

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

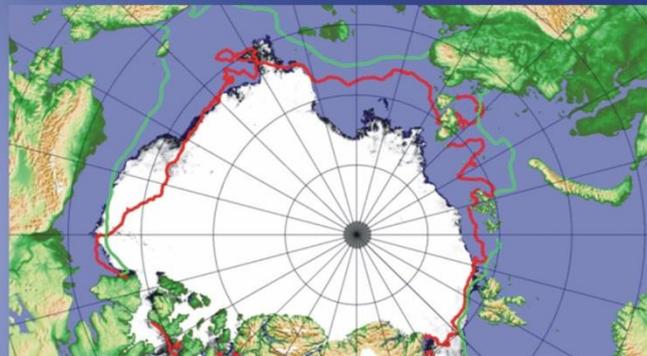


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2014



Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»
(ФГБУ «АНИИ»)

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

Под редакцией Е.И. Фролова

Санкт-Петербург
2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Метеорологические условия в Северной полярной области в апреле-июне 2014 г.....	5
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария.....	5
1.2. Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области	16
2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2014 г.....	25
2.1. Развитие ледовых условий за период апрель-июнь.....	25
2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период	38
3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей 2014 года	44
3.1. Термохалинные условия.....	44
3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО	45
3.2. Гидрохимические условия	49
3.3. Уровень арктических морей.....	52
3.4. Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель–июнь) 2014 г. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, научной обсерватории «Мыс Баранова», проектов Всемирной Метеорологической Организации и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и международных проектов российскими и зарубежными организациями.

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

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

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

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

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

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

Подготовку и оформление обзора осуществляла м.н.с. отдела ледового режима и прогнозов Усольцева Е.А.

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

1. Метеорологические условия в Северной полярной области в апреле–июне 2014 г.

1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба и метеорологических условий в полярном районе северного полушария за период с апреля по июнь 2014 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь–март 2014 г., особенности которого более подробно были представлены ранее.

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

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

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

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с апреля по июнь 2014 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй квартал 2014 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А.

Гирса и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземного давления и температуры воздуха и их аномалий.

Таблица. 1.1

**Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период
апрель – июнь 2014 г.**

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	<i>W</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	3	M ₁	M ₂
Число дней	17	37	27	40	32	19
Аномалия	-11	18	-7	12	-1	-11

В период апрель–июнь 2014 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов меридиональной (С) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 18 дня и составили 37 день.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели зональные процессы. Данные процессы отмечались 40 дней, что выше нормы на 12 дней.

Анализ процессов показал, что в апреле–июне 2014 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с апреля по июнь 2014 г. представлен на рис. 1.1

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с апреля по июнь 2014 г. выглядит следующим образом:

$$\text{Апрель} - C_{3+M_2} \rightarrow \text{Май} - (E+C)_{M_1} \rightarrow \text{Июнь} - C_3 \quad (1)$$

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

Тенденции изменения давления от месяца к месяцу в полярном районе представлены на рис. 1.2 в виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления отдельно для европейского и американского секторов Арктики. При положительных значениях аномалий давления интегральная кривая идет вверх, при отрицательных – вниз.

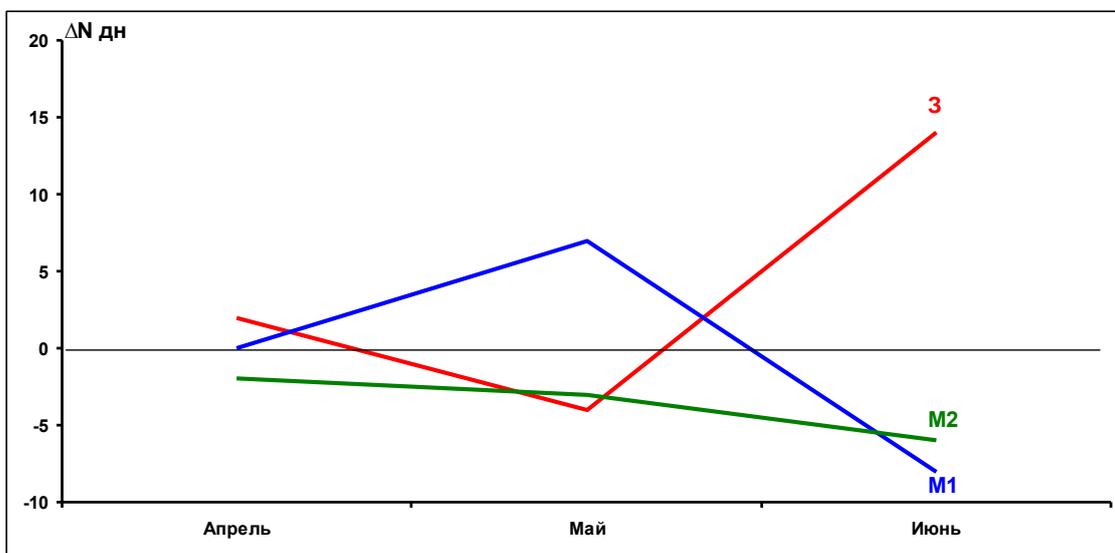
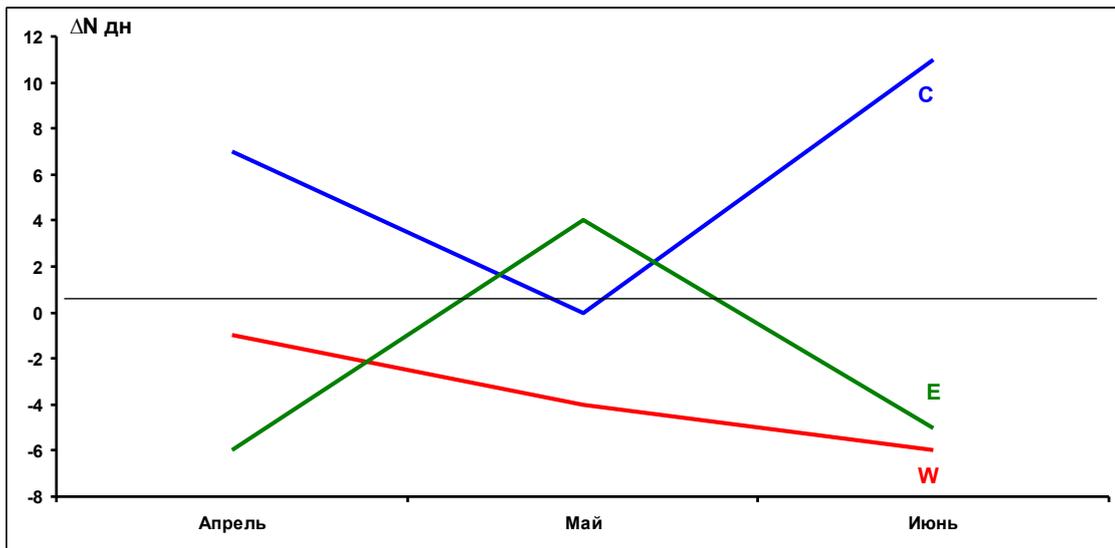


Рис. 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период апрель–июнь 2014 г.

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

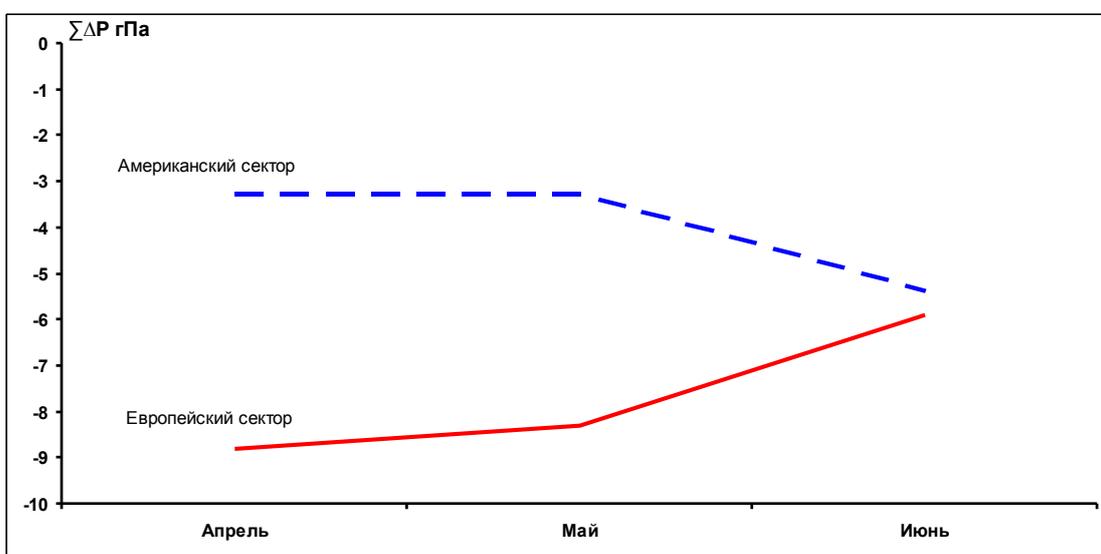


Рис. 1.2. Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления (гПа) в апреле–июне 2014 г. в европейском и американском секторах полярного района Арктики

В первом (атлантико-евразийском) секторе Арктики под влиянием гребней арктического и азорского антициклонов от апреля к июню отмечалась устойчивая тенденция к повышению фона давления.

Во втором (тихоокеано-американском) секторе Арктики под влиянием циклонов отмечалось ослабление арктического антициклона. Преобладали отрицательные аномалии давления.

Изменения в апреле–июне 2014 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.3.

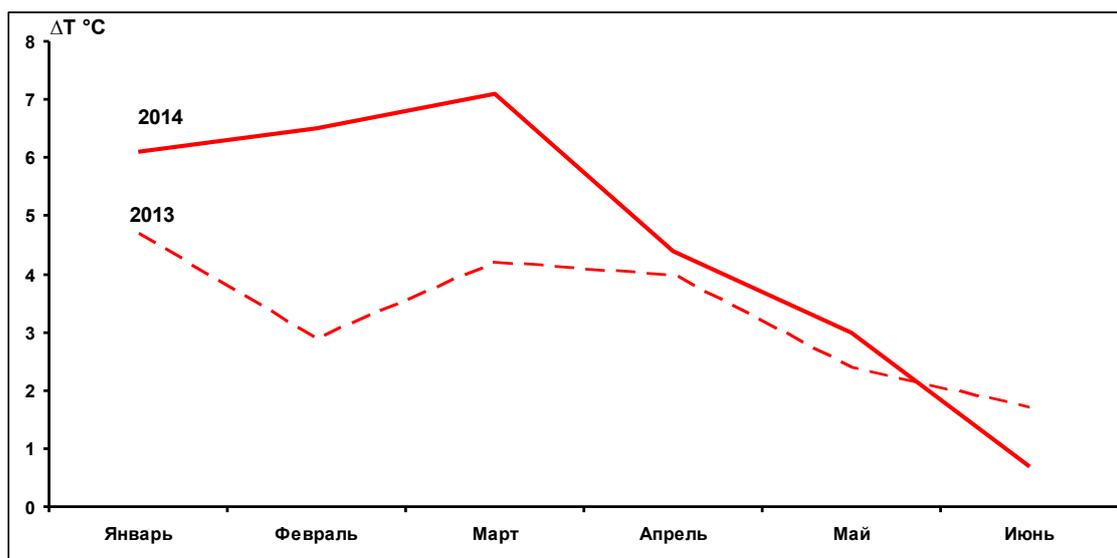


Рис. 1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70–85° с.ш. в январе–июне 2013 и 2014 гг.

Во все месяцы 2014 г. фон температуры в целом над полярным районом оставался аномально высоким и выше, чем в прошлом году, особенно, в период январь–март. Во втором квартале фон температуры близок к прошлому году.

Анализ структурных особенностей развития и перестроек атмосферных процессов во втором квартале проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуре воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов в апреле–июне 2014 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

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

В *апреле* характер в направленности крупномасштабных атмосферных процессов в средней тропосфере, по сравнению с мартом, сохранился. Основной центр циркумполярного

вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе севера Карского моря (рис. 1.4). Под влияние блокирующего высотного гребня над Северной Атлантикой во всей толще тропосферы усилилась меридиональная циркуляция воздушных масс.

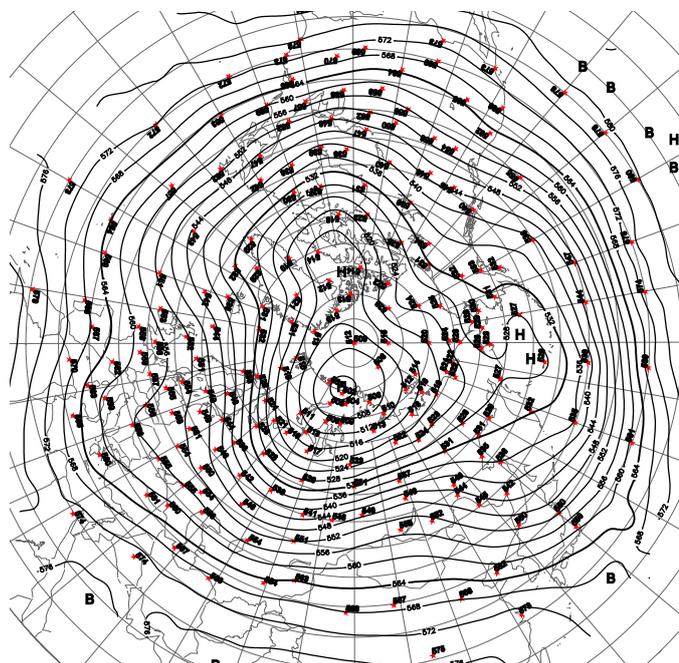


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2014 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалось увеличение дней с меридиональной формой циркуляции. Отличием, по сравнению с мартом, явилось ослабление блокирующего гребня арктического антициклона над Восточно-Сибирским морем. Циклоны в системе исландского минимума смещались восточнее, чем в марте. Вследствие этого центр очага отрицательной аномалии давления сместился от Карского моря на море Лаптевых (рис. 1.5).

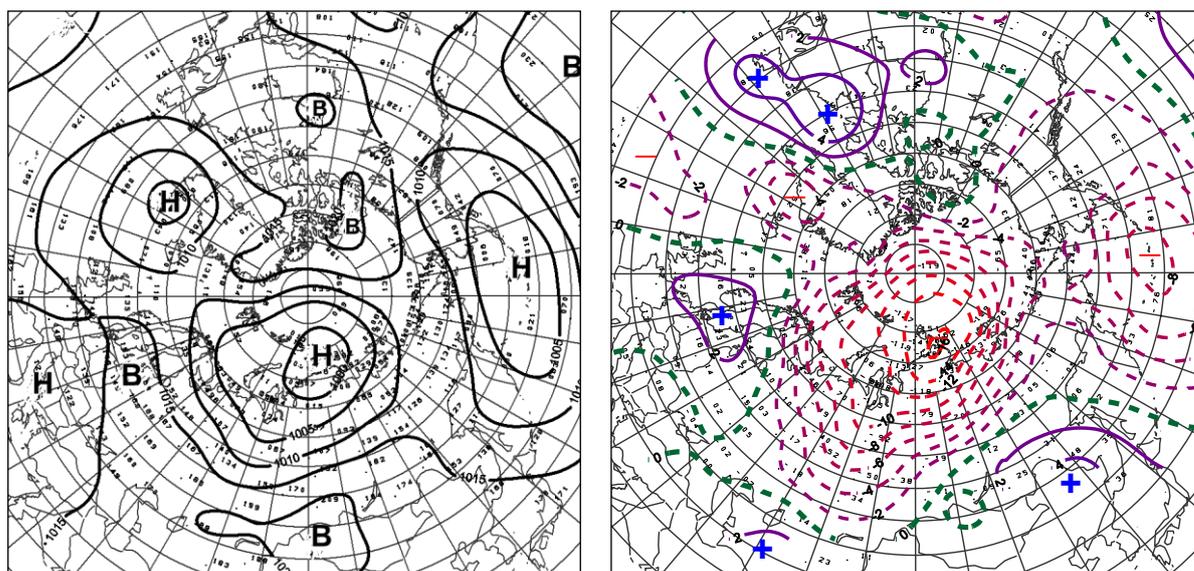


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в апреле 2014 г.(гПа)

Фон давления был значительно ниже нормы и на севере Карского и Лаптевых морей составил в среднем за месяц аномалию более 15 гПа. При воздушных потоках юго-западных и юго-восточных направлений фон температуры был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 10–11 °С) отмечались в районе моря Лаптевых (рис.1.6).

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* отмечалось ослабление блокирующего гребня арктического антициклона, что обусловило более высокоширотное смещение циклонов в системе алеутского минимума и влияние их на район Арктики. В районе Аляски произошла смена знака аномалии давления от положительных к отрицательным значениям. Фон температуры в этом секторе выше нормы на 3–5 °С (рис. 1.6).

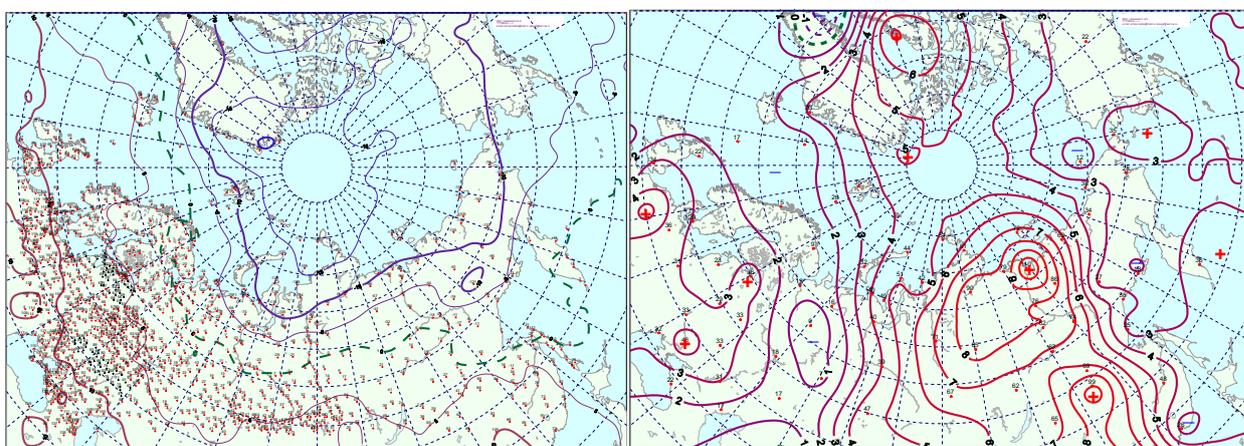


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2014 г., (°С)

В *мае* основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа сместился из района севера Карского моря в приполюсный район Арктики. В атлантико-евразийском секторе полушария произошла перестройка знака высотного поля на противоположный. Гребень блокирующий западный перенос воздушных масс в толще тропосферы сместился с Северной Атлантики на ЕТР. По северной периферии высотного гребня отмечалось прохождение циклонов в Арктику по высокоширотным траекториям (рис. 1.7).

В *первом секторе* произошла перестройка в направленности атмосферных процессов от меридиональной к восточной форме циркуляции. Циклоны смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. Фон давления был ниже нормы и составил в среднем за месяц аномалию 4–6 гПа. Преобладали воздушные потоки преимущественно северных направлений с частыми отходами к югу обусловили сохранение положительных аномалий температуры (рис. 1.8). По сравнению с апрелем фон температуры понизился на 1–3 °С (рис.1.9).

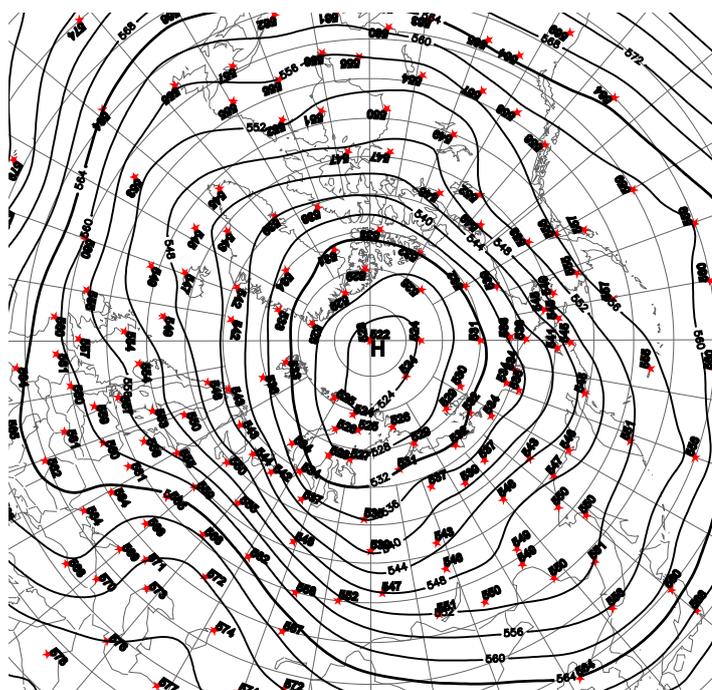


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2014 г.

