

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

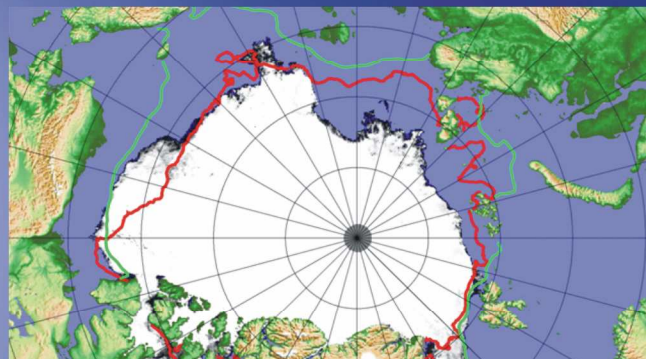


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2011





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в апреле–июне 2011 г. 4	
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период апрель–июнь.....	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области за период апрель–июнь.....	18
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле–июне 2011 г.	28
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель–июнь	28
2.2 Ледовые процессы в устьевых участках рек за период апрель–июнь	40
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в апреле–июне 2011 г.	47
3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне и арктических морях.....	47
3.2 Уровень арктических морей	54
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	59



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель–июнь) 2011 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, дрейфующей станции «Северный Полюс–38», 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 ГУ «АНИИ».

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

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

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

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

Подготовку и оформление обзора осуществлял вед. инженер отдела ледового режима и прогнозов Сороко С.О.

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



1 Метеорологические условия Северной полярной области в апреле–июне 2011 г.

1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период апрель–июнь

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга развития атмосферных процессов различного пространственно–временного масштаба и связанных с ними изменений метеорологических условий в полярном районе северного полушария за период с апреля по июнь 2011 г.

Полярный район является крайне сложным по метеорологическим условиям. Процессы данного района тесно взаимосвязаны с развитием и перестройками процессов общей циркуляции атмосферы (ОЦА), т.е. процессами значительно более крупного масштаба, чем рассматриваемый район.

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

При анализе и диагнозе крупномасштабных процессов учитывались основные элементы ОЦА: место положения центра планетарного циркумполярного вихря (ПЦПВ) на H_{500} ; географическая ориентация планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ); состояние длинных термобарических волн; развитие стационарных циклонов и антициклонов (центров действия атмосферы) и траектории фронтальных циклонов и антициклонов. Данные элементы ОЦА крайне важны при анализе развития и перестроек атмосферных процессов внутри года и оценке метеорологических процессов в отдельных полярных районах Арктики.

Оценка пространственно–временной изменчивости процессов производилась средствами комплексного аэросиноптического анализа термобарических полей в толще тропосферы путем выделения квазиоднородных циркуляционных периодов с однонаправленным развитием крупномасштабных процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса. По данной классификации для атлантико–евразийского сектора полушария выделяется три основных состояния атмосферы: зональные процессы с термобарическими волнами малой амплитуды W (западная) форма циркуляции и два меридиональных процессам с волнами большой амплитуды С (меридиональная) и Е (восточная) формы циркуляции.

Соответственно во втором тихоокеано–американском секторе полушария выделяется также три типа процессов: Z – зональный (западный) и два меридиональных M_1 и M_2 .



Каждая из форм и типов имеет ряд разновидностей, отражающих перестройку от одного макропроцесса к другому. Разновидности макропроцессов на полушарии имеют значимые отличия в направленности крупномасштабных атмосферных процессов и состоянии основных центров действия атмосферы. При этом для каждой из разновидностей характерна географическая ориентация основных блокирующих гребней антициклонов, влияющих на высокоширотное или низкоширотное по сравнению с нормой траектории циклонов в системах исландского и алеутского минимумов.

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

В результате мониторинга процессов различного пространственно–временного масштаба с апреля по июнь 2011 г. были выявлены следующие особенности.

Число дней с формами (W, C, E) и типами (З, M₁, M₂) по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса и их отклонения от нормы за период апрель–июнь 2011 г. представлены в табл. 1.1

Таблица 1.1 – Значения числа дней с формами (W, C, E) и типами (З, M₁, M₂) и их отклонения от нормы за период апрель–июнь 2011 г.

Форма	W	C	E	З	M ₁	M ₂
Число дней	23	18	50	35	34	22
Аномалии	-5	-11	16	7	1	-8

В рассматриваемый период выделяется ряд стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов. Схема разновидностей макро преобразований основных форм и типов циркуляции атмосферы с апреля по июнь 2011 г. выглядит следующим образом:

$$\text{Апрель} \rightarrow \text{Май} \rightarrow \text{Июнь}$$
$$(E + C)_{З+M_1} \rightarrow E_З \rightarrow E_{M_1}$$

Для данных форм и типов с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов были выявлены разновидности этих процессов в первом и во втором



секторах северного полушария, отличающиеся высокоширотными и низкоширотными траекториями циклонов. Из схемы и таблицы 1.1 видно, что в первом – атлантико–евразийском секторе северного полушария преобладали атмосферные процессы восточной формы циркуляции при высокоширотных (апрель) и низкоширотных (май и июнь) траекториях циклонов в системе исландского минимума. Во втором – тихоокеано–американском секторе полушария преобладали зональные атмосферные процессы и меридиональные типа M_1 при низкоширотных (апрель и июнь) высокоширотных (май) траекториях циклонов в системе алеутского минимума.

Для каждого месяца были вычислены средние карты полей геопотенциальной поверхности H_{500} , приземного давления и температуры воздуха и их отклонений от средних многолетних значений (рисунки 1.2–1.16). На всех картах географическая ориентация и состояние основных центров действия атмосферы, распределение полей давления и температуры на северном полушарии и Арктики соответствует синоптическому значению той формы и типу циркуляции и их разновидностей, которые преобладали в том или ином месяце рассматриваемого периода года.

Изменения давления во втором квартале 2011 г. представлены виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления отдельно для европейского, азиатского, американского и приполюсного секторов Арктики на рис. 1.1 Интегральная кривая идет вверх при положительных значениях аномалий давления, при отрицательных значениях – вниз.

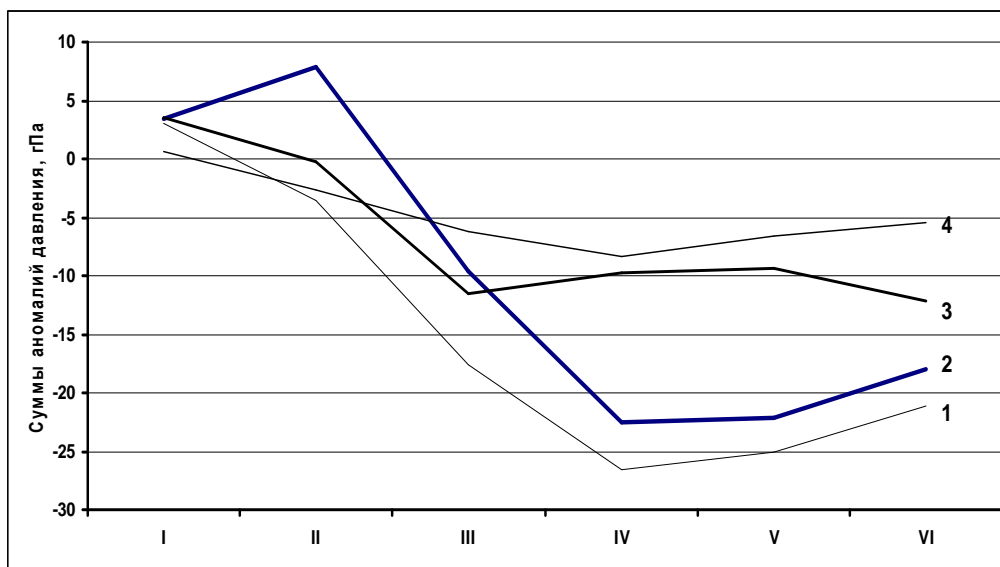


Рисунок 1.1 – Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления в январе–июне 2011 г. в приполюсном (1), европейском (2), азиатском (3) и американском (4) секторах полярного района Арктики

В приземном поле полярного района в период январь – апрель 2011 г. отмечалось тенденция к пониженному по сравнению с нормой фоном давления. Частое влияние на приполюсный район и атлантико–евразийский сектор Арктики глубоких циклонов, обусловило преобладание



здесь крупных отрицательных аномалий давления. В последующие месяцы в связи с усилением арктического антициклона отмечалась тенденция к повышению фона давления в большинстве секторов полярного района Арктики.

Основные фоновые особенности развития и перестроек синоптических процессов для каждого месяца за период с апреля по июнь 2011 г. описаны ниже.

В апреле в полярном районе Арктики центр ЦПВ на геопотенциальной поверхности H_{500} сместился в район Баффинова моря. Над Северной Атлантикой ось высотного гребня азорского антициклона была ориентирована на Западную Европу. На восточный район Арктики оказывал влияние с юга высотный гребень, который обусловил формирование в толще тропосферы устойчивую адвекцию воздушных масс с южной составляющей.

В первом (атлантико–евразийском) секторе преобладали процессы меридиональных форм циркуляции. В приземном поле под влиянием с запада на континентальную Европу гребня азорского антициклона циклоны Северной Атлантики смещались в меридиональном направлении в Арктику по сравнению с нормой высокоширотными траекториями. Фон давления в приполюсном районе был ниже нормы на 8–12 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 со значениями до 8–9 °С отмечались в районе Карского моря.

Во втором (тихоокеано–американском) секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы зонального типа. Характерной особенностью развития макропроцессов явилось усиление арктического антициклона и влияние его гребня на восточный район Арктики. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой более низкоширотными траекториями. Фон давления был ниже нормы на 2–6 гПа. При адвекции теплых воздушных масс средние месячные значения положительных аномалий температуры достигали значений 1–3 °С.

В мае в полярном районе Арктики центр ЦПВ на геопотенциальной поверхности H_{500} сместился из района Баффинова моря на север Карского моря, основные ложбины которого были ориентированы в направлении Берингова и Баффинова морей. Ось высотного гребня проходила через Аляску и моря Бофорта и оказывала влияние на восточный сектор Арктики.

В первом секторе преобладали процессы восточной формы циркуляции. В приземном поле под влиянием с севера гребня арктического антициклона циклоны Северной Атлантики смещались по сравнению с нормой более низкоширотными траекториями. Фон давления в



приполюсном районе был выше нормы на 1–2 гПа. Преобладали воздушные потоки преимущественно восточных направлений. Фон температуры был выше нормы на 2–4 °С.

Во втором секторе сохранилась повышенная повторяемость зональных процессов. Циклоны в системе алеутского минимума смещались до района Берингова моря. Далее их движение было блокировано с востока гребнями арктического и гавайского антициклонов. Вследствие этого отмечались прохождение ряда циклонов с меридиональной составляющей до районов Восточно–Сибирского, Чукотского и Бофорта морей. Фон давления был в пределах от –2 до 2 гПа. Преобладали воздушные потоки юго–восточных направлений с частыми отходами к югу, которые сформировали положительный среднемесячный температуры с аномалиями до 3–4 °С.

В июне центр ЦПВ располагался над районом Таймыра. Основные ложбины его были ориентированы на районы канадского архипелага, Исландии и Берингова моря. Соответственно оси высотных гребней, блокирующих западно–восточный перенос воздушных масс в толще тропосферы, располагались над районами ЕТР, Аляски и Гренландии.

В первом секторе аномально высокую повторяемость имели процессы восточной формы циркуляции. В приземном поле под частым влиянием на ЕТР гребней антициклонов циклоны Северной Атлантики смещались по сравнению с нормой более низкоширотными траекториями и не оказывали существенного влияния на полярные районы Арктики. Фон давления был выше нормы на 4–10 гПа. Преобладали воздушные потоки преимущественно восточных направлений. Фон температуры был выше нормы на 1–3 °С. Наибольшие положительные аномалии отмечались в береговой зоне Карского моря, которые достигали значений 4–5 °С.

Во втором секторе преобладали меридиональные процессы типа M_1 . Циклоны в системе алеутского минимума смещались, как и в первом секторе, низкоширотными траекториями. Фон давления был в пределах 2–6 гПа. Преобладали воздушные потоки восточных направлений с частыми отходами к северо–востоку, которые сформировали незначительные среднемесячные положительные аномалии температуры воздуха до 1 °С.

Особенности развития и перестроек атмосферных процессов внутри каждого месяца в период апрель – июнь 2011 года представлены по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) в табл. 1.2. Изменения от ЭСП к ЭСП сопровождались сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики при крупномасштабных перестройках атмосферной циркуляции северного полушария. Структурные особенности процессов внутри каждого месяца согласуются с выявленными фоновыми крупномасштабными особенностями в направленности развития атмосферных процессов в период с апреля по июнь 2011 г.



Таблица 1.2 – Каталог макросиноптических процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма–А.А. Гирса с апреля по июнь 2011 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	Е	М ₂	1	Е	М ₂			
4–6	W	3	2–3	Е	3	1–4	Е	М1
7–9	С	3	4–6	С	3	5–8	Е	М2
10–12	С	М1	7–10	Е	3	9–11	Е	3
13–15	С	М1	11–14	Е	М1	12–14	W	М1
16–17	W	М2	15–16	Е	М1	15–18	W	3
18–20	С	М1	17–19	W	3	19–22	Е	М1
21–24	Е	М2	20–22	W	М2	23–25	С	М1
25–28	Е	3	23–26	Е	М2	26–28	С	М1
29–30	Е	М2	27–30	W	3	29–30	Е	3
			31	Е	М1			
Итого	W 5 (–4) С 12 (4) Е 13 (0)	3 10 (1) М1 9 (1) М2 11 (–2)	Итого	W 10 (1) С 3 (–7) Е 18 (6)	3 16 (5) М1 7 (–2) М2 8 (–3)	Итого	W 8 (–2) С 3 (–8) Е 19 (10)	3 9 (1) М1 18 (2) М2 3 (–3)

Примечания
1 ЭСП – элементарный синоптический процесс;
2 А–Е – атлантико–европейский сектор полушария;
3 Т–А – тихоокеано–американский сектор полушария.
4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типами (3, M1, M2) атмосферной циркуляции.

Выводы

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период апрель–июнь 2011 г., можно сделать следующие выводы:

1. Под влиянием процессов блокирования и длинных термобарических волн от месяца к месяцу изменялась структура циркумполярного вихря, система тропосферных высотных фронтальных зон (ВФЗ), что определило преобладающие траектории циклонов в системе исландского и алеутского минимумов.

2. В первом (атлантико–евразийском) сектора полушария во втором квартале преобладали (в мае и июне) процессы с низкоширотными траекториями циклонов. При этом отмечалось усиление арктического антициклона и формирование положительных аномалий давления в полярном районе Арктики. В апреле под влиянием высокоширотных траекторий циклонов фон давления в Арктике сформировался фон давления значительно ниже нормы.

3. Во втором (тихоокеано–американском) секторе в апреле и июне преобладали низкоширотные траектории циклонов, и они не оказывали существенного влияния на полярный район Арктики.



4. В среднем за период апрель–июнь в полярном районе Арктики преобладала адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха.

5. Несмотря на сохранение положительных аномалий температуры воздуха в Арктике развитие атмосферных процессов во втором квартале в 2011 году отличалось от направленности процессов двух последних лет, когда при меридиональных атмосферных процессах преобладала более сильная и устойчивая адвекция теплых воздушных масс в Арктику. В целом за рассматриваемый период апрель–июнь 2011 года отмечалось усиление арктического антициклона и повышенная повторяемость низкоширотных траекторий циклонов в системе исландского и алеутского минимумов, что во многом предопределило понижение температурного фона в полярном районе Арктики по сравнению с температурным фоном последних лет.

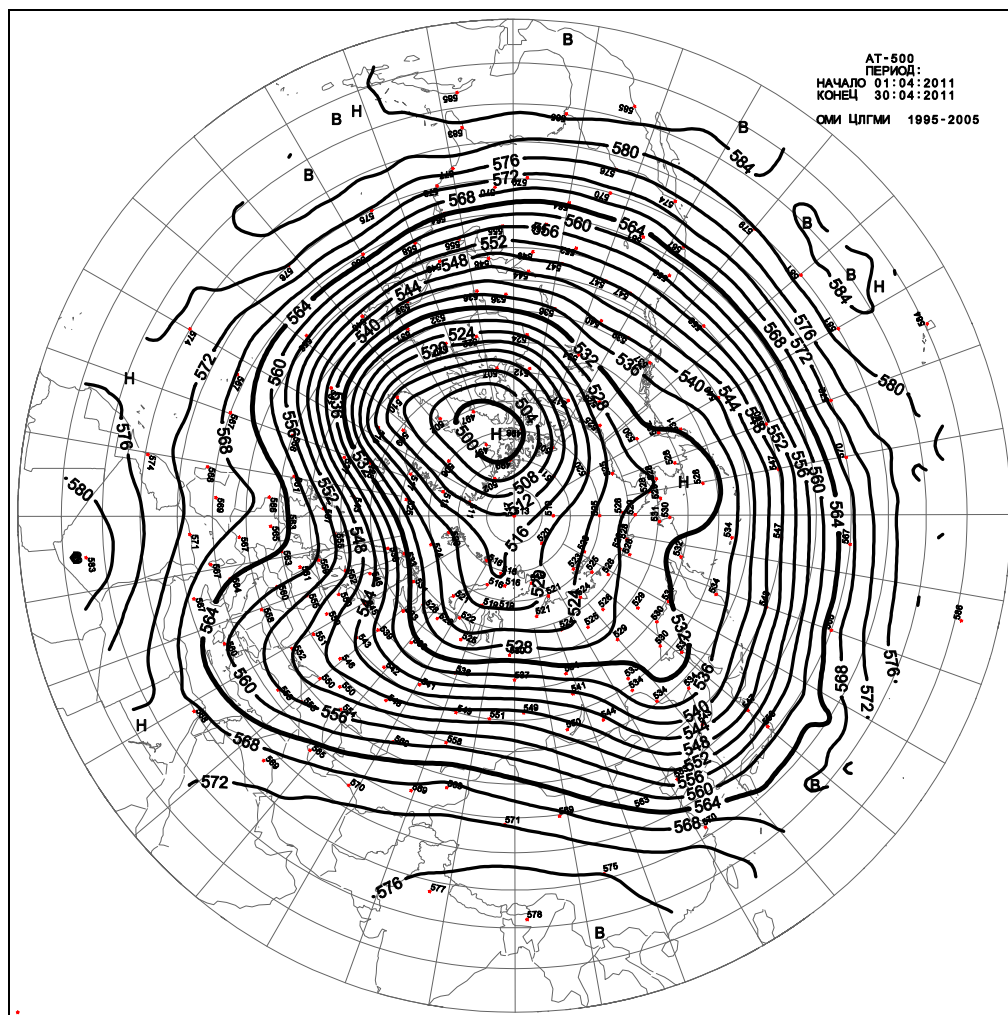


Рисунок 1.2 – Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за апрель 2011 г.

