 0 (-10) M1 14 (8) M2 17 (2)

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

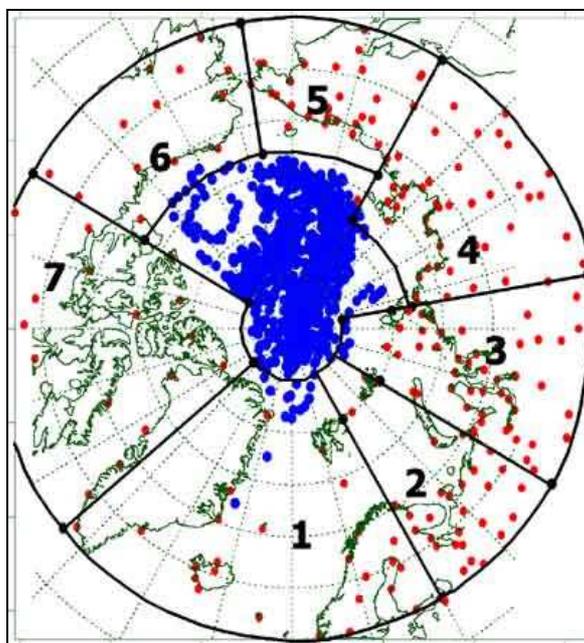
**1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области за период январь-март**

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха в Северной полярной области (СПО) и районах арктических морей за зимний сезон 2012–2013 гг.

Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций (рис.1.10), а также данные, поступившие с дрейфующей станции СП-40 и дрейфующих буев МПАБ, которые позволили уточнить значения температуры воздуха в околополюсном районе.

Основным методом получения пространственно осредненных по территории Северной полярной области и территориям климатических районов (рис. 1.10) 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 2012 г. по февраль 2013 г.



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

**Рис. 1.10. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области**

Оценка аномалий средней температуры воздуха за зимний сезон 2012–13 гг. по отдельным широтным зонам представлена в табл. 1.3. В целом по широтной зоне 60-85° с.ш. аномалия температуры воздуха составила 1,0 °С. Зима 2012–13 гг. в СПО стала двадцать пятой теплой зимой по рангу теплых лет за период с 1936 г. Предыдущая наиболее теплая зима отмечалась в 2012 г. с аномалией температуры 2,9 °С.

Таблица 1.3

**Аномалии температуры воздуха в зимнем сезоне 2012–13 гг. на территории СПО и по широтным зонам ( $\Delta T$  - отклонения от средних за 1961-1990 гг.,  $R$  – ранг текущих значений в ряду убывающих температур за 1936-2013 гг.)**

Широтная зона, ° с.ш.	$\Delta T$	$R$	Наиболее теплый год ( $\Delta T$ )	Наиболее холодный год ( $\Delta T$ )
70-85	2,0	17	2006 (4,1)	1966 (-2.2)
60-70	0,2	44	2008 (2,4)	1966 (-2.7)
60-85	1,0	25	2012 (2,9)	1966 (-2.5)



К северу от 70° с.ш., в широтной зоне 70-85° с.ш., зимний сезон оказался семнадцатым теплым сезоном с аномалией температуры 2,0 °С, а к югу от 70° с.ш., в широтной зоне 60-70° с.ш., сорок четвертым теплым сезоном с аномалией 0,2 °С по рангу теплых лет с 1936 г.

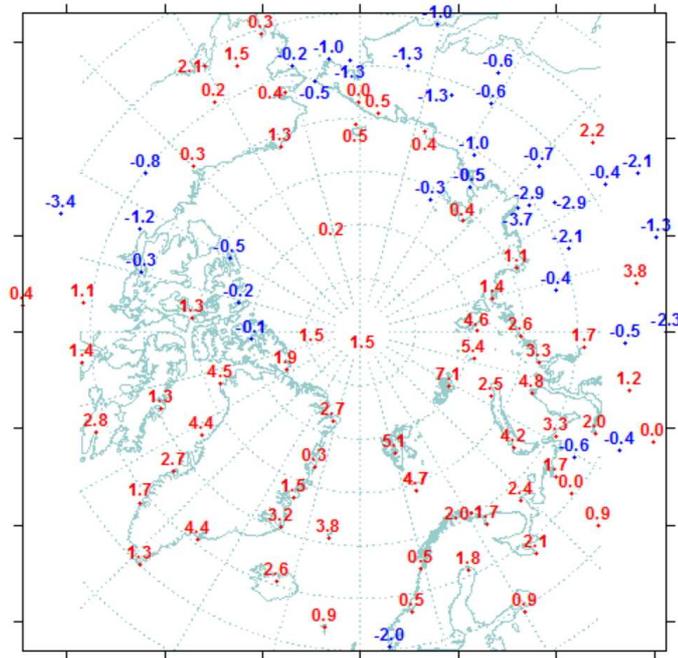
Сопоставление значений пространственно осредненных по территориям климатических районов аномалий температуры воздуха в зимнем сезоне 2012–13 гг. обнаружило наиболее крупную аномалию температуры воздуха в приатлантическом секторе на территории Североевропейского района. Значение пространственно осредненной по территории района аномалии составило 2,2 °С (табл. 1.4). Однако для Североевропейского района прошедшая зима оказалась лишь тридцатой теплой зимой с 1936 г. В восточной части азиатского сектора (Восточносибирском и Чукотском районах) наблюдались отрицательные аномалии температуры воздуха. Значение пространственно осредненной по территории каждого из районов аномалии температуры составило соответственно -0,5 °С.

Таблица 1.4

**Аномалии температуры воздуха в зимнем сезоне 2012/13 г. на территории отдельных районов ( $\Delta T$  – отклонения от средних за 1961-1990 гг.,  $R$  – ранг текущих значений в ряду убывающих температур за 1936-2011 гг.)**

Климатический район	$\Delta T$	$R$	Наиболее теплый год ( $\Delta T$ )	Наиболее холодный год ( $\Delta T$ )
Атлантический	2,1	10	2006 (3,6)	1966 (-2,4)
Североевропейский	2,2	30	1937 (6,5)	1979 (-4,4)
Западносибирский	2,0	28	2012 (7,6)	1969 (-5,6)
Восточносибирский	-0,5	57	1989 (4,1)	1966 (-4,5)
Чукотский	-0,5	46	1938 (3,8)	2002 (-2,3)
Аляскинский	0,7	34	2001 (6,5)	1965 (-5,6)
Канадский	1,0	32	2010 (5,0)	1972 (-3,6)

На метеорологических станциях в районах арктических морей и на территории суши севернее 70° с.ш. отмечались преимущественно положительные аномалии температуры воздуха (рис. 1.11). Крупные положительные аномалии наблюдались на станциях северо-востока Баренцева и северной части Карского морей. Здесь аномалии температуры воздуха достигали 7 °С.



**Рис. 1.11. Значения аномалий средней температуры воздуха зимнего сезона 2012–13 гг. на станциях Северной полярной области, °С**

В целом, по району Баренцева моря, пространственно осредненная аномалия составила 4,1 °С (табл. 1.5). Зима 2012–13 гг. в районе моря стала пятнадцатой теплой по рангу теплых лет с 1936 г.

*Таблица 1.5*

**Аномалии температуры воздуха в зимнем сезоне 2012/13 г. на территории севернее 70° с.ш. ( $\Delta T$  - отклонения от средних за 1961-1990 гг.,  $R$  – ранг текущих значений в ряду убывающих температур за 1936-2013 гг.)**

Море, часть климатического района	$\Delta T$	$R$	Наиболее теплый год ( $\Delta T$ )	Наиболее холодный год ( $\Delta T$ )
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	3,0	17	2006 (5,4)	1966 (-2,7)
Баренцево море	4,1	15	1937 (7,6)	1979 (-3,4)
Карское море	3,8	17	1945 (9,8)	1979 (-5,9)
Море Лаптевых	-0,3	54	2012 (4,6)	1979 (-4,4)
Восточно-Сибирское море	0,2	50	1938 (4,9)	1966 (-3,3)
Чукотское море	0,0	38	1938 (5,7)	1939 (-3,4)
Море Бофорта	0,3	45	2006 (5,4)	1966 (-3,1)
Северная часть Канадского района	1,8	20	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. 1.12, а для районов арктических морей на рис. 1.13.

