

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

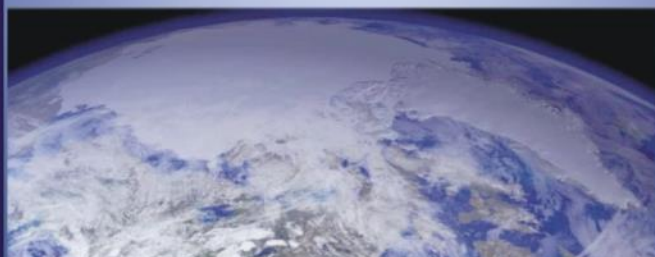
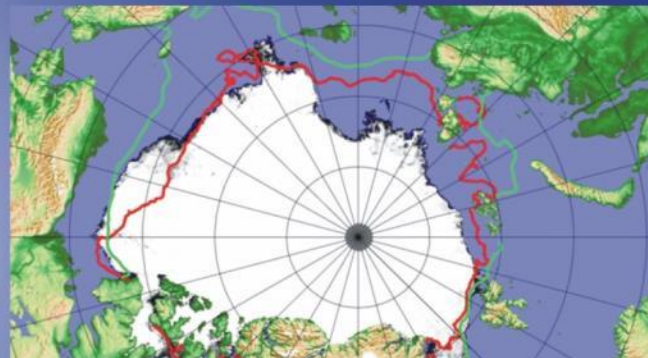


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2015



СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	1
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Метеорологические условия в Северной полярной области в апреле- июне 2015 г.	5
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария	5
1.2. Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области 17	
2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле- июне 2015 года	28
2.1. Развитие ледовых условий за период апрель-июнь	28
2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период	42
3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей	50
3.1. Термохалинные условия	50
3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО	51
3.2. Уровень арктических морей	54
3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель-июнь) 2015г. 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 вед. инж. Степанова А.).

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, вед. инж. Хотченков С.

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 2015 г.

1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба и метеорологических условий в полярном районе Северного полушария за период с апрель по июнь 2015 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов во втором квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь-март 2015 г., особенности которых более подробно были представлены ранее.

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

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

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

Реальное состояние крупномасштабной циркуляции в атмосфере и метеорологические условия в полярном районе Арктики каждого конкретного года существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы),

что указывает на существование большого числа вариантов конкретных реализаций ОЦА в отдельных локальных районах Арктики. Несмотря на сложность взаимосвязей между элементами макроструктуры, множественность их возможных состояний и сочетаний, в эволюции макросиноптических процессов всегда имеется возможность выявить ряд существенных особенностей, определяющих тенденцию их развития.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с апреля по июнь 2015 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй квартал 2015 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Вангенгейма-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 2015 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	<i>W</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	3	M_1	M_2
Число дней	24	39	28	8	57	26
Аномалия	-4	10	-6	-20	24	-4

В период апрель – июнь 2015 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости, в первом, секторе процессов меридиональной (*C*) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 10 дней и составили 39 дней.

Во втором секторе более аномально высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M_1 . Данные процессы отмечались 57 дней, что выше нормы на 24 дня.

Анализ процессов показал, что в апреле – июне 2015 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с апреля по июнь 2015 г. представлен на рис. 1.1.

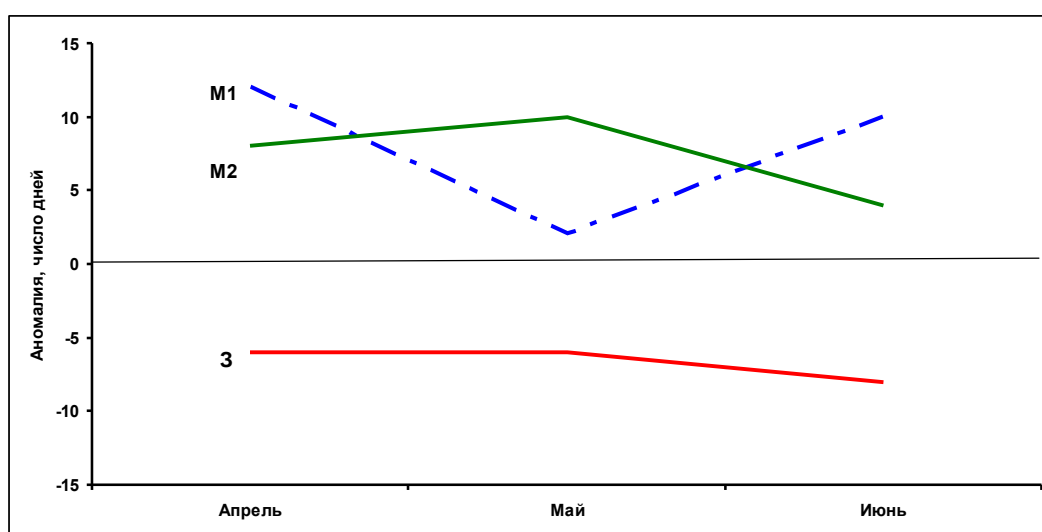
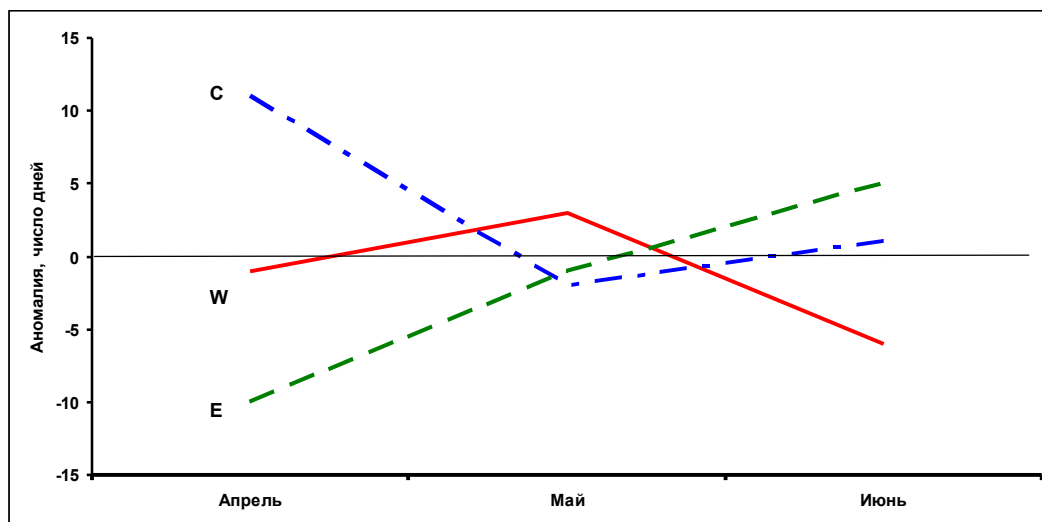


Рисунок 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами (верхний рисунок) и типами циркуляции атмосферы (нижний рисунок) в период апрель-июнь 2015 г.

W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма, Z – зональный тип, M_1 – первый меридиональный тип, M_2 – второй меридиональный тип

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

Апрель (C_{M1}) → Май ($W_{(M2+M1)}$) → Июнь ($E_{(M1+M2)}$)

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

Тенденции изменения давления от месяца к месяцу в полярном районе представлены на рис. 1.2 в виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления

отдельно для европейского и американского секторов Арктики. При положительных значениях аномалий давления интегральная кривая идет вверх, при отрицательных – вниз.

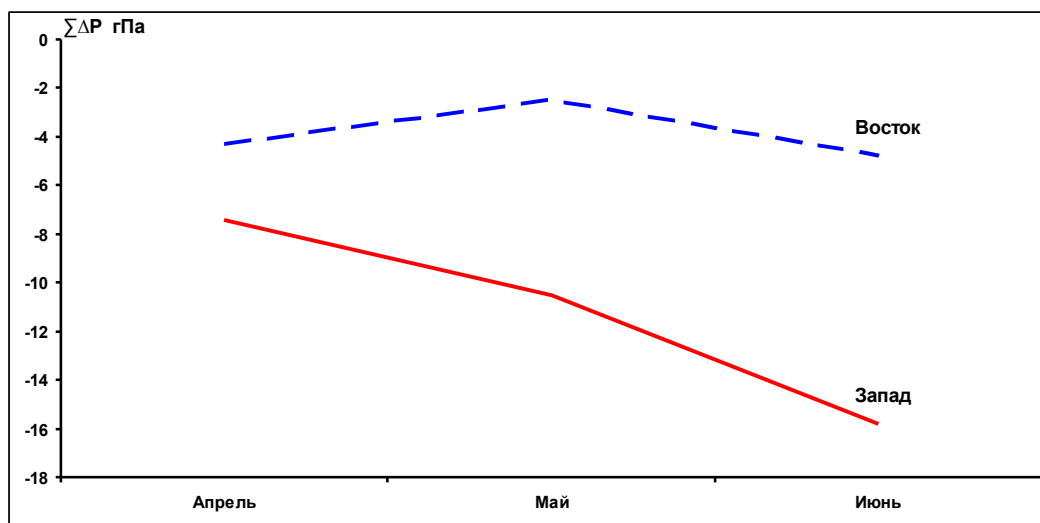


Рисунок 1.2. Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления (гПа) в апреле - июне 2015 г. европейском (запад) и американском (восток) секторах полярного района Арктики.

В первом европейском секторе Арктики под влиянием циклонов Северной Атлантики отмечались отрицательные аномалии давления и устойчивая тенденция к их понижению. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в апреле и июне.

Во втором американском секторе Арктики в апреле и июне преобладали отрицательные аномалии давления. В мае на фоне усиления арктического антициклона в наблюдалась тенденция к росту давления от отрицательных к положительным значениям аномалий.

Изменения в апреле-июне 2015 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.3. Во все месяцы фон температуры в целом над полярным районом оставался аномально высоким и выше на 0,2 °С, чем во втором квартале прошлого года.

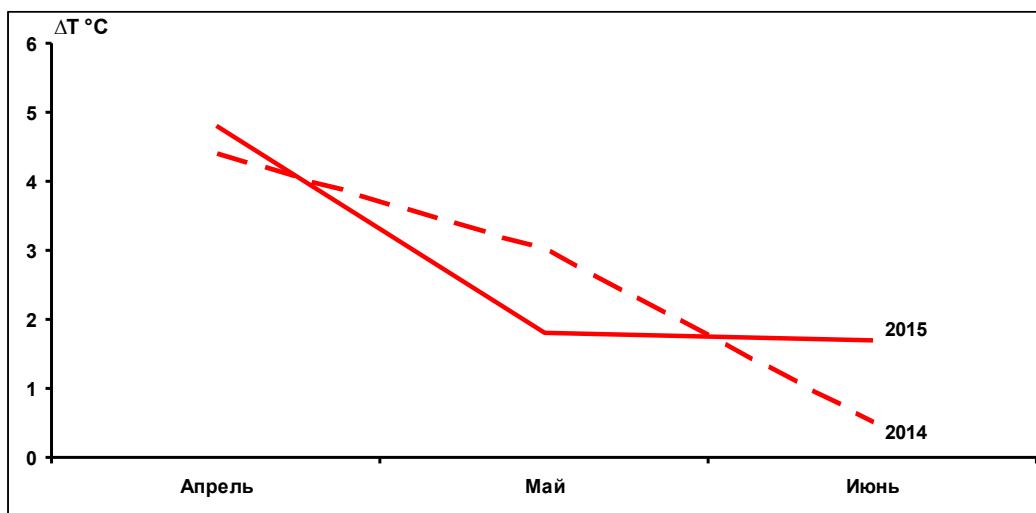


Рисунок 1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в апреле – июне 2014 и 2015 гг.

Тенденция к значительному понижению температурного фона от апреля к маю была обусловлена крупномасштабной перестройкой атмосферных процессов от меридиональной к зональной циркуляции и сменой в направленности воздушных потоков. В апреле на фоне процессов меридиональной формы циркуляции с высокоширотными траекториями циклонов в системе исландского минимума отмечалась более устойчивая, чем в мае и июне, адвекция теплых воздушных масс в полярный район Арктики.

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

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов в апреле-июне 2015 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

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

В **апреле** центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе северной части Гренландии. Основная ложбина была ориентирована на западный сектор Арктики, под которой в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность. Восточный сектор часто находился под влиянием высотного гребня блокирующих гребней азиатского и американского континентальных антициклонов (рис. 1.4).

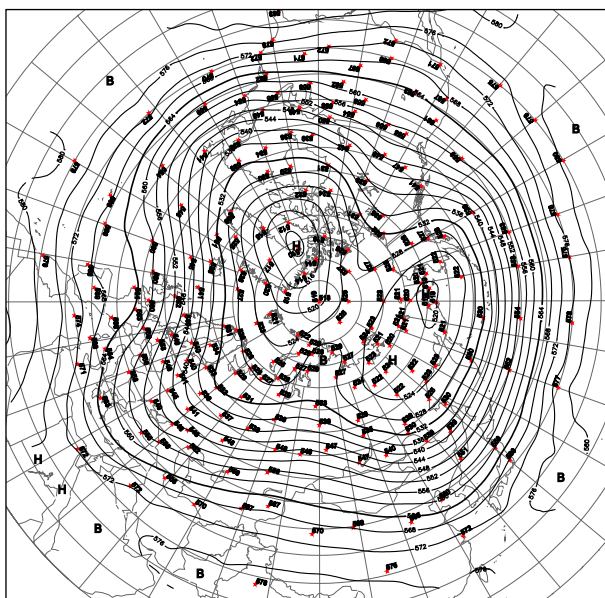


Рисунок 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2015 г.

В первом секторе произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от восточной к меридиональной форме циркуляции. Под влиянием над Северной Атлантикой гребня азорского антициклона циклоны смещались в Арктику по высокоширотным траекториям до акватории Баренцева моря и далее на континентальную часть Восточной Европы. Фон давления в секторе был ниже нормы на 4-6 гПа (рис.1.5).

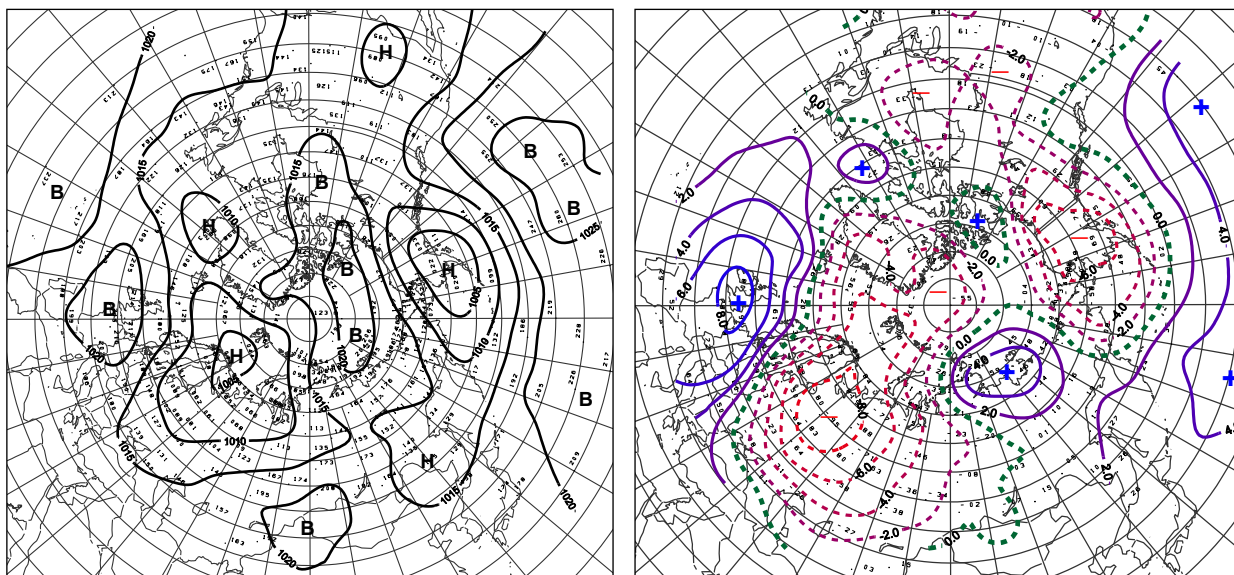


Рисунок 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в апреле 2015 г. (гПа)

При воздушных потоках южных направлений сформировался фон температуры выше нормы. Наиболее устойчивые крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 9 °С) отмечались в Карском море.

Во *втором* (тихоокеано-американском) секторе произошла перестройка атмосферных меридиональных процессов от типа M_2 к типу M_1 . Циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям через Аляску и далее в меридиональном направлении на континентальную часть Америки. Под их влиянием в данном секторе Арктики отмечалось частое понижение фона давления до отрицательных аномалий. Воздушные потоки восточных и юго-восточных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс и формирование аномалий температуры на 4-6 °С выше нормы (рис. 1.6).

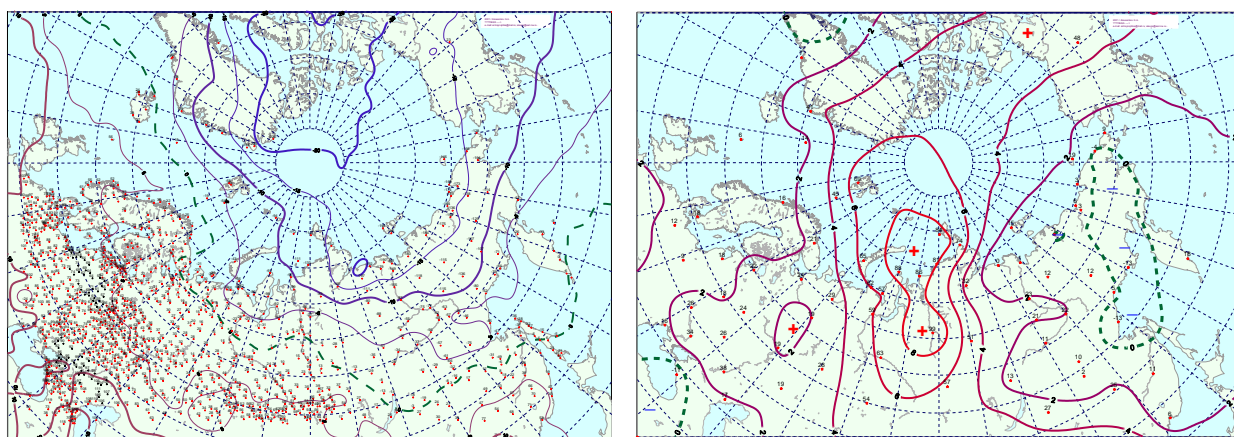


Рисунок 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2015 г., (°С)

В **мае** произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от меридиональной формы циркуляции к западной. Центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился от Гренландии в приполюсный район. Основные ложбины были ориентированы на западный сектор Арктики и район Восточной Сибири. Восточный сектор Арктики часто находился под влиянием высотного гребня блокирующих гребней американского и гавайского антициклонов, под которыми в приземном поле сформировался устойчивый антициклон (рис. 1.7).