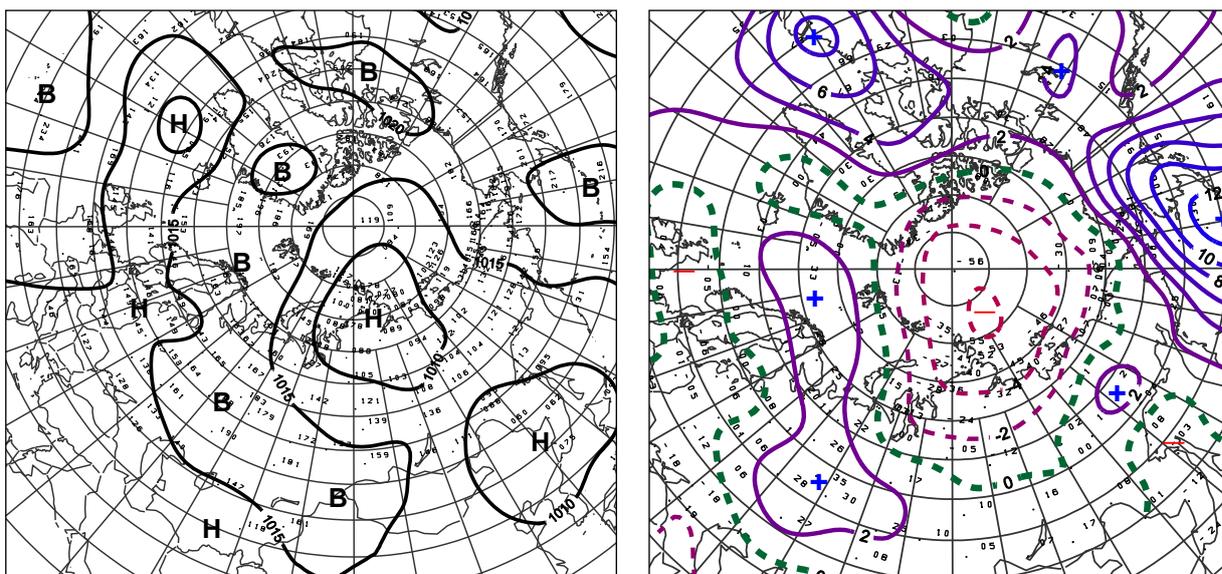


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2014 г. (гПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* произошла перестройка атмосферных процессов от зональной к меридиональной циркуляции типа M_1 . Под влиянием гребня гавайского антициклона над Тихим океаном циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям в полярный район. Фон давления был ниже нормы. При адвекции теплых воздушных масс фон температуры был выше нормы на 3–4 °С (рис. 1.9).

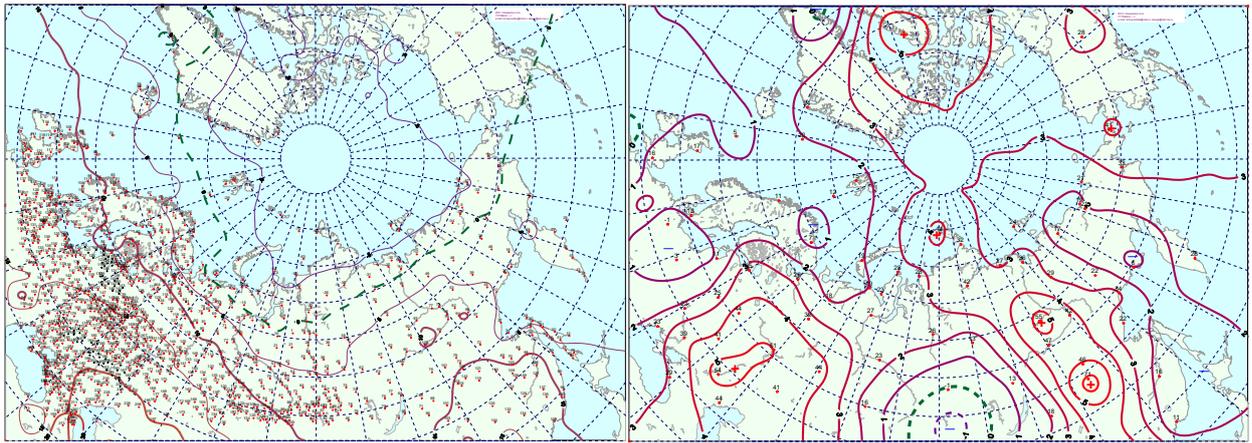


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2014 г., (°C)

В **июне** произошла резкая перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от восточной формы циркуляции к меридиональной. Основным центром циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе севернее Баренцева моря. Под влияние блокирующего высотного гребня над Северной Атлантикой во всей толще тропосферы усилилась меридиональная циркуляция воздушных масс. Приполюсный район находился под влиянием с юга высотного гребня азорского антициклона, под которым в приземном поле сформировался устойчивый арктический антициклон с центром над районом Канады (рис. 1.10).

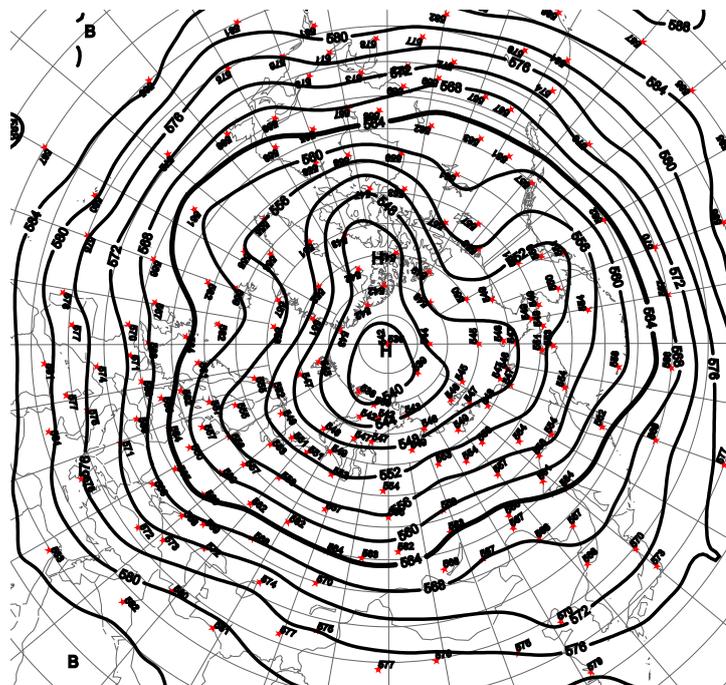


Рис. 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2014 г.

В первом секторе особенностью приземного барического поля по сравнению с предыдущим месяцем стало усиление арктического антициклона. Фон давления повысился от отрицательных аномалий до положительных на 8 гПа. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над континентальной частью Восточной Европы и Азии. Тыловой частью эти циклоны обусловили адвекцию холодных воздушных масс при северных направлениях воздушных потоков на Баренцево море и ЕТР (рис. 1.11).

Над акваториями морей Карского и Лаптевых преобладали юго-восточные и южные направления воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха (рис. 1.12).

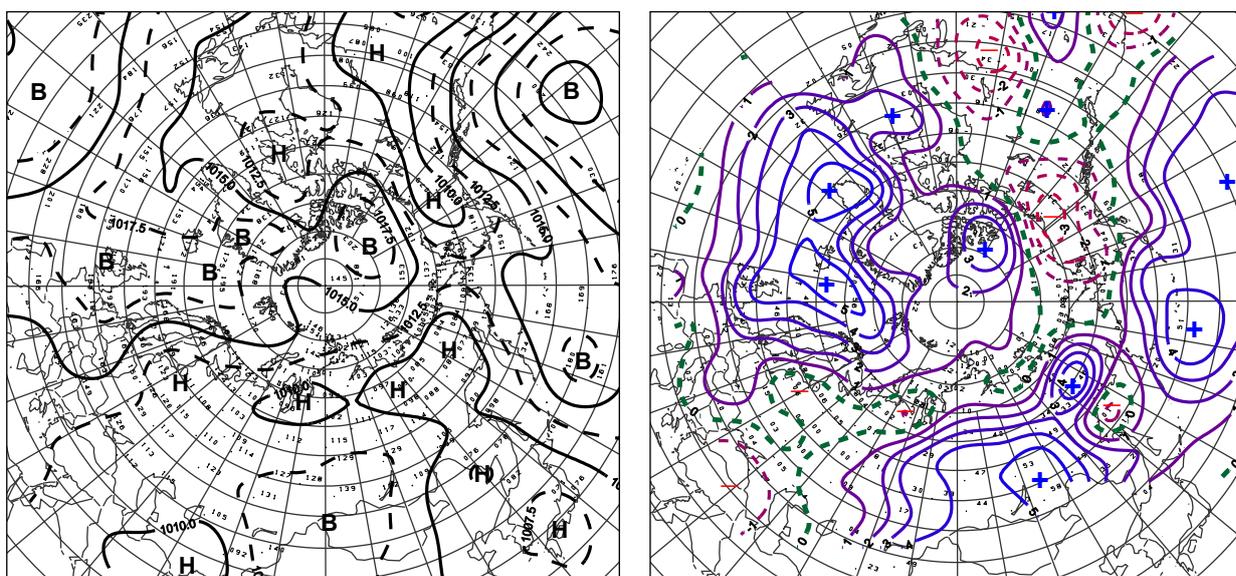


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2014 г (гПа)

Во втором секторе также произошла перестройка атмосферных процессов от меридиональной к зональной циркуляции с высокоширотными траекториями циклонов. Циклоны смещались через Аляску на континентальную часть Америки. В тылу этих циклонов преобладала адвекция холодных воздушных масс и отрицательные аномалии температуры воздуха. Наибольшее понижение фона температуры воздуха до отрицательных аномалий отмечалось в районе восточной части Восточно-Сибирского, Чукотского и Бофорта морей (рис.1.12).

Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов показал, что характерный для текущей циркуляционной стадии развития атмосферных процессов высокий температурный фон с преобладанием положительных аномалий температуры в 2014 г. сохранился. Как было показано выше, основным отличием в 2014 г., по сравнению с прошлым 2013 г., явилось значительное повышение температурного фона как в целом по полярному району Арктики, так и по отдельным его районам в первом квартале. На фоне роста процессов с высокоширотными траекториями циклонов в системе исландского минимума отмечалось усиление адвекции теплых воздушных масс из района Северной Атлантики в полярный район Арктики.

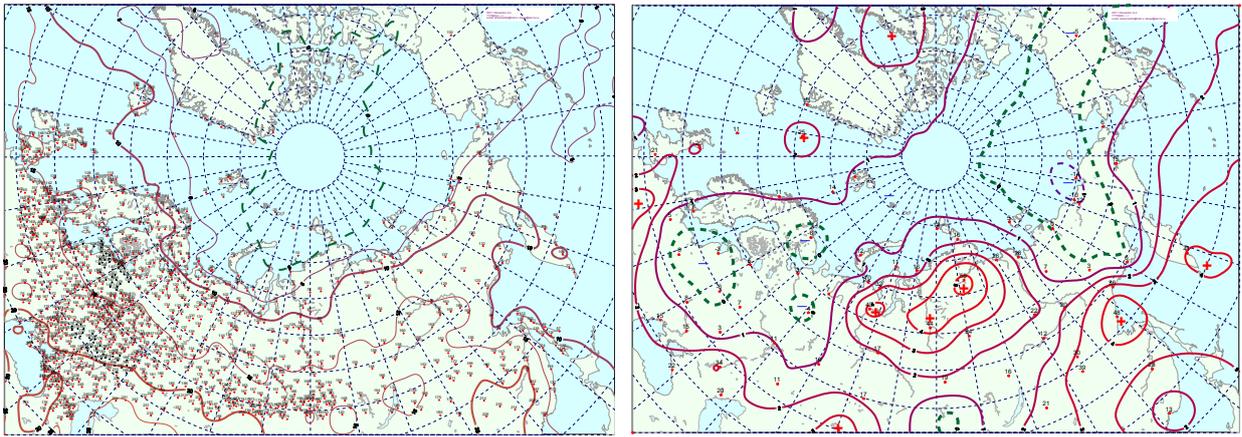


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2014 г., (°С)

Во втором квартале при усилении меридиональных процессов формы С циркуляции температурный фон имел тенденцию к понижению. Наиболее низкие аномалии температуры преобладали в июне и достигали в ряде районов отрицательных значений аномалий.

На рис. 1.13 приводятся фоновые средние за период январь–июнь 2014 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с предшествующим 2013 г.

Наиболее высокие положительные аномалии температуры средние за период январь–июнь 2014 г. отмечались в Карском, а наиболее низкие в Восточно-Сибирском море.

По сравнению с 2013 г. в этом году отмечалось повышение температурного фона во всех морях российской Арктики.

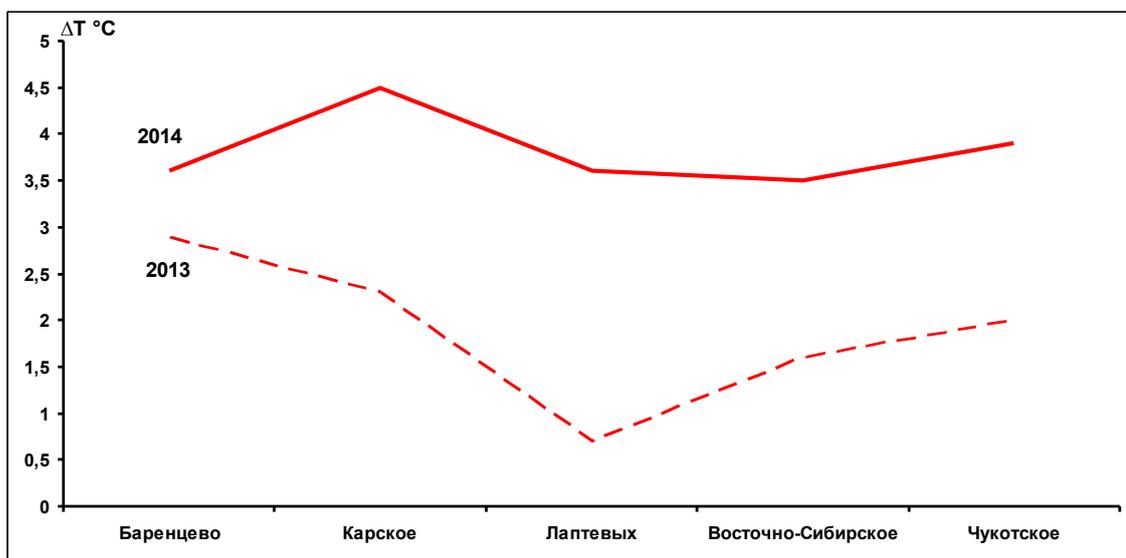


Рис. 1.13. Средние за период январь–июнь 2014 г. значения аномалий температуры воздуха (°С) по акватории арктических морей Евразии в 2013 и 2014 гг.

Структурные внутри месячные особенности развития и перестроек атмосферных процессов в апреле–июне 2014 г. по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма–Гирса с апреля по июнь 2014 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Апрель			Май			Июнь		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-5	С	М2	1-4	С	М2	1-3	С	3
6-10	С	М1	5-8	С	М2	4-7	Е	М1
11-13	W	3	9-13	Е	М1	8-11	С	М1
14-16	Е	М2	14-17	Е	М1	12-15	С	3
17-19	W	М2	18-21	Е	М1	16-19	С	3
20-23	Е	3	22-24	Е	М1	20-22	С	3
24-27	С	3	25-29	W	3	23-26	С	3
28-29	W	М1	30-31	С	3	27-30	W	3
30	С	М1						
Итого	W 8 (-1)	3 11 (2)	Итого	W 5 (-4)	3 7 (-4)	Итого	W 4 (-6)	3 22 (14)
	С 15 (7)	М1 8 (0)		С 10 (0)	М1 16 (7)		С 22 (11)	М1 8 (-8)
	Е 7 (-6)	М2 11 (-2)		Е 16 (4)	М2 8 (-3)		Е 4 (-5)	М2 0 (-6)
Примечания: 1 ЭСП – элементарный синоптический процесс; 2 А-Е – атлантико-европейский сектор полушария; 3 Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария. 4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, С, Е) и типами (3, М1, М2) атмосферной циркуляции.								

Из приведенных данных следует, что для каждого ЭСП характерна одна форма и тип циркуляции на полушарии с определенной для каждой из них разновидностью барического поля. Эти разновидности отражают географическая ориентация основных блокирующих гребней антициклонов, с которыми сопряжены более высокоширотные или более низкоширотные по сравнению с нормой траектории циклонов в системах исландского и алеутского минимумов.

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

1.2. Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области

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

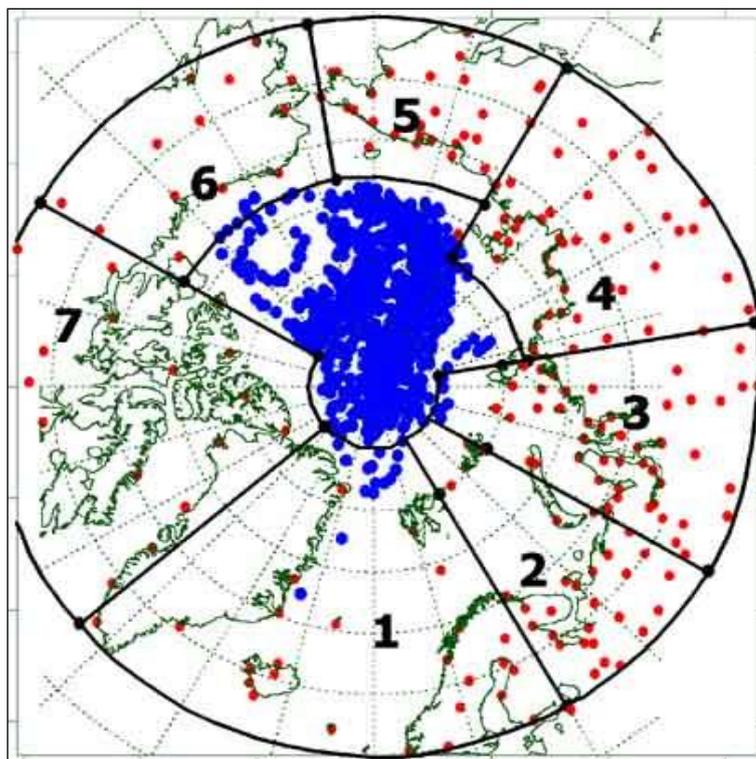


Рис. 1.14. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области
1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский;
6 – Аляскинский; 7 – Канадский

Температура воздуха

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

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2014 года по отдельным широтным зонам (60–85, 60–70 и 70–85° с.ш.) представлена в табл.1.3. Значение пространственно осредненной аномалии температуры воздуха весеннего сезона СПО составило 3,2 °С, и весна 2014 г. стала второй по рангу теплых лет за период с 1936 г. Наиболее

теплая весна наблюдалась в 2011 г. с аномалией температуры 3,4 °С. Аномалия температуры воздуха в широтной зоне 70–85° с.ш. оказалась равной 3,6 °С, а в зоне 60–70° с.ш. – 2,8 °С. Для обеих широтных зон эти значения стали вторыми по рангу теплых лет.

Таблица 1.3

Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.), °С, на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2014 г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70–85	3,6	2	2011 (4,0)	1966 (-2,2)
60–70	2,8	2	2011 (2,9)	1964 (-2,2)
60–85	3,2	2	2011 (3,4)	1964 (-2,1)

Сопоставление значений аномалий температуры воздуха для отдельных климатических районов выявило крупный очаг положительных аномалий в Евразийском секторе, центр которого располагался на территории Восточносибирского района (рис.1.15, табл.1.4). Пространственно осредненная аномалия температуры составила здесь 5,8 °С. Для Восточносибирского района это наиболее теплая весна с 1936 г. В южной части Канадского района наблюдались отрицательные аномалии температуры воздуха. В целом значение пространственно осредненной по территории района аномалии температуры составило 1,1 °С.

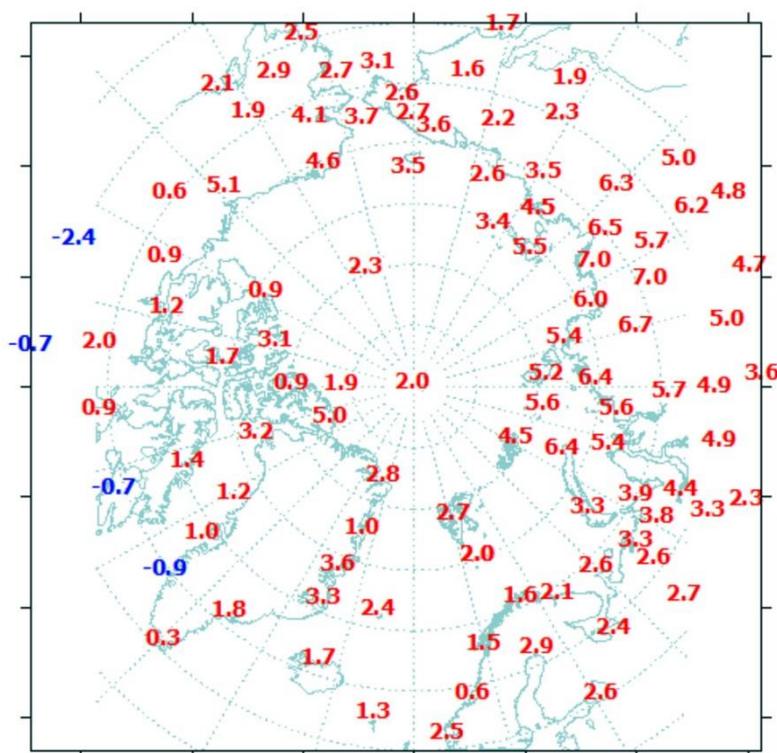


Рис. 1.15. Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона 2014 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.4

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

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	2,0	4	2004 (3,0)	1968 (-1,4)
Североевропейский	2,8	5	2011 (3,7)	1958 (-2,8)
Западносибирский	4,8	4	2011 (6,7)	1964 (-2,0)
Восточносибирский	5,8	1	2011 (5,5)	1958 (-2,7)
Чукотский	2,9	8	2002 (4,3)	1950 (-2,8)
Аляскинский	3,1	5	1981 (4,0)	1964 (-4,2)
Канадский	1,1	30	2010 (4,6)	1964 (-2,5)

В районах арктических морей и на территории суши выше 70° с.ш. наблюдались только положительные аномалии температуры. Высокие значения положительных аномалий обнаруживались в морях евразийского сектора. Наиболее крупные аномалии имели место на станциях в районе моря Лаптевых (табл.1.5). Значение пространственно осредненной аномалии по району моря составило 5,7 °С.

Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2014 г. 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	2,5	6	2004,2006 (3,8)	1968 (-2,1)
Баренцево море	2,8	5	2011 (4,0)	1969 (-2,7)
Карское море	5,5	3	2011 (7,3)	1964 (-3,9)
Море Лаптевых	5,7	1	2014 (5,7)	1966 (-2,6)
Восточно-Сибирское море	3,4	6	1990 (5,4)	1950 (-2,5)
Чукотское море	3,3	11	2002 (5,4)	1985 (-3,2)
Море Бофорта	3,2	5	2010 (3,8)	1964 (-2,7)
Северная часть Канадского района	2,0	15	2010 (4,2)	1964 (-2,1)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85° с.ш. представлены на рис. 1.16, а для районов арктических морей на рис. 1.17. Оценка линейного тренда средней за сезон температуры воздуха СПО и отдельных ее широтных зон за период 1936–2014 гг. показала сохранение статистически значимого (на 5 % уровне значимости) положительного линейного тренда как для широтных зон к северу и югу от 70° с.ш., так и для СПО в целом (табл.1.6). Повышение температуры весеннего сезона составило соответственно 1,7; 1,5 и 1,6 °С за 79 лет.