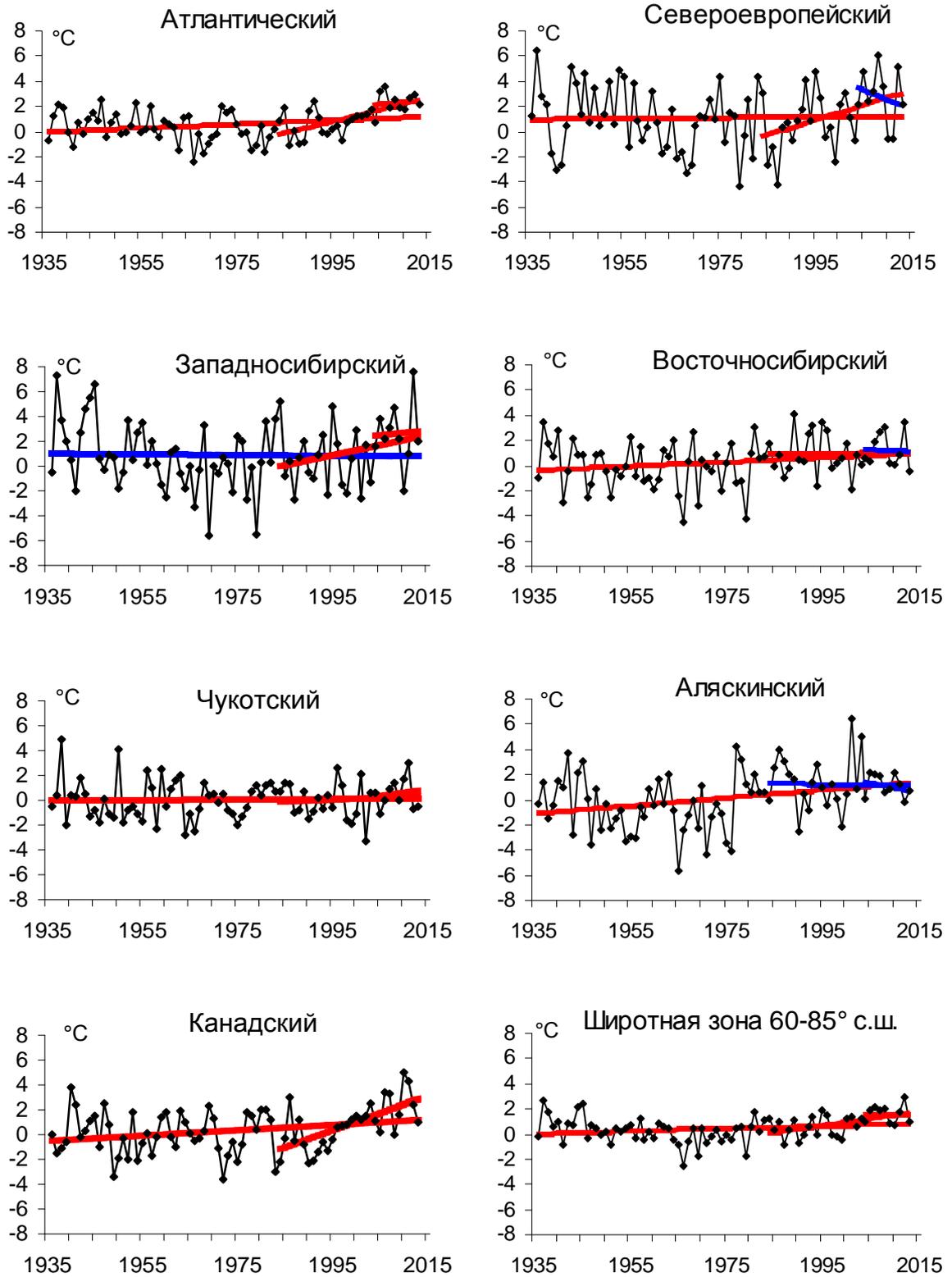


Рис. 1.12. Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха, °C

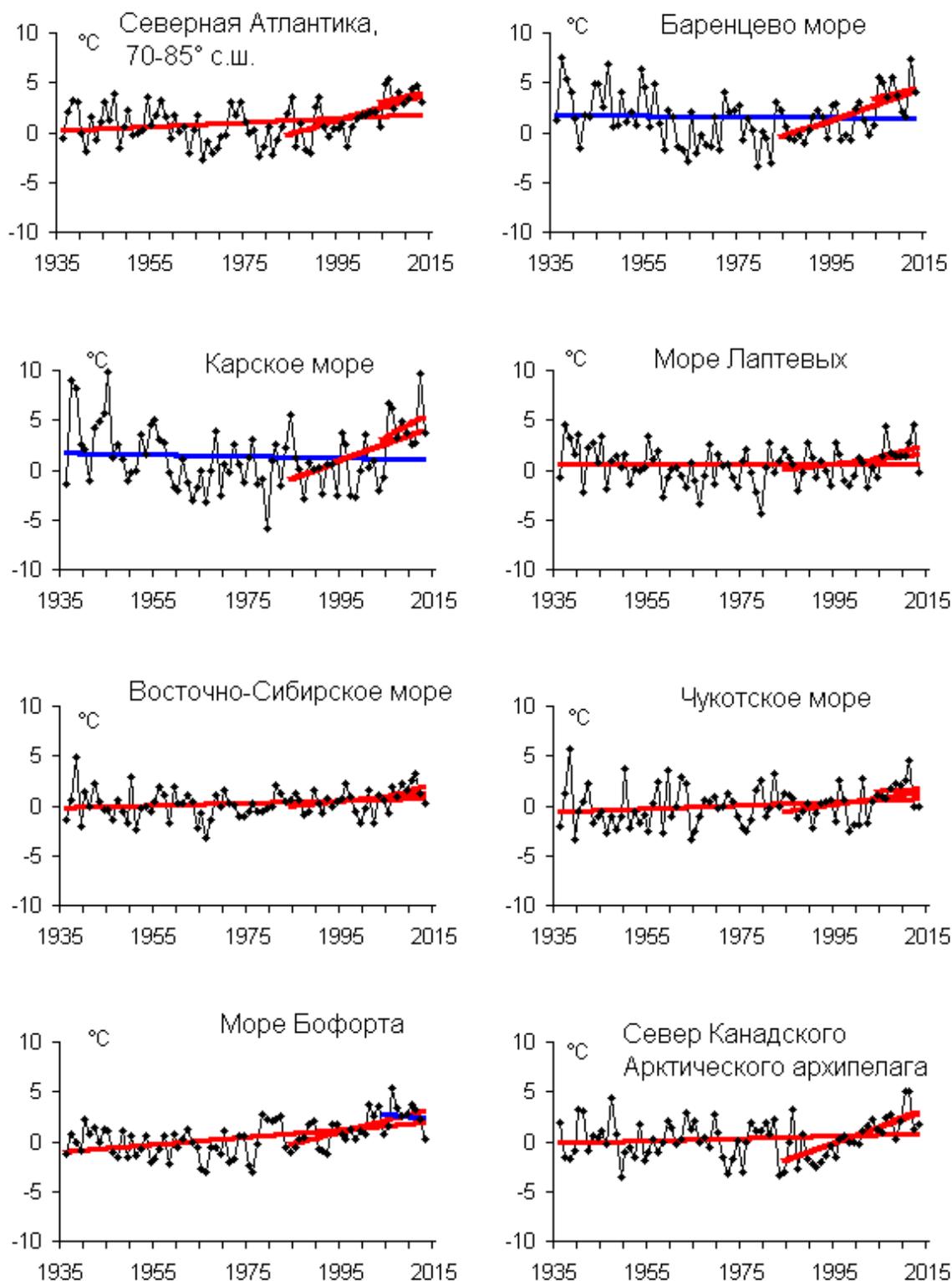


Рис. 1.13. Временные ряды аномалий температуры воздуха за зимний сезон, °С

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 °C/10 лет (линейное увеличение температуры за 77 лет составило 1,2, 1,4, 2,5 и 1,7 °C).

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.

Таблица 1.6

**Коэффициенты линейного тренда средней за зимний сезон температуры воздуха отдельных районов**

Район, широтная зона	1936/37-2012/13		1983/84-2012/13		2003/04-2012/13	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Атлантический	<b>0,15</b>	27,6	<b>0,93</b>	65,0	0,30	11,0
Североевропейский	0,03	3,1	<b>1,19</b>	42,2	-1,58	21,4
Западносибирский	-0,03	2,5	0,81	27,9	0,39	4,7
Восточносибирский	0,17	21,1	0,06	3,6	-0,23	5,1
Чукотский	0,02	3,1	0,15	9,4	0,54	13,0
Аляскинский	<b>0,32</b>	32,1	-0,03	1,5	-0,84	29,6
Канадский	<b>0,22</b>	27,4	<b>1,38</b>	64,8	1,56	27,3
70-85° с.ш.	0,09	15,5	<b>1,17</b>	70,8	1,08	30,8
60-70° с.ш.	<b>0,14</b>	28,7	0,24	22,2	-1,06	35,0
60-85° с.ш.	<b>0,10</b>	23,0	<b>0,54</b>	52,1	0,02	0,8

Примечание. Первый столбец - значение линейного тренда в °C/10 лет; Второй столбец - вклад тренда в полную дисперсию D%; Жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды

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**

Море, часть моря, территория суши	1936/37-2012/13		1983/84-2012/13		2003/04-2012/13	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	<b>0,21</b>	24,3	<b>1,36</b>	59,2	1,13	23,9
Баренцево море	-0,04	3,7	<b>1,58</b>	62,4	1,14	16,9
Карское море	-0,08	5,9	<b>1,69</b>	47,4	2,58	27,7
Море Лаптевых	0,00	0,4	0,52	27,2	1,07	18,9
Восточно-Сибирское море	0,12	19,2	0,46	33,4	1,36	34,8
Чукотское море	0,17	19,7	<b>0,68</b>	35,5	0,27	5,8
Море Бофорта	<b>0,38</b>	48,4	<b>1,17</b>	62,6	-0,57	11,6
Северная часть Канадского района	0,12	14,4	<b>1,64</b>	68,3	1,77	32,9

Примечание. Первый столбец - значение линейного тренда в °С/10 лет; Второй столбец - вклад тренда в полную дисперсию *D*%; Жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды



## 2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе-марте 2013 года

Оценки развития ледовых условий в первом квартале 2013 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований проводимых в ААНИИ, на дрейфующей станции СП-40 и при осуществлении ряда международных проектов.

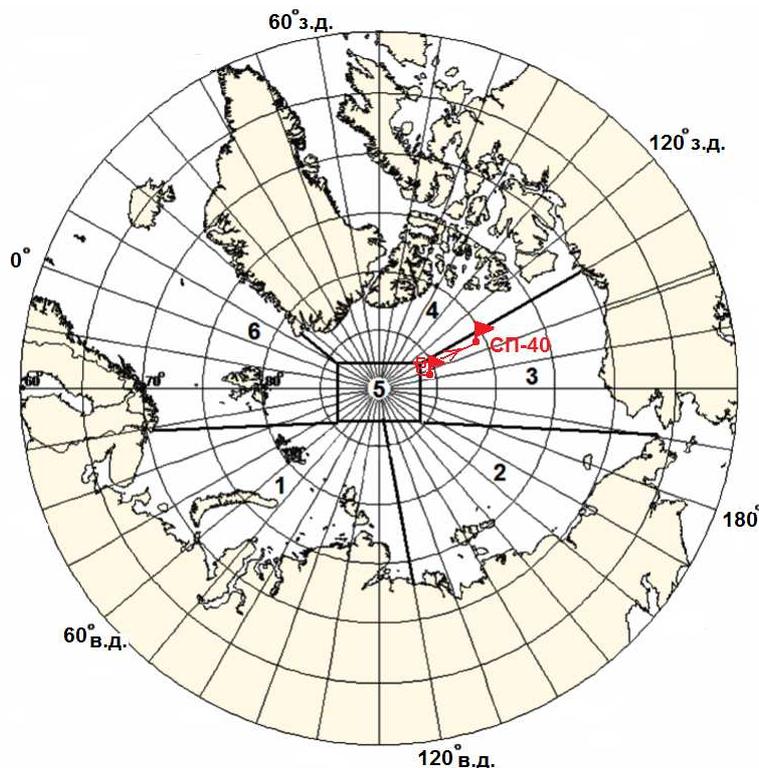
Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5 и 50 % (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный банк цифровых данных по морскому льду" за 1945–2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945–1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960–1979 гг., Национального 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 2013 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–аласкинский сектор, 4–канадский сектор, 5–приполюсный район, 6–гренландский сектор)**

### **2.1 Развитие ледовых условий в зимний период (январь–март)**

Развитие ледовых условий в зимний период 2013 г. проходило на фоне позднего начала ледообразования и малой остаточной ледовитости, которые наблюдались в конце 2012 г. во всех арктических морях и океане в целом.

Ледообразование в арктическом бассейне началось в середине сентября 2012 г, что на полмесяца позже средних сроков, но в свою очередь на полмесяца раньше чем в осенний период предшествующего 2011 г. Характерной особенностью ледообразования в осенний период 2012 г. стала очень высокая его интенсивность, особенно в восточном секторе Арктики, а также начало ледообразования, как в прикромочной зоне среди остаточных льдов, так и в прибрежном районе. Вследствие одновременного развития ледообразования в мористой и прибрежной частях морей, две волны ледообразования двигались навстречу друг другу, что значительно ускорило замерзание акватории морей. Восточные моря полностью покрылись льдом в сроки близкие к норме, что произошло впервые за последние 7-10 лет.



Полное замерзание арктических окраинных морей (последним из которых было Карское) произошло в середине января, что значительно позже среднееголетних сроков, но на полтора месяца раньше чем в предшествующем 2011 г.

В результате позднего начала осенних ледовых процессов в конце 2012 г. в морях российского сектора Арктики преобладали однолетние тонкие и средние льды. Большое количество молодых льдов наблюдалось в Баренцевом море и Карском морях.

Небольшое количество остаточных льдов сохранилось в восточной части Восточно-Сибирского моря и в западной части Чукотского моря. Основная масса старых льдов была смещена в приполюсный район, в гренландский и канадский секторы Арктики (рис. 2.2).

Развитие припая в российских арктических морях в течение осенних месяцев проходило с небольшой интенсивностью. Отчасти это было вызвано сохраняющимся в течение ноября-декабря выносным характером дрейфа льда из российских арктических морей. Площадь припая во всех морях, кроме Восточно-Сибирского, была о меньше средних многолетних значений. В конце декабря суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 231 тыс км<sup>2</sup> при норме 340 тыс км<sup>2</sup>, т. е. была почти на 30 % меньше нормы.

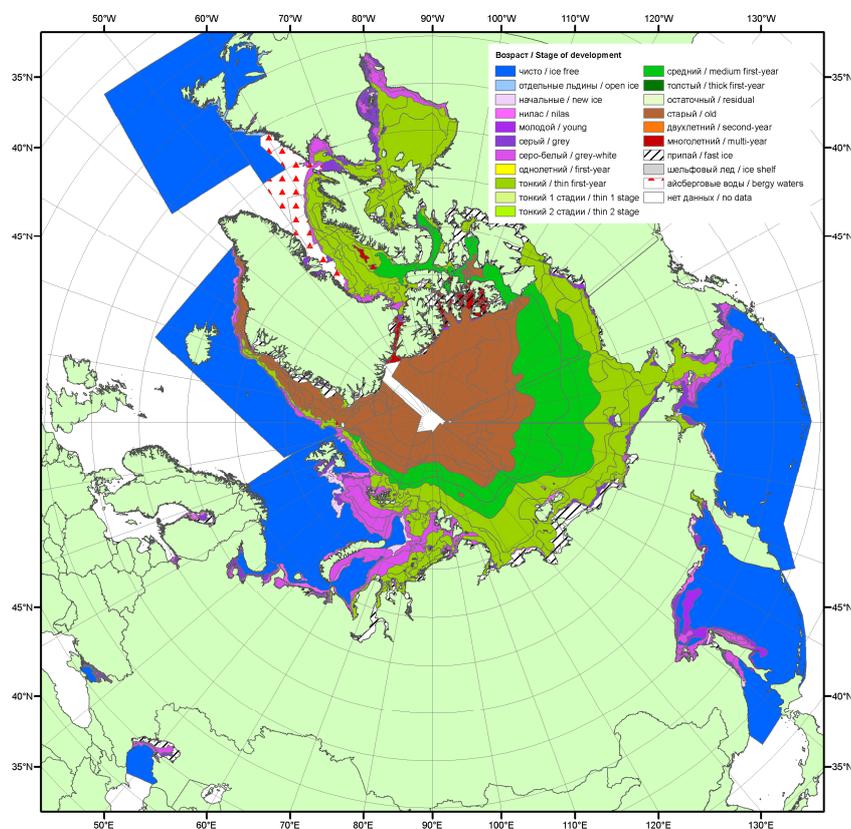


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО за 24-25 декабря 2012 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.



Общее количество льда в Северном Ледовитом океане в конце 2012 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 2012 г. составила 12,78 млн км<sup>2</sup> при норме 13,62 млн км<sup>2</sup>, т.е. была на 6,1 % меньше средних многолетних значений.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь–март 2013 г. приведены на рис. 2.3–2.11.

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

Несмотря на позднее начало ледообразования в осенний период, его интенсивность зимний период была настолько велика, что темпы нарастания льда приблизились к средним многолетним значениям особенно в морях восточного района российского и аляскинском секторах Арктики. В январе на акватории всех арктических морей, начиная от моря Лаптевых и далее на восток, преобладали однолетние средние льды (диапазон толщины 70–120 см). Только в окраинных морях российского сектора Арктики (Баренцевом, юго-западная часть Карского и Чукотском) наблюдалось преобладание однолетних тонких и молодых льдов (рис. 2.2). Продолжалось становление припая на побережье и в проливах арктических морей.

В январе наблюдалась необычное развитие поля дрейфа льда в СЛО. Традиционно существующего Трансарктического переноса как такового не было. Вместо него наблюдалось развитие слабого выносного потока, захватывающего северные части морей Карского и Лаптевых, с выносом льда к побережью Гренландии. Канадский антициклонический круговорот получил обширное развитие и вовлек в гигантский вихрь ледяной покров на 2/3 акватории СЛО. Центр круговорота располагался чуть севернее северной границы Восточно-Сибирского моря. Образовавшийся круговорот обусловил мощный вынос льда из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, и принос льда в моря Бофорта и Чукотское (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 на севере Чукотского моря, морях Бофорта и Беринговом (рис. 2.5).

