

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

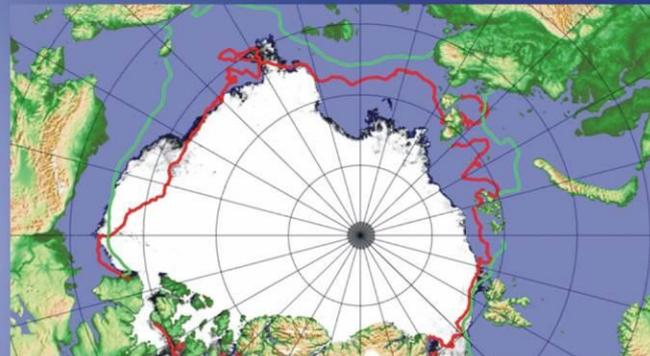


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2013





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в апреле-июне 2013 г.	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария.....	4
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 2013 года	27
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь.....	27
2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период	41
3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в апреле-июне 2013 года	48
3.1. Термохалинные условия в Арктическом бассейне.....	48
3.2 Гидрохимические условия	55
3.3. Уровень арктических морей	63
3.4 Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	68
ВЫВОДЫ.....	72



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель-июнь) 2013 г. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, дрейфующей станции «СП-40», проектов Всемирной Метеорологической Организации и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и международных проектов российскими и зарубежными организациями.

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

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

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

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

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

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

Подготовку и оформление обзора 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 Северной полярной области в апреле-июне 2013 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 2013 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов этого периода проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – март 2013 г., особенности которого более подробно были представлены в обзоре за I квартал 2013 г.

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.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с апреля по июнь 2013 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй квартал 2013 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

**Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период
апрель – июнь 2013 г.**

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	С	Е	З	М1	М2
Число дней	24	16	51	18	46	27
Аномалия	-4	-12	16	-10	13	-3

В период апрель – июнь 2013 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (Е) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 16 дней и составили 51 день.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа М1. Данные процессы отмечались в 46 днях, что выше нормы на 13 дней.

В средней тропосфере на изобарической поверхности 500 гПа основной центр планетарного циркумполярного вихря во втором квартале чаще всего располагался в приполюсном районе Арктики.

Под влиянием длинных термобарических волн на периферии высотного полярного вихря от месяца к месяцу происходило изменение его структуры, системы тропосферных фронтов ПВФЗ и траекторий циклонов в системе исландского и алеутского минимумов.

В апреле-июне высотные гребни блокирующие западно-восточный перенос воздушных масс в толще тропосферы чаще всего формировались над районами ЕТР. Вследствие этого ВФЗ была смещена к северу и ее ось была ориентирована на приполюсный район.

Карта средних значений геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа за период апрель - июнь представлена на рис. 1.1.

В приземном поле в апреле-июне основная ложбина исландского минимума была ориентирована на приполюсный район. Циклоны в системе исландского минимума смещались по сравнению с нормой высокоширотными траекториями. В западных районах Арктики отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность. Далее, движение циклонов на восток было блокировано гребнями арктического антициклона (рис. 1.2).

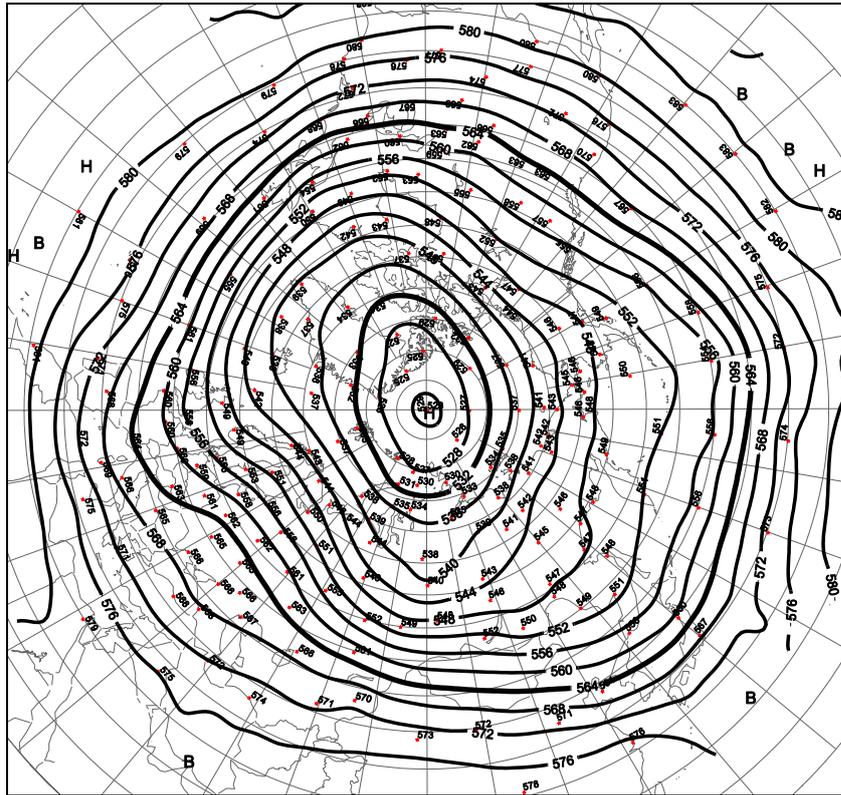


Рис. 1.1. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за период апрель – июнь 2013 г.

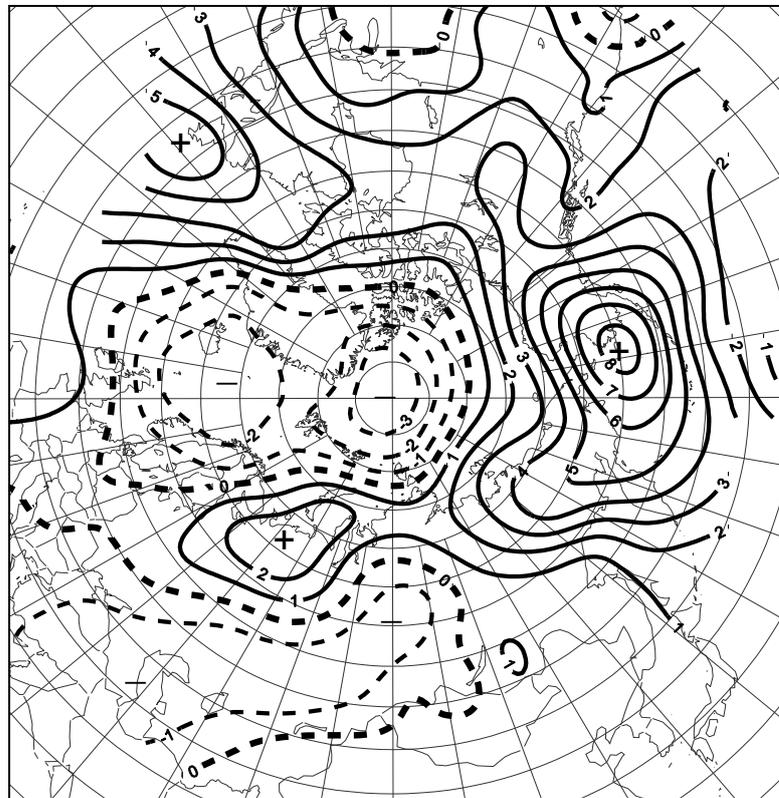


Рис. 1.2. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) за период апрель – июнь 2013 г., (гПа)

В апреле – июне 2013 г. на фоне усиления циклонической деятельности в целом над полярным районом преобладали отрицательные аномалии давления. В среднем за второй квартал 2013 г. отрицательная аномалия давления в приполюсном районе составила 3,8 гПа., что на 16,6 гПа ниже, чем в первом квартале данного года.

Средние за второй квартал значения температуры представлены на рис 1.3.

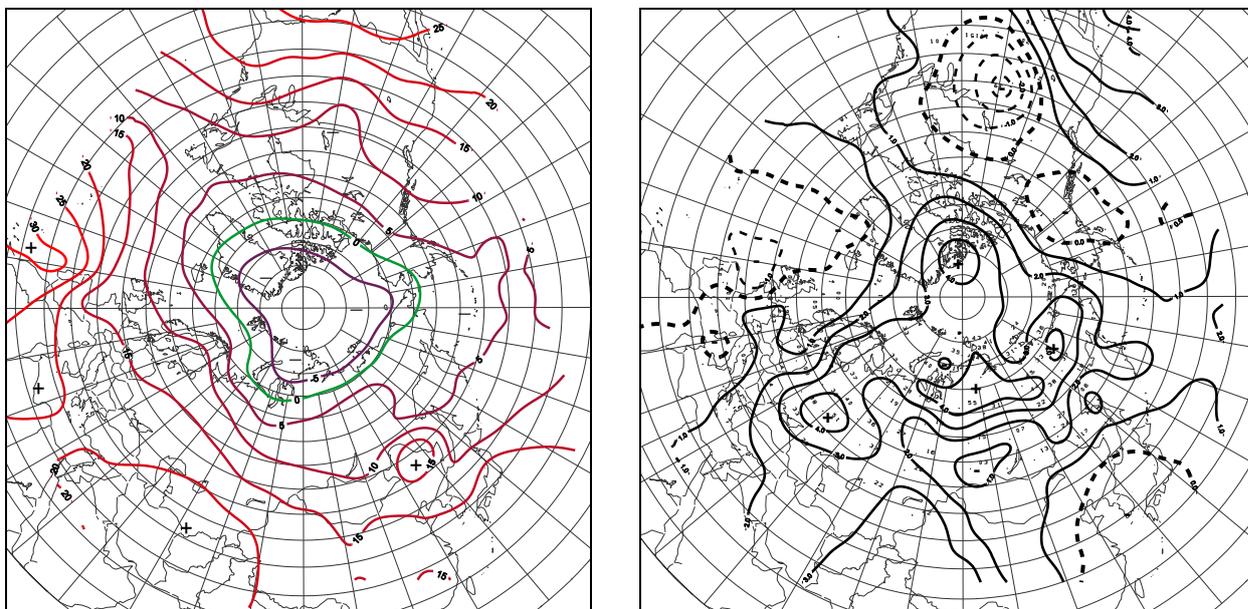


Рис. 1.3. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) за период апрель – июнь 2013 г., (°C)

Фон температуры над полярным районом Арктики в целом согласуется с адвективно-динамическими особенностями развития процессов за рассматриваемый период. При блокировании западно-восточного переноса воздушных масс гребнями континентального и арктического антициклонов в целом над полярным районом преобладала адвекция теплых воздушных масс и формирование над большей частью его положительных аномалии температуры воздуха.

Наиболее крупные среднемесячные значения аномалий температуры воздуха отмечались в Таймырском и Канадо-гренландском районах Арктики. Эти районы внесли наибольший вклад в формирование положительного температурного фона полярного района в апреле – июне 2013 г.

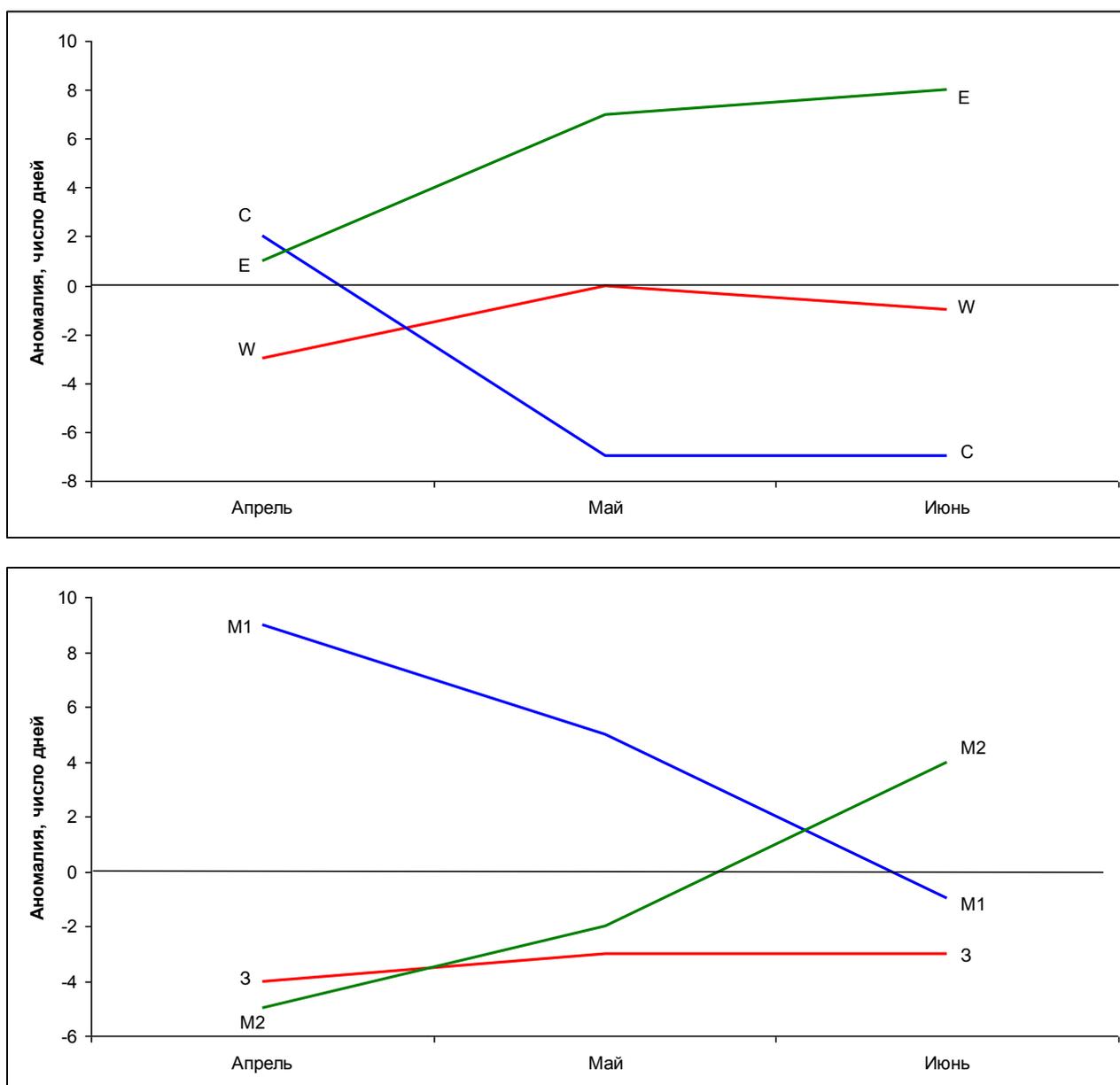
В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха в апреле – июне 2013 г. составила 1,7 °C, что на 1,2 °C ниже, чем за первый квартал 2013 г.

Структурный анализ особенностей развития атмосферных процессов во втором квартале 2013 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (форма и тип циркуляции, направление воздушных потоков, давление и температура воздуха и их аномалии) за различные

периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Анализ процессов показал, что в апреле – июне 2013 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 2013 г. представлен на рис. 1.4.



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

3 – зональный тип, M₁ – первый меридиональный тип, M₂ – второй меридиональный тип

Рис. 1.4. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период январь – июнь 2013 г.

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

Апрель – (E+C)M₁ → Май - EM₁ → Июнь – EM₂

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

Изменения приземного давления в полярном районе от месяца к месяцу представлены в виде полей среднего приземного давления и графика аномалий давления для отдельных секторов района Арктики на рис. 1.5.

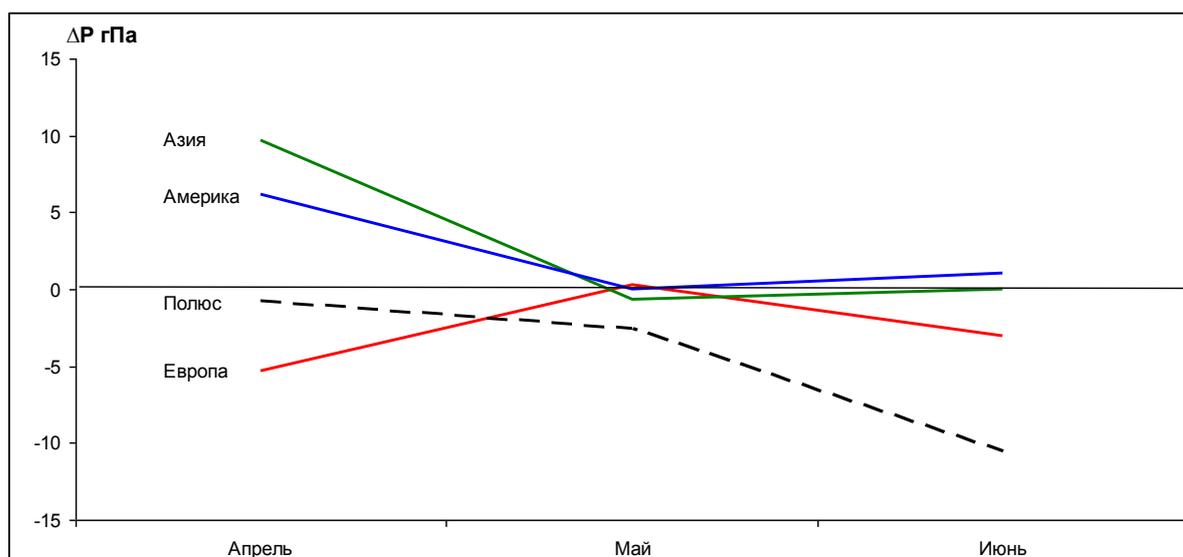


Рис. 1.5. Значения среднемесячных аномалий давления в апреле – июне 2013 г. в приполюсном (1), европейском (2), азиатском(3) и американском (4) секторах полярного района Арктики

При повышенной повторяемости процессов восточной формы циркуляции над континентальной частью Евразии отмечался рост давления. Центр континентального антициклона располагался над ЕТР. Вследствие этого циклоны из системы исландского минимума имели тенденцию смещаться по высокоширотным траекториям в центральный полярный район Арктики, где они заполнялись и становились высокими барическими образованиями. Под их влиянием арктический антициклон, который доминировал в период с октября по первую половину апреля, полностью разрушился.

Изменения в апреле – июне 2013 г среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.6. Во все месяцы фон температуры в целом над полярным районом оставался аномально высоким.

Понижение температурного фона от апреля к июню было обусловлено перестройкой атмосферных процессов и сменой преобладающей адвекции воздушных масс в полярном районе. В апреле под влиянием теплой части арктического антициклона преобладали устойчивые воздушные потоки южных направлений. В последующие месяцы при усилении циклонической циркуляции отмечались менее устойчивые во времени направления воздушных потоков. Фон температуры понизился.

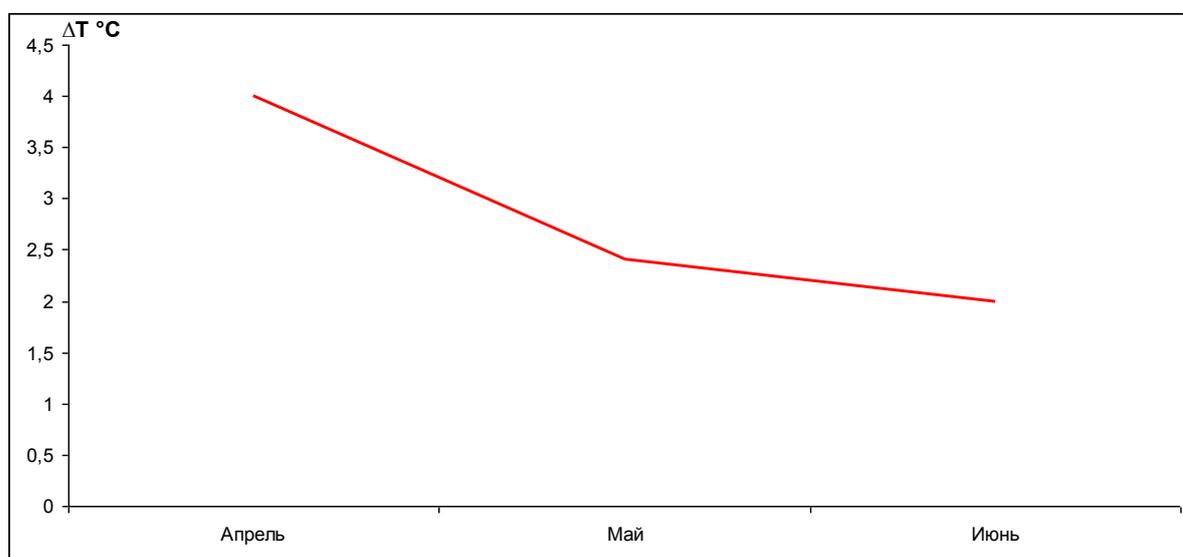


Рис. 1.6. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в апреле – июне 2013 гг.

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов в апреле – июне 2013 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

В апреле центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался чаще в канадо-гренландском районе Арктики. Восточный сектор Арктики находился под влиянием высотного гребня антициклона. Вследствие этого основной западно-восточный воздушный поток в средней тропосфере был направлен на западную Арктику и приполюсный район (рис. 1.7).

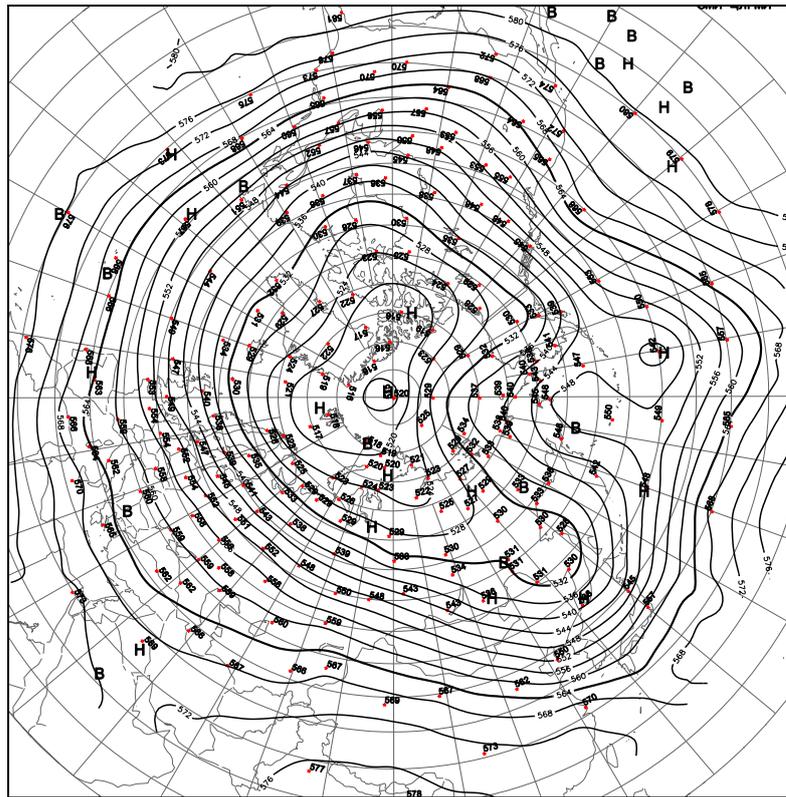


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2013 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов разновидностей меридиональных форм циркуляции. Под влиянием гребня обширного арктического антициклона циклоны в системе исландского минимума чаще смещались с запада на восток до акватории Баренцева и Карского морей. Фон давления в западных морях был значительно ниже нормы (рис. 1.8). Среднемесячные положительные аномалии давления в Баренцевом море достигали значений выше 6 гПа. Преобладали воздушные потоки преимущественно южных направлений, которые обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 7-8 °С) отмечались в районе Карского и Восточно-Сибирского морей.

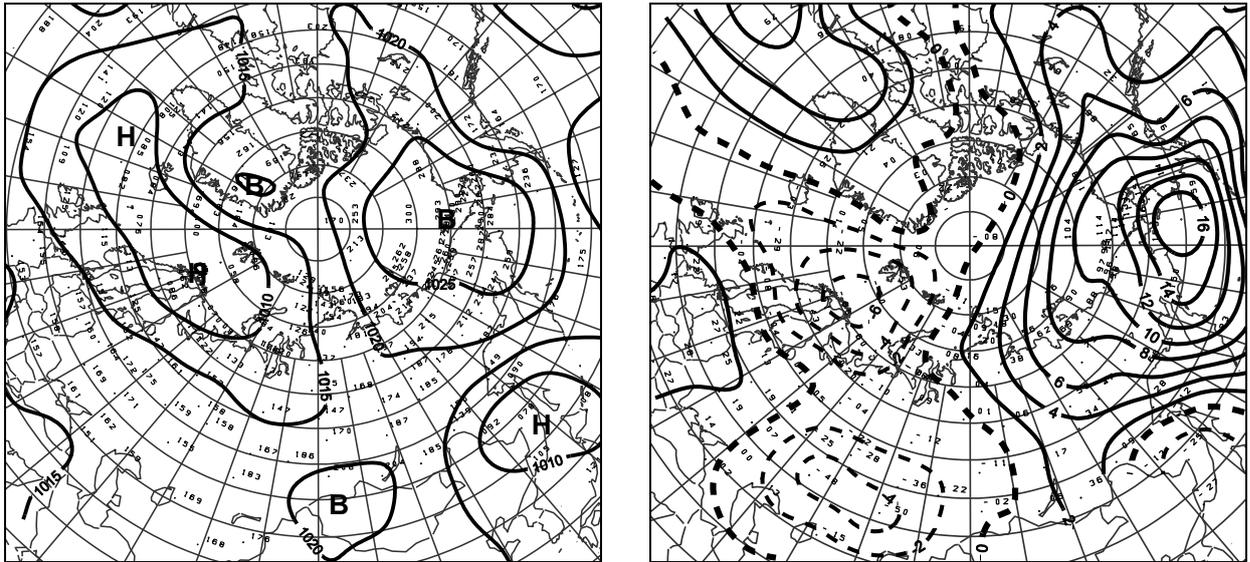


Рис. 1. 8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в апреле 2013 г. (гПа)

Во втором (тихоокеано-американском) секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типа М1. Характерной особенностью развития макропроцессов было усиление гребня арктического антициклона и влияние его на район Берингова моря. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой более низкоширотными траекториями и не оказывали существенного влияния на полярный район Арктики.