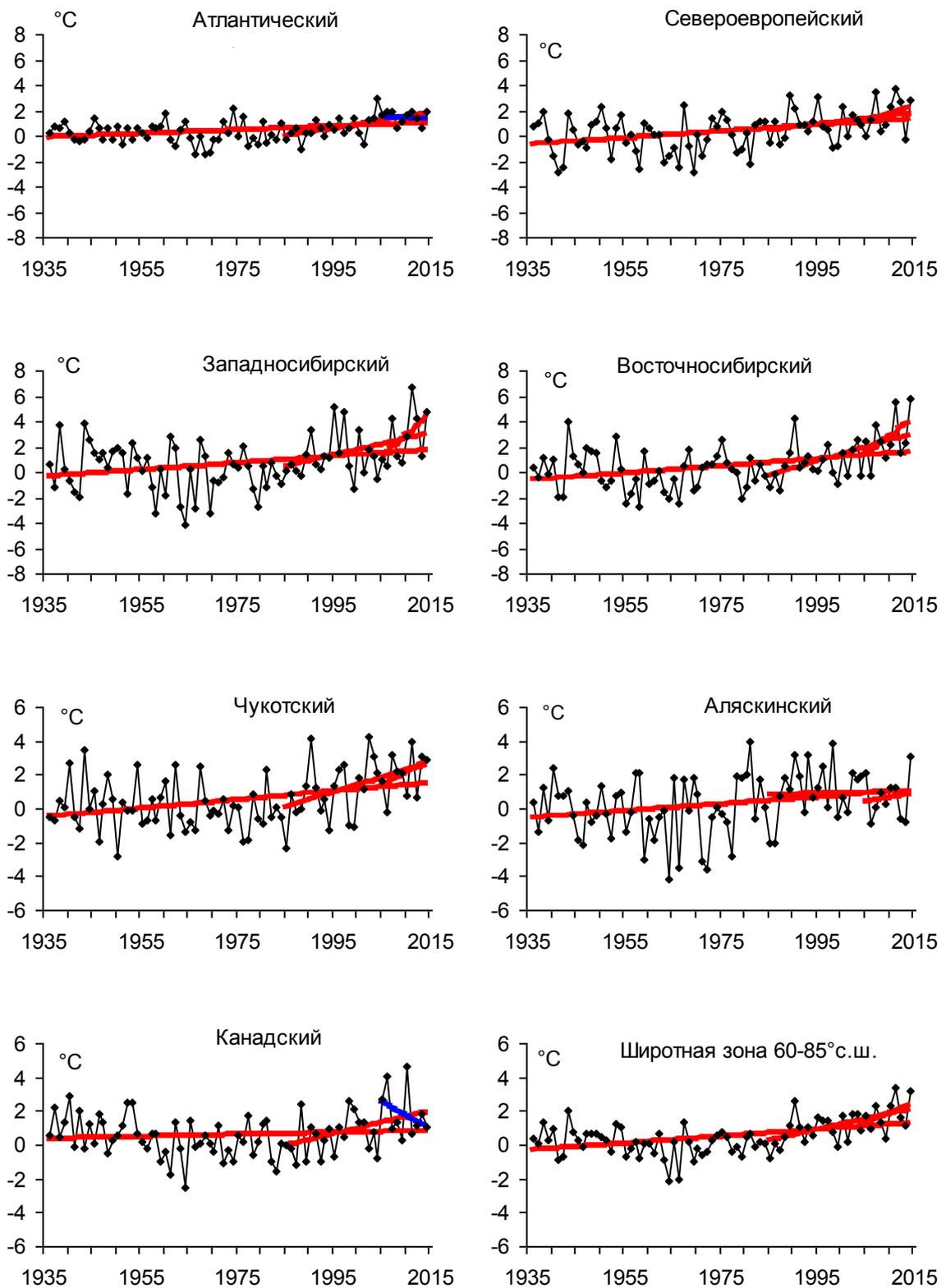


Рис. 1.16. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °C

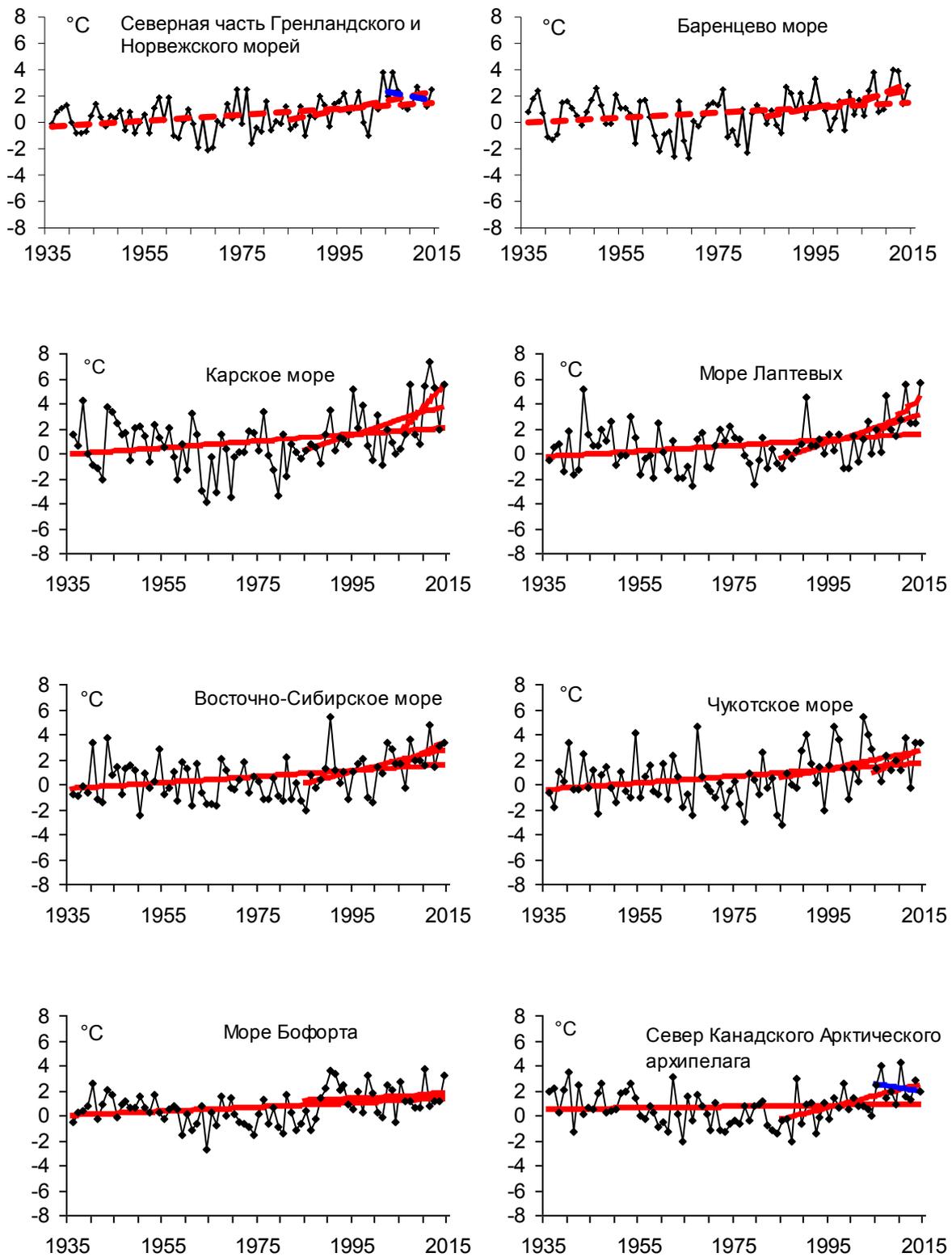


Рис. 1.17. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом в весенний сезон, °C

Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за весенний сезон температуры воздуха присутствует во всех районах. Наибольшей величины линейный тренд имеет место в районах евразийского сектора, где он равен от 0,25 до 0,28 °C/10 лет (потепление составило от 2,0 до 2,2 °C за 79 лет).

Таблица 1.6

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

Район, широтная зона	1936–2014		1985–2014		2005–2014	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,14	36,9	0,61	61,9	-0,27	15,8
Североевропейский	0,25	37,8	0,47	31,4	1,33	27,9
Западносибирский	0,26	29,3	0,88	39,7	3,48	49,8
Восточносибирский	0,28	37,6	1,11	54,3	2,87	46,6
Чукотский	0,25	36,1	0,86	45,1	1,60	36,8
Аляскинский	0,21	26,9	0,07	04,0	0,49	11,3
Канадский	0,06	11,1	0,69	43,2	-1,65	34,5
60-70°с.ш.	0,19	45,3	0,48	45,9	0,93	30,1
70-85°с.ш.	0,22	42,3	0,87	66,4	1,57	49,9
60-85°с.ш.	0,20	45,5	0,64	57,1	1,17	37,2
Примечание: 1 <i>Bx</i> – значение линейного тренда в °C/10 лет; 2 <i>D</i> – вклад тренда в полную дисперсию, %; 3 Жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5 % уровне тренды						

Для последнего тридцатилетнего периода 1985–2014 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах сохраняются статистически значимые положительные тренды температуры. Наиболее высокое значение тренда характерны в изменениях температуры воздуха на территории к северу от 70° с.ш. Здесь повышение температуры весеннего сезона составило 2,6 °C/30 лет, а к югу от 70° с.ш. только 1,4 °C/30 лет. Среди отдельных районов повышение температуры более всего выражено в районах азиатского сектора СПО. Значение линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха в Западносибирском, Восточносибирском и Чукотском районах составляет соответственно 2,6; 3,3 и 2,6 °C/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде статистически значимые линейные тренды отсутствуют. Также отмечается появление тенденции к понижению температуры воздуха в Атлантическом и Канадском районах.

В районах всех арктических морей сохраняется положительный знак линейного тренда в изменениях температуры воздуха весеннего сезона (табл.1.7). Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха сохраняется в районе Карского моря, моря Лаптевых и на севере Канадского района. За 1985–2014 гг. температура воздуха в этих районах повысилась соответственно на 3,6; 3,5 и 2,9 °C/30 лет.

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

Море, часть моря	1936–2014		1985–2014		2005–2014	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Сев. часть Гренлю и Норвежского морей	0,23	42,4	0,72	52,4	-0,72	24,9
Баренцево море	0,19	29,6	0,68	44,4	1,52	34,6
Карское море	0,27	28,0	1,21	48,9	4,25	51,5
Море Лаптевых	0,23	29,5	1,18	55,8	3,18	52,0
Восточно-Сибирское море	0,25	33,8	0,92	46,8	2,15	46,1
Чукотское море	0,27	32,2	0,73	32,7	2,07	46,7
Море Бофорта	0,16	28,9	0,17	11,5	0,48	12,7
Северная часть Канадского района	0,05	08,3	0,96	58,5	-0,64	17,3
Примечание: 1 <i>Bx</i> – значение линейного тренда в °С/10 лет; 2 <i>D</i> – вклад тренда в полную дисперсию; 3 %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5 % уровне тренды.						

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2013/14 г. проводилась по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принят период с октября по май, период преимущественного выпадения твердых осадков. В табл.1.8 представлены относительные аномалии (в % от нормы 1961–1990 гг.) количества осадков за холодный сезон 2013/14 г. для отдельных широтных зон и климатических районов. В целом для СПО осадков выпало выше нормы (на 7 %) из-за обильного количества осадков в широтной зоне 60–70° с.ш. (выше на 4 %).

Относительные аномалии (в % от нормы 1961–1990 гг.) сумм осадков холодного сезона 2013/14 г.

Климатический район, широтная зона	Холодный период	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	97,3	1992 (122)	1941, 2011 (74)
Североевропейский	123,5	2007 (127)	1942 (67)
Западносибирский	123,2	2014 (123)	1941 (74)
Восточносибирский	105,7	1967 (129)	1942 (83)
Чукотский	105,4	1967 (163)	2012 (70)
Аляскинский	120,4	1991 (141)	1954 (58)
Канадский	70,8	2005 (120)	1947 (65)
60–70 °с.ш.	110,6	2007 (115)	1941 (77)
70–85 °с.ш.	107,3	2008 (122)	1977 (85)
60–85 °с.ш.	106,7	2007 (114)	1941 (81)

Это сорок девятое место в ряду убывающих значений с 1936 года. К северу от 70° с.ш. осадков в холодном сезоне выпало выше нормы (на 11 %). Такое количество осадков соответствует девятому значению в ряду убывающих значений с 1936 года. В отдельных районах наименьшее количество выпало в Канадском районе (на 29 % ниже нормы), а наибольшее – в Североευропейском и Западносибирском (почти на 24 % выше нормы). Соответственно для Североευропейского и Западносибирского районов прошедший холодный сезон стал вторым и первым в ряду убывающих значений с 1936 года. В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков холодного сезона по северным (70–85° с.ш.), южным (60–70 с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом.

Таблица 1.9

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

Район, широтная зона	Вх	% от нормы	D	Вх	% от нормы	D
	1935/36–2013/14			1984/85–2013/14		
Юж. часть Гренландского и Норвежского морей	4,95	4,6	12,0	-31,55	-11,1	24,9
Скандинавия и север ЕТР	15,29	39,8	70,6	8,48	8,4	19,6
Западная Сибирь	9,03	26,4	59,8	-1,86	-2,1	5,8
Восточная Сибирь	2,44	12,9	35,2	1,24	2,5	6,7
Чукотка	-0,92	-3,4	6,1	-13,27	-18,3	43,8
Аляскинский (южная часть)	3,35	15,6	21,8	4,36	7,7	11,9
Канадский (южная часть)	-0,09	-5	1,2	-9,14	-19,8	46,4
60-70° с.ш.	4,97	13,1	44,4	-5,43	-5,4	19,6
Сев. часть Гренландского и Норвежского морей	8,67	29,1	47,3	12,87	16,4	29,9
Баренцево море	6,40	22,4	54,8	9,54	12,6	31,0
Карское море	0,23	1,4	2,6	11,78	26,6	47,4
Море Лаптевых	-3,02	-19,6	37,0	-2,71	-6,6	15,3
Восточно-Сибирское море	-6,99	-44,1	53,5	-2,70	-6,5	12,6
Чукотское море	-9,80	-44,2	54,8	-1,02	-1,8	4,0
Море Бофорта	-0,99	-8,1	9,6	-7,48	-23,1	32,6
Канадский (северная часть)	0,49	6,5	7,9	-4,43	-22,2	23,1
70-85° с.ш.	1,15	6,6	22,5	8,07	17,5	56,4
Атлантический	6,39	7,9	22,1	-15,91	-7,4	18,4
Североευропейский	11,68	33,7	74,7	10,06	11,0	35,4
Западносибирский	5,32	19,8	56,4	3,87	5,5	17,7
Восточносибирский	0,35	2,0	06,4	-0,27	-6	1,9
Чукотский	-3,69	-15,3	28,3	-8,78	-13,8	43,7
Аляскинский	2,27	12,0	18,2	2,15	4,4	7,2
Канадский	0,14	1,0	02,3	-7,39	-20,4	43,3
60-85° с.ш.	3,26	10,5	42,9	-2,14	-2,6	11,8

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

Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за весь период является сохранение тенденции статистически значимого их увеличения в целом по региону на 10 % (от нормы 1961–1990 гг.) и к югу от 70° с.ш. на 13 %. За этот период осадки более всего выросли в Североευропейском районе на 34 % и Западносибирском на 20 %, главным образом, за

счет роста осадков, выпавших в южных частях на 40 и 26 % соответственно. В Чукотском районе твердые осадки продолжают уменьшаться (на 15 % от нормы).

В последнем 30-ти летнем периоде можно отметить появление новых тенденций, направленных на уменьшение осадков холодного сезона как в целом по СПО, так и в южной ее части. К северу же от 70°с.ш. продолжает сохраняться тенденция к росту осадков.

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

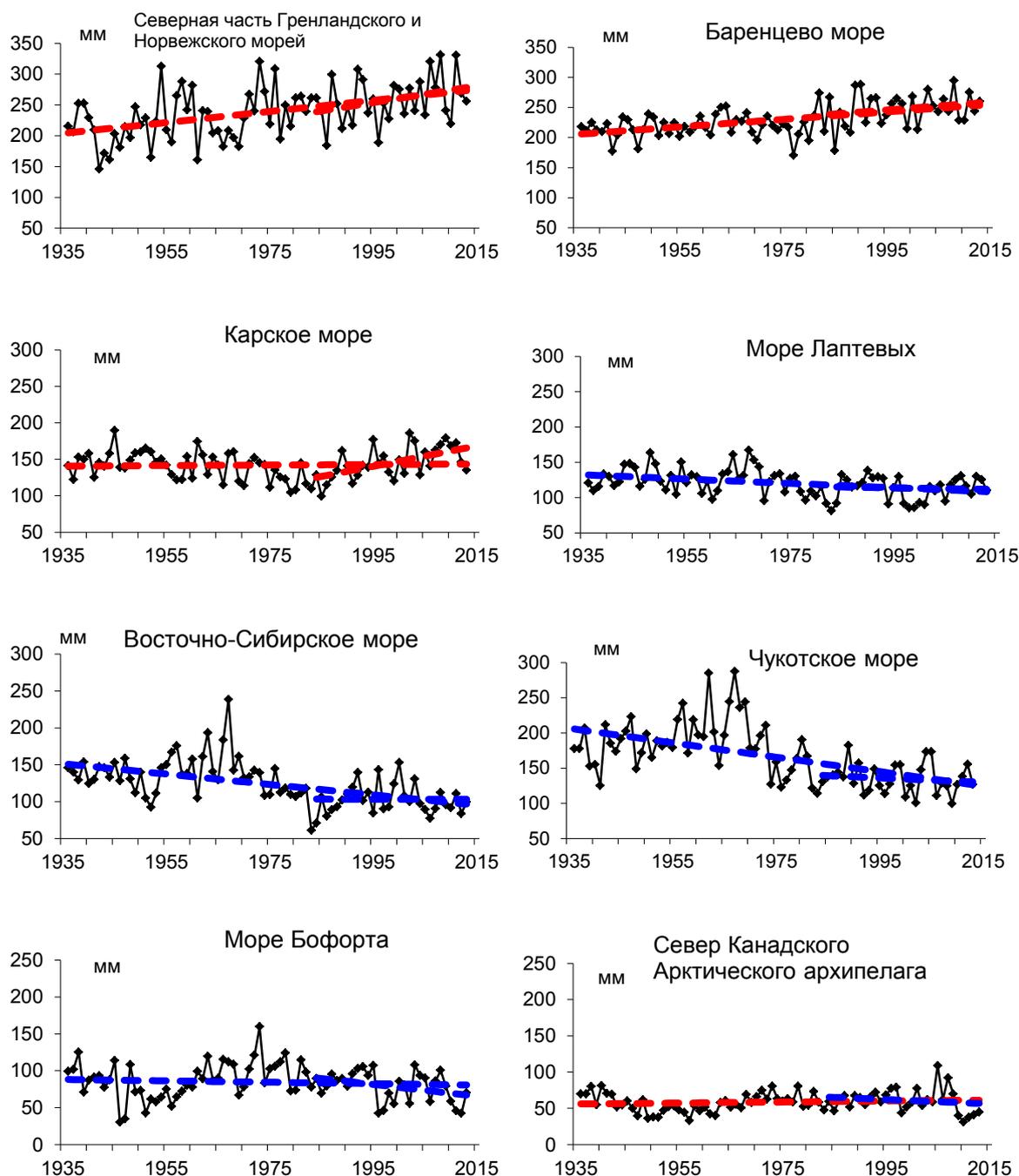


Рис. 1.18. Временные ряды сумм осадков холодного сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле–июне 2014 г

2.1. Развитие ледовых условий за период апрель–июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле–июне 2014 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» в мае–июне на атомном ледоколе «Ямал», на научной базе «Мыс Баранова» и в ряде международных проектов.

Со всей доступной исходной информацией по разделу можно ознакомиться на сайте ААНИИ по ссылке <http://www.aari.nw.ru/projects/ecimo/index.php>

Для иллюстрации ледовых условий в годовом цикле представлены совмещенные региональные карты ААНИИ, Канадской ледовой службы – КЛС и Национального ледового центра США – НЛЦ. Совмещение карт выполнено путем перекрытия слоев (ААНИИ, верхний слой) – (КЛС, средний слой) – (НЛЦ, нижний слой). Как результат, карты ААНИИ характеризуют ледовые условия морей Гренландского...Чукотского, Берингова, Охотского и Балтийского, КЛС – морей Бофорта, Канадского архипелага, Баффина, Девисова пролива, Лабрадор, Св. Лаврентия, а НЛЦ – Арктического Бассейна, Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ – вся акватория СЛО и субполярные моря). Для построения совмещенных карт использовался архив данных в формате СИГРИДЗ Мирового центра данных по морскому льду (МЦД МЛ). В пределах отдельного месяца выборка карт из архива проводилась по критериям близости к середине месяца и интервала времени между картами ААНИИ и КЛС-НЛЦ в 1 сутки (день недели выпуска карт ААНИИ – каждая среда, КЛС – каждый вторник, НЛЦ – 1 раз в 2 недели по вторникам). Для цветовой окраски карт в зимний (по возрасту) и летний (по общей сплоченности) периоды использован стандарт ВМО (WMO/Td. 1215). Следует также отметить, что в зонах стыковки карт ААНИИ и КЛС, НЛЦ наблюдается определенная несогласованность границ и характеристик ледовых зон вследствие ряда различий в ледовых информационных системах ААНИИ и КЛС, НЛЦ (КЛС и НЛЦ имеют единую информационную систему в рамках Североамериканкой ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО СИГРИЗ доступна на сервере МЦД МЛ по адресам <http://wdc.aari.ru/datasets/d0004> (карты ААНИИ), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0031> (карты КЛС), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0032> (карты НЛЦ). В графическом формате PNG совмещенные карты ААНИИ-КЛС-НЛЦ доступны по адресу

<http://wdc.aari.ru/datasets/d0040>.