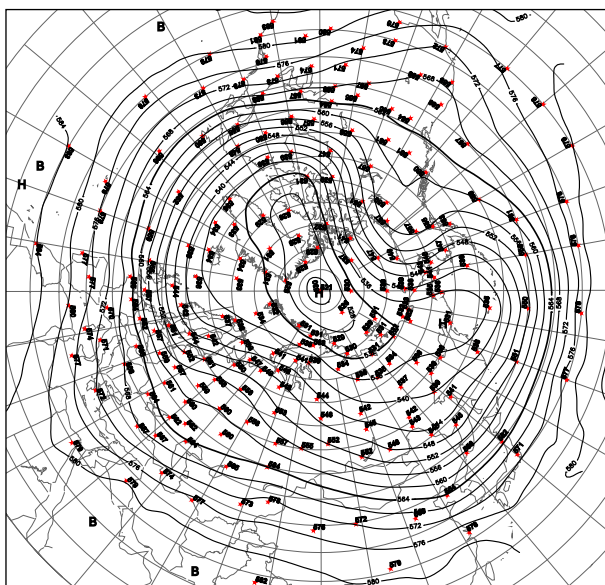


Рисунок 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2015 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась повышенная повторяемость зональных процессов западной формы циркуляции. Циклоны в системе исландского минимума смещались по низкоширотным траекториям до акватории Карского моря. Фон давления в западном секторе был ниже нормы на 4-6 гПа. Воздушные потоки преимущественно южных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс в Арктику. Фон температуры был выше нормы. Наиболее высокие значения положительных аномалий температуры достигающих 5-7 °С отмечались в юго-восточной части Баренцева и юго-западной части Карского морях (рис. 1.8).

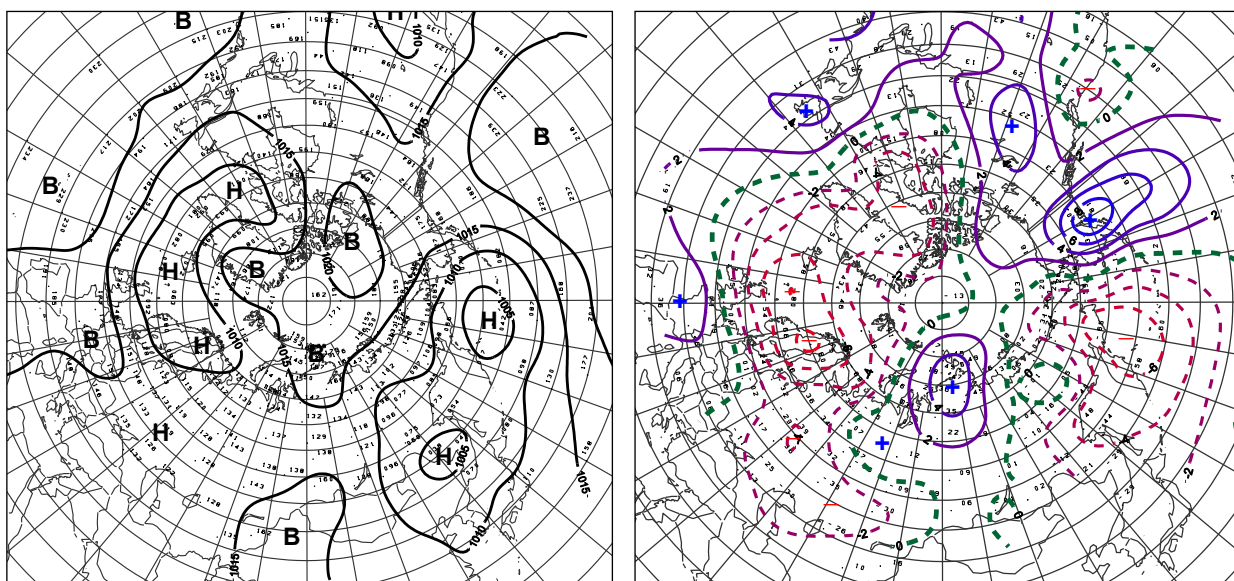


Рисунок 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2015 г. (гПа)

Во втором (тихоокеано-американском) секторе anomalно повышенную повторяемость имели меридиональные процессы. Выходы циклонов в системе алеутского минимума в полярный район Арктики были блокированы гребнями арктического и гавайского антициклонов. Фон давления был выше. Наблюдались воздушные потоки неустойчивые по направлению. Фон температуры был выше нормы и по сравнению с апрелем понизился на 2-5°C (рис. 1.9).

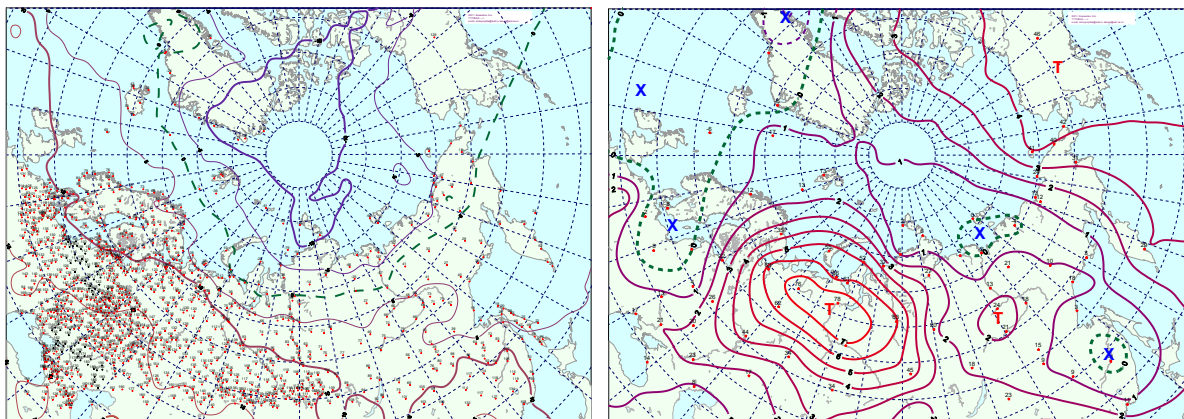


Рисунок 1.9 Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2015 г., (°C)

В июне произошла перестройка высотного поля на изобарической поверхности 500 гПа. Основной центр циркулярного вихря сместился из приполюсного района в европейский сектор Арктики, где в приземном поле отмечалась активная циклоническая деятельность (рис. 1.10).

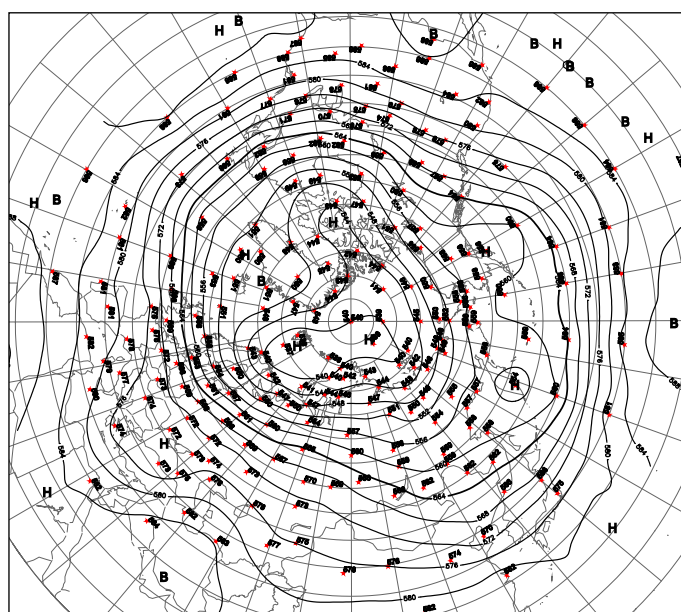


Рисунок 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2015 г.

В *первом секторе* произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от западной к восточной форме циркуляции. Под влиянием над континентальной частью Евразии гребней азорского и континентального антициклонов циклоны смещались над акваторией Баренцева и Карского морей. Фон давления в секторе был ниже нормы на 2-6 гПа (рис.1.11).

При устойчивых во времени воздушных потоках южных направлений сформировался фон температуры значительно выше нормы. Наиболее устойчивые крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 6 °С) отмечались в юго-западной части Карского моря.

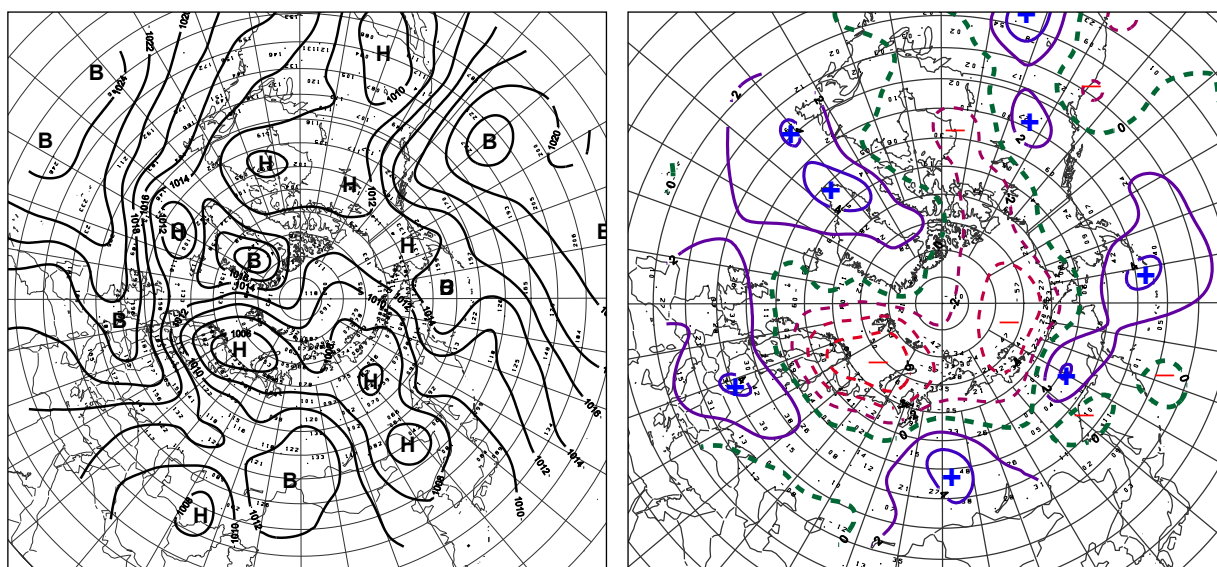


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2015 г.(гПа)

Во *втором секторе* аномально повышенную повторяемость имели разновидности меридиональных процессов. Под влиянием над Тихим океаном устойчивого гребня гавайского антициклона циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям в полярный район Арктики. Фон давления ниже нормы на 4-6 гПа. Воздушные потоки юго-западных направлений. Положительный фон температуры по сравнению с маем понизился на 1-2 °С (рис.1.12).

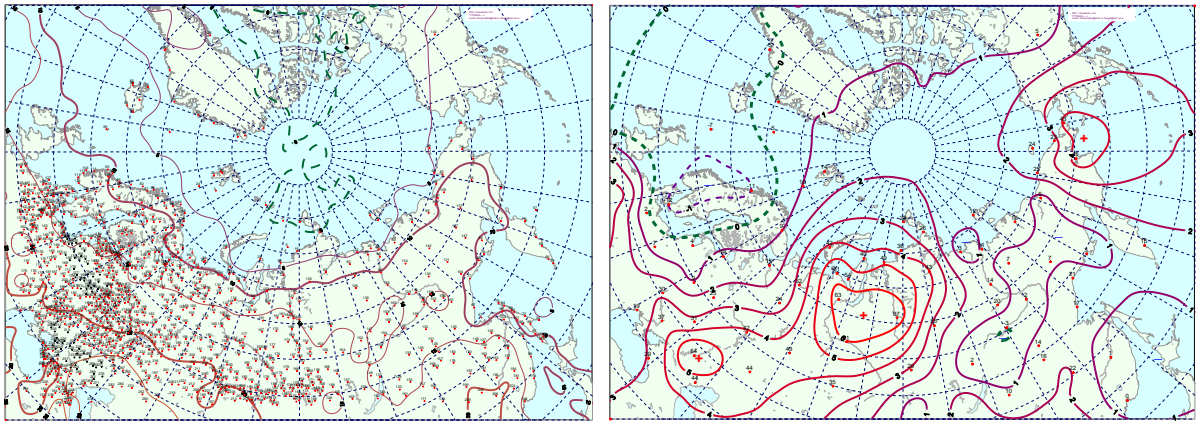


Рисунок 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2015 г., (°С)

Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов показал, что характерный для текущей циркуляционной стадии развития атмосферных процессов температурный фон с преобладанием положительных аномалий температуры во втором квартале 2015 г. сохранился. Отличием с прошлым 2014 г., явилось повышение температурного фона как в целом по полярному району Арктики, так и по отдельным его районам.

На рисунке 1.13 приводятся фоновые среднегодовые значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики во втором квартале 2015 г. по сравнению с прошлым 2014 г. Понижения температурного фона на 1-3 °С отмечались в Лаптевых и Восточно-Сибирском морях. Повышение фона имело место в Баренцевом, Карском морях, а также в Чукотском море.

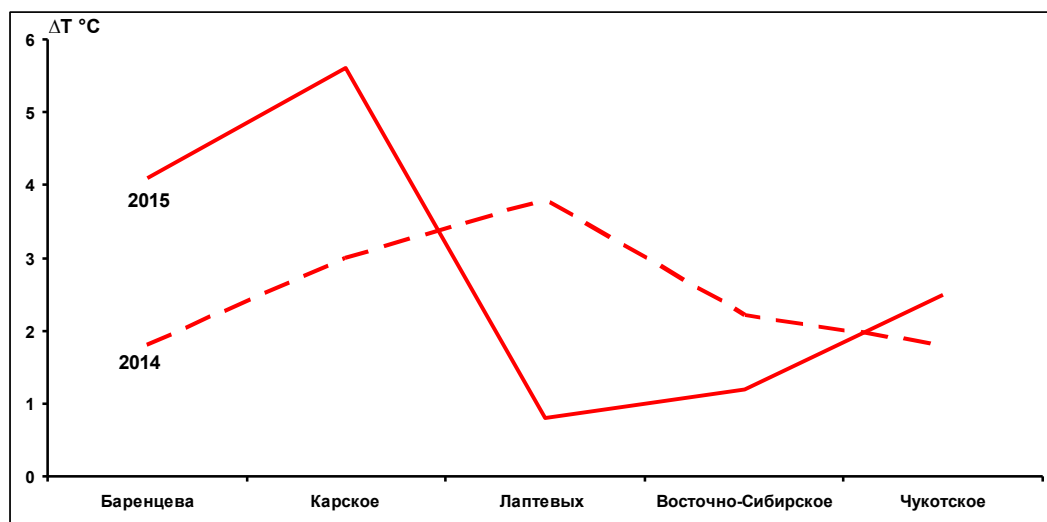


Рисунок 1.13. Средние за второй квартал значения аномалий температуры воздуха (°С) по акватории морей российской Арктики в 2014 и 2015 гг.

Структурные внутримесячные особенности развития и перестроек атмосферных процессов в апреле - июне 2015 г. по элементарным синоптическим процессам (ЭСП)

представлены в табл. 2 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.

Таблица 1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с апреля по июнь 2015 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Апрель 2015			Май			Июнь		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-3	С	М ₁	1-3	W	З	1-4	Е	М ₁
4-6	Е	М ₁	4-7	Е	М ₁	5-7	С	М ₁
7-10	С	М ₂	8-10	W	М ₁	8-11	W	М ₁
11-15	W	З	11-13	Е	М ₁	12-13	С	М ₁
16-18	С	М ₁	14-16	С	М ₁	14-17	С	М ₁
19-23	С	М ₁	17-19	W	М ₂	18-20	С	М ₁
24-26	W	М ₂	20-22	Е	М ₂	21-26	Е	М ₂
27-30	С	М ₁	23-25	W	М ₂	27-30	Е	М ₁
			26-30	С	М ₂			
			31	Е	М ₂			
Итого	W 8 (-1) С 19 (11) Е 3 (-10)	З 5 (-4) М ₁ 18 (10) М ₂ 7 (-6)	Итого	W 12 (3) С 8 (-2) Е 11 (-1)	З 3 (-8) М ₁ 13 (4) М ₂ 15 (4)	Итого	W 4 (-6) С 12 (1) Е 14 (5)	З 0 (-8) М ₁ 24 (8) М ₂ 6 (0)

Примечания

- 1 ЭСП – элементарный синоптический процесс;
- 2 А-Е – атлантико-европейский сектор полушария;
- 3 Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария.
- 4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, С, Е) и типами (З, М₁, М₂) атмосферной циркуляции.

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.

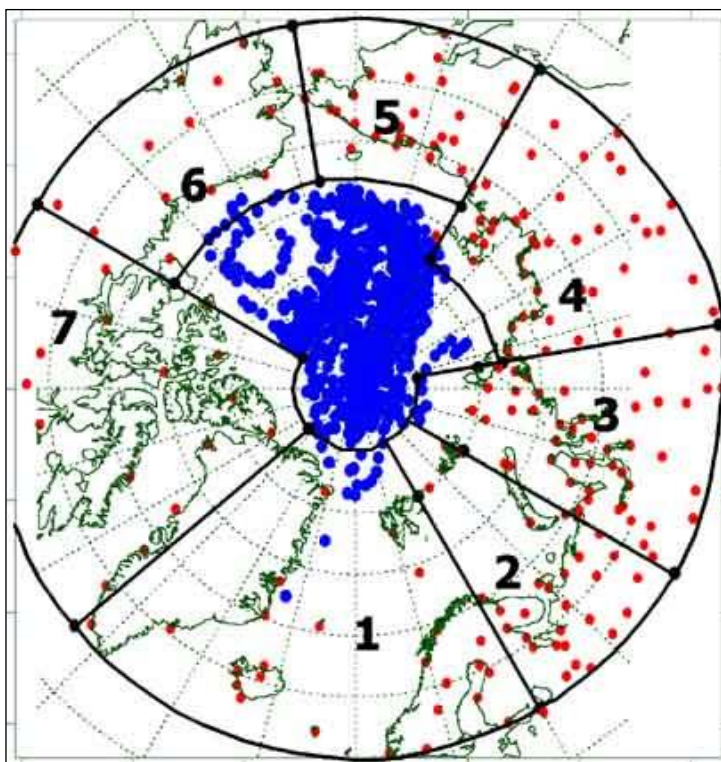


Рисунок 1.14. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

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 2015 года по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в табл.1.3. В целом по СПО аномалия температуры воздуха составила 2,7 °С. Это третья теплая весна по

рангу теплых лет за период с 1936 г. Аномалия температуры в широтной зоне 70-85° с.ш. оказалась равной 3,1 °С, а в зоне 60-70° с.ш. 2,4 °С. Прошедший сезон в обеих широтных зонах стал четвертым теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.3

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

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	3,1	4	2011 (4,0)	1966 (-2,2)
60-70	2,4	4	2011 (2,9)	1964 (-2,2)
60-85	2,7	3	2011 (3,4)	1964 (-2,1)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2015 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в западной части евразийского сектора (рис.1.15, табл.1.4).