Метеорологические условия в данном секторе Арктики формировались под влиянием обширного антициклона. Фон давления был выше нормы. Преобладали воздушные потоки неустойчивые по направлению. Фон температуры был выше нормы от 1 до 5 °С (рис. 1.9).

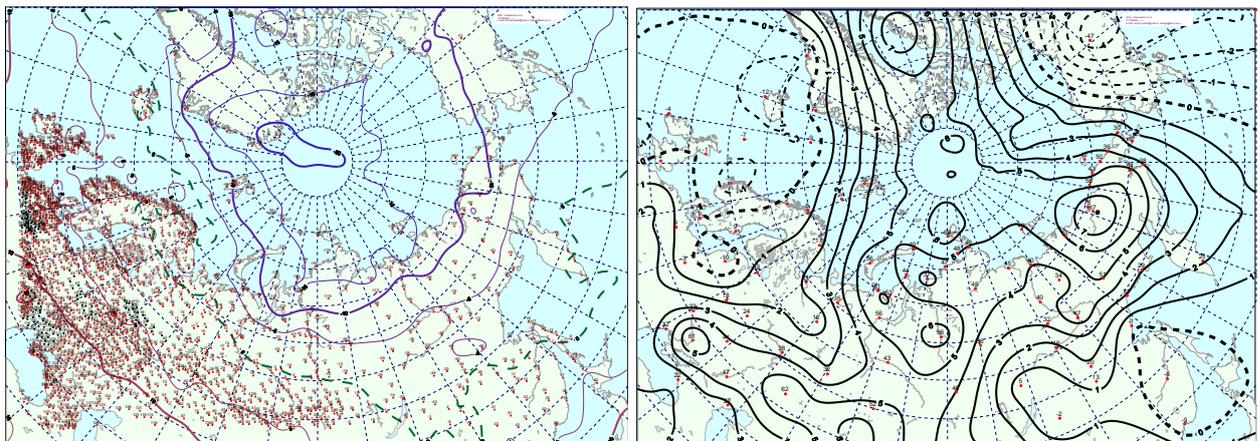


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2013 г., (°С)

В мае основной центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа сместился к востоку. Произошла перестройка высотного поля над востоком Арктики от антициклонального к циклональному. Западный сектор Арктики находился под влиянием высотного гребня антициклона, Вследствие этого ВФЗ была смещена к северу (рис. 1.10).

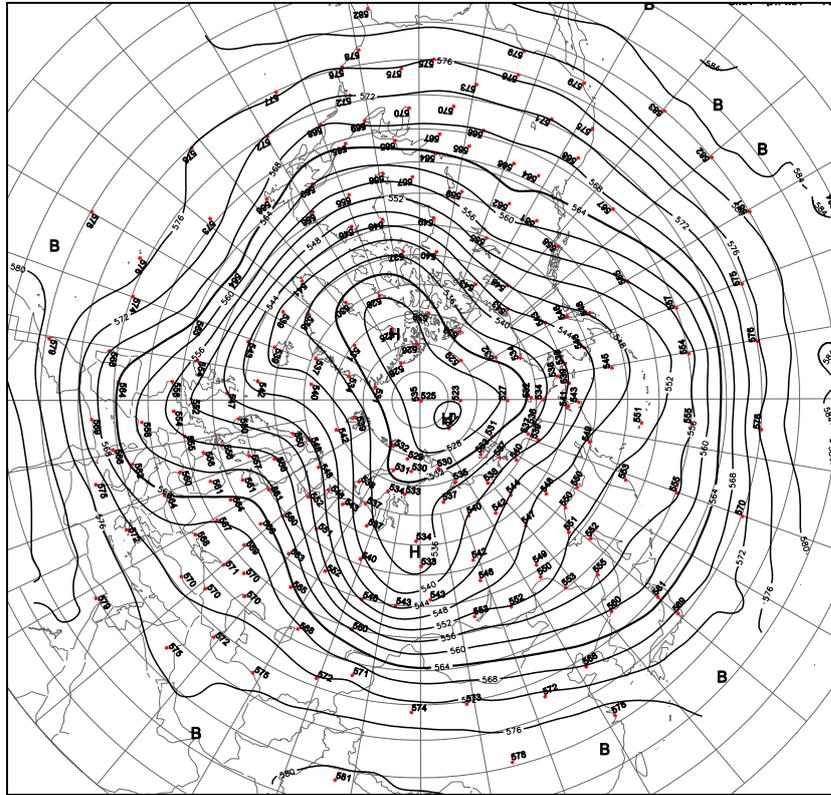


Рис. 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2013 г.

В первом секторе произошло усиление восточной формы циркуляции. В приземном поле по высотным гребнем над ЕТР сформировался антициклон, который блокировал западно-восточных перенос. Циклоны из Северной Атлантики смещались в Арктику по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. Наблюдалось ослабление арктического антициклона. Фон давления понизился до положительных аномалий. Наблюдались воздушные потоки неустойчивые по направлению с некоторым преобладанием северных направлений, которые обусловили ослабление адвекции теплых воздушных масс и понижение температурного фона по сравнению с предыдущим месяцем (рис. 1.11).

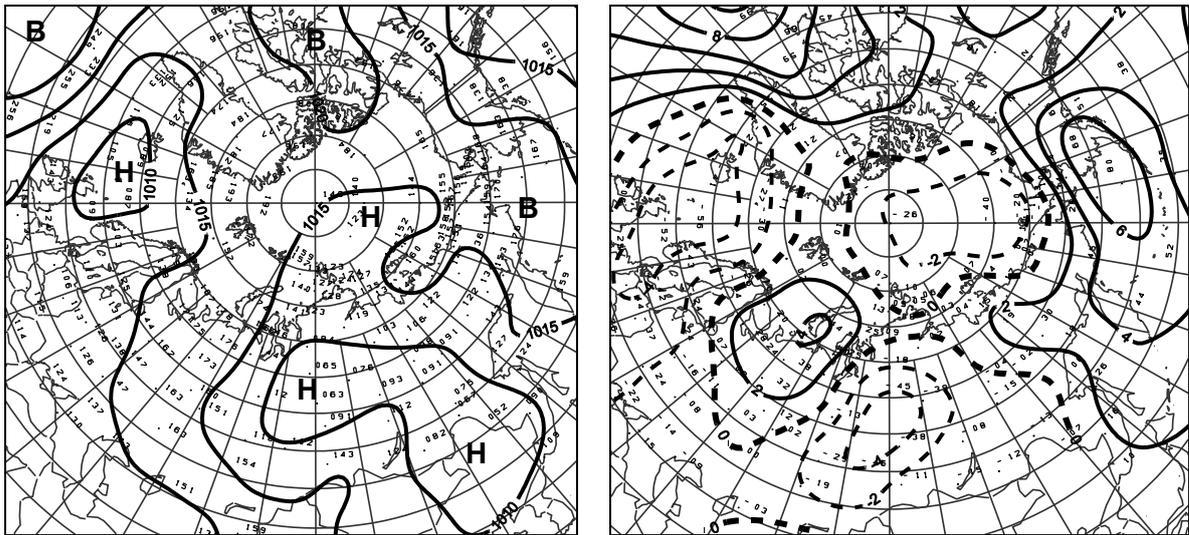


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2013 г., гПа

Во втором секторе характер в направленности процессов сохранился. Метеорологические условия формировались на фоне ослабления арктического антициклона. Фон давления значительно понизился на 12-14 гПа и перешел от крупных положительных до отрицательных аномалий. Фон температуры понизился на 2-3 °С, а в море Бофорта до отрицательных аномалий (рис. 1.12).

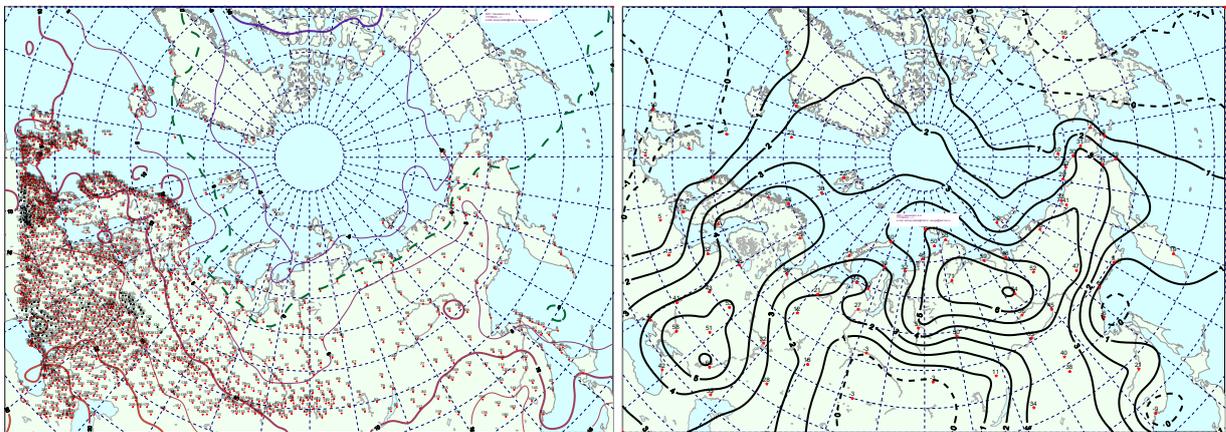


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2013 г., (°С)

В июне в полярном районе Арктики центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа чаще располагался в приполюсном районе. Продолжалось дальнейшее усиление над ЕТР высотного блокирующего гребня. По ВФЗ отмечалось более частое смещение циклонов в Арктику, чем в предыдущие месяцы (рис. 1.13).

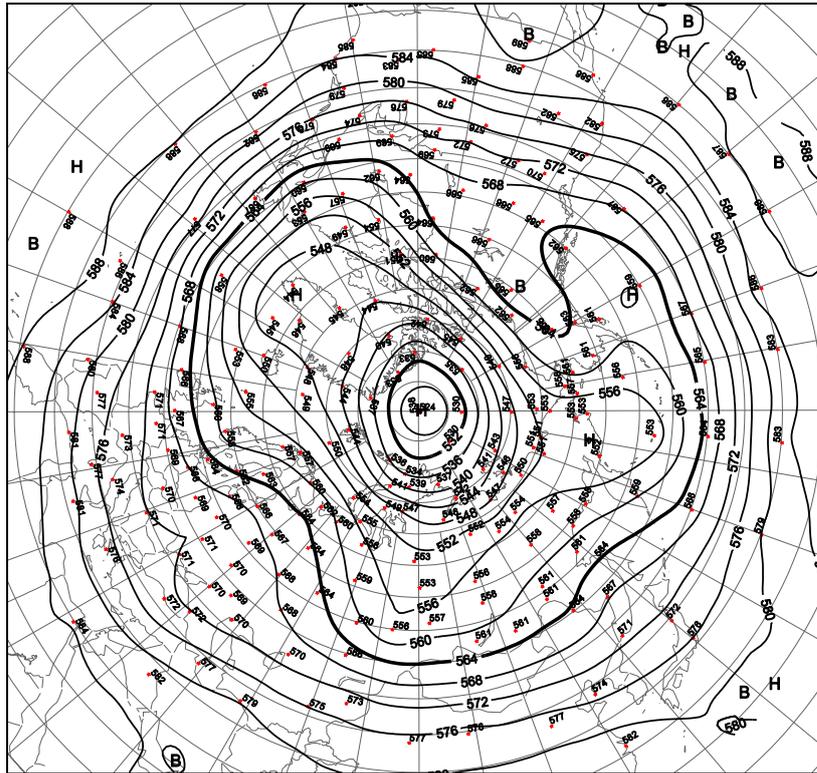


Рис. 1.13. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2013 г.

В первом секторе процессы восточной формы сохранились. Под влиянием с юга гребня континентального антициклона циклоны в системе исландского минимума Северной Атлантики смещались высокоширотными траекториями. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над ЦПБ Арктики. Фон давления в данном секторе Арктики значительно понизился до отрицательных аномалий 8-10 гПа (рис. 1.14).

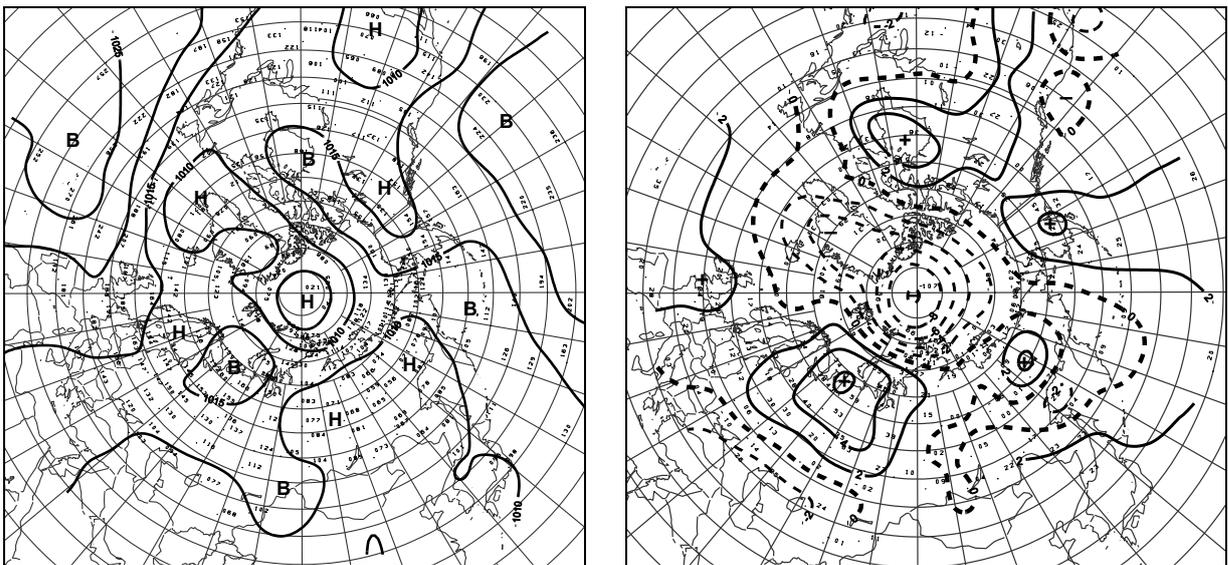


Рис. 1.14. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2013 г., гПа

Наблюдались воздушные потоки преимущественно юго-западных и западных направлений, которые обусловили преобладающую адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры был выше нормы на 1-4°C. Наиболее теплым оказался район юга Баренцева моря, со среднемесячной температурой более 5 °С.

Во втором секторе повышенная повторяемость процессов типа М1. сохранилась. Фон давления под влиянием циклонов с запада имел тенденцию продолжать понижаться. Фон температуры при повышенной повторяемости юго-западных и юго-восточных потоках повысился до 1-4 °С (рис. 1.15).

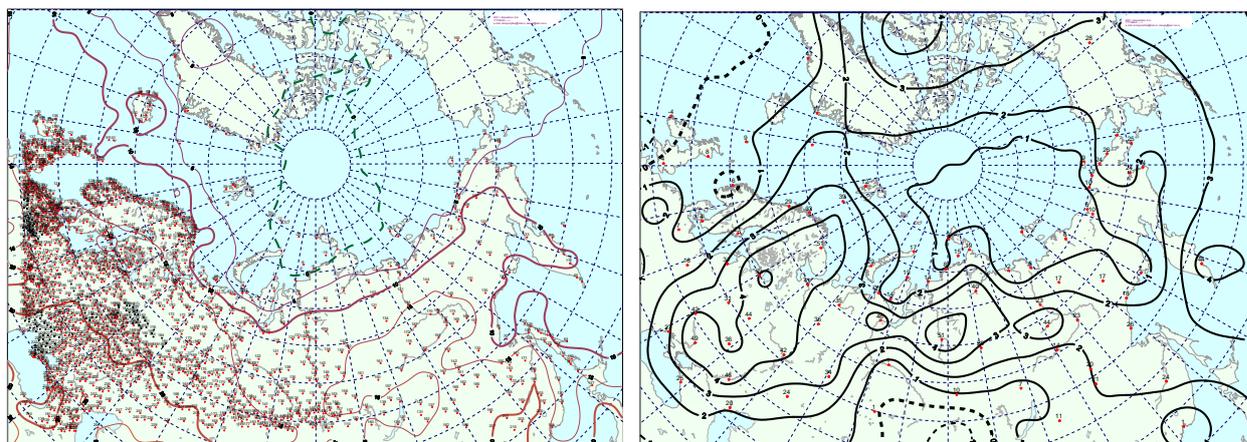


Рис. 1.15. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2013 г., (°С)

Структурные внутримесячные особенности развития и перестроек атмосферных процессов в апреле – июне 2013 г. по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) представлены в табл. 1.2.

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 2013 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
1-3	С	М1	1-5	W	М2	1-4	Е	М1
4-6	С	М2	6-10	Е	3.	5-7	Е	М1
7-9	W	М2	11-14	W	3	8-10	W	М1
10-12	Е	М1	15-19	Е	3	11-13	С	М1
13-15	Е	М1	20-23	Е	М2	14-16	W	М1
16-20	Е	М1	24-26	С	3	17-19	W	М2
21-23	Е	М1	27-31	Е	М1	20-22	Е	М2
24-27	С	3				23-26	Е	3
28-30	W	М2				27-30	Е	М2
Итого	W 6 (-3) С 10 (2) Е 14 (1)	3 4 (-5) М1 17 (9) М2 9 (-4)	Итого	W 9 (0) С 3 (-7) Е 19 (7)	3 7 (-4) М1 15 (6) М2 9 (-2)	Итого	W 9 (-1) С 3 (-7) Е 18 (8)	3 4 (-4) М1 16 (0) М2 10 (4)

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

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.1.16) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступавшие с дрейфующей станции СП-40 и дрейфующих буев МПАБ.

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.

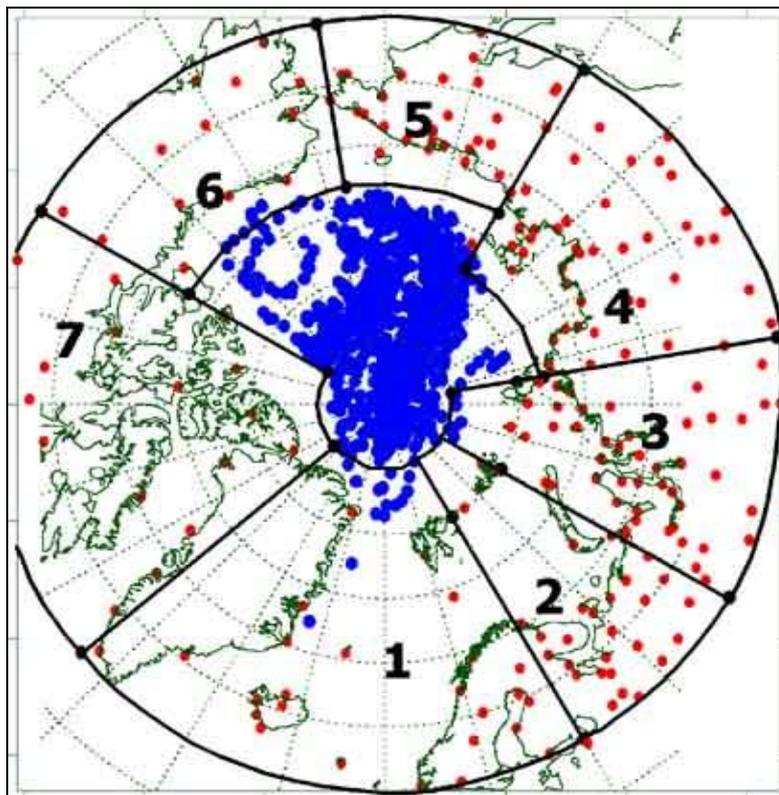


Рис. 1.16. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2013 года по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в табл.1.3. В весеннем сезоне 2013 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 1,2 °С. Весна 2013 г. по рангу теплых лет стала девятнадцатой теплой весной за период с 1936 г. Аномалия температуры в широтной зоне 70-85° с.ш. оказалась равной 2,3 °С, а в зоне 60-70° с.ш. 0,6 °С. Прошедший сезон в этих широтных зонах стал седьмым и тридцать вторым, соответственно, теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.3

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2013 г. на территории СПО и по широтным зонам (ΔT - отклонения от средних за 1961-1990 гг., °С; R – ранг текущих значений в ряду убывающих температур за 1936-2012 гг.)

Широтная зона, ° с.ш.	ΔT	R	Наиболее теплый год (ΔT)	Наиболее холодный год (ΔT)
70-85	2,3	7	2011 (4,0)	1966 (-2,2)
60-70	0,6	32	2011 (2,9)	1964 (-2,2)
60-85	1,2	19	2011 (3,4)	1964 (-2,1)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2013 г. для отдельных климатических районов выявило крупный очаг положительных аномалий температуры в

Евразийском секторе, центр которого располагался на территории Чукотского района (рис. 1.17, табл. 1.4).

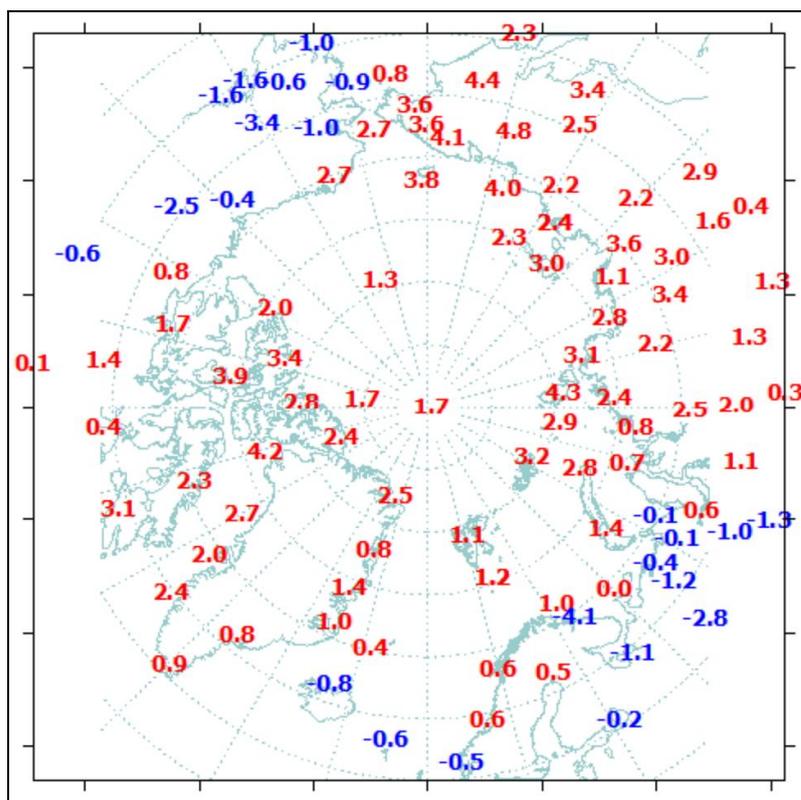


Рис. 1.17. Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона на станциях северной полярной области, °С

Таблица 1.4

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2013 г. на территории отдельных районов (ΔT - отклонения от средних за 1961-1990 гг., °С; R – ранг текущих значений в ряду убывающих температур за 1936-2012 гг.)

Климатический район	ΔT	R	Наиболее теплый год (ΔT)	Наиболее холодный год (ΔT)
Атлантический	0,7	33	2004 (3,0)	1968 (-1,4)
Североевропейский	-0,2	52	2011 (3,7)	1958 (-2,8)
Западносибирский	1,3	30	2011 (6,7)	1964 (-2,0)
Восточносибирский	2,3	10	2011 (5,5)	1958 (-2,7)
Чукотский	3,1	7	2002 (4,3)	1950 (-2,8)
Аляскинский	-0,8	63	1981 (4,0)	1964 (-4,2)
Канадский	1,8	13	2010 (4,6)	1964 (-2,5)

Пространственно-осредненная аномалия температуры составила здесь 3,1 °С. Для Чукотского района прошедшая весна оказалась седьмой теплой весной с 1936 г. В южных частях районов Североевропейского и Аляскинского наблюдались отрицательные аномалии температуры воздуха. Значение пространственно осредненной по территории каждого из районов аномалии температуры составило соответственно -0,2 и -0,8 °С.



В районах арктических морей и на территории суши выше 70° с.ш. наблюдались преимущественно положительные аномалии температуры. Высокие значения положительных аномалий обнаруживались в морях евразийского сектора. Самая крупная аномалия имела место в районе Чукотского моря (табл. 1.5). Значение пространственно осредненной аномалии составило 3,4 °С. В юго-западной части Карского моря и южной части Баренцева моря на метеорологических станциях отмечались небольшие отрицательные аномалии температуры воздуха.

Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2013 г. на территории севернее 70° с.ш. (ΔT - отклонения от средних за 1961-1990 гг., °С; R – ранг текущих значений в ряду убывающих температур за 1936-2012 гг.)

Море, часть климатического района	ΔT	R	Наиболее теплый год (ΔT)	Наиболее холодный год (ΔT)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	1,2	26	2004, 2006 (3,8)	1968 (-2,1)
Баренцево море	1,4	27	2011 (4,0)	1969 (-2,7)
Карское море	2,0	21	2011 (7,3)	1964 (-3,9)
Море Лаптевых	2,5	11	2011 (5,6)	1966 (-2,6)
Восточно-Сибирское море	3,1	7	1990 (5,4)	1950 (-2,5)
Чукотское море	3,4	10	2002 (5,4)	1985 (-3,2)
Море Бофорта	1,3	23	2010 (3,8)	1964 (-2,7)
Северная часть Канадского района	2,9	6	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. 1.18, а для районов арктических морей на рис. 1.19. Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за весенний сезон СПО и отдельных широтных зон за период 1936-2013 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 1,5; 1,4 и 1,4 °С за 78 лет.

Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за весенний сезон температуры воздуха присутствует в большинстве районов. Наибольшей величины линейный тренд имеет место в районах евразийского сектора, где он равен около 0,24 °С/10 лет (потепление составило 1,9 °С за 78 лет). В Канадском и Аляскинском районах линейный тренд был положителен, но его значение статистически не значимо.

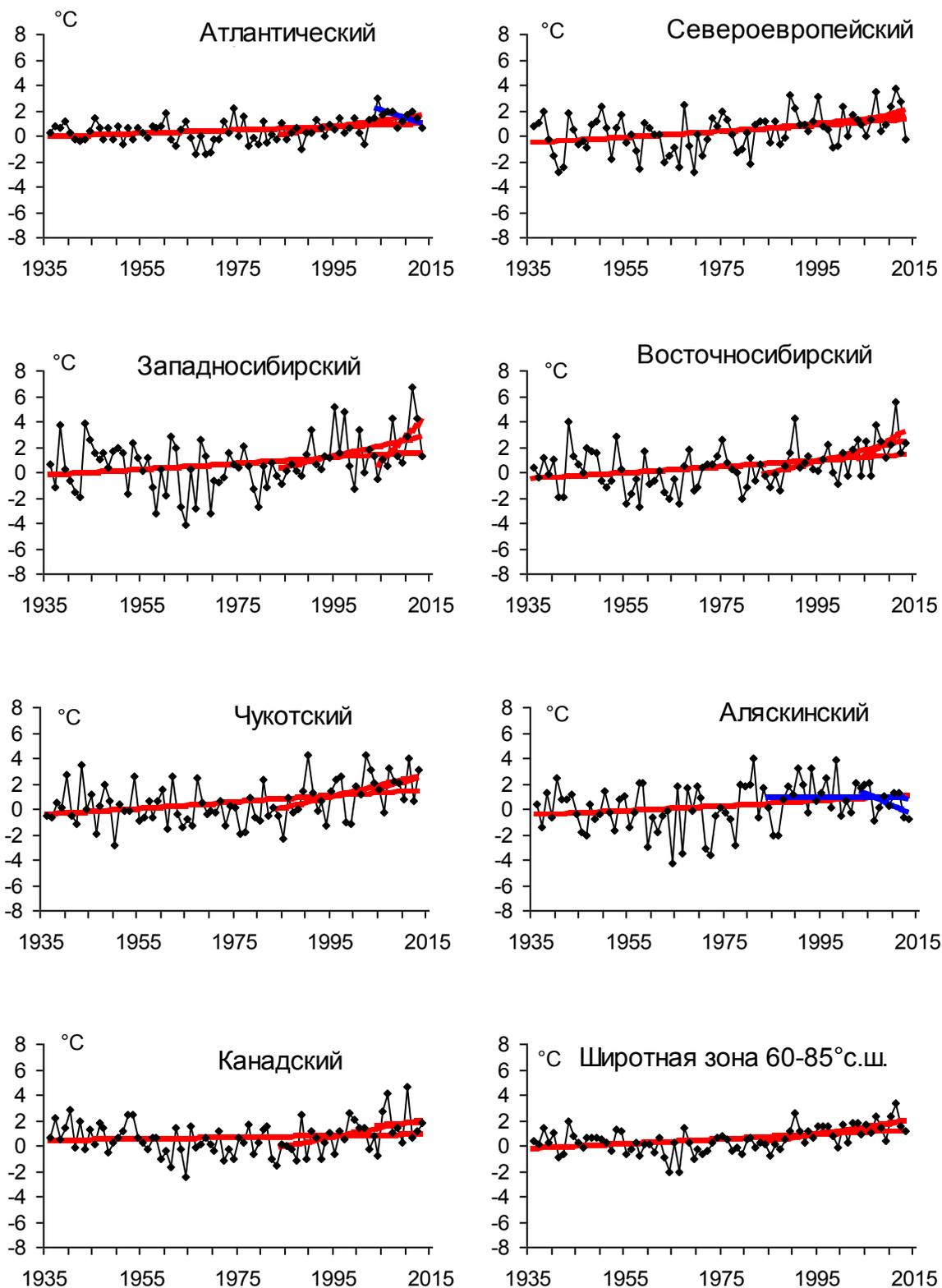


Рис. 1.18. Временные ряды аномалий температуры воздуха весеннего сезона, °С

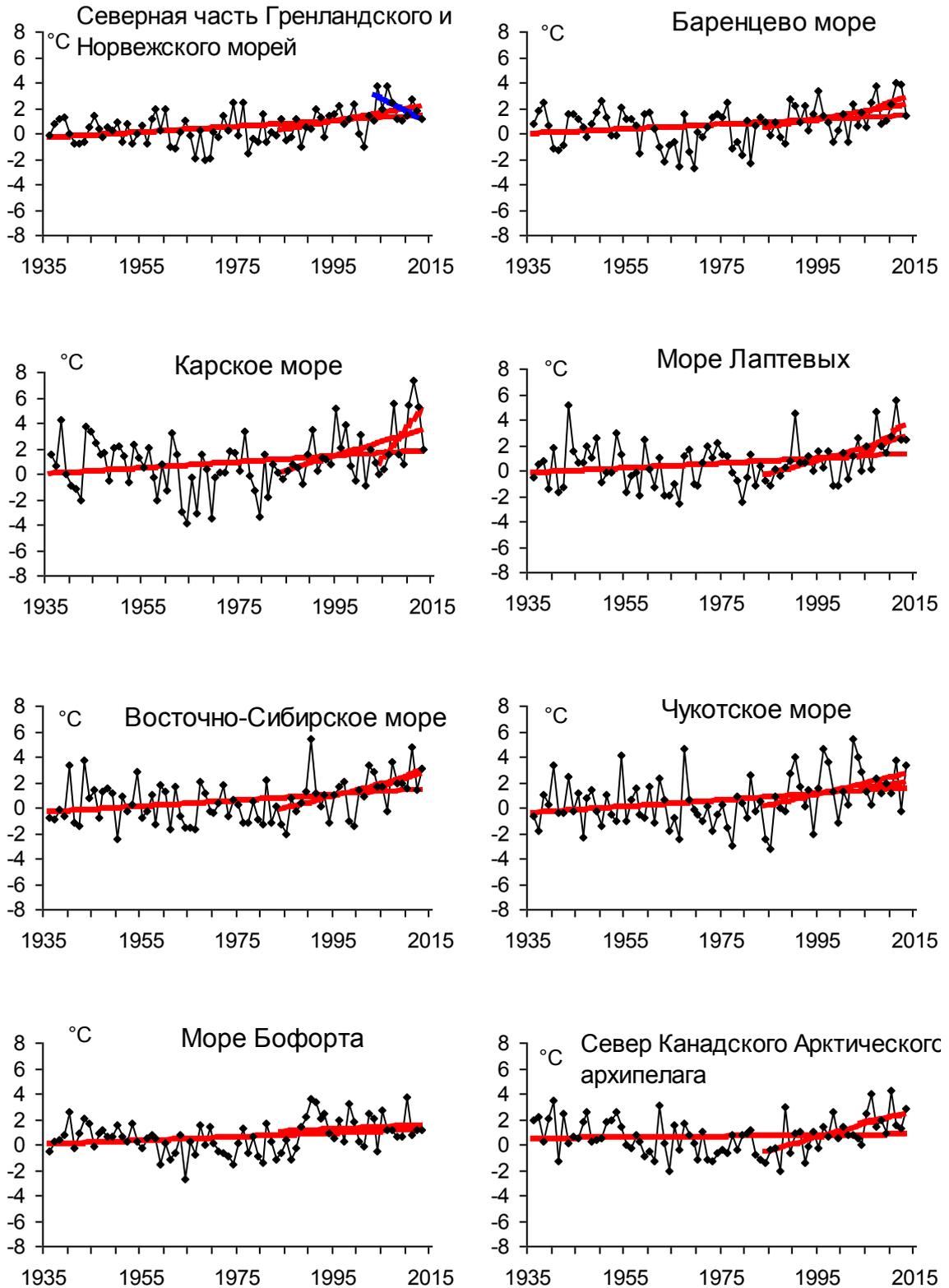


Рис. 1.19. Временные ряды аномалий температуры воздуха весеннего сезона, °C

Таблица 1.6.

Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха отдельных районов за период 1936-2013 гг.

Район, широтная зона	1936-2013		1984-2013		2004-2013	
	Вх	D	Вх	D	Вх	D
Атлантический	0,13	34,5	0,53	55,4	-1,41	61,6
Североевропейский	0,24	35,6	0,36	24,8	1,08	23,2
Западносибирский	0,23	26,1	0,85	38,6	3,92	53,5
Восточносибирский	0,24	33,5	0,91	49,7	2,44	42,6
Чукотский	0,24	34,0	0,88	45,8	0,99	23,4
Аляскинский	0,19	24,3	-0,02	1,4	-1,78	48,5
Канадский	0,06	10,5	0,73	45,9	0,34	6,1
60-70°с.ш.	0,18	42,3	0,40	40,1	0,56	20,0
70-85°с.ш.	0,19	39,1	0,86	66,1	1,38	46,0
60-85°с.ш.	0,18	42,4	0,57	54,3	0,79	27,6

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1984-2013 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах сохраняются статистически значимые положительные тренды температуры. Наиболее высокое значение тренда характерны в изменениях температуры на территории к северу от 70° с.ш. Здесь повышение температуры весеннего сезона составило 2,6 °С/30 лет, а к югу от 70° с.ш. только 1,2 °С/30 лет. Среди отдельных районов потепление 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, 2,7 и 2,6 °С/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде статистически значимые линейные тренды отсутствуют. Отмечается появление отрицательных тенденций в изменениях температуры воздуха в Атлантическом и Аляскинском 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 и на севере Канадского района. За 1984-2013 гг. температура воздуха в этих районах повысилась соответственно на 3,4 и 3,2 °С/30 лет.

Таблица 1.7.

Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха районов арктических морей за период 1936-2013 гг.

Море, часть моря	1936-2013		1984-2013		2004-2013	
	Вх	D	Вх	D	Вх	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,22	40,4	0,64	47,4	-2,03	59,4
Баренцево море	0,18	27,4	0,62	41,3	1,50	34,2
Карское море	0,23	24,6	1,13	46,8	4,86	56,3
Море Лаптевых	0,19	25,1	1,02	52,6	2,89	49,5



Море, часть моря	1936-2013		1984-2013		2004-2013	
	Вх	D	Вх	D	Вх	D
Восточно-Сибирское море	0,23	31,3	0,96	48,1	1,79	39,5
Чукотское море	0,25	30,1	0,88	37,1	0,56	13,1
Море Бофорта	0,14	25,8	0,18	12,2	0,62	15,9
Северная часть Канадского района	0,04	6,4	1,05	61,9	0,79	17,9

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

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2012/13 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 2012-13 г. для отдельных широтных зон и климатических районов. В целом для СПО осадков выпало ниже нормы (на 4 %) из-за меньшего количества осадков, выпавших в широтной зоне 60-70° с.ш. (на 4 %). Такое количество осадков, выпавших в холодном периоде 2012-13 г. в СПО, оказалось сорок девятым в ряду убывающих значений с 1936 года. К северу от 70°с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало выше нормы (на 7 %). Это пятнадцатое место в ряду убывающих значений с 1936 года.

Таблица 1.8.

Относительные аномалии (%) сумм осадков холодного сезона 2012/13 г.

Климатический район, широтная зона	Холодный период	Год (наибольшее значение)	Год (наименьшее значение)
Атлантический	99,5	1992 (122)	1941, 2011 (74)
Североевропейский	106,9	2007 (127)	1942 (67)
Западносибирский	92,3	2007 (120)	1941 (74)
Восточносибирский	89,1	1967 (129)	1942 (83)
Чукотский	80,7	1967 (163)	2012 (70)
Аляскинский	119,0	1991 (141)	1954 (58)
Канадский	70,6	2005 (120)	1947 (65)
60-70° с.ш.	95,8	2007 (115)	1941 (77)
70-85° с.ш.	107,2	2008 (122)	1977 (85)
60-85° с.ш.	96,2	2007 (114)	1941 (81)

Сопоставление годовых сумм осадков выпавших в холодном сезоне 2012–13 г. в отдельных климатических районах обнаруживает, что менее всего осадков выпало в Канадском районе (на 29 % ниже нормы), а более всего в Аляскинском районе (на 19 % выше нормы) (табл. 1.8). Соответственно для этих районов прошедший холодный сезон стал семьдесят шестым и девятнадцатым 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. На рис. 1.20



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

Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936-2013 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения зимних осадков в целом по региону (на 10 %) и к югу от 70° с.ш. (на 10 % от нормы). За этот период осадки более всего выросли в Североευропейском районе (на 33 % от нормы 1961-90 гг.) и Западносибирском (на 20 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части районов на 33 и 18 % соответственно. В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 16 %).

Таблица 1.9

**Параметры 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
	1935/36-2012/13			1983/84-2012/13		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	6,63	8,1	22,5	-19,36	-9,0	22,1
Скандинавия и север ЕТР	11,47	32,7	73,7	6,24	6,8	22,7
Западная Сибирь	5,04	18,5	54,3	2,02	2,9	9,8
Восточная Сибирь	0,26	1,4	4,8	-0,40	-0,9	2,8
Чукотка	-4,03	-16,5	30,4	-9,38	-14,8	48,1
Аляскинский (южная часть)	2,13	11,1	16,8	2,28	4,6	7,7
Канадский (южная часть)	0,42	3,0	7,0	-5,19	-14,3	32,2
60-70° с.ш.	3,18	10,1	41,5	-3,23	-4,0	18,0
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	8,94	29,6	47,9	13,52	17,2	31,4
Баренцево море	6,22	21,4	53,2	6,57	8,7	21,5
Карское море	0,36	2,1	4,0	13,94	31,5	56,0
Море Лаптевых	-3,06	-19,6	36,8	-1,16	-2,9	6,4
Восточно-Сибирское море	-7,01	-43,7	52,8	-0,13	-0,3	0,6
Чукотское море	-10,25	-45,7	56,3	-3,17	-5,4	13,2
Море Бофорта	-0,95	-7,6	9,0	-8,04	-24,9	34,9
Канадский (северная часть)	0,70	9,2	11,2	-2,95	-14,8	15,8
70-85° с.ш.	1,11	6,3	21,4	8,08	17,5	56,5
Атлантический	6,74	8,1	22,4	-21,64	-10,1	24,7
Североευропейский	11,70	32,9	73,9	6,94	7,6	25,3
Западносибирский	5,40	19,6	57,3	3,48	4,9	17,7
Восточносибирский	0,40	2,2	7,3	1,72	3,7	11,9
Чукотский	-3,90	-15,7	29,0	-6,79	-10,7	33,9
Аляскинский	1,99	10,3	15,5	2,22	4,5	7,5
Канадский	0,72	5,0	12,2	-3,98	-10,9	26,4
60-85° с.ш.	3,35	10,5	43,0	-2,29	-2,8	12,9

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 тренды



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.

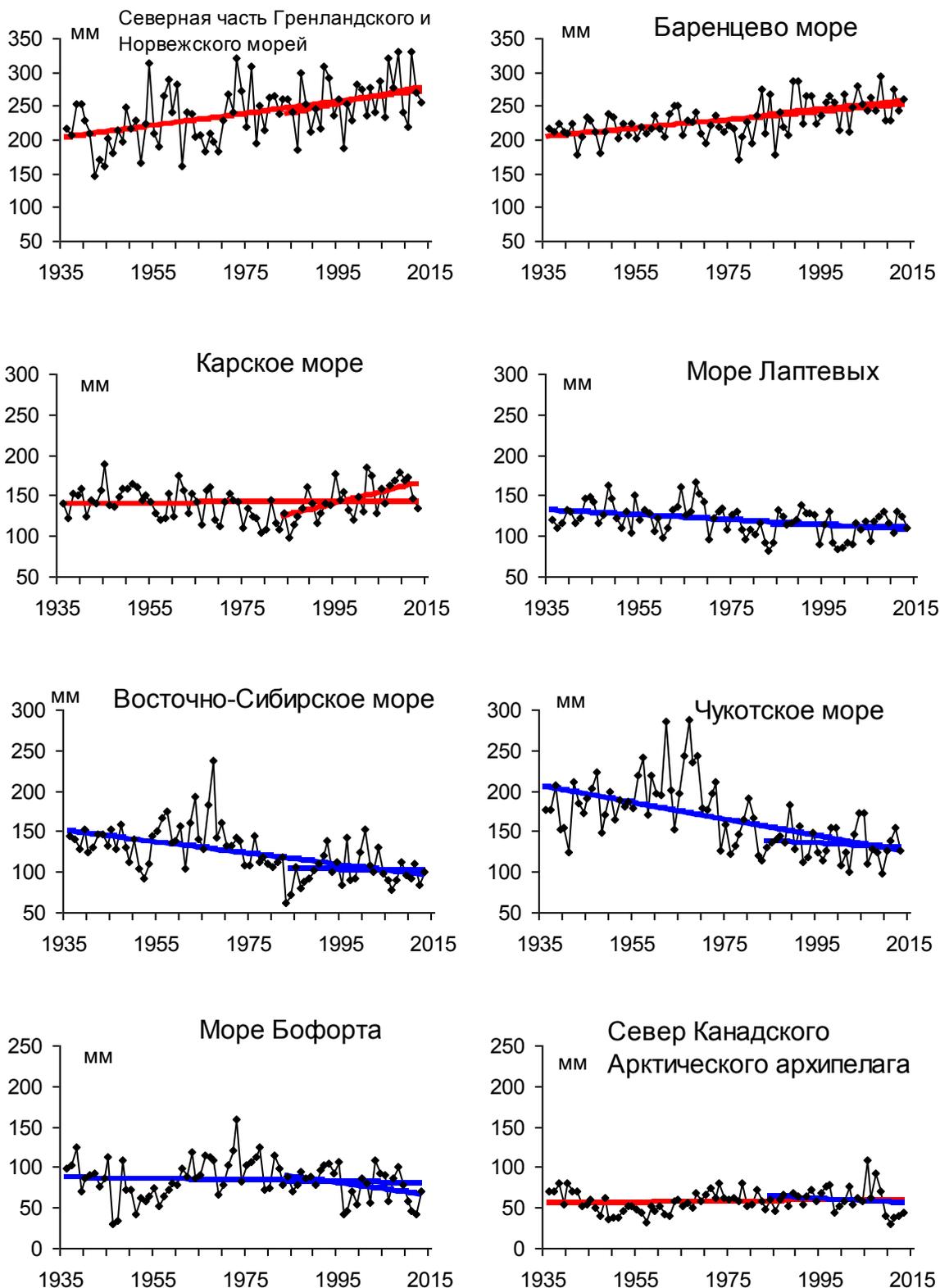


Рис. 1.20. Временные ряды сумм осадков холодного сезона, мм

2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2013 года

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле-июне 2013 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 дрейфующей станции «СП-40» 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 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;

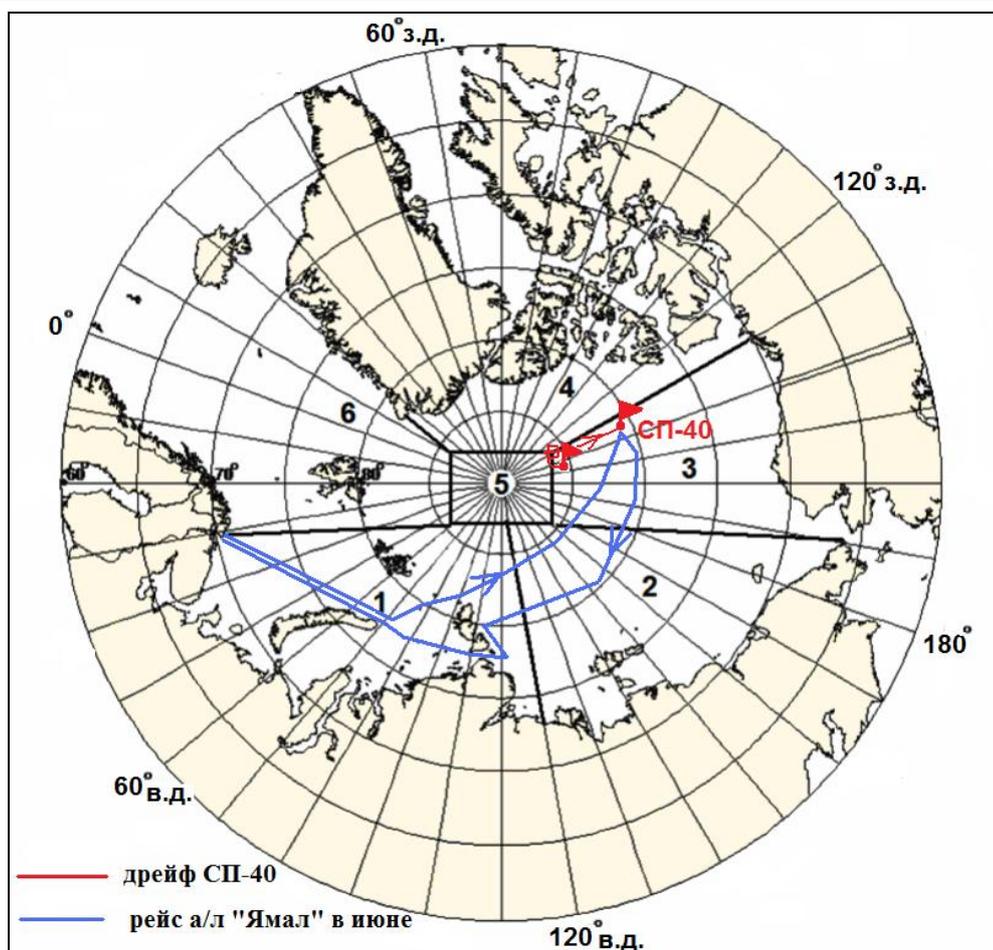
- вычислительные особенности расчета – авторское программное обеспечение ААНИИ с сохранением точности расчетов и оценке статистических параметров по гистограмме распределения.

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 2013 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 2013 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.



1-западный район российского сектора; 2-восточный район российского сектора; 3-алаянский сектор; 4 канадский сектор; 5-приполюсный район; 6- гренландский сектор

Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана и дрейф «СП-40» в апреле-июне 2013 г.

В российском и аляскинском секторах Арктики преобладали однолетние льды. Многолетние льды располагались преимущественно в приполюсном районе, канадском и гренландском секторах Арктики. Вдоль восточного побережья Гренландии наблюдался обширный язык старых льдов, образовавшийся в результате дрейфа и выноса льда из Арктического бассейна через пролив Фрама. Старые льды по площади составляли до 35-40% 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 распределении льда в полярном бассейне проявилась хорошо выраженная зональность. Старые льды наблюдались у гренландского и канадского побережья, далее в центральной части бассейна наблюдалась обширная полоса однолетних толстых льдов. Далее в северных частях российских арктических морей и море Бофорта наблюдались однолетние средние льды. И, наконец, непосредственно в прибрежной полосе наблюдались однолетние тонкие и молодые льды в заприпайных полыньях (рис. 2.2).

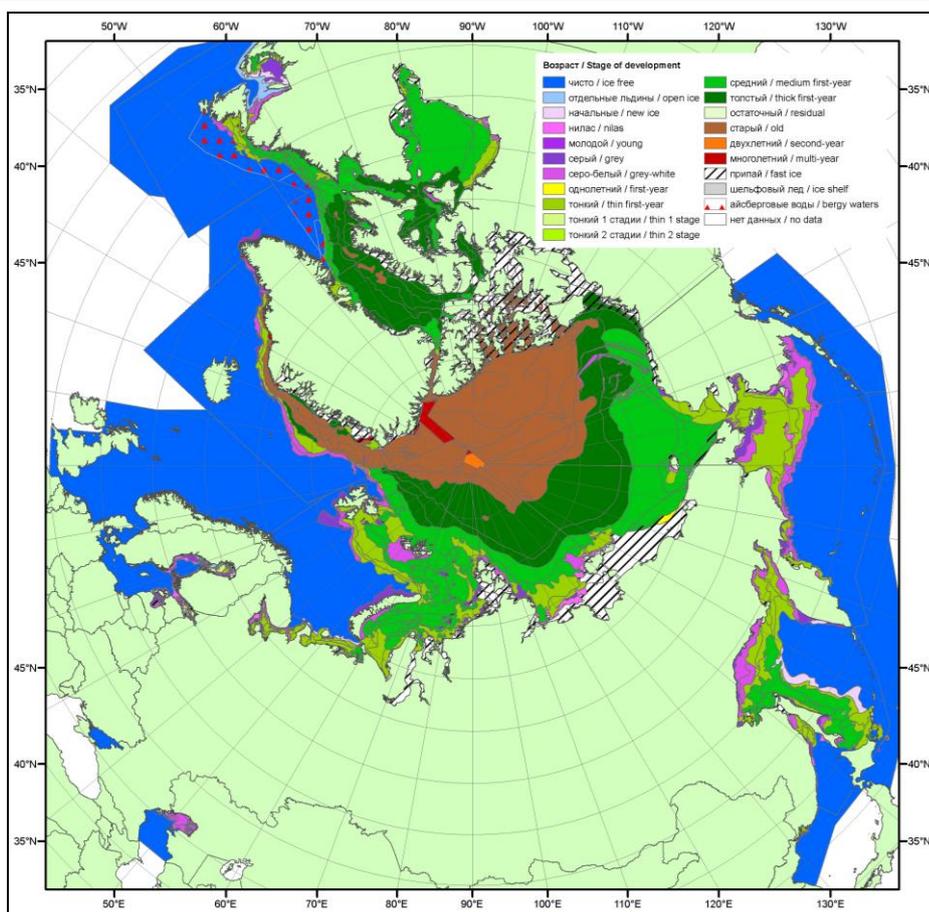


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО за 25 – 26.03.2013 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда была невелика в западном районе и больше среднемноголетней в восточном районе арктического сектора Арктики, что при позднем начале ледообразования осенью привело к пониженной толщине льда в первом районе и повышенной во втором. Сформировавшиеся еще в первом квартале отрицательные аномалии толщины льда в морях Баренцевом, юго-западе Карского и Лаптевых сохранились и во втором квартале. А в северо-восточной части Карского моря и морях Восточно-Сибирском и Чукотском аномалии толщины льда к концу периода нарастания превысили среднемноголетние значения (рис. 2.3). Нарастание толщины льда в этих морях наблюдалось до середины мая.