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

- источник данных – архивные и квазиоперативные с задержкой 1–2 дня ежедневные матрицы (поля распределения) оценок общей сплоченности Северной (севернее 45° с.ш.) полярной области по алгоритму NASATEAM за период с 26.10.1978 г. по настоящий момент времени, копируемые с сервера НЦДСЛ;
- область расчета – Северная полярная область и ее регионы с использованием масок океан/суша НЦДСЛ (http://nsidc.org/data/polar_stereo/tools_masks.html) и региональных масок ААНИИ;
- вычислительные особенности расчета – авторское программное обеспечение ААНИИ с сохранением точности расчетов и оценке статистических параметров по гистограмме распределения.

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

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5 % и 50 % (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945–2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945–1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960–1979 гг., Национального ледового центра США за 1972–2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968–1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970–2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2014 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (<http://nsidc.org>).

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

Развитие ледовых условий на начало весеннего периода 2014 г. проходило на фоне адвекции теплых воздушных масс и положительных аномалии температуры воздуха в Арктике. Особенно большие выносы тепла и положительные аномалии температуры воздуха наблюдались в западном районе российского сектора Арктики, над Баренцевым, Карским морями и западной частью моря Лаптевых.

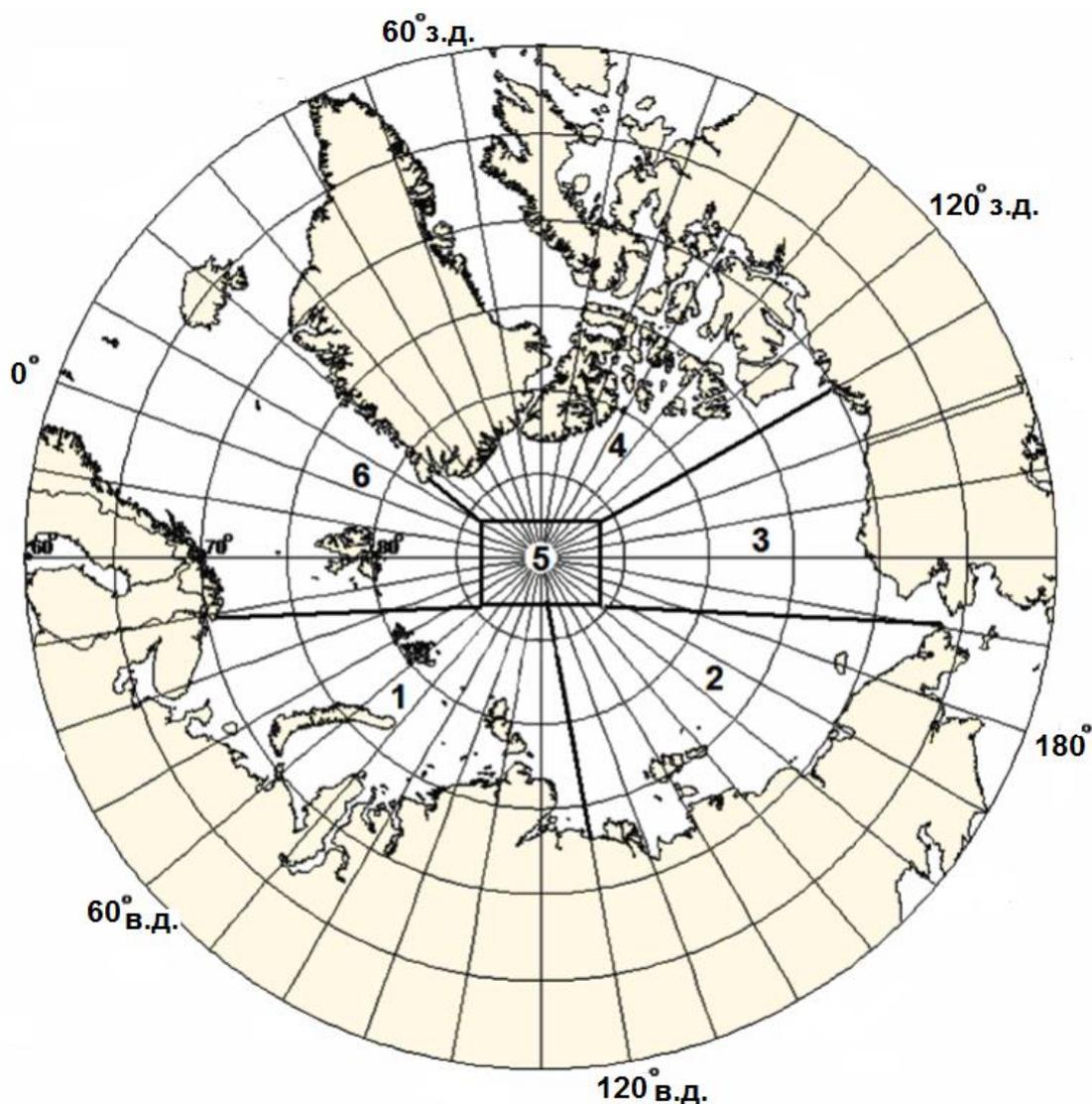


Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана
 1–западный район российского сектора; 2–восточный район российского сектора; 3–альяскинский сектор;
 4 канадский сектор; 5–приполюсный район; 6– гренландский сектор

В конце первого квартала в СЛО сложилась следующая ледовая обстановка. В западном районе российского сектора Арктики преобладали однолетние льды. Многолетние льды располагались в части приполюсного района, канадском, гренландском и аляскинском секторах Арктики. Вдоль восточного побережья Гренландии наблюдался протяженный язык старых льдов, образовавшийся в результате дрейфа и выноса льда из Арктического бассейна через пролив Фрама. Старые льды по площади составляли до 40 % от всей площади льдов на акватории СЛО.

Весь первый квартал 2013 г. наблюдалось устойчивое сокращение количества старых льдов в результате их выноса из океана и увеличения количества однолетних льдов в результате ледопродуктивности. В северных частях российских арктических морей и море Бофорта наблюдались однолетние толстые льды. И, наконец, непосредственно в прибрежной полосе наблюдались однолетние средние, тонкие льды и молодые льды в

заприпайных полыньях (рис. 2.2).

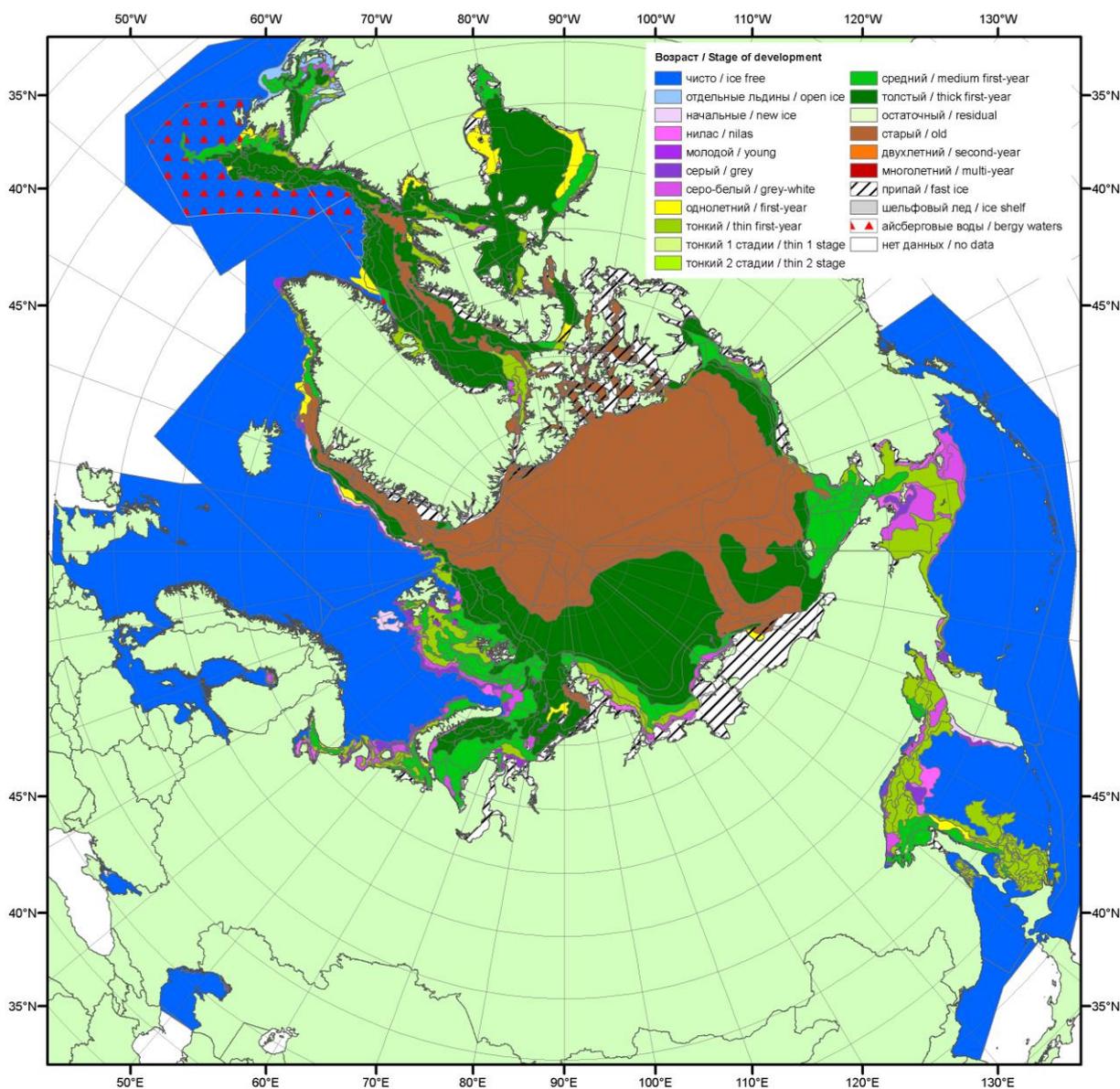


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО за 24 – 27.03.2014 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда была невелика в западном районе и в восточном районе арктического сектора Арктики, что при позднем начале ледообразования осенью привело к пониженной толщине льда в российских арктических морях. Сформировавшиеся еще в первом квартале отрицательные аномалии толщины льда в российских арктических морях сохранились и во втором квартале. Аномалии толщины льда в конце периода нарастания (май) по данным полярных станций везде были отрицательными и составляли величину -10...-20 см (рис. 2.3).

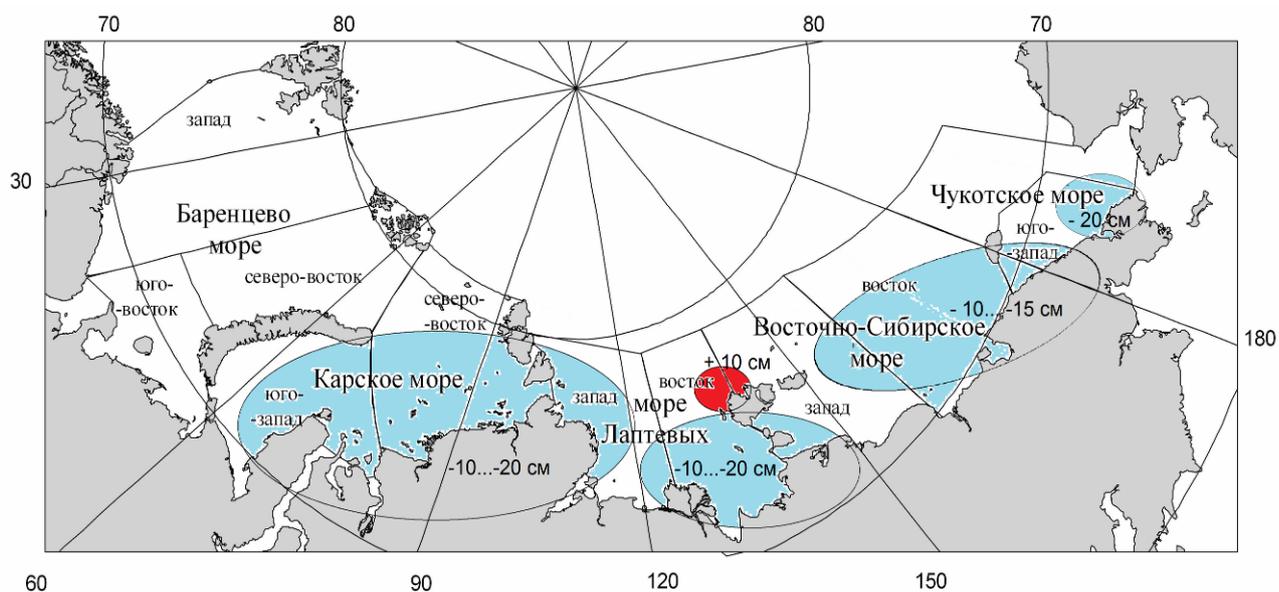


Рис. 2.3. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2014 г. (конец мая)

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период апрель–июнь 2013 г. приведены на рисунках 2.4–2.12.

В апреле в распределении льдов по акватории СЛО произошло ряд качественных изменений ледяного покрова. Практически на всей акватории СЛО однолетний лед перешел в возрастную градацию однолетних толстых льдов. Только в западном районе российского сектора Арктики (в Баренцевом и Карском морях) в течение апреля в прибрежной зоне и прикромочной зоне наблюдались однолетние средние льды и небольшое количество тонких льдов. Заприпайные полыньи в арктических морях были развиты крайне слабо, в связи с этим молодых льдов (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало.

Старые льды наблюдались в канадском, гренландском и аляскинском секторах и части приполюсного района Арктики. В северной части Восточно-Сибирского и Чукотского морей сохранялось обширное пятно остаточных льдов, перешедших в градацию двухлетних (рис. 2.4).

Основные структуры дрейфа в СЛО – Канадский антициклонический круговорот и Трансарктического перенос льдов были развиты очень хорошо, хотя их центры были смещены относительно своих обычных положений. Центр Канадского антициклонического круговорота был смещен к аляскинскому побережью. По южной его периферии наблюдался перенос льдов вдоль аляскинского побережья в Чукотское и Восточно-Сибирское моря и Берингов пролив.

Стрежень Трансарктического переноса льдов был смещен к Новосибирским островам. Это приводило к выносу однолетних льдов из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского в приполюсный район. Далее из приполюсного района в результате трансарктического дрейфа

старые льды выносились из приполюсного района в пролив Фрама вдоль восточного побережья Гренландии (рис. 2.5).

В поле сплоченности ледяного покрова хорошо прослеживалась достаточная однородность. Зоны пониженной сплоченности наблюдались в Гренландском, Баренцевом морях и в море Лаптевых, откуда выносились льды в результате дрейфа (зоны, выделенные голубым цветом на рис. 2.6 б).

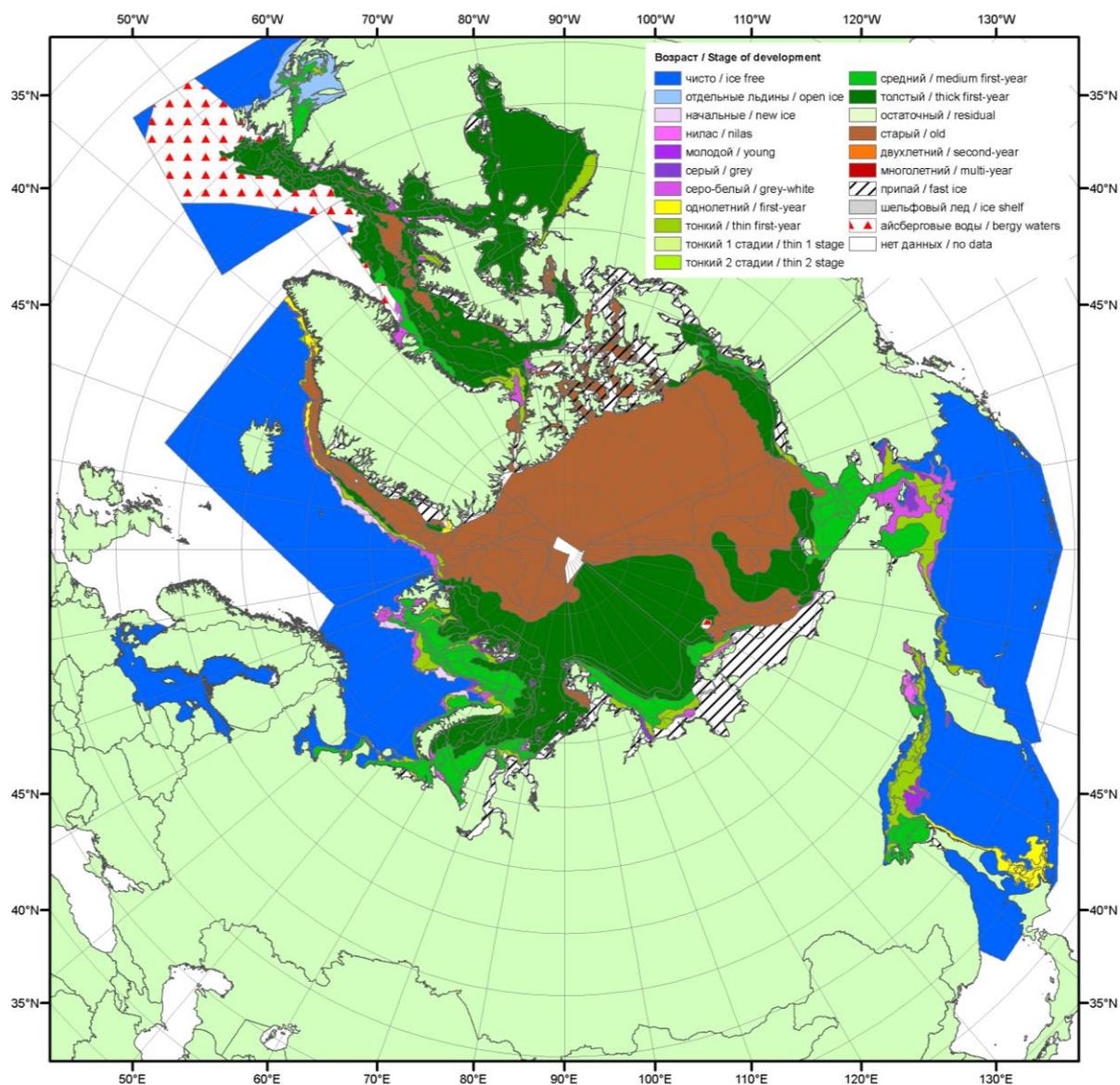


Рис. 2.4. Обзорная ледовая карта СЛЮ за 14 – 15.04.2014 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

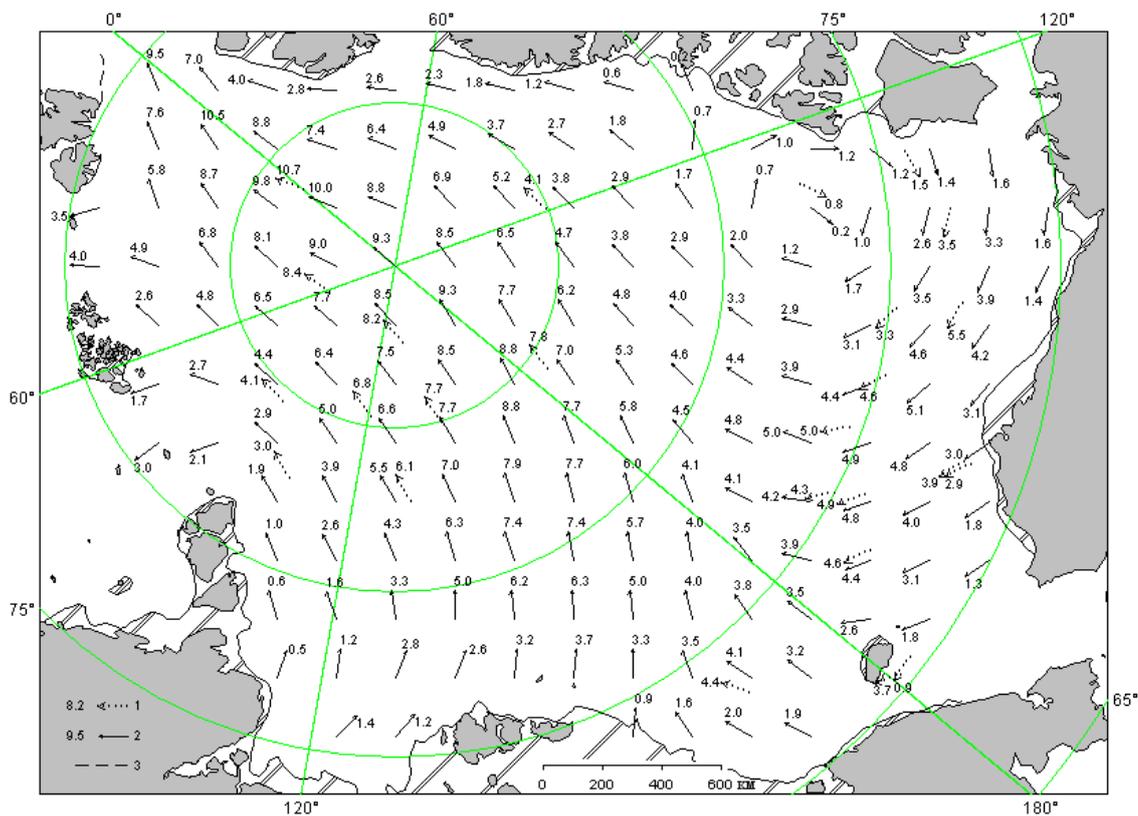


Рис. 2.5. Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2014 г. 1 – направление (стрелка) и скорость (0.2 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда

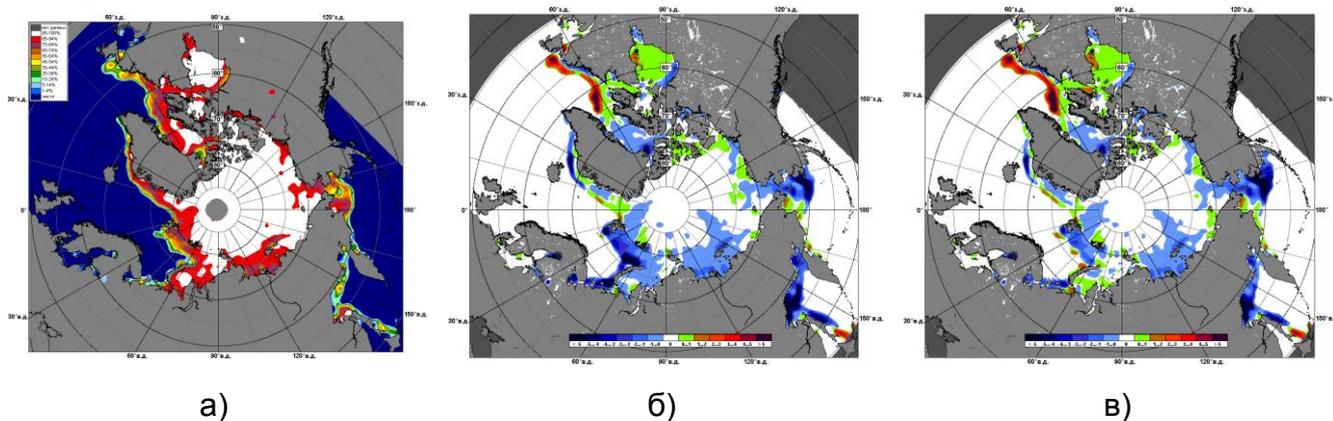


Рис. 2.6. Медианные распределения сплоченности льда в апреле 2014 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979–2014 (б) и 2001–2014 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

В конце мая, который считается периодом максимального развития ледяного покрова, в структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океане преобладали однолетние льды (преимущественно однолетние толстые льды), которые составляли около 50 % от общего количества льда. Около 40 % от общего количества льда составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено однолетними средними и тонкими льдами, а также молодыми льдами, которые наблюдалось в прикромочных областях морей

российского и гренландского секторов Арктики (в морях Баренцевом, Гренландском, Чукотском) и заприпайных полыньях.