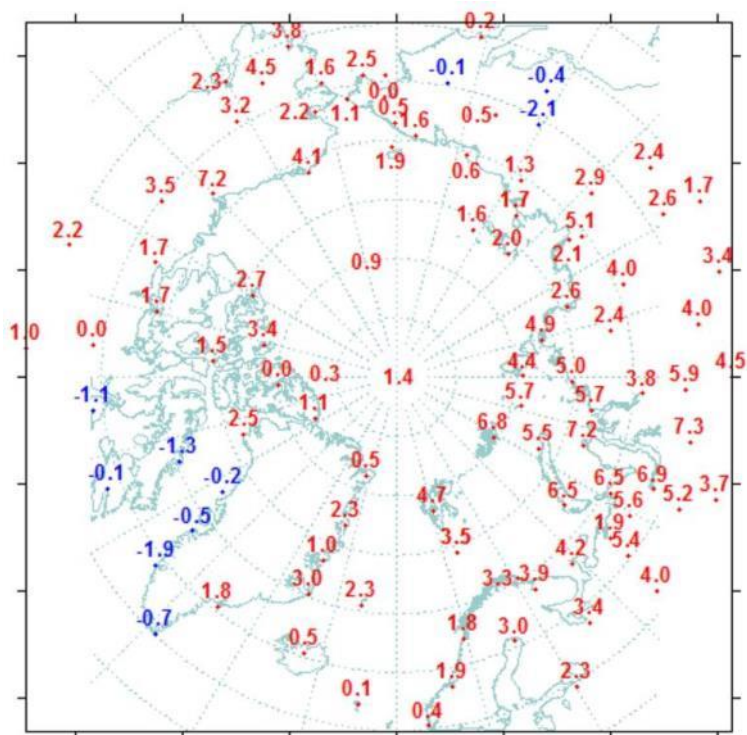


Рисунок 1.15. Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона 2015 г. на станциях Северной полярной области, °С

Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в весеннем сезоне 2015 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	1,6	10	2004 (3,0)	1968 (-1,4)
Североевропейский	4,1	1	2015 (4,1)	1958 (-2,8)
Западносибирский	5,5	2	2011 (6,7)	1964 (-2,0)
Восточносибирский	2,7	7	2011 (5,5)	1958 (-2,7)
Чукотский	0,7	33	2002 (4,3)	1950 (-2,8)
Аляскинский	3,6	3	1981 (4,0)	1964 (-4,2)
Канадский	0,9	33	2010 (4,6)	1964 (-2,5)

Аномалия температуры в районах Североевропейском и Западносибирском составила 4,1 и 5,5 °С соответственно. Весна 2015 г. оказалось наиболее теплой в Североевропейском районе и второй по рангу теплых лет в Западносибирском районе. В южных частях Чукотского и Канадского районов прослеживались небольшие отрицательные аномалии температуры воздуха.

В районах арктических морей наблюдались преимущественно положительные аномалии температуры. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в районе Баренцева и Карского морей, а также в районе моря Бофорта. Соответственно в районах морей Баренцева и Бофорта весенний сезон стал наиболее теплым, а в районе Карского моря вторым теплым сезоном по рангу теплых лет (табл.1.5).

Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2015 г. на территории севернее 70° с.ш.

Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	2,5	7	2004, 2006 (3,8)	1968 (-2,1)
Баренцево море	4,9	1	2015 (4,9)	1969 (-2,7)
Карское море	5,7	2	2011 (7,3)	1964 (-3,9)
Море Лаптевых	2,7	8	2011 (5,6)	1966 (-2,6)
Восточно-Сибирское море	1,3	30	1990 (5,4)	1950 (-2,5)
Чукотское море	1,2	28	2002 (5,4)	1985 (-3,2)
Море Бофорта	3,9	1	2015 (3,9)	1964 (-2,7)
Северная часть Канадского района	1,0	32	2010 (4,2)	1964 (-2,1)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за весенний сезон 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 температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за весенний сезон 1936-2015 гг. показала наличие 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 1,8, 1,7 и 1,8 °С за 80 лет.

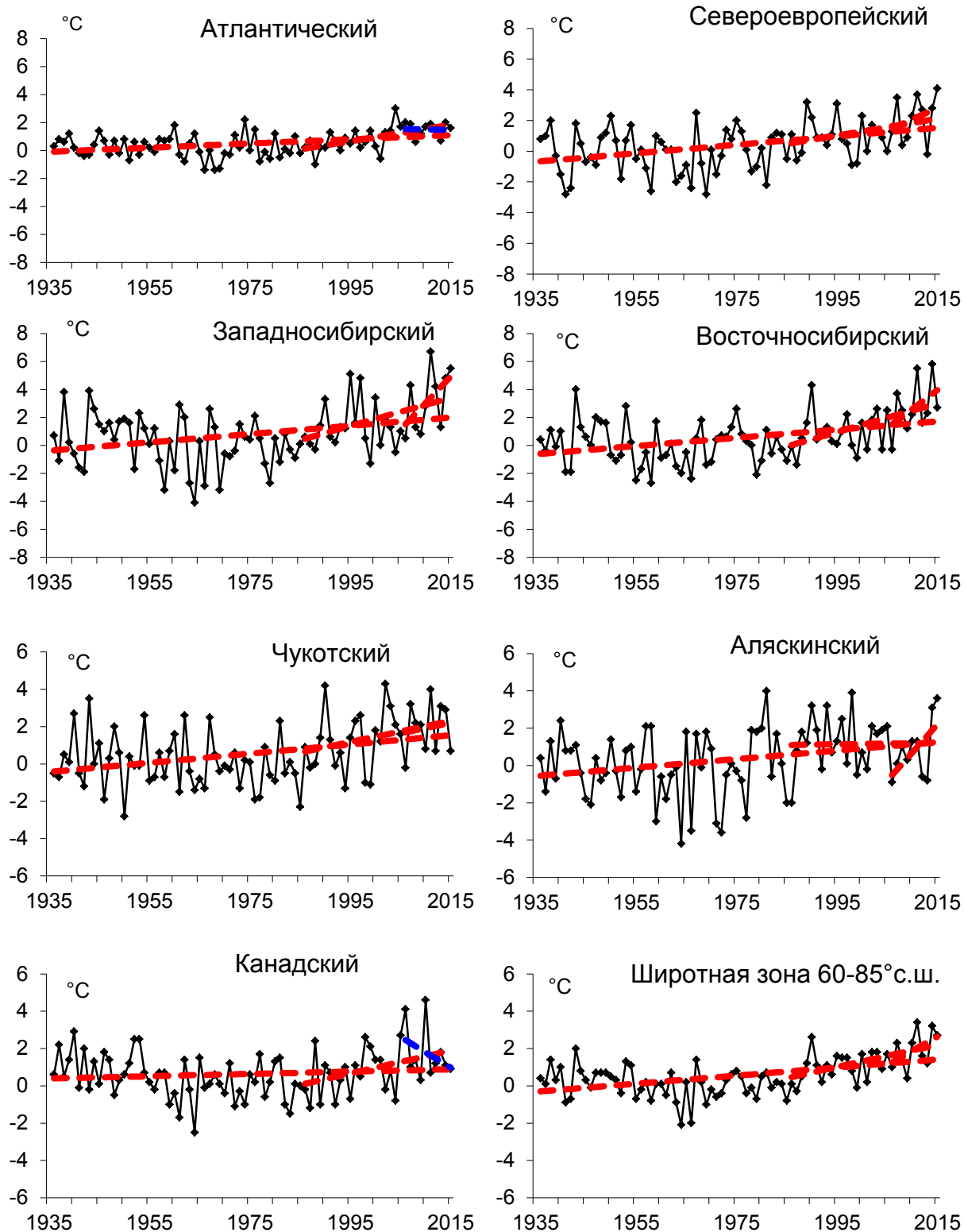


Рисунок 1.16. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом,

°C

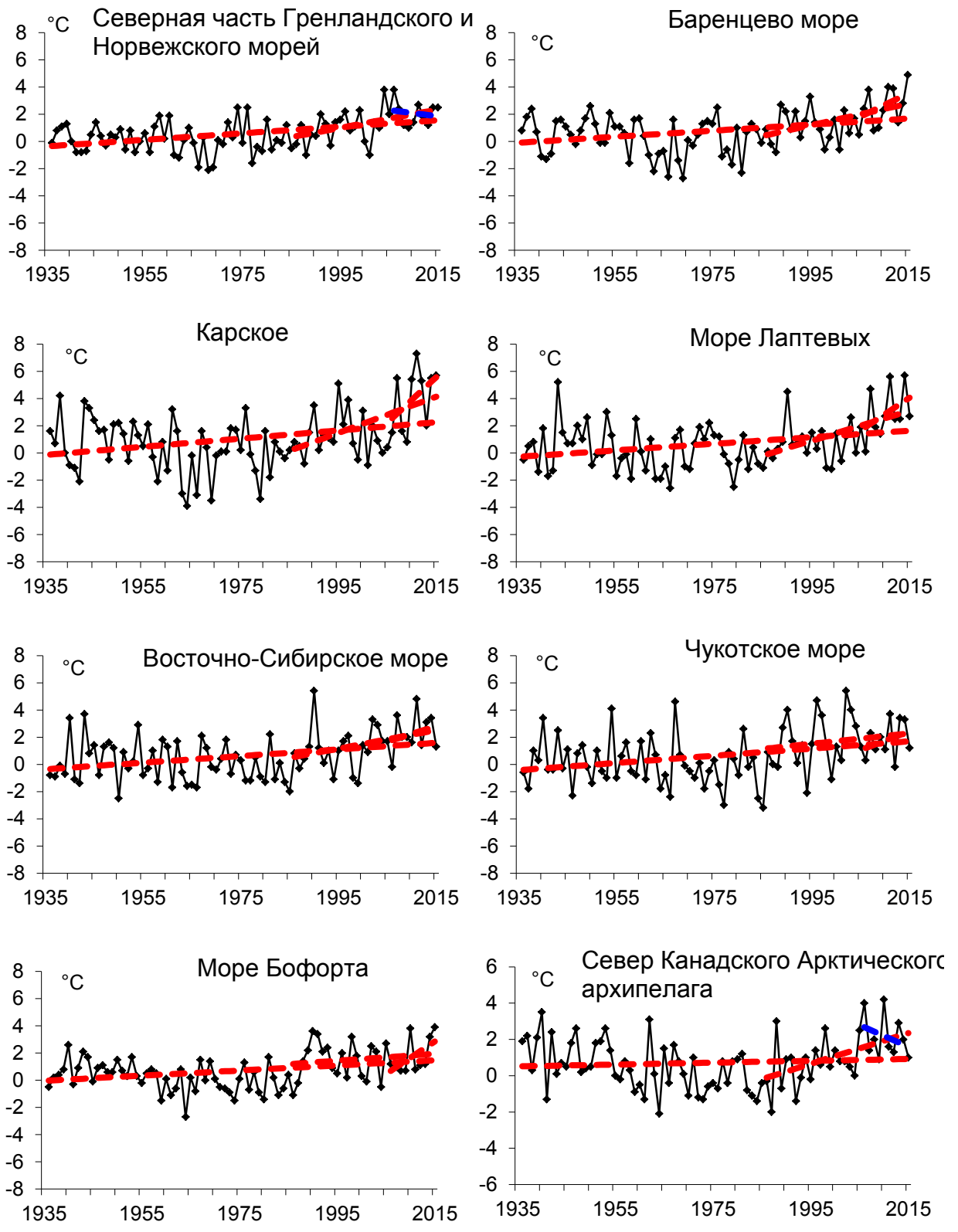


Рисунок 1.17. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °C

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

Район, широтная зона	1936-2015		1986-2015		2006-2015	
	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>
Атлантический	0.15	38.6	0.58	59.7	-0.10	5.7
Североевропейский	0.28	40.9	0.55	34.6	1.46	29.9
Западносибирский	0.30	32.6	1.01	43.5	3.79	52.7
Восточносибирский	0.29	39.2	1.02	51.5	2.74	44.4
Чукотский	0.25	35.6	0.57	32.3	0.58	12.6
Аляскинский	0.23	29.8	0.03	2.0	3.02	58.7
Канадский	0.06	11.3	0.61	39.0	-1.65	34.5
60-70° с.ш.	0.21	47.6	0.45	43.9	1.61	49.5
70-85° с.ш.	0.23	44.8	0.85	53.0	1.41	45.8
60-85° с.ш.	0.22	47.9	0.59	55.5	1.53	47.0

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1986-2015 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах в весенней температуре характерны статистически значимые (на 5% уровне значимости) положительные тренды. Повышение температуры в целом по региону составляет 1,8 °С за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Западносибирского и Восточносибирского районов. Значение линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха в здесь составляет около 3,0 °С/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде статистически значимые линейные тренды отсутствуют. Отмечается появление отрицательных тенденций в изменениях температуры воздуха в Атлантическом и Канадском районах. В целом по региону знак тренда в температуре весеннего сезона положителен.

В районах всех арктических морей сохраняется положительный знак линейного тренда в изменениях температуры воздуха весеннего сезона (табл. 1.7).

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

Море, часть моря	1936-2015		1986-2015		2006-2015	
	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>	<i>Vx</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,24	44,3	0,68	50,4	-0,44	15,1
Баренцево море	0,22	33,5	0,80	48,2	1,75	37,9
Карское море	0,30	31,3	1,32	51,7	3,35	43,8
Море Лаптевых	0,24	31,2	1,09	53,1	2,40	39,9
Восточно-Сибирское море	0,24	34,0	0,68	37,1	1,15	24,3
Чукотское море	0,26	32,2	0,38	19,0	1,37	30,8
Море Бофорта	0,19	32,5	0,25	16,6	2,41	55,5
Северная часть Канадского района	0,05	8,6	0,85	53,0	-1,19	30,4
Примечание: <i>Vx</i> – значение линейного тренда в °С/10 лет; <i>D</i> – вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды						

Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха сохраняется в районе Карского моря и на севере Канадского района. За 1986-2015 гг. температура воздуха в этих районах повысилась соответственно на 4,0 и 2,6 °С/30 лет.

Атмосферные осадки.

Оценка выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2014/15 г. проводилась по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принят период с октября по май, период преимущественного выпадения твердые осадков.

В табл.1.8 представлены относительные аномалии (в %) количества осадков за холодный сезон 2014/15 г. для отдельных широтных зон и климатических районов. В целом в СПО осадков оказалось на 11 % выше нормы. Более всего осадков выпало в Атлантическом Североевропейском и Западносибирском районах. Такое количество осадков, выпавших в холодном периоде 2014/15 г. в СПО оказалось вторым в ряду убывающих значений с 1936 года. К югу от 70°с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало выше нормы на 15 %, а к северу на 9 %. Это соответственно первое и третье значения в ряду убывающих значений с 1936 года

Таблица 1.8

**Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков
холодного сезона 2014/15 г.**

Климатический район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	123,2	2015 (123,2)	1968 (75,2)
Североевропейский	110,6	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	115,5	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	98,6	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	94,4	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	85,3	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	92,5	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	115,2	2015 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	109,1	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	110,6	1954 (117%)	1980 (90%)

В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков теплого сезона за весь период (с 1936 по 2014 гг.) по северным (70-85° с.ш.) и 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	<i>B_x</i>	% от нормы	<i>D</i>	<i>B_x</i>	% от нормы	<i>D</i>
	1936-2015			1986-2015		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	6,83	6,4	16,3	-20,00	-7,1	14,9
Скандинавия и север ЕТР	15,11	39,8	70,8	5,81	5,7	13,8
Западная Сибирь	9,25	27,4	61,3	-1,23	-1,4	3,7
Восточная Сибирь	2,46	13,2	36,1	0,47	0,9	2,6
Чукотка	-0,80	-2,9	05,4	-9,09	-12,5	31,7
Аляскинский (южная часть)	2,94	13,8	19,4	2,47	4,4	6,5
Канадский (южная часть)	-0,15	-0,9	2,0	-8,65	-18,7	44,2
60-70° с.ш.	5,27	14,1	46,8	-3,22	-3,2	11,1
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	8,85	30,1	48,7	13,90	17,7	4,2
Баренцево море	6,29	22,2	54,8	4,45	5,9	44,6
Карское море	0,19	1,1	2,2	8,16	18,4	24,7
Море Лаптевых	-3,09	-20,3	38,3	-2,31	-5,7	15,7
Восточно-Сибирское море	-7,06	-45,1	54,5	-3,59	-8,6	5,0
Чукотское море	-9,61	-43,9	54,7	-0,27	-0,5	0,5
Море Бофорта	-0,88	-7,2	8,7	-7,16	-22,2	25,8

Район, широтная зона	<i>Bx</i>	% от нормы	<i>D</i>	<i>Bx</i>	% от нормы	<i>D</i>
	1936-2015			1986-2015		
	Канадский (северная часть)	0,49	6,5	8,1	-5,40	-27,0
70-85° с.ш.	1,21	7,0	24,0	7,06	15,3	16,3
Атлантический	7,70	9,6	26,1	-7,97	-3,7	8,7
Североевропейский	11,54	33,7	74,9	6,61	7,2	25,4
Западносибирский	5,43	20,5	57,8	2,72	3,9	13,0
Восточносибирский	0,34	1,9	6,4	-0,58	-1,2	4,1
Чукотский	-3,57	-15,0	27,9	-6,06	-9,6	31,6
Аляскинский	1,92	10,3	15,6	0,45	0,9	1,5
Канадский	0,10	0,7	1,7	-7,44	-20,5	43,6
60-85° с.ш.	3,41	11,1	45,0	-1,47	-1,8	7,9
Примечание: Первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет; Второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднесезонного значения за 1961-90 гг.; Третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%; Жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды						

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

Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936-2015 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения зимних осадков в целом по региону (на 11 % от нормы 1961-90 гг.) и к югу от 70° с.ш. (на 14 %). За этот период осадки более всего выросли в Североевропейском районе (на 34 %) и Западносибирском (на 20 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части районов (на 40 и 27 % соответственно). В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 15 % от нормы 1961-90 гг.).

Относительно наметившихся тенденций в изменениях сумм осадков холодного сезона можно указать на отрицательный знак тренда в последнем 30-ти летнем периоде как в целом по СПО, так и южной ее части. К северу же от 70°с.ш. продолжает сохраняться тенденция к росту осадков холодного сезона.