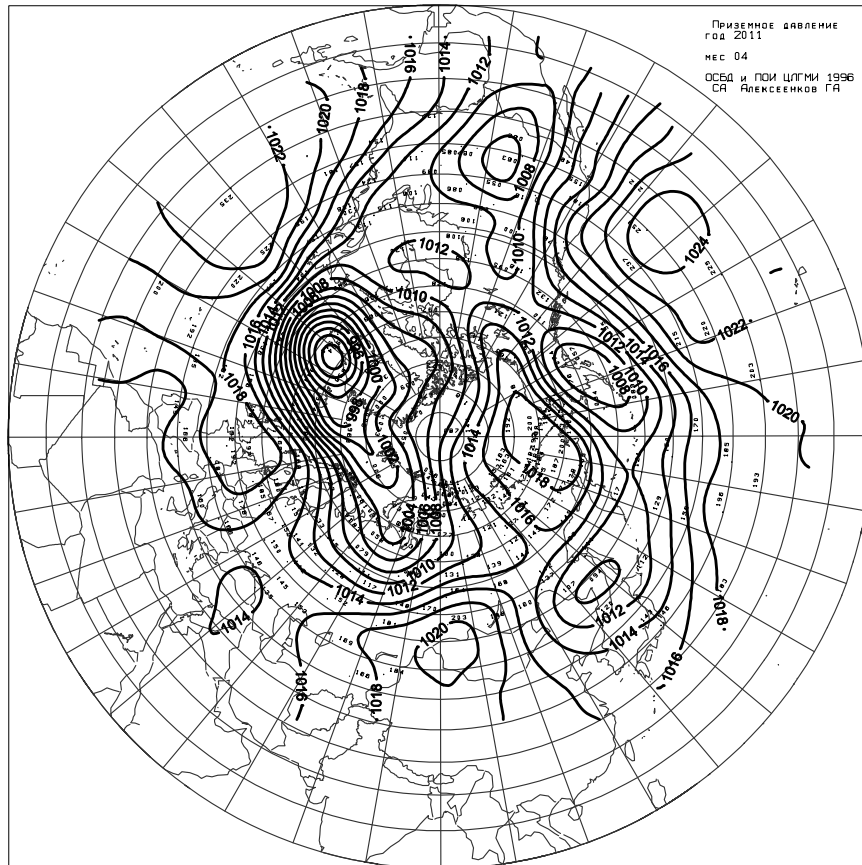


Рисунок 1.3 – Поле среднего приземного давления (гПа) за апрель 2011 г.

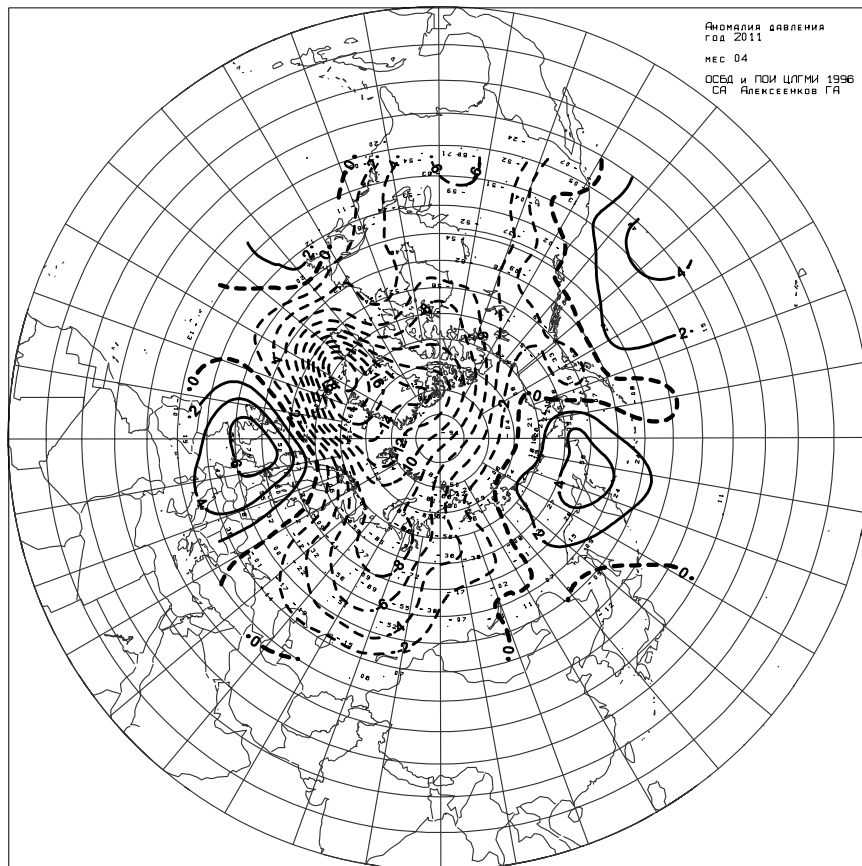


Рисунок 1.4 – Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за апрель 2011 г.

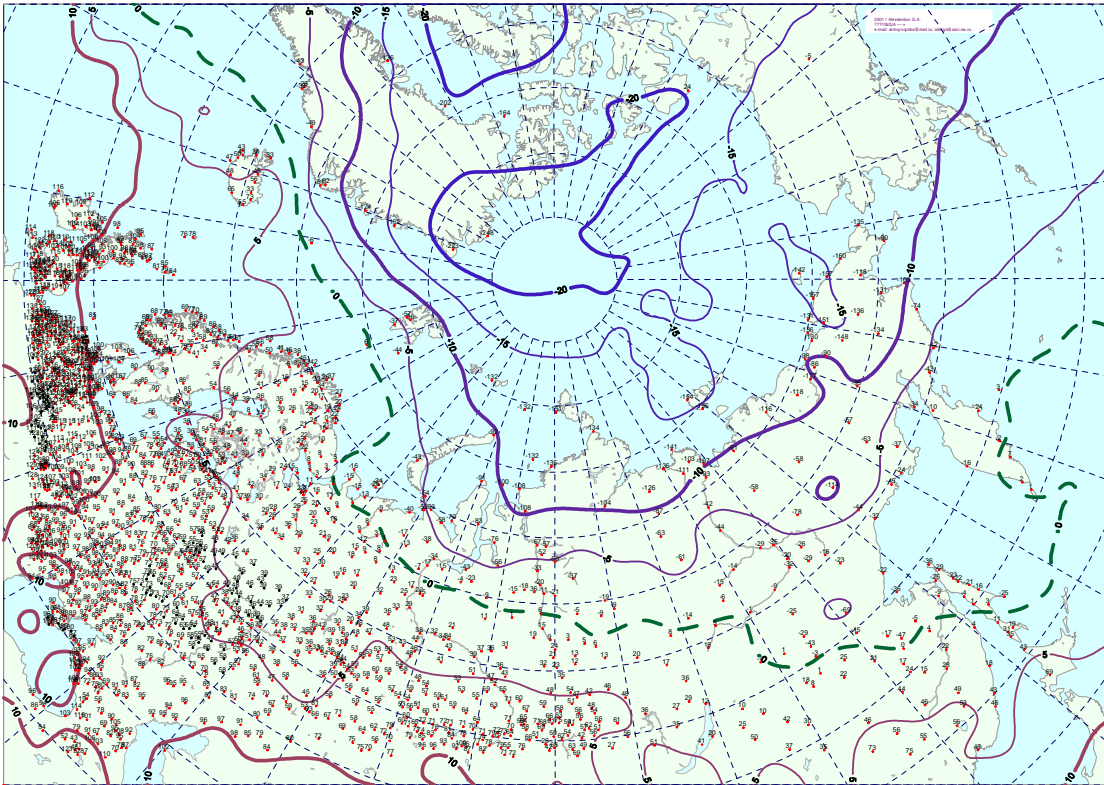


Рисунок 1.5 – Поле средней приземной температуры воздуха (°C) за апрель 2011 г.

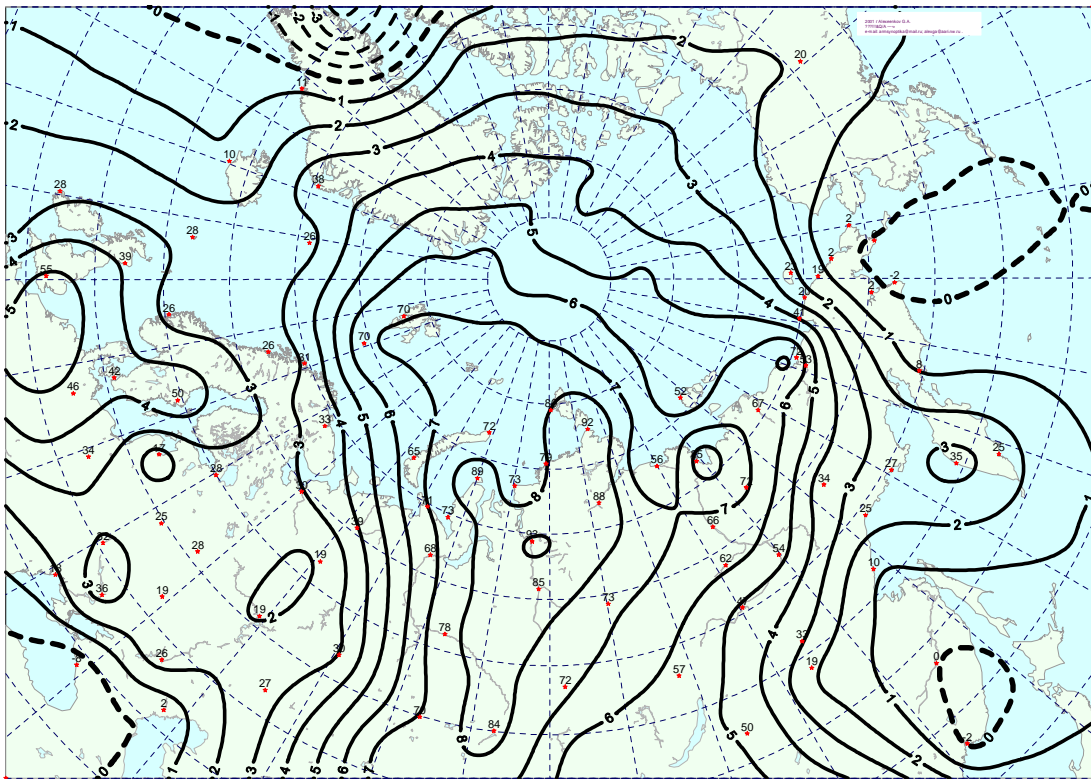


Рисунок 1.6 – Поле средней аномалии приземной температуры воздуха (°C) за апрель 2011 г.

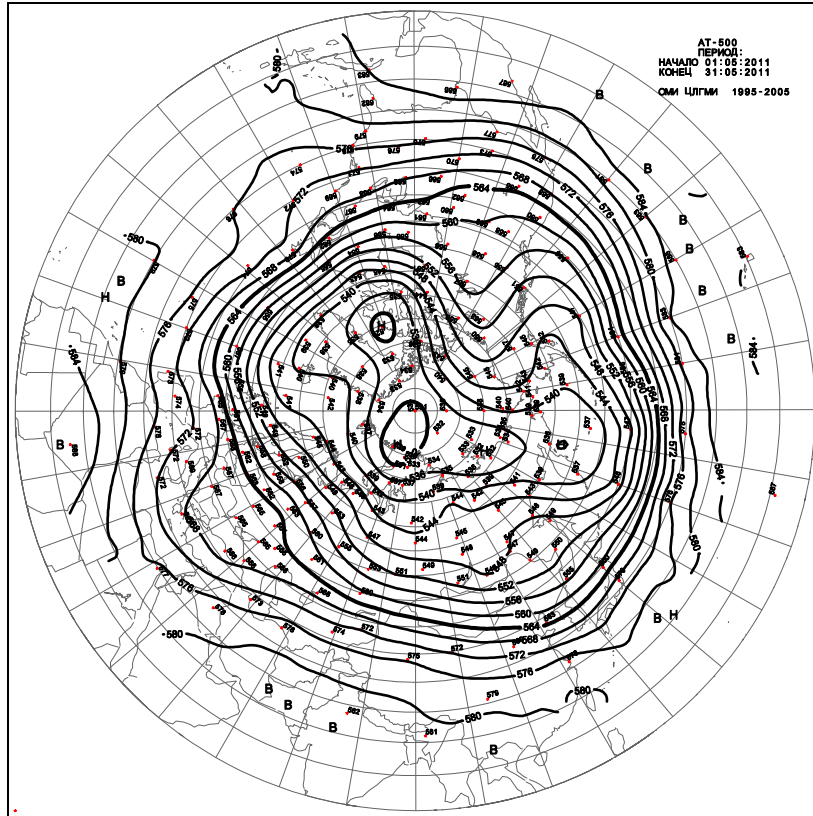


Рисунок 1.7 – Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за май 2011 г.

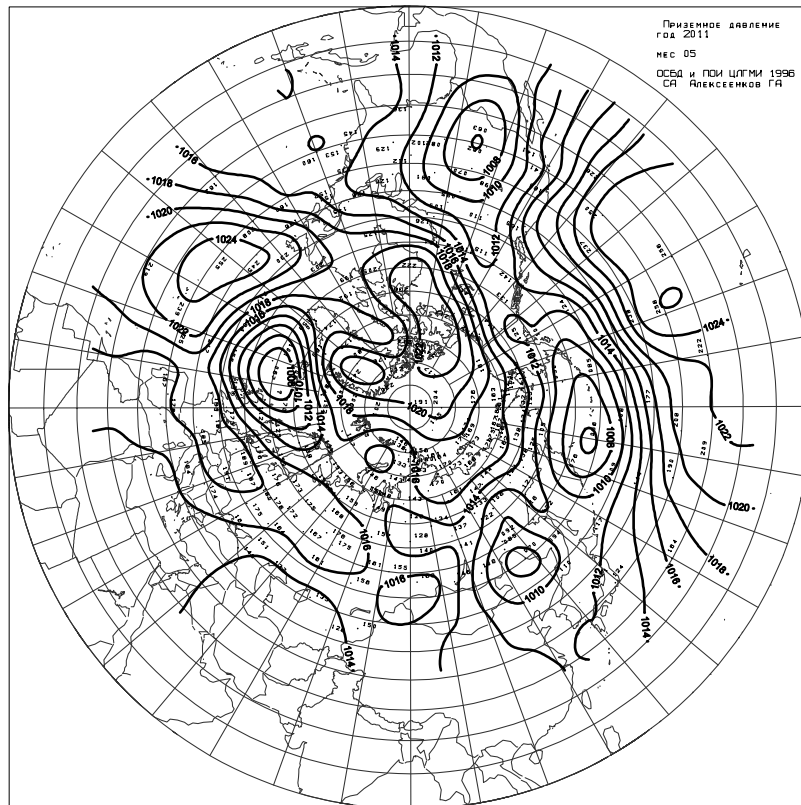


Рис 1.8 – Поле среднего приземное давление (гПа) за май 2011 г.

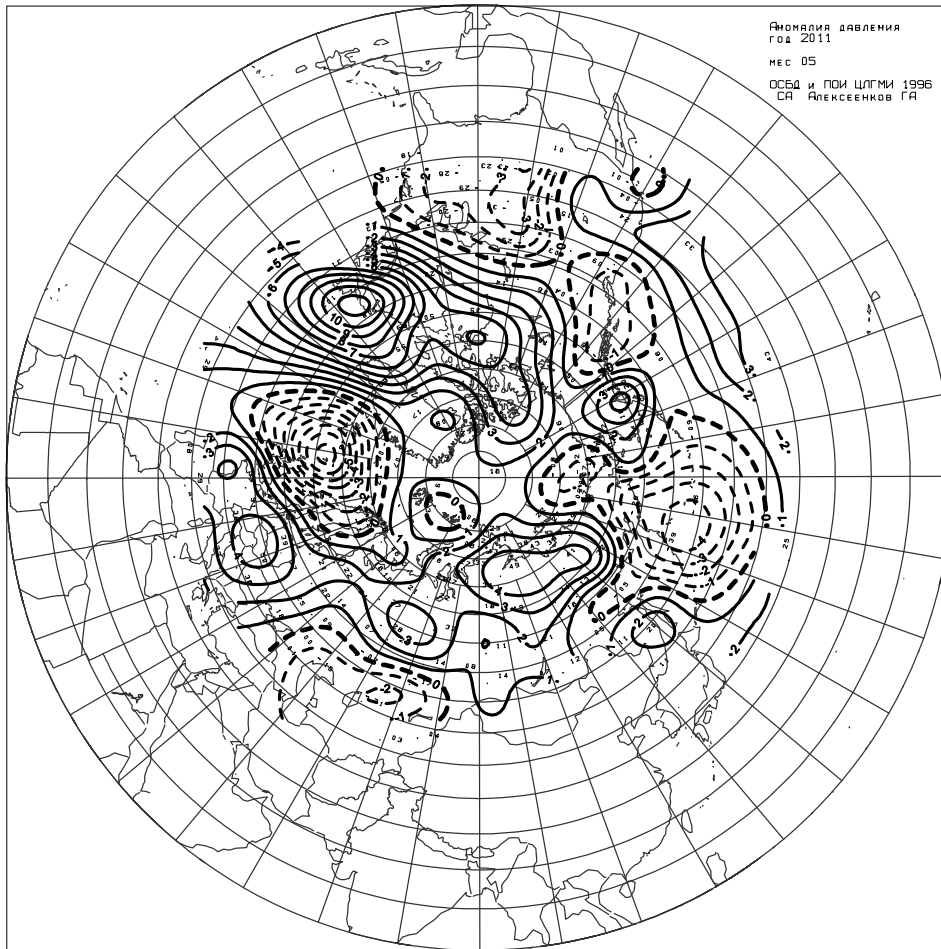


Рисунок 1.9 – Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за май 2011 г.