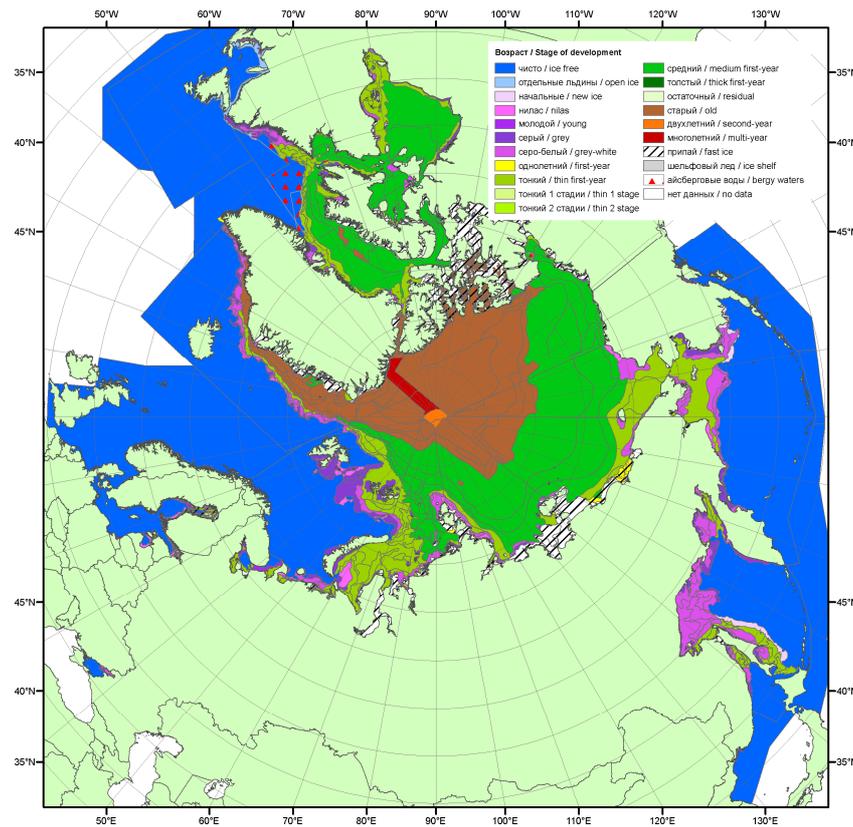


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта СЛО за 14–18 января 2013 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

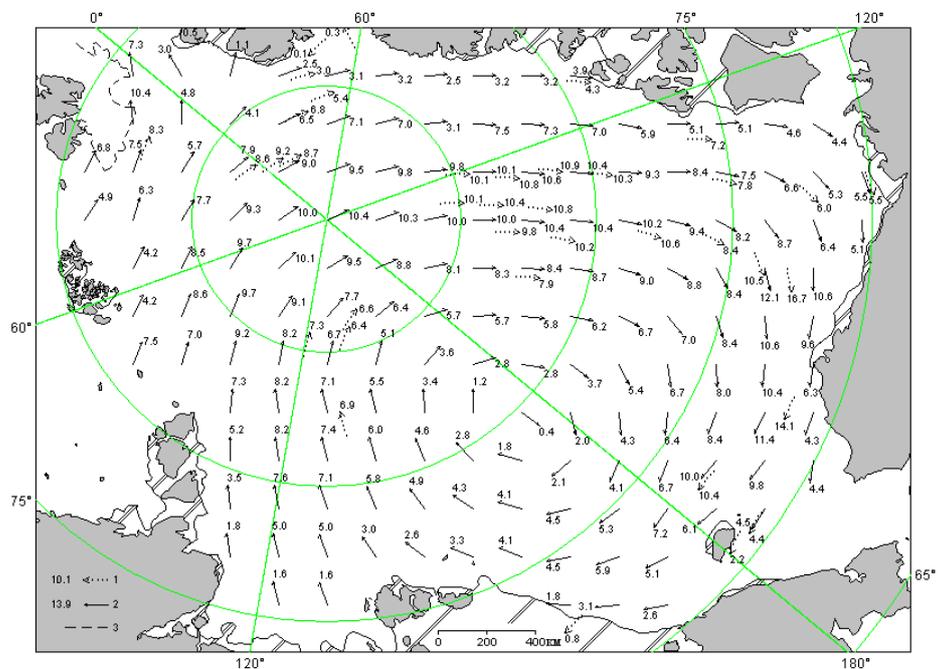
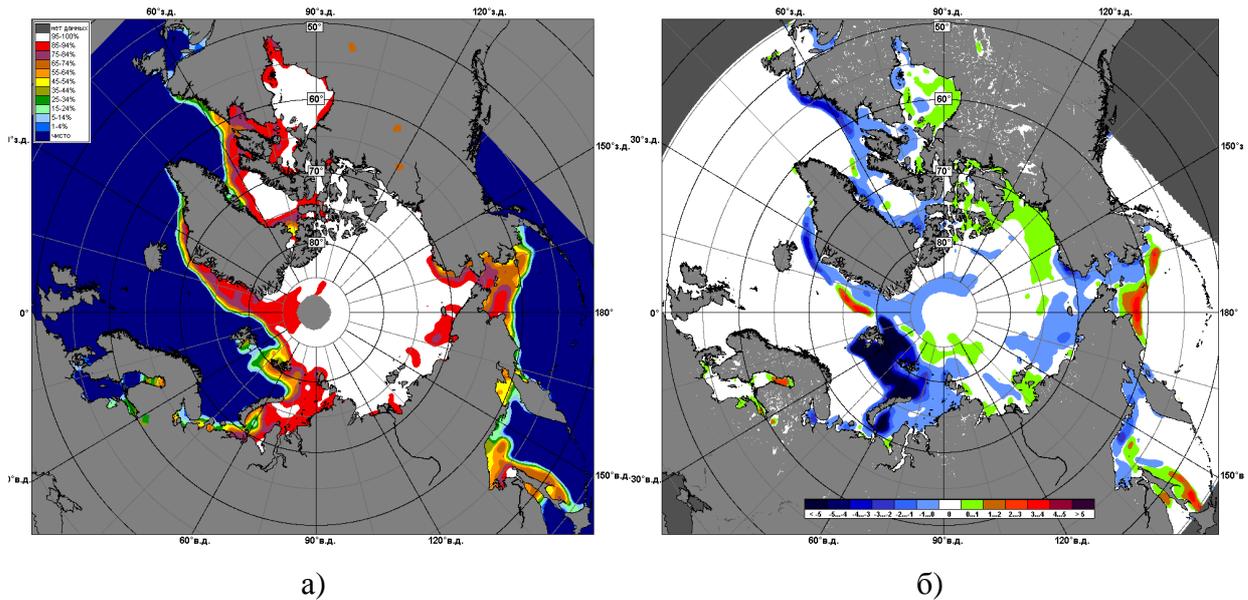


Рис. 2.4. Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в январе 2013 г. (1 – направление и скорость (км/сут) дрейфа автоматического буя, 2 – результаты расчета в узле сетки, 3 – кромка молодого льда)



**Рис. 2.5. Медианное распределение сплоченности льда в январе 2013 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2013 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM.**

В феврале произошла перестройка крупномасштабных атмосферных процессов. Продолжалась адвекция тепла в западный район российского сектора Арктики (моря Баренцево и Карское), что привело к сохранению в них отрицательной аномалии ледовитости и большого количества молодых льдов. В море Лаптевых и далее на восток до моря Бофорта и в приполюсном районе температуры воздуха были значительно ниже среднемноголетних. Это привело к дальнейшему нарастанию льда и увеличению площади припая. 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 (рис 2.6).

Сформировался Трансарктический перенос со стрежнем, смещенным к архипелагу Новосибирских островов до островов Канадского арктического архипелага. Продолжал сохраняться хорошо развитый Канадский антициклонического круговорота с центром, расположенным над северной частью Чукотского моря и хорошо развитой прибрежной ветвью дрейфа, направленной вдоль побережья Аляски и выносящая льды из моря Бофорта в Чукотское море и Берингов пролив (рис. 2.7).

В результате сохранения такого характера дрейфа сохранилось, сформированное еще в январе характерное поле сплоченности с двумя хорошо выраженными областями отрицательных и положительных аномалий сплоченности льда. В первую область вошли моря западного района российского и гренландский сектора Арктики, во вторую область вошли моря восточного района российского и аляскинский секторы Арктики, а также Берингово море (рис. 2.8).

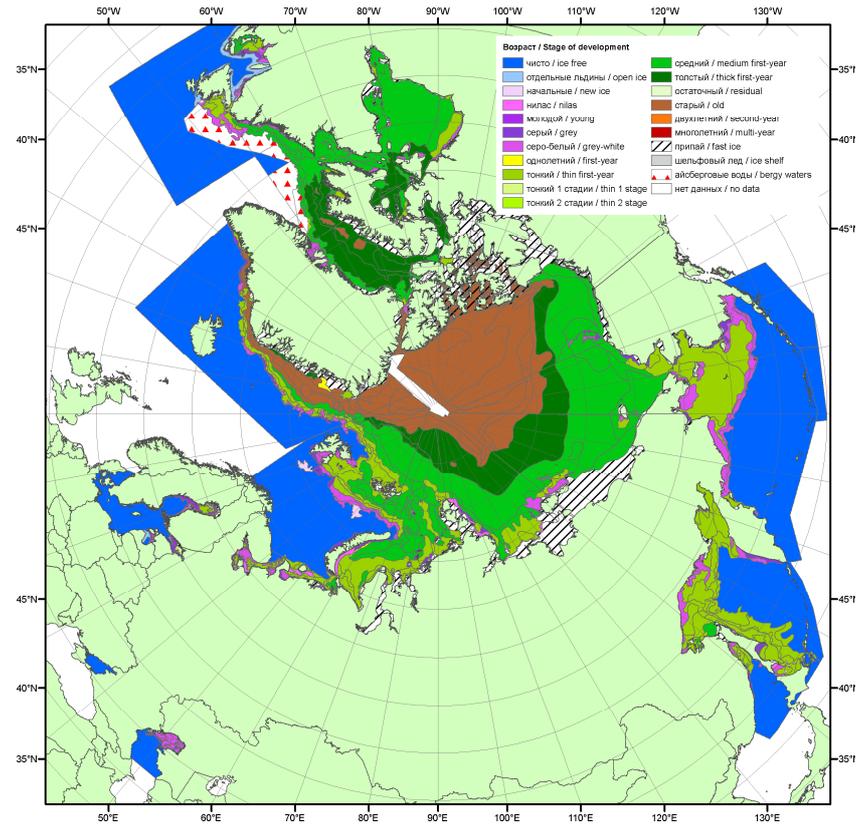


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта СЛО за 18–19 февраля 2012 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

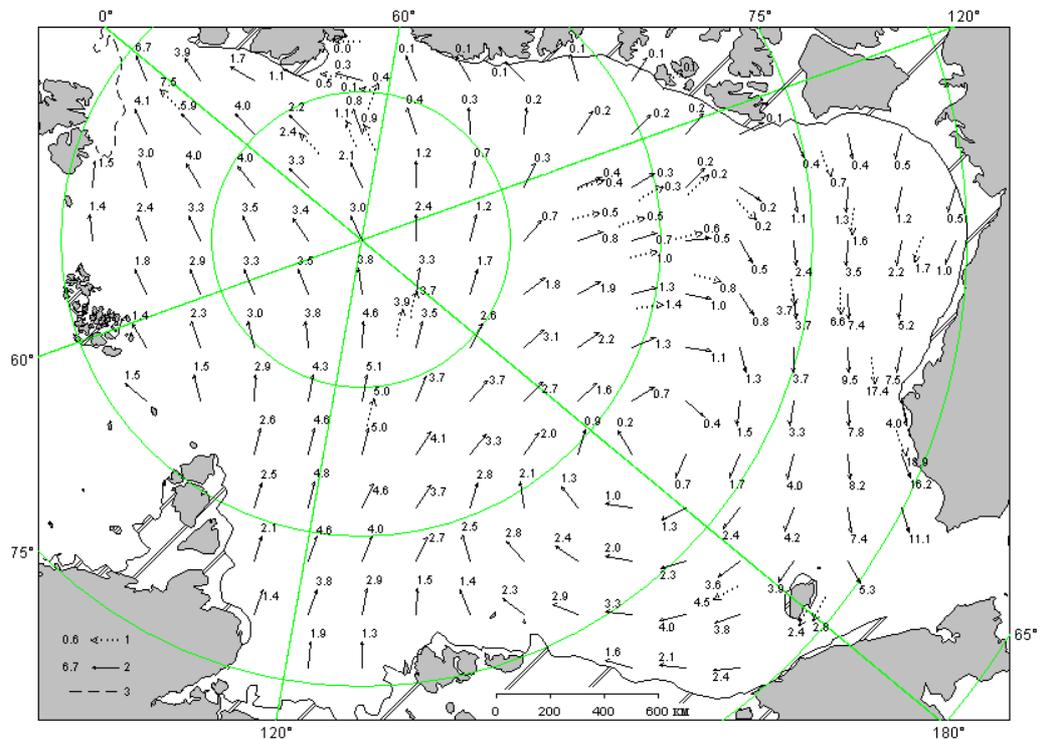
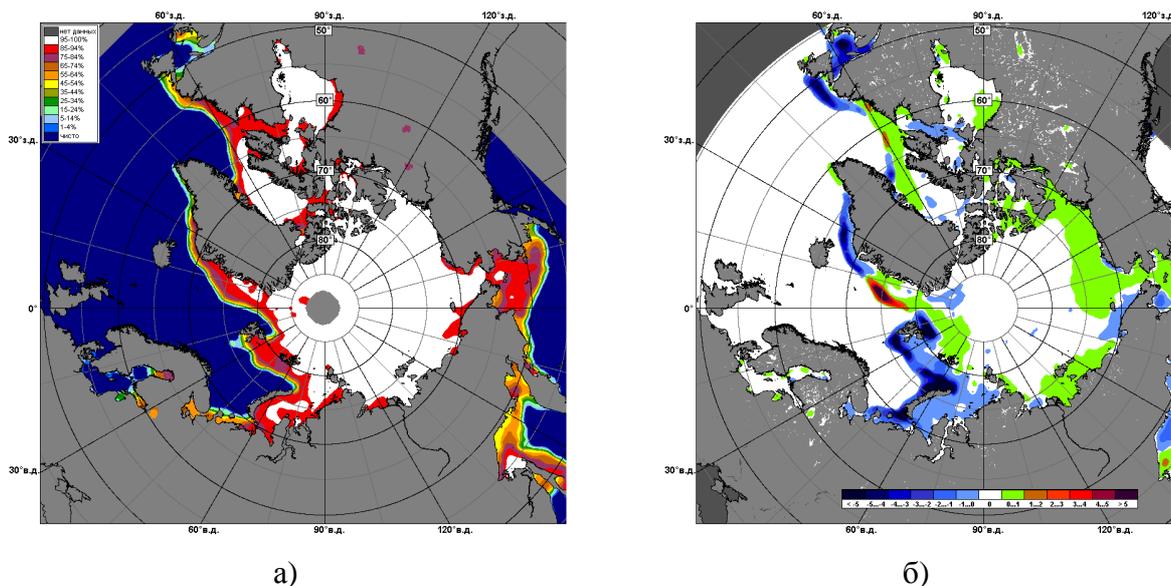


Рис. 2.7. Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в феврале 2013 г. (Усл. обозначения см. рис. 2.5.)