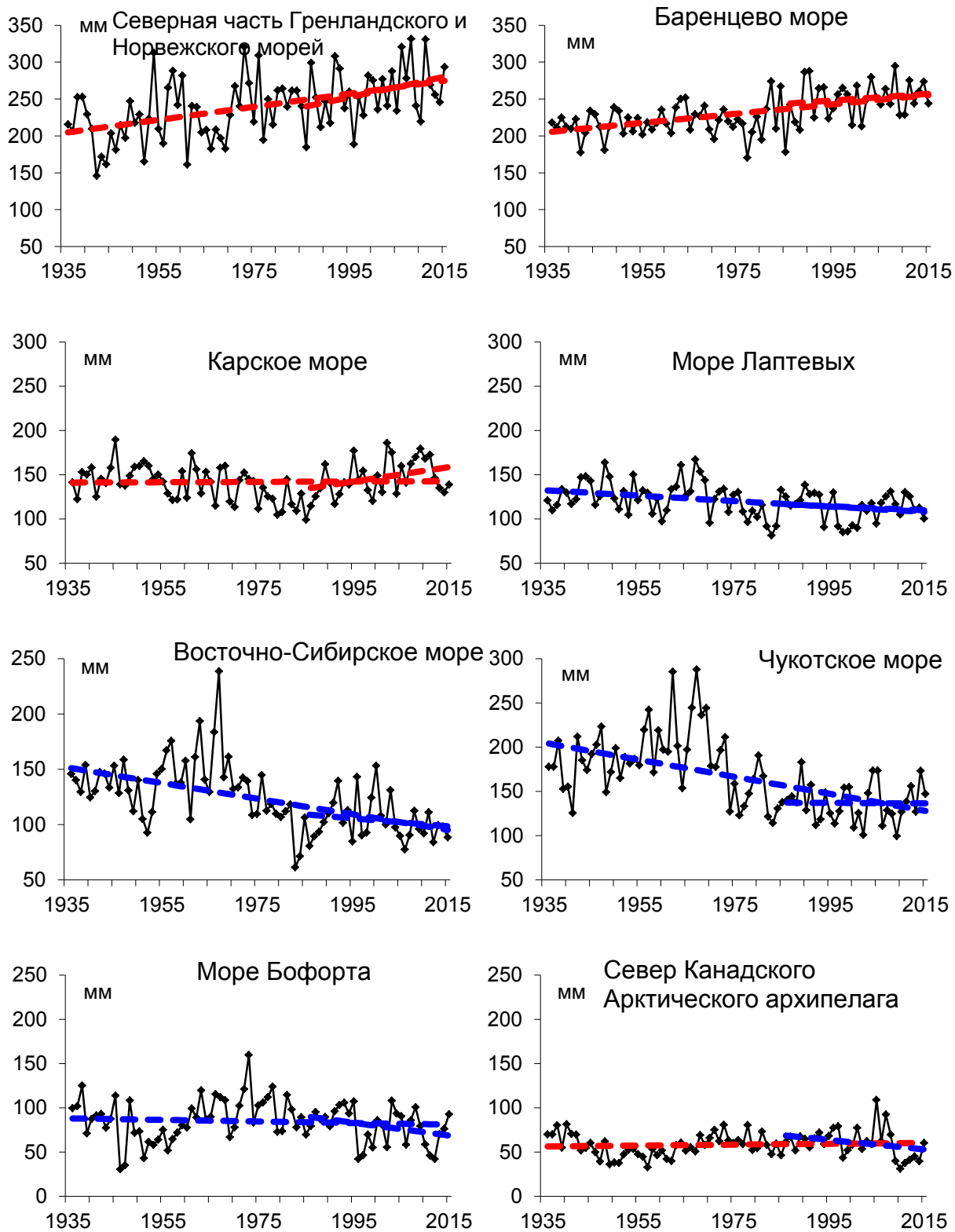


Рисунок 1.18. Временные ряды сумм осадков холодного сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2015 года

2.1. Развитие ледовых условий за период апрель-июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле-июне 2015 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» в апреле-мае на атомном ледоколе «Ямал» в экспедиции «Кара-зима 2015», 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 Североамериканской ледовой службы). Однако, данная несогласованность незначительна 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 2015 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 2015 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.

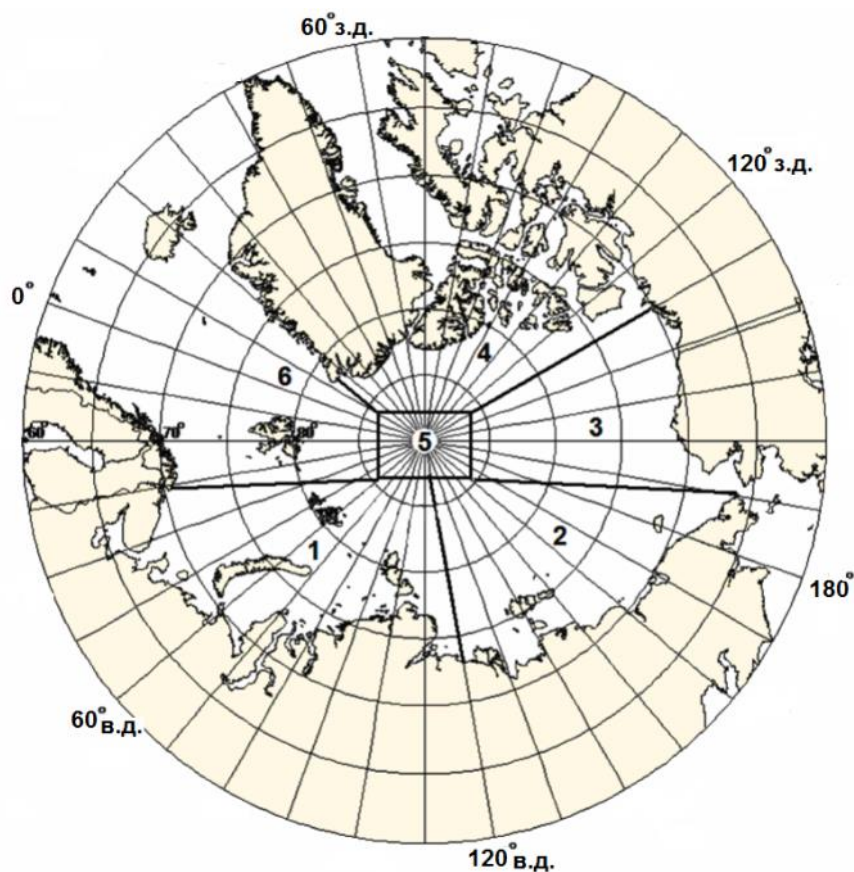


Рисунок 2.1. Районы Северного Ледовитого океана

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, среди которых значительную долю имели однолетние толстые льды (более 120 см.). Многолетние льды располагались в небольшой части приполюсного района, гренландском, канадском, и аляскинском секторах Арктики. Два значительных по протяженности языка старых льдов наблюдались в северной части Восточно-Сибирского моря. 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.

Распространение ледяного покрова в Северной полярной области в конце марта и среднемноголетнее границы льдов различной повторяемости приведено на рис. 2.13. В Гренландском и Баренцевом морях распространение ледяного покрова в конце марта было меньше чем в среднем многолетнем, что особенно хорошо прослеживалось в Баренцевом море (граница дрейфующего льда в этом море наблюдалась севернее и восточнее своего

среднего положения). Напротив, в морях Канадской Арктики граница дрейфующих льдов была близка к своему среднемноголетнему положению (рис. 2.2).

К концу марта в российских арктических морях сформировались отрицательные аномалии толщины припайного льда, составляющие -10...-30 см. Значительно меньше нормы (на 30 % меньше средних многолетних значений) был развит припай.

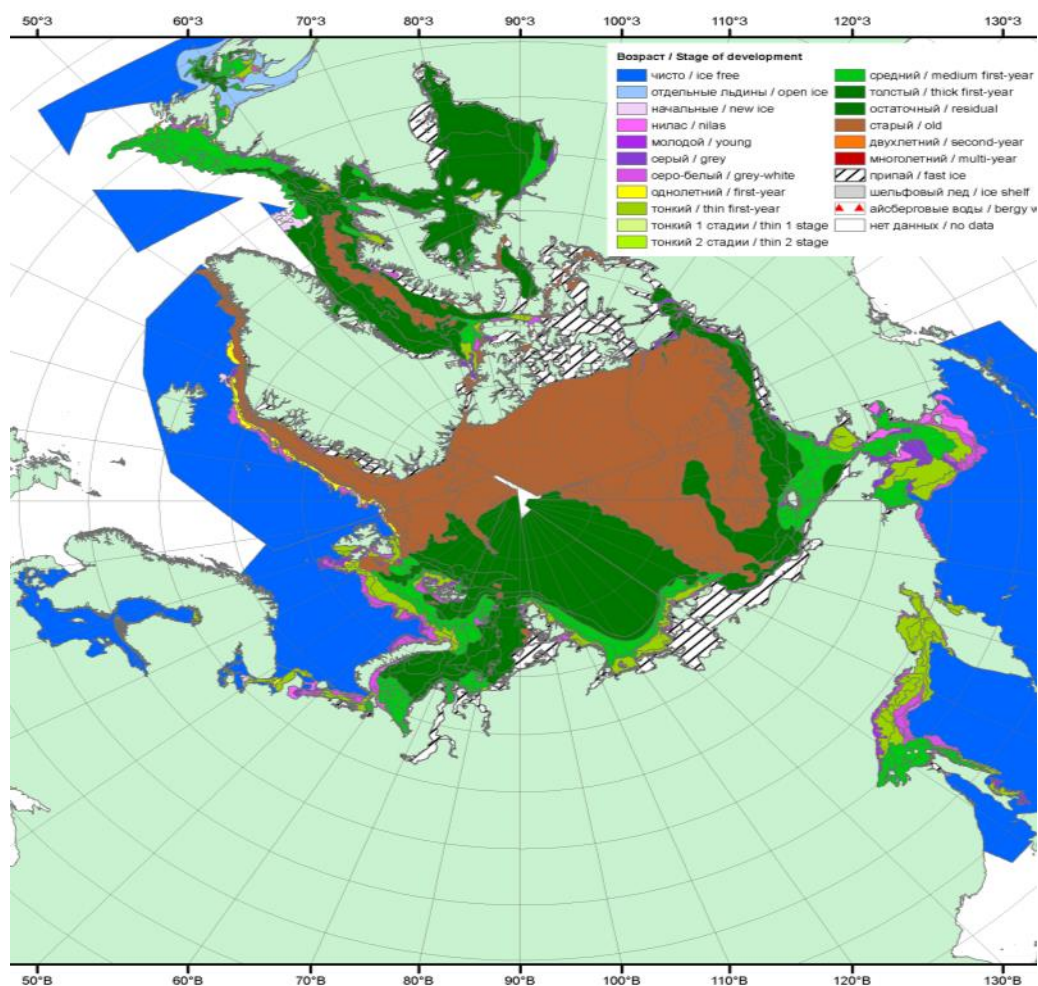


Рисунок 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО за 30 – 31.03.2015 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США.

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

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда была выше нормы в западном районе и в восточном районе арктического сектора Арктики, что при позднем начале ледообразования осенью привело к приближению толщины льда в российских арктических морях к среднемноголетним значениям. Аномалии толщины льда в конце

периода нарастания (май) по данным полярных станций везде были отрицательными и составляли величину $-5 \dots -20$ см (рис. 2.3).

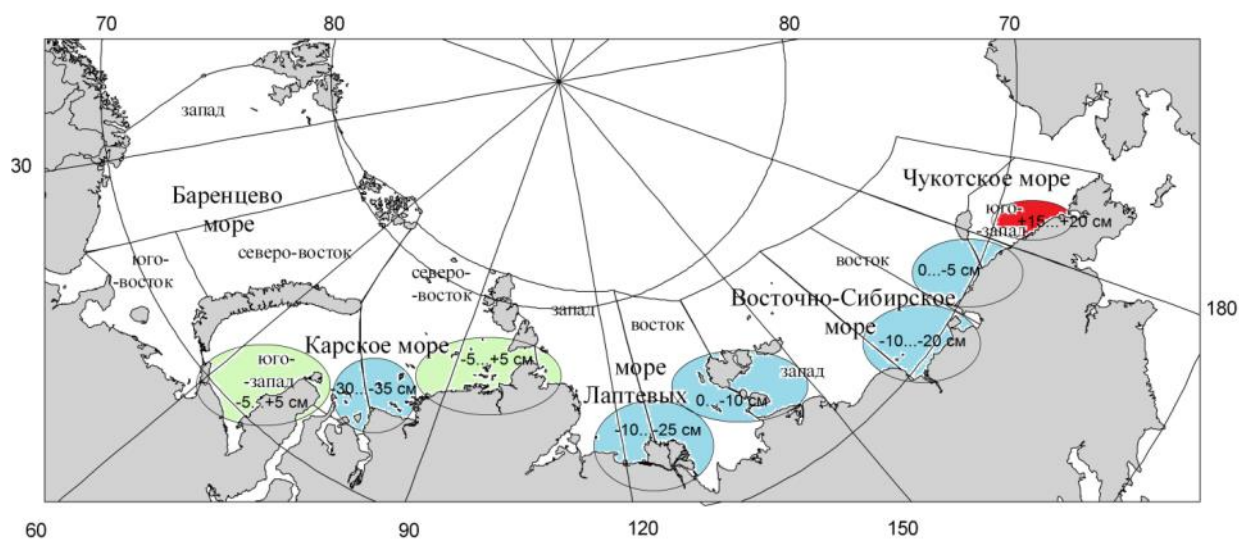


Рисунок 2.3. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2015 г. (конец мая).

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период апрель-июнь 2015 г. приведены на рисунках 2.4-2.12.

В апреле в распределении льдов по акватории СЛО произошло ряд качественных изменений в составе 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) и юго-восточной части Чукотского моря 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 моря сохранялся обширный язык остаточных льдов, перешедших в градацию двухлетних (рис. 2.4).

Основные структуры дрейфа льда в СЛО – Канадский антициклонический круговорот и Трансарктического перенос льдов были развиты очень хорошо, хотя их центры были несколько смещены относительно своих средних положений. Центр Канадского антициклонического круговорота был смещен к побережью канадского

арктического архипелага. 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 в пролив Фрама вдоль восточного побережья Гренландии (рис. 2.5).

В поле сплоченности ледяного покрова хорошо прослеживалась достаточная однородность. Зоны повышенной сплоченности наблюдались в Гренландском, Баренцевом и Карском морях, откуда был направлен вынос льда в результате развитого Трансарктического переноса льдов (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.6 б) и зоны повышенной сплоченности в прибрежной зоне моря Бофорта и в Восточно-Сибирском море, куда был направлен поток льда в результате переноса по периферии Канадского антициклонического круговорота (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.6 б).

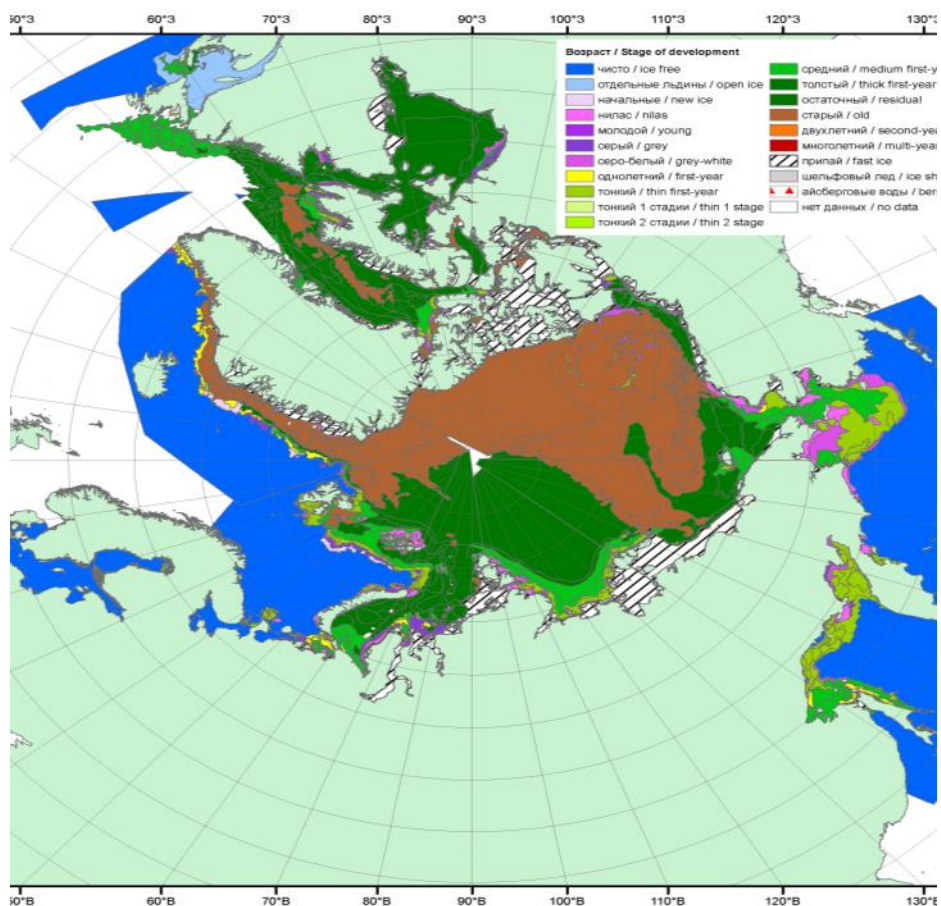


Рисунок 2.4. Обзорная ледовая карта СЛО за 20 – 21.04.2015 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США.

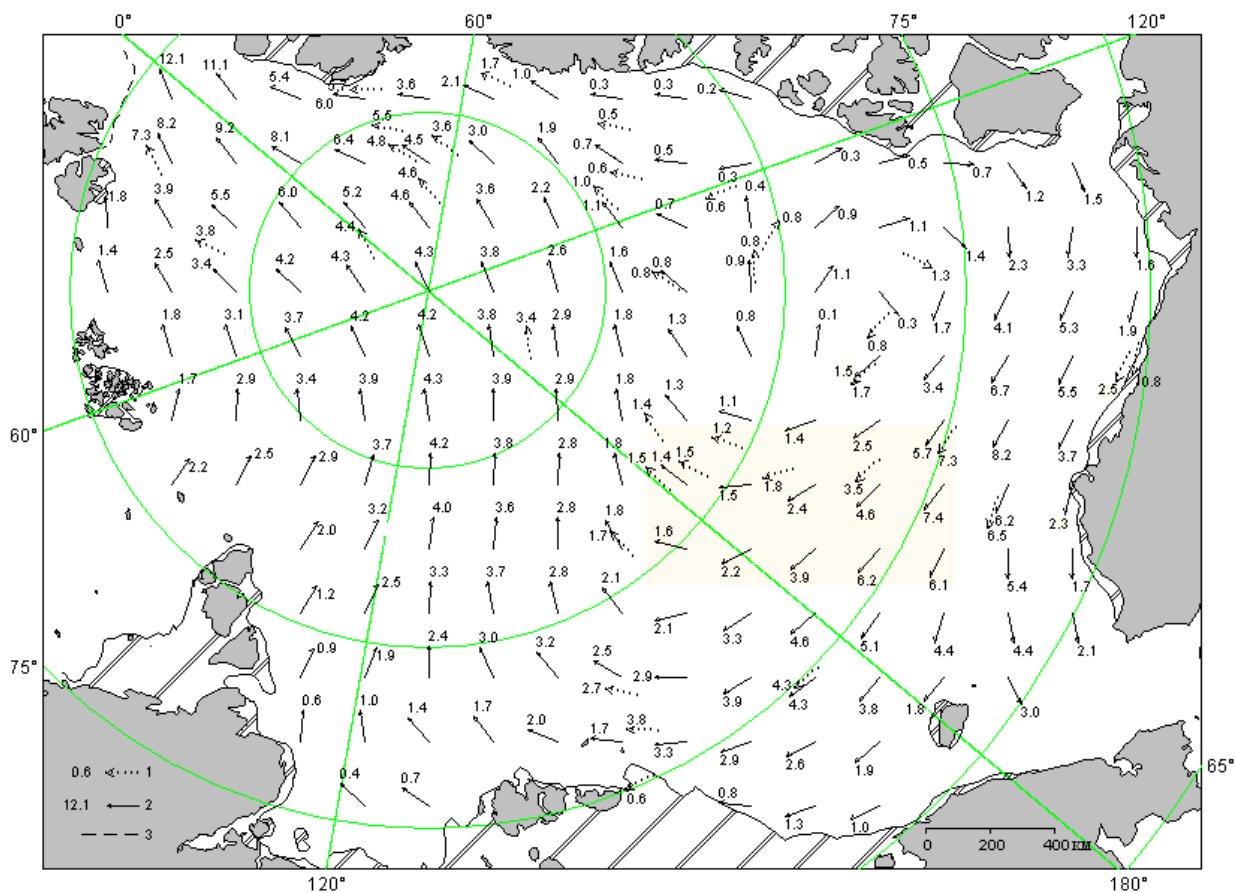


Рисунок 2.5. Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2015 г.