Однолетние льды занимали весь западный район российского сектора Арктики и более половины приполюсного района. Старые льды наблюдались преимущественно в канадском, гренландском и аляскинском секторах Арктики и, частично, в восточном районе российского сектора Восточно-Сибирском море (рис. 2.7).

В поле дрейфа наблюдалось необычно обширное развитие Трансарктического переноса, охватившего выносом льда все моря российского сектора Арктики, кроме Баренцева и Карского, и направленного к северным границам этих морей и в пролив Фрама. Канадский антициклонический круговорот наблюдался в виде слабо развитого круговорота у побережья Аляски (рис. 2.8).

В распределении сплоченности льдов в мае в связи с развитием обширного Трансарктического переноса и выносом льда практически из всех окраинных морей наблюдалась отрицательная аномалия сплоченности во всех окраинных морях, начиная с моря Лаптевых до моря Бофорта (зоны, выделенные голубым цветом на рис. 2.10 б).

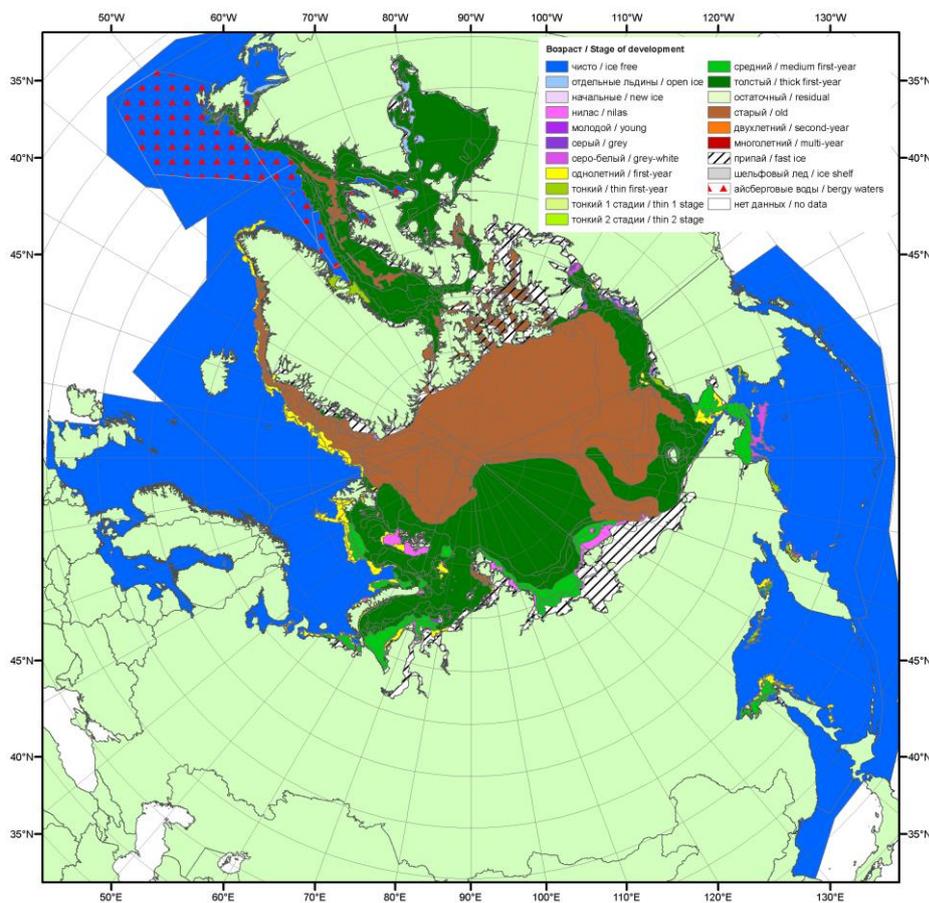


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛО за 12–15.05.2014 г. на основе ледового анализа АНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

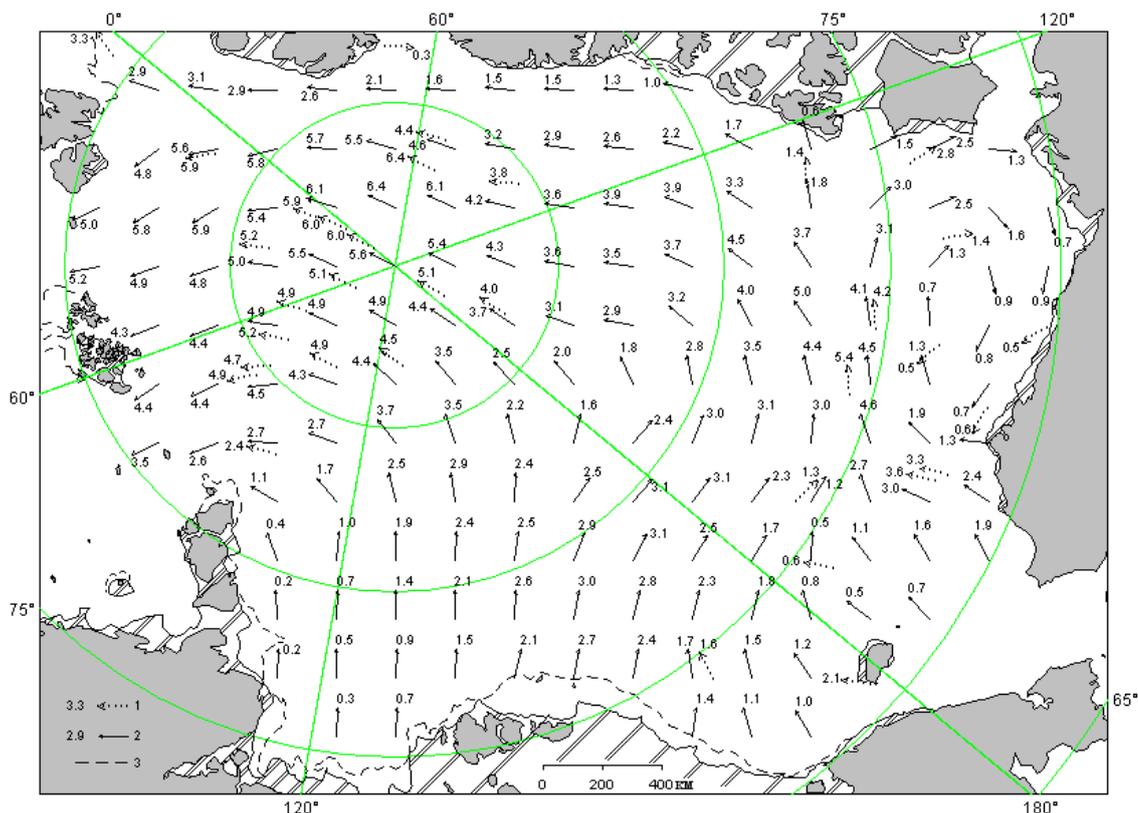
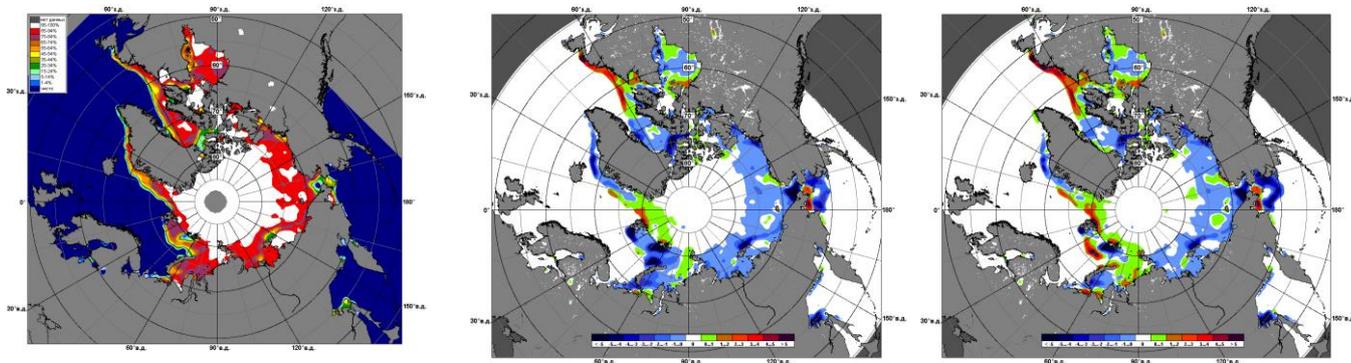


Рис. 2.8. Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2014 г.

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



а)

б)

в)

Рис. 2.9. Медианные распределения сплоченности льда в мае 2014 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979–2014 (б) и 2001–2014 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева и Лаптевых. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. Очищение в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом выносного характера из этих морей, адвекции тепла в эти районы, постоянного наличия заприпайных полыней и последующего развития тепловых процессов таяния и разрушения льда (рис. 2.10).

Поле дрейфа ледяного покрова в июне представляло собой четко выраженную картину, состоящую из двух основных структур дрейфа – хорошо развитого Канадского антициклонического круговорота, с центром, смещенным к берегам Канадского арктического архипелага, и Трансарктического переноса, со стрежнем, смещенным к западу от своего обычного положения. Наблюдался мощный вынос льда из моря Лаптевых (рис. 2.11).

В результате хорошего развития основных структур дрейфа льда из западных морей российского сектора Арктики лед интенсивно выносило, вследствие чего образовывались разряжения. В восточной районе российского сектора (морях Восточно-Сибирском, Чукотском, Бофорта) наблюдался принос льда и увеличение сплоченности. В поле сплоченности ледяного покрова сформировались крупные отрицательные аномалии сплоченности (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.14 б) во всех западных районах российских арктических морей и Баренцевом море. Зоны положительной аномалии сплоченности (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.12 б) сформировались в зонах приноса ледяного покрова, в восточных частях морей, также у побережья моря Бофорта.

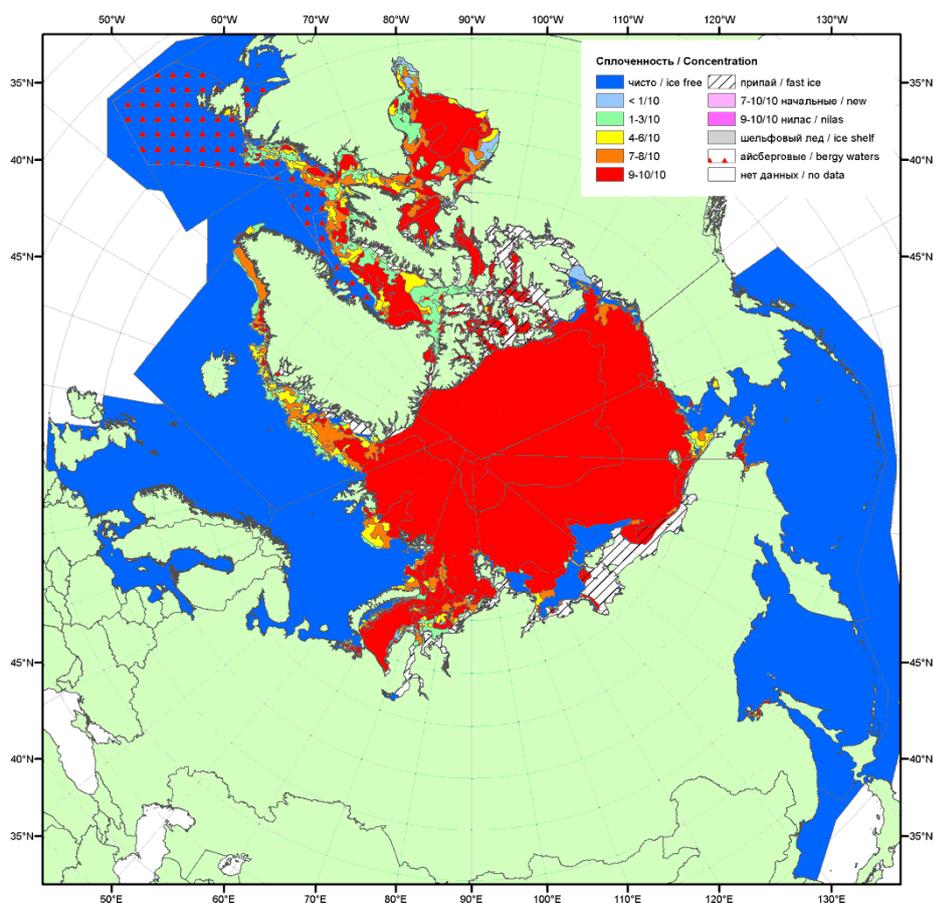


Рис. 2.10. Обзорная ледовая карта СЛО за 16–19.06.2014 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

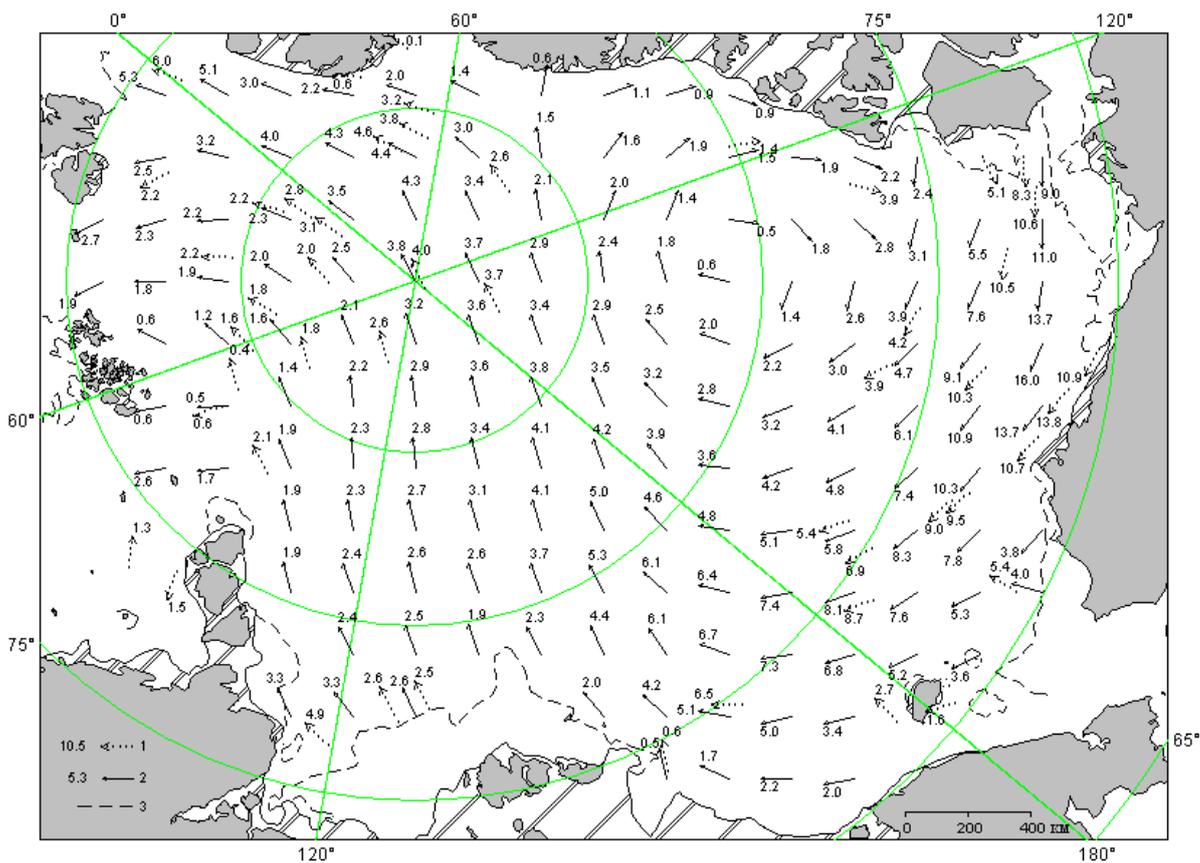


Рис. 2.11. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2014 г.
 1 – направление (стрелка) и скорость (2.3 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда

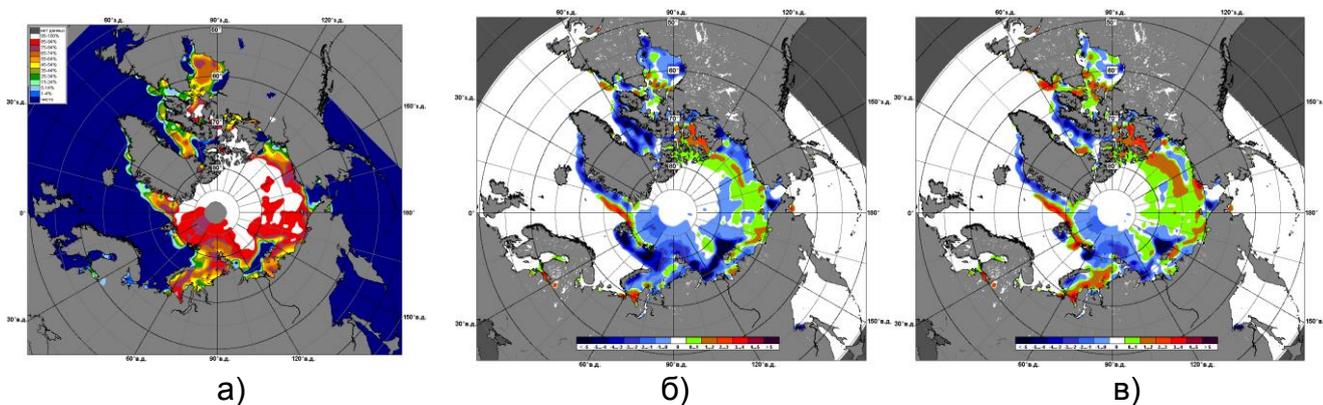


Рис. 2.12. Медианные распределения сплоченности льда в июне 2014 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979–2014 (б) и 2001–2014 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

Общее количество льдов в СЛО по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ФГБУ «ААНИИ», во втором квартале года оказалось в среднем за квартал на 4 % меньше среднееголетнего значения за счет малой ледовитости морей всех секторов Арктики приблизительно одинаково (рис. 2.15, табл. 2.1).

Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в июне 2014 г. и её аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

Район, моря	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2013 г.	от 2002–2014 гг.	от 1979–2014 гг.
Северная полярная область	11231.5	-366.7	-41.0	-659.6
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)	2755.1	69.1	58.9	-280.5
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых-Чукотское, Берингово, Охотское)	3243.2	-209.8	-168.7	-229.7
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	5233.2	-226.1	68.8	-149.4

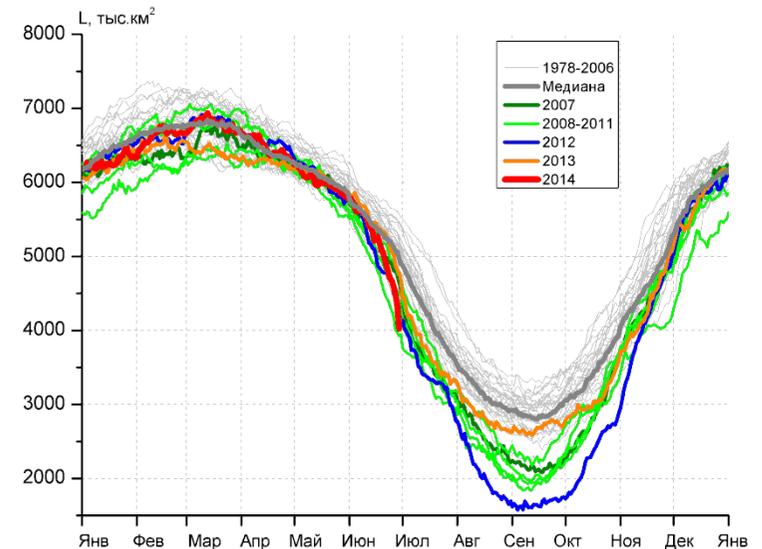
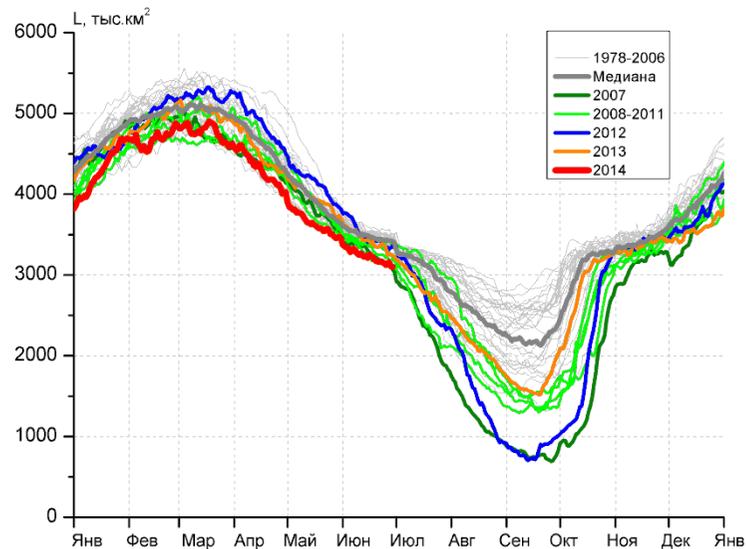
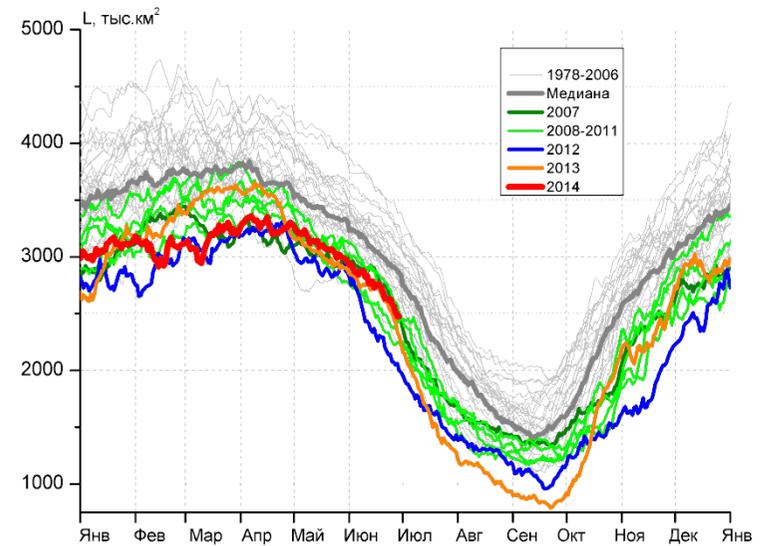
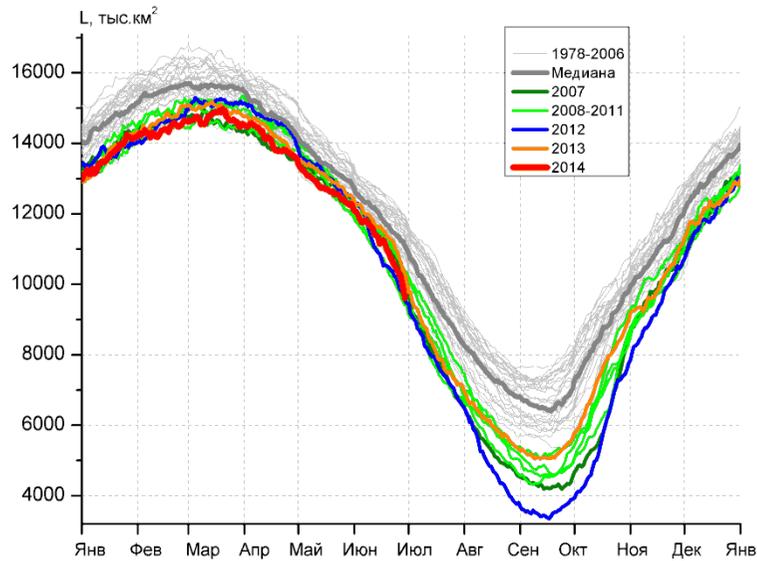


Рис. 2.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) – для Северной полярной области и меридиональных секторов б) – $45^{\circ}\text{W}-95^{\circ}\text{E}$ (Гренландское – Карское моря), в) – $95^{\circ}\text{E}-170^{\circ}\text{W}$ (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) – $170^{\circ}\text{W}-45^{\circ}\text{W}$ (море Бофорта и Канадская Арктика) за период за период 26.10.1978 – 29.06.2014 по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM.

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

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

Карское море

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна Карского моря наблюдалось: на реках Таз и Енисей в январе, на р. Оби – в феврале. В апреле на реках Обь и Енисей продолжалось нарастание льда, в то время как на р. Таз уже отмечалось его таяние.

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

Таблица 2.2

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2014 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Обь–Салехард	63	9	82	19	82	0	83	1
Таз-Тазовское	86	24	107	21	108	1	104	-4
Енисей- Игарка	81	20	90	9	95	5	99	4
Енисей-Дудинка	86	23	103	17	118	15	125	7
Енисей - Караул	104	43	123	19	136	13	141	5

В таблице 2.3 приведены аномалии толщин льда на конец апреля, т. е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда. Толщина льда на устьевых участках рек Обь и Таз оказалась меньше средних многолетних величин на 19–33 см. На устьевом участке р. Енисей в пунктах Игарка и Караул толщина льда была близка к норме (больше нормы на 2–4 см), в п. Дудинка – меньше нормы на 6 см.

Таблица 2.3

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2014 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	83	102	-19
Таз	Тазовское	104	137	-33
Енисей	Игарка	99	97	+2
	Дудинка	125	131	-6
	Караул	141	137	+4

Высота снега на льду в конце апреля в рассматриваемых пунктах наблюдалась от 16–20 см в п. Салехард до 36–50 см в остальных наблюдательных пунктах.

Признаком начала разрушения льда весной является образование закраин. В 2014 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря закраины появились: на реках Обь и Енисей – во второй декаде мая, на р. Таз – в третьей декаде мая.

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

Таблица 2.4

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2014 г.	Средняя	Аномалия,	2014 г.	Средняя	Аномалия,
Обь	Салехард	21.05	26.05	-5	24.05	01.06	-8
Таз	Газовское	15.06	11.06	+4	18.06	15.06	+3
Енисей	Игарка	20.05	28.05	-8	01.06	08.06	-7
	Дудинка	30.05	04.06	-5	06.06	11.06	-5
	Караул	04.06	09.06	-5	10.06	16.06	-6

Первая подвижка льда была отмечена на устьевых участках: р. Оби 20 мая, р. Таз 15 июня, р. Енисей – с 16 мая по 3 июня. Заторы льда наблюдателями отмечались на р. Енисей ниже п. Игарка с 17 по 19 мая.

Весенний ледоход начался на устьевых участках рек Оби и Енисей на 5–8 дней раньше нормы, на устьевом участке р. Таз – на 4 дня позже нормы. Продолжительность весеннего ледохода на устьевых участках рек составила: 3 дня на реках Обь и Таз, 6–12 дней на р. Енисей.

Очищение ото льда устьевых участков рек бассейна Карского моря произошло на 5–8 дней раньше средних многолетних сроков на реках Обь и Енисей. На р. Таз очищение произошло на 3 дня позже нормы.

Процесс вскрытия *устьевых взморий* крупных рек, впадающих в Карское море, охарактеризован также на основе анализа данных наблюдений стационарной сети. На устьевом взморье р. Оби в настоящее время работает полярная станция, расположенная в бухте Новый Порт, на устьевом взморье р. Енисей – полярная станция Сопочная Карга.

В таблице 2.5 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его ежемесячного нарастания с января по апрель. Наибольшее нарастание толщины льда наблюдалось в январе и феврале в Обской губе и в январе в Енисейском заливе. В мае–июне в Обской губе и в Енисейском заливе отмечено незначительное таяние льда.

Таблица 2.5

**Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2014 г. на устьевых
взморьях крупных рек бассейна Карского моря**

Устьевое взморье-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Обская губа–Новый Порт	90	30	121	31	135	14	141	6
Енисейский залив-Сопочная Карга	106	30	125	19	136	11	144	8

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

Таблица 2.6

Толщины льда в апреле, см

Устьевое взморье	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2014 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	141	139	+2
Енисейский залив	Сопочная Карга	144	167	-23

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье р. Оби была близка к норме, в то время как на устьевом взморье р. Енисей – на 23 см меньше нормы.

Высота снега на льду в конце апреля наблюдалась 20–29 см в п. Сопочная Карга и 40–49 см в п. Новый Порт.

В таблице 2.7 приведены сроки взлома припая и очищения ото льда, наблюдаемые на полярных станциях. Взлом припая устьевых взморий рек Обь и Енисей и очищение ото льда отмечались близко к средним многолетним срокам.

Таблица 2.7

**Сроки вскрытия устьевых взморий рек бассейна Карского моря по данным стационарной сети
в 2014 г.**

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2014 г.	Средняя	Аномалия,
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	22.06	20.06	+2
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	28.06	01.07	-3
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	18.06	21.06	-3
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	25.06	24.06	+1

Море Лаптевых

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках большинства рек бассейна моря Лаптевых было отмечено в январе, только на реках Яна и Оленек (п. Тюмети) – в феврале. В марте отмечалось продолжение нарастания льда. В таблице 2.8 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.

Таблица 2.8

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2014 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Хатанга-Хатанга	126	29	149	23	160	11	155	-5
Оленек- Тюмети	108	17	130	22	143	13	135	-8
Оленёк-Усть-Оленёк	138	40	166	28	192	26	212	20
Лена- Кюсюр	125	34	141	16	149	8	155	6
Лена-Хабарово	151	26	176	25	201	25	219	18
Яна- Юбилейная	105	31	145	40	155	10	164	9

Толщина льда в конце апреля на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых наблюдалась: больше нормы на 4–21 см на устьевых участках рек Хатанга, Оленек (п. Усть-Оленек), меньше нормы на 3–20 см на устьевых участках рек Оленек (п. Тюмети) и Лена.

В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась различная: от 3 см в п. Хабарово на р. Лена до 30 см в пунктах Тюмети (р. Оленек) и Хатанга.

В таблице 2.9 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, когда толщина льда близко к максимальному.

Таблица 2.9

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2014 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	155	151	+4
Оленёк	Тюмети	135	138	-3
	Усть-Оленёк	212	191	+21
Лена	Кюсюр	155	175	-20
	Хабарово	219	225	-6
Яна	Юбилейная	164	152	+12

В таблице 2.10 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Оленёк, Лена и Яна и их аномалии по отношению к средним многолетним значениям.

Таблица 2.10

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2014 г.	средняя	аномалия, сутки	2014 г.	средняя	аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	01.06	12.06	-11	05.06	17.06	-12
Оленёк	Тюмети	27.05	02.06	-6	03.06	13.06	-10
	Усть-Оленёк	8.06	17.06	-9	10.06	21.06	-11
Лена	Кюсюр	23.05	01.06	-9	04.06	11.06	-7
	Хабарово	30.05	07.06	-8	04.06	15.06	-11
Яна	Юбилейная	28.05	30.05	-2	05.06	06.06	-1

В 2014 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых закраины появились во второй и третьей декадах мая. Процесс вскрытия сопровождался образованием заторов на устьевых участках рек Оленек (п. Тюмети), Лена (п. Кюсюр) и Яна.

Весенний ледоход начался на устьевых участках рек раньше средних многолетних сроков (на р. Яна – в срок, близкий к норме (-2 дня). Продолжительность весеннего ледохода составила от 2 (п. Усть-Оленек) до 12 дней (п. Кюсюр).

Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 7–12 дней раньше средних многолетних значений (на р. Яна – в срок, близкий к норме (-1 день).

Восточно-Сибирское море

В таблице 2.11 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель 2014 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря. Максимальное нарастание льда отмечено на реках в январе.

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

Толщины льда в конце апреля на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались меньше нормы на 32–47 см.

Высота снега на льду в конце апреля на р. Колыме (п. Колымское) составляла 26–35 см. На р. Колыме (п. Черский) и р. Индигирке снег на льду в указанный срок уже отсутствовал.

Таблица 2.11

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2014 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Индигирка-Чокурдах	92	18	105	13	116	11	120	4
Колыма-Колымское	92	13	100	8	106	6	108	2
Колыма- Черский	73	17	85	12	97	12	96	-1

Таблица 2.12

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2014 г.	средняя	аномалия
Индигирка	Чокурдах	120	167	-47
Колыма	Колымское	108	140	-32
Колыма	Черский	96	142	-46

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

Закраины на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря были отмечены в третьей декаде мая. Весенний ледоход начался на 2 дня раньше нормы в устьевой части р. Индигирки и на 3–5 дней позже нормы на р. Колыме. Продолжительность весеннего ледохода составила 2–3 дня.

Заторы льда отмечались только на устьевой части р. Индигирки.

Очищение ото льда устьевых участков крупных рек бассейна Восточно-Сибирского моря произошло в сроки, близкие к норме.

Таблица 2.13

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2014 г.	средняя	аномалия, сутки	2014 г.	средняя	аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	05.06	07.06	-2	07.06	10.06	-3
Колыма	Колымское	04.06	30.05	+5	07.06	04.06	+3
Колыма	Черский	05.06	02.06	+3	07.06	09.06	-2

3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей 2014 года

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) во втором квартале 2014 г. выполнен на основании данных экспедиции на НИС «Профессор Молчанов» и автономных дрейфующих комплексов ИТР (Ice-Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающими непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (рис. 3.1). Океанографическая информация на акватории глубоководной части СЛО получена по данным 7 ИТР буев (табл. 3.1). Данные о распределении термохалинных характеристик в Баренцевом море получены экспедицией «Арктический плавучий университет–2014» (АПУ-2014) на НИС «Профессор Молчанов».

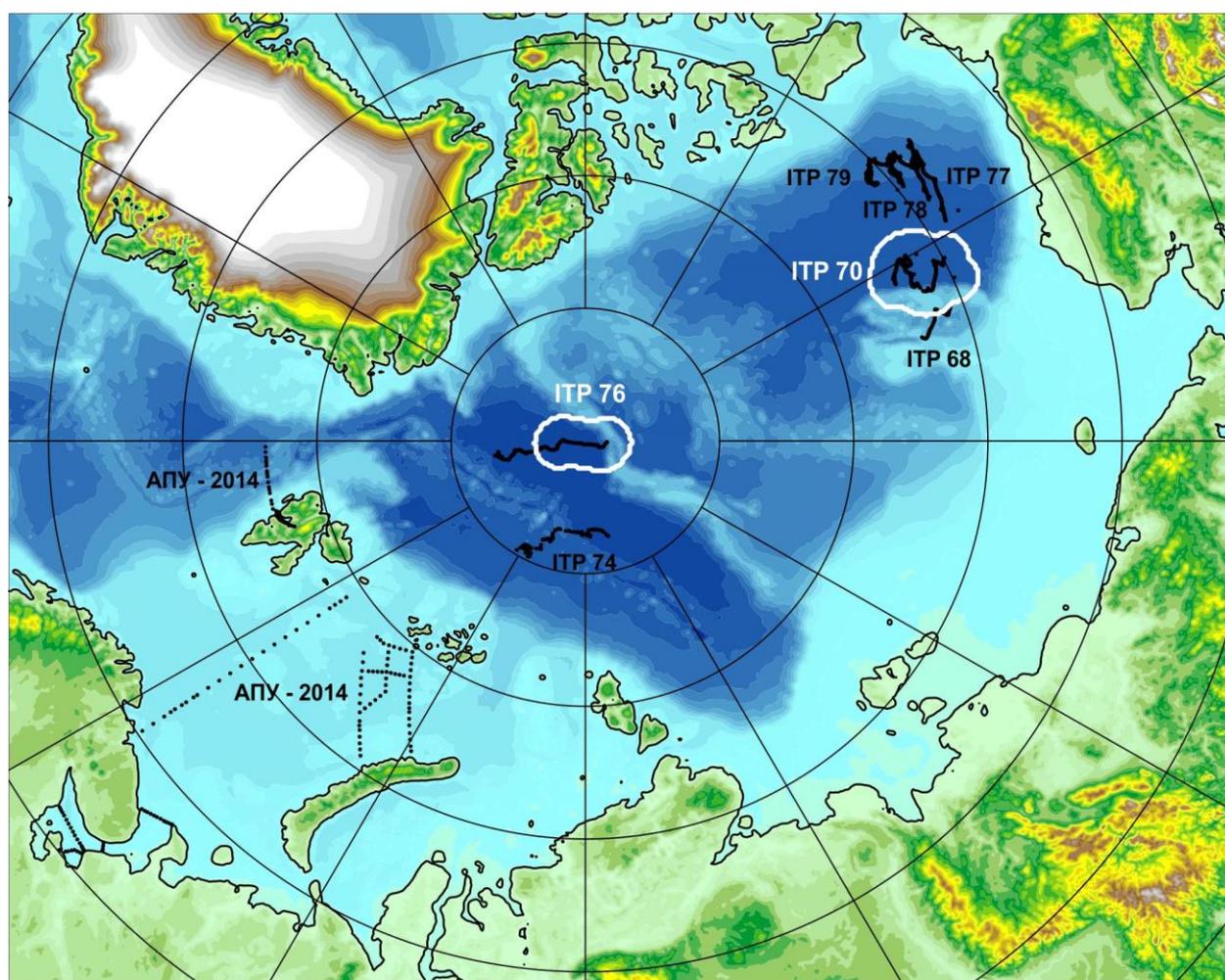


Рис. 3.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2014 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2014 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ

№	Экспедиция	Дата первой и последней		Число
1	ИТР-68	01.04.2014	03.05.2014	132
2	ИТР-70	01.04.2014	30.06.2014	927
3	ИТР-74	01.04.2014	26.06.2014	155
4	ИТР-76	11.04.2014	30.06.2014	319
5	ИТР-77	01.04.2014	30.06.2014	928
6	ИТР-78	01.04.2014	30.06.2014	938
7	ИТР-79	01.04.2014	30.06.2014	911
8	Арктический плавучий университет, НИС	01.06.2014	26.06.2014	153

3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО во втором квартале 2014 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенных группах океанографических станций. В качестве таковых использовались станции ИТР-76 в котловине Амундсена в районе Северного Полюса и ИТР-70 в Канадской глубоководной котловине (рис. 3.1). В каждой группе станций рассчитывались основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солености. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическими средними и их стандартными отклонениями, рассчитанными в период с 1900 по 2005 гг. для этих же районов. Область поиска исторических данных (рис. 3.1, белые контуры) была на 50–100 км шире по сравнению с анализируемой группой станций.

Амеразийский суббассейн

Во втором квартале 2014 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в юго-западной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР-70 полностью соответствовало тенденциям, наблюдающимся как на протяжении последних нескольких лет, так и в I квартале 2014 г. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение 27,8‰ в сравнении с климатической нормой. Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составляло -2‰ (рис. 3.2). Температура верхнего перемешанного слоя варьировалась около значения -1,5 °С и незначительно превышала климатическое среднее, вследствие повышения температуры замерзания воды из-за наличия распресненного слоя.

Под верхним перемешанным слоем глубже 30 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33‰. Наиболее высокие значения температуры слоя ЛТВ по данным ИТР-70 достигали 0,9 °С, а

средние значения колебались около $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше климатической нормы. Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 170 м (120 м согласно климатическим данным).

На глубинах от 170–210 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью равной $33,1\text{‰}$, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР-70 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 210 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м.

Глубже 210 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) по данным второго квартала 2014 года располагалась на глубине 310 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры в 2014 г. практически полностью соответствуют значениям предшествующего 2013 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в СЛО.

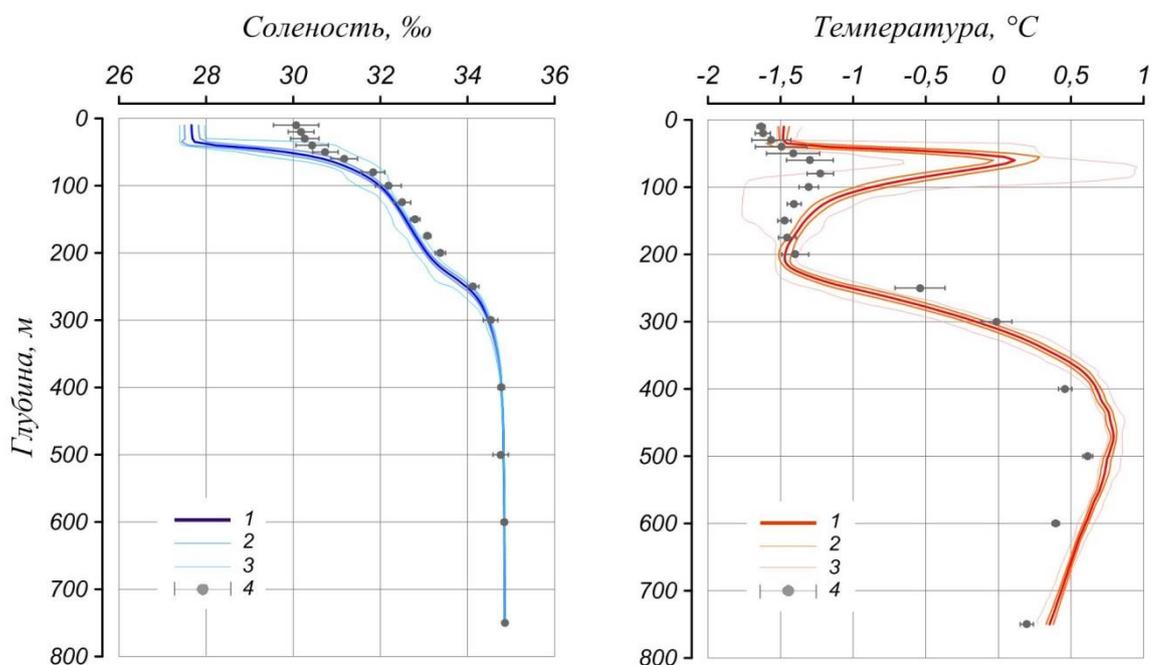


Рис. 3.2. Вертикальное распределение солености и температуры воды в юго-западной части Канадской глубоководной котловины в апреле–июне 2014 г. по результатам измерений профилографа ИТР-70

1 – профиль средних значений, 2 – область стандартного отклонения, 3 – минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 – средние климатические значения и их стандартные отклонения, рассчитанные по историческим данным базы термохалинных характеристик СЛО отдела океанологии ААНИИ за апрель – июнь в период с 1900 по 2005 гг.

Евразийский суббассейн

Поверхностный слой в северной части котловины Амундсена Евразийского суббассейна во втором квартале 2014 года по данным дрейфа ИТР-76 характеризовался отсутствием существенных аномалий температуры и солёности. Значения поверхностной солёности составляли 31,3‰, а температура варьировала в пределах $-1,7...-1,6$ °С (рис. 3.3). Отсутствие аномалий поверхностной солёности связано, по всей видимости, с географическим положением рассматриваемых станций, находящихся на границе распространения атлантических/тихоокеанских вод. На глубинах от 40 до 250 м отмечались положительные аномалии солёности, характерные для Евразийского суббассейна в течение последних нескольких лет. Положительные аномалии температуры воды стали проявляться на глубине 100 м и достигли максимальных значений в ядре АВ на глубинах 250–300 м. Максимальные значения температуры в ядре АВ достигли 1,2 °С, превышая климатическую норму на 0,5–0,6 °С. Помимо аномалии термического состояния продолжает прослеживаться аномалия в локализации ядра АВ и его границ. Верхняя граница АВ, определяемая по изотерме 0 °С, была расположена на глубине 170 м, что примерно на 40 м выше ее климатического положения.