**Рис. 2.8. Медианное распределение сплоченности льда в феврале 2013 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2013 (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 восточного района российского и аляскинского секторов Арктики начали преобладать однолетние толстые льды. В морях западного района российского и гренландский секторов Арктики преобладали однолетние средние льды, а также наблюдалось большое количество молодых льдов (рис. 2.9).

В марте сформировались и были хорошо выражены основные элементы общего поля дрейфа льда в океане – Трансарктический перенос и Канадский антициклонический круговорот. В результате Трансарктического переноса наблюдался вынос льдов из морей западного района российского сектора Арктики в гренландский сектор и далее в пролив Фрама.

В результате хорошо развитого Канадского антициклонического круговорота 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 несколько центров отрицательных и положительных аномалии сплоченности, в основном в тех районах, из которых выносило и в которые приносило лед в результате его дрейфа (рис. 2.11).

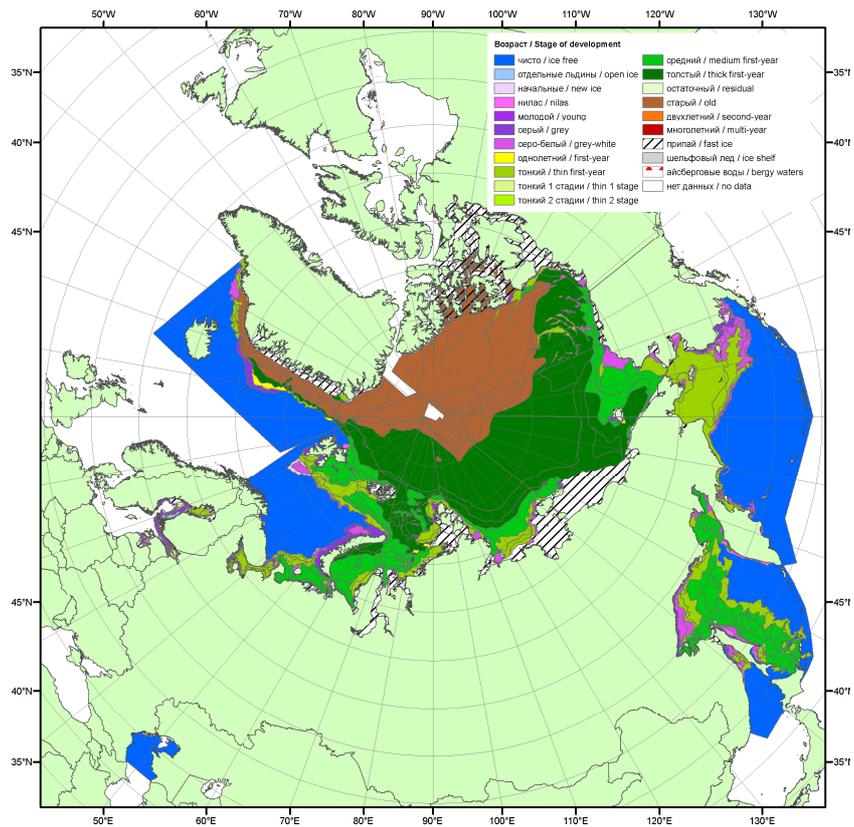


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта СЛО за 18–19 марта 2013 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

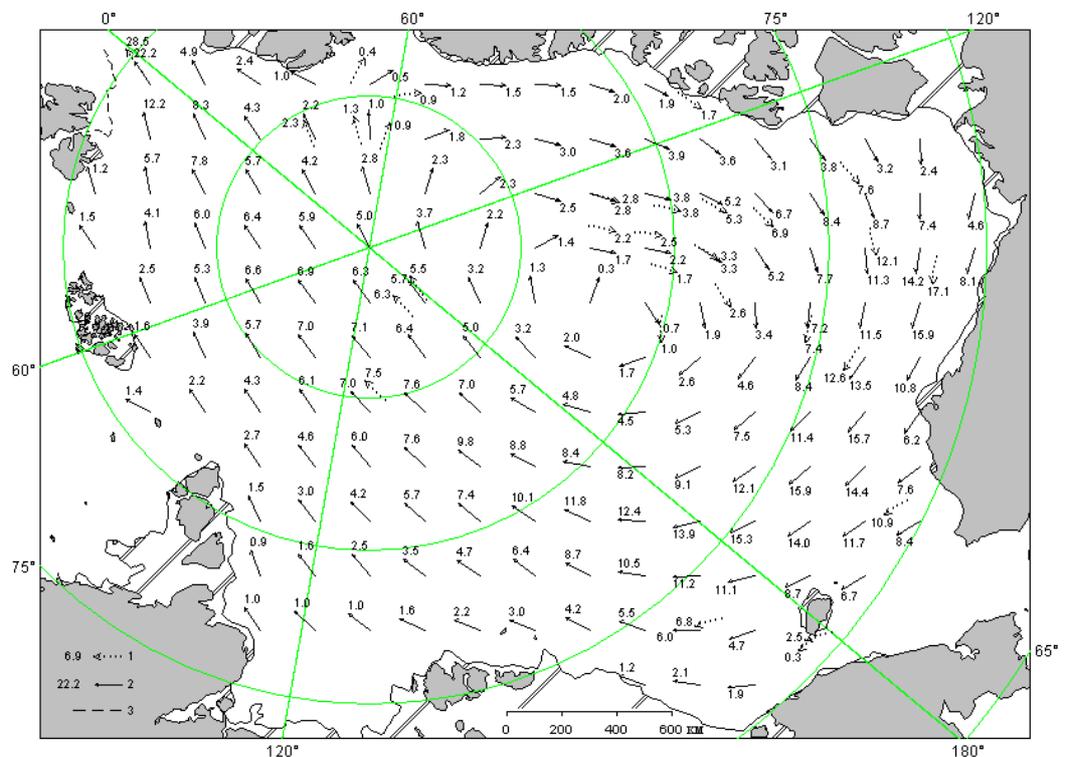
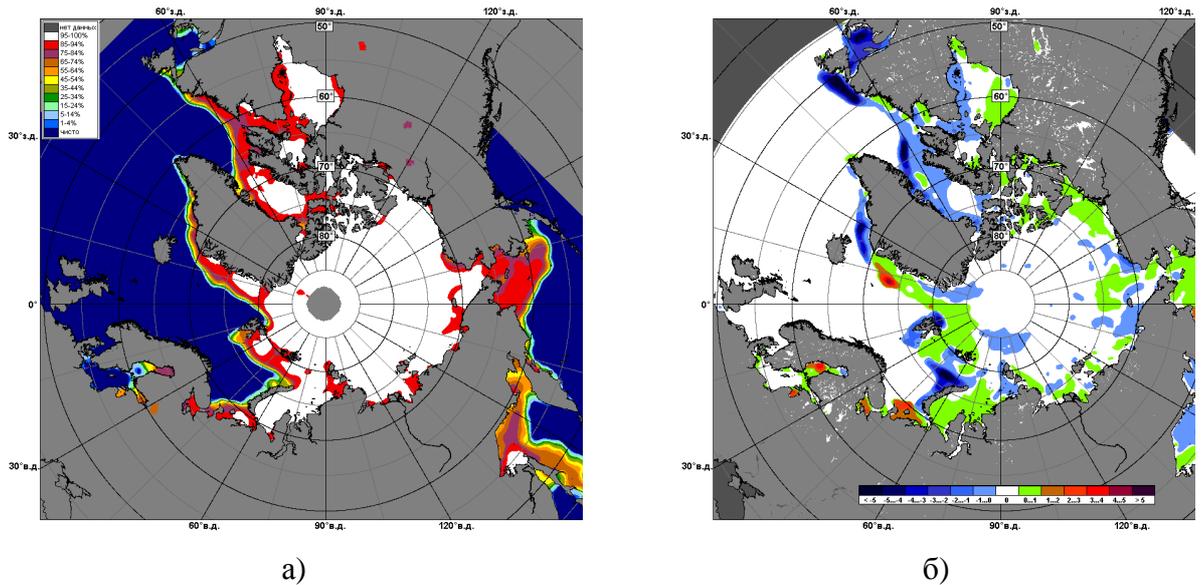


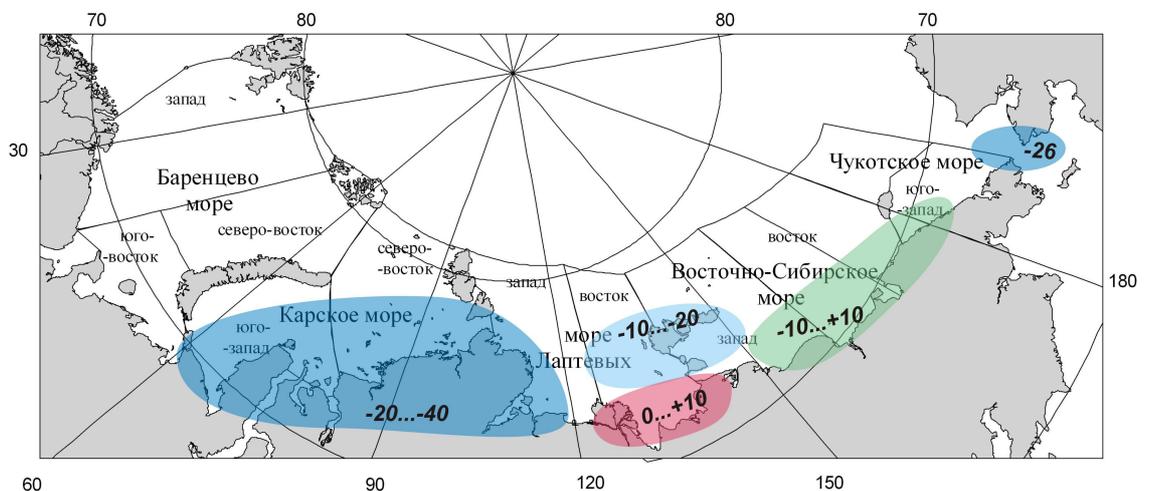
Рис. 2.10. Поле скорости результирующего дрейфа льда (км/сут) в марте 2013 г. (Усл. обозначения см. рис. 2.5.)



**Рис. 2.11. Медианное распределение сплоченности льда в марте 2013 г. (а) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979–2013 (б) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM.**

Позднее начало ледообразования и достаточно высокая интенсивность нарастания льда в морях в течение зимних месяцев 2013 г. привели к тому, что толщина льда по данным полярных станций во всех арктических морях, несмотря на поздние сроки начала ледообразования, была ненамного меньше средних многолетних значений.

По данным полярных станций в западном районе российской Арктики аномалии толщины льда были на 20-40 см меньше нормы. В районе Новосибирских островов, аномалии толщины льда были также меньше нормы, но величина аномалии составляла уже от 10 до -20 см. В Восточно-Сибирском и Чукотском морях аномалии толщины льда имели разнонаправленные знаки и приближались к норме (рис. 14).



**Рис. 2.12. Аномалии толщины льда в российских арктических морях в марте 2013 г.**



Развитие припая в морях в течение трех зимних месяцев проходило с нормальной интенсивностью. Площадь припая во всех российских арктических морях была меньше средних многолетних значений, кроме Восточно-Сибирского моря. В конце марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 591 тыс. км<sup>2</sup> при норме 623 тыс. км<sup>2</sup>, что на 5 % меньше средних многолетних значений.

Развитие заприпайных полыней во всех морях было больше средних многолетних значений, но незначительно. Суммарная площадь полыней в конце марта составила 111 тыс. км<sup>2</sup> при норме 101 тыс. км<sup>2</sup>, т.е. на 9% превышала средние многолетние значения.