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

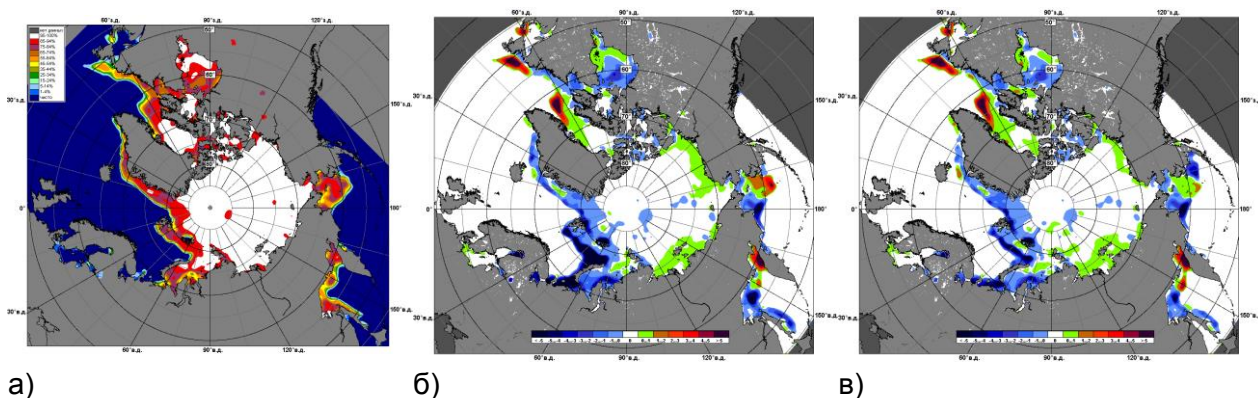


Рисунок 2.6. Медианные распределения сплоченности льда в апреле 2015 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2015 (б) и 2005-2015 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS.

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 45% от общего количества льда

составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено однолетними средними и тонкими льдами, а также молодыми льдами, которые наблюдались 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, часть гренландского сектора и более половины приполюсного района. Старые льды наблюдались преимущественно в канадском, гренландском и аляскинском секторах Арктики и, частично, в восточном районе российского сектора (в северной части Восточно-Сибирском моря) (рис. 2.7).

В поле дрейфа сохранялось четко выраженное развитие основных структур дрейфа – Трансарктического переноса и Канадского антициклонического круговорота.

Стрежень трансарктического переноса был смещен в северную часть моря Лаптевых. Перенос льдов, направленных к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама, обусловил вынос льдов из морей западного района российского сектора Арктики (Баренцева, Карского, Лаптевых). В результате устойчивого выноса льдов трансарктическим переносом из приполюсного района было вынесено большое количество старых льдов, которые были заменены однолетними льдами из северной части моря Лаптевых.

Канадский антициклонический круговорот наблюдался в виде хорошо развитого круговорота у побережья Аляски (рис. 2.8). Прибрежная ветвь дрейфа вдоль побережья Аляски, направленная из моря Бофорта в моря восточного района российского сектора, обусловила принос льдов в моря Чукотское и Восточно-Сибирское.

В распределении сплоченности льдов в мае в связи с развитием обширного Трансарктического переноса и хорошо развитого Канадского антициклонического круговорота наблюдалась отрицательная аномалия сплоченности в западных окраинных морях, (Баренцево, Карское) и в море Бофорта (зоны, выделенные голубым цветом на рис. 2.10 б). В морях восточного района российского сектора Арктики, куда лед приносился, и в Гренландском секторе наблюдались положительные аномалии сплоченности (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.10 б).

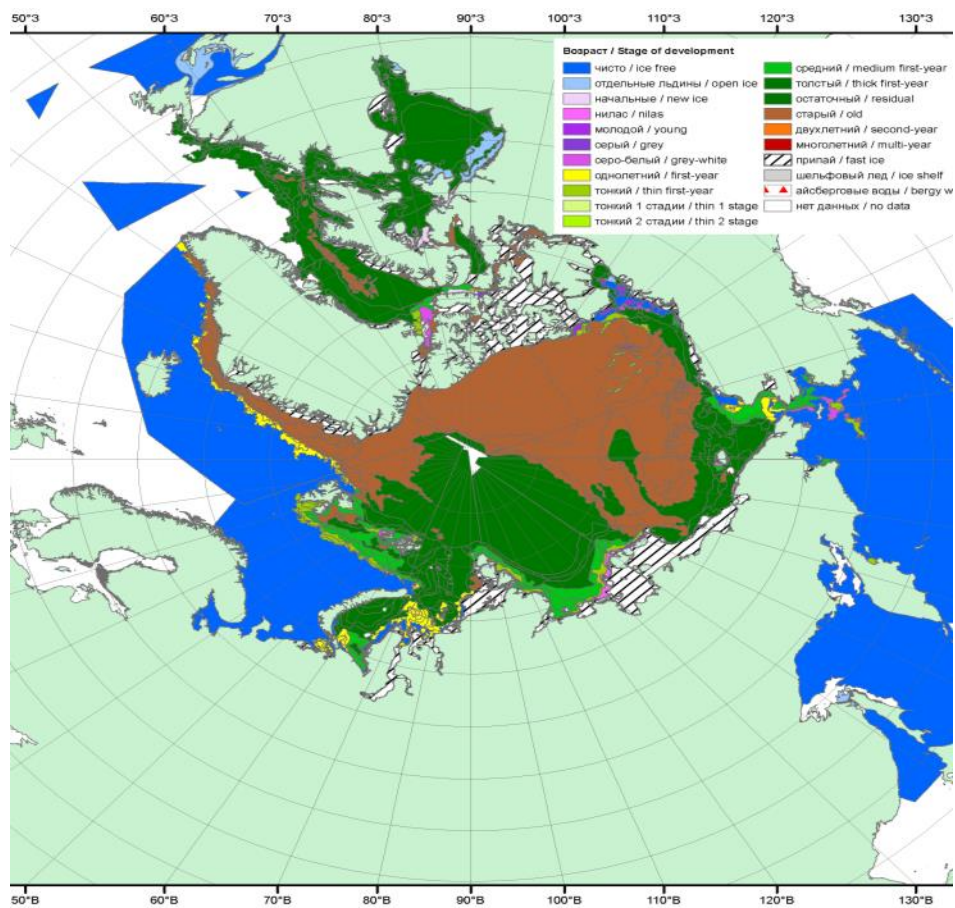


Рисунок 2.7. Обзорная ледовая карта СЮ за 18-19.05.2015 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США.

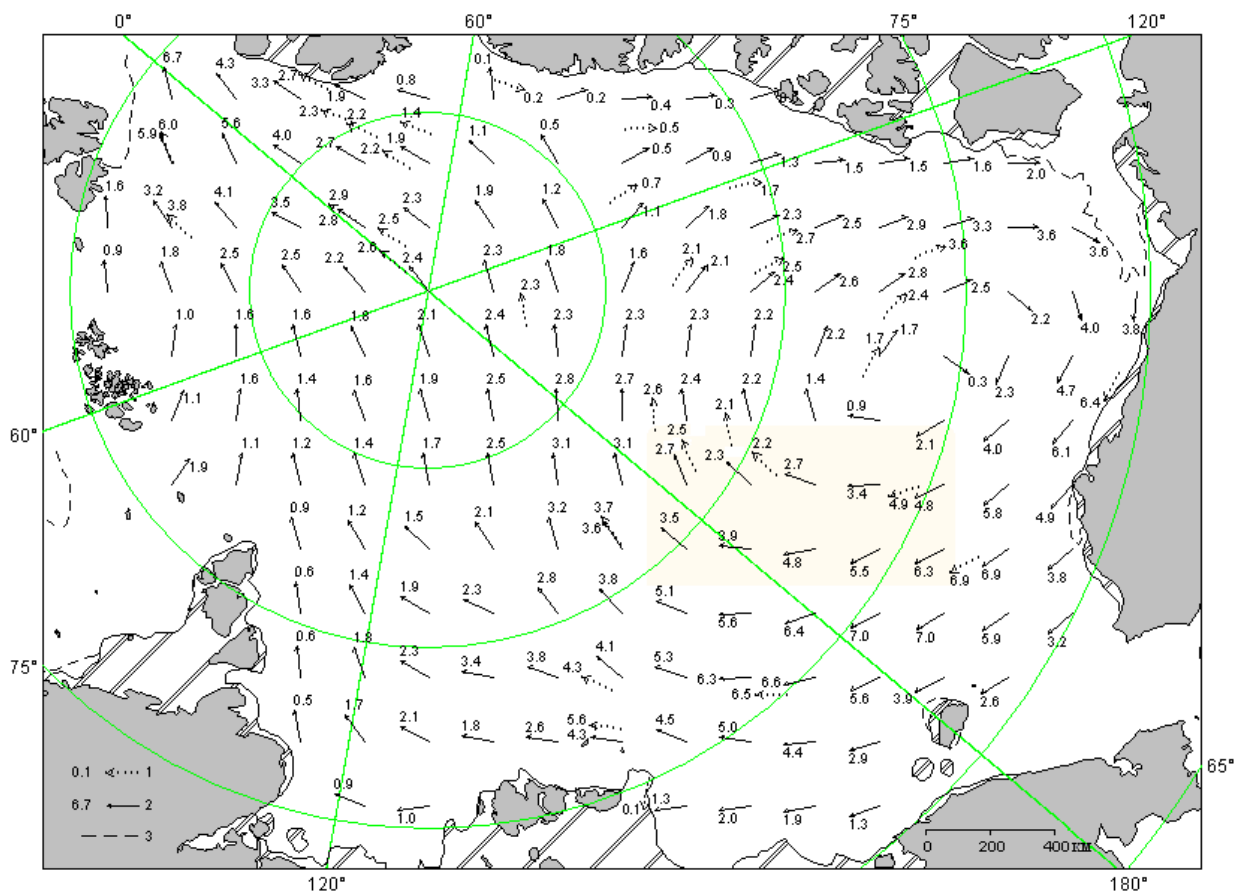
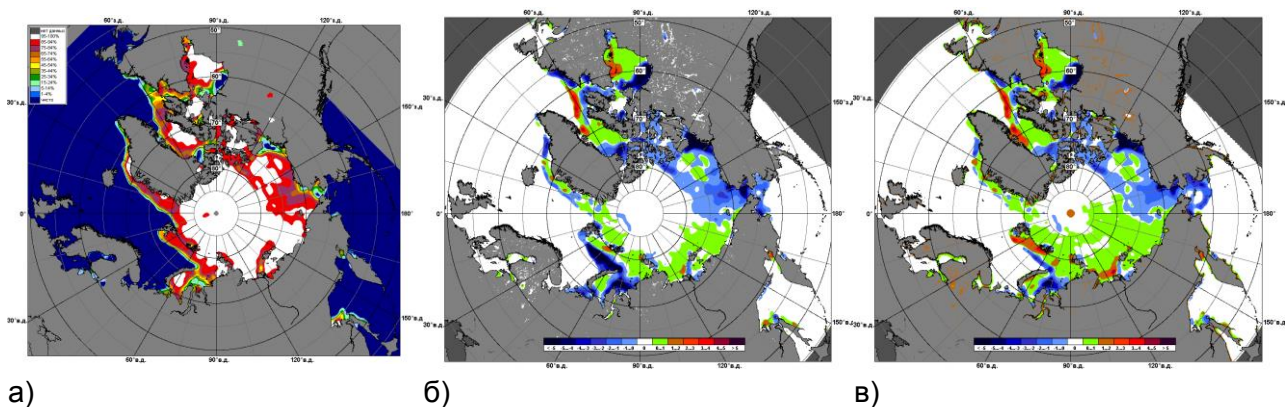


Рисунок 2.8. Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2015 г.

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)

Рисунок 2.9. Медианные распределения сплоченности льда в мае 2015 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2015 (б) и 2001-2015 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS.

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение окраинных морей российского сектора Арктики – Баренцева, Карского и Чукотского. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В Карском море аномалия ледовитости в

третьей декаде июня составила -30%, в Чукотском море -20%. Очистке морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом выносного характера из этих морей, адвекции тепла в эти районы, постоянного наличия запримайных полыней и последующего развития тепловых процессов таяния и разрушения льда (рис. 2.10).

В поле дрейфа наблюдалось обширное развитие Трансарктического переноса, охватившего выносом льда все моря российского сектора Арктики, направление которого совпадало с положением меридианов 0-180°, и направленного в пролив Фрама. Такой характер дрейфа обусловил большой вынос льда в течение июня из всех окраинных арктических морей от Баренцева до Бофорта. Канадский антициклонический круговорот наблюдался в виде слабо развитого круговорота у побережья Аляски (рис. 2.8).

В результате интенсивного выноса льда из всех морей российского сектора Арктики и моря Бофорта, обусловленного Трансарктическим переносом, в этих морях наблюдалось формирование обширных разрежений. В поле сплоченности ледяного покрова во всех окраинных арктических морях сформировались крупные отрицательные аномалии сплоченности (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.14 б).

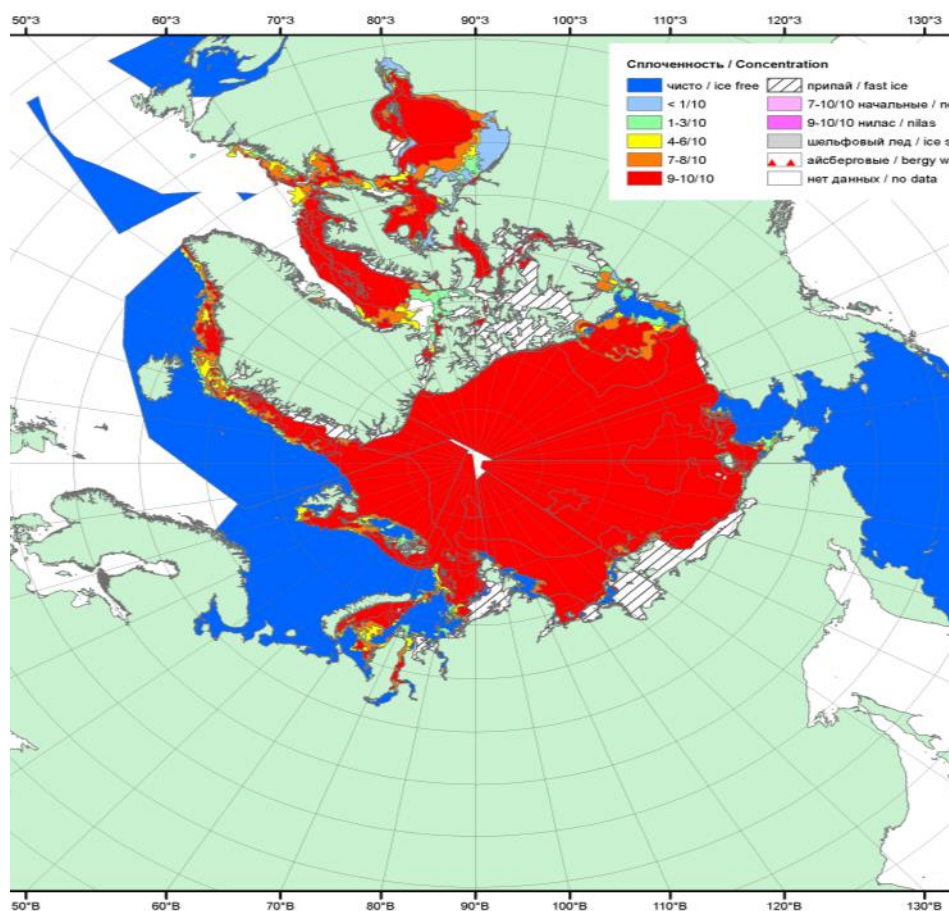


Рисунок 2.10. Обзорная ледовая карта СЛО за 15-16.06.2015 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США.