Измерения морфометрических характеристик льда на дрейфующей станции «СП-40» показали, что интенсивность толщины нарастания льда в весенний период 2013 г. в высоких широтах была близка к среднемноголетним значениям. За период с конца октября по первую декаду мая увеличение толщины льда составило 50 см (со 150 см до 200 см). Увеличение толщины льда происходило в среднем по 2,8 см за декаду, что для этого периода близко к среднемноголетним значениям.

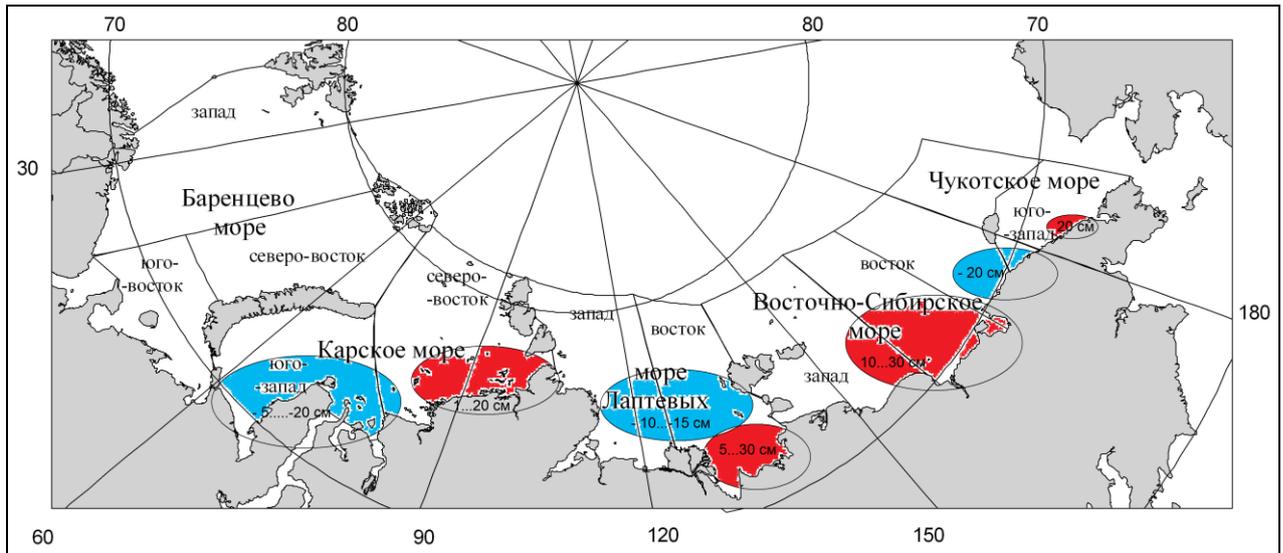


Рис. 2.3. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2013 г. (конец мая)

Высота снежного покрова в весенний период 2013 г. оказалась близкой к среднемноголетнему значению. По данным измерений наибольшая высота снега на начало мая составила 39 см при характерной среднемноголетней высоте снега в этом районе составляющей около 40 см.

Ход изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямых измерений на полигоне «СП-40» приведены на рис. 2.4 и рис. 2.5.

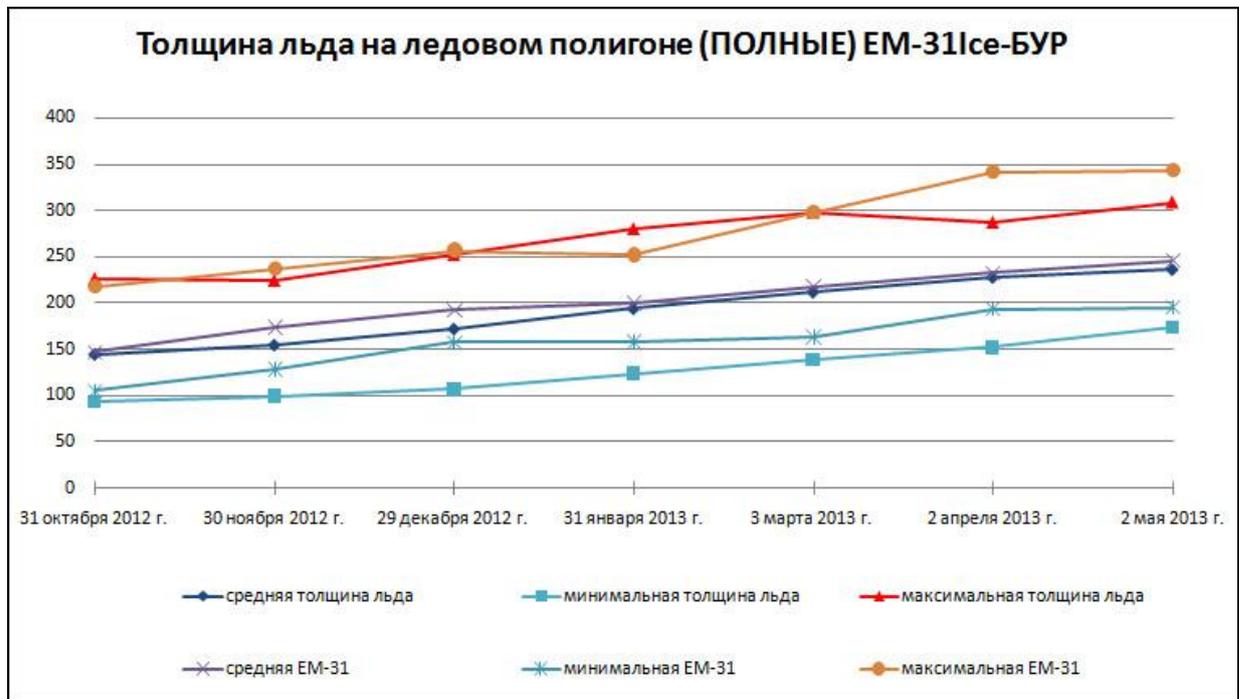


Рис. 2.4. Изменения толщины льда по данным прямых измерений на дрейфующей станции «СП-40»



Рис.. 2.5. Изменения высоты снежного покрова по данным прямых измерений на дрейфующей станции «СП-40»

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 2.6-2.14.

Дрейф всего океанического ледяного массива хорошо прослеживается по характерным ледовым образованиям – распространению «языков» старых льдов у восточного побережья Гренландии и в море Бофорта, по дрейфу станции «СП-40», по развитию или закрытию запрпайных полыней в морях.

В апреле в распределении льдов по акватории СЛО произошло ряд существенных изменений. 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 тонкие и средние льды. Запрпайные полыньи в арктических морях были развиты слабо, в связи с этим молодых льдов (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало.

Старые льды наблюдались только в канадском, гренландском секторах и части приполюсного района Арктики и полностью отсутствовали в российских арктических морях и море Бофорта (рис. 2.6).

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 на север Чукотского моря. 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 моря Лаптевых 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. 2.7).

В поле сплоченности ледяного покрова хорошо прослеживалась достаточная однородность. Зоны повышенной сплоченности наблюдались в Гренландском море и море Бофорта, вдоль аляскинского побережья, а также в северной части Берингова моря, куда выносились льды из моря Бофорта (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.8 б).

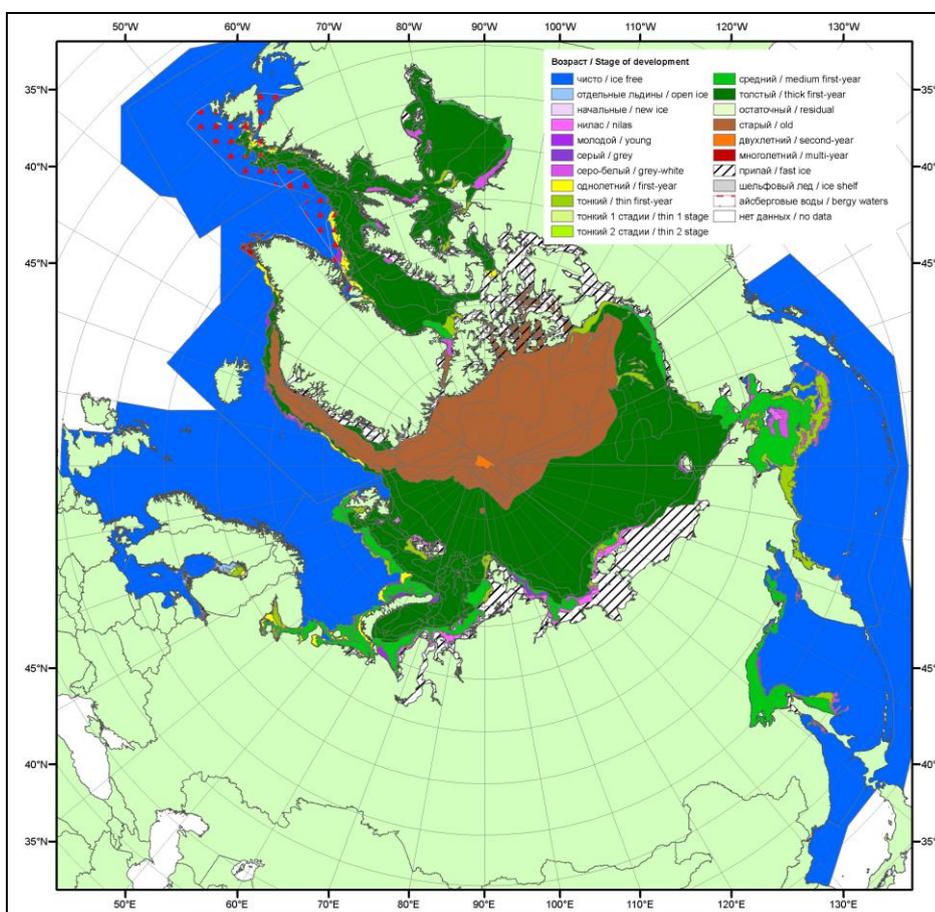
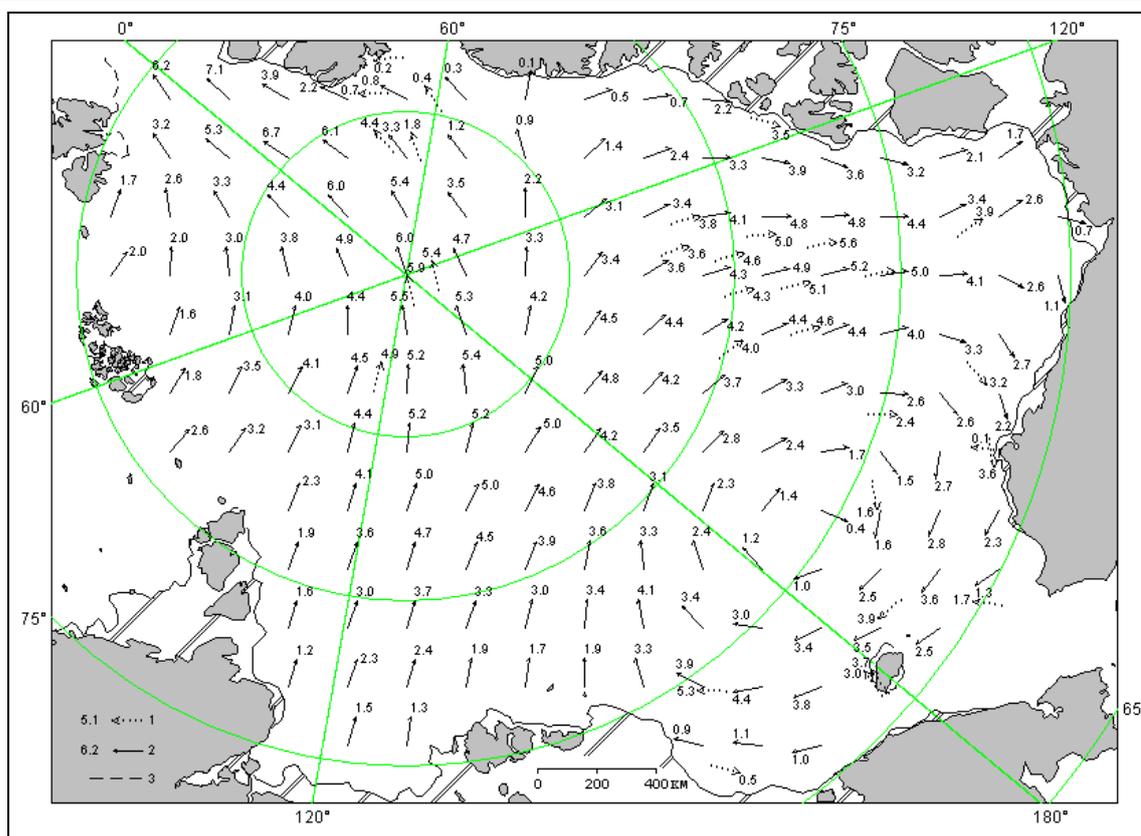


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта СЛО за 22 – 23.04.2013 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США



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. 2.7. Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2013 г.

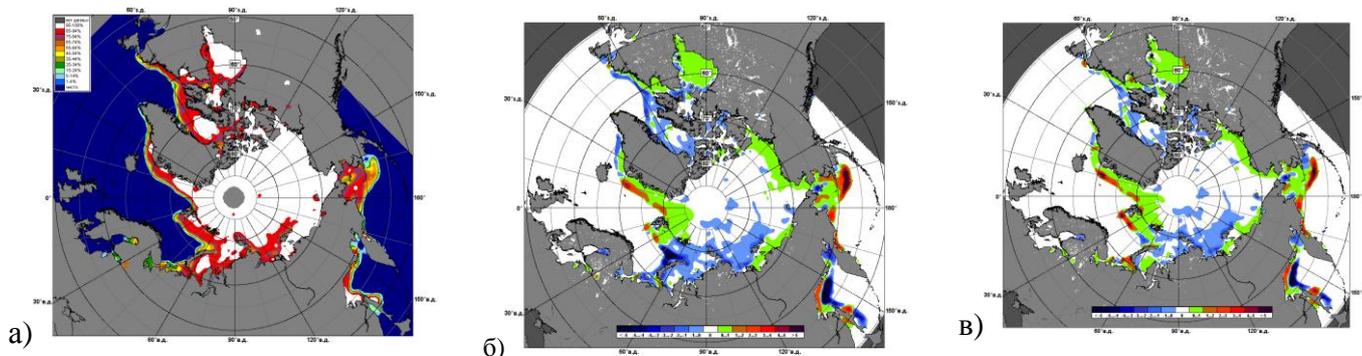


Рис. 2.8. Медианные распределения сплоченности льда в апреле 2013 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2013 (б) и 2001-2013 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

В конце мая, который считается периодом максимального развития ледяного покрова, в структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды (преимущественно однолетние толстые льды), которые составляли около 65% от общего количества льда. Около 35% от общего количества льда составляли старые льды. Совсем незначительное количество молодых льдов наблюдалось в прикромочных областях морей

западного района российского и гренландского секторов Арктики (в морях Баренцевом и Гренландском) и заприпайных полыньях.

Однолетние льды занимали весь российский сектор Арктики и более половины приполюсного района и аляскинского сектора. Старые льды наблюдались преимущественно в канадском и гренландском секторах Арктики и частично в приполюсном районе (рис. 2.9).

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 пролив Фрама. Канадский антициклонический круговорот, как структура поля дрейфа полностью отсутствовал, но наблюдался слабый дрейф льда вдоль побережья северной Америки и Аляски и выносящий льды из моря Бофорта в северную часть Чукотское море (рис. 2.10).

Принципиального изменения в распределении льдов в мае по сравнению с апрелем не наблюдалось. Однако, в мае в результате действия воздушных переносов южных направлений и западной и в центральной части российского сектора Арктики (в морях Баренцевом и Лаптевых) начала формироваться устойчивая полынья и крупные отрицательные аномалии сплоченности льда (зоны, выделенные темно-синим цветом на рис. 2.11 б).

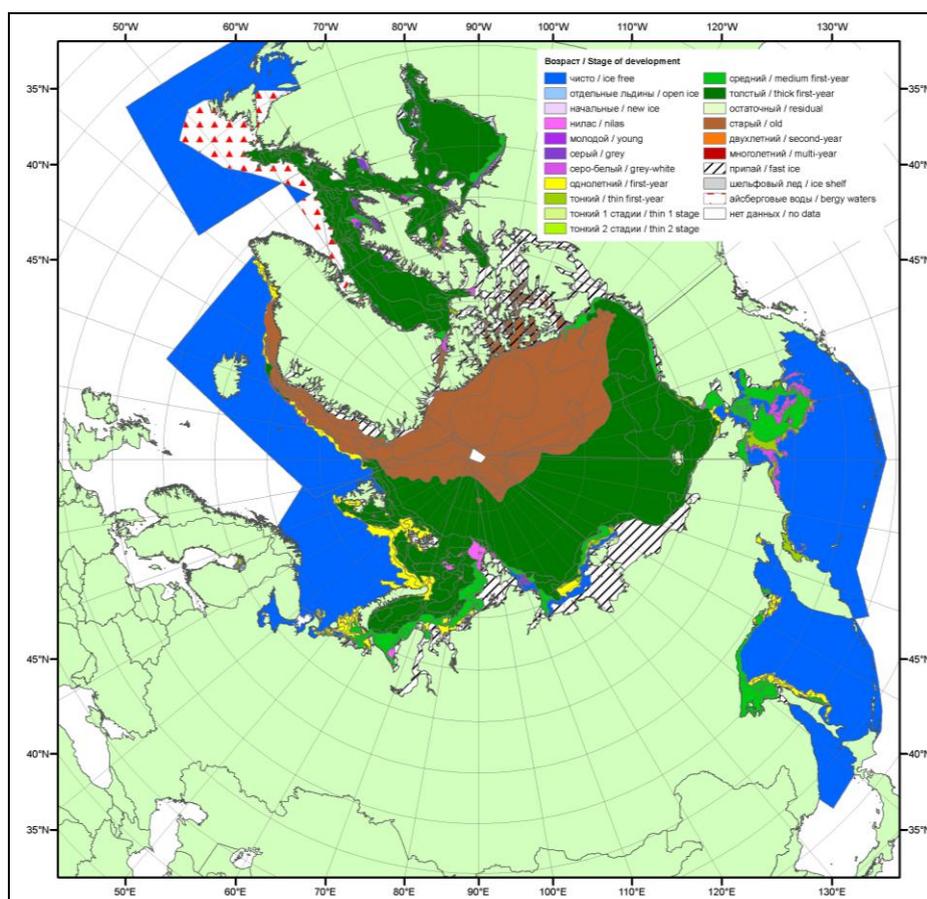
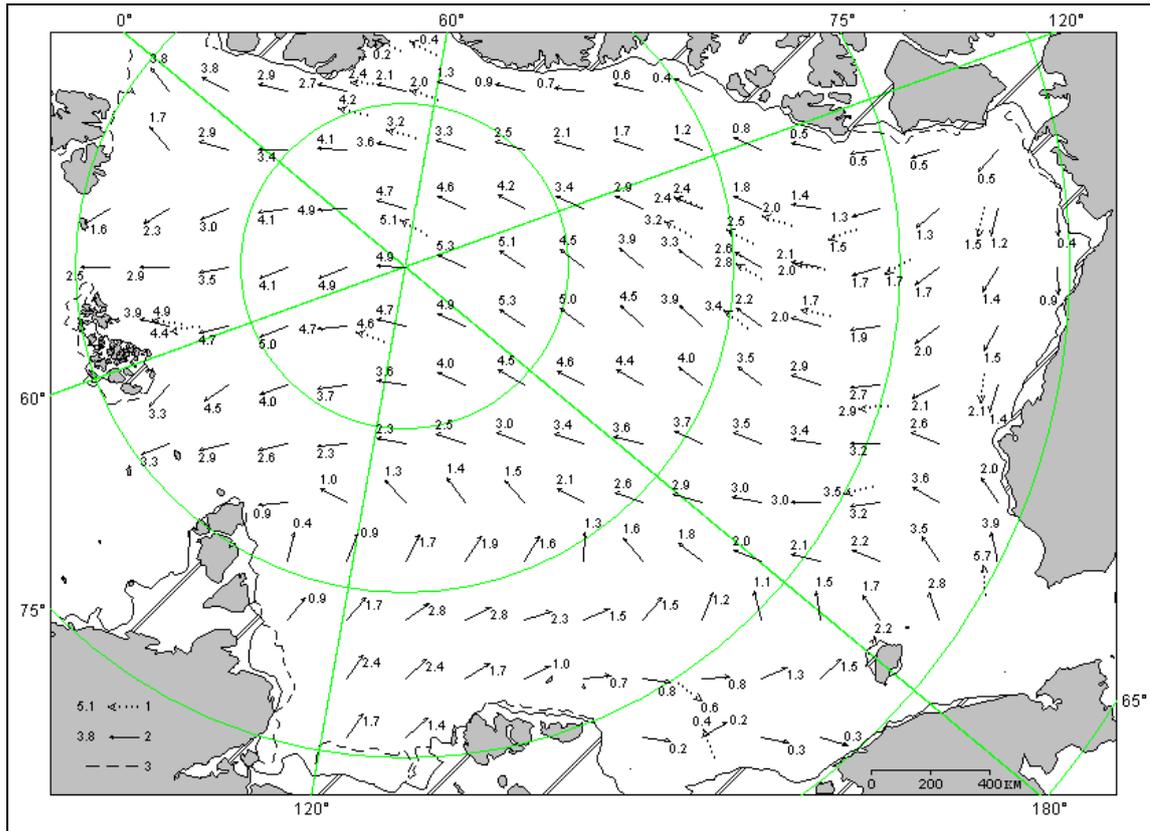


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта СЛО за 13-15.05.2013 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США



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

Рис. 2.10. Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2013 г.

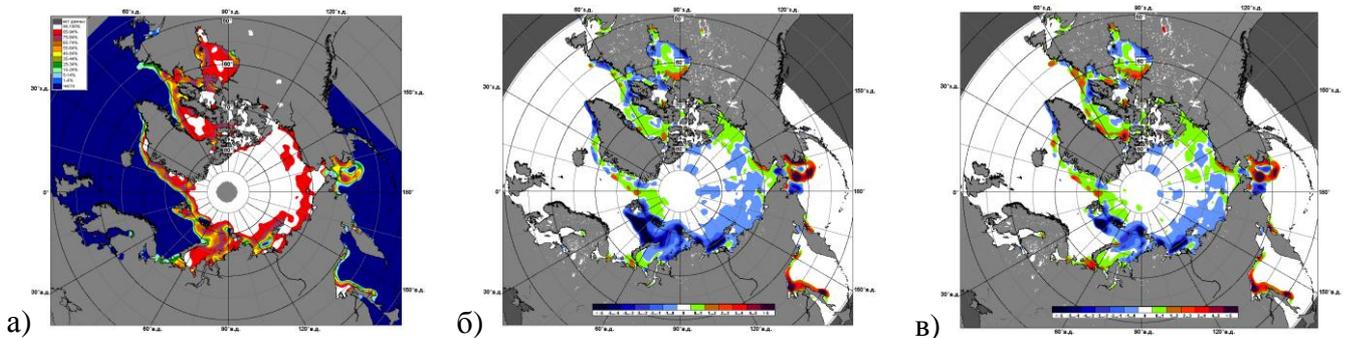


Рис. 2.11. Медианные распределения сплоченности льда в мае 2013 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2013 (б) и 2001-2013 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева и Лаптевых. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В морях Баренцевом и Лаптевых сформировались аномалии, которые можно было отнести к разряду крупных. 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. 2.12).

Поле дрейфа ледяного покрова в июне представляло собой достаточно сложную картину, состоящую из двух круговоротов – Канадского антициклонического, с центром смещенным к берегам Канадского арктического архипелага, и циклонического, с центром расположенным в приполюсном районе. Трансарктический перенос льда как таковой отсутствовал (рис. 2.13).

В результате циклонического дрейфа льда морях российского сектора Арктики ледяной покров перемещало в восточные части моря, а в западных частях образовывались разрежения. В поле сплоченности ледяного покрова сформировались крупные отрицательные аномалии сплоченности (зоны, выделенные темно-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. 2.14 б) сформировались в зонах приноса ледяного покрова, в восточных частях морей, также у побережья моря Бофорта.