Распространение ледяного покрова в Северной полярной области и его среднемноголетнее положение 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 значительно севернее своего среднего положения). Напротив, в морях Канадской Арктики и дальневосточных морях граница дрейфующих льдов была близка к своему среднемноголетнему положению, а в Беринговом море распространение льдов даже приближалось к своему максимальному положению (рис. 2.13).

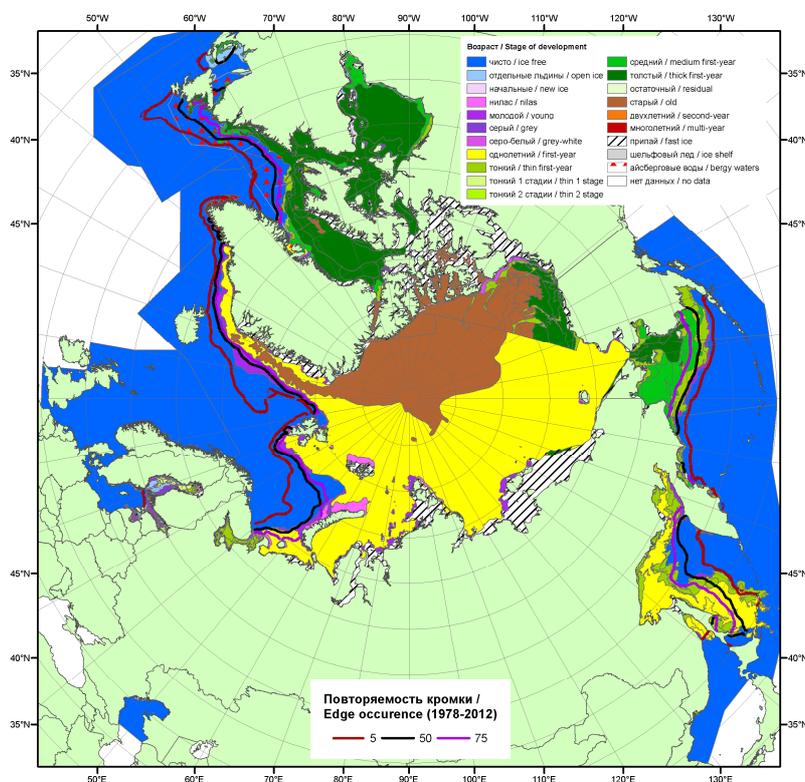
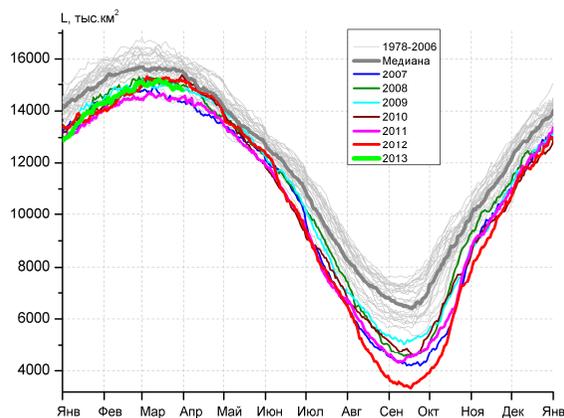


Рис. 2.13 – Оценка общей сплоченности морского льда Северного полушария на 31.03.2013г. на основе данных NCEP NOAA и повторяемость кромки за 26.03-31.03 за период 1979-2012 гг. по наблюдениям SSMR-SSM/I-SSMIS (алгоритм NASATEAM)

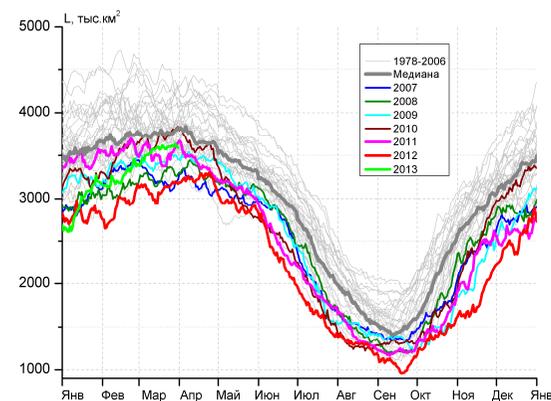


Общее количество льдов в Северной Полярной области по оценкам, выполненным в ААНИИ, в первом квартале года было на 3,5 % меньше среднего многолетнего значения за счет малой ледовитости морей гренландского сектора и западного района российского сектора Арктики (см. рис. 2.14).

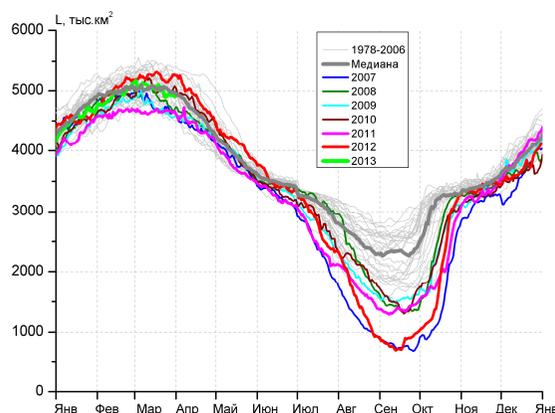
В секторах  $45^{\circ}\text{W}-95^{\circ}\text{E}$  (Гренландское – Карское моря) и  $170^{\circ}\text{W}-45^{\circ}\text{W}$  (море Бофорта и Канадская Арктика), количество льда в конце марта было на 4-5% меньше среднего многолетнего значения (рис. 2.14 б, г). В секторе  $95^{\circ}\text{E}-170^{\circ}\text{W}$  (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) количество льда было близко к среднему многолетнему значению (рис. 2.14 в).



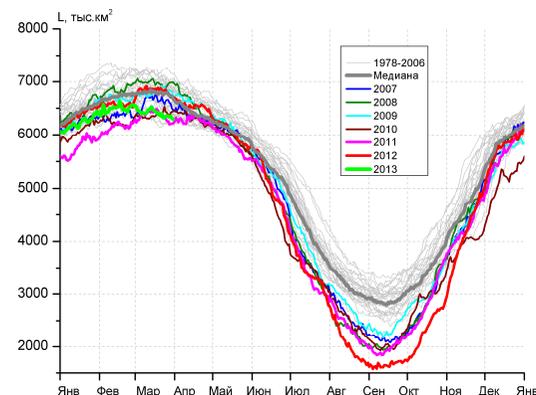
а)



б)



в)



г)

**Рис. 2.14 – Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северной Полярной области и трех меридиональных секторов за период 26.10.1978 - 31.03.2013 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 в январе-марте 2013 г.

#### 3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне

Основная часть представленной информации в первом квартале 2013 г. была получена на акватории глубоководной части Арктического бассейна, где функционировали в общей сложности 7 ИТР (Ice-Tethered Profiler) буюв, оснащенных профилографами, с помощью которых обеспечивалось непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1). Кроме непрерывной информации с профилографов, поступление данных о гидрологическом состоянии СЛЮ в течение рассматриваемого периода обеспечивала российская дрейфующая станция «Северный полюс 40» (СП-40). Положение всех выполненных океанографических станций, использованных в рамках настоящего обзора, показано на рисунке 3.1.

Таблица 3.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛЮ в первом квартале 2013 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ

№	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Количество станций
1	СП-40	01.01.2013	28.03.2013	87
2	ИТР56*	01.01.2013	31.03.2013	323
3	ИТР57	01.01.2013	31.03.2013	172
4	ИТР58	01.01.2013	31.03.2013	173
5	ИТР62	01.01.2013	31.03.2013	169
6	ИТР63	01.01.2013	31.03.2013	360
7	ИТР64	01.01.2013	31.03.2013	200
8	ИТР65	01.01.2013	31.03.2013	201
Итого				1685

\* *Примечание: данные буюв ИТР, доступные с сайта Океанографического института в Вудсхоле, США (<http://www.whoi.edu/itp>)*

Для анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры по данным наблюдений в первом квартале 2013 г. был осуществлен расчет основных статистических характеристик (среднее, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения) вертикальных профилей температуры и солености. При этом было проведено предварительное объединение исходных данных, выполненных в течение марта в отдельных районах акватории Арктического бассейна. Март использовался для удобства последующего сравнения характеристик вертикальной структуры с историческими аналогами, т.к. обеспеченность последними имеет выраженную сезонность и количество архивных материалов за январь и февраль является незначительным.

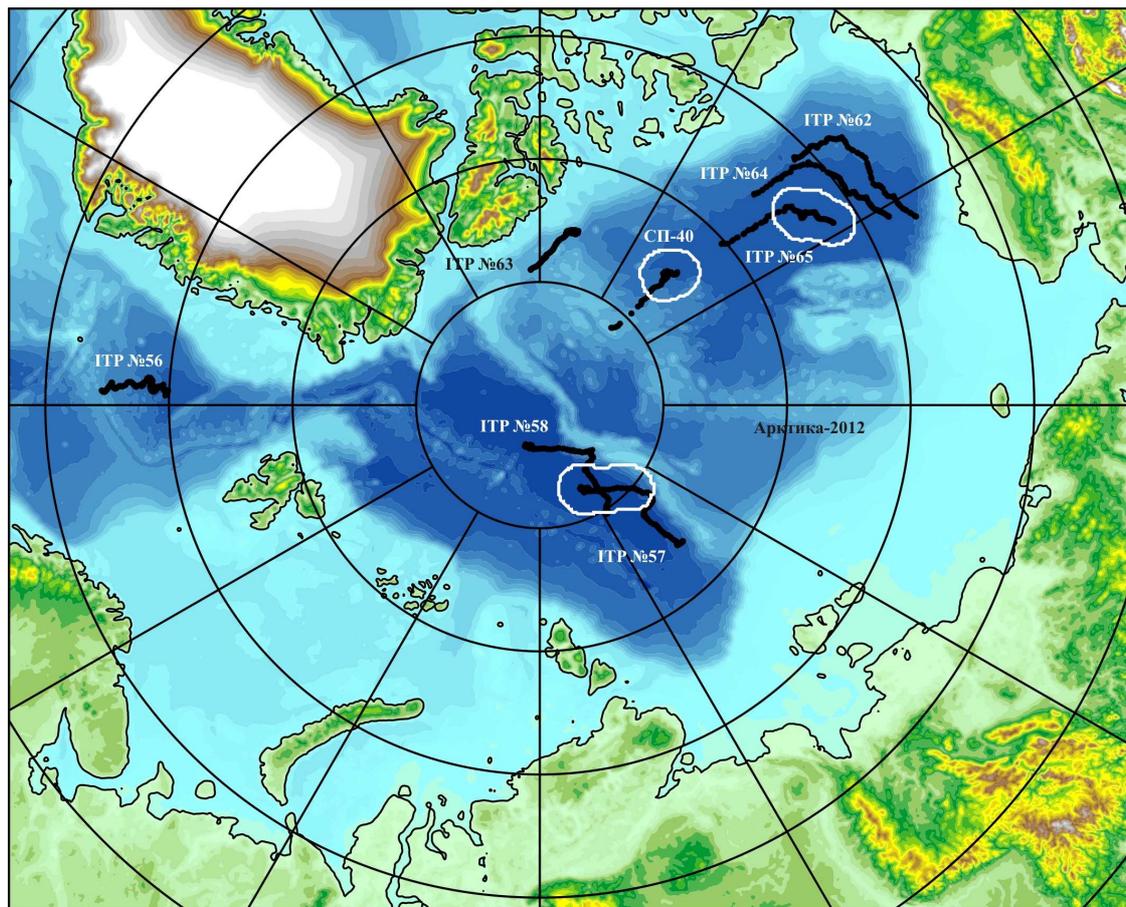


Рис. 3.1. Положение океанографических станций, выполненных в первом квартале 2013 г.

В качестве географических зон для объединения групп станций использовались: район дрейфа ИТР буя № 57 для описания вертикальной структуры в районе западного склона хребта Ломоносова в районе параллели 85 – 86° с.ш.; район дрейфа станции СП-40 в районе поднятия Альфа и северной части Канадской глубоководной котловины и район дрейфа ИТР буя № 65 для описания вертикальной структуры центральной части Американо-Евразийского суббассейна в области ядра круговорота Бофорта (рис. 3.1).