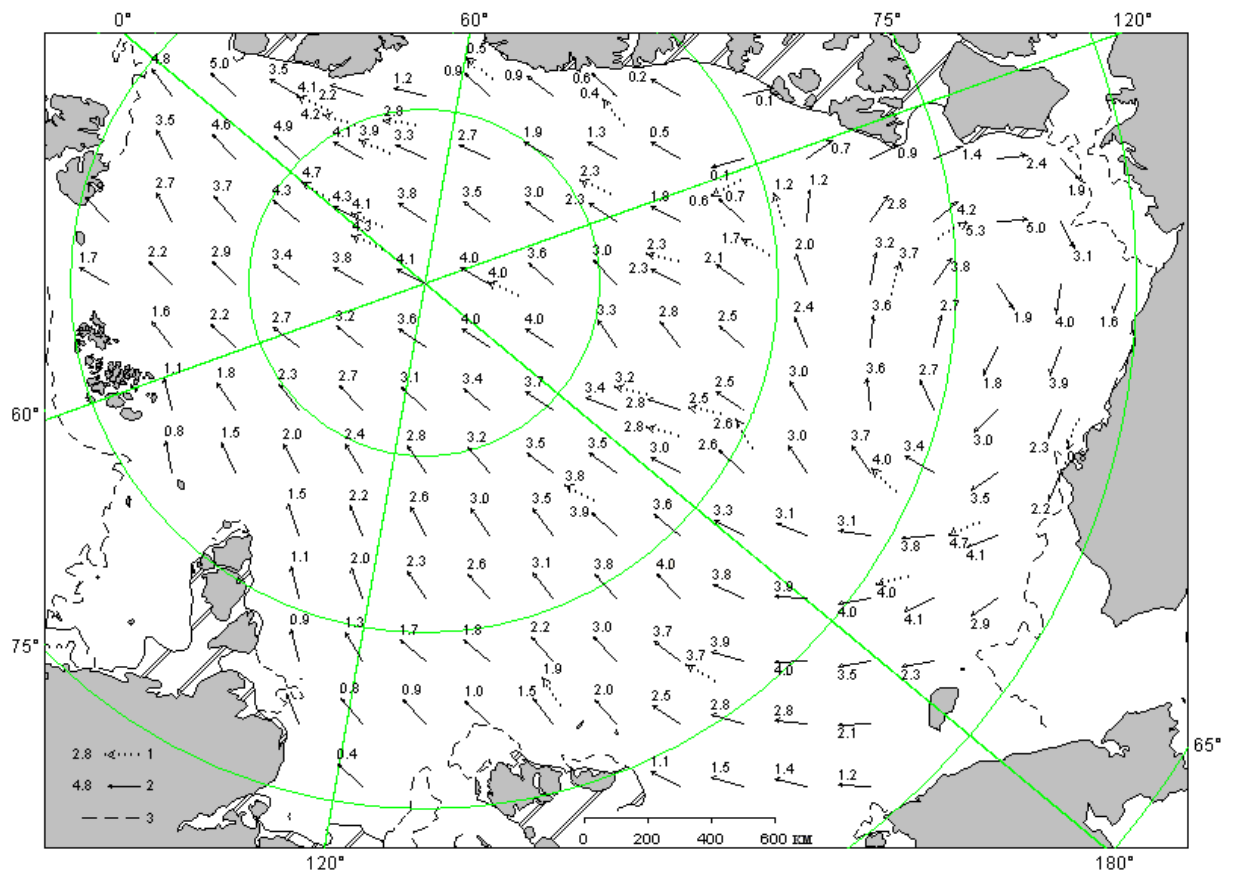
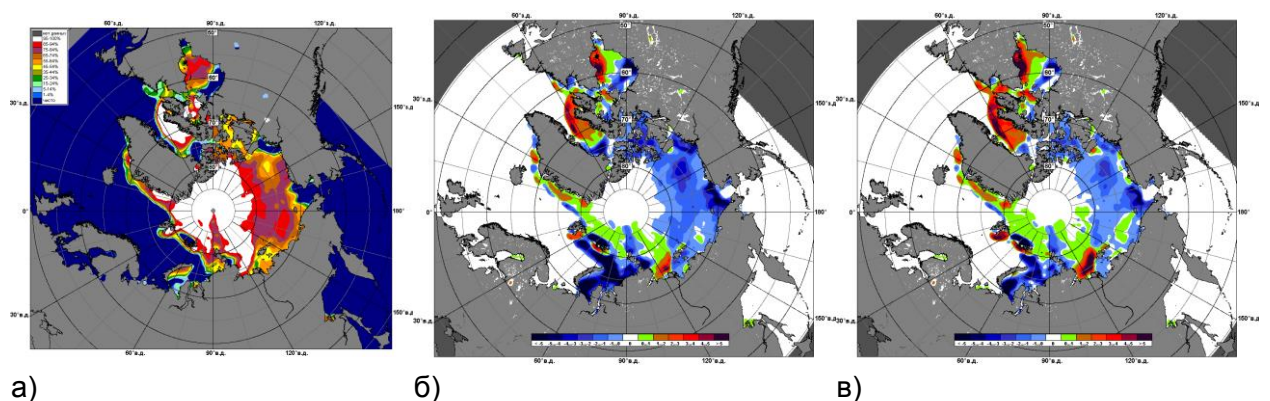


Рисунок 2.11. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2015 г.

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

Зоны положительной аномалии сплоченности (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.12 б) сформировались в зонах приноса ледяного покрова, в гренландском секторе Арктики и вдоль побережья Гренландии.



а)

б)

в)

Рисунок 2.12. Медианные распределения сплоченности льда в июне 2015 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2015 (б) и 2005-2015 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 8% меньше среднелетнего значения за счет малой ледовитости морей всех секторов 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря) и 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) (рис. 2.15, табл. 2.1).

Таблица 2.1

Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в июне 2015 г. и её аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

Район, моря	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2014 г.	от 2005-2015 гг.	от 1978-2015 гг.
Северная полярная область	11046.9	-270.4	-242.1	-880.6
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)	2485.0	-286.4	-196.4	-552.0
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых-Чукотское, Берингово, Охотское)	3402.3	147.5	-11.2	-78.1
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	5159.6	-131.6	-34.4	-250.5

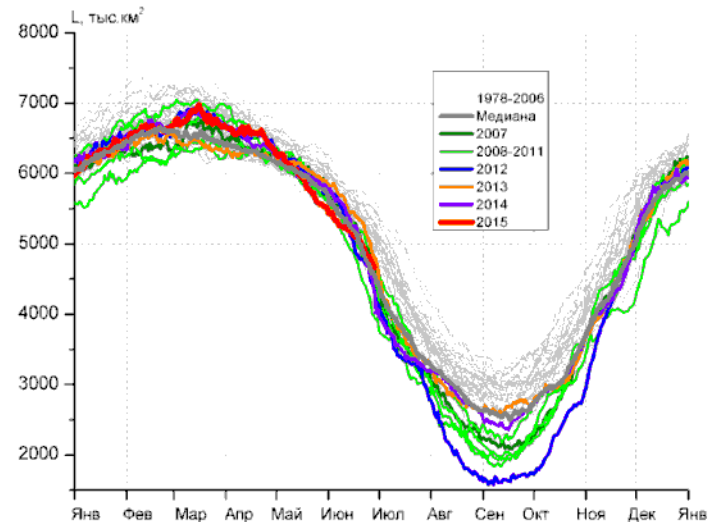
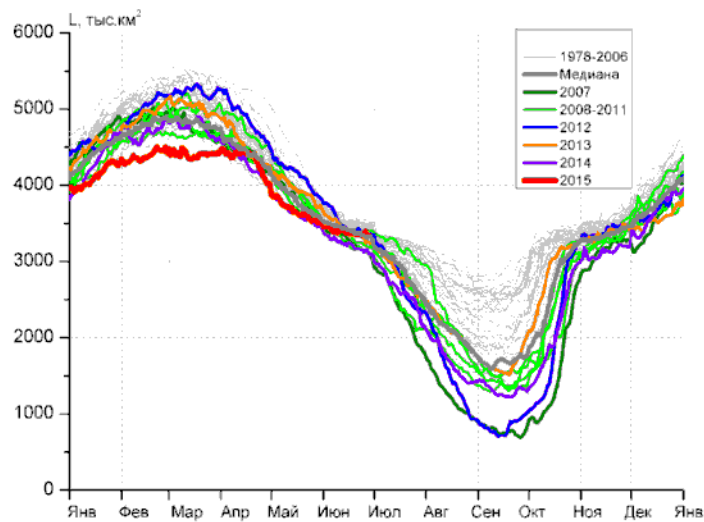
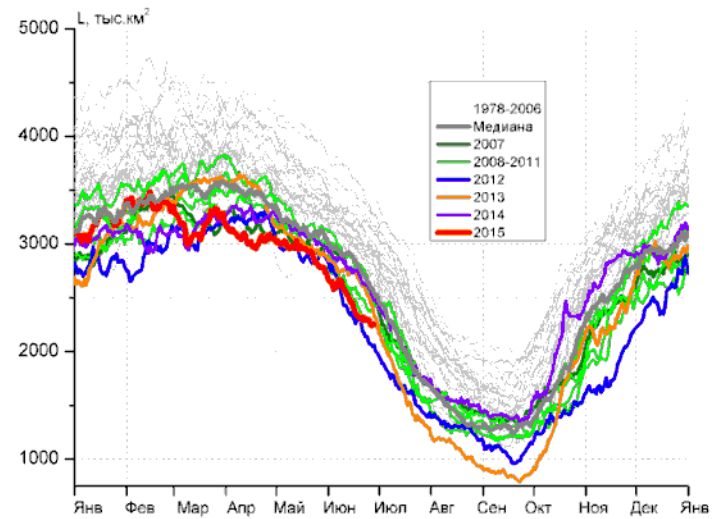
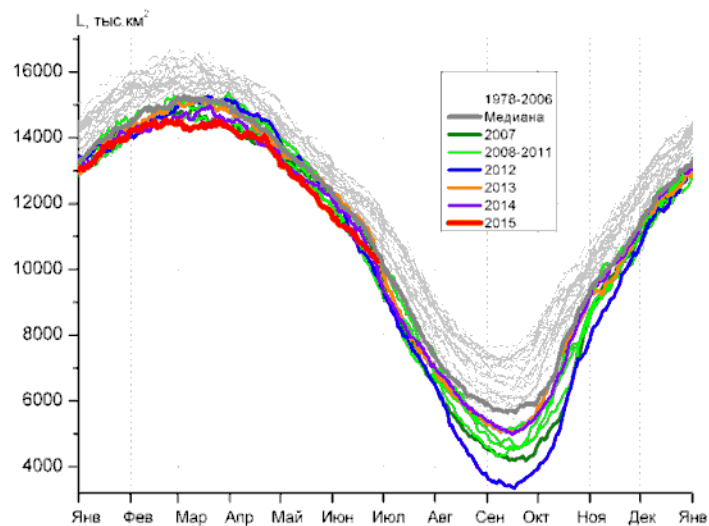


Рисунок 2.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) - для Северной полярной области и меридиональных секторов б) - 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря), в) - 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) - 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период за период 26.10.1978 - 28.06.2015 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 Обь и Таз в январе, на р. Енисее – в пунктах Игарка и Караул – в январе, в то время как в п. Дудинка – в феврале и марте. В апреле продолжалось нарастание льда, за исключением р. Таз, где оно прекратилось и р. Енисей (п. Игарка), где было отмечено 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 2015 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	69	18	85	16	89	4	101	12
Таз-Газовское	87	25	101	14	103	2	103	0
Енисей-Игарка	78	19	86	8	92	6	85	-7
Енисей-Дудинка	66	12	85	19	104	19	116	12
Енисей - Караул	84	17	99	15	105	6	111	6

В таблице 2.3 приведены аномалии толщин льда на конец апреля, т. е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда. Толщина льда повсеместно оказалась меньше средних многолетних величин от 1 до 34 см.

Высота снега на льду в конце апреля в рассматриваемых пунктах наблюдалась 26-35 см в устьевой части рек Обь и Таз и от 26-35 до 51-70 см в устьевой части р. Енисей.

Закраины появились на устьевых участках рек бассейна Карского моря: на реках Обь и Енисей в п. Игарка – в первой декаде мая, на реках Таз и Енисей (п. Дудинка и п. Караул)– во второй декаде мая.

Таблица 2.3

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2015 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	101	102	-1
Таз	Тазовское	103	137	-34
Енисей	Игарка	85	97	-12
	Дудинка	116	131	-15
	Караул	111	137	-26

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		
		2015 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2015 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	20.05	26.05	-6	22.05	01.06	-10
Таз	Тазовское	28.05	11.06	-14	29.05	15.06	-17
Енисей	Игарка	16.05	28.05	-12	31.05	08.06	-8
	Дудинка	27.05	04.06	-8	01.06	11.06	-10
	Караул	30.05	09.06	-10	05.06	16.06	-11

Первая подвижка льда была отмечена на устьевых участках: р. Оби 18 мая, р. Таз 27 мая, р. Енисей - с 13 по 27 мая. Затопы льда наблюдателями были отмечены на р. Енисей выше и ниже по течению от п. Игарки с 17 по 19 мая.

Весенний ледоход начался существенно раньше нормы на устьевых участках рек: Обь - на 6 дней, Таз – на 14 дней, Енисей - на 8-12 дней. Продолжительность весеннего ледохода составила: на реках Таз и Обь 1-2 дня, на р. Енисей – от 5 до 15 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек бассейна Карского моря произошло также существенно раньше средних многолетних сроков: от 8-11 дней на р. Енисей до 10-17 дней на реках Обь и Таз.

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. Незначительное таяние льда в Обской губе и в Енисейском заливе было отмечено только в мае.

Таблица 2.5

**Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2015 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	104	29	121	17	135	14	144	9
Енисейский залив- Сопочная Карга	100	26	114	14	126	12	137	11

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		
		2015 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	144	139	+5
Енисейский залив	Сопочная Карга	137	167	-30

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье р. Оби превышала норму на 5 см, в то время как на устьевом взморье р. Енисей была меньше нормы на 30 см.

Высота снега на льду в конце апреля была отмечена 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 Новый Порт и Сопочная Карга.

Взлом припая устьевых взморий рек Обь и Енисей и очищение ото льда произошли по срокам значительно раньше нормы. Продолжительность ледохода составила 4-5 дней.

Таблица 2.7

Сроки вскрытия устьевых взморий рек бассейна Карского моря по данным стационарной сети в 2015г.

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2014 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	03.06	20.06	-14
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	07.06	01.07	-24
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	08.06	21.06	-13
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	13.06	24.06	-11

Море Лаптевых

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках большинства рек бассейна моря Лаптевых было отмечено в январе. В апреле наблюдалось продолжение нарастания льда на реках Оленек и Лена, а на реках Хатанга и Яна лед таял.

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	117	29	143	26	161	18	158	-3
Оленек-Тюмети	119	23	138	19	153	15	159	6
Оленёк-Усть-Оленёк	175	34	204	29	232	28	240	8
Лена-Кюсюр	131	25	147	16	158	11	161	3
Лена-Хабарово	161	30	189	28	207	18	215	8

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
Яна-Юбилейная	85	21	95	10	100	5	99	-1

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		
		2015 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	158	151	+7
Оленёк	Тюмети	159	138	+21
	Усть-Оленёк	240	191	+49
Лена	Кюсюр	161	175	-14
	Хабарово	215	225	-10
Яна	Юбилейная	99	152	-53

Толщина льда в апреле превышала норму в устьевой части рек Хатанга и Оленек на 7-49 см. В устьевой части рек Лена и Яна была меньше нормы на 10-53 см.

Высота снега на льду в конце апреля в устьевой части рек Хатанга и Яна составляла 36-50 см, Оленек – до 35 см, Лена – от 5-10 до 16-20 см.

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

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2015 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2015 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	08.06	12.06	-4	12.06	17.06	-5
Оленёк	Тюмети	02.06	02.06	0	09.06	13.06	-4
	Усть-Оленёк	16.06	17.06	-1	19.06	21.06	-2
Лена	Кюсюр	27.05	01.06	-5	06.06	11.06	-5
	Хабарово	05.06	07.06	-2	10.06	15.06	-5
Яна	Юбилейная	02.06	30.05	+3	07.06	06.06	+1

В 2015 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых появление закраин было отмечено на реках в следующих декадах мая: Оленек – в первой, Лена и Хатанга – в третьей.

Процесс вскрытия сопровождался образованием заторов на устьевых участках рек Оленек в п. Тюмети с 2 по 7 июня, Лена в п. Кюсюр с 28 по 29 мая, Хатанга 7 июня и Яна со 2 по 3 июня.

Весенний ледоход начался раньше средних многолетних сроков на устьевых участках рек: Хатанга – на 4 дня, Лена – от 2 до 5 дней. На устьевой части рек Оленек и Яна весенний ледоход был отмечен по срокам близко к норме. Продолжительность ледохода составила на реках: Хатанга – 4 дня, Оленек – 3-7 дней, Лена – 5-10 дней, Яна – 5 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 2-5 дней раньше средних многолетних значений (на р. Яна - в срок, близкий к норме).

Восточно-Сибирское море

Максимальное нарастание льда в устьевой части Восточно-Сибирского моря наблюдалось в январе на реках Индигирка и Колыма (п. Колымское). На р. Колыме в п. Черском наибольшее нарастание относится к февралю и марту. Нарастание льда в отмеченных пунктах продолжалось до конца апреля.

В таблице 2.11 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель 2015 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря.

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2015 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	110	34	124	14	137	13	142	5
Колыма-Колымское	71	20	77	6	82	5	85	3
Колыма-Черский	79	11	93	14	108	15	116	8

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 25 - 55 см.

Высота снега на льду в конце апреля на р. Колыме составляла от 16-20 до 26-35 см, на р. Индигирке в указанный срок он уже отсутствовал.

Таблица 2.12

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2015 г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	142	167	-25
Колыма	Колымское	85	140	-55
Колыма	Черский	116	142	-26

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

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2015 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2015 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	08.06	07.06	+1	10.06	10.06	0
Колыма	Колымское	04.06	30.05	+5	10.06	04.06	+6
Колыма	Черский	08.06	02.06	+6	10.06	09.06	+1

Закраины на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря были отмечены в первой декаде июня.

Первая подвижка льда наблюдалась в устьевой части р. Индигирки 5 июня, р. Колымы – с 4 по 6 июня. Образования заторов не было.

Весенний ледоход начался на 1-6 дней позже нормы. Продолжительность весеннего ледохода составила 2 дня в устьевой части р. Индигирки и от 2 до 6 дней – р. Колымы.

Очищение ото льда на устьевой части р. Индигирки происходило в срок, близкий к норме, на устьевой части р. Колымы – от 1 до 6 дней позже нормы.

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

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) во втором квартале 2015 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ИТР (Ice-Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающими непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод, а также данных дрейфующей станции «Северный Полюс – 2015» (табл. 3.1, рис. 3.1).