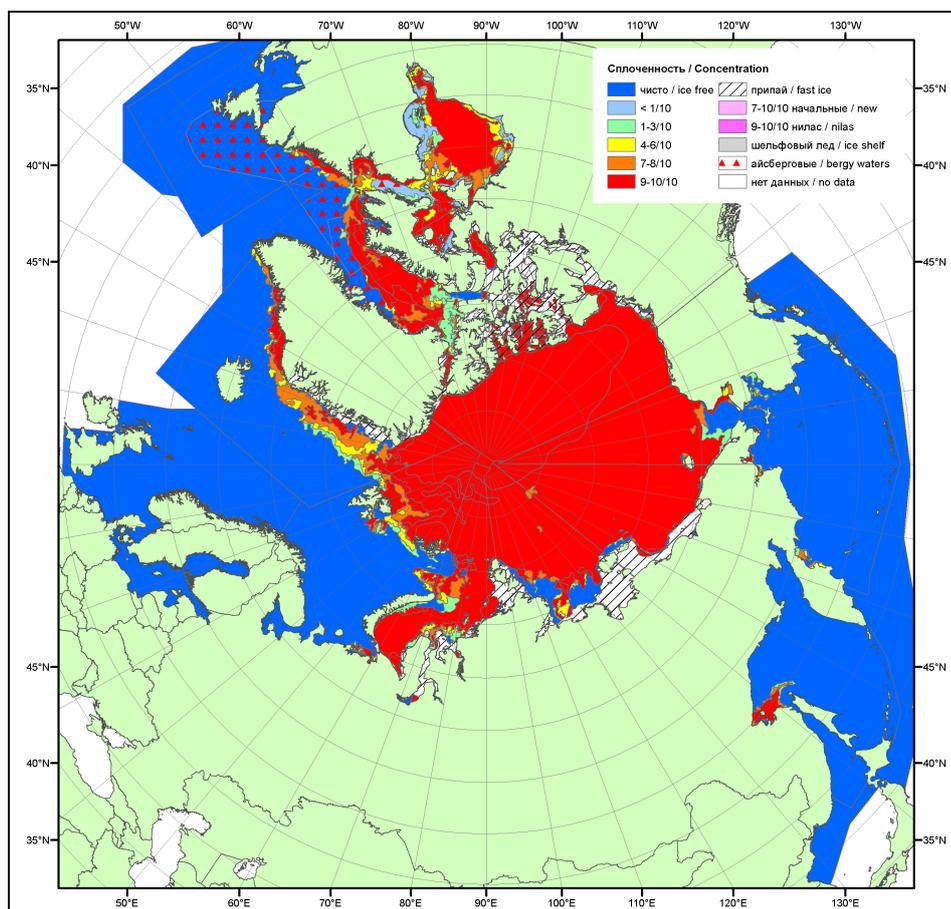
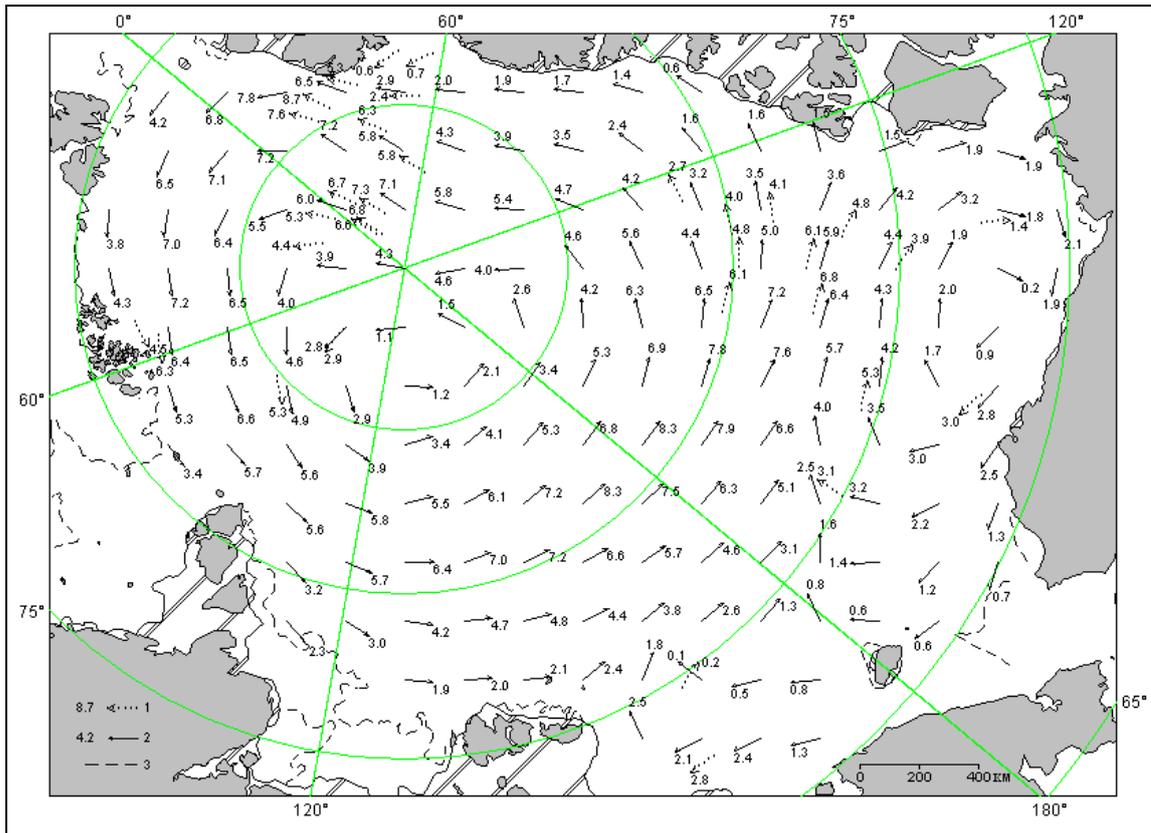


Рис. 2.12. Обзорная ледовая карта СЛО за 17-18.06.2013 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США



(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. 2.13. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2013 г.

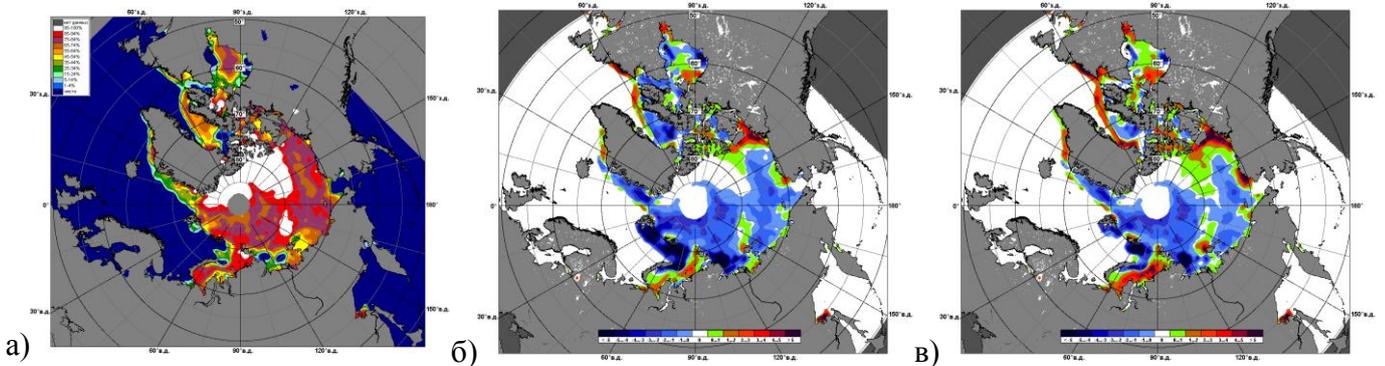


Рис. 2.14. Медианные распределения сплоченности льда в июне 2013 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2013 (б) и 2001-2013 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

Развитие припая в российских арктических морях в течение весенних месяцев проходило с различной интенсивностью для морей западного и восточного района Арктики. В июне наблюдалось значительное уменьшение площади припая в результате его взлома и разрушения практически во всех арктических морях. Суммарная площадь припая в российских арктических морях в конце июня составила 385 тыс. км² при норме в 500 тыс. км² или на 23% меньше нормы.



Развитие заприпайных полыней в этих морях, наоборот превысило среднемноголетние значения. В конце июня, при среднемноголетней площади заприпайных полыней в 220 тыс. км², наблюдаемое развитие полыней составило 520 тыс. км², что на 47% больше среднемноголетних значений. Крупные заприпайные полыньи сформировались а западных берегов морей западного района российского сектора Арктики.

Во втором квартале сохранялась и значительно увеличилась тенденция, наметившаяся в зимние месяцы 2013 г. – пониженная площадь припая и увеличенная площадь заприпайных полыней.

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ФГБУ «ААНИИ», во втором квартале года оказалось в среднем за квартал на 3 % меньше среднемноголетнего значения за счет малой ледовитости морей западного района российских секторов Арктики – Гренландского, Баренцева и Карского морей (рис. 2.15, табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в июне 2013 г. и её
аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM**

Район, моря	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2012 гг.	от 2002-2013 гг.	от 1979-2013 гг.
Северная полярная область	11490.7	571.7	278.0	-327.1
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)	2657.9	293.2	-50.8	-360.5
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых-Чукотское, Берингово, Охотское)	3428.0	-66.2	18.1	-36.1
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	5404.8	344.7	310.6	69.5

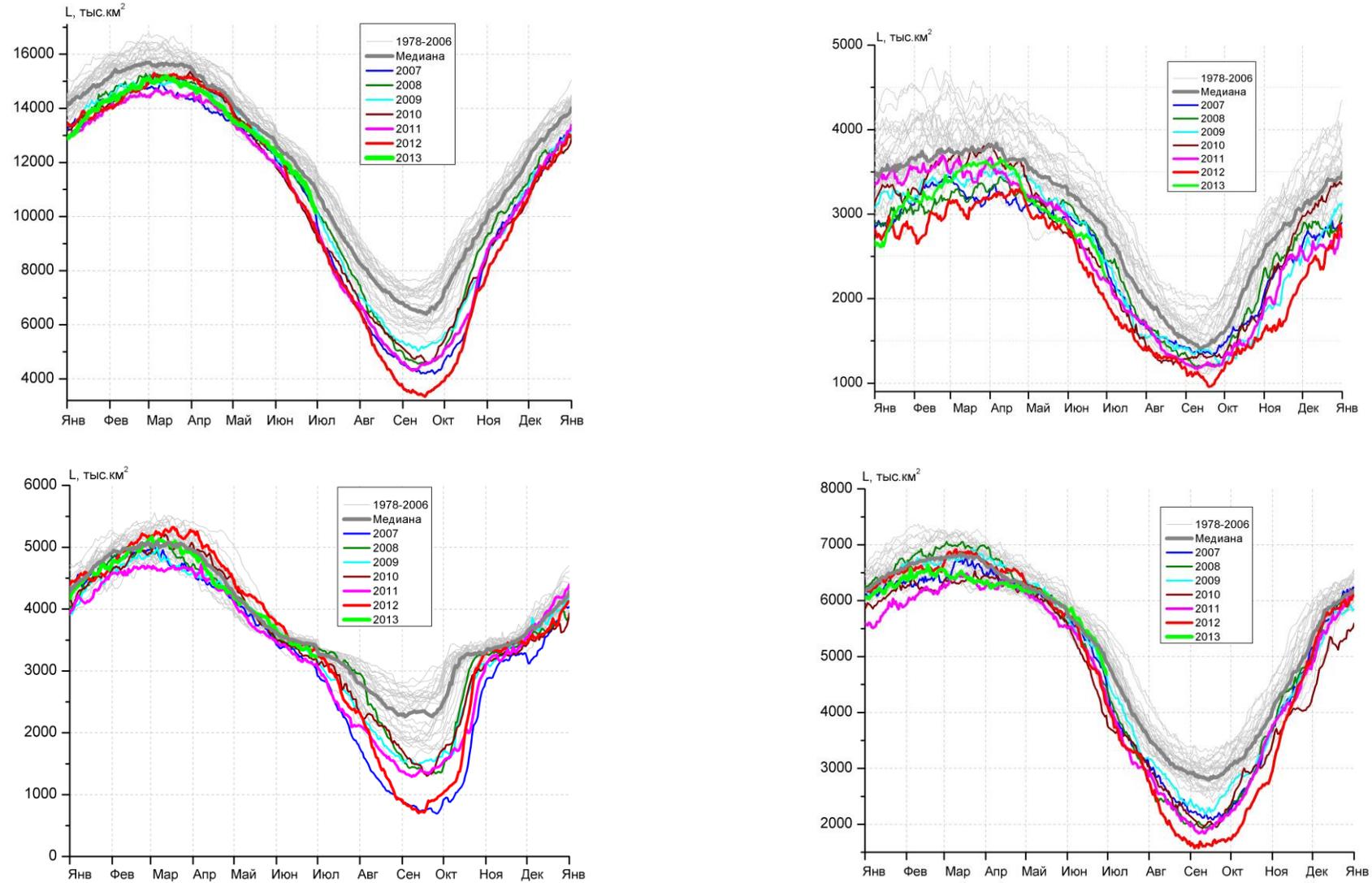


Рис. 2.15. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) - для Северной полярной области и меридиональных секторов б) - 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря), в) - 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) - 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период за период 26.10.1978 - 30.06.2013 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 феврале, в п. Дудинка – в январе. 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 2013 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	54	20	67	13	82	15	92	10
Таз-Газовское	81	20	93	12	103	10	93	-10
Енисей-Игарка	88	11	112	24	129	17	130	1
Енисей-Дудинка	100	31	125	25	138	13	145	7
Енисей - Караул	95	27	128	33	151	23	164	13

В таблице 2.3 приведены аномалии толщин льда в апреле, т. е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда. Толщина льда в апреле на устьевых участках рек Обь и Таз оказалась меньше средних многолетних величин, в то время как на устьевом участке р. Енисей – больше нормы на 14 – 33 см.

Высота снега на льду в конце апреля в рассматриваемых пунктах наблюдалась от 8 см в п. Салехард до 23-30 см в остальных наблюдательных пунктах.

Признаком разрушения льда весной является образование закраин. В 2013 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря закраины появились: на р. Оби – в первую декаду мая, на р. Енисее – во вторую декаду мая, на р. Таз – в третью декаду мая.



Таблица 2.3

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2013 г.	Средняя*	Аномалия
Обь	Салехард	92	102	-10
Таз	Тазовское	93	137	-44
Енисей	Игарка	130	97	33
	Дудинка	145	131	14
	Караул	164	137	27

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		
		2013 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2013 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	23.05	26.05	-3	27.05	01.06	-5
Таз	Тазовское	07.06	11.06	-4	08.06	15.06	-7
Енисей	Игарка	21.05	28.05	-7	31.05	8.06	-8
	Дудинка	29.05	04.06	-6	01.06	11.06	-10
	Караул	03.06	09.06	-6	06.06	16.06	-10

Первая подвижка льда была отмечена на устьевом участке р. Оби 19 мая, на устьевом участке р. Енисее - с 13 по 30 мая. Заторы льда наблюдателями отмечались на р. Енисее между постами Игарка и Дудинка с 22 по 29 мая (в районе п. Потапово).

Весенний ледоход начался на устьевых участках рек Оби и Таз на 3-4 дней раньше нормы, на устьевом участке р. Енисее - на 6-7 дней раньше нормы. Продолжительность весеннего ледохода на устьевых участках рек составила от 1 дня на р. Таз до 10 дней на р. Енисее (п. Игарка).

Очищение ото льда устьевых участков рек бассейна Карского моря произошло на 5-7 дней раньше средних многолетних сроков на реках Обь и Таз. На р. Енисее очищение происходило на 8-10 дней раньше 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 нарастания за месяц с января по апрель. Наибольшее нарастание толщины льда наблюдалось в



январе в Обской губе и в феврале в Енисейском заливе. В мае в Обской губе и в Енисейском заливе продолжалось незначительное нарастание льда.

Таблица 2.5

**Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2013 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	108	52	125	17	136	12	148	12
Енисейский залив–Соп. Карга	88	22	114	26	137	23	148	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		
		2013 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	148	102	46
Енисейский залив	Сопочная Карга	148	137	11

Толщина льда в конце апреля на устьевых взморьях рек бассейна Карского моря оказалась значительно больше средних многолетних величин.

Высота снега на льду в конце апреля наблюдалась 15-19 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 наблюдался на 6-7 дней, а очищение ото льда – на 3 дня раньше средних многолетних сроков.



Таблица 2.7

Сроки вскрытия устьевых взморий рек бассейна Карского моря по данным стационарной сети в 2013г.

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2013 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	14.06	20.06	-6
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	28.06	1.07	-3
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	14.06	21.06	-7
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	21.06	24.06	-3

Море Лаптевых

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых было отмечено в январе на р. Лене, в феврале – на реках Хатанга, Оленёк и Яна. В апреле во всех пунктах 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 2013 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	90	19	111	21	130	19	146	16
Оленек-Тюмети	98	19	113	15	137	24	143	6
Оленёк-Усть-Оленёк	135	25	161	26	184	23	201	17
Лена- Кюсюр	117	28	139	22	157	18	163	6
Лена-Хабарово	170	48	216	46	228	12	229	1
Яна-Юбилейная	90	22	116	26	132	16	141	9

Толщина льда в конце апреля на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых наблюдалась меньше нормы от 5 см до 12 см на реках Хатанга, Яна и Лена (п. Кюсюр).

В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась различная: от полного её отсутствия на р. Яна до 26-35 см на р. Оленёк (п. Тюмети). В таблице 2.9 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, когда нарастание льда близко к максимальному.

Таблица 2.9



Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2013 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	146	151	-5
Оленёк	Тюмети	143	138	5
	Усть-Оленёк	201	191	10
Лена	Кюсюр	163	175	-12
	Хабарово	229	225	4
Яна	Юбилейная	141	152	-11

Толщина льда на конец апреля оказалась различной по отношению к среднемуголетним величинам: меньше нормы она отмечена на реках Хатанга, Яна и Лена (п. Кюсюр); выше нормы – на реках Оленёк и Лена (п. Хабарово).

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		
		2013 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2013 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	03.06	12.06	-9	08.06	17.06	-9
Оленёк	Тюмети	23.05	02.06	-10	02.06	13.06	-11
	Усть-Оленёк	-	17.06	-	03.07	21.06	+12
Лена	Кюсюр *)	02.06	01.06	+1	06.06	11.06	-5
	Хабарово	02.06	07.06	-5	09.06	15.06	-6
Яна	Юбилейная **)	16.05	30.05	-14	31.05	6.06	-6

*) По данным Якутского УГМС даты начала ледохода и очищения по невыясненным причинам существенно отличаются: 23 мая и 9 июня соответственно.

**) По данным Якутского УГМС дата очищения относится к 27 мая.

В 2013 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых закраины появились во второй и третьей декадах мая. Процесс вскрытия на устьевых участках крупных рек бассейна моря Лаптевых повсеместно сопровождался образованием заторов.

Весенний ледоход начался на устьевых участках рек Хатанги, Яны, частично Оленёк и Лены на 5-14 дней раньше средних многолетних сроков. На р. Лена (п. Кюсюр) весенний ледоход начался в срок, близкий к норме (+1). Продолжительность весеннего ледохода на устьевом участке реки Хатанги составляет 5 дней, реки Оленёк (п. Тюмети) – 10 дней, на устьевом участке реки Лены – 4-7 дней, на устьевом участке реки Яны - 15 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 5-11 дней раньше средних многолетних значений.

Особенного рассмотрения заслуживает процесс вскрытия льда на р. Оленёк в районе п. Усть-Оленёк. Здесь из-за чрезвычайно низких уровней (до 126 см) весенний ледоход отсутствовал.



Лед стаивал на месте до полного своего вытаивания. В результате очищение было отмечено при уровне воды 138 см на 12 дней позже нормы.

Восточно-Сибирское море

В таблице 2.11 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель 2013 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.11

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2013 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	86	27	118	32	132	14	137	5
Колыма–Колымское	72	11	99	27	111	12	115	4
Колыма–Черский	97	34	127	30	137	10	154	17

В таблице 2.12 приведены толщины льда и их аномалии на конец апреля, в период, близкий к максимальному нарастанию льда. Максимальное нарастание льда отмечено на реках Индигирка и Колыма (п. Колымское) в феврале, в то время как на р. Колыме (п. Черский) оно наблюдалось в январе. Толщины льда в конце апреля 2013 г. на устьевых участках рек Индигирка и Колыма (п. Колымское) наблюдались меньше нормы на 30-25 см. На р. Колыма (п. Черский) толщина льда превысила норму на 12 см.

Высота снега на льду в конце апреля на реках Индигирка и Колыма (п. Черский) составляла 5-10 см. На р. Колыме (п. Колымское) снег на льду в указанный срок уже отсутствовал.

Таблица 2.12

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2013 г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	137	167	-30
Колыма	Колымское	115	140	-25
Колыма	Черский	154	142	12

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

Закраины на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря были отмечены 15-20 мая. Весенний ледоход начался на 6-7 дней раньше нормы. Продолжительность весеннего



ледохода на устьевом участке реки Индигирки составила 1 день, а на устьевом участке р. Колымы – 3-7 дней.

Заторы льда не отмечались.

Очищение ото льда устьевых участков крупных рек бассейна Восточно-Сибирского моря произошло на 7-9 дней раньше нормы.

Таблица 2.13

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2013 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2013 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	01.06	07.06	-6	02.06	10.06	-8
Колыма	Колымское*)	23.05	30.05	-7	26.05	04.06	-9
Колыма	Черский	26.05	02.06	-7	02.06	09.06	-7

*) По данным Якутского УГМС дата начала ледохода - 21 мая



3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в апреле-июне 2013 года

3.1. Термохалинные условия в Арктическом бассейне

Основная часть представленной информации во втором квартале 2013 г. была получена на акватории глубоководной части Арктического бассейна, где функционировали в общей сложности 8 ИТР (Ice-Tethered Profiler) буев, оснащенных профилографами, с помощью которых обеспечивалось непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1). Кроме непрерывной информации с профилографов, поступление данных о гидрологическом состоянии СЛЮ в течение рассматриваемого периода обеспечивала российская дрейфующая станция «Северный Полюс 40» (СП-40). Положение всех выполненных океанографических станций, использованных в рамках настоящего обзора, показано на рисунке 3.1.

Таблица 3.1

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

№	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Количество станций
1	СП-40	01.04.2013	06.06.2013	66
2	ИТР56*	01.04.2013	25.04.2013	86
3	ИТР57	01.04.2013	30.06.2013	174
4	ИТР58	01.04.2013	30.06.2013	179
5	ИТР61	10.04.2013	30.06.2013	324
6	ИТР62	01.04.2013	30.06.2013	168
7	ИТР63	01.04.2013	30.06.2013	363
8	ИТР64	01.04.2013	30.06.2013	358
9	ИТР65	01.04.2013	29.06.2013	331
Итого				2049

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

Для анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры по данным наблюдений во втором квартале 2013 г. был осуществлен расчет основных статистических характеристик (среднее, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения) вертикальных профилей температуры и солености. При этом было проведено предварительное объединение исходных данных за три месяца в отдельных районах акватории Арктического бассейна.

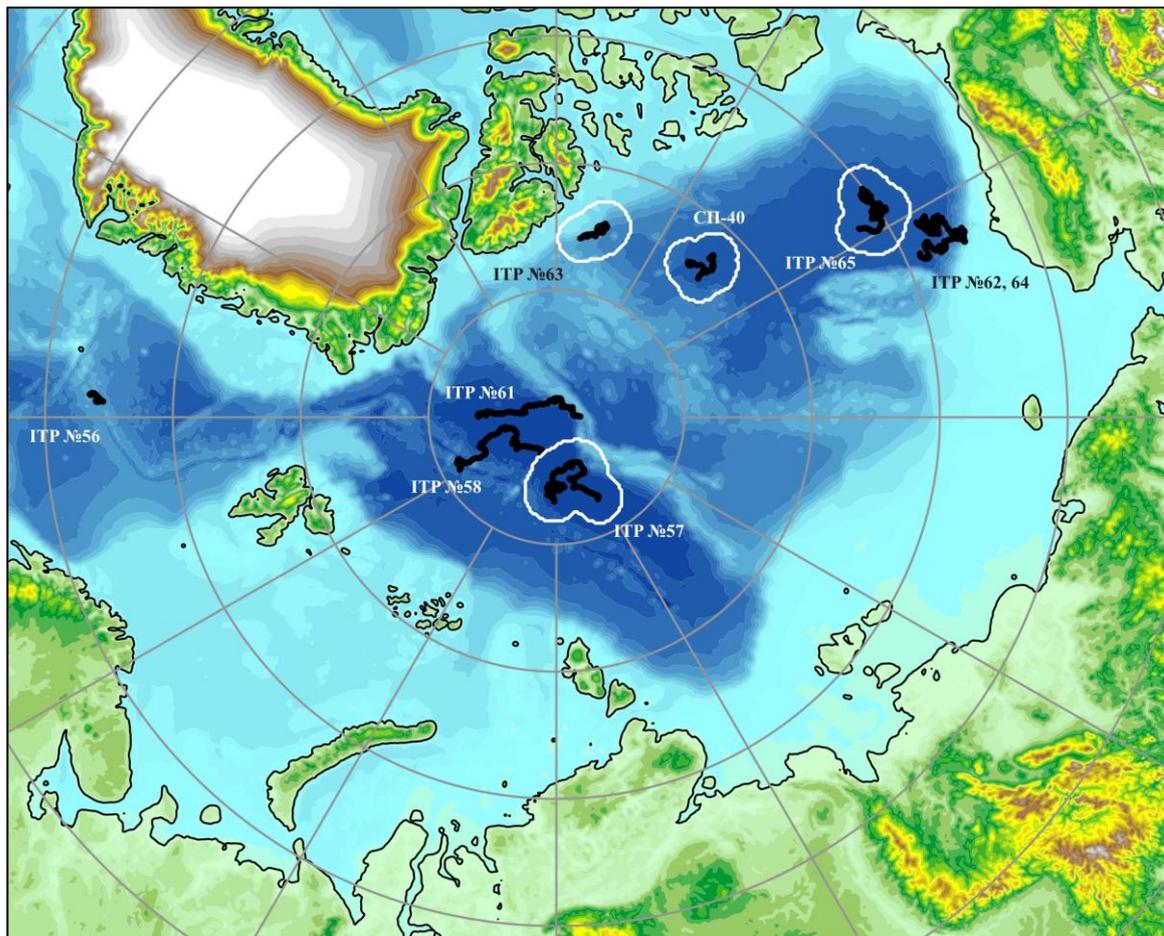


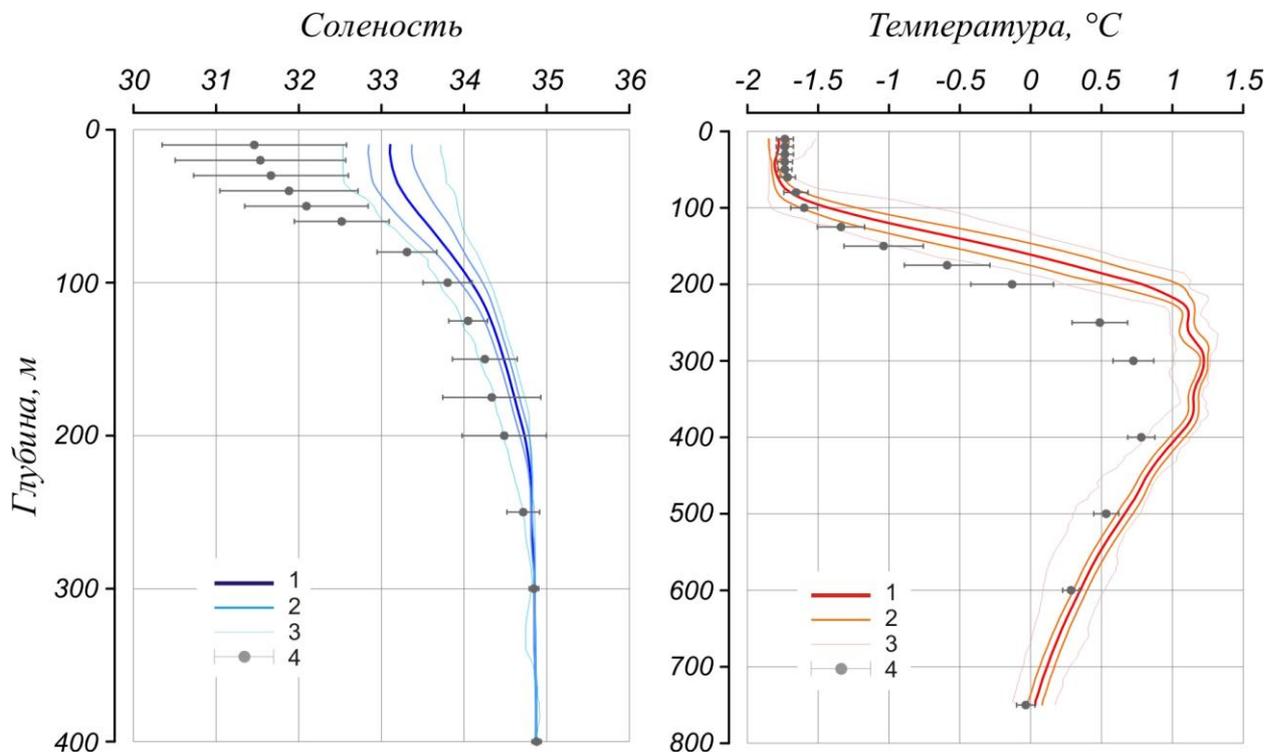
Рис. 3.1. Положение океанографических станций во втором квартале 2013 г.