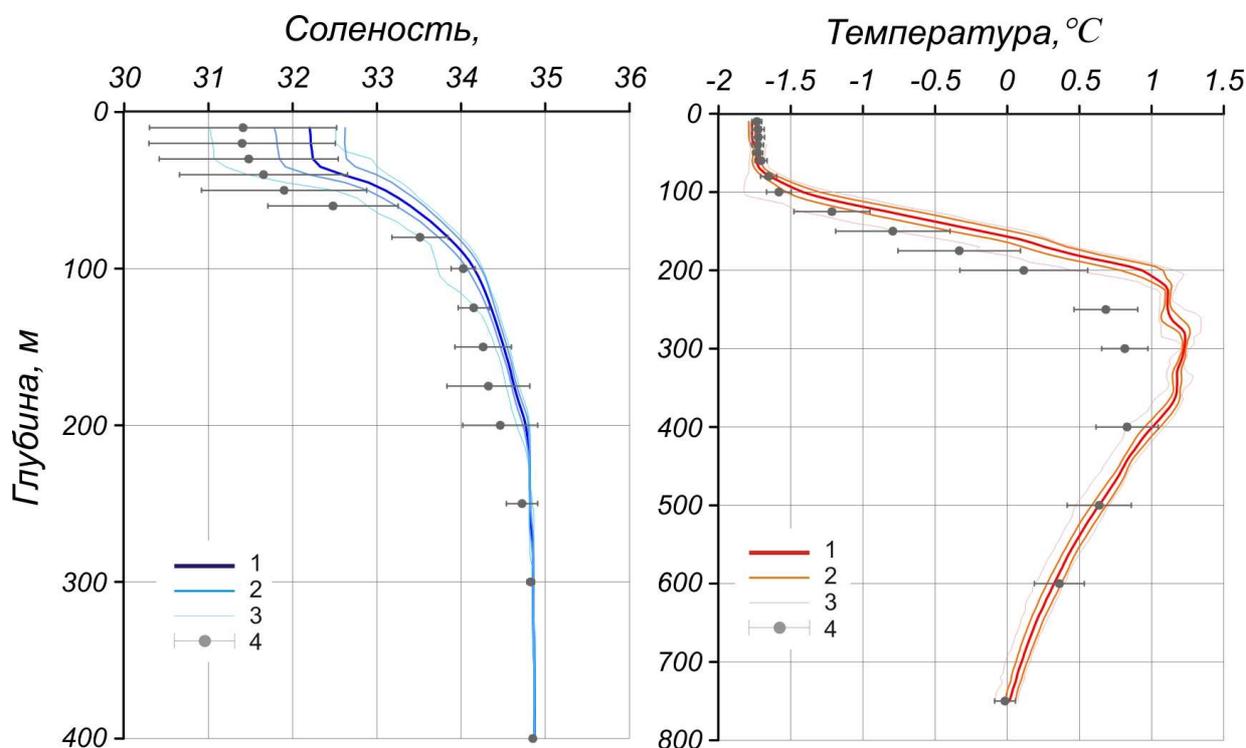
Сравнительный анализ выполнялся путем сопоставления вертикальных профилей основных статистических характеристик температуры и солености, полученных для каждой из выделенных групп, с аналогами, определяемыми на стандартных горизонтах из станций, выполненных в период с 1950 по 1993 гг. в пределах полосы шириной 100 км в стороны от групп выбранных станций, показанных на рис. 3.1 в виде замкнутых контуров.

#### Евразийский суббассейн

Поверхностный слой Евразийского суббассейна в районе дрейфа ИТР № 57 в марте 2013 г. характеризовался незначительной (не выходящей за рамки стандартного отклонения



климатических значений) положительной аномалией солености, которая постепенно уменьшалась по величине (рис. 3.2). Так, согласно измерениям профилографа на глубине 10 метров диапазон изменений солености составляет от 31,8 до 32,6 ‰, что примерно на 0,5–1,3 ‰ выше климатической нормы (31,3 ‰). До глубин 50–60 метров значение аномалии сохраняет свою величину практически постоянной, после чего происходит резкое ее уменьшение до 0,2–0,3 ‰ и полное исчезновение на глубинах 250–300 метров (рис. 3.2). Температура поверхностного слоя в этот период зимний период мало отличается от температуры замерзания и лишь незначительно меньше климатической за счет повышенной солености.



**Рис. 3.2. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа ИТР-57 в районе западного склона хр. Ломоносова в марте 2013 г. (1 – профиль средних значений, 2 – область стандартного отклонения, 3 – минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 – средние климатические значения и стандартные отклонения соответствующих характеристик по историческим данным базы океанографических данных СЛО отдела океанологии АНИИ за март в период от 1950 по 1993 гг.)**

Слой вод холодного галоклина в районе дрейфа ИТР № 57 выражен очень слабо, наблюдаясь в диапазоне глубин от 35–40 метров (нижняя граница поверхностного однородного слоя и верхняя граница галоклина) и до глубин 70–80 метров, после чего начинается рост



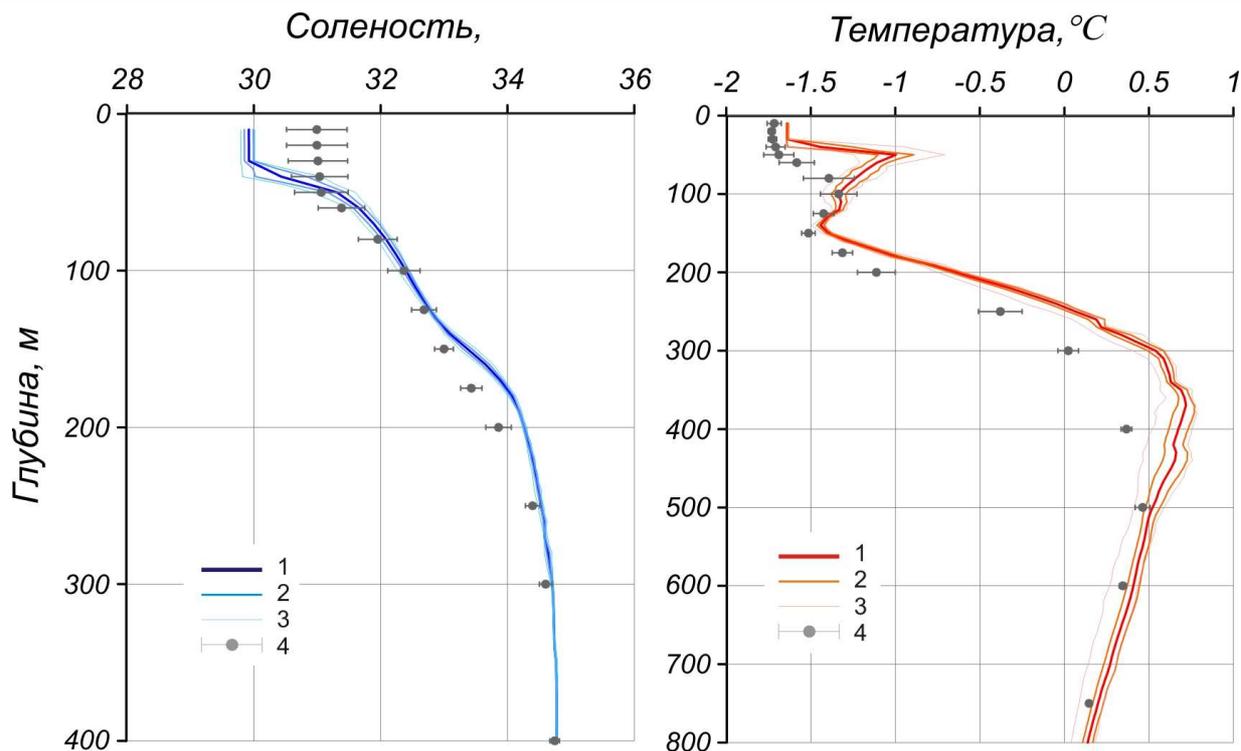
температур, определяемый атлантическими водами. По сравнению с климатической нормой можно отметить некоторое незначительное смещение нижней границы слоя холодного галоклина к поверхности в следствие общего смещения слоя атлантических вод о чем будет сказано ниже.

Сравнительный анализ структуры слоя атлантических вод (АВ) в Евразийском бассейне СЛО продолжает характеризоваться высокими положительными аномалиями температуры воды, которые более чем в два раза превосходят по амплитуде стандартные отклонения климатических значений температур. В целом, слой воды с положительными аномалиями расположен в диапазоне глубин от 80 до 500 метров (рис. 3.2).

В зоне ядра АВ значения температуры в марте 2013 г. достигали значений от +1,2 до +1,3 °С, что примерно на 0,4–0,5 °С выше климатической нормы для этого района. Кроме аномалии термического состояния прослеживается аномалия в локализации ядра АВ и его границ: верхняя граница АВ, определяемая по изотерме 0° С, расположена на глубине 150–160 метров, что на 40 метров выше ее климатического положения. Область максимальных температур в ядре атлантических вод также несколько смещена к поверхности, хотя точное значение смещения определить затруднительно из-за небольшой дискретности исторических измерений. При этом нижняя граница слоя АВ наблюдается на том же уровне, как и по климатическим данным (рис. 3.2).

#### Амеразийский суббассейн

В марте 2013 г. термohалинные характеристики верхнего перемешанного слоя в целом соответствовали ожидаемому, исходя из состояния последних в предшествующие периоды. Такой отличительной особенностью характеристик является наличие сильного распреснения, достигающего нескольких промилле, практически на всей акватории Амеразийского суббассейна. По данным измерений, выполненных на дрейфующей станции СП-40, аномалия поверхностной солености достигает –1 ‰ при значении солености в 30 ‰ (рис. 3.3). По данным профилографа, работающего на ИТР № 65 (рис. 3.4) соленость поверхностного слоя составляет от 27,7 до 28,5 ‰, что почти на 2 ‰ ниже климатических значений в центральной части канадского антициклонического круговорота.



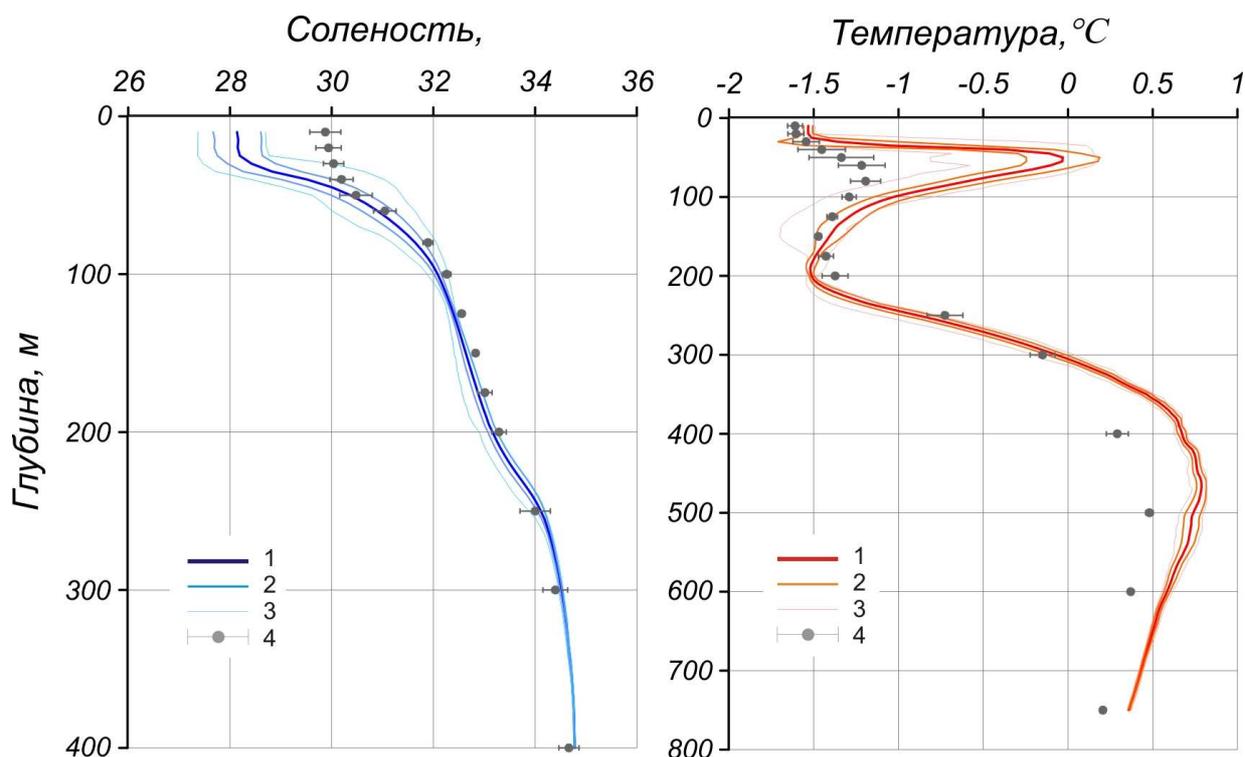
**Рис. 3.3. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений на дрейфующей станции СП–40 к северу от Канадского арктического архипелага в марте 2013 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2.)**

Ниже верхнего перемешанного слоя на глубинах, начинающихся от 25 метров, расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Американо-Северного 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 по данным ИТР № 65 составлял в марте 2013 года до +0,2 °С, что на 1,4 °С теплее климатической нормы (рис. 3.4). На дрейфующей немного южнее станции ИТР № 64 в конце марта были зарегистрированы максимальные температуры ЛТВ в диапазоне от +1 до +2 °С в диапазоне глубин от 60 до 80 метров. Измерения на станции СП–40 в северной части канадской глубоководной котловины также демонстрируют наличие подповерхностного максимума температуры воды около –1,0..–0,8 °С на глубине 50 метров, который на 0,4–0,5 °С больше климатического значения. Причем максимум последних располагается на гораздо больших глубинах, (около 100 метров (рис. 3.3)).

Аномальное развитие гидрометеорологических процессов в последние годы, включающее интенсивное поступление теплых тихоокеанских вод через Берингов пролив, привело к тому, что



ЛТВ наблюдались также и в районе дрейфа ИТР № 63, т.е. в районе, где эти воды не регистрировались ранее, хотя положительные аномалии температуры здесь сравнительно невелики и составляют до  $+0,3$  °C (не показано). Наличие ЛТВ здесь является характерной тенденцией последних нескольких лет, когда аномальное тепловое состояние ЛТВ сопровождалось аномальным распространением этих вод на север.