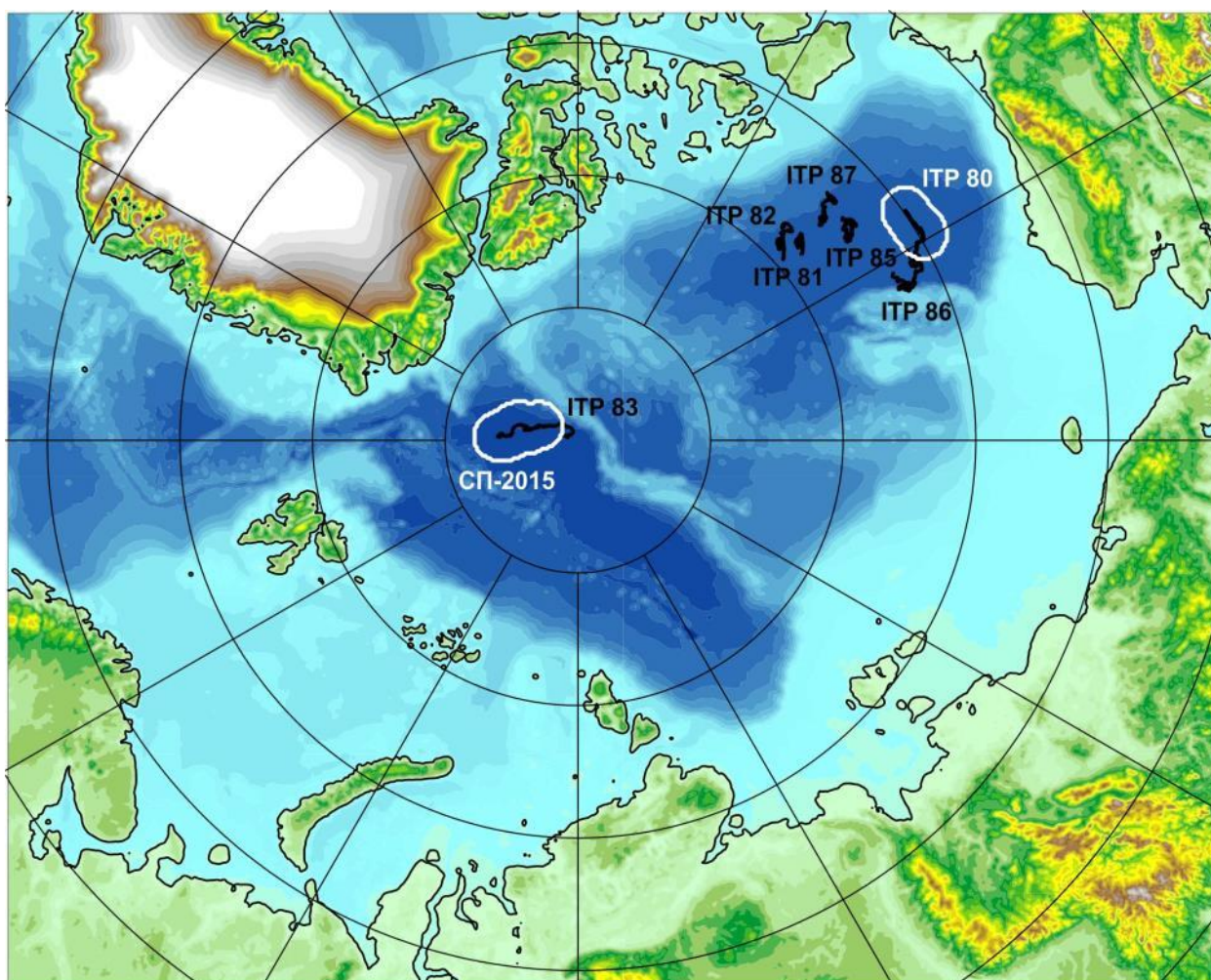


Рисунок 3.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2015 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

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

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР–80	01.04.2015	24.05.2015	561
2	ИТР–81	01.04.2015	26.05.2015	111
3	ИТР–82	01.04.2015	17.06.2015	155
4	ИТР–83	10.04.2015	16.06.2015	136
5	ИТР–85	01.04.2015	17.06.2015	155
6	ИТР–86	01.01.2015	17.06.2015	156
7	ИТР–87	01.01.2015	17.06.2015	156
8	СП–2015	07.05.2015	25.06.2015	27

3.1.1. Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО во втором квартале 2015 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенных группах океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР–80 в Канадской глубоководной котловине и дрейфующей станции «Северный полюс – 2015» в глубоководной котловине Амундсена (рис. 3.1). В каждой группе станций рассчитывались основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солености. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическими средними и их стандартными отклонениями, рассчитанными в период с 1900 по 2000 гг. для этих же районов. Область поиска исторических данных (рис. 3.1, белый контур) была на 50–100 км шире по сравнению с районом, в котором находились анализируемые группы станций.

Амеразийский суббассейн

Во втором квартале 2015 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в юго-западной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР–80 полностью соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (27,6 ‰) в сравнении с климатической нормой (30,1 ‰). Значение

отрицательной аномалии поверхностной солености составило $-2,5 \text{ ‰}$ (рис. 3.2), что на $0,5 \text{ ‰}$ больше по сравнению с аналогичным периодом 2014 года. При этом стоит отметить, что по сравнению с первым кварталом 2015 г. абсолютное значение аномалии поверхностной солености уменьшилось на $0,5 \text{ ‰}$. Температура верхнего перемешанного слоя была близка к $-1,5 \text{ °C}$ 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), существование которого является характерной особенностью Американо-Тихоокеанского 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–80 достигли $0,2 \text{ °C}$, а средние значения колебались около $0,1 \text{ °C}$, превышая климатическую норму на $1,3 \text{ °C}$. Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 170 м (120 м согласно климатическим данным).

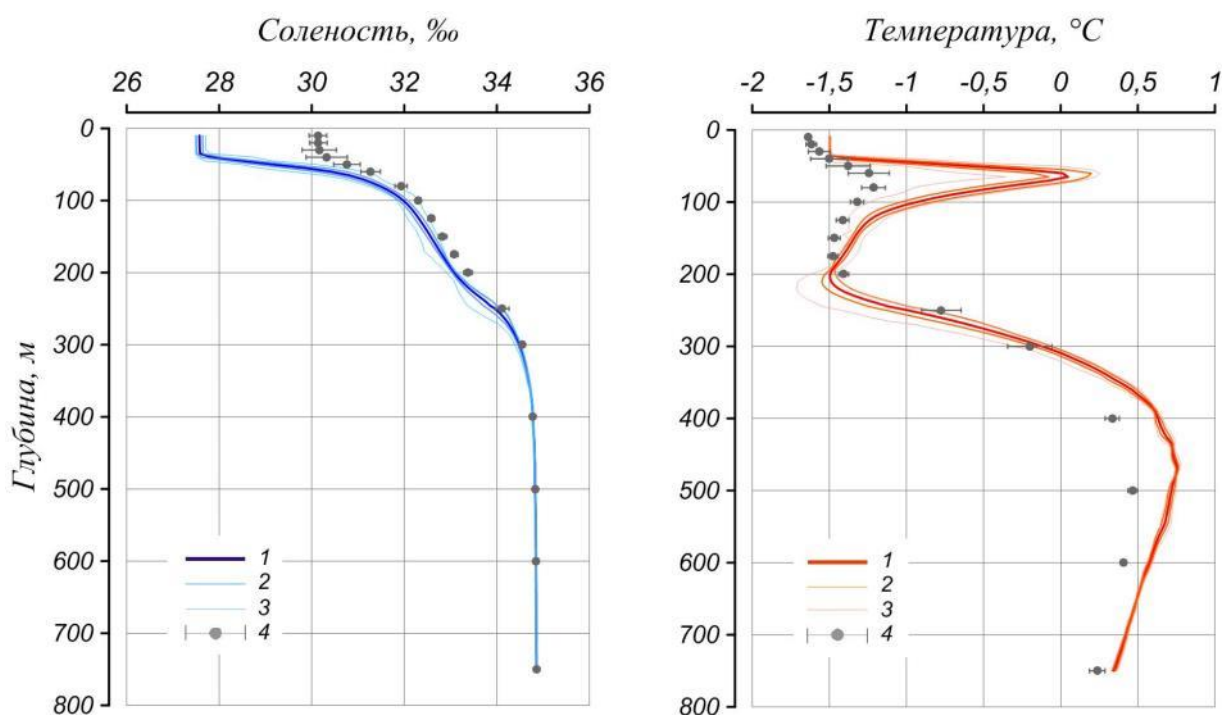


Рисунок 3.2. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле-июне 2015 г. по результатам измерений профилографа ИТР–80.

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

На глубинах от 170 – 210 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР–80 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 210 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 – 160 м.

Глубже 210 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница данной прослойки (0 °С) по данным второго квартала 2015 года располагалась на глубине 310 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,8 °С, что на 0,3 °С выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры в 2015 г. практически полностью соответствуют значениям предшествующего 2014 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в СЛО.

Евразийский суббассейн

Поверхностный слой в котловине Амундсена Евразийского суббассейна во втором квартале 2015 года по данным дрейфующей станции «Северный полюс – 2015» характеризовался высокими положительными значениями аномалии солености, прослеживающейся до глубины 250 – 300 м (рис. 3.3). Значения поверхностной солености составили 33,2 ‰, превышая климатическое среднее на 1,9 ‰. Подобное высокое положительное значение аномалии поверхностной солености в Евразийском суббассейне было зафиксировано впервые. Поверхностная температура воды (–1,81 °С) была незначительно ниже нормы, что связано, по всей видимости, с повышенными значениями солености и как следствие уменьшением температуры замерзания.

Средние значения температуры в ядре АВ достигли 1,1 °С, превышая климатическую норму на 0,4 °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 50 м выше ее климатического положения.

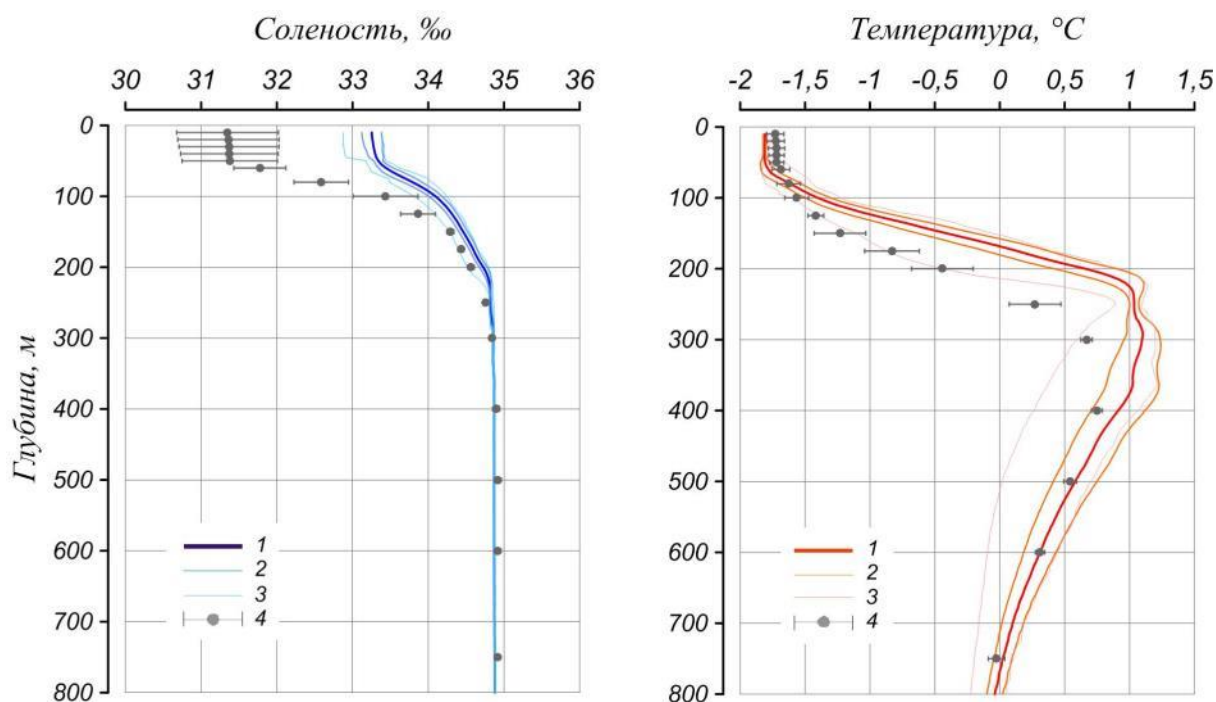


Рисунок 3.3. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в котловине Амундсена в апреле – июне 2015 г. по результатам измерений дрейфующей станции «Северный полюс – 2015». Условные обозначения см. рис. 3.2.

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненным во втором квартале 2015 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солёности характеризуется наличием дипольной структуры, выраженной усилившимися по сравнению с 2014 г. отрицательной аномалией ($-2,5$ ‰) в Американо-Северном суббассейне и положительной аномалией ($+1,9$ ‰) в Евразийском суббассейне. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра АВ, значение которой меняется в пределах $+0,3..+0,4$ °С. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое значение на $1,3 – 1,4$ °С.

3.2. Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 2015 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 14-ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском (таблица 3.2). В Чукотском море наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

**Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями
уровня в период апрель – июнь 2015 г.**

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
1 им.Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
2 Амдерма	69 45 N	61 42 E
3 Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
4 Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
5 о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
6 м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
7 о. Визе	79 30 N	76 59 E
8 Голомянный	79 33 N	90 37 E
9 ГМО им.Е.К. Фёдорова (м. Челюскина)	77 43 N	104 17 E
море Лаптевых		
10 Анабар	73 13 N	113 30 E
11 м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
12 пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
13 о. Котельный	76 00 N	137 52 E
Восточно-Сибирское море		
14 Певек	69 42 N	170 15 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.4) на станциях им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Усть-Кара и Амдерма колебания уровня в течение всего первого квартала 2015 года происходили на повышенном фоне (от 0 +20 см). Наиболее значительный подъем уровня в юго-западной части Карского моря наблюдался 11–12 апреля, когда уровень моря поднялся на 50 см выше среднемноголетнего значения на станции им. Е.К. Федоров, на 60 см – на станции Амдерма и 72 см на станции Усть-Кара. 10 июня на станции Амдерма уровень на 69 см превысил среднемноголетнее значение, наблюдения на станциях им. Е.К. Федора и Усть-Кара в это время не производились. Наиболее существенное понижение уровня было отмечено 5–6 апреля, при этом уровень опустился до отметки –40 см на станции Амдерма, –34 см на станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) и –33 см на станции Усть-Кара.

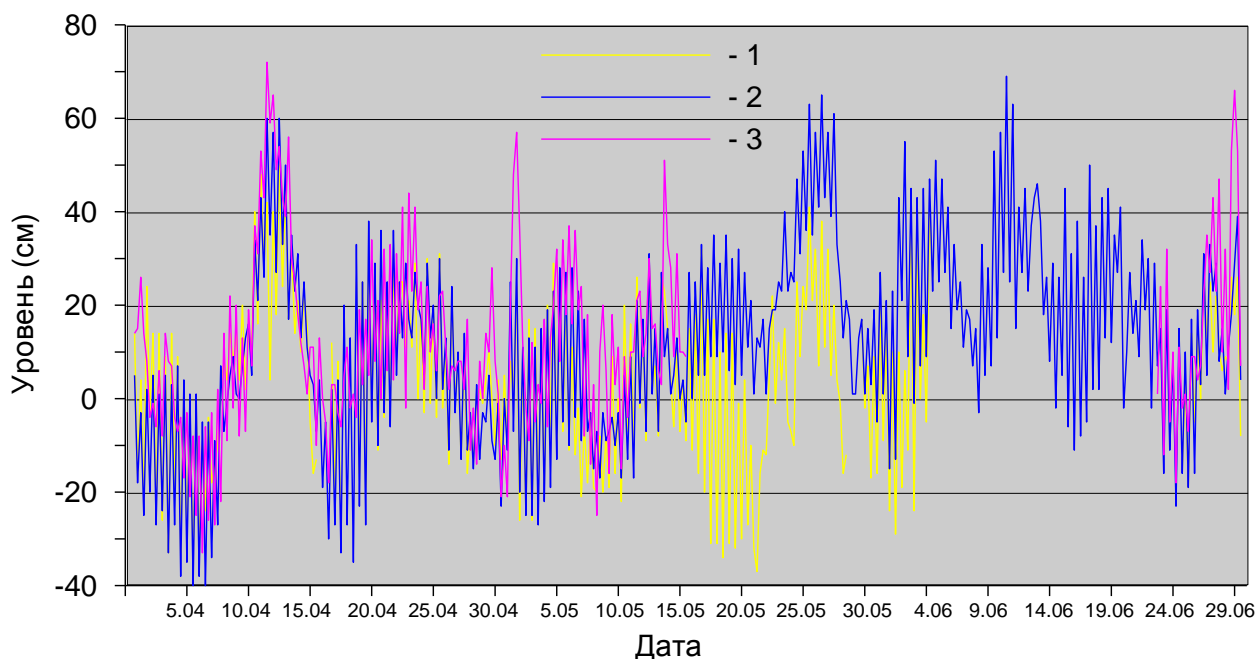


Рисунок 3.4. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2015 г

1 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос); 2 – Амдерма; 3 – Усть-Кара

В восточной части Карского моря (рис. 3.5) на станциях Сопочная Карга и м. Стерлегова в апреле и мае колебания уровня происходили на пониженном фоне: от -1 см до -25 см. В это же время на станции о-ва Известий ЦИК фон колебаний уровня был слабо повышенный ($+1$ см $+3$ см). В июне произошло существенное повышение фона колебаний уровня, более значительное на станции Сопочная Карга ($+49$ см), менее значительное на станциях о-ва Известий ЦИК и м. Стерлегова: $+15$ см и $+22$ см соответственно. Повышение фона колебаний уровня очевидно связано с весенним половодьем, произошедшим в этом году в ранние сроки. Наиболее значительный подъем уровня, отмечавшийся на станции Сопочная Карга 7 июня составил 123 см выше среднемноголетнего значения и явно связан с прохождением весеннего паводка. Наиболее значительный подъем уровня на станции м. Стерлегова наблюдался 5 июня и составил $+56$ см, а на станции о-ва Известий ЦИК 30 июня при высоте уровня $+43$ см выше среднемноголетнего значения. Наиболее заметное понижение уровня отмечалось 7 апреля, когда на станции Сопочная Карга уровень опустился на 64 см ниже среднемноголетнего значения.

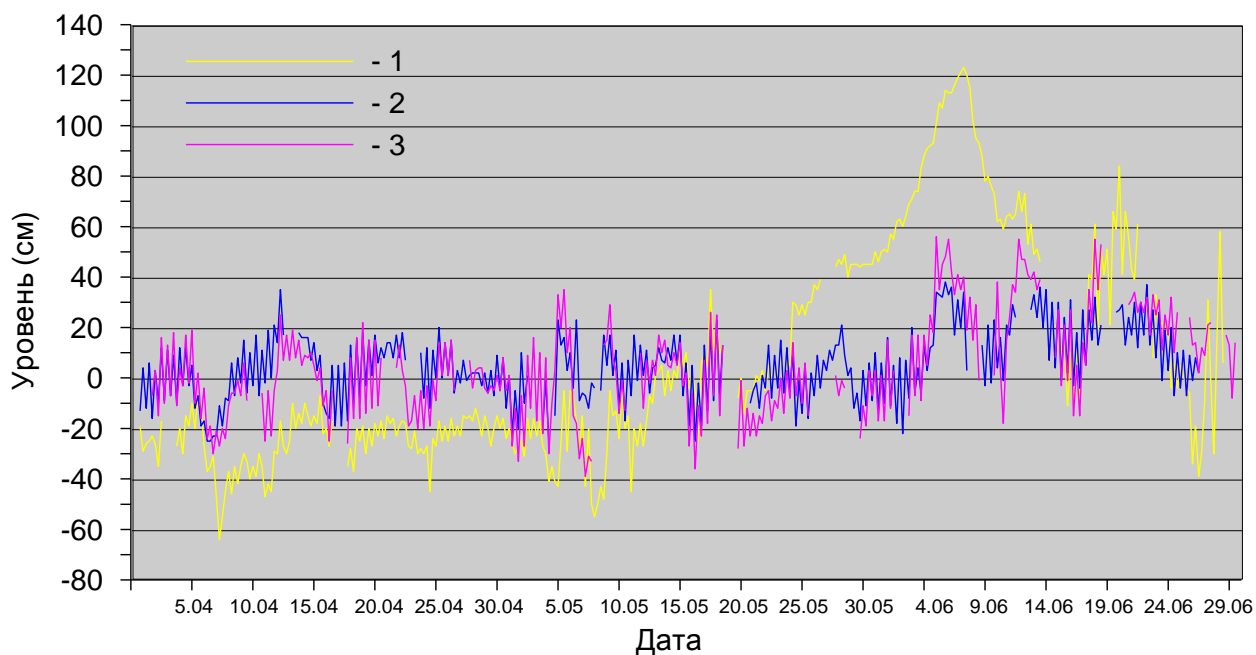


Рисунок 3.5. Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в апреле – июне 2015 г.