В качестве географических зон для объединения групп станций использовались: район дрейфа ИТР буя № 57 для описания вертикальной структуры в районе западного склона хр. Ломоносова в районе параллели 86-88° с.ш.; район дрейфа ИТР № 63 северней архипелага Королевы Елизаветы; район дрейфа станции СП-40 в северной части Канадской глубоководной котловины и ИТР буя № 65 для описания вертикальной структуры центральной части Американо-Европейского суббассейна в области ядра круговорота Бофорта (рис. 3.1).

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

Евразийский суббассейн

Поверхностный слой Евразийского суббассейна в районе дрейфа ИТР № 57 в марте 2013 г. характеризовался относительно высокой (выходящей за рамки стандартного отклонения климатических значений) положительной аномалией солености, которая постепенно уменьшалась по мере роста глубины (рис.3.2). На глубине 10 метров соленость варьировалась от 32,8 до 33,3 ‰, что на 1,2-1,6 ‰ выше климатической нормы (~31,4 ‰). До глубин 40-50 метров значение аномалии сохраняет свою величину практически постоянной, после чего происходит резкое ее уменьшение до 0,2-0,3 ‰ на глубине от 100 до 200 метров и полное исчезновение на больших глубинах (рис. 3.2). Температура поверхностного слоя в этот период мало отличается от температуры замерзания и лишь незначительно меньше климатической за счет повышенной солености вследствие присутствия ледяного покрова.



1 – профиль средних значений, 2 – область стандартного отклонения, 3 – минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 – средние климатические значения и стандартные отклонения соответствующих характеристик по историческим данным базы океанографических данных СЛО отдела океанологии ААНИИ за март в период от 1950 по 1993 г.

Рис. 3.2. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа ИТР-57 в районе западного склона хр. Ломоносова в апреле-июне 2013 г.

Слой вод холодного галоклина в районе дрейфа ИТР № 57 практически не выражен. Слабый рост солености при относительно постоянстве низких температур, близких к точке замерзания, отмечается на глубинах 40-60 метров, но изменения солености слишком незначительны, чтобы их



можно было отнести к слою галоклина. Слой атлантических вод (АВ) в Евразийском бассейне СЛО продолжает характеризоваться высокими положительными аномалиями температуры воды, которые в некоторых случаях в два–три раза превосходят по амплитуде стандартные отклонения климатических значений температур в этом слое. В целом, слой воды с положительными аномалиями расположен в диапазоне глубин от 80 до 700 метров (рис. 3.2).

В зоне ядра АВ значения температуры во втором квартале 2013 г. достигали значений от +1,20 до +1,25 °С, что на 0,5 °С выше климатической нормы для этого района. Кроме аномалии термического состояния прослеживается аномалия в локализации ядра АВ и его границ: верхняя граница АВ, определяемая по изотерме 0° С, расположена на глубине 150-170 метров, что примерно на 40 метров выше ее климатического положения. Область максимальных температур в ядре атлантических вод также несколько смещена к поверхности, хотя точное значение смещения определить затруднительно из-за небольшой дискретности исторических измерений и из-за присутствия на измеряемых современных профилях интрузионных структур, являющихся следствием бокового обмена. При этом нижняя граница слоя АВ наблюдается примерно на том же уровне, как и по климатическим данным (рис. 3.2).

Амеразийский суббассейн

Во втором квартале 2013 г. в амеразийском бассейне термохалинные характеристики верхнего перемешанного слоя в целом повторяли тенденции предыдущих лет. Существенное распреснение поверхностного слоя по сравнению с климатической нормой наблюдалось на всей акватории Амеразийского суббассейна и достигало нескольких промилле.

Максимальное распреснение из всего выборочного набора данных наблюдалось в южной части Канадской глубоководной котловины, где поверхностный слой имел соленость около 27,9 ‰ при климатической норме в 30,2 ‰ (рис. 3.3).

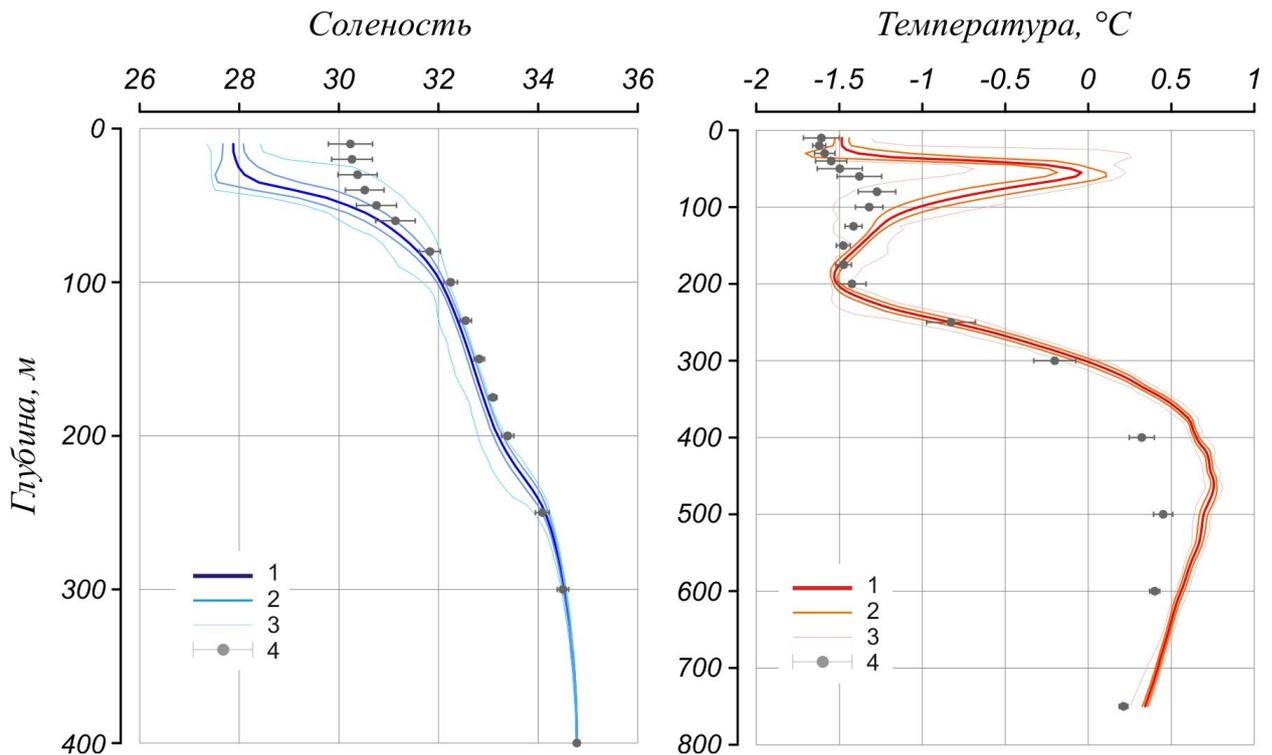


Рис. 3.3. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа ИТР-65 в центральной части Канадской глубоководной котловины во втором квартале 2013 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2.)

В районах, расположенных ближе к хр. Менделеева согласно данным измерений, выполненных на дрейфующей станции СП-40 и при помощи ИТР-63, аномалия поверхностной солености достигала $-1,0.. -1,2$ ‰ при значениях солености в диапазоне от 29,8 до 30,8 ‰ (рис. 3.3-3.5). Такие аномалии соответствуют 2-3 стандартным отклонениям по климатическим данным для этого района.

Ниже верхнего перемешанного слоя на глубинах, начинающихся от 25 метров (по данным ИТР-65) и от 35-40 метров (по данным СП-40 и ИТР-63) расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Американо-Тихоокеанского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума в вертикальных профилях температуры на глубинах от 25-30 метров и глубже. Наиболее сильно в терминах температуры воды этот слой выражен в южной части канадской глубоководной котловины, т.е. в районе, наиболее близко расположенном к Берингову проливу, через который и происходит поступление этих вод в СЛО. Так, максимум температуры ЛТВ по данным ИТР № 65 достигал во втором квартале 2013 года до $+0,25$ °C при среднем значении около $-0,05$ °C, что на $1,25$ °C теплее климатической нормы (рис. 3.3). Измерения на станции СП-40 и данные буя ИТР-63 в северной части канадской глубоководной котловины также демонстрируют наличие

подповерхностного максимума температуры воды около $-1,25..-0,9$ °С на глубине 50 метров, который примерно на $0,5$ °С больше климатического значения. Примечательно, что максимум последних располагается на гораздо больших глубинах. По данным СП-40 (рис. 3.4) климатический подповерхностный максимум ЛТВ расположен на 80-100 метрах, тогда как по данным ИТР-63 такой максимум по историческим данным не наблюдался, что говорит об отсутствии ЛТВ в исторической ретроспективе. Наличие ЛТВ здесь является характерной тенденцией последних нескольких лет, когда аномальное тепловое состояние ЛТВ сопровождалось аномальным распространением этих вод на север.

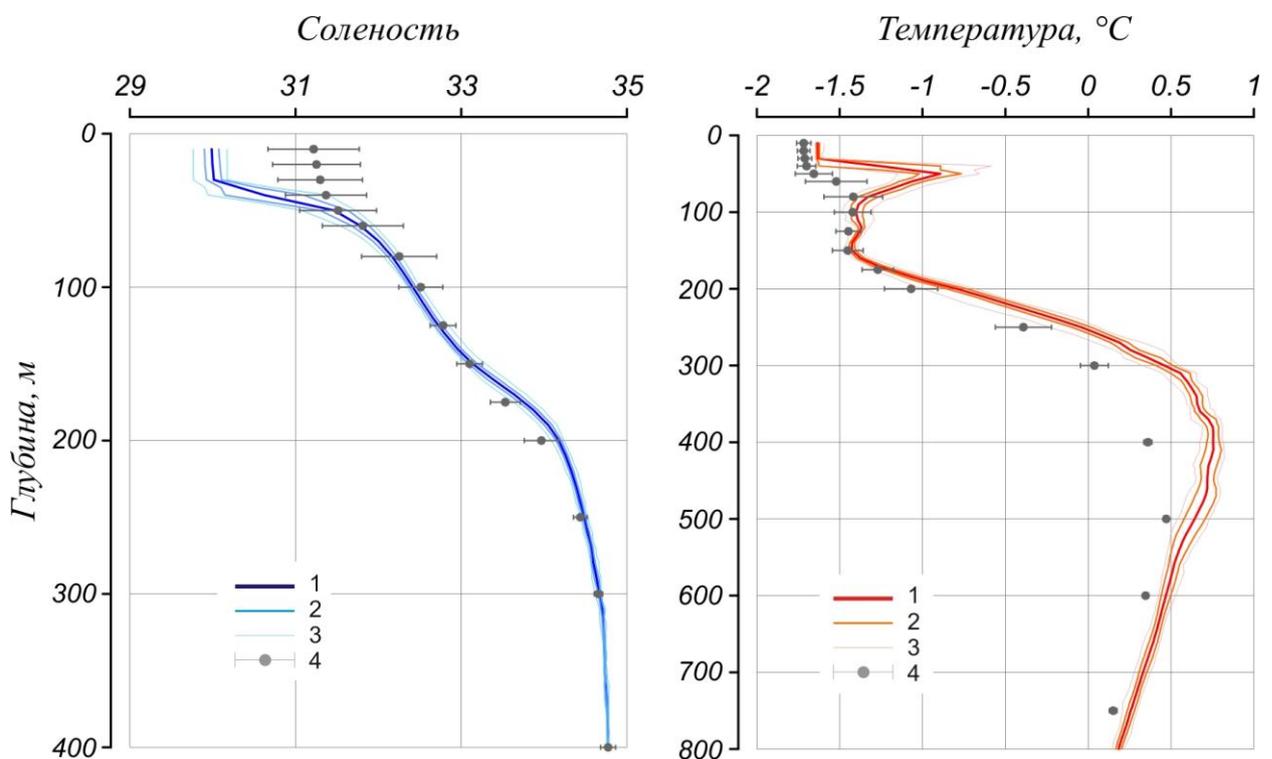


Рис. 3.4. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений на дрейфующей станции СП-40 к северу от Канадского арктического архипелага во втором квартале 2013 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2.)

От глубин около 190-200 метров по данным представленных на рис.3.3 наблюдений в южной части Канадской глубоководной котловины наблюдается постепенный рост температуры воды, обусловленный присутствием атлантической водной массы отличающейся высокими значениями температуры и солености. В северной части котловины такое повышение начинается с меньших глубин (от 120-150 метров, рис.3.4-3.5). Верхняя граница слоя АВ располагается на глубинах около 250 метров в северной части канадской котловины до 300 метров в центральной и южной ее области и не выходит за рамки отклонений ее климатического расположения, за



исключением района дрейфа станции СП-40, где граница смещена к поверхности примерно на 50 метров. Значения температуры в ядре АВ во всех рассматриваемых точках превышают климатические значения на 0,3-0,4 °С.

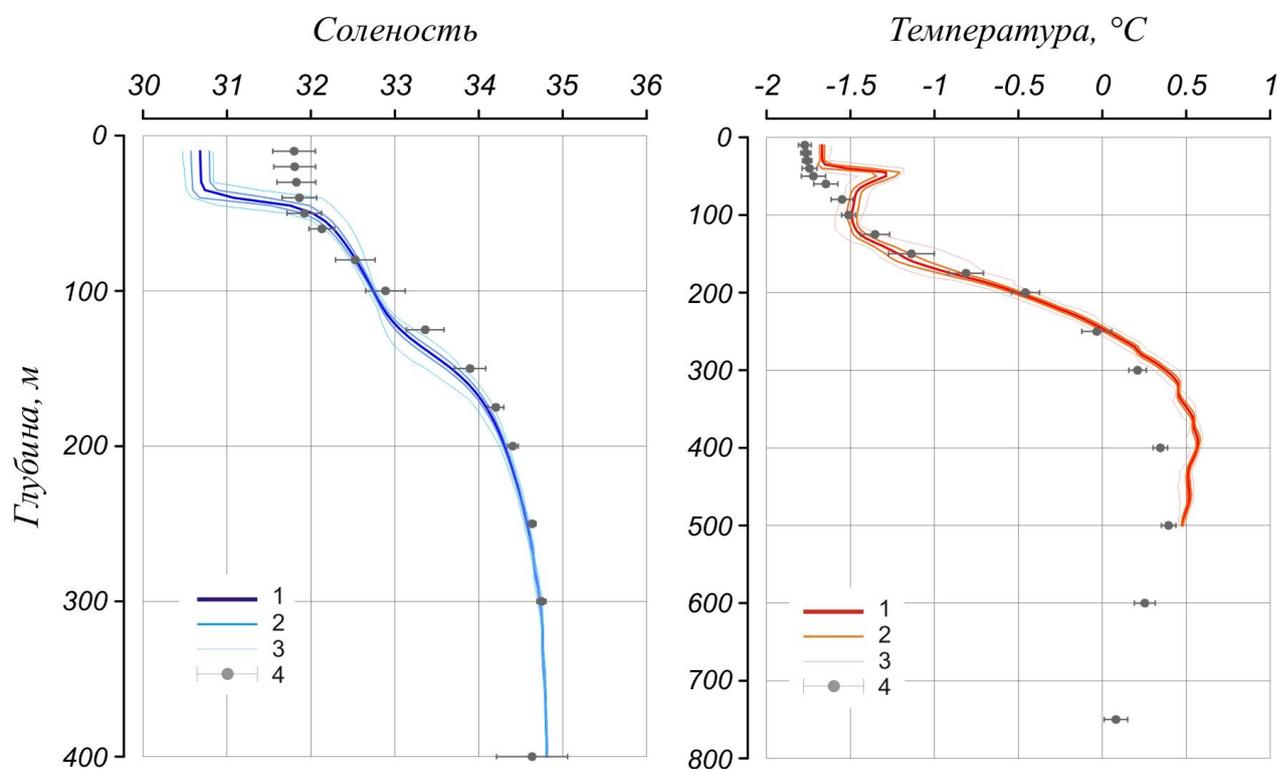


Рис. 3.5. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа ГТР-63 в районе континентального склона к северу от архипелага Королевы Елизаветы во втором квартале 2013 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2.)



3.2 Гидрохимические условия

Гидрохимические исследования проводились на ледовой базе «Барнео» ФГБУ «ГОИН», общее руководство экспедицией осуществлялось ИОРАН. Материалы гидрохимических исследований на ледовой базе предоставлены И.А. Гангнусом (ФГУП «ВНИРО»).

Главной задачей гидрохимических исследований на ледовой базе «Барнео» было оценить пространственную изменчивость гидрохимической структуры вод в слое от поверхности до 300 м (ядро Атлантических вод) за время естественного дрейфа льдины, на которой располагается ледовая база. Особый акцент предполагалось сделать на слой галоклина (от 40 до 130 м) для отслеживания изменений в вертикальном распределении гидрохимических характеристик. Интерес также представляла пространственно-временная изменчивость содержания основных биогенных элементов в поверхностном слое за период дрейфа, необходимая для оценки запасов биогенов и потенциальной первичной продукции. Поэтому частота отбора проб в поверхностном слое и в галоклине была увеличена. Пробы отбирались через каждые 10 м. В слое от 130 м до 300 м расстояние между горизонтами отбора постепенно возрастает. Ниже горизонта 300 м, приходящегося на ядро Атлантических вод, отбор проб не проводился, т.к. это не входило в первоначальный план проведения исследований и принесло бы мало новой информации, т.к. временная изменчивость в данном слое незначительна.

В качестве дополнительных исследований было изучение химических свойств морского льда и распределения в его толще солёности, минеральных форм биогенных элементов, органического углерода и общего азота.

В ходе экспедиции было выполнено 4 гидрохимических станции до глубины 300 м. Станции были выполнены 5, 9, 13, 17 апреля 2013 года. Схема расположения станций приведена на рис. 3.6. Всего на гидрохимических станциях было отобрано 80 проб воды.

Проводилось определение содержания в воде растворенного кислорода, рН, кремния, минерального фосфора, минерального азота (нитратного, нитритного, аммонийного), щёлочности, органического углерода, общего азота и изотопного состава. Из них в полевой лаборатории определялись: растворенный кислород, рН, кремний, минеральный фосфор, минеральный азот (нитратный, нитритный, аммонийный).

Кроме того, был выполнен отбор двух кернов льда и определение в них солёности, содержания биогенных элементов и органического углерода.

Общий объём определений составил: растворенный кислород – 80, рН – 80, кремний – 103, минеральный фосфор – 103, нитраты – 103, нитриты – 103, аммонийный азот – 50, органический углерод и азот – 95.

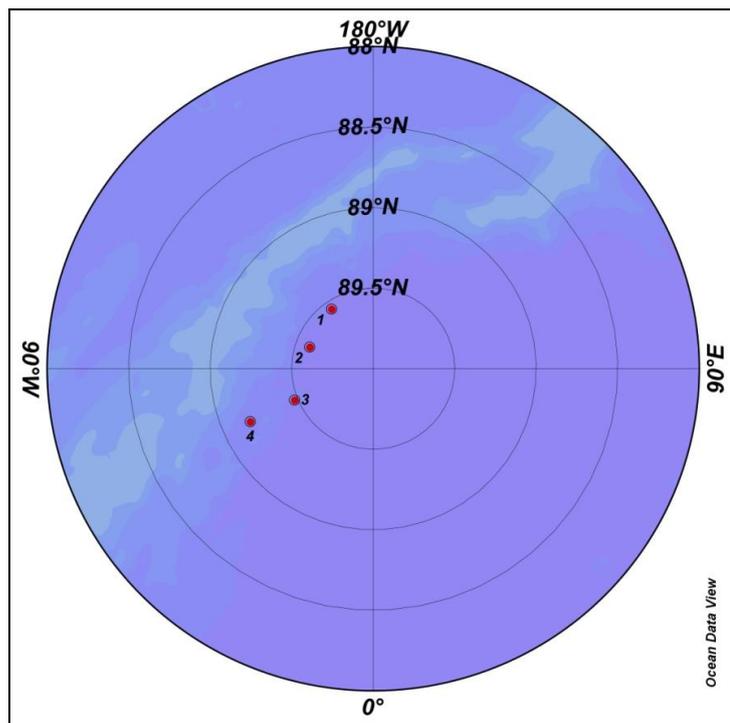


Рис. 3.6. Схема станций гидрохимических наблюдений на ледовой базе «Барнео» в апреле 2013 г.

Предварительные результаты

Вертикальное распределение содержания основных гидрохимических характеристик на станциях 1-4 представлено на рис. 3.7 и 3.8

Растворенный кислород

Содержание растворенного кислорода в районе исследований изменялось в пределах от 7,06 до 9,36 мл/л. В целом характер вертикального распределения незначительно изменялся от станции к станции. Максимальное содержание растворенного кислорода наблюдается в верхнем квазиоднородном слое до глубины 30 м. Далее, до глубин 70-80 м находится слой максимальных градиентов, в котором содержание растворенного кислорода снижается на 1,5-2 мл/л. Глубже характер распределения изменяется незначительно в сторону уменьшения, а в слое атлантических вод его распределение практически однородно.

Водородный показатель pH

Изменчивость величины pH была незначительной – от 7,44 (на поверхности ст. 2) до 8,24 на горизонте 260м ст. 3. Относительно низкие величины на поверхности можно объяснить преобладанием в это время года деструкционных процессов над продукционными в поверхностном слое.

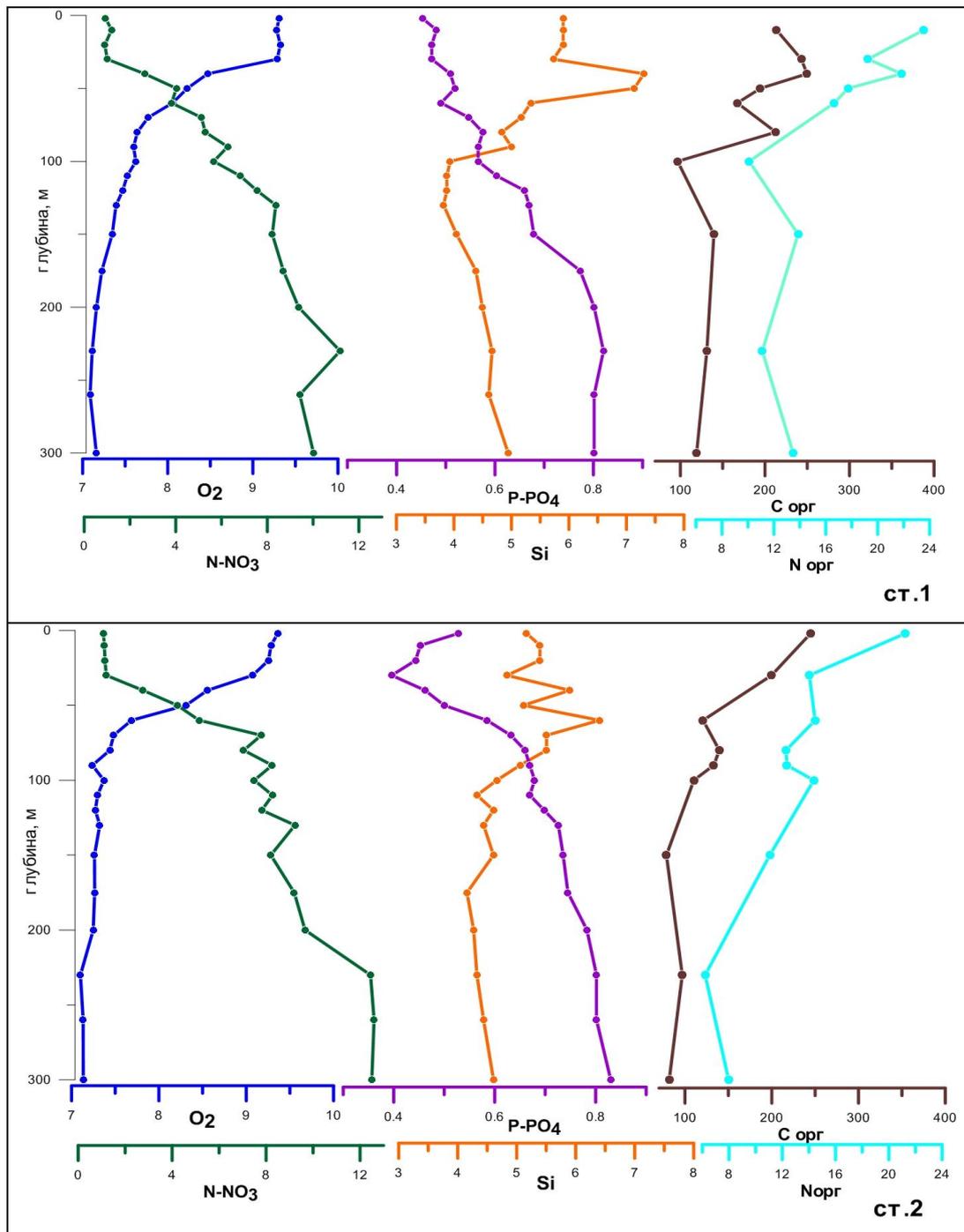


Рис. 3.7. Вертикальное распределение растворенного кислорода, нитратного азота, минерального фосфора, кремния, органического углерода и органического азота на станциях 1 и 2.