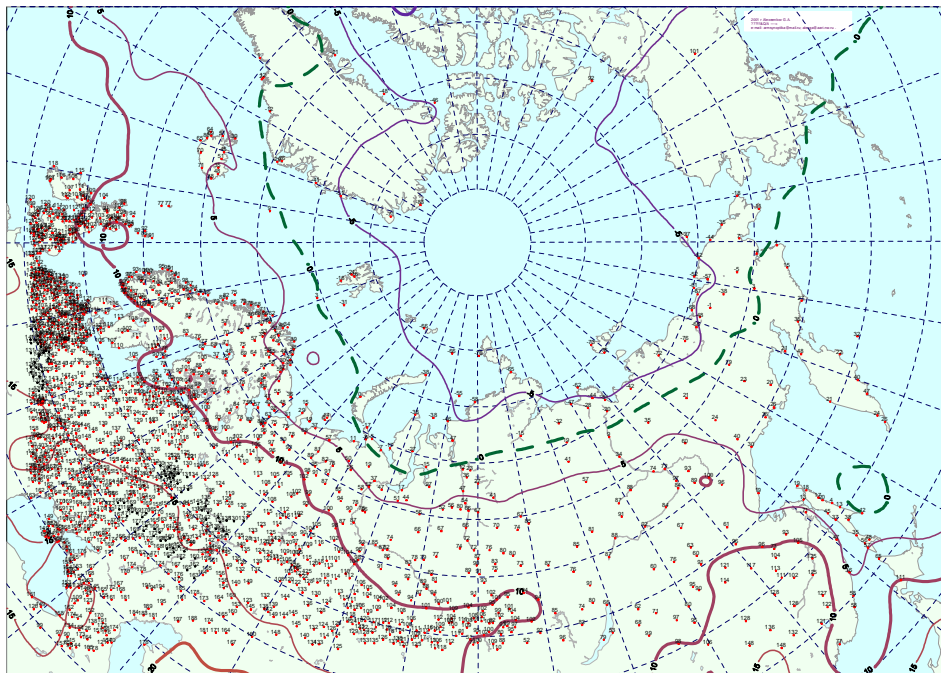


Рисунок 1.10 – Поле средней приземной температуры воздуха (°C) за май 2011 г.

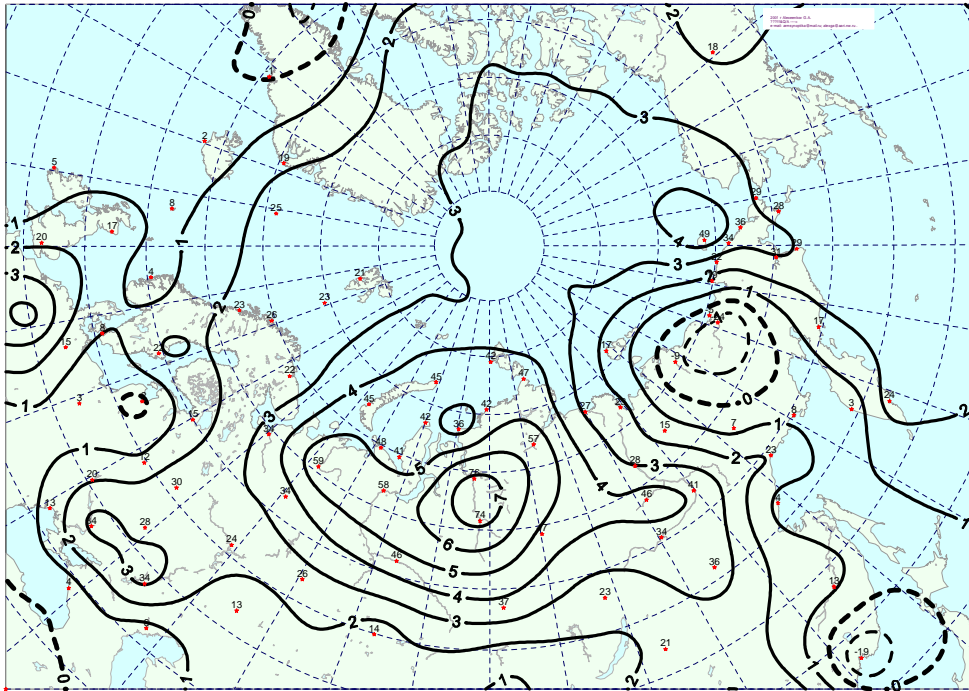


Рисунок 1.11 – Поле средней аномалии приземной температуры воздуха (°C) за май 2011 г.

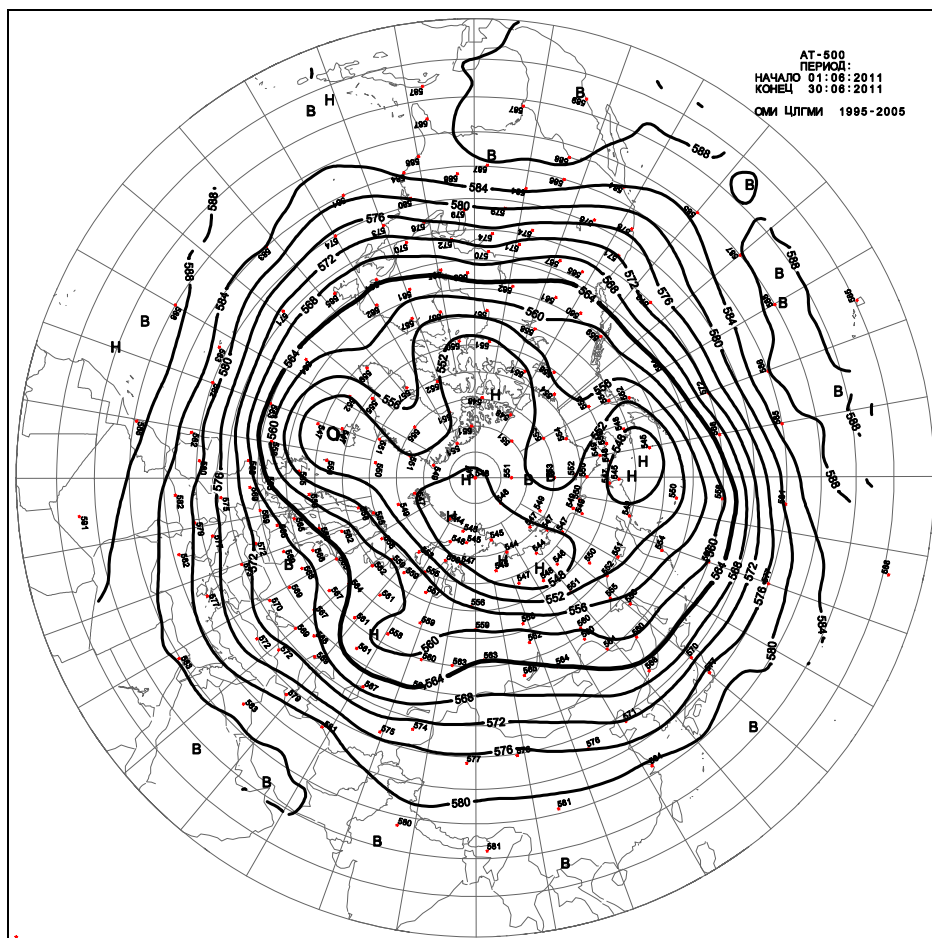


Рисунок 1.12 – Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за июнь 2011 г.

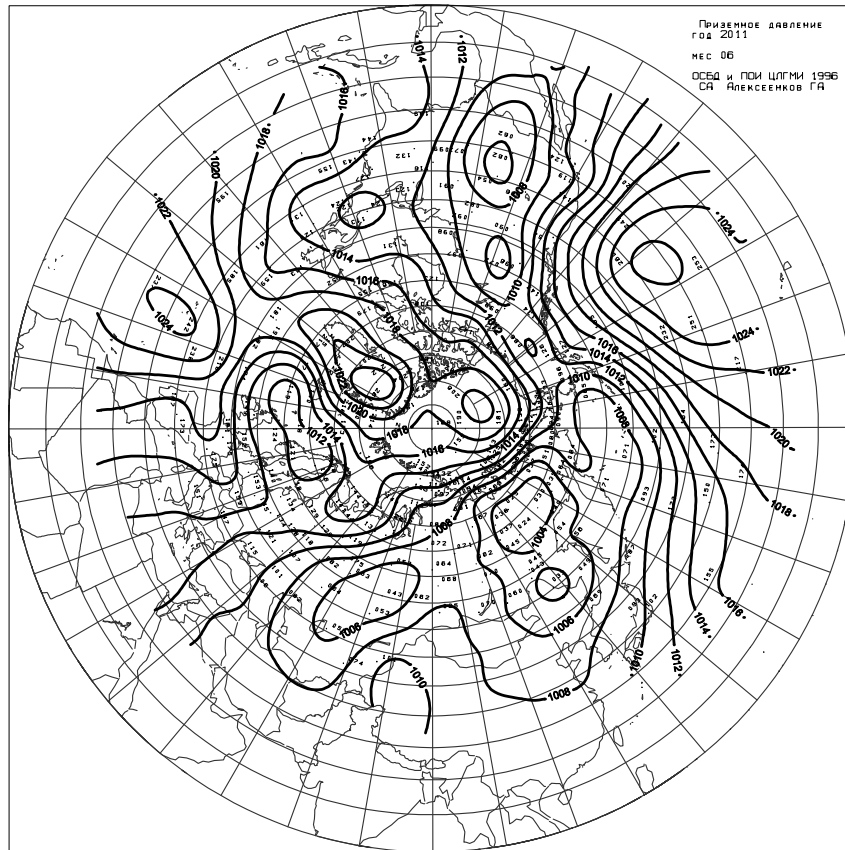


Рисунок 1.13 – Поле среднего приземное давления (гПа) за июнь 2011 г.

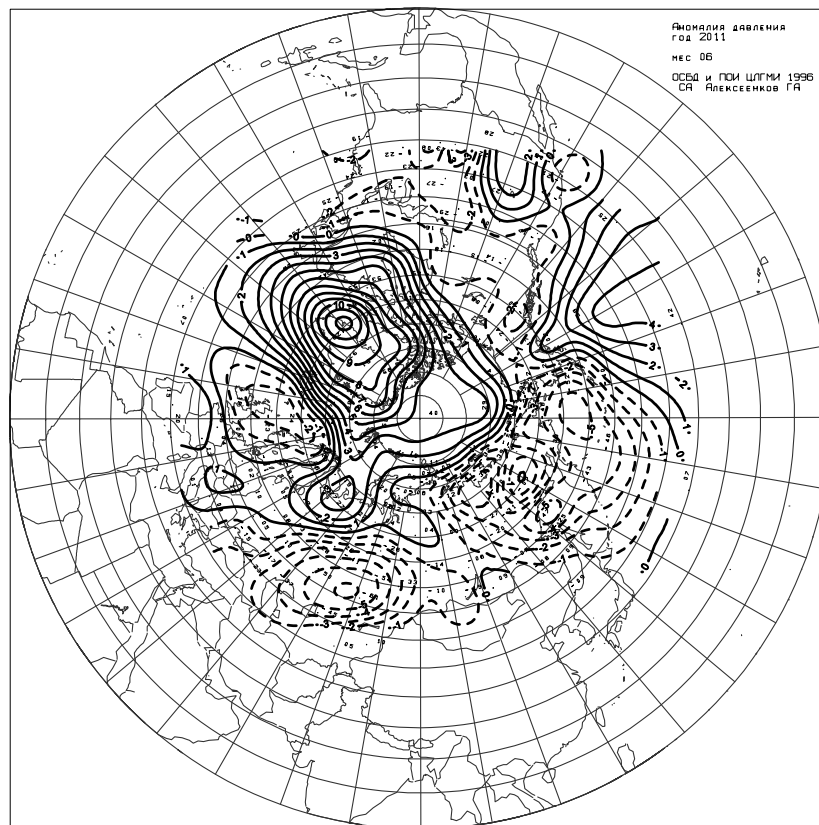


Рисунок 1.14 – Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за июнь 2011 г.

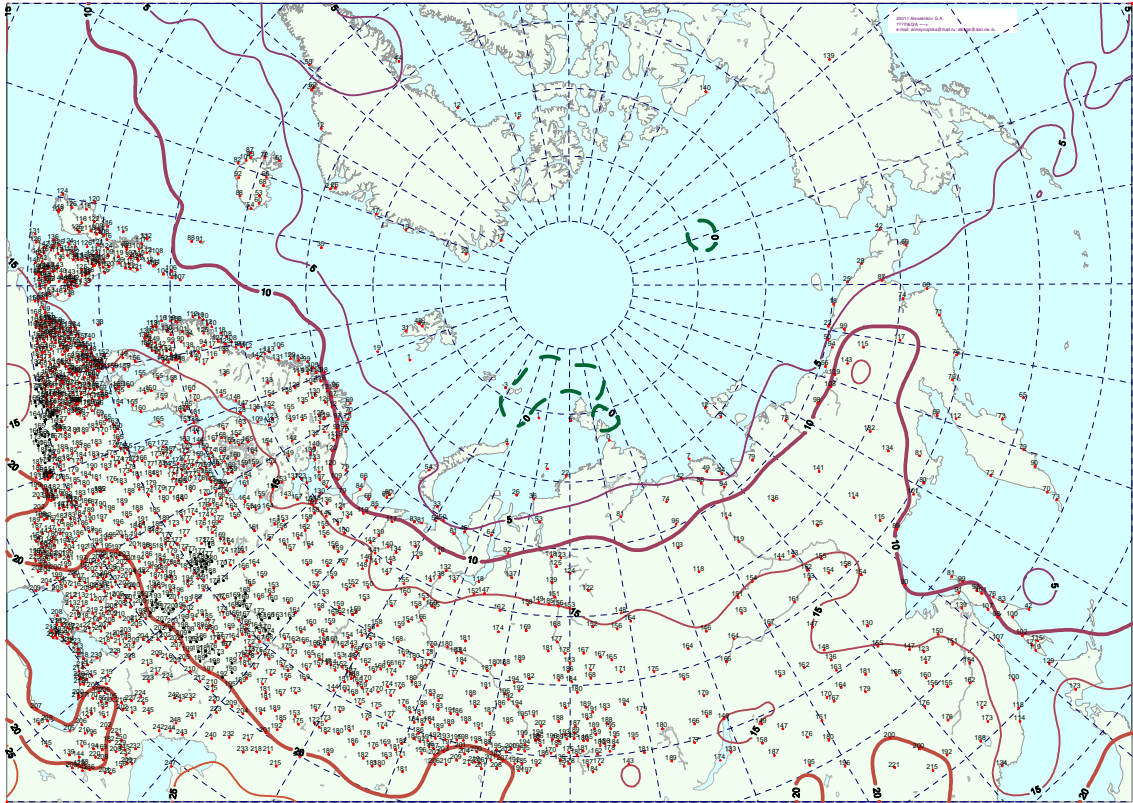


Рисунок 1.15 – Поле средней приземной температуры воздуха (°C) за июнь 2011 г.

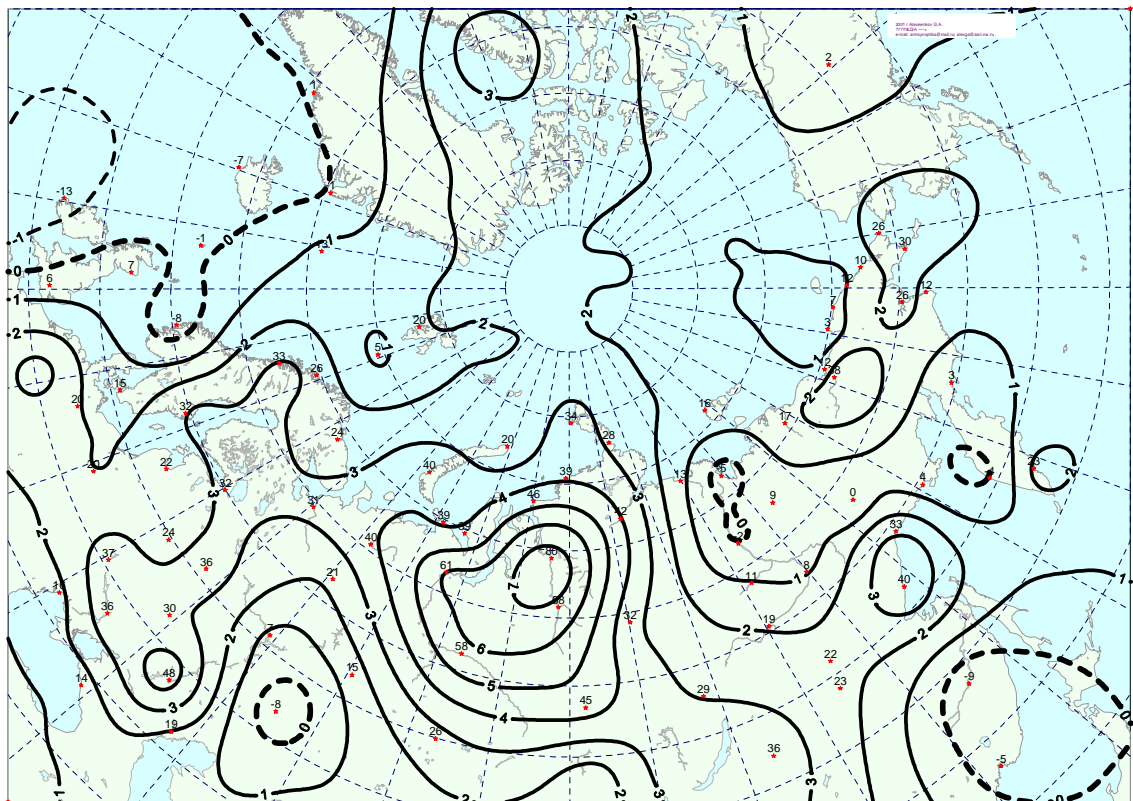


Рисунок 1.16 – Поле средней аномалии приземной температуры воздуха (°C) за июнь 2011 г.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области за период апрель–июнь

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха и атмосферных осадков по районам северной полярной области (рис.1.17) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующей станции СП–38 и дрейфующих буев МПАБ.