1- Сопочная Карга; 2 – о-ва Известий ЦИК; 3 –м. Стерлегова

В северной части Карского моря (рис. 3.6) на станциях о. Визе, о. Голомянный и ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) колебания уровня в апреле и мае 2015 года происходили на пониженном фоне (0 см –21 см). В июне фон колебаний уровня поднялся на 15–20 см и составил +10 см для станции о. Визе и +21 см для станции о. Голомянный. На станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) хотя средний уровень поднялся на 15 см, но его отрицательная аномалия сохранилась и составила –6 см. Наиболее существенное понижение уровня в этом районе наблюдалось на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова 7 апреля, когда аномалия уровня составила –66 см, а наиболее существенный подъем уровня отмечался также на станции о. Голомянный 21 июня (+43 см) и о. Визе 5 июня (+42 см).

В отличие от первого квартала 2015 г., когда наблюдалась аномалия сезонного хода фоновых колебаний уровня, выразившаяся в увеличение в течение квартала среднемесячных уровней на всех станциях Карского моря, во втором квартале наблюдалось повышение фона уровенных колебаний, что соответствует устоявшимся представлениям о сезонных колебаниях уровня арктических морей.

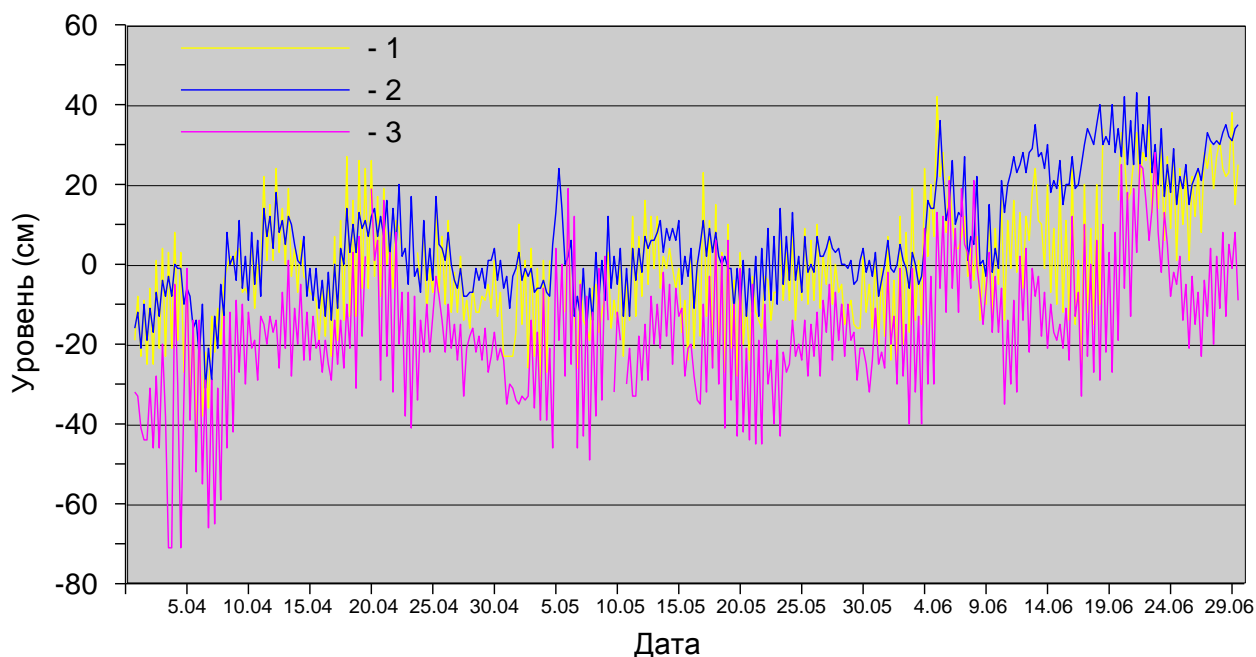


Рисунок 3.6. Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в апреле – июне 2015 г.

1 – о. Визе; 2 – о. Голомянный; 3 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)

В море Лаптевых как в юго-западной части моря (станция Анабар), так и в его восточной части (станции Кигилях, пр. Санникова, о. Котельный), на протяжении второго квартала отмечалась одинаковая тенденция в изменениях фона уровенных колебаний: рост среднемесячного уровня от апреля к июню на 20–30 см. При этом, если в апреле на всех станциях фон колебаний уровня был отрицательным (–5 см –12 см), в мае близким к норме (–8 см +6 см), то в июне на всех станциях он был положительным: от +7 см на станции о. Котельный до +27 см на станции пр. Санникова.

Максимальные значения уровня в юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рис. 3.7) не превышали 48 см (13 июня), а наиболее значительные понижения уровня, отмечавшиеся 11 апреля и 3 мая, составили –60 см и –50 см соответственно.

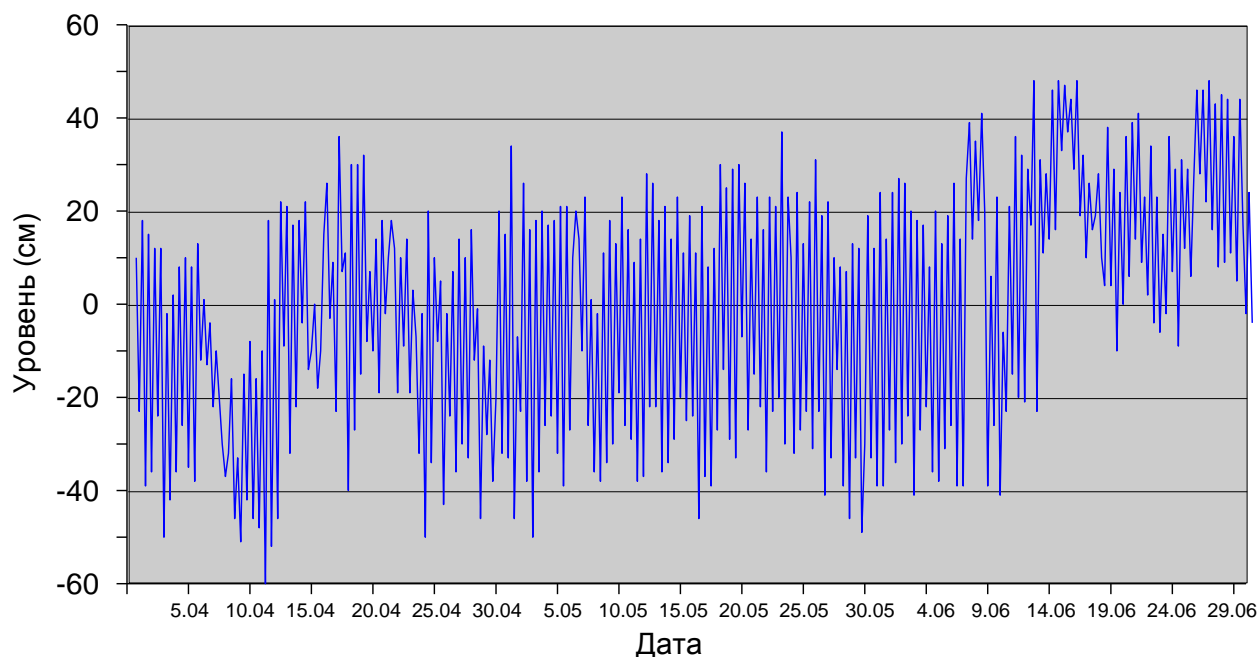


Рисунок 3.7. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в апреле – июне 2015 г.

Наибольший подъем уровня в восточной части моря Лаптевых (рис. 3.8) отмечался 10 июня, когда уровень на станции пр. Санникова поднялся на 67 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее значительное понижение уровня отмечалось 7 апреля, минимальный уровень при этом наблюдался на станции о. Котельный и составил – 49 см.

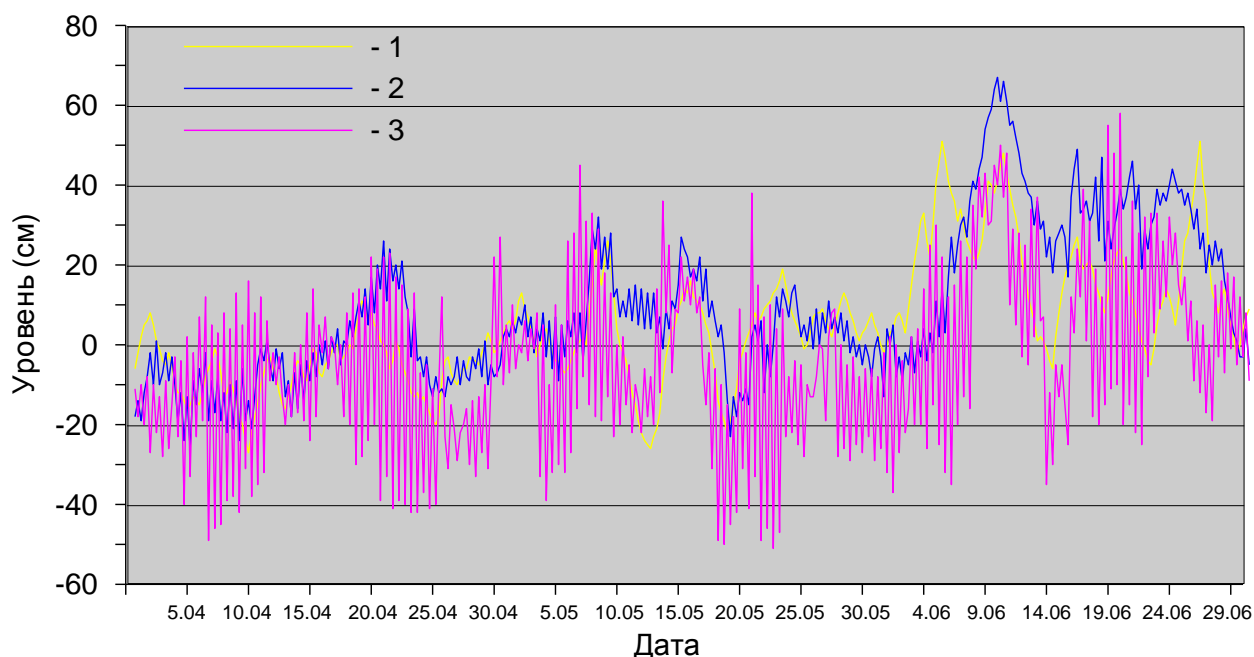


Рисунок 3.8. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле – июне 2014 г.

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

Регулярные наблюдения за уровнем на станции Певек (рис. 3.9) в Восточно-Сибирском море проводились только до середины мая. В связи с этим обстоятельством выполнить обоснованный анализ особенностей колебания уровня в данном районе на протяжении всего второго квартала 2015 г. не представляется возможным. Вместе с тем можно предположить, что средний уровень вел себя в течение рассматриваемого периода аналогично уровню на других станциях арктических морей, то есть происходил его рост от апреля к июню. Наиболее значительный подъем уровня наблюдался 11 июня и составил +59 см выше среднегодовалого значения, а наиболее значительное понижение уровня отмечалось 15 мая (-51 см).

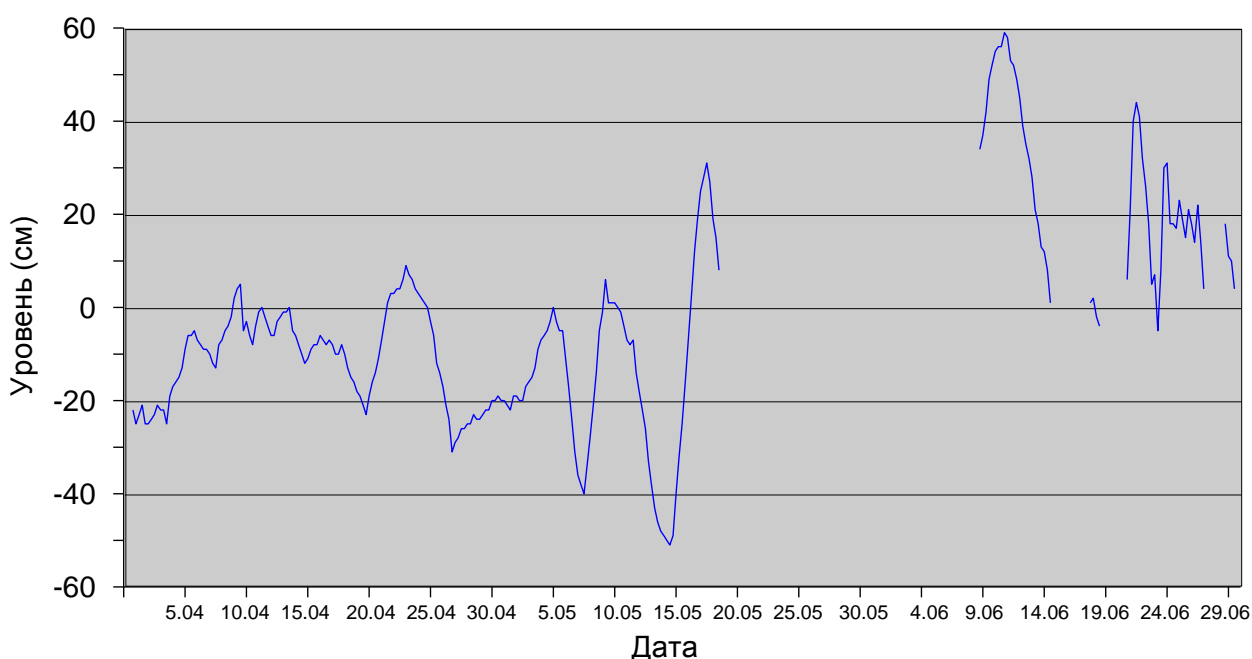


Рисунок 3.9. Колебания уровня в Восточно-Сибирском море (Певек) в апреле – июне 2015 г.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море во втором квартале 2015 г. не производилось, в связи с чем, дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

3.3. Ветровое волнение на акватории арктических морей

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с апреля по июнь 2015 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в

ЛО ГОИНе и модифицированной в ААНИИ. Положение кромки льда при расчетах задается по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I). Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

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

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Апрель	–	5	9	14	2
Май	–	2	16	12	1
Июнь	–	11	13	5	1
Итого	–	18	38	31	4

Как видно из таблицы 3.3, во втором квартале 2015 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 4 м.

Максимальная расчетная высота волн на акватории Баренцева моря не превышала 5 м. Расчетные значения высот волн во втором квартале 2015 г. заметно ниже, чем в 2014 г. В апреле 2014 г. высота волны на входе в Баренцево море превышала 6 м.

На рисунке 3.10, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 12 ч UTC 19 апреля 2015 г.

Карское море стало открываться после 20 мая, что на месяц раньше, чем в 2014 г. К началу июня в Карском море образовалась достаточно большая область чистой воды к северу от п-ва Ямал. Высота волны на чистой воде в июне в основном была от 1 до 2 м, максимальная высота не превышала 2,5 м.

В море Лаптевых, начиная со второй декады июня, к востоку от пр. Вилькицкого образовалась небольшая область чистой воды, которая сохранялась до конца июня. Остальная часть моря была покрыта льдом.

Восточно-Сибирское море во втором квартале было покрыто льдом (в 2014 г. оно стало открываться в начале июня).

Чукотское море, как и Карское, стало открываться после 20 мая. В начале июня область чистой воды доходила до 69–70° с.ш. Высота волны в июне в основном была от 1 до 2 м, максимальная высота не превышала 4 м (14 и 15 июня).

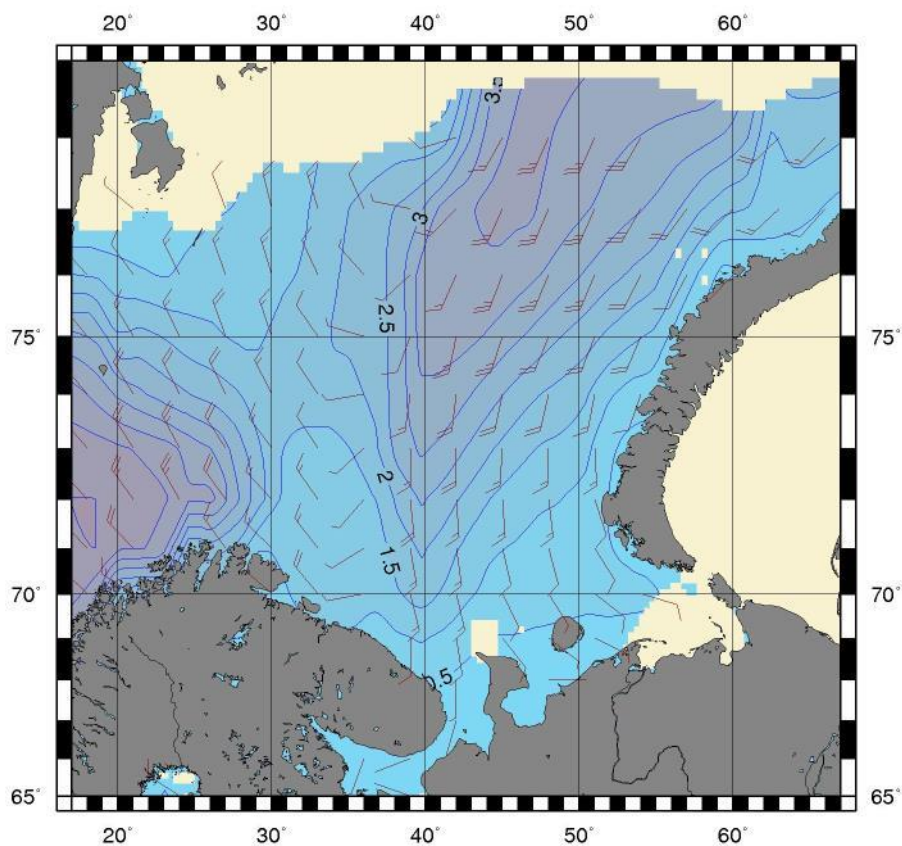


Рисунок 3.10. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 12 ч UTC 19 апреля 2015 г.

В таблицах 3.4 и 3.5 приведены сведения о распределении высот волн H_s для июня месяца на чистой воде для Карского и Чукотского морей.

Таблица 3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2015 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Июнь	5	24	1

Таблица 3.5

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море во втором квартале 2015 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июнь	6	16	6	2