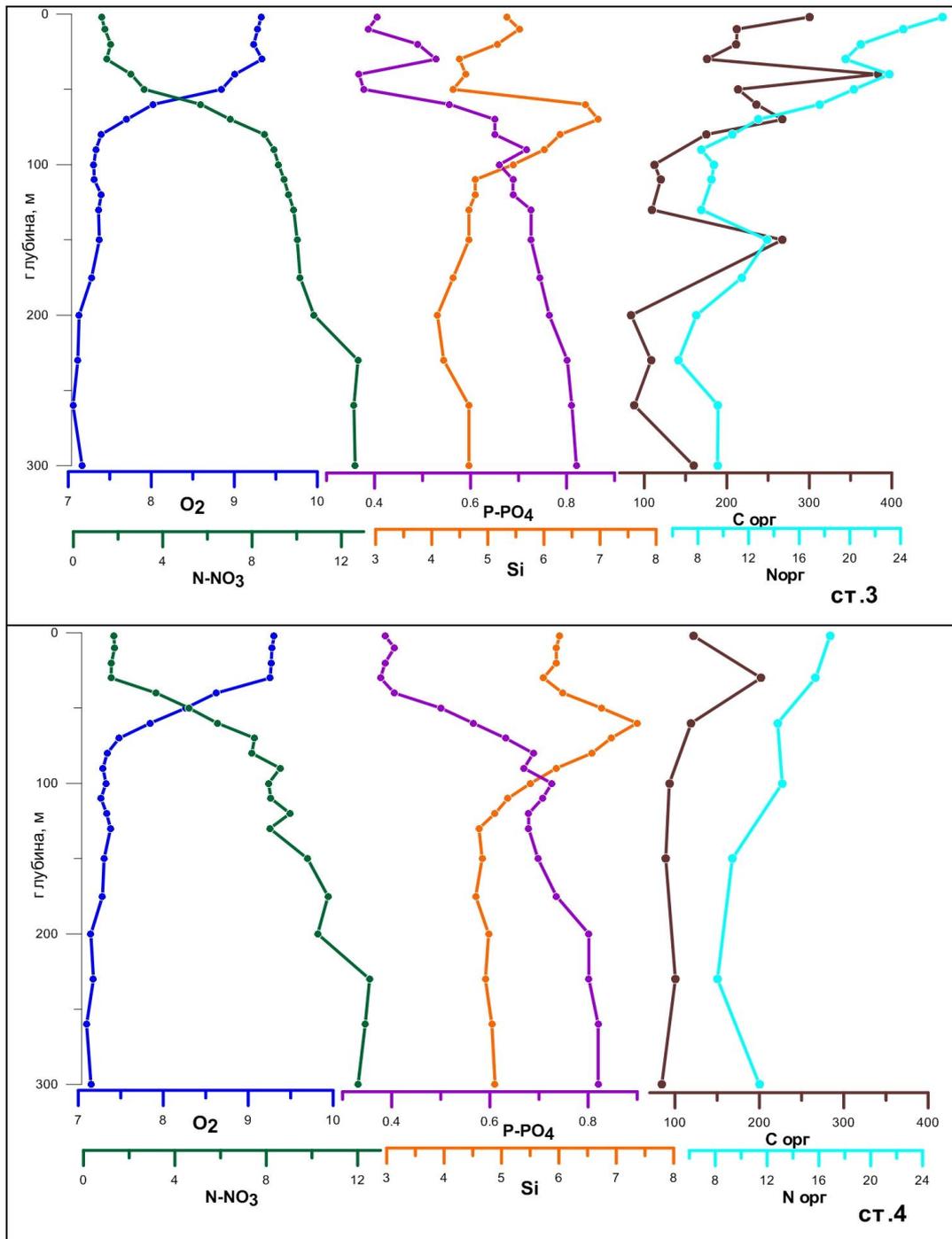


Рис. 3.8 Вертикальное распределение растворенного кислорода, нитратного азота, минерального фосфора, кремния, органического углерода и органического азота на станциях 3 и 4.

Кремний

Содержание растворенного кремния изменялось от 3,82 до 7,36 μM . Вертикальное распределение растворенного кремния испытывает достаточно сильную пространственную изменчивость, которая прослеживается в первую очередь в верхнем слое и в слое галоклина. Максимальные величины наблюдаются на глубинах 30 – 70 м, в верхней части галоклина. Глубже,



в нижней части галоклина на горизонтах от 100 до 175 м содержание кремния падает до минимальных величин и далее наблюдается постепенное увеличение концентраций кремния с глубиной. Содержание кремния в поверхностном слое достаточно высоко – около 5-6 μM , что свидетельствует о его избытке для потребностей диатомового фитопланктона.

Толщина слоя максимума кремния в верхнем галоклине сильно изменяется от станции к станции. Так, на станции 1 слой максимальных значений кремния очень тонкий – около 20 м на глубине 40-50 м. На ст.2. наблюдается несколько незначительных максимумов на горизонтах 40 и 60 м. На ст. 3 прослойка вод с низкими концентрациями на глубинах 30-50 м сменяется слоем с высоким содержанием кремния на глубинах от 60 до 100 м. На ст. 4 слой с высоким содержанием кремния охватывает глубины от 40 до 120 м. Здесь же, на горизонте 60 м и наблюдается абсолютный максимум.

Причины появления подобных прослоек могут быть разными. Как в результате адвекции тихоокеанских водных масс, отличающихся повышенным содержанием биогенных элементов, и в первую очередь кремния, так и под воздействием локальных причин в результате накопления и минерализации в верхней части пикноклина органики, и в первую очередь, отмирающего диатомового фитопланктона. Влияние тихоокеанских вод, скорее всего, стало причиной появления максимумов на станциях 3 и 4. На станции 1 причиной вероятнее всего было накопление и минерализация органики, по всей видимости, диатомового происхождения, тем более что на этих глубинах отмечается локальный максимум содержания органического вещества (см. ниже).

Минеральный фосфор

Диапазон изменений содержания минерального фосфора на исследуемой акватории был от 0,37 до 0,83 μM . В целом характер распределения отражает общее увеличение фосфатов от поверхностного слоя с глубиной. При этом в слое Атлантических вод, глубже 200 м, это увеличение почти не прослеживается. Максимальные концентрации минерального фосфора прослеживаются в ядре Атлантических вод, на глубине 300м.

Однако в слое поверхностных вод и галоклина, в вертикальном профиле могут наблюдаться отдельные локальные максимумы и минимумы. Так, локальные максимумы фосфатов отмечаются на станции 2 в поверхностном слое (верхние 20 м), а на ст.3 в подповерхностном. На ст. 4 локальный максимум обнаруживается на глубинах 80-110 м. Наличие подобных максимумов вероятно вызвано интрузиями водных масс различного происхождения.

Минеральный азот

Минеральный азот на исследуемой акватории представлен на 90 % азотом нитратов. Лишь в поверхностном слое, где наблюдается относительно низкое содержание нитратов, доля



нитритного и аммонийного азота несколько возрастает. Содержание нитритов не превышало 0,3 μM (в поверхностном слое), а в среднем составило 0,1 -0,2 μM , опускаясь до аналитического нуля.

Полученные концентрации аммонийного азота (0,5-1,4 μM) представляются несколько завышенными, т.к. даже в глубинных водах достигали значений 0,9 μM , что несколько противоречит литературным данным [12], согласно которым содержание аммонийного азота должно быть близко к нулевым значениям. Подобные ошибки могли возникнуть в силу методических трудностей, возникших при отборе проб и определении аммонийного азота.

Содержание нитратного азота изменялось от 0,9 до 12,7 μM . Наиболее низкие значения отмечались в поверхностном слое до 30 м (0,9-1,7 μM), что говорит о достаточно высоком предвегетационном запасе нитратов. Начиная с горизонта 40 м на каждой станции отмечается рост содержания нитратов с глубиной. Слой верхнего галоклина до глубин 70-80 метров характеризуется максимальным вертикальным градиентом нитратного азота. В нижнем галоклине до глубин 140-160 метров, вертикальные градиенты уменьшаются. В слое атлантических вод, на глубинах 230-300 м, содержание нитратного азота максимально (более 12 μM).

Органический углерод и азот

Содержание органического углерода изменялось в диапазоне от 78,6 до 383,5 μM , органического азота от 6,2 до 27,3 μM . Максимальные концентрации органического вещества наблюдаются в поверхностном или в подповерхностном слоях, что вполне закономерно. Минимальные содержания органического углерода отмечались в слое нижнего галоклина и атлантической водной массы, а органического азота в верхней части атлантических вод (на всех станциях минимум наблюдался на горизонте 230 м).

Представляет интерес появление отдельных максимумов органического вещества (ОВ). Так на станции 1 максимум на глубине 40-50 м совпадает с максимумом кремния, что может быть подтверждением скопления здесь органического вещества. На станции 3 высокое содержание ОВ на глубине 50 м совпадает со слоем низких концентраций кремния и фосфора, что может свидетельствовать о том, что данная вода сформировалась относительно недавно, в результате зимней конвекции. Отношение C/N составляет около 10, что в целом соответствует средним величинам для данной акватории.

По результатам анализа можно выделить четыре основных вертикальных структурных зоны в распределении гидрохимических характеристик:

- Верхний квазиоднородный слой (верхние 30 м). Характеризуется максимальным содержанием растворенного кислорода, минимальным содержанием нитратов и фосфатов, достаточно высоким содержанием кремния и максимальным содержанием органического вещества.



- Слой верхней части галоклина (40-80 м). Имеет максимальные градиенты кислорода, нитратов и фосфатов и максимальное содержание кремния.

- Слой нижнего галоклина (90-200м). Характеризуется снижением вертикальных градиентов фосфатов и нитратов, сравнительно однородным распределением растворенного кислорода и минимальным содержанием кремния.

- Слой атлантической водной массы. Характеризуется максимальными концентрациями нитратов, фосфатов, минимальным содержанием растворенного кислорода и органического вещества.

Максимальная пространственная изменчивость зафиксирована в слоях верхнего и нижнего галоклина. Это наблюдается по всем характеристикам и в первую очередь по растворенному кремнию (рис. 3.9).

От станции 1 к станции 4 среднее содержание кремния в этом слое увеличивается, а максимум заглубляется. На станции 1 содержание растворенного кислорода в целом выше, а биогенных элементов ниже, чем на остальных станциях. Здесь же, на глубинах от 100 до 130 м отмечается абсолютный минимум кремния (ниже 4 μM). В поверхностном слое основная пространственная изменчивость заметна для кремния (содержание кремния на станциях 1 и 4 выше чем на станциях 2 и 3) и минерального фосфора (появление поверхностного максимума на ст. 2 и подповерхностного на ст. 3). Содержание растворенного кислорода и нитратного азота в поверхностном слое не изменяется.

Химический состав морского льда

Содержание кремнекислоты в морском льду невелико. В обоих кервах оно нигде не превышало 1 μM . Среднее содержание кремния в керне 1 составило 0,7 μM , в керне 2 – 0,65 μM . Концентрации минерального азота (нитраты + нитриты) также мало (0,20-0,23 μM). По сравнению с кремнием и азотом, содержание фосфатов сравнительно высоко (0,2 μM), причем в отдельных прослойках его содержание может достигать 0,5-0,7 μM , что по абсолютным значениям больше чем содержание азота, из чего можно сделать вывод, что лед образовывался из воды, содержащей фосфор, но при полном отсутствии минерального азота. Содержание органического вещества в морском льду достаточно высоко - в среднем около 70-80 μM углерода (максимум более 200 μM). Отмечается также достаточно высокое содержание органического азота (до 58 μM), соотношение C/N изменяется от 2 до 5. Это может свидетельствовать о начавшейся фазе размножения планктонных ледовых сообществ, при которой возрастает содержание азота.

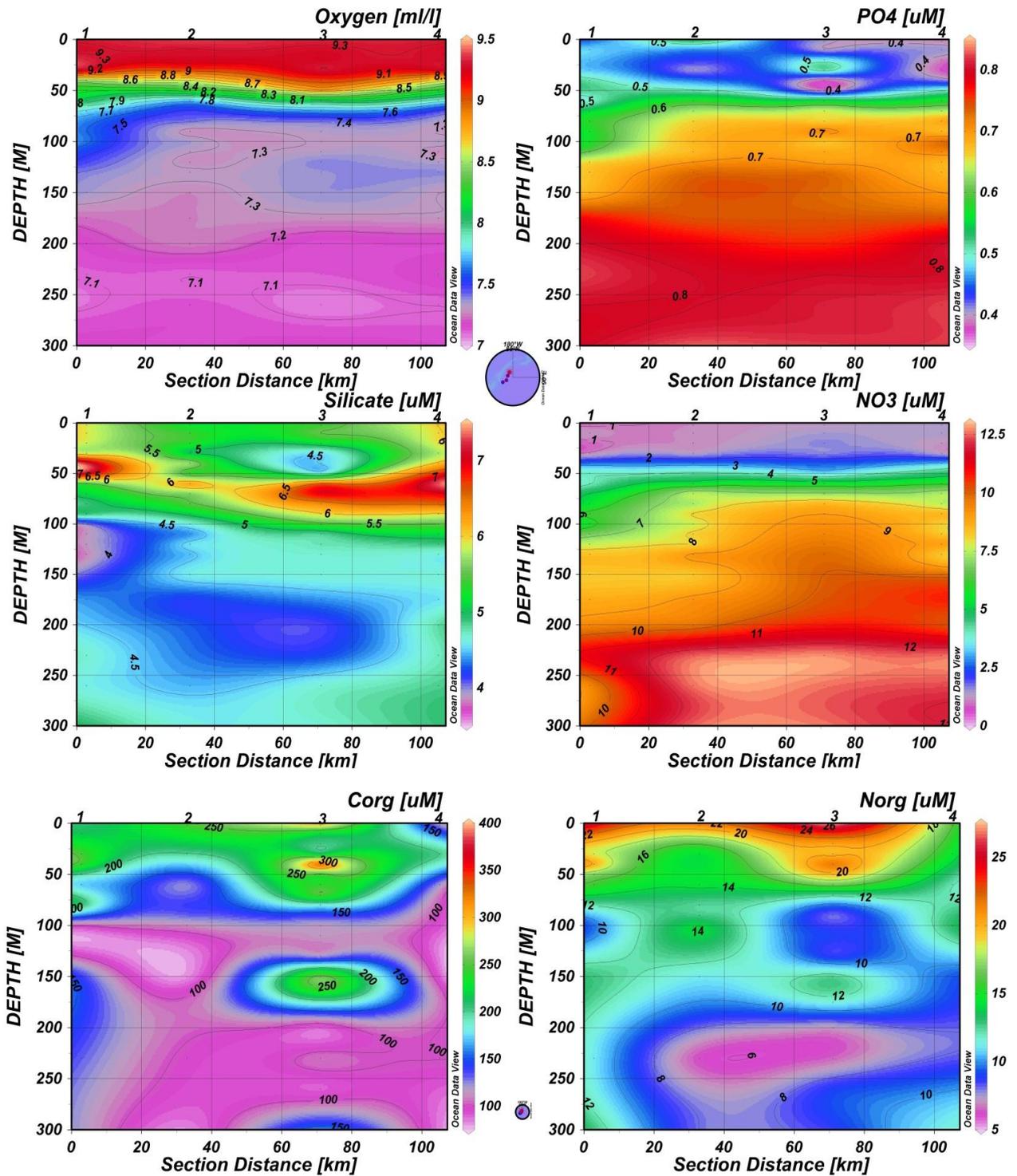


Рис. 3.9. Вертикальное распределение растворенного кислорода, нитратного азота, минерального фосфора, кремния, органического углерода и органического азота на разрезе по станциям 1-4



3.3. Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 2013 г. составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 15-ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском (таблица 3.2). В Чукотском море наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2.

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период апрель-июнь 2013 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
1 им.Е.К.Фёдорова (м. Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
2 Амдерма	69 45 N	61 42 E
3 Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
4 о. Визе	79 30 N	76 59 E
5 Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
6 Диксон	73 30 N	80 24 E
7 о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
8 м. Стерлегова	75 25 N	88 54 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 Амбарчик	69 62 N	162 30 E
15 Певек	69 42 N	170 15 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.10) на станции Амдерма колебания уровня в апреле происходили выше среднемноголетних значений (+12 см), в мае были близки к среднемноголетним значениям (+4 см), а в июне превысили среднемноголетние на 34 см. На станции Усть-Кара регулярные наблюдения за колебаниями уровня выполнялись только в апреле и мае. В эти месяцы средний уровень превысил среднемноголетние значения на 21 см и 17 см, соответственно. На станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) колебания уровня в апреле происходили на слабо пониженном фоне (–5 см), в мае опустились до значения –15 см., а в июне поднялись до –8 см.

Наибольший подъем уровня в юго-западной части Карского моря отмечался 12 июня, когда уровень на станции Амдерма поднялся на 93 см выше среднемноголетнего значения и 16 апреля на станции Усть-Кара (+81 см). Наиболее существенное понижение уровня –54 см, относительно



среднемноголетних значений, было зарегистрировано на станции им. Е.К.Фёдорова (м. Болванский Нос) 23 мая.

В северной части Карского моря (рис. 3.11), на станции о. Визе колебания уровня в апреле и мае происходили около среднемноголетних значений (+4, -2 см), а в июне среднемесячное значение уровня превысило среднемноголетнее на 15 см.

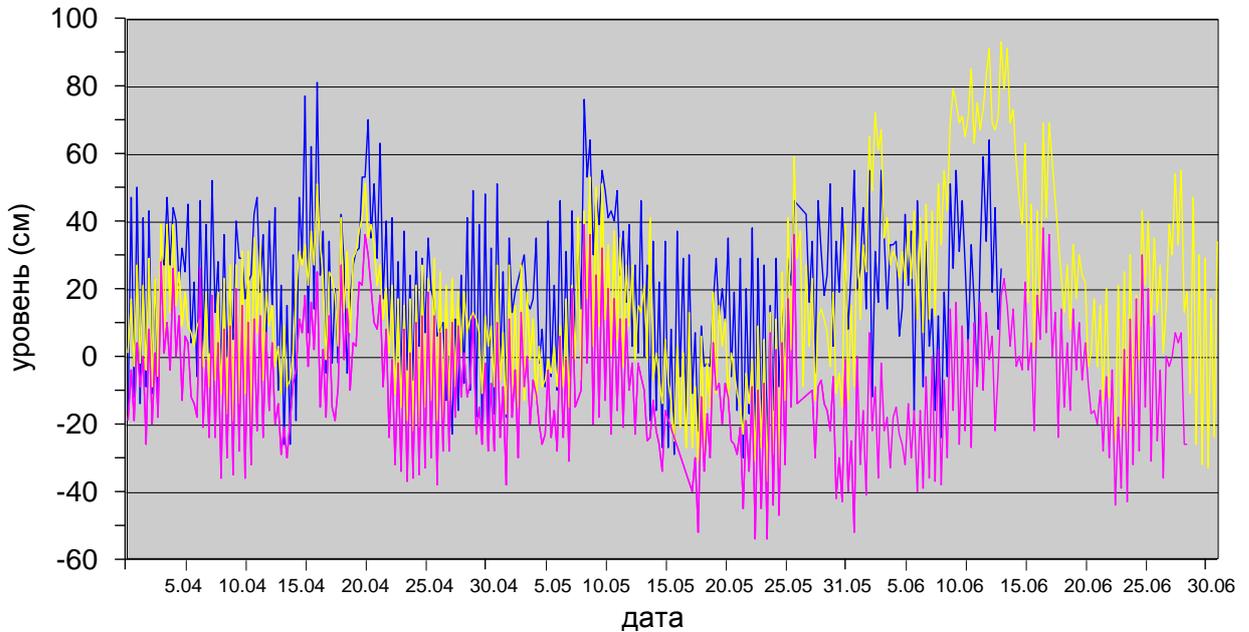


Рис. 3.10. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2013 г (Амдерма – жёлтая линия, Усть-Кара – синяя линия, Федорова Е.К. (м. Болванский Нос) – красная линия)

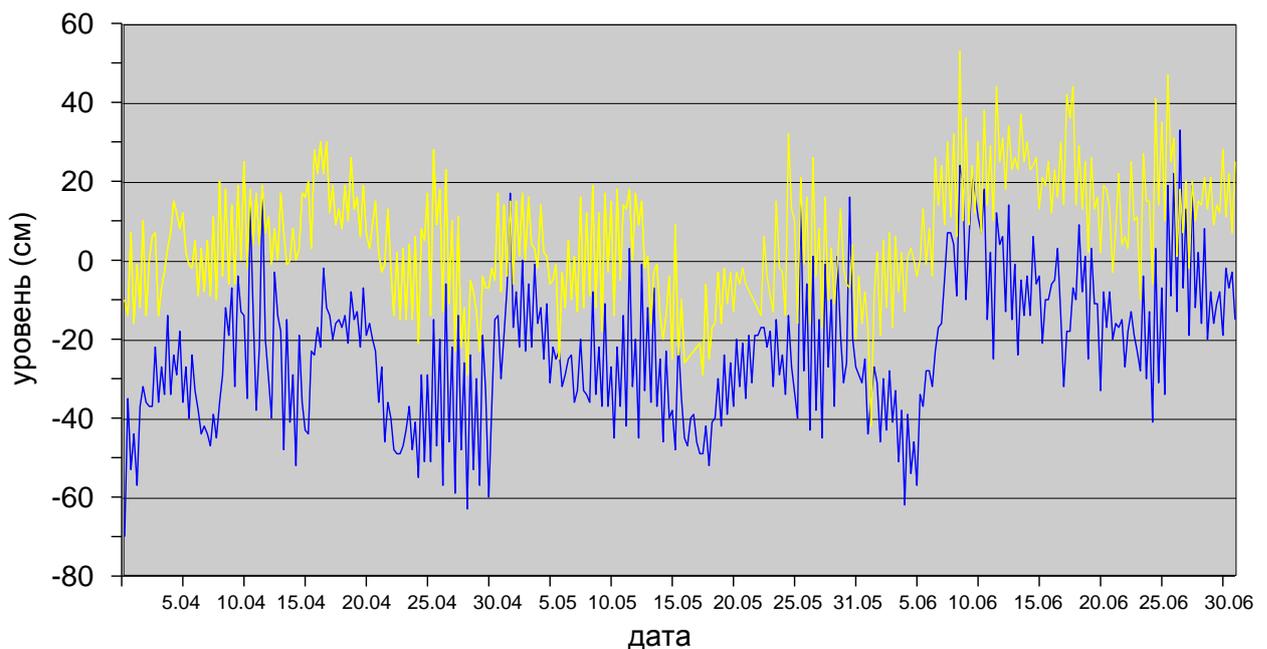


Рис. 3.11. Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в апреле-июне 2013 г. (о. Визе – жёлтая линия, ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) – синяя линия)



На станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) в апреле и мае колебания уровня происходили ниже среднемноголетних значений ($-26, -30$ см), а в июне среднемесячный уровень приблизился к среднемноголетним значениям (-13 см).

Наиболее значительное понижение и подъем уровня в этом районе отмечался на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) 1 апреля, когда значение уровня понизилось на 70 см по отношению к среднемноголетнему и на станции о. Визе 8 июня, когда значение уровня превысило на 53 см среднемноголетнее значение.

В восточной части Карского моря (рис. 3.12, 3.13), на станции Сопочная Карга в апреле среднее значения уровня совпало с среднемноголетним значением, в мае и июне средний уровень превысил среднемноголетние на 21 см и 49 см соответственно, при этом на станции о. Диксон в мае преобладал слабо пониженный фон колебаний (-11 см), а в июне слабо повышенный ($+10$ см). На станциях о-ва Известий ЦИК и м. Стерлегова практически на протяжении всего второго квартала колебания уровня происходили на слабо пониженном фоне (от -7 до -22 см).

Наиболее значительный подъем уровня наблюдался 9 июня 2013 г., когда на станции Сопочная Карга уровень моря был на $+87$ см выше среднемноголетнего значения. Наиболее существенное понижение уровня наблюдалось 4 июня на станции м. Стерлегова, когда значение уровня понизилось на 62 см относительно среднемноголетнего значения.

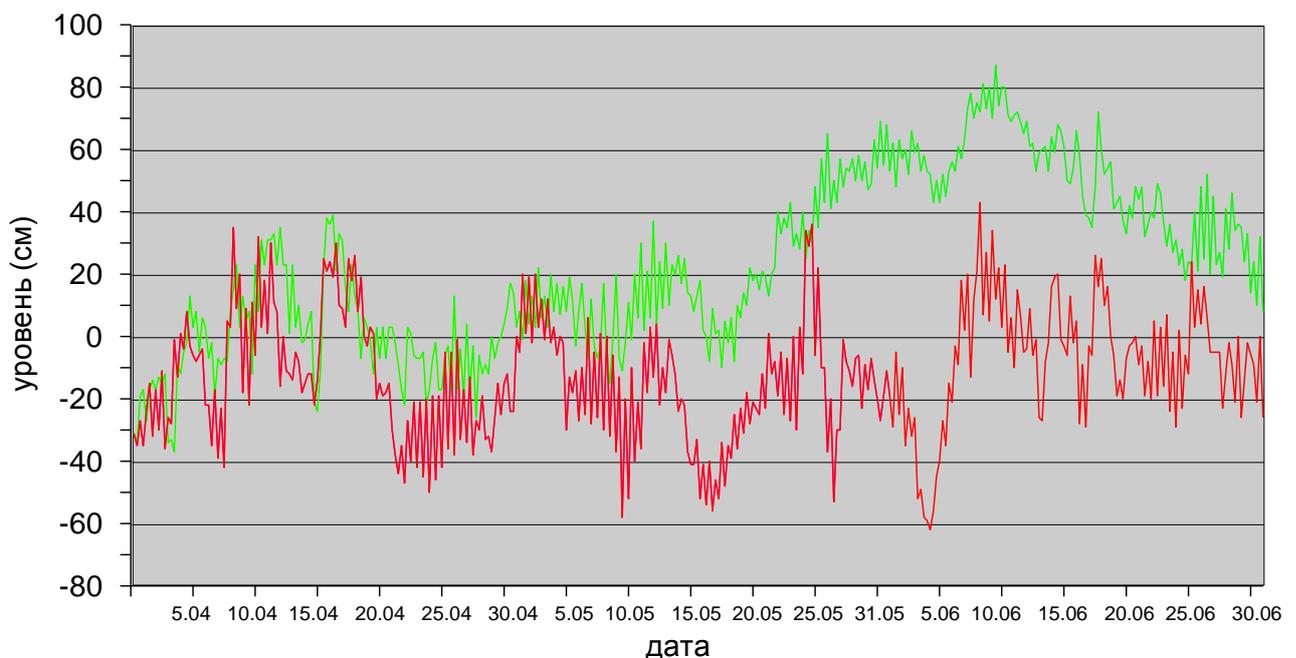


Рис. 3.12. Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в апреле – июне 2013 г. (Сопочная Карга – зелёная линия, м. Стерлегова – красная линия)

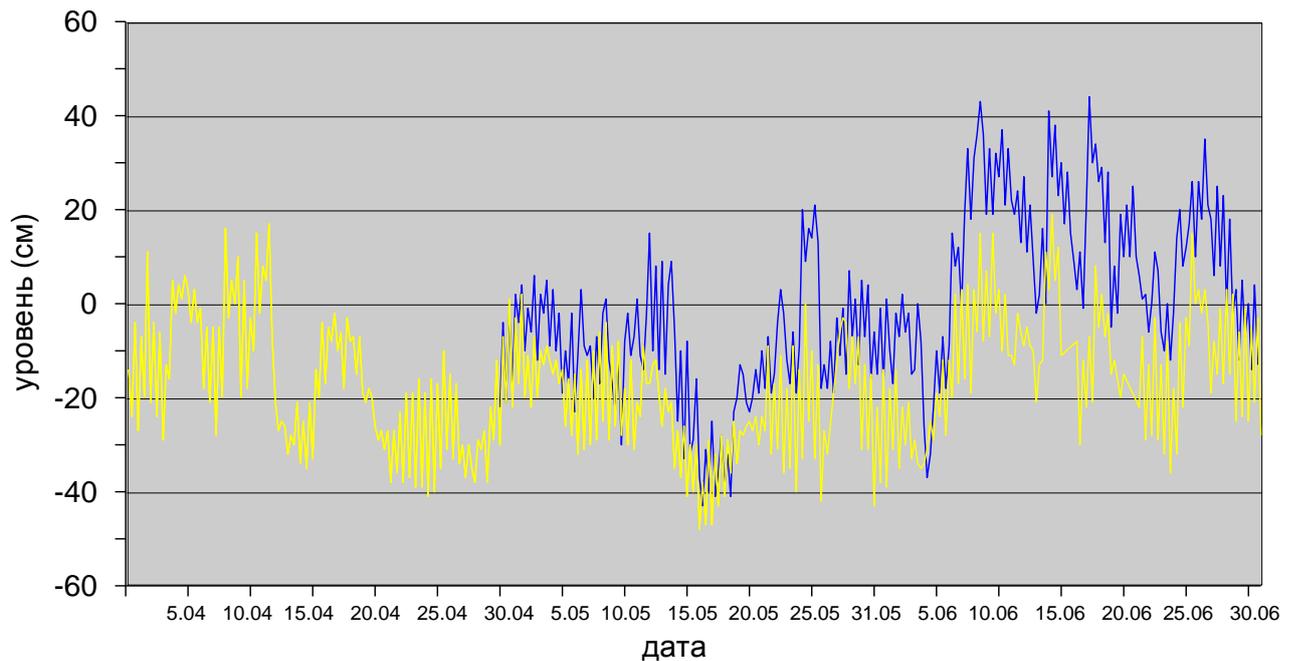


Рис. 3.13. Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в апреле – июне 2013 г. (о-ва Известий ЦИК – жёлтая линия, Диксон – синяя линия)

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рис. 3.14) колебания уровня происходили на повышенном фоне, в апреле среднемесячное значение уровня превысило среднемноголетнее на 17 см, в мае на 56 см, в июне на 38 см.

Наибольший подъем уровня наблюдался 24 мая (+122 см), а наибольшее понижение уровня 8 апреля (-78 см).

В восточной части моря Лаптевых (рис. 3.15) на станции м. Кигилях в апреле и мае фоновые колебания уровня носили пониженный характер (-7, -10 см), в июне среднемесячное значение превысило среднемноголетний уровень на 11 см. На станции пр. Санникова в апреле и мае среднемесячные значения уровня были близки к среднемноголетним (+8 +15 см), в июне фон колебаний повысился (+31 см). На станции о. Котельный колебания уровня, за весь рассматриваемый период, проходили на повышенном фоне (от +21 до +33 см).

Наибольшие подъемы уровня в этом районе отмечались 10 июня, когда уровень на станции о. Котельный поднялся на 115 см выше среднемноголетнего значения. Наибольшее понижение уровня составило -63 см 2 мая на станции м. Кигилях.

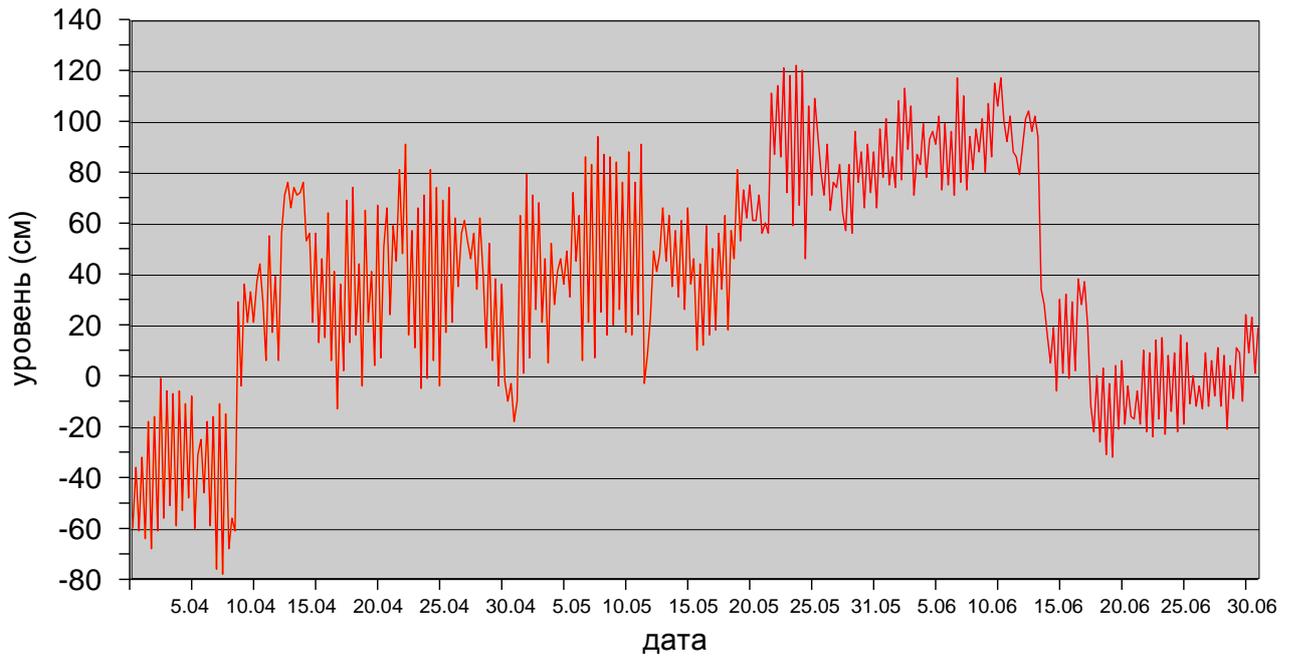


Рис. 3.14. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых в апреле – июне 2013 г. (станция Анабар – красная линия)

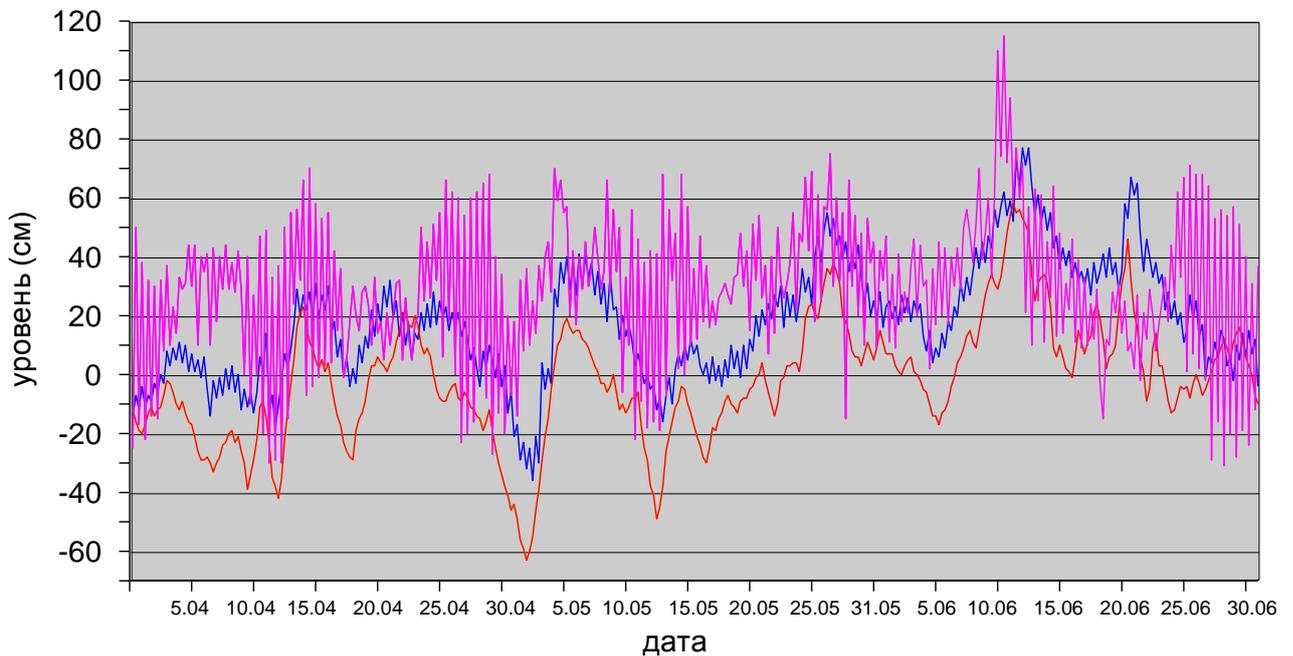


Рис. 3.15. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле – июне 2013 г. (м. Кигилях – красная линия, пр. Санникова – синяя линия, о. Котельный – розовая линия)

По данным наблюдений на станции Певек (рис. 3.16) в Восточно-Сибирском море в апреле колебания уровня происходили на пониженном фоне (-19 см), к июню фон колебаний поднялся до величины $+29$ см. На станции Амбарчик в июне колебания уровня происходили на повышенном



фоне (+24 см), но при этом надо учитывать, что наблюдения на этой станции были начаты только в середине июня.

Наиболее значительный подъем уровня на станциях Певек и Амбарчик отмечался 21 июня, когда среднемесячные значения уровня поднялись на 77 см и 68 см., соответственно. Наибольшее понижение уровня наблюдалось 4 апреля на станции Певек и составило –52 см.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море за первые 6 месяца 2013 г. не производилось, в связи с чем, дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

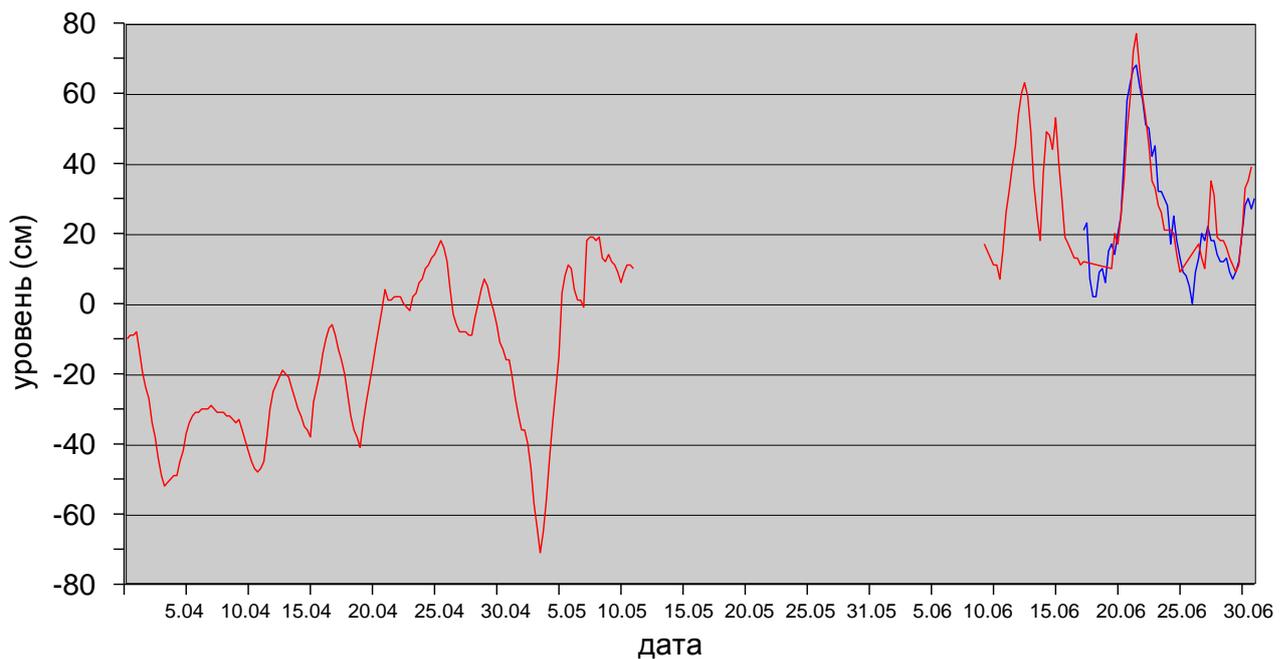


Рис. 3.16. Колебания уровня в Восточно-Сибирском море в январе – марте 2013 г. (Певек – красная линия, Амбарчик – синяя линия)

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 с апреля по июнь 2013 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИНе и модифицированной в ААНИИ. Основными исходными данными модели являлись поля атмосферного давления на уровне моря (или составляющие скорости ветра на 10-ти метровом горизонте), температура воздуха на высоте 2 м центра Брекнелл (Великобритания, EGRR), оперативно поступающие в ААНИИ в центр коммутации сообщений (ЦКС UNIMAS) автоматизированной системы передачи данных (АСПД) Росгидромета (формат данных GRIB1).



Положение кромки льда задавалось путем ежедневного усвоения спутниковых многоканальных микроволновых данных (SSM/I) по сплоченности морского льда. Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.3.

Моря Карское, Лаптевых и Чукотское стали открываться во второй половине июня. Сведения о распределении высот волн на открытых участках этих морей во второй половине июня 2013 г., приведены в таблицах 3.4 – 3.6. Акватория Восточно-Сибирского моря во втором квартале 2013 г. была покрыта льдом.

Таблица 3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2013 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Апрель	–	5	18	4	3
Май	1	12	11	7	–
Июнь	–	11	18	1	–
Итого	1	28	47	12	3

Как видно из таблицы 3.3, во втором квартале 2013 г. расчетная высота волн на акватории Баренцева моря не превышала 5 м, что говорит о снижении штормовой активности в 2013 г. по сравнению с 2012 г. (тогда расчетная высота волн на входе в Баренцево море во втором квартале превысила 6 м (01.05.12, 0 ч).

Сведения из табл. 3.3 также показывают, что наибольшая повторяемость приходится на волнение в диапазоне высот от 2 до 3 м. Самым штормовым месяцем стал апрель, в течение которого высота волн три раза превышала 4 м. Самый сильный шторм продолжительностью 3 дня был рассчитан в период с 23 по 25 апреля (24 и 25 апреля высота волны превысила 4,5 м). Следующим по штормовой активности стал май.

На рисунке 3.17, в качестве примера, приведено поле ветра и высоты волн H_s на акватории Баренцева моря на 12 ч UTC 24 апреля 2013 г.

Карское море стало открываться с середины июня к востоку от арх. Земля Франца-Иосифа и к востоку от м. Желания арх. Новая Земля. Море Лаптевых и Чукотское море также стали открываться во второй половине июня. Сведения о распределении высот волн на открытых участках в морях Карском, Лаптевых и Чукотском приведены в таблицах 3.4 – 3.6.

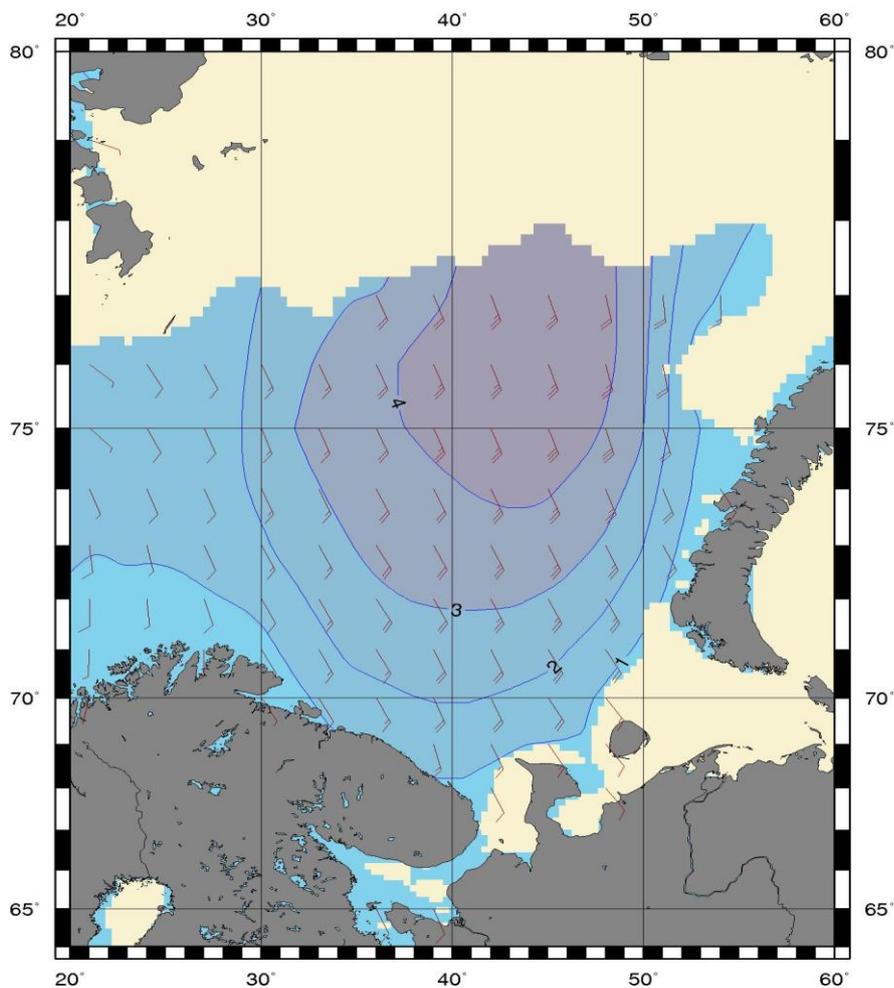


Рис. 3.17. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 12 ч UTC 24 апреля 2013 г.

Таблица 3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2013 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Июнь (с 15.06)	7	8	1

Таблица 3.5

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в море Лаптевых во втором квартале 2013 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Июнь (с 15.06)	8	6	2



Таблица 3.6

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море во втором квартале 2013 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Июнь (с 15.06)	4	10	2



ВЫВОДЫ

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период апрель – июнь 2013 г., можно сделать следующие выводы.

По метеорологии

В целом, несмотря на сохранение высоких значений положительных аномалий температуры воздуха в Арктике, крупномасштабные атмосферные процессы в апрель – июнь 2013 г. имели существенные отличия от направленности процессов по сравнению с первым кварталом 2013 г.

Атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (E) формы циркуляции. Во втором секторе январе и марте более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M1.

В средней тропосфере на изобарической поверхности H500 центр планетарного циркумполярного вихря наиболее часто находился в приполюсном районе Арктики. Высотная фронтальная зона под влиянием блокирующих гребней континентального антициклона с центром над ЕТР располагалась севернее по сравнению с нормой.

Циклоны в системе исландского минимумов смещались в Арктику по высокоширотным траекториям. Циклоны в системе алеутского минимума под влиянием блокирующих гребней арктического и гавайского антициклонов не оказывали существенного влияния на полярный район Арктики.

В апреле – июне 2013 г. при влиянии циклонов с запада отмечалось ослабление арктического антициклона и преобладала от месяца к месяцу тенденция к понижению фона давления. В среднем за второй квартал 2013 г. отрицательная аномалия давления в приполюсном районе составила 3,8 гПа., что на 16,6 гПа ниже, чем в первом квартале данного года.

Смена в вариантах адвекцию воздушных масс обусловила от месяца к месяцу тенденцию к понижению температурного фона в полярном районе Арктики. В среднем за период апрель – июнь 2013 г. над центральным полярным районом преобладала адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха.

Наиболее крупные среднемесячные значения аномалий температуры воздуха отмечались в таймырском и канадо-гренландском районах Арктики. Эти районы внесли наибольший вклад в формирование положительного температурного фона полярного района в апреле – июне 2013 г.



В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха в апреле – июне 2013 г. составила 1,7 °С, что на 1,2 °С ниже, чем за первый квартал 2013 г.

По сравнению с первым кварталом во втором квартале произошла кардинальная перестройка процессов. При смене траекторий циклонов от низкоширотных в первом квартале к высокоширотным траекториям во втором квартале произошло ослабление арктического антициклона и смена знак барического поля в полярном районе Арктики на противоположный от антициклонального к циклональному.

В целом в первом полугодии 2013 г. сохранился аномально высокий фон температуры воздуха в полярном районе, но с тенденцией к его понижению. Средняя аномалия температуры температура за период январь – июнь 2013 г. составила 3,3 °С, что на 1,5 °С ниже, чем за тот же период прошлого года (4,8 °С).

Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936-2013 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения зимних осадков в целом по региону (на 10 %) и к югу от 70° с.ш. (на 10 % от нормы).

По ледовым условиям

Измерения морфометрических характеристик льда на дрейфующей станции «СП-40» показали, что интенсивность толщины нарастания льда в весенний период 2013 г. в высоких широтах была близка к среднемноголетним значениям. За период с конца октября по первую декаду мая увеличение толщины льда составило 50 см (со 150 см до 200 см). Увеличение толщины льда происходило в среднем по 2,8 см за декаду, что для этого периода близко к среднемноголетним значениям.

Во втором квартале сохранялась и значительно увеличилась тенденция, наметившаяся в зимние месяцы 2013 г. – пониженная площадь припая и увеличенная площадь заприпайных полыней.

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам во втором квартале года оказалось в среднем на 3 % меньше среднемноголетнего значения за счет малой ледовитости морей западного района российского секторов Арктики – Гренландского, Баренцева и Карского морей.

По количеству льда в СЛО весенний период 2013 г. оказался одним из наиболее ледовитых за последнее 10-летие

По гидрологии

Основные результаты проведенного анализа соответствуют ожидаемым текущим изменениям термохалинного состояния вод СЛО. Можно констатировать, что гидрологический режим СЛО во втором квартале продолжает демонстрировать наличие аномального состояния по



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

Другой аномальной характеристикой стало сохранение положительной аномалии температуры ядра атлантических вод, которая варьируется от $+0,3$ °C в восточном секторе Арктики до $+0,5$ °C в западной части СЛО. Верхняя граница АВ смещена к поверхности на расстояние 40-50 метров в Евразийском суббассейне, тогда как в Амеразийском такое смещение наблюдается не во всех районах. Летние тихоокеанские воды также продолжают демонстрировать аномально высокую температуру, превышающую климатическую норму на величину $+1,0$ °C, а в отдельных случаях до $+1,5$ °C.

В приполярном районе Арктического бассейна обнаружена значительная пространственная изменчивость вертикального распределения кремния, нитратного азота и минерального фосфора в слое галоклина.

В слое галоклина выявлена существенная неоднородность в вертикальном распределении гидрохимических характеристик, и в первую очередь кремния. Обнаруженные максимумы кремния могли образоваться как в результате проникновения сюда вод тихоокеанского происхождения, так и в результате накапливания в подповерхностных слоя органического вещества диатомового происхождения.

Содержание нитратного азота в поверхностном слое не изменялось и находилось на уровне $0,9-1,7$ μM, что свидетельствует о достаточном его предвегетационном запасе.

Содержание кремния и минерального фосфора в морском льду незначительно, а концентрации органического азота весьма высоки.