**Рис. 3.4. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа ИТР-65 в центральной части Канадской глубоководной котловины в марте 2013 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2.)**

От глубин около 150–200 метров по данным представленных на рис. 3.3 и рис. 3.4 наблюдений в Американо-Северном суббассейне наблюдается постепенный рост температуры воды, обусловленный присутствием атлантической водной массы отличающейся высокими значениями температуры и солености. Верхняя граница этого слоя располагается на глубинах от 250 метров в северной части канадской котловины (рис. 3.3) до 300 метров в центральной ее области, причем аномалия положения наблюдается только на севере и составляет –50 метров, т.е. граница смещена к поверхности. Значения температуры в ядре АВ несильно отличаются для двух представленных выборок и составляют от  $+0,6$  до  $+0,8$  °C, что на  $0,4$  °C выше климатической нормы.

Согласно результатам наблюдений, выполненным в первом квартале 2013 г., можно констатировать, что гидрологический режим СЛО продолжает демонстрировать наличие



аномального состояния по отношению к климатическому среднему. Основные признаки аномального состояния заключаются в существовании дипольной структура поверхностной солености, выраженной в высоких отрицательных аномалиях солености в Амеразийском суббассейне и незначительных положительных аномалиях в Евразийском.

Другой аномальной характеристикой является сохранение положительной аномалии температуры ядра атлантических вод, которая варьируется от  $+0,4$  °С в восточном секторе Арктики до  $+0,5$  °С в западной части СЛЮ. Верхняя граница АВ смещена к поверхности на расстояние 40–50 метров. Летние тихоокеанские воды также продолжают демонстрировать аномально высокую температуру, превышающую климатическую норму на величину  $+1,0$  °С, а в отдельных случаях до  $+2,0$  °С.

### 3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по март 2013 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 13-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 2013 г.

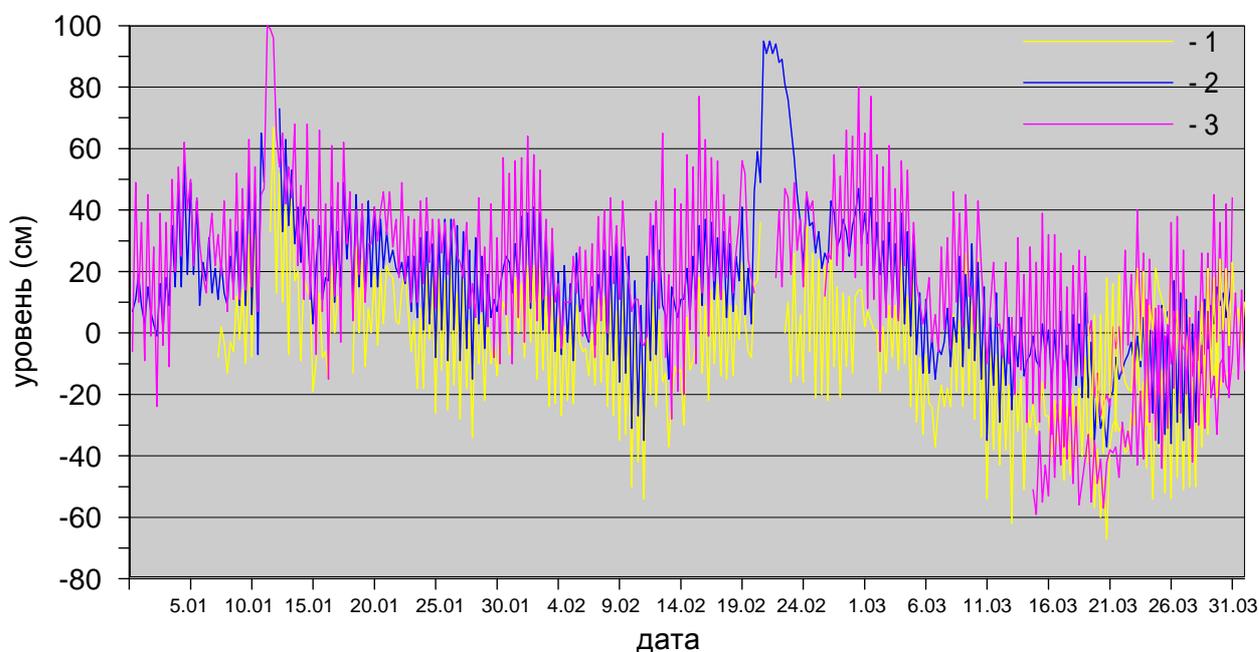
Станция	Широта	Долгота
Карское море		
1. им.Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
2. Амдерма	69 45 N	61 42 E
3. Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
4. Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
5. о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
6. о. Визе	79 30 N	76 59 E
7. м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
8. ГМО им.Е.К. Фёдорова (м. Челюскина)	77 43 N	104 17 E
море Лаптевых		
9 Анабар	73 13 N	113 30 E
10 м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
11 пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
12 о. Котельный	76 00 N	137 52 E
Восточно-Сибирское море		
13 Певек	69 42 N	170 15 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.5) на станциях Амдерма и Усть-Кара колебания уровня в январе и феврале происходили на повышенном фоне ( $+22$ – $+31$  см), в марте



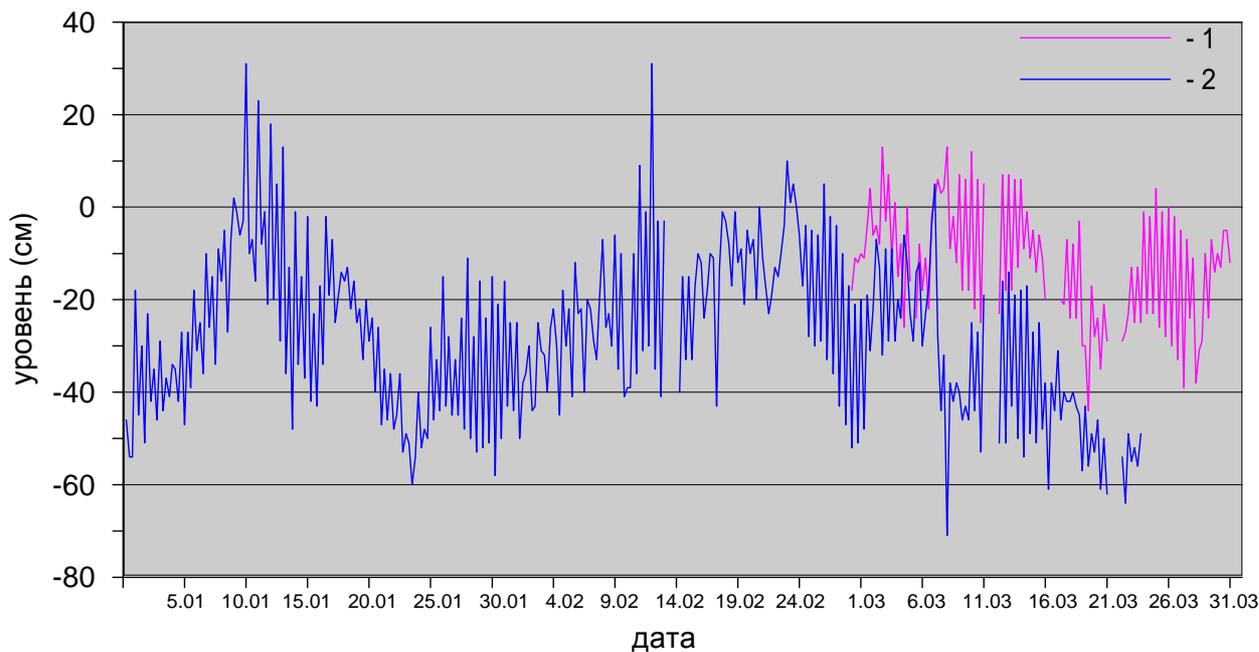
средний уровень опустился к средним значениям ( $-1 +10$  см). На станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) колебания уровня в январе и феврале происходили около среднего значения ( $+6 -3$  см), а в марте среднемесячный уровень опустился до значения  $-21$  см.

Наибольший подъем уровня в юго-западной части Карского моря отмечался 12–13 января, когда уровень на станциях Усть-Кара, Амдерма и им. Е.К. Федорова поднялся соответственно на 100, 73 и 67 см выше среднемноголетнего значения. 21 февраля в этом районе наблюдался второй по величине подъем уровня в первом квартале 2013 года, когда уровень на станции Амдерма поднялся на 95 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее значительное понижение уровня  $-67$  см, относительно среднемноголетних значений, было зарегистрировано на станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) 21 марта.



**Рис. 3.5. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2013 г (1 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос); 2 – Амдерма; 3 – Усть-Кара).**

В северной части Карского моря (рис. 3.6), станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) и о. Визе, колебания уровня за весь рассматриваемый период происходили на пониженном фоне ( $-12 -28$  см). Значительных подъемов и понижений уровня в этом районе в первом квартале 2013 года не отмечалось, наиболее существенные подъемы на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) были составили  $+31$  см относительно среднемноголетнего уровня, а наиболее существенные понижения уровня отмечались 24 января ( $-60$  см) и 2 февраля ( $-50$  см).



**Рис. 3.6. Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в январе – марте 2013 г. (1 – о. Визе; 2 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина))**

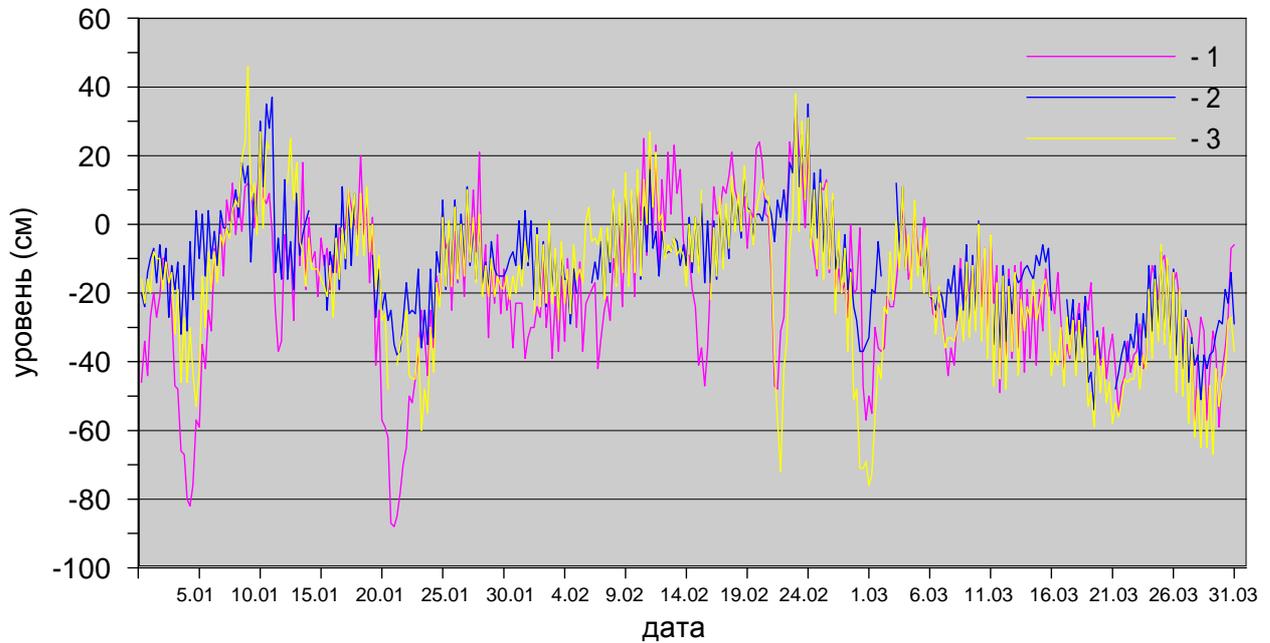
В восточной части Карского моря (рис. 3.7), в январе, отмечался пониженный фон колебаний уровня (–9 –21 см). В феврале среднемесячный уровень приблизился к среднемноголетним значениям (–4 –9 см), но оставался пониженным. В марте средние значения уровня снова понизились (–24 –34 см). Наиболее значительный подъем уровня у юго-западного побережья Таймыра наблюдался 9 января на станции, м. Стерлегова (+46 см). Наиболее существенные понижения уровня наблюдались 21 января на станции Сопочная Карга, когда значение уровня понизилось на 88 см относительно среднемесячного значения, и 22 февраля, когда на станциях Сопочная Карга и м. Стерлегова уровень понизился на 48 см и 72 см соответственно.

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рисунок 3.8) колебания уровня в январе происходили на пониженном фоне (–25 –33 см). Наибольший подъем уровня наблюдался 5 марта (+14 см), а наибольшее понижение уровня наблюдалось 10 января (–86 см).