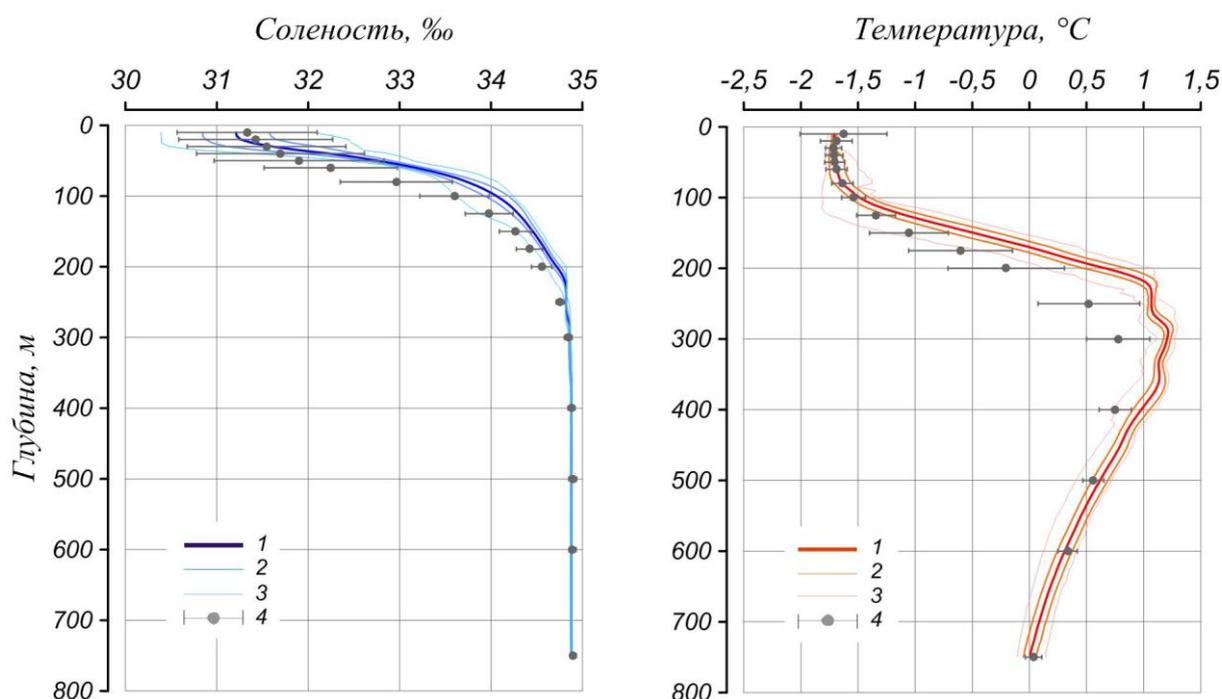


Рис. 3.3. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в котловине Амундсена в январе–марте 2014 г. по результатам измерений профилографа ИТР-74.

Условные обозначения см. рис. 3.2

Баренцево море

Для анализа термического состояния теплых атлантических вод, проникающих в Баренцево море с запада с Нордкапским течением, в июне 2014 г. в экспедиции

«Арктический плавучий университет–2014» на НИС «Профессор Молчанов» были проведены океанографические работы на разрезе «Кольский меридиан» вдоль 33°30' в.д. от Кольского полуострова на север (рис.3.4). Наибольшие значения температуры воды на разрезе наблюдались в его южной части в поверхностном слое и достигали 6 °С вследствие летнего радиационного прогрева. Максимальные значения солёности достигали 35,05‰ в центральной части разреза и отмечались по всей водной толще от поверхности до дна. На станциях № 40–54 почти всю толщу разреза занимала теплая атлантическая водная масса с температурой выше 0°С и солёностью более 34,7‰. Ядро АВ с максимальными значениями температуры около 5,0–5,1 °С располагалось на станциях № 42–43 на глубинах от 150 до 250 м. По мере продвижения на север температура ядер АВ уменьшалась, достигнув 1,3 °С на станциях № 57–58. По сравнению с 2013 г. значения температуры на разрезе были ниже, в среднем, на 0,5 °С. При этом максимальные значения в ядрах АВ не претерпели изменений.

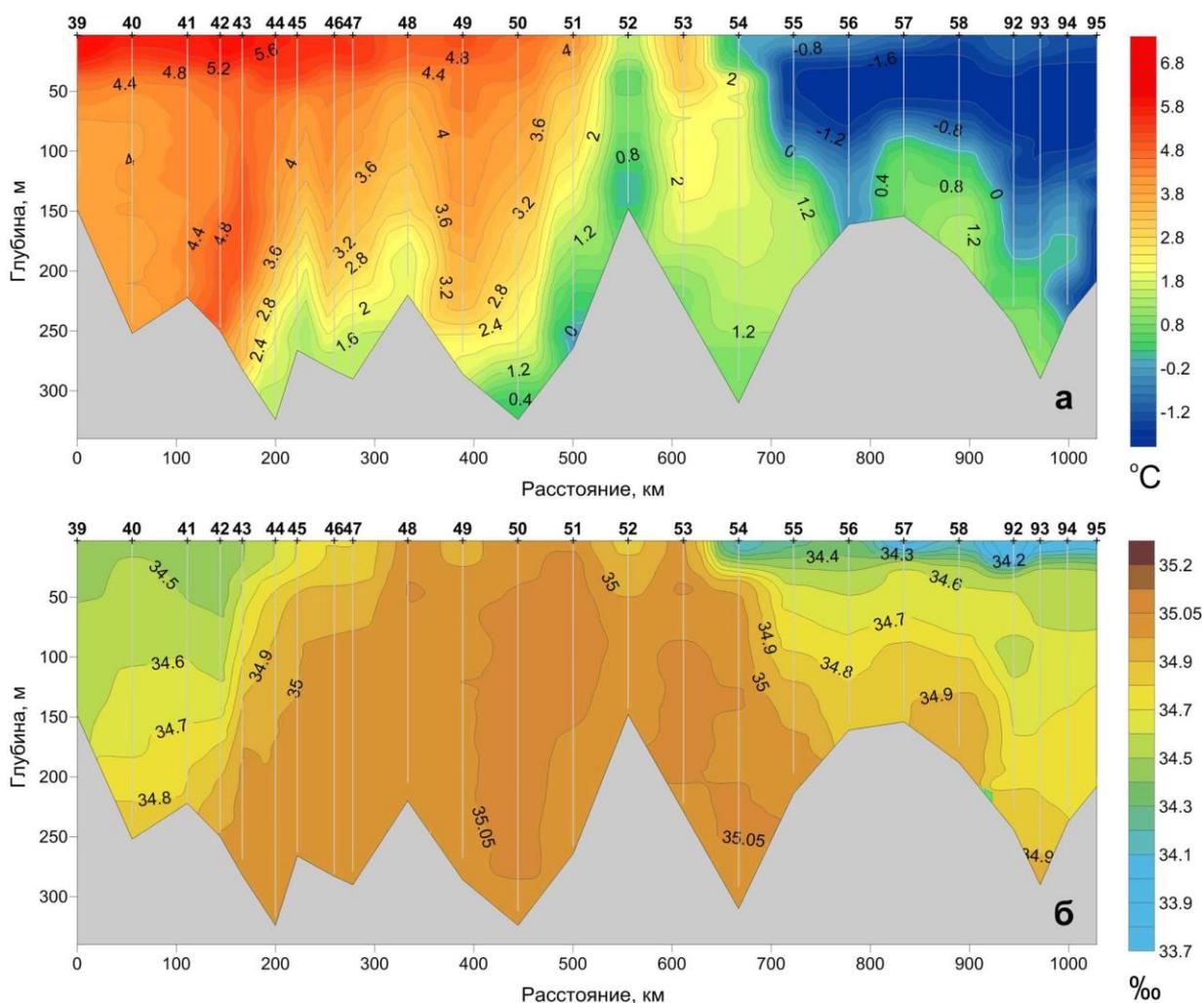


Рисунок 3.4. Распределение температуры (а) и солёности (б) на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море
Разрез выполнялся по направлению с юга на север

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных во втором квартале 2014 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Поверхностная соленость в Амеразийском суббассейне в среднем на 2‰ меньше по сравнению с климатическими значениями. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра АВ, значение которой варьируется от +0,2 °С в Амеразийском суббассейне до +0,6 °С в Евразийском суббассейне. Помимо аномалии термического состояния АВ продолжает проследиваться аномалия в положении их границ. Так верхняя граница АВ залегает на 40 м выше по сравнению с климатическим положением. Также как, как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенными значениями температуры, превышающими климатическую норму на 1,4 °С. Анализ термического состояния АВ в Баренцевом море показал уменьшение значений температуры воды в среднем на 0,5 °С на разрезе «Кольский меридиан» в июне 2014 года по сравнению с аналогичным периодом 2013 года. При этом значения максимальной температуры в ядрах АВ массы практически не изменились по сравнению с предыдущим годом.

В заключение можно отметить, что термохалинное состояние вод СЛО во втором квартале 2014 года почти полностью соответствует аналогичному периоду 2013 года.

3.2. Гидрохимические условия

Исследования гидрохимических условий во втором квартале 2014 г. были связаны с экспедицией «СЕВЕР», проводившейся весной 2014 г. со станции на мысе Баранова. Задачами экспедиции являлись:

- получение новых предварительных данных о распределении гидрохимических характеристик в водах пролива Шокальского для последующих исследований процессов взаимодействия и трансформации водных масс и мониторинга природной среды в районе исследований;

- получение новых предварительных данных о распределении гидрохимических параметров в морском льду для последующих исследований роли морского льда в глобальном цикле потока CO₂.

В ходе работ были отобраны пробы морской воды на трех океанографических станциях в проливе Шокальского. Было выполнено 10 определений растворенного кислорода, 33 определения общей щелочности, 33 определения фосфатов и 22 определения кремния.

Отобраны образцы морского льда. Выполнено 4 определения общей щелочности, 4 определения фосфатов, 4 определения кремния и 4 определения солености в различных слоях керна морского льда. Определение солености образцов морского льда проводилось на экспериментальном приборе, являющемся копией солемера ГМ-2007 (Россия).

Необходимо отметить, что гидрохимические наблюдения в морской воде пролива Шокальского практически полностью отсутствуют. База данных «АНИИ» содержит гидрохимические данные, полученные в ходе экспедиционных наблюдений в августе 1948 года в северной и южной частях пролива Шокальского. Содержание растворенного кислорода в августе 1948 г. в северной части пролива Шокальского изменялось от 7,15 мл до 8,66 мл. Поверхностный слой воды характеризовался незначительным дефицитом кислорода -0,3 %, подповерхностный максимум кислорода располагался на глубине 10 м, отмечалось небольшое перенасыщение воды кислородом -0,3...+1,7 %, на этой же глубине наблюдался минимум содержания фосфатов и кремния в морской воде. Начиная с глубины 100 м и до дна, температура воды незначительно повышалась, а соленость практически не менялась. В этом же слое воды отмечен незначительный минимум содержания кислорода в воде и наибольшее содержание биогенных элементов. Вертикальное распределение биогенных элементов, начиная с глубины 50–100 м и до дна однородное, среднее содержание фосфатов составляло 0,45 мкмоль/л, кремния – 9,58 мкмоль/л. Такое вертикальное распределение гидрологических и гидрохимических параметров свидетельствует о влиянии сильно трансформированных атлантических вод на гидрохимический режим вод пролива Шокальского. В южной части пролива Шокальского в августе 1948 года наблюдались схожие с северной частью гидрохимические условия.

В экспедиции «СЕВЕР» в мае 2014 года был выполнен поперечный разрез в центральной части пролива Шокальского (рис. 3.5).

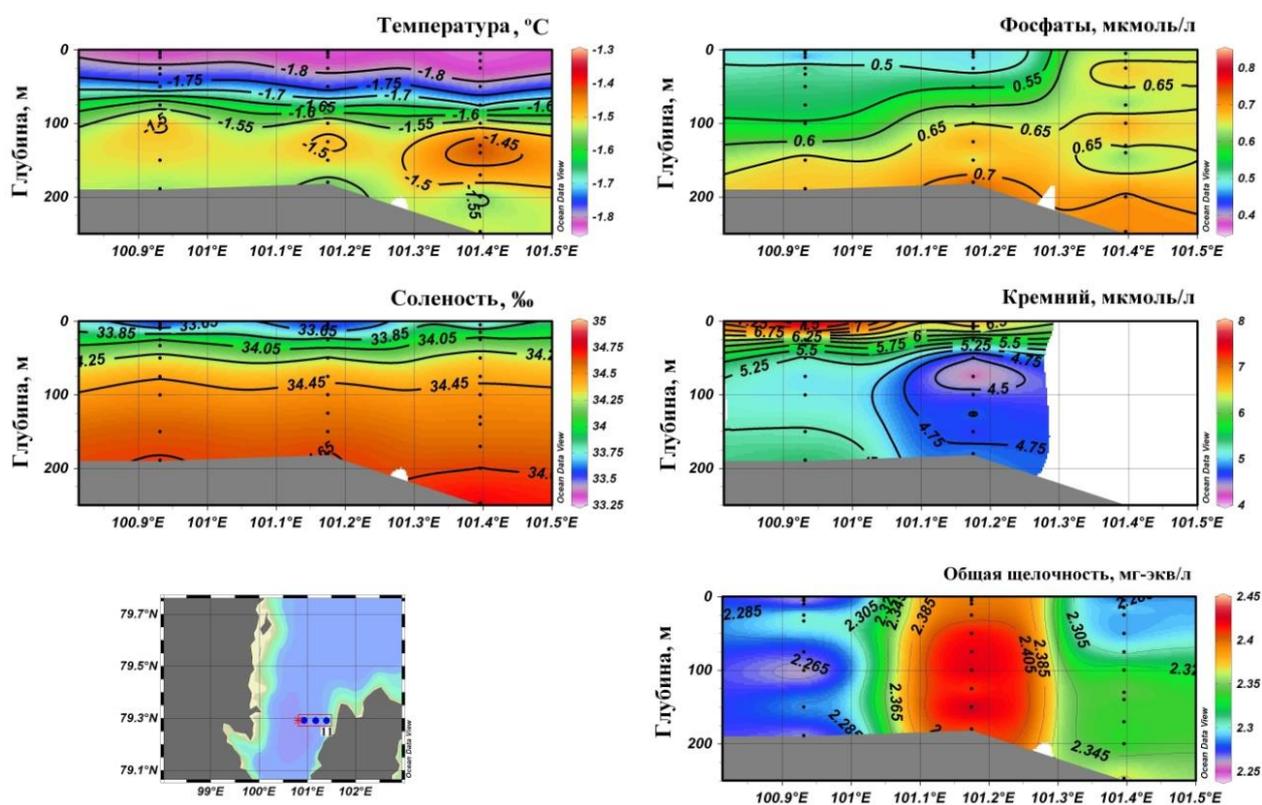


Рис. 3.5. Распределение термохалинных и гидрохимических характеристик на океанографическом разрезе вдоль 79,292° с.ш. в мае 2014 г.

Значения гидрохимических параметров согласуются с данными августа 1948 года и с данными океанографической станции, выполненной в августе 2007 года. Однако, сравнение гидрохимических данных, полученных в разные сезоны года и в районах с достаточно высокой неоднородностью распределения параметров, затруднительно. Также затруднения вызывают длительные сроки хранения и транспортировки проб морской воды. Например, между анализом морской воды на общую щелочность и отбором проб воды проходило не менее 12 часов, на растворенный кислород – не менее 6–7 часов.

Поверхностный слой воды в мае 2014 года характеризовался дефицитом кислорода – 5 %, при абсолютном содержании растворенного кислорода в воде 8,11 мл/л, содержание кремния в поверхностном слое воды несколько превышало содержание кремния в придонном слое воды. Средняя концентрация кремния в поверхностном слое воды составляла 7,40 мкмоль/л, в придонном – 5,25 мкмоль/л. Дефицит кислорода и относительно высокое содержание биогенных элементов в поверхностном слое воды вызвано наличием льда. Летом 2007 года поверхностный слой воды был насыщен кислородом, средняя концентрация фосфатов составляла 0,31 мкмоль/л, кремния – 4,99 мкмоль/л. Характер вертикального распределения биогенных элементов весной и летом 2014 г. имеет отличия. Содержание растворенного кремния в воде от поверхности до глубины 50 м монотонно убывало с 7,41 мкмоль/л на поверхности до 4,57 мкмоль/л на глубине 50 м. Начиная с глубины 50 м и до дна, содержание кремния в воде увеличивалось незначительно. Возможно, поверхностный слой воды обогащается кремнием, поступающим в воду из морского льда. Содержание фосфатов в слое воды 0–50 м весной 2014 г было практически постоянным в среднем 0,50 мкмоль/л, летом 1948 и 2007 гг. содержание фосфатов от поверхности до 50 м монотонно возрастало. Летом концентрация фосфатов в слое воды 50 м и до дна практически не меняется, весной незначительно увеличивается с глубиной.

Ядро «теплой воды» располагается на глубине 130–140 м, что соответствует слою воды с минимальным содержанием кислорода (насыщение воды кислородом 88 %) и слою воды со значением удельной щелочности 684. Средние величины удельной щелочности в слое атлантических вод в Арктическом бассейне составляют 680–684, однако данных по гидрохимическим наблюдениям крайне мало для объективного анализа водных масс. В придонном слое воды на глубине 250 м температура воды повысилась по сравнению с вышележащим слоем воды, что в свою очередь отразилось на уменьшении абсолютного содержания кислорода. На глубине 200 м содержание кислорода составляло 7,63 мл/л, на глубине 250 м – 7,45 мл/л, относительное содержание кислорода уменьшилось на 1 %.

3.3. Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 2014 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 15-ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском (табл. 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 апрель–июнь 2014 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 о. Диксон	73 30 N	80 24 E
5 Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
6 о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
7 о. Визе	79 30 N	76 59 E
8 Голомянный	79 33N	90 37 E
9 ГМО им.Е.К. Фёдорова (м. Челюскина)	77 43 N	104 17 E
море Лаптевых		
11 Анабар	73 13 N	113 30 E
12 м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
13 пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
14 о. Котельный	76 00 N	137 52 E
Восточно-Сибирское море		
15 Певек	69 42 N	170 15 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.6) на станциях Амдерма и им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) колебания уровня в апреле происходили на повышенном фоне (+11...+14 см), в мае значение уровня приблизились к среднемесячным значениям (0–1 см), в июне среднемесячные значения уровня вновь повысились до +10 см и +3 см, соответственно. Наибольший подъем уровня в юго-западной части Карского моря отмечался 20 и 22 апреля на станциях Амдерма и им. Е.К. Федоров, когда уровень поднялся соответственно на 87 и 72 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее значительное понижение уровня было зарегистрировано 7 мая на станциях Амдерма (-49 см) и им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) (-41 см).

В северной части Карского моря (рис. 3.7) на станциях о. Визе и о. Голомянный в апреле отмечался повышенный фон колебаний уровня (+8...+13 см), в тоже время на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) средний уровень был близок к своим среднемноголетним значениям (-1 см). В мае–июне колебания уровня происходили на пониженном фоне (от 0

до -13 см). Наиболее существенные понижения уровня в этом районе наблюдались 1 мая, когда уровень опустился на 56 см ниже среднего значения на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина). А наиболее существенный подъем уровня был зафиксирован 20 апреля, на станциях о. Визе и о. Голомянный, когда уровень поднялся соответственно на 42 см и 46 см выше среднегодовалого значения.