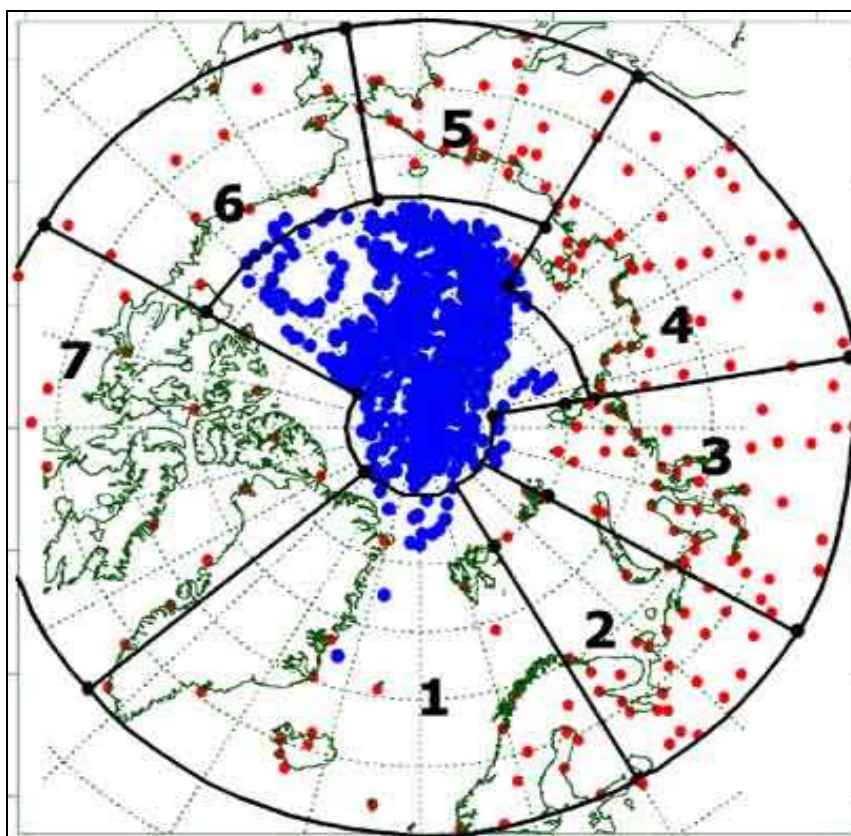


Рисунок 1.17 – Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

Температура воздуха

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

Оценки аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2011 года по отдельным широтным зонам (60–85, 60–70 и 70–85° с.ш.) представлены в табл.1.3. В весеннем сезоне 2011 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 3,4 °С. Весна 2011 г. по рангу теплых лет стала



наиболее теплой весной за период с 1936 г. Аномалия температуры для широтных зон 60–70° с.ш. и 70–85° с.ш. составила 2,9 °С и 4,0 °С соответственно. Прошедший весенний сезон для обеих широтных зон оказался наиболее теплым по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.3 – Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2011 г., °С

Широтная зона, ° с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Предыдущий наиболее теплый год
70–85	4,0	1	2007
60–70	2,9	1	1990
60–85	3,4	1	1990

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2011 г. для отдельных климатических районов выявило крупный очаг положительных аномалий температуры в Евразийском секторе, центр которого располагался на территории Западносибирского района (рис. 1.18, табл. 1.4). Пространственно осредненная аномалия температуры составила здесь 6,7 °С. Весна 2011 г. в районах: Североевропейском, Западносибирском и Восточносибирском стала наиболее теплой весной за период с 1936 г.

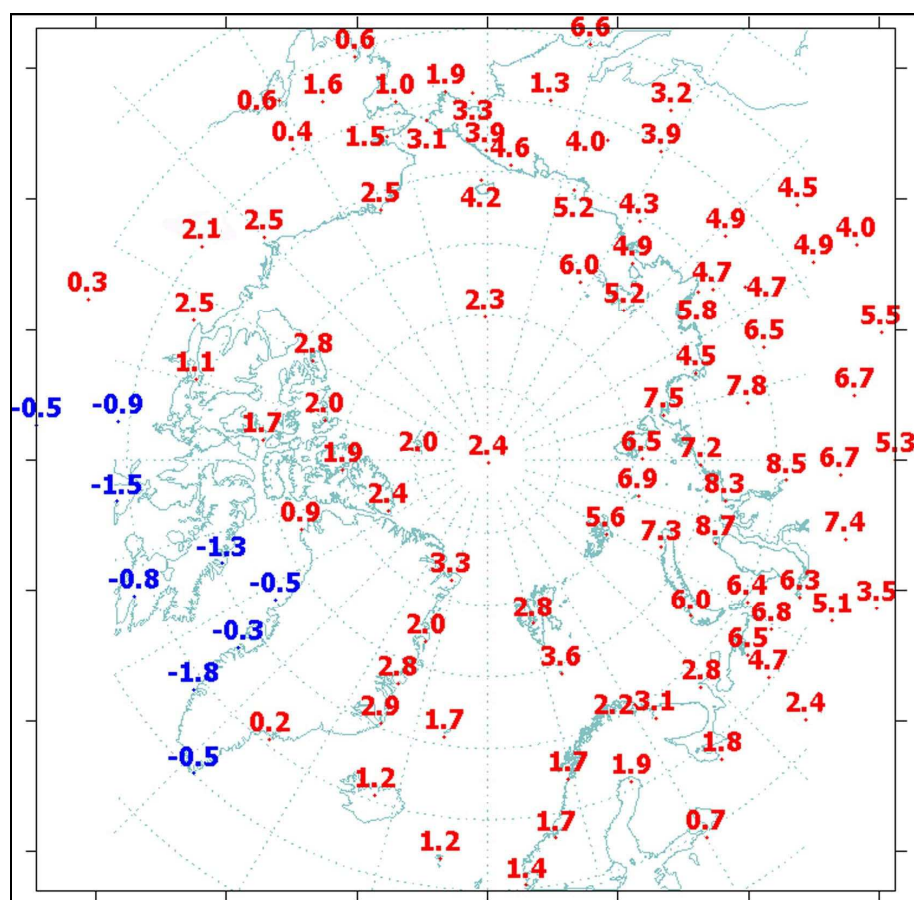


Рисунок 1.18 – Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона на станциях северной полярной области, °С



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

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (предыдущий самый теплый год)
Атлантический	1,9	5	2004
Североевропейский	3,7	1	2011 (2007)
Западносибирский	6,7	1	2011(1995)
Восточносибирский	5,5	1	2011(1990)
Чукотский	4,0	3	2002
Аляскинский	1,3	26	1981
Канадский	0,7	35	2010

В районах арктических морей и на территории суши выше 70° с.ш. наблюдались только положительные аномалии температуры. Высокие значения положительных аномалий обнаруживались в морях евразийского сектора: Баренцевом, Карском, Лаптевых, Восточно–Сибирском. Самая крупная аномалия имела место в районе Карского моря (табл. 1.5). Значение пространственно осредненной аномалии составило 7,3 °С.

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

Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (предыдущий теплый год)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	2,7	3	2004, 2006
Баренцево море	4,0	1	2011 (2007)
Карское море	7,3	1	2011 (2007)
Море Лаптевых	5,6	1	2011 (1943)
Восточно–Сибирское море	4,8	2	1990
Чукотское море	3,7	7	2002
Море Бофорта	2,5	8	2010
Северная часть Канадского района	1,6	19	2010

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85° с.ш. представлены на рис. 1.19, а для районов арктических морей на рис. 1.20. Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за весенний сезон СПО и отдельных широтных зон за период 1936–2011 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 1,3, 1,4 и 1,4 °С за 76 лет.

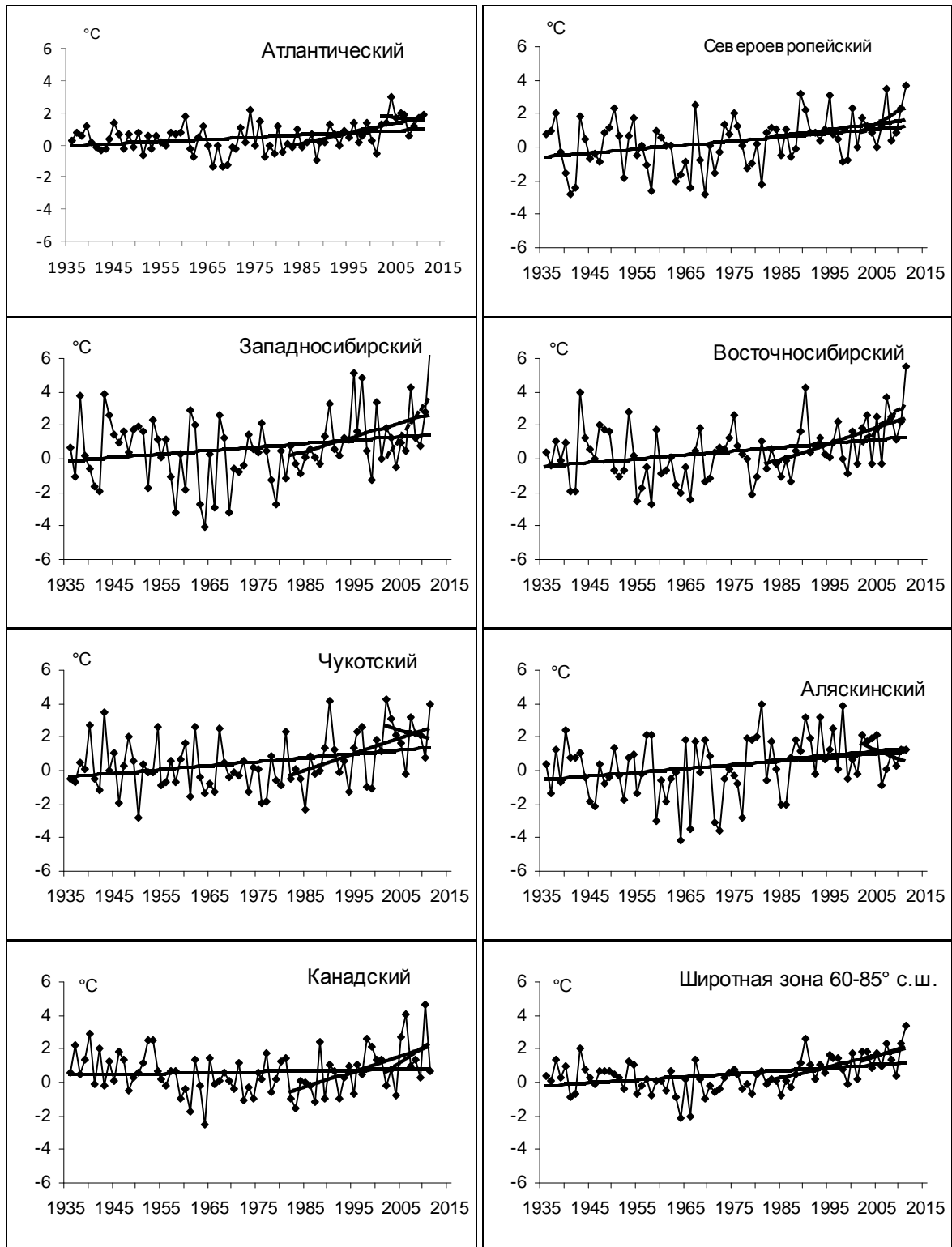


Рисунок 1.19 – Временные ряды аномалий температуры воздуха в весенний сезон в различных секторах Арктики, °C

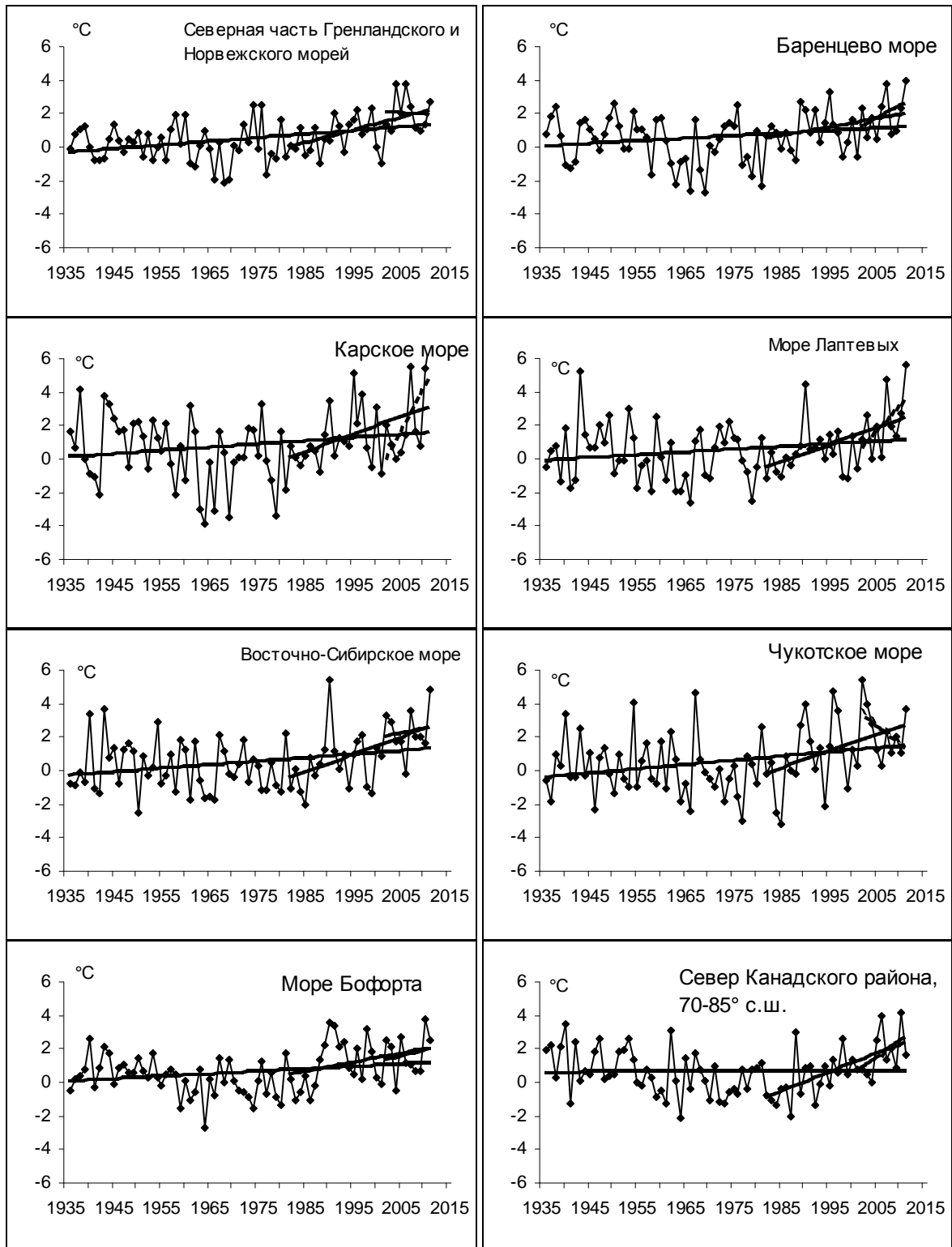


Рисунок 1.20 – Временные ряды аномалий температуры воздуха в весенний сезон над акваториями арктических морей, °С



Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за весенний сезон температуры воздуха присутствует в большинстве районов. Наибольшей величины линейный тренд имеет место в Североевропейском районе, где он равен 0,24 °C/10 лет (потепление составило 1,8 °C за 76 лет). В Западносибирском и Канадском районах линейный тренд положителен, но значения статистически не значимы.

Таблица 1.6 – Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха отдельных районов за период 1936–2011 гг.

Район, широтная зона	1936–2011		1982–2011		2002–2011	
	Вх	D	Вх	D	Вх	D
Атлантический	0,13	33,1	0,63	63,1	–0,30	14,3
Североевропейский	0,24	34,9	0,36	25,6	1,72	42,3
Западносибирский	0,21	22,9	0,85	39,4	3,99	57,3
Восточносибирский	0,23	31,0	0,95	51,3	2,55	44,4
Чукотский	0,23	31,9	0,97	50,4	–0,82	17,9
Аляскинский	0,22	28,0	0,25	15,2	–1,23	37,8
Канадский	0,05	07,8	0,92	54,2	2,01	34,1
60–70°с.ш.	0,18	41,7	0,53	51,5	0,59	21,3
70–85°с.ш.	0,17	34,8	0,88	67,0	1,35	44,2
60–85°с.ш.	0,18	40,4	0,66	60,9	0,96	34,0

Примечание. Первый столбец – значение линейного тренда в °C/10 лет;
Второй столбец – вклад тренда в полную дисперсию D, %;
Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения (коэффициент тренда значим не менее, чем на 5% уровне значимости).

Для последнего тридцатилетнего периода 1982–2011 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 °C/30 лет, а к югу от 70° с.ш. только 1,6 °C/30 лет. Среди отдельных районов потепление более всего выражено в районах атлантико–канадского и азиатского секторов СПО. Значение линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха в Атлантическом, Канадском, Восточносибирском и Чукотском районах составляет соответственно 1,9, 2,8, 2,8 и 2,9 °C/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде имеет место статистически значимый линейный тренд только в Западносибирском районе – около 4,0 °C/10 лет (коэффициент тренда значим на 10 % уровне значимости). Отмечается появление отрицательных тенденций в изменениях температуры воздуха в Атлантическом, Чукотском 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 районах морей Карского, Лаптевых, Восточно–



Сибирского. За 1982–2011 гг. температура воздуха в этих районах повысилась соответственно на 3,2, 3,1 и 3,1 °C/30 лет.

Таблица 1.7 – Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха районов арктических морей за период 1936–2011 гг.

Море, часть моря	1936–2011		1982–2011		2002–2011	
	Вх	D	Вх	D	Вх	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,22	38,8	0,75	54,3	-0,20	5,6
Баренцево море	0,15	23,2	0,50	35,2	1,58	37,9
Карское море	0,19	20,4	1,05	45,0	5,50	65,3
Море Лаптевых	0,16	21,2	1,03	52,5	3,15	52,8
Восточно–Сибирское море	0,21	28,3	1,04	51,3	0,64	14,2
Чукотское море	0,25	29,3	1,00	42,7	-2,32	44,3
Море Бофорта	0,15	25,0	0,42	27,0	-0,21	5,1

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

Атмосферные осадки.

Оценки выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2010/11 гг. даны для тех же климатических районов, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принят период с октября по май, когда выпадают преимущественно твердые осадки.

В табл. 1.8 представлены относительные аномалии (в %) количества осадков за холодный сезон 2010/11 гг. для отдельных широтных зон. В целом для СПО осадков выпало ниже нормы (на 8 %) из-за более существенного уменьшения (на 11 %) их количества в широтной зоне 60–70° с.ш. Такое малое количество осадков в СПО встречается тринадцатый раз за весь период с 1936 года. К северу от 70° с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало более нормы (на 17 %).

Таблица 1.8 – Относительные аномалии (%) сумм осадков холодного сезона 2010/11 г.

Клим. район, широтная зона	Холодный период	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	73,5	1992 (122 %)	1941 (74 %)
Североевропейский	104,1	2007 (127 %)	1942 (67 %)
Западносибирский	109,0	2007 (120 %)	1941 (74 %)
Восточносибирский	99,6	1967 (129 %)	1942 (83 %)
Чукотский	88,3	1967 (163 %)	1977 (72 %)
Аляскинский	130,7	1991 (141 %)	1954 (58 %)
Канадский	81,1	2005 (120 %)	2010 (52 %)
60–70 °с.ш.	88,7	2007 (115 %)	1941 (77 %)
70–85 °с.ш.	117,0	2008 (122 %)	1977 (85 %)
60–85 °с.ш.	92,0	2007 (114 %)	1941 (81 %)



Сопоставление годовых сумм осадков выпавших в холодном сезоне 2010/11 г. в отдельных климатических районах обнаруживает, что менее всего осадков выпало в Атлантическом и Канадском районах, более всего в Аляскинском районе (см. табл. 1.8). В Атлантическом районе прошедший холодный сезон был наиболее сухим с 1936 г. (предыдущий наиболее сухой сезон имел место в 1941 г.).

В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков холодного сезона по северным (70–85° с.ш.) и южным (60–70° с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рис. 1.21 приведены временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

Таблица 1.9 – Параметры линейного тренда сумм осадков холодного сезона за весь период и за последнее 30–летие

Район, широтная зона	Вх	% от нормы	D	Вх	% от нормы	D
	1935/36–2010/11			1981/82–2010/11		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	3,79	3,4	8,8	-50,53	-17,9	40,4
Скандинавия и север ЕТР	15,15	37,9	68,8	-0,44	-0,4	1,1
Западная Сибирь	9,34	26,3	61,6	-4,58	-5,1	16,5
Восточная Сибирь	2,56	13,0	35,7	1,85	3,7	10,4
Чукотка	-0,51	-1,8	3,2	-8,38	-11,5	30,1
Аляскинский (южная часть)	2,51	11,2	15,9	0,04	0,1	0,1
Канадский (южная часть)	0,63	3,5	8,2	-7,87	-17,1	41,2
60–70° с.ш.	4,78	12,1	41,6	-10,13	-10,1	38,4
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	9,17	29,6	47,4	0,48	0,6	8,0
Баренцево море	6,24	20,9	51,9	-0,22	-0,3	3,8
Карское море	0,42	2,4	4,5	1,58	3,5	20,8
Море Лаптевых	-3,25	-20,3	37,7	0,42	1,1	5,5
Восточно–Сибирское море	-6,89	-41,9	50,8	1,27	3,0	11,7
Чукотское море	-10,54	-45,7	56,0	2,12	3,7	23,1
Море Бофорта	-0,24	-1,9	2,2	-0,79	-2,5	3,4
Канадский (северная часть)	1,08	13,7	16,9	2,85	14,2	17,2
70–85° с.ш.	8,54	27,2	44,8	8,61	11,0	21,4
Атлантический	5,79	6,9	19,3	-27,78	-13,0	32,7
Североевропейский	11,50	31,9	72,8	2,94	3,2	10,9
Западносибирский	5,58	20,0	58,0	5,23	7,4	26,2
Восточносибирский	0,34	1,9	6,0	1,72	3,7	11,9
Чукотский	-3,55	-14,2	26,4	-5,10	-8,0	27,2
Аляскинский	2,14	10,9	16,3	2,20	4,4	7,4
Канадский	0,81	5,7	13,6	-4,71	-12,9	30,3
60–85° с.ш.	3,27	10,2	41,5	-3,48	-4,2	19,8
Примечание. Первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет; Второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднего за сезон значения за 76 лет; Третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию D, %; Жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды.						

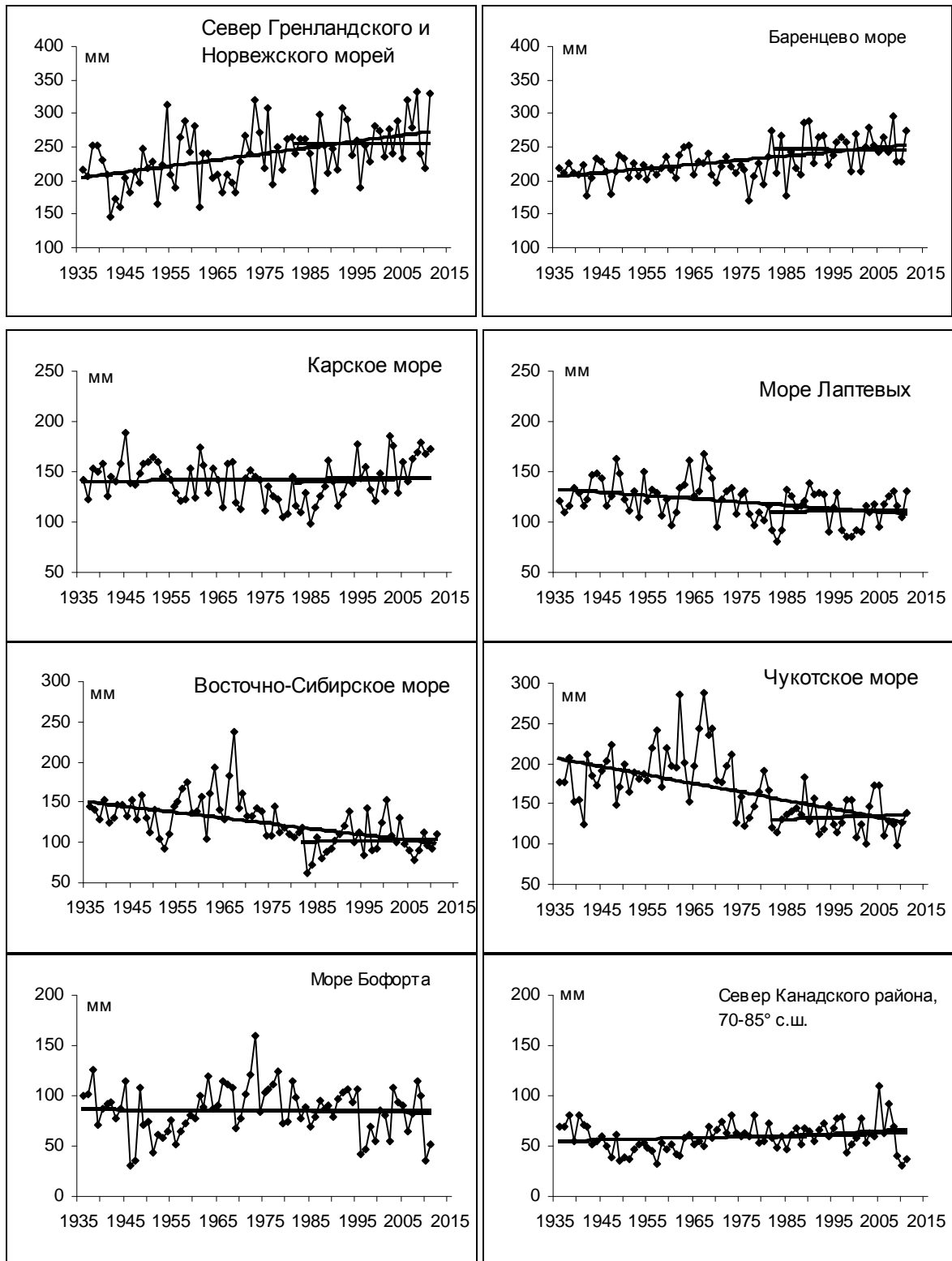


Рисунок 1.21 – Временные ряды сумм осадков холодного сезона, мм

В холодных сезонах за весь период с 1936 г. количество осадков более всего увеличилось в Североевропейском районе (на 32 %) и Западносибирском (на 20 %), главным образом за счет увеличения сумм осадков в южных частях этих районов – на 38 и 26 %, соответственно. В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 14 %).



В целом главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936–2011 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения зимних осадков в целом по региону (на 10 %) и к югу от 70° с.ш. (на 12 % от нормы).

Относительно возможно наметившихся тенденций в изменениях сумм осадков холодного периода укажем на сохранение в последнем тридцатилетии отрицательного знака тренда как в целом по СПО, так и южной ее части. К северу же от 70° с.ш. сохраняется тенденция к росту осадков в холодном периоде.



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле–июне 2011 г.

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель–июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле–июне 2011 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ГУ «ААНИИ» на дрейфующей станции «СП–38» и ряда международных проектов.

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

Для иллюстрации ледовых условий в годовом цикле представлены совмещенные региональные карты ААНИИ, Канадской ледовой службы – КЛС и Национального ледового центра США – НЛЦ. Совмещение карт выполнено путем перекрытия слоев (ААНИИ, верхний слой) – (КЛС, средний слой) – (НЛЦ, нижний слой). Как результат, карты ААНИИ характеризуют ледовые условия морей Гренландского...Чукотского, Берингова, Охотского и Балтийского, КЛС – морей Бофорта, Канадского архипелага, Баффина, Девисова пролива, Лабрадор, Св. Лаврентия, а НЛЦ – Арктического Бассейна, Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ – вся акватория СЛО и субполярные моря). Для построения совмещенных карт использовался архив данных в формате СИГРИДЗ Мирового центра данных по морскому льду (МЦД МЛ). В пределах отдельного месяца выборка карт из архива проводилась по критериям близости к середине месяца и интервала времени между картами ААНИИ и КЛС–НЛЦ в 1 сутки (день недели выпуска карт ААНИИ – каждая среда, КЛС – каждый вторник, НЛЦ – 1 раз в 2 недели по вторникам). Для цветовой окраски карт в зимний (по возрасту) и летний (по общей сплоченности) периоды использован стандарт ВМО (WMO/Td. 1215). Следует также отметить, что в зонах стыковки карт ААНИИ и КЛС, НЛЦ наблюдается определенная несогласованность границ и характеристик ледовых зон вследствие ряда различий в ледовых информационных системах ААНИИ и КЛС, НЛЦ (КЛС и НЛЦ имеют единую информационную систему в рамках Североамериканкой ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО СИГРИЗ доступна на сервере МЦД МЛ по адресам <http://wdc.aari.ru/datasets/d0004> (карты ААНИИ), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0031> (карты КЛС), <http://wdc.aari.ru/datasets/d0032> (карты НЛЦ). В графическом формате PNG совмещенные карты ААНИИ–КЛС–НЛЦ доступны по адресу <http://wdc.aari.ru/datasets/d0040>.



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

– источник данных – архивные и квазиоперативные с задержкой 1–2 дня ежедневные матрицы (поля распределения) оценок общей сплоченности Северной (севернее 45° с.ш.) полярной области по алгоритму NASATEAM за период с 26.10.1978 г. по настоящий момент времени, копируемые с сервера НЦДСЛ;

– область расчета – Северная полярная область и ее регионы с использованием масок океан/суша НЦДСЛ (http://nsidc.org/data/polar_stereo/tools_masks.html) и региональных масок ААНИИ;

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

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

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5 % и 50 % (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945–2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945–1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960–1979 гг., Национального ледового центра США за 1972–2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968–1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970–2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2011 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 в весенний период 2011 г. проходило на фоне адвекции теплых воздушных масс и положительных аномалии температуры воздуха в Арктике. В российском и аляскинском секторах Арктики преобладали однолетние льды. Многолетние льды располагались преимущественно в приполюсном районе, канадском и гренландском секторах Арктики.

Все первое полугодие 2011 г. наблюдалось устойчивое сокращение количества старых льдов в результате их выноса из океана и увеличения количества однолетних льдов в результате ледопродуктивности.

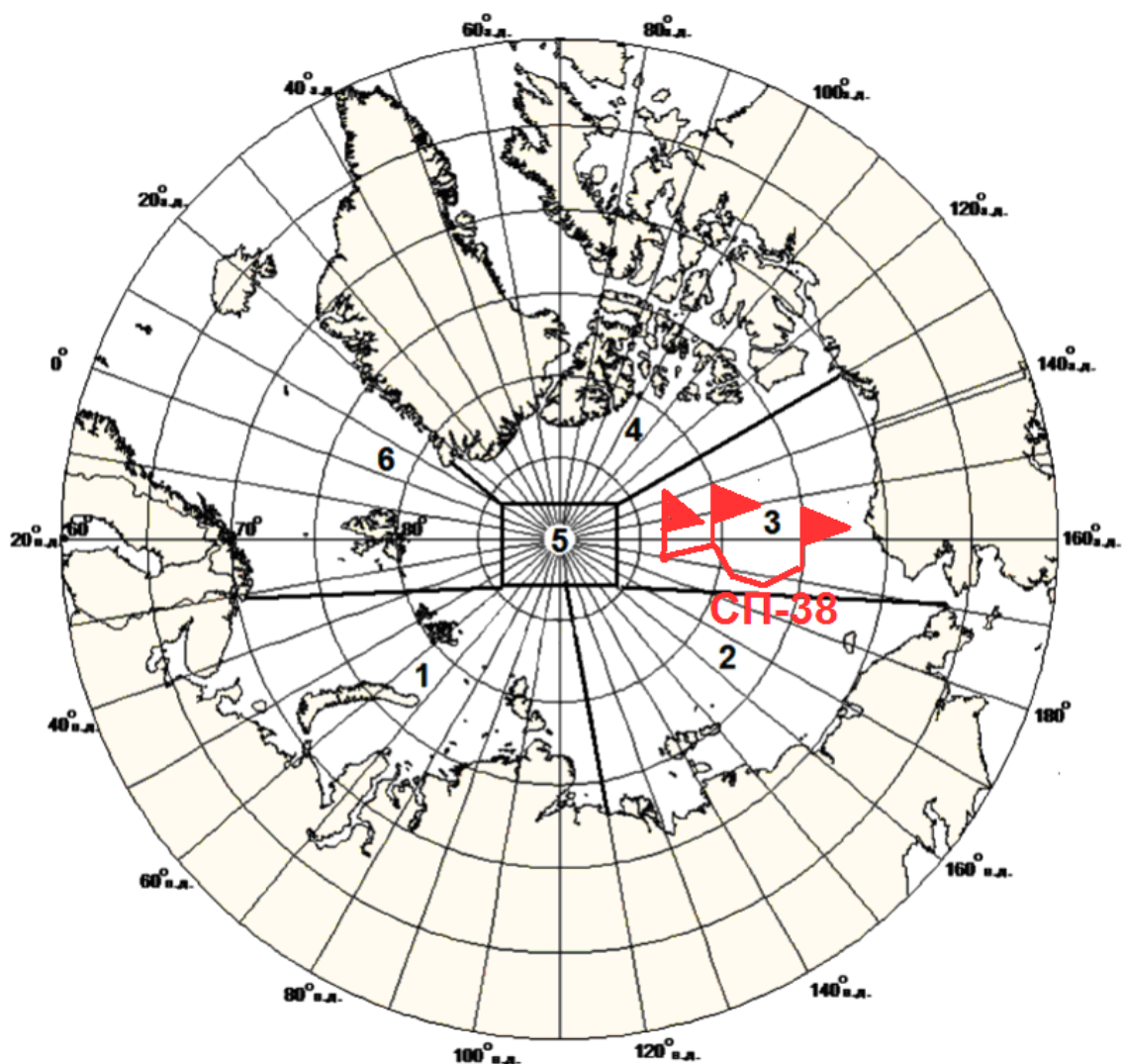


Рисунок 2.1 – Районы Северного Ледовитого океана и дрейф «СП-38» в апреле–июне 2011 года (1–западный район российского сектора; 2–восточный район российского сектора; 3– аляскинский сектор; 4 канадский сектор; 5–приполюсный район; 6– гренландский сектор)

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда была близка к среднесноголетней, что при позднем начале ледообразования осенью привело к пониженной толщине льда. Сформировавшиеся еще в первом квартале отрицательные аномалии толщины льда в Карском, Восточно–Сибирском и Чукотском морях сохранились и во втором квартале. Примечательно, что увеличение отрицательной аномалии (по абсолютной величине) наблюдалось с запада на восток, с $-5\dots-10$ см в Карском море до $-20\dots-30$ см в Восточно–Сибирском и Чукотском морях (рис. 2.2). Нарастание толщины льда в этих морях наблюдалось до середины мая.

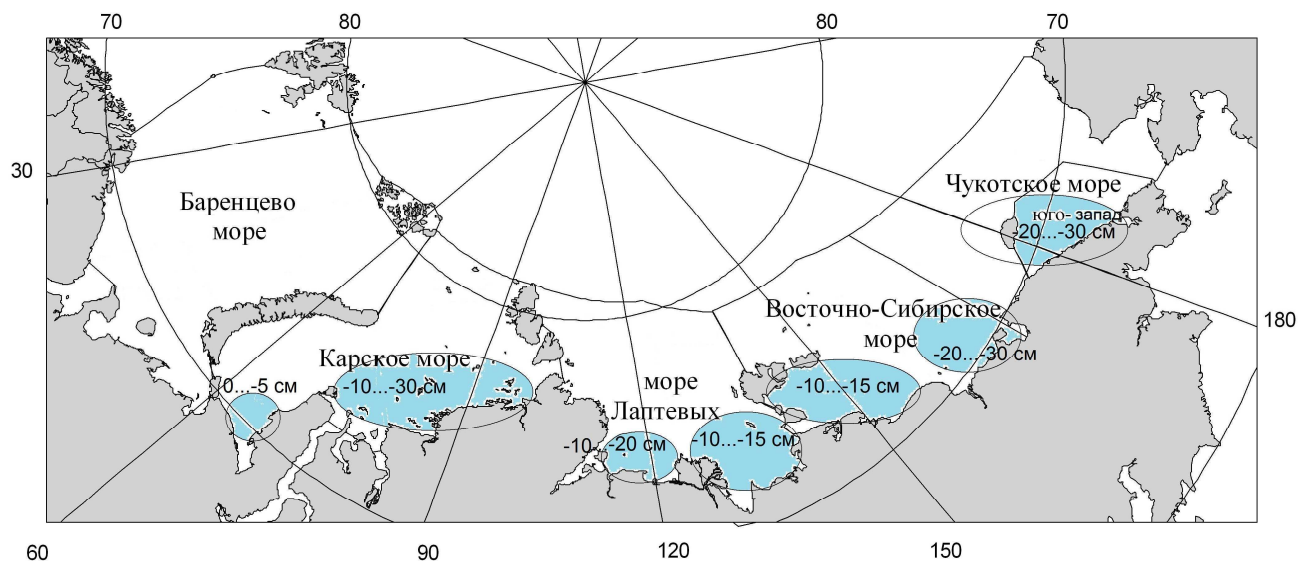


Рисунок 2.2 – Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2011 г. (конец мая)

Измерения морфометрических характеристик льда на дрейфующей станции «СП–38» показали, что интенсивность толщины нарастания льда в весенний период 2011 года в высоких широтах была близка к среднемноголетним значениям. Рост толщины льда наблюдался до первой декады июня. За период с конца марта по первую декаду июня увеличение толщины льда составило 20 см (со 174 см до 194 см). Увеличение толщины льда происходило в среднем по 3,0 см за декаду, что для этого периода близко к среднемноголетним значениям. Уже со второй декады июня увеличение толщины ледяного покрова прекратилось.

Высота снежного покрова в весенний период 2009 года оказалась меньше среднемноголетних значений. По данным измерений наибольшая высота снега на начало мая составила 25 см при характерной среднемноголетней высоте снега в этом районе составляющей около 40 см.

В середине второй декады июня началось уменьшение толщины льда и очень быстрое уменьшение высоты снежного покрова. Таким образом, сроком начала таяния ледяного покрова в западном районе российского сектора Арктики на широте 83°с.ш. и на долготе 170°з.д. можно считать середину июня. Ход изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямых измерений на полигоне «СП–38» приведены на рис. 2.3.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период апрель–июнь 2009 года приведены на рисунках 2.4–2.12.

Распределение льдов по возрасту и положение границы старых льдов сохраняло ряд специфических черт, сформировавшихся в осенне–зимний период. В западном районе



российского сектора Арктики (в Баренцевом и Карском морях) в течение апреля наблюдалось большое количество молодых льдов (до 30 см) и однолетних тонких льдов. Молодые льды наблюдались в прикромочной зоне Баренцева моря и в зонах заприпайных полыней в Карском море. В этих российских морях преобладали однолетние средние льды (диапазон толщин 70–120 см). В среднем в конце периода нарастания преобладающей формой льда здесь являются однолетние толстые льды. Преобладание однолетних средних льдов, вместо однолетних толстых, явилось следствием теплой зимы и более медленного нарастания толщины льда.

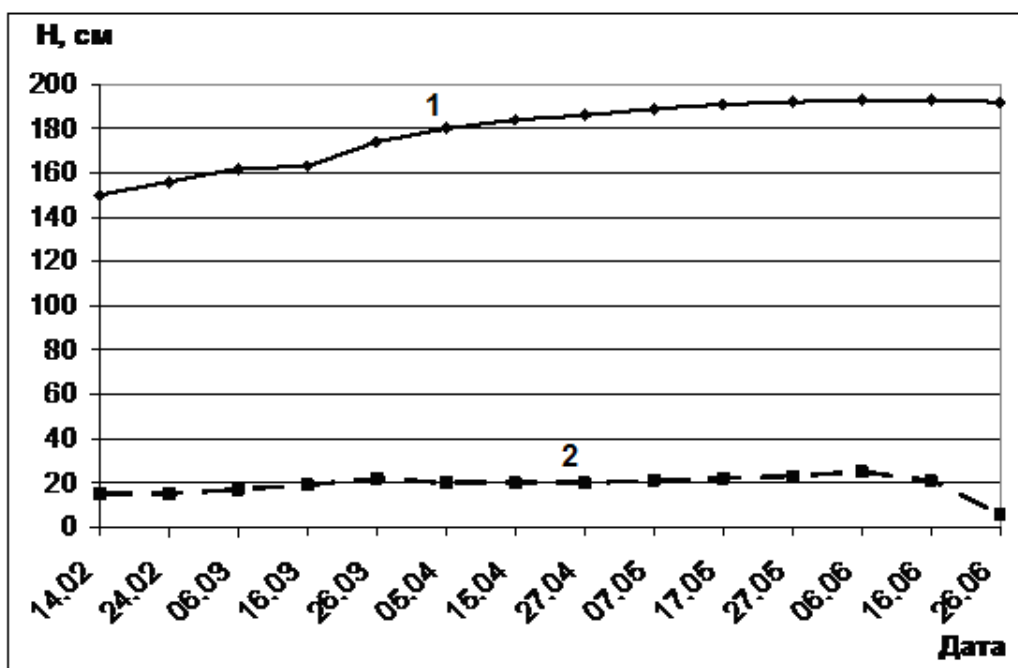


Рисунок 2.3 – Изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямых измерений на дрейфующей станции «СП–38»

В восточном районе российского сектора Арктики, в конце периода нарастания преобладали однолетние толстые льды. В этом районе дрейфующие льды перешли в стадию однолетних толстых льдов (градация толщины более 120 см) позже среднемноголетних сроков приблизительно на 1–2 декады.

Старые льды наблюдались только в канадском, гренландском секторах и приполюсном районе Арктики. Необходимо отметить, что практически не наблюдалось старых льдов в аляскинском секторе Арктики, района который является главным «поставщиком» старых льдов в моря российского сектора. Полностью отсутствовали старые льды в российских арктических морях. Только у северной границы морей Лаптевых и Восточно–Сибирского наблюдались протяженные узкие языки старых льдов (рисунок 2.5, 2.8, 2.1).

Развитие припая в российских арктических морях в течение весенних месяцев проходило с нормальной интенсивностью. Площадь припая значительно увеличилась, хотя оставалась меньше среднемноголетней. Во втором квартале сохранялась тенденция, наметившаяся в зимние месяцы 2011 г. – пониженная площадь припая и увеличенная площадь заприпайных полыней.

Площадь припая практически во всех морях была несколько меньше среднемноголетних значений. В середине мая суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 470 тыс. кв. км при норме 522 тыс. кв. км, или на 10 % меньше среднемноголетних значений (в первом квартале на 25 % меньше среднемноголетних значений).

Развитие заприпайных полыней в этих морях, наоборот превысило среднемноголетние значения. В середине мая, при среднемноголетней площади заприпайных полыней в 100 тыс. кв. км, наблюдаемое развитие полыней составило 132 тыс. кв. км, что 32 % больше среднемноголетних значений.

Крупные заприпайные полыньи наблюдались в морях западного района российского сектора Арктики. В результате выносного характера дрейфа в этих морях образовались огромные заприпайные зоны чистой воды, которые послужили очагами интенсивного теплонакопления (рисунок 2.11).

Результирующие поля среднемесячного дрейфа приведены на рисунках 2.6, 2.9, 2.12. Дрейф всего океанического ледяного массива хорошо прослеживается по характерным ледовым образованиям – «языкам» старых льдов у северной границы моря Лаптевых и море Бофорта (рисунки 2.6, 2.9, 2.12), а также по дрейфу станции «СП–38» (рисунок 2.13).

Дрейф станции «СП–38» был очень слабым и составил около 2,0 км в сутки в генеральном направлении на северо–запад, поскольку станция попала на периферию трансарктического потока (рисунок 2.13).

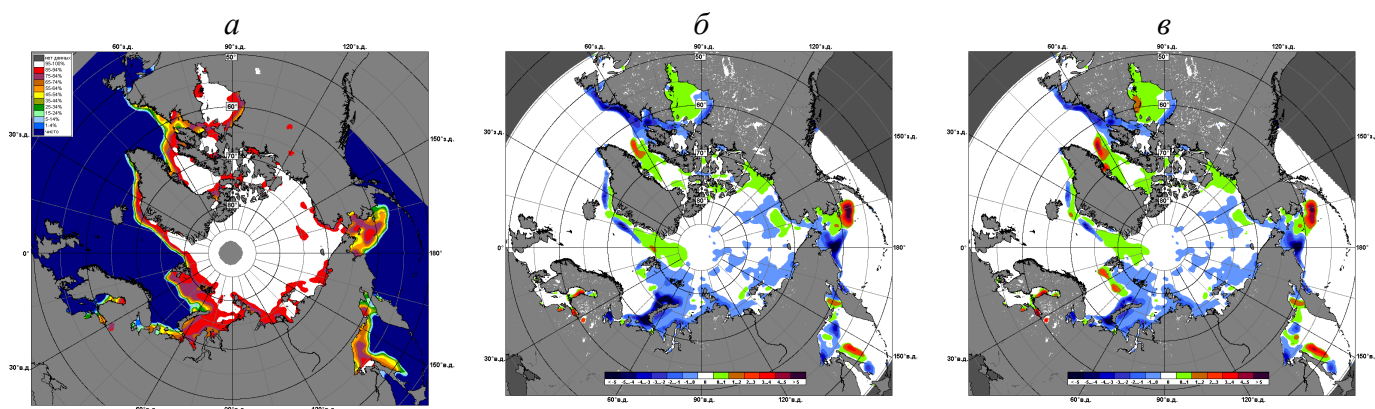


Рисунок 2.4 – Медианные распределения сплоченности льда в апреле 2011 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979–2011 (центр) и 2001–2011 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

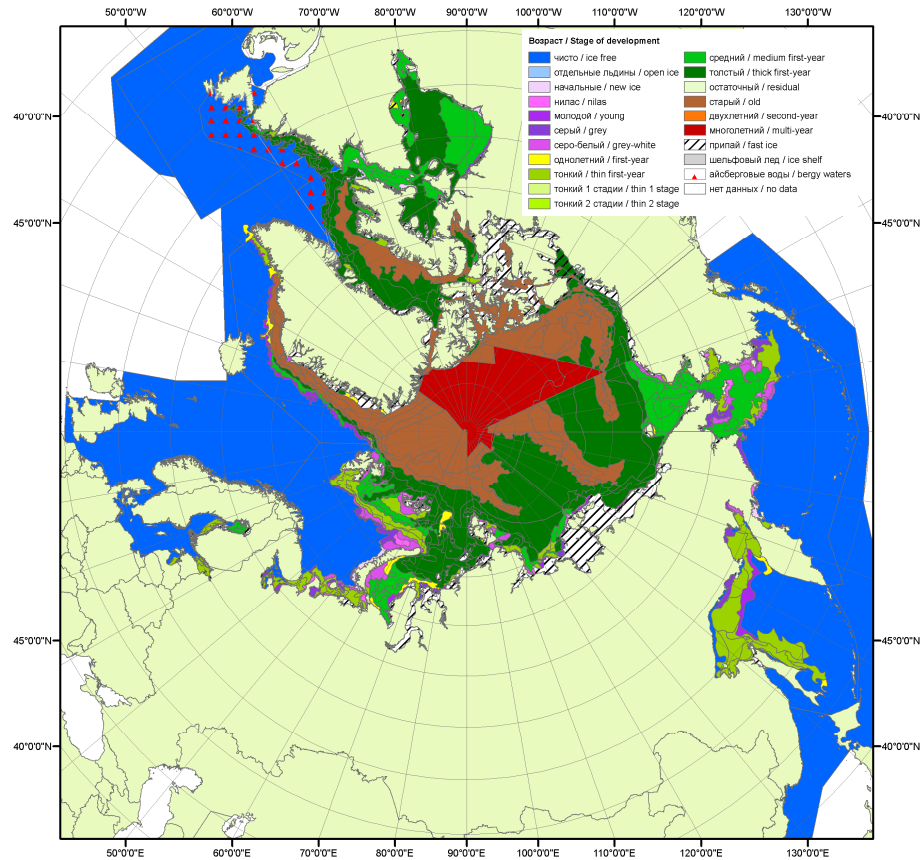


Рисунок 2.5 – Обзорная ледовая карта СЛО за 11–12.04.2011 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

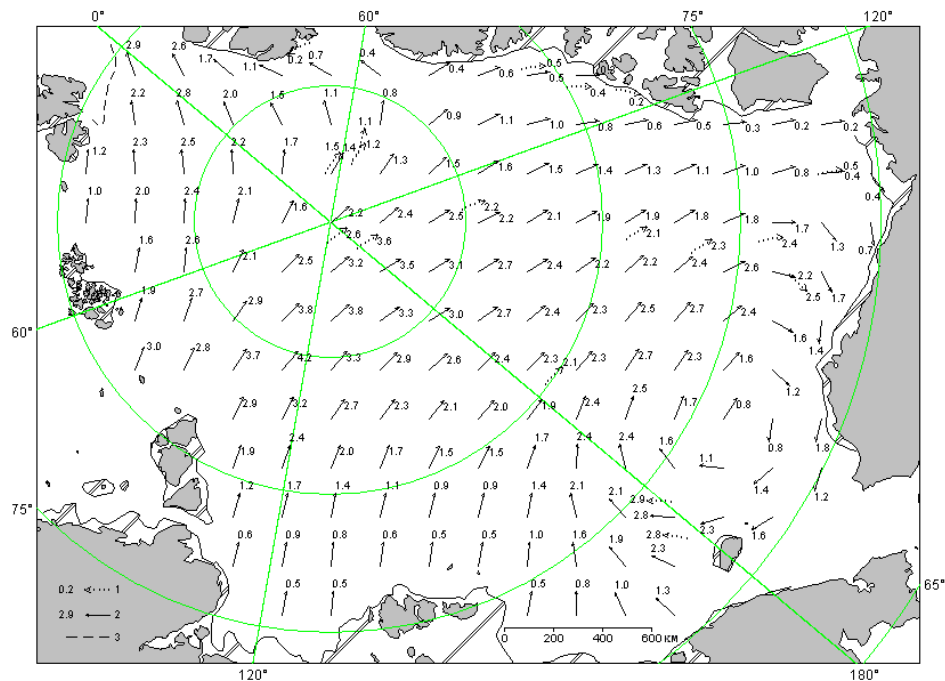


Рисунок 2.6 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2011 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (0,2 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда)

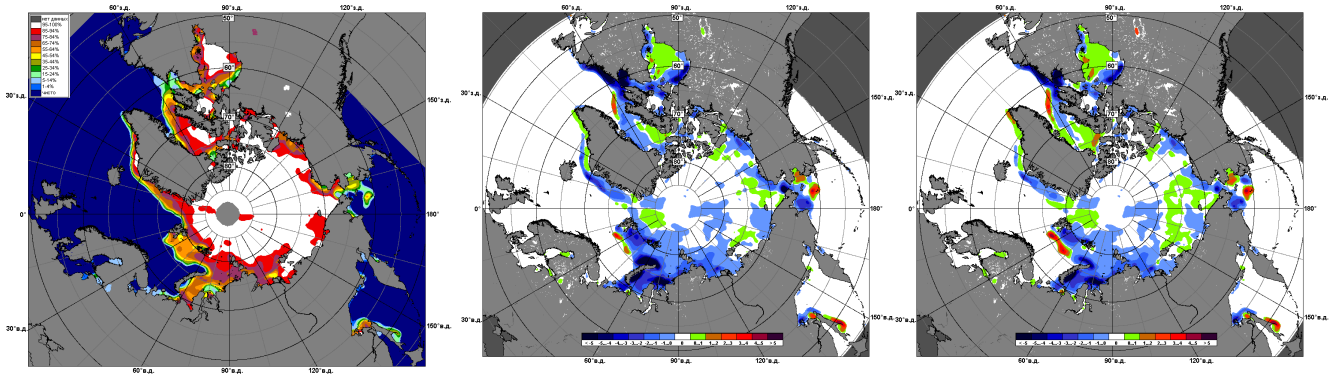


Рисунок 2.7 – Медианные распределения сплоченности льда в мае 2011 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979–2011 (центр) и 2001–2011 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

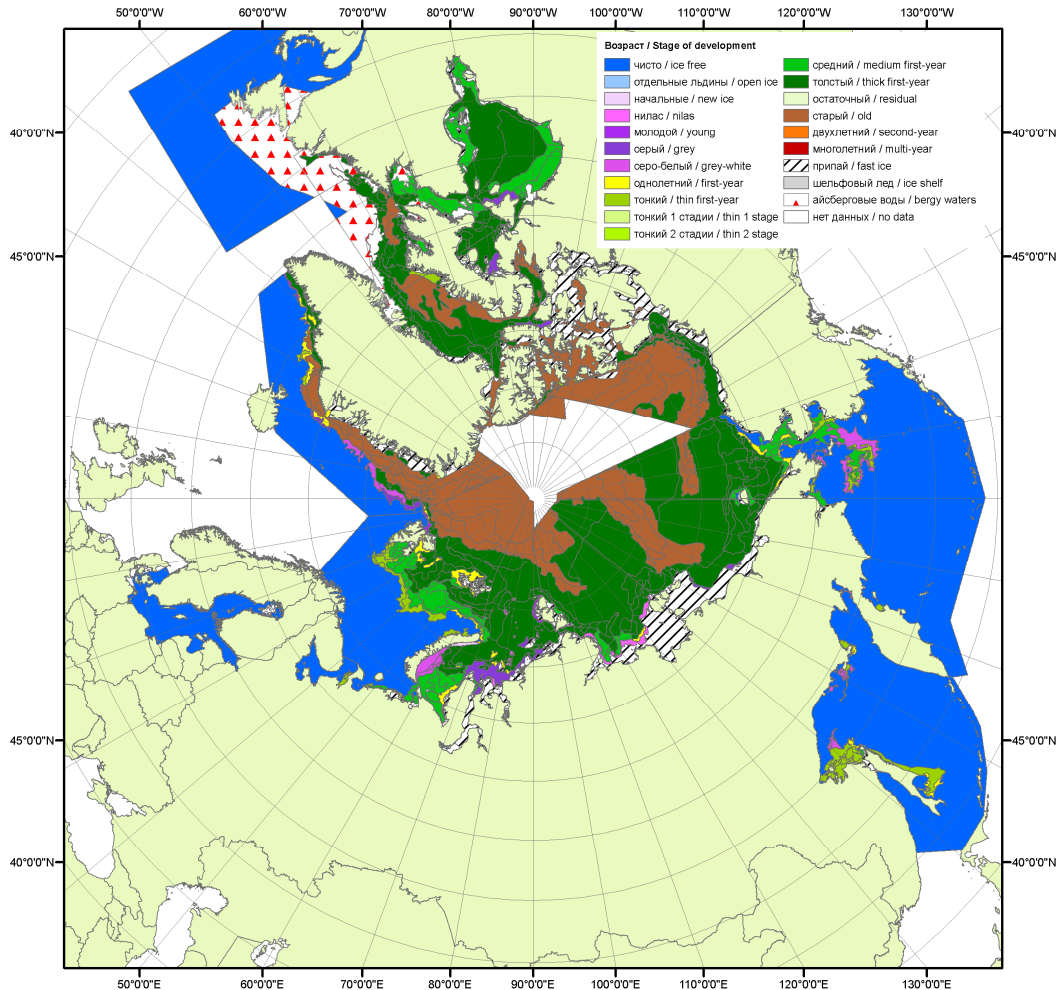


Рисунок 2.8 – Обзорная ледовая карта СЛО за 16–17.05.2011 г. на основе ледового анализа ААНИИ и Канадской ледовой службы

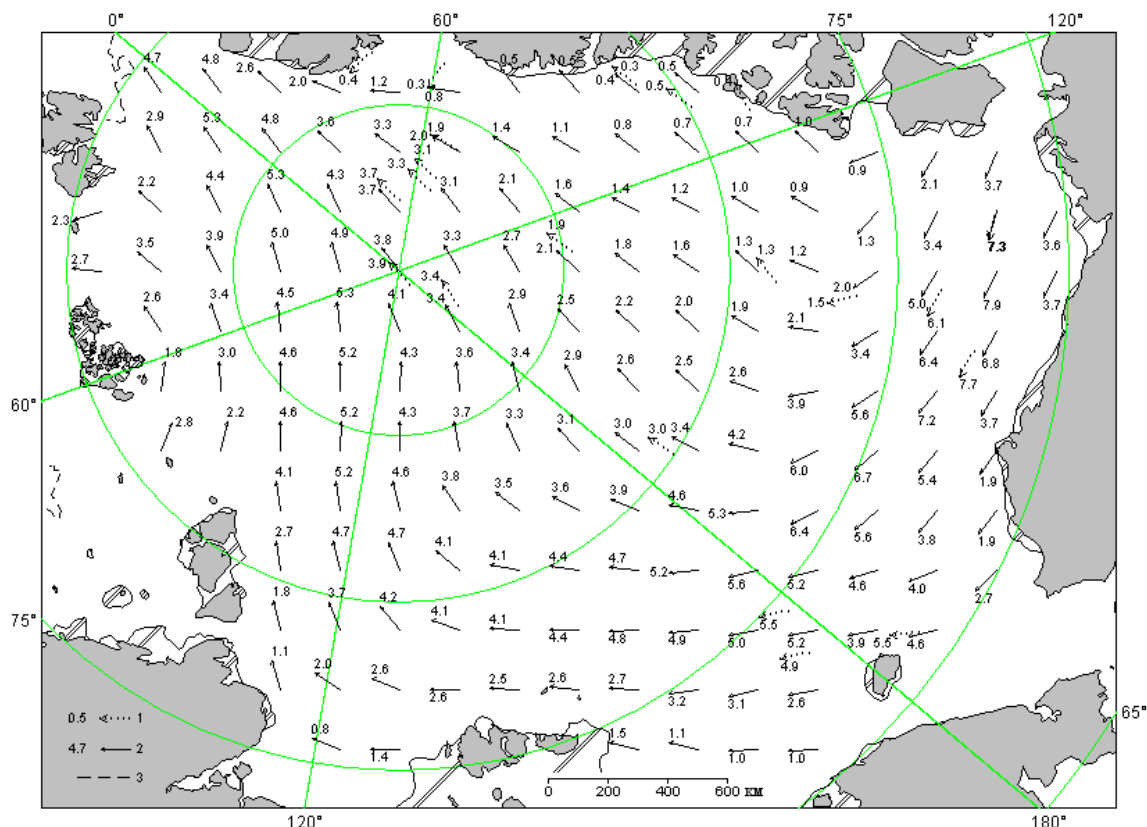


Рисунок 2.9 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2011 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (1,7 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда)

В конце мая, который считается периодом максимального развития ледяного покрова, в структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды, которые составляли около 60 % от общего количества льда. Около 40 % от общего количества льда составляли старые льды. Небольшое количество молодых льдов наблюдалось в прикромочных областях морей западного района российского и гренландского секторов Арктики (Баренцева и Гренландского) и заприпайных полыньях.

Однолетние льды занимали западный и восточный районы российского сектора Арктики и более половины аляскинского сектора. Старые льды наблюдались преимущественно в канадском, гренландском секторах Арктики и приполюсном районе. Принципиального изменения в распределении льдов во втором квартале 2011 г. по сравнению с первым кварталом 2011 г. не произошло.

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева, Карского и Лаптевых. Очищение в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом выносного характера из этих районов, постоянного наличия заприпайных полыней и последующего подключения тепловых процессов таяния и разрушения льда.

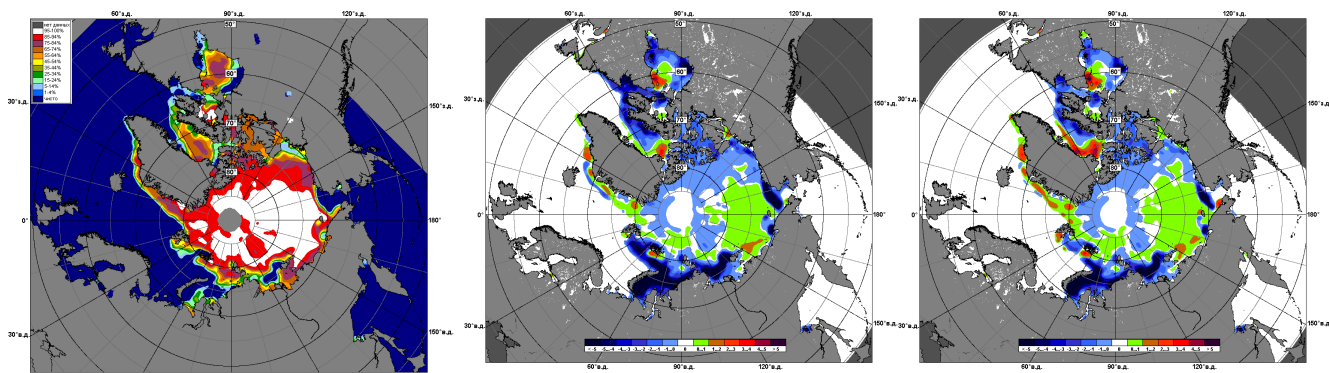


Рисунок 2.10 – Медианные распределения сплоченности льда в июне 2011 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979–2011 (центр) и 2001–2011 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

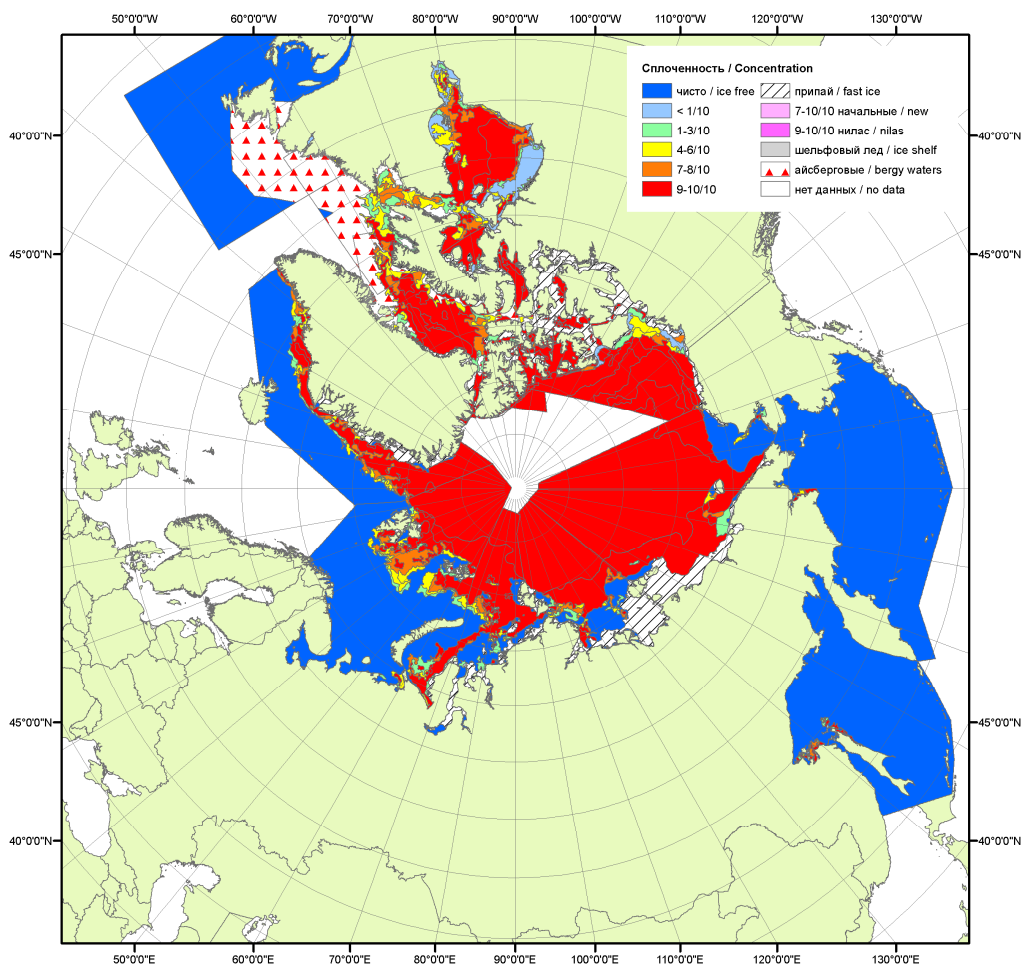


Рисунок 2.11 – Обзорная ледовая карта СЛО за 11–12.04.2011 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

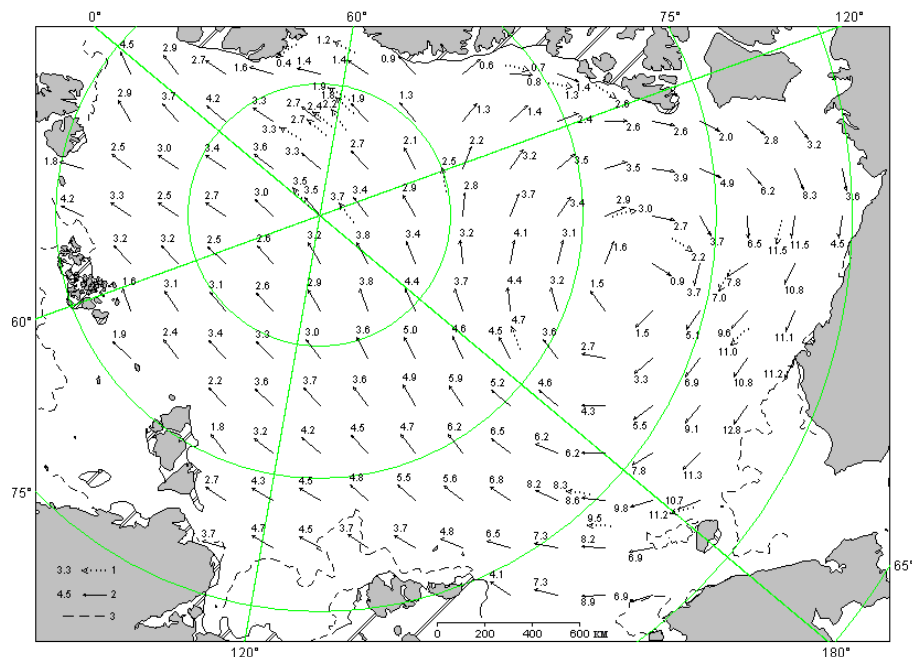


Рисунок 2.12 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2011 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (2,3 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда)

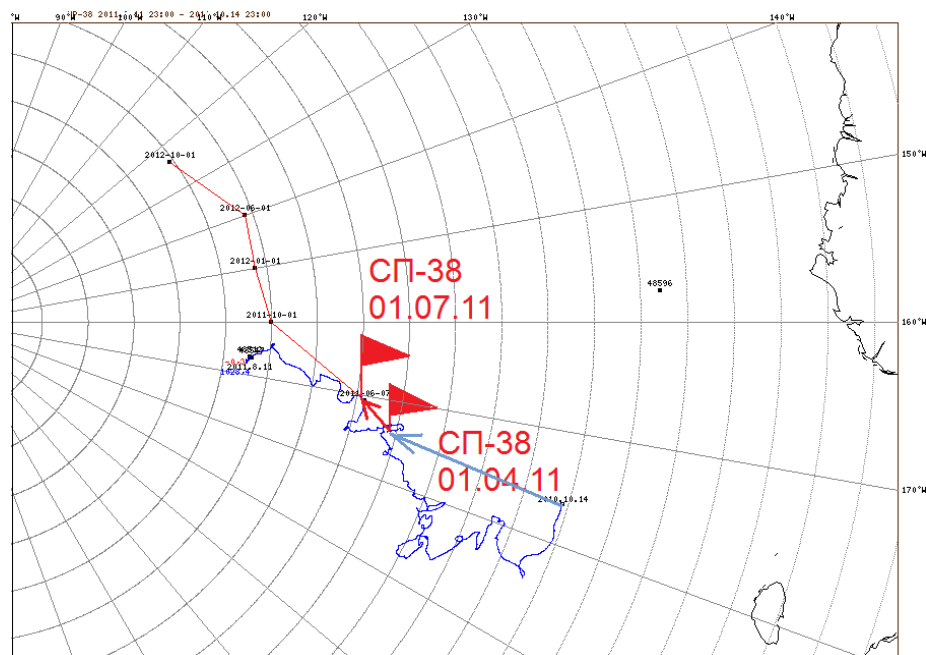


Рисунок 2.13 – Генеральный дрейф дрейфующей станции «СП-38» в апреле– июне

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ГУ «АНИИ», во втором квартале года оказалось в среднем за квартал на 6 % меньше среднегололетнего значения за счет малой ледовитости морей западного района российских секторов Арктики – Гренландского, Баренцева и Чукотского морей (рис. 2.14, табл. 2.1–2.4).



Таблица 2.1 – Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в январе – июне 2011 года и её аномалии от 2010 г. и интервалов 2001–2011 гг. и 1979–2011 гг. по данным наблюдений SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

Месяц	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2010 гг.	от 2001–2011 гг.	от 1979–2011 гг.
январь	13483,7	-327,2	-532,4	-1128,4
февраль	14417,9	-214,9	-454,5	-1025,0
март	14520,2	-592,5	-537,4	-1049,0
апрель	14197,6	-416,8	-149,3	-644,3
май	12725,5	-306,5	-338,7	-747,9
июнь	10865,8	-11,7	-521,9	-1060,8

Таблица 2.2 – Медианные значения ледовитости в секторе 45°W–95°E (Гренландское – Карское моря) в январе – июне 2011 года и её аномалии от 2010 г. и интервалов 2001–2011 гг. и 1979–2011 гг. по данным наблюдений SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

Месяц	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2010 гг.	от 2001–2011 гг.	от 1979–2011 гг.
январь	3442,3	169,4	166,9	-148,8
февраль	3551,8	-22,9	91,1	-197,2
март	3527,9	-199,2	-56,8	-262,3
апрель	3414,1	-187,4	-55,5	-311,1
май	3140,1	74,7	-47,5	-293,6
июнь	2509,8	-82,9	-328,0	-571,7

Таблица 2.3 – Медианные значения ледовитости в секторе 95°E–170°W (моря Лаптевых, Чукотское и Берингово, Охотское) в январе–июне 2011 года и её аномалии от 2010 г. и интервалов 2001–2011 гг. и 1979–2011 гг. по данным наблюдений SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

Месяц	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2010 гг.	от 2001–2011 гг.	от 1979–2011 гг.
январь	4195,1	-252,4	-330,2	-390,9
февраль	4640,9	-233,6	-285,4	-329,6
март	4655,5	-392,6	-269,4	-377,3
апрель	4471,6	-274,6	-67,9	-165,8
май	3711,1	-255,2	-165,7	-214,7
июнь	3261,1	-111,4	-142,7	-198,2

Таблица 2.4 – Медианные значения ледовитости в секторе 170°W–45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) в январе–июне 2011 года и её аномалии от 2010 г. и интервалов 2001–2011 гг. и 1979–2011 гг. по данным наблюдений SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

Месяц	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2010 гг.	от 2001–2011 гг.	от 1979–2011 гг.
январь	5837,9	-228,7	-376,1	-597,8
февраль	6152,5	-78,1	-332,9	-575,7
март	6367,4	-1,2	-186,8	-388,6
апрель	6289,2	-31,5	-58,0	-185,9
май	5895	-105,3	-101,5	-215,8
июнь	5105,3	193,6	-37,4	-279,4

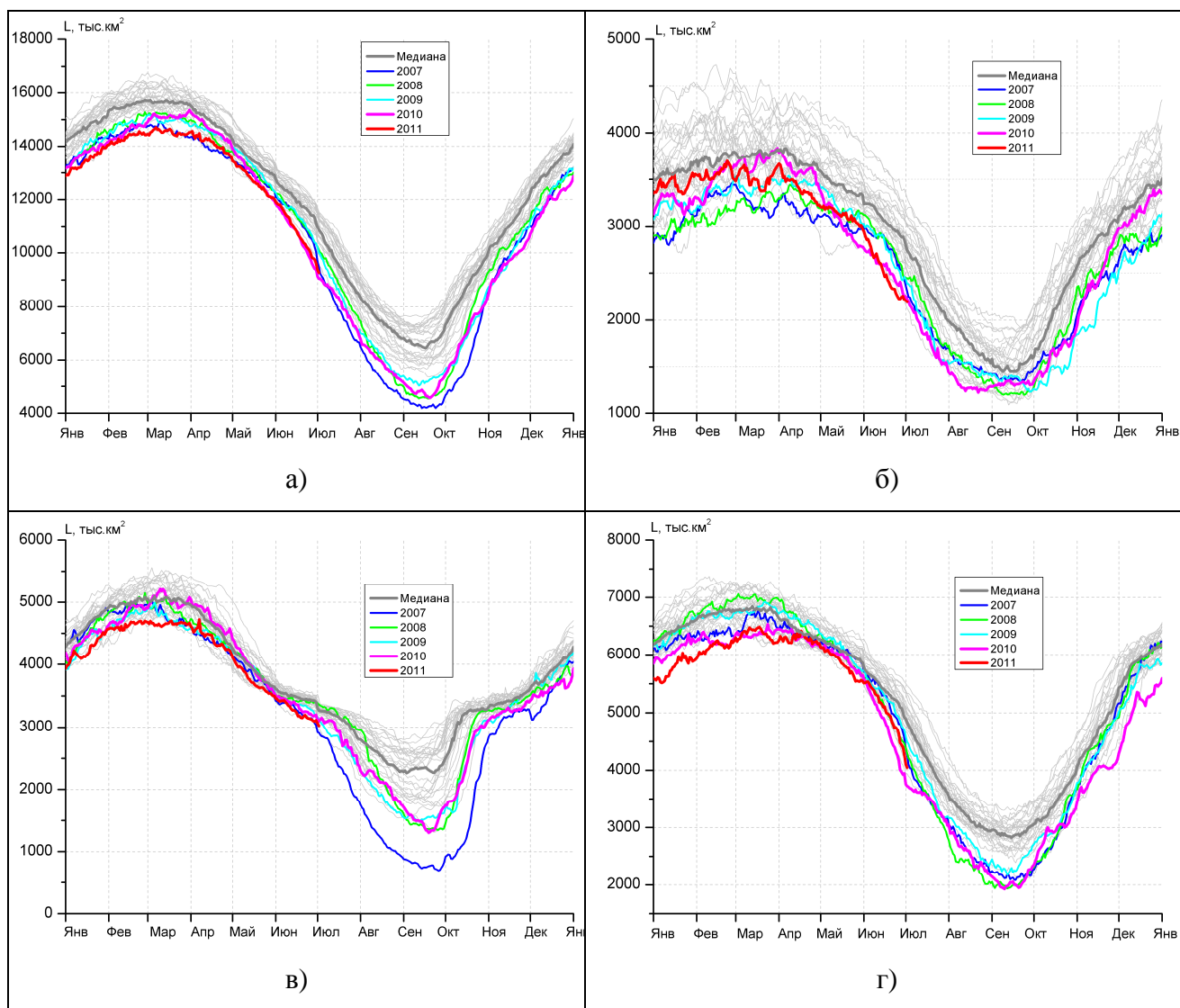


Рисунок 2.14 – Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) – для Северной полярной области и меридиональных секторов б) – 45°W – 95°E (Гренландское – Карское моря), в) – 95°E – 170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) – 170°W – 45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период с 26.10.1978 по 30.06.2011 по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

2.2 Ледовые процессы в устьевых участках рек за период апрель–июнь

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 в январе и феврале. В апреле на устьевых участках рек Обь и Таз наблюдалось таяние льда, а на устьевом участке реки Енисей – продолжалось его медленное нарастание.

В таблице 2.5 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель.

Таблица 2.5 – Толщина льда на конец апреля

Река–пункт	31 января	28 февраля	31 марта	30 апреля	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	91	18	94	3	98	4	95 (15 апр)	–3
Таз–Тазовское	88	15	107	19	110	3	89	–21
Енисей–Игарка	64	6	66	2	68	2	75 (25 апр)	7
Енисей–Дудинка	99	34	126	27	143	17	154 (25 апр)	11
Енисей – Караул	91	29	108	17	112	4	113	1

В таблице 2.6 приведены аномалии толщин льда в апреле, т. е. в период близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.6 – Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2011г.	Средняя*	Аномалия
Обь	Салехард	95 (15 апр)	102 (15 апр)	–7
Таз	Тазовское	89	140	–51
Енисей	Игарка	75	99 (25 апр)	–24
	Дудинка	154	130 (25 апр)	+24
	Караул	113	139	–26

* средние толщины льда подсчитаны за период с начала наблюдений по 2007 г.

На устьевых участках рек бассейна Карского моря толщина льда в апреле оказалась меньше средних многолетних величин (до 51 см в Тазовском), за исключением толщины льда в Дудинке, где она наблюдалась на 24 см больше нормы.



В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась от 21 до 50 см.

Признаком разрушения льда весной является образование закраин. В 2011 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря закраины появились в период от третьей декады апреля до начала первой декады мая.

В таблице 2.7 приведены сроки начала весеннего ледохода и очищения ото льда, а также их аномалии по отношению к средним многолетним датам.

Таблица 2.7 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2011г.	Средняя	Аномалия, сутки	2011г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	13.05	27.05	-14	20.05	1.06	-12
Таз	Тазовское	25.05	13.06	-19	26.05	15.06	-20
Енисей	Игарка	5.05	30.05	-25	23.05	8.06	-16
	Дудинка	26.05	5.06	-10	1.06	11.06	-10
	Караул	31.05	10.06	-10	5.06	16.06	-11

Первая подвижка льда на устьевом участке реки Енисей наблюдалась на 3–22 дня раньше средних многолетних сроков. На устьевом участке реки Таз подвижка льда отмечена на 12 дней позже нормы.

На устьевом участке реки Енисей наблюдателями отмечены заторы льда: ниже поста Игарка – 6 мая; выше и ниже поста Игарка с 9 по 11 мая.

На устьевых участках рек Обь, Таз, Енисей весенний ледоход начался на 10–25 дней раньше нормы. Продолжительность весеннего ледохода на устьевых участках рек составила от 1 дня на устьевом участке реки Таз до 18 дней в районе Игарки на реке Енисей.

Очищение ото льда устьевых участков рек бассейна Карского моря произошло на 10–20 дней раньше средних многолетних сроков.

Процесс вскрытия устьевых взморий рек, впадающих Карское море, охарактеризован на основе анализа данных наблюдений стационарной сети. На устьевом взморье реки Обь в настоящее время работает одна полярная станция – бухта Новый Порт. На устьевом взморье реки Енисей работает тоже одна полярная станция – Сопочная Карга. В таблице 2.8 приведены сроки взлома припая и очищения ото льда, наблюденные на полярных станциях.

Таким образом, взлом припая и очищение ото льда устьевых взморий рек Обь и Енисей наблюдались на 8–20 дней раньше средних многолетних сроков.



Таблица 2.8 – Сроки вскрытия в 2011 г. устьевых взморий рек бассейна Карского моря по данным стационарной сети

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2011 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	7.06	21.06	-14
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	11.06	1.07	-20
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	11.06	19.06	-8
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	14.06	24.06	-10

Море Лаптевых

В таблице 2.9 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель.

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых наблюдалось в январе. В апреле почти во всех пунктах лед продолжал нарастать. Исключение составляют район Юбилейной на реке Яна, где толщина льда уменьшилась на 2 см, и район Хатанги на реке Хатанга, где толщина льда не изменилась.

Таблица 2.9 – Интенсивность нарастания толщины льда от месяца к месяцу в 2011 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	120	21	138	18	148	10	148	0
Оленек–Тюмети	78	1	92	14	105	13	116	11
Оленек–Усть–Оленек	129	25	142	13	153	11	154	1
Лена–Кюсюр	102	20	115	13	127	12	133	6
Лена–Хабарово	166	43	198	32	209	11	220	11
Яна–Юбилейная	96	19	109	13	118	9	116	-2

В таблице 2.10 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, т.е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда.



Толщина льда в конце апреля на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых повсеместно наблюдалась меньше нормы.

В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась различная (от 0–5 см на реке Лена в районе Хабарово до 36–50 см в пунктах Усть–Оленек на реке Оленек и Юбилейная на реке Яна).

Таблица 2.10 – Толщины льда на конец апреля

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2011г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	148	149	–1
Оленек	Тюмети	116	137	–21
	Усть–Оленек	154	192	–38
Лена	Кюсюр	133	176	–43
	Хабарово	220	226	–6
Яна	Юбилейная	116	153	–37

В таблице 2.11 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Оленек, Лена и Яна и их аномалии по отношению к средним многолетним.

В 2011 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых закраины появились в третьей декаде мая.

На устьевых участках рек Хатанга, Анабар, Оленек и Лена весенний ледоход начался на 6–14 дней раньше средних многолетних сроков. На устьевом участке реки Яна начало ледохода отмечено в сроки близкие к норме.

Процесс вскрытия на устьевых участках рек Оленек, Лена и Яна сопровождался образованием заторов.

Продолжительность весеннего ледохода на устьевом участке реки Оленек – 3–10 дней, на устьевом участке реки Лена – 9–12 дней, на устьевом участке реки Яна – 6 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек Анабар, Оленек и Лена произошло на 4–13 дней раньше средних многолетних сроков. На устьевом участке реки Яна сроки очищения ото льда близки к норме.



Таблица 2.11 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2011 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2011 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	29.05	12.06	-14	4.06	17.06	-13
Оленек	Тюмети	24.05	3.06	-10	3.06	13.06	-10
	Усть-Оленек	5.06	18.06	-13	8.06	21.06	-13
Лена	Кюсюр	26.05	1.06	-6	7.06	11.06	-4
	Хабарово	30.05	8.06	-9	8.06	15.06	-7
Яна	Юбилейная	1.06	30.05	+2	7.06	6.06	+1

Восточно-Сибирского море

В таблице 2.12 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель 2011 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.12 – Интенсивность нарастания толщины льда от месяца к месяцу в 2011 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	89	29	105	16	118	13	121	3
Колыма-Колымская	97	-	106	9	107	1	106	-1

В таблице 2.13 приведены толщины льда и их аномалии на конец апреля, т.е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Толщины льда в конце апреля 2011 г. на устьевых участках рек Индигирка и Колыма в районе Колымской наблюдались меньше нормы.

Таблица 2.13 – Толщины льда на конец апреля

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2011г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	121	169	-48
Колыма	Колымская	106	140	-34



В таблице 2.14 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек бассейна Восточно–Сибирского моря Индигирка и Колыма.

Весной 2011 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря закраины появились в конце мая – начале июня.

Весенний ледоход начался на 2–8 дней позже нормы. Продолжительность весеннего ледохода на устьевом участке реки Индигирка составила 1 день, а на устьевом участке реки Колыма – 3 дня.

На реке Колыма в районе Колымского с 26 мая по 5 июня наблюдателем отмечен затор льда.

Очищение ото льда устьевого участка реки Индигирка произошло в средние многолетние сроки, а реки Колыма в районе Колымского – на 6 дней позже нормы.

Таблица 2.14 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2011 год	Средняя	Аномалия, сутки	2011 год	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	9.06	7.06	+2	10.06	10.06	0
Колыма	Колымское	7.06	30.05	+8	10.06	4.06	+6
Колыма	Черский	7.06	3.06	+4	11.06	9.06	+2



3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в апреле–июне 2011 г.

3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне и арктических морях

Во втором квартале 2011 г. оперативная информация о термохалинном состоянии вод Северного Ледовитого океана продолжала поступать из трех основных источников: с российской дрейфующей станции «Северный Полюс 38» (СП–38), с автономных дрейфующих ИТР (Ice–Tethered Profiler) буев, а также в рамках выполнения программы исследований по проекту ПАЛЭКС института Океанологии РАН им. П.П. Ширшова (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Сведения о наблюдениях во втором квартале 2011 г., загруженных в базу данных термохалинных характеристик отдела океанологии ГУ «АНИИ»

№ п/п	Экспедиция, судно, измерительная платформа	Период		Количество станций
		Начало	Конец	
1	СП–38	01.04.2010	31.06.2010	59
2	ИТР*–41	01.01.2010	31.03.2010	116
3	ИТР*–42	01.01.2010	31.03.2010	39
4	ИТР*–47	01.01.2010	31.03.2010	200
5	ПАЛЭКС	01.01.2010	31.03.2010	18
Всего				432
<i>* Примечание: данные буев ИТР, доступные с сайта Океанографического института в Вудсхоле, США (http://www.whoi.edu/itp)</i>				

В рассматриваемый период времени в глубоководной части Амеразийского суббассейна дрейфовало в общей сложности 4 работающих ИТР буй, оснащенных профилографами, с помощью которых обеспечивалось непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760–метрового слоя вод. При этом все буи (с номерами 33, 41, 42 и 43) были сосредоточены в центральной области канадской глубоководной котловины. Положение всех выполненных океанографических станций, использованных в рамках настоящего обзора, показано на рис. 3.1.

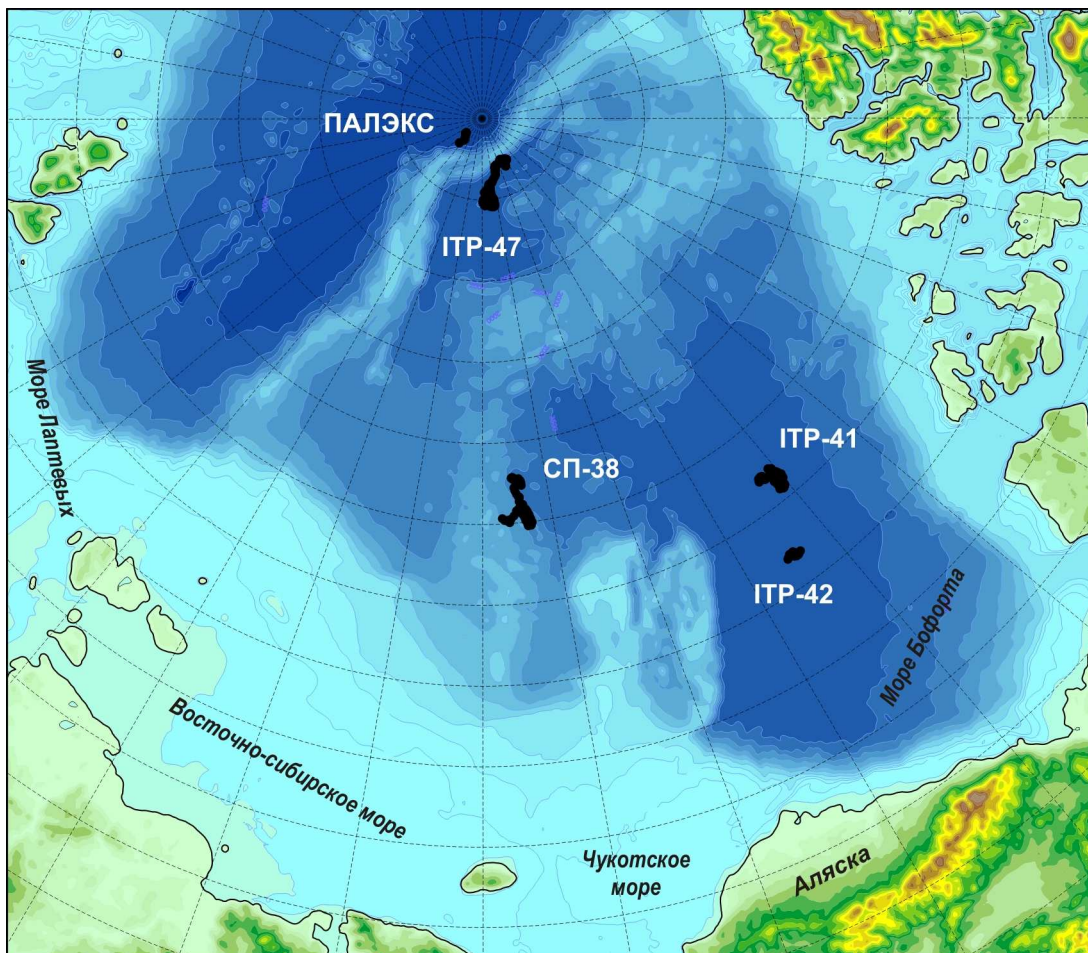


Рисунок 3.1 – Положение океанографических станций, выполненных во втором квартале 2011 г. и занесенных в БД отдела океанологии ГУ «АНИИ»

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры по данным наблюдений в первом квартале 2011 г. был осуществлен расчет основных статистических характеристик (среднее, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения) вертикальных профилей температуры и солёности. При этом было проведено предварительное объединение исходных данных по географическому признаку. В качестве таких географических зон использовались: 1) район дрейфа станции СП–38 в южной части хребта Менделеева; 2) район дрейфа ИТР буя № 41 для описания вертикальной структуры центральной части Амеразийского суббассейна в области ядра круговорота Бофорта; 3) район дрейфа ИТР буя № 47 в приполюсном районе и 4) станции, также выполненные в приполюсном районе во время работы экспедиции ПАЛЭКС. Сравнительный анализ выполнялся путем сопоставления вертикальных профилей основных статистических характеристик температуры и солёности, полученных для каждой из выделенных групп, с аналогами, определяемыми на стандартных горизонтах за весь исторический



период наблюдений до 2003 г. в пределах полосы шириной 100 км в стороны от группы выбранных станций.

Вертикальная структура вод в районе южной части хребта Менделеева

Поверхностный слой

Толщина поверхностного однородного слоя со значениями солёности от 29,9 до 30,3 ‰, при среднем значении около 30,15 ‰ составляет около 35–40 метров. Значения солёности показывают распределение слоя на величину порядка 0,6 ‰ по сравнению с климатической нормой для рассматриваемого района, определенной за период до 2003 года (рис. 3.2). При этом среднее значение наблюдаемой солёности выходит за пределы стандартного отклонения зимней климатической солёности, составляющей около 0,5 ‰. Определение аномалии глубины нижней границы верхнего квазиоднородного слоя не представляется возможным в связи с недостаточно высокой дискретностью данных исторических наблюдений. Термический режим поверхностного слоя в результате присутствия ледяного покрова поддерживается на уровне температуры замерзания при данной солёности, изменяясь в небольших пределах.

Слой тихоокеанских вод

В районе дрейфа станции СП–38 слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), расположенный под верхним квазиоднородным слоем, выражен слабо. Максимальная температура слоя не превышает значений $-1,5$ °С. В сравнение с историческим периодом температура слоя ЛТВ во втором квартале 2011 г. была ниже среднеклиматических значений на $0,2$ °С, а ядро ЛТВ располагалось на глубине 50 м против 80 м за исторический период. Слой зимних тихоокеанских вод не претерпел каких-либо существенных изменений по сравнению с историческими данными.

Атлантическая водная масса

Под слоем ЛТВ, от глубины примерно 120 метров наблюдается постепенный рост температуры воды, обусловленный присутствием атлантической водной (АВ) массы, отличающейся высокими значениями температуры и солёности. Характерной чертой этого слоя является устойчивый рост температуры, который наблюдается в течение последних нескольких лет. Положительные аномалии температуры в районе прохождения дрейфующей станции по сравнению с историческими наблюдениями начинаются уже с самой верхней границы термоклина, достигая максимума в ядре АВ на глубинах 350–450 метров, где значения температур $+0,95$ $+1,05$ °С на $0,5$ °С превышают климатическую норму. Верхняя граница АВ, условно определяемая по изотерме 0 °С, расположена на глубине примерно 200–220 метров, что на 50–60 м

ближе к поверхности по сравнению с климатической границей. В области верхнего термоклина над ядром АВ положительные аномалии температуры сопровождаются аномалиями того же знака по солености величиной до 0,3–0,4 ‰, хотя глубже 350 метров аномалия практически не наблюдается (рис. 3.2). Следует отметить, что отсутствие аномалий солености в ядре АВ позволяет предполагать отсутствие реальных аномалий солености. В этом случае повышение солености в слое термоклина может быть связано с вертикальной миграцией АВ в целом и перемещением галоклина ближе к поверхности, что и проявляется в виде увеличения солености на фиксированном горизонте.