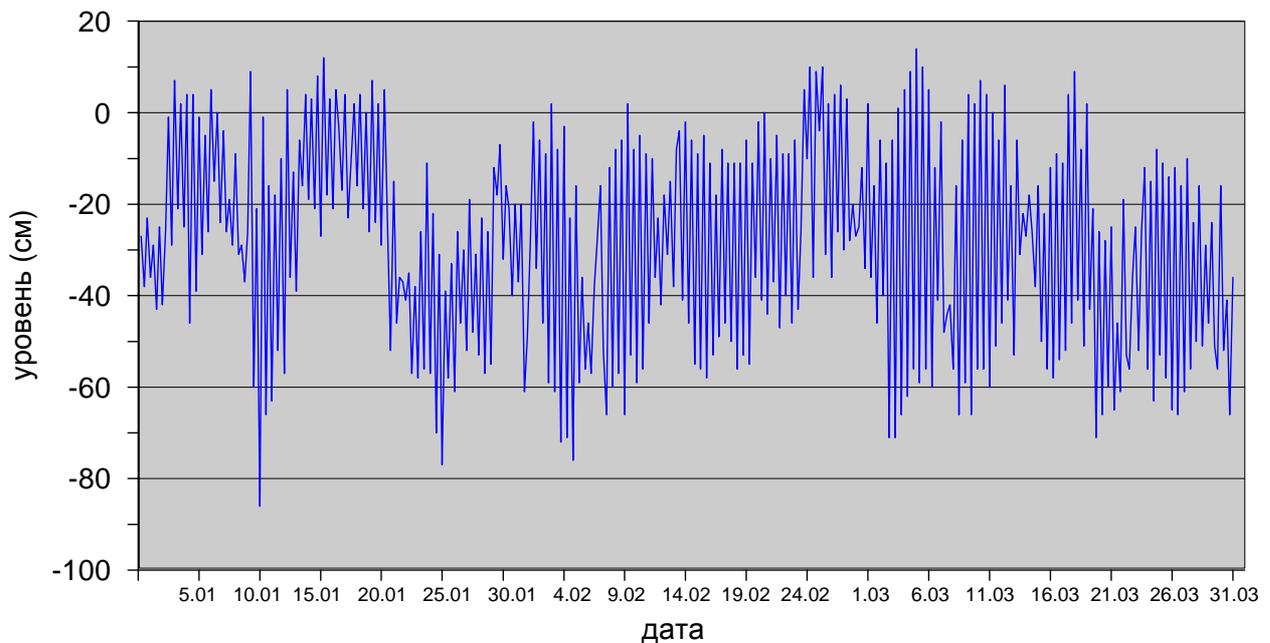
В восточной части моря Лаптевых на станции м. Кигилях фоновые колебания уровня носили пониженный характер, в январе среднемесячные значения были наименьшими (–22 см), к марту фон колебаний повысился, но оставался пониженным (–12 см). На станции пр. Санникова среднемесячные значения уровня были близки к среднемноголетним (–3 +7 см), а на станции о. Котельный колебания уровня проходили на повышенном фоне (+13 +25 см): в январе средний уровень достиг величины +13 см, а в феврале и марте поднялся до величин +25 и +23 см соответственно. Наибольший подъем уровня в этом районе отмечался 13 марта, когда уровень на



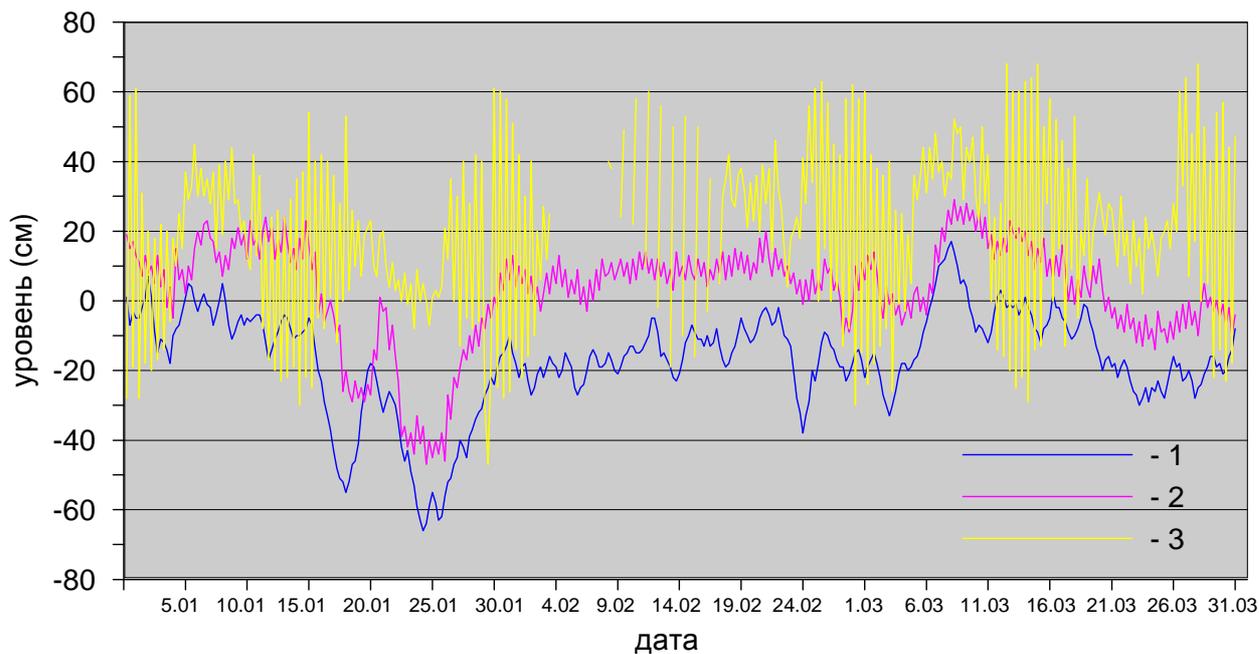
станции о. Котельный поднялся на 68 см выше среднемноголетнего значения. Наибольшие понижения уровня составляли –66 см 25 января на станции м. Кигилях, –47 см 25 и 30 января на станциях пр. Санникова и о. Котельный соответственно (рис. 3.9).



**Рис. 3.7. Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в январе – марте 2013 г. (1 – Сопочная Карга; 2 – о-ва Известий ЦИК; 3 –м. Стерлегова)**

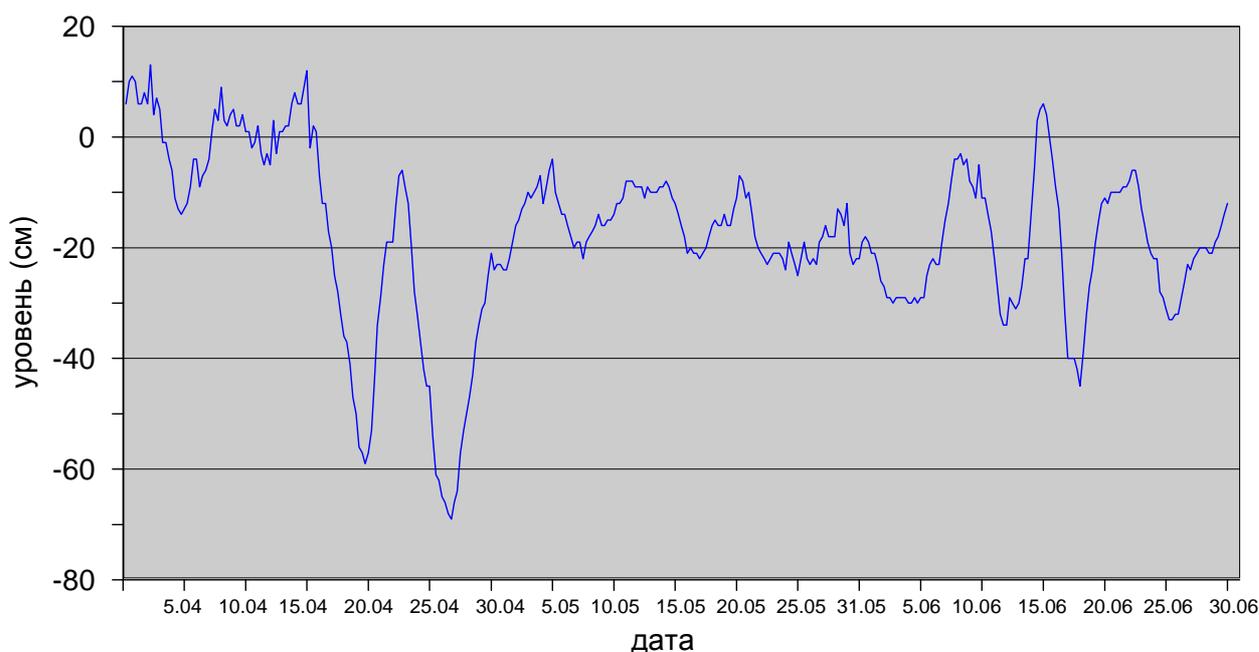


**Рис. 3.8. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в январе-марте 2013 г.**



**Ри. 3.9. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе – марте 2013 г. (1 – м. Кигилях; 2 – пр. Санникова; 3 – о. Котельный)**

По данным наблюдений на станции Певек (рис. 3.10) в Восточно-Сибирском море колебания уровня происходили на пониженном фоне (–15 –20 см). Наиболее значительный подъем уровня на станции Певек отмечался 3 января (+ 13 см). Наибольшие понижения уровня составляли –69 см 27 января и –45 см 19 марта.



**Рис. 3.10. Колебания уровня в Восточно-Сибирском море (Певек) в январе – марте 2013 г.**



Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море за первые 3 месяца 2013 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 2013 г.

Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИН 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.

Как видно из таблицы 3.3, в 1 квартале 2013 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 3 до 4 м.

Таблица 3.3

#### Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн ( $H_s$ ) в Баренцевом море в первом квартале 2013 г.

Месяц	Высота волн, м						
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7
Январь	–	3	5	7	8	4	4
Февраль	–	7	8	8	3	2	–
Март	–	3	10	13	4	1	–
Итого	–	13	23	28	15	7	4

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

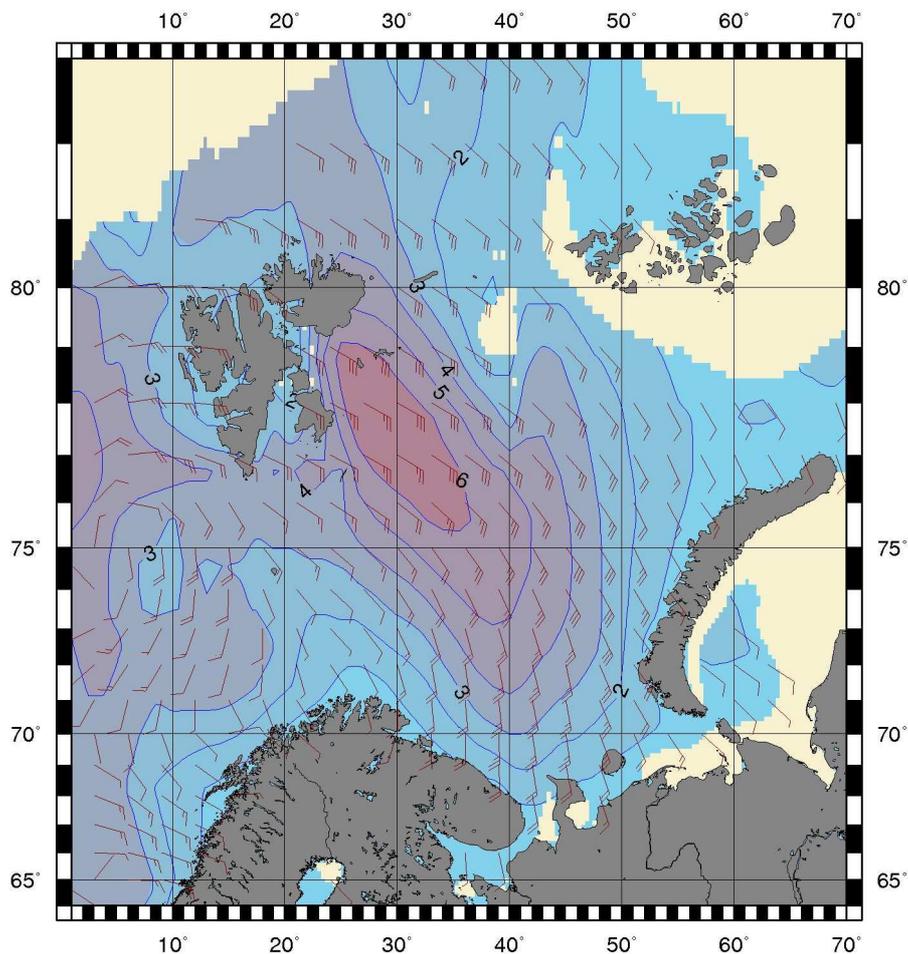
- 8 случаев (26 %) – в январе;
- 2 случая (7 %) – в феврале;
- 1 случай (3%) – в марте.

Эти показатели ниже, чем в 2012 году. В тот период максимальная расчетная высота волн на входе в Баренцево море в январе была более 8 м.

Процент штормовой активности и сведения из табл. 3.3 показывают, что в первом квартале 2013 г. самым штормовым месяцем стал январь, в течение которого высота волн четыре раза превышала 6 м. Самый сильный шторм был рассчитан в северо-западной части моря 1 января 2013 г. (на 0 ч UTC

высота волны превысила 6,5 м). Продолжительность этого шторма составила два дня. Следующим по штормовой активности стал март (высота волн более 5,5 м рассчитана 18 марта на 06 и 12 ч UTC).

На рисунке 3.11, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн  $H_s$  на акватории Баренцева моря на 00 ч 01 января 2013 г.



**Рис. 3.11. Поле ветра и высоты волн ( $H_s$ , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 01.01 2013 г.**

Карское море полностью закрылось к середине января 2013 г. Наибольшая высота волн (более 3,5 м) была рассчитана северо-западнее мыса Желания архипелага Новой Земли 8 января 2013 г. (12 и 18 ч). В таблице 3.4 приведены сведения о распределении высот волн на открытых участках Карского моря, свободных ото льда в январе 2013 г.

*Таблица 3.4*

**Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн ( $H_s$ ) в Карском море в первом квартале 2013 г.**

Месяц	Высота волн, м			
	0-1	1-2	2-3	3-4
Январь (до 18.01)	3	8	4	3