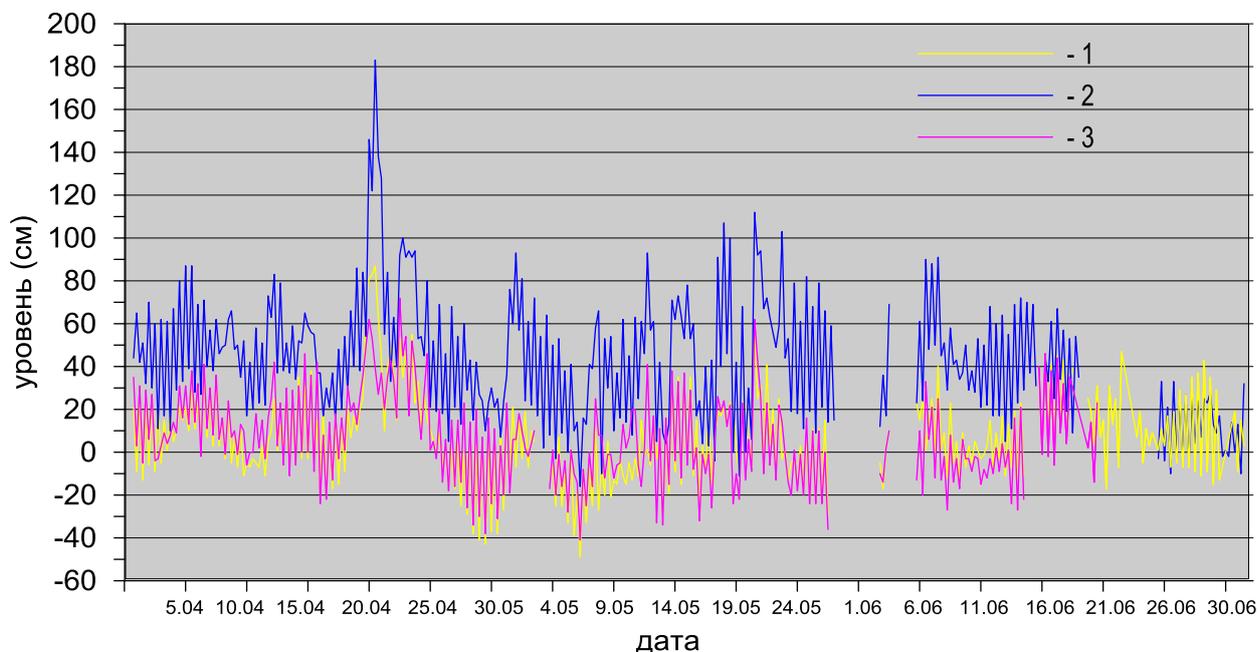


Рис. 3.6. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле–июне 2014 г.
1 – Амдерма; 2 – Усть-Кара; 3 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос)

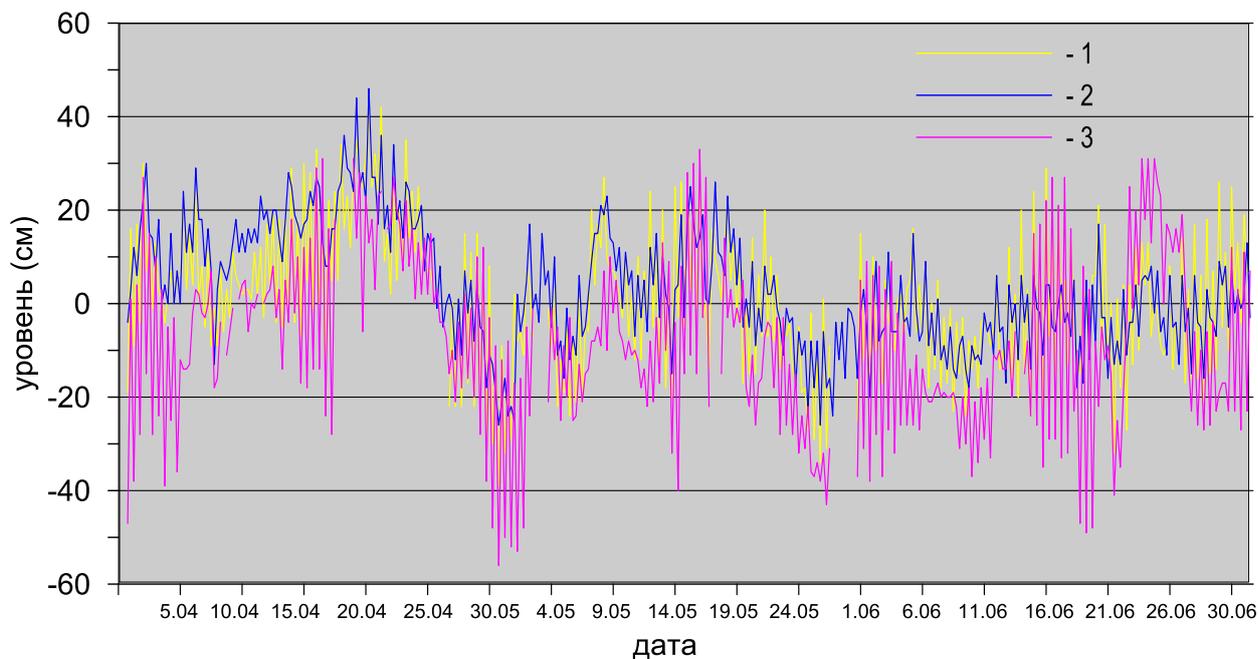


Рис. 3.7. Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в апреле–июне 2014 г.
1 – о. Визе; 2 – о. Голомянный; 3 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)

Такая же тенденция повышенных среднемесячных значений в апреле и понижения фона колебания уровня в мае и июне наблюдается в восточной части Карского моря (рис. 3.8). В апреле на станциях Сопочная Карга, о. Диксон и о-ва Известий ЦИК отмечался повышенный фон колебаний (+13...+21 см). В мае среднемесячный уровень на станциях о. Диксон и о-ва Известий ЦИК опустился до +1...+5 см. В июне фон колебаний изменился незначительно, среднемесячный уровень на станции о-ва Известий был близок к среднемноголетнему значению, а на станции о. Диксон поднялся до +9 см. В тоже время на станции Сопочная карга на протяжении мая–июня наблюдалось повышение среднего уровня, который составил +21 см в мае и +47 см в июне, что связано, очевидно, с ранним наступлением периода половодья.

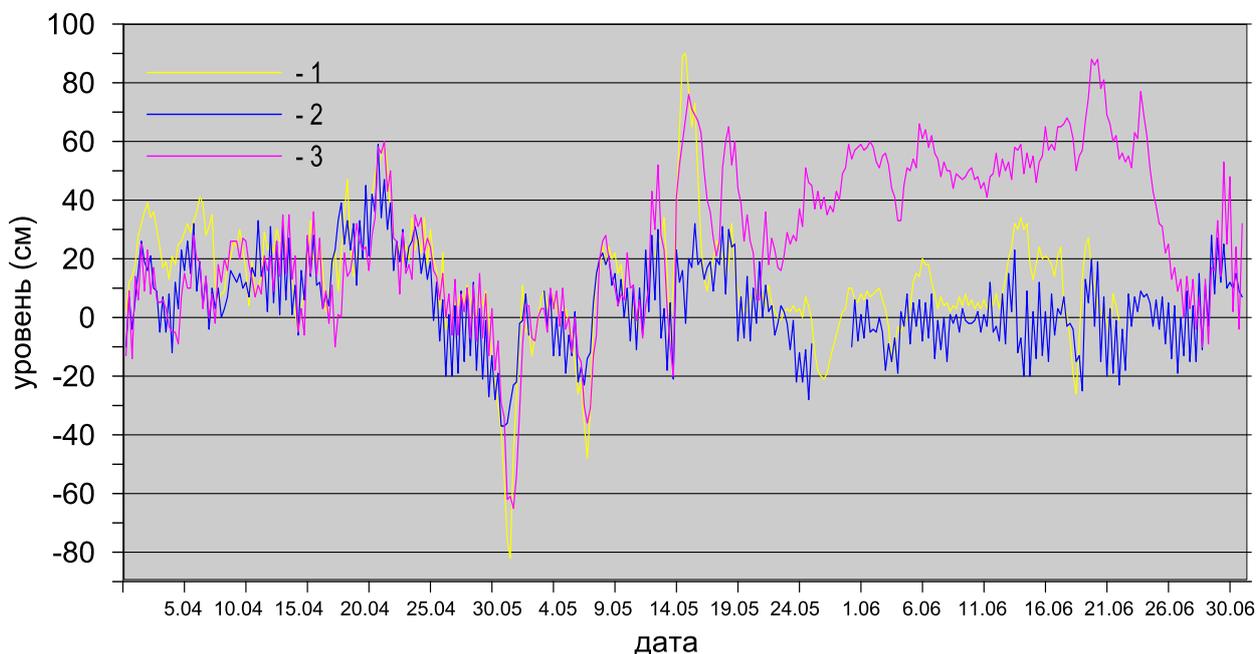


Рис. 3.8. Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в апреле–июне 2014 г.

1 – Диксон; 2 – о-ва Известий ЦИК; 3 – Сопочная Карга)

Наиболее значительные подъемы уровня в этом районе отмечались 16–17 мая: на станции Диксон уровень поднялся на 90 см, а на станции Сопочная Карга на 76 см выше среднего. 18 июня на станции Сопочная Карга наблюдался пик уровня (+88 см), связанный с прохождением волны весеннего половодья. Наиболее существенное понижение уровня наблюдалось 1–2 мая, когда на станциях Сопочная Карга и Диксон значение уровня понизились соответственно на 65 см и 82 см относительно среднемноголетних значений.

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рис. 3.9) фон колебаний уровня в апреле и мае незначительно превышал среднемноголетние значения (+4...+9 см). В июне в период весеннего половодья среднемесячный уровень повысился (+40 см).

Наибольший подъем уровня наблюдался 4 июня (+110 см), а наибольшее понижение уровня отмечалось 27 мая (-60 см).

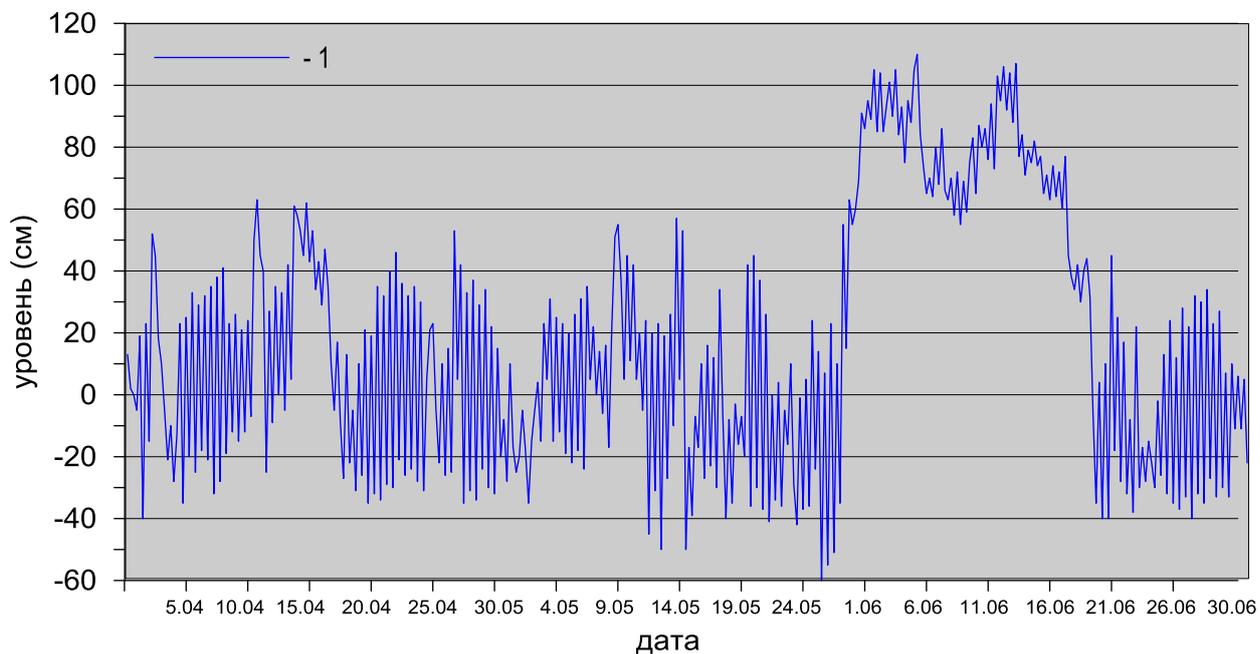


Рис. 3.9. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в апреле–июне 2014 г.

В восточной части моря Лаптевых (рис. 3.10) на станциях м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный в апреле фон колебаний уровня был несколько повышенным (+2...+15 см).

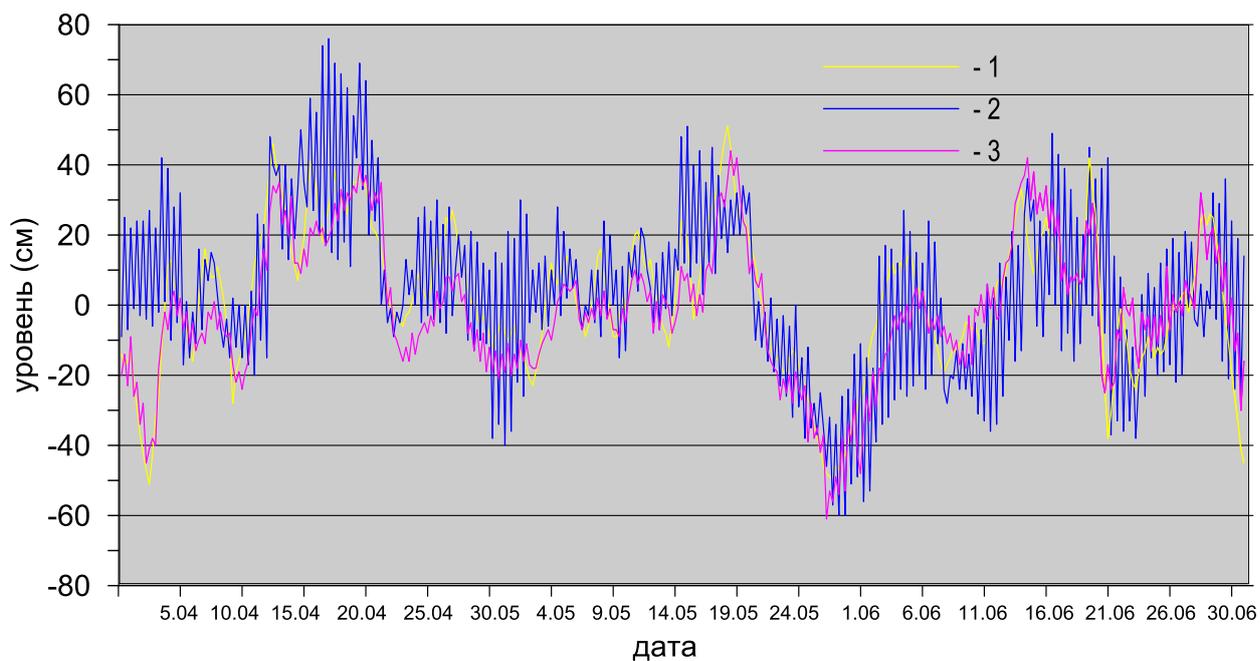


Рис. 3.10. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле–июне 2014 г.

1 – м. Кигилях; 2 – о. Котельный; 3 – пр. Санникова

В мае–июне среднемесячные значения уровня на этих станциях были близки к среднемноголетним значениям (-3...+3 см). Наибольший подъем уровня в этом районе отмечался 17 апреля, когда уровень на станции о. Котельный поднялся на 76 см выше среднемноголетнего значения. Наибольшее понижение уровня происходило в период 28–30 мая и достигло отметки -60 см на станции о. Котельный.

По данным наблюдений на станции Певек (рисунок 3.11) в Восточно-Сибирском море колебания уровня в апреле–мае происходили на пониженном фоне (-9...-10 см). Наиболее значительный подъем уровня на станции Певек отмечался 15 апреля (+46 см), а наибольшее понижение уровня – 12 апреля (-70 см).

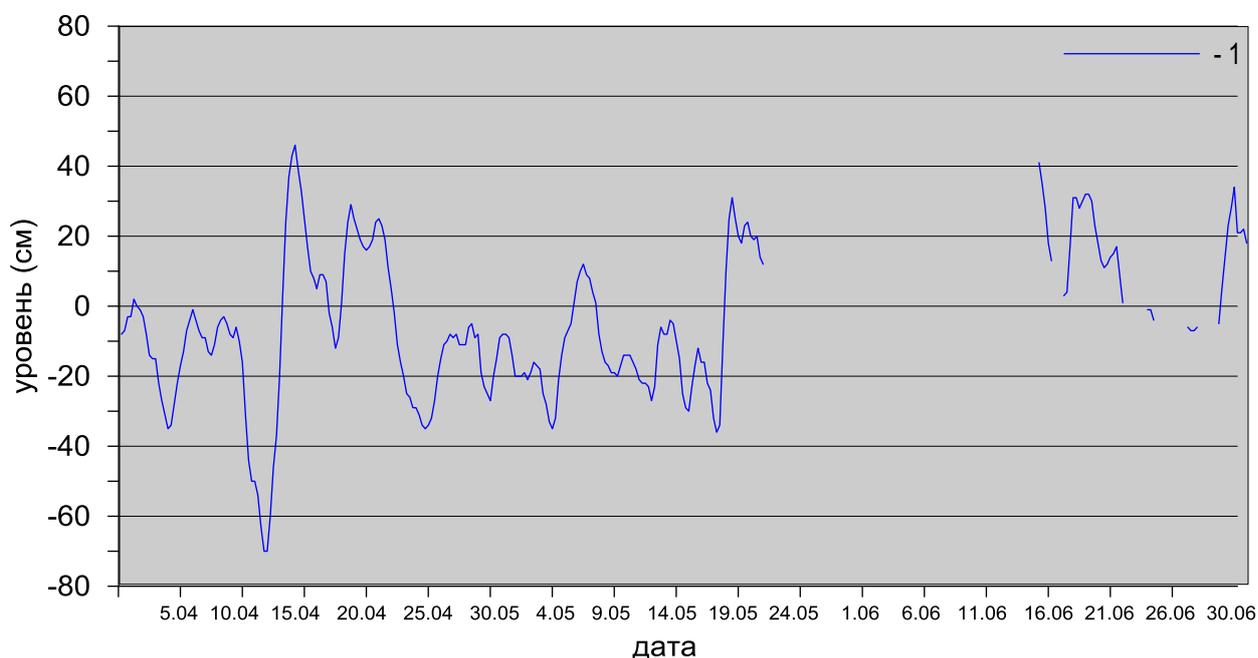


Рис. 3.11. Колебания уровня в Восточно-Сибирском море (Певек) в апреле–июне 2014 г.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море за данный период не производилось, в связи с чем, дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

3.4. 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 для периода с апреля по июнь 2014 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИИне и модифицированной в ААНИИ. Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I). Сведения о

распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2014 г.

Месяц	Высота волн, м						
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7
Апрель	–	7	4	10	4	4	1
Май	2	14	12	3	–	–	–
Июнь	–	16	9	4	1	–	–
Итого	2	37	25	17	5	4	1

Как видно из таблицы 3.3, во втором квартале 2014 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м.

В течение второго квартала высота волн на акватории Баренцева моря пять раз превышала 5 м (в апреле 2014 г.). Эти показатели выше, чем в 2013 году. Тогда максимальная расчетная высота волн на входе в Баренцево море в апреле не превышала 5 м.

Сведения из таблицы 3.3 показывают, что во втором квартале самым штормовым месяцем стал апрель. Самый сильный шторм был рассчитан на входе в Баренцево море (в юго-западной части) 19 апреля 2014 г. (на 18 ч UTC высота волны превысила 6 м). Продолжительность этого шторма составила два дня. Следующим по штормовой активности стал июнь (высота волн более 4 м рассчитана 21 июня на 6 и 12 ч UTC).

На рисунке 3.12, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 00 ч 23 апреля 2014 г.

Карское море стало открываться в конце июня (после 24 июня). До 20 июня в Карском море вдоль восточного берега о. Новая Земля была небольшая область чистой воды, которая затем покрылась льдом. К концу июня образовались две области чистой воды: вокруг п-ва Ямал и к северо-востоку от мыса Желания арх. Новая Земля.

Моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское стали открываться в начале июня. Высота волны на чистой воде в основном была до 1 м (в море Лаптевых до 2 м).

Море Лаптевых открывалось постепенно вдоль 75° с.ш. от Новосибирских островов к полуострову Таймыр, в Восточно-Сибирском море область чистой воды находилась севернее Новосибирских островов. Чукотское море открывалось с юга на север, и к концу июня область чистой воды доходила до 70° с.ш.

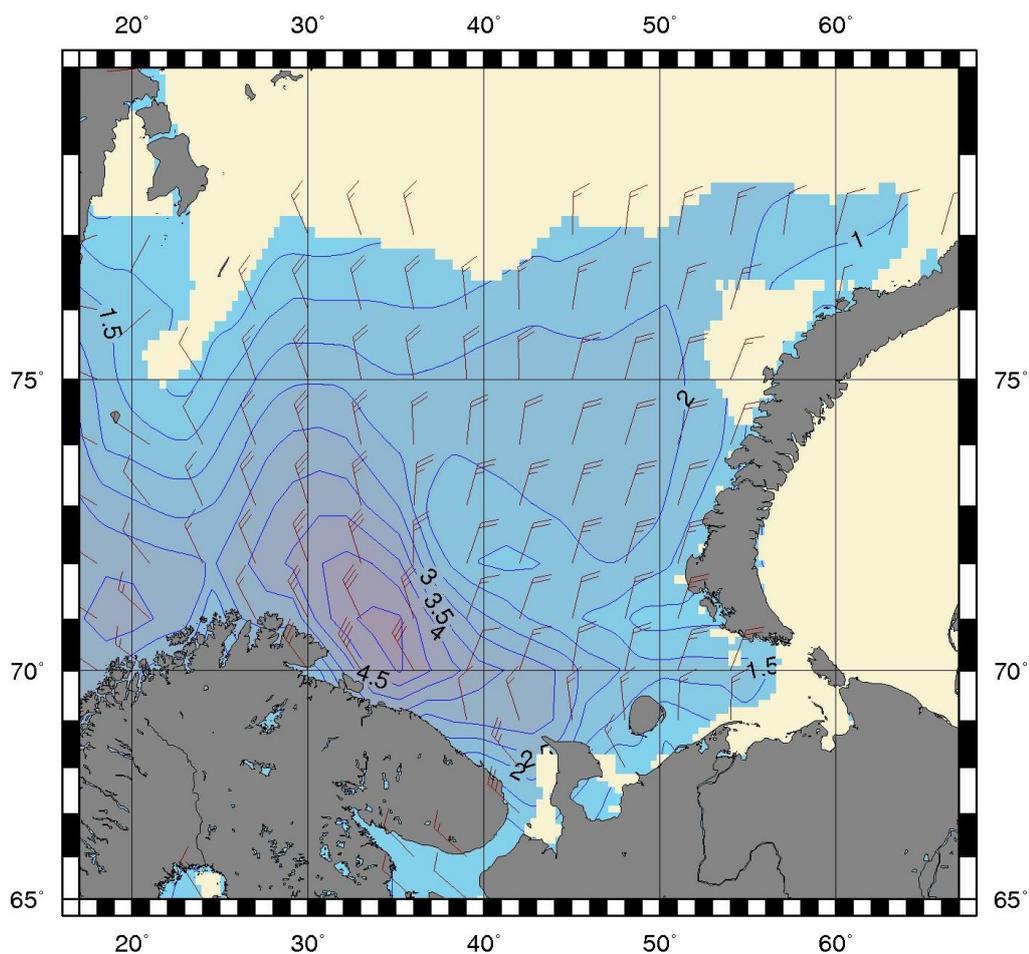


Рис. 3.12. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 23 апреля 2014 г.

В таблицах 3.4–3.7 приведены сведения о распределении высот волн H_s для июня месяца на чистой воде для Карского моря и морей восточной Арктики.

Таблица 3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2014 г.

Месяц	Высота волн, м	
	0–1	1–2
С 24 июня	6	1

Таблица 3.5

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в море Лаптевых во втором квартале 2014 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Июнь	15	13	2

Таблица 3.6

**Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (Hs) в Восточно-Сибирском море
во втором квартале 2014 г.**

Месяц	Высота волн, м		
	0-1	1-2	2-3
Июнь	20	9	1

Таблица 3.7

**Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (Hs) в Чукотском море во втором
квартале 2014 г.**

Месяц	Высота волн, м		
	0-1	1-2	2-3
Июнь	19	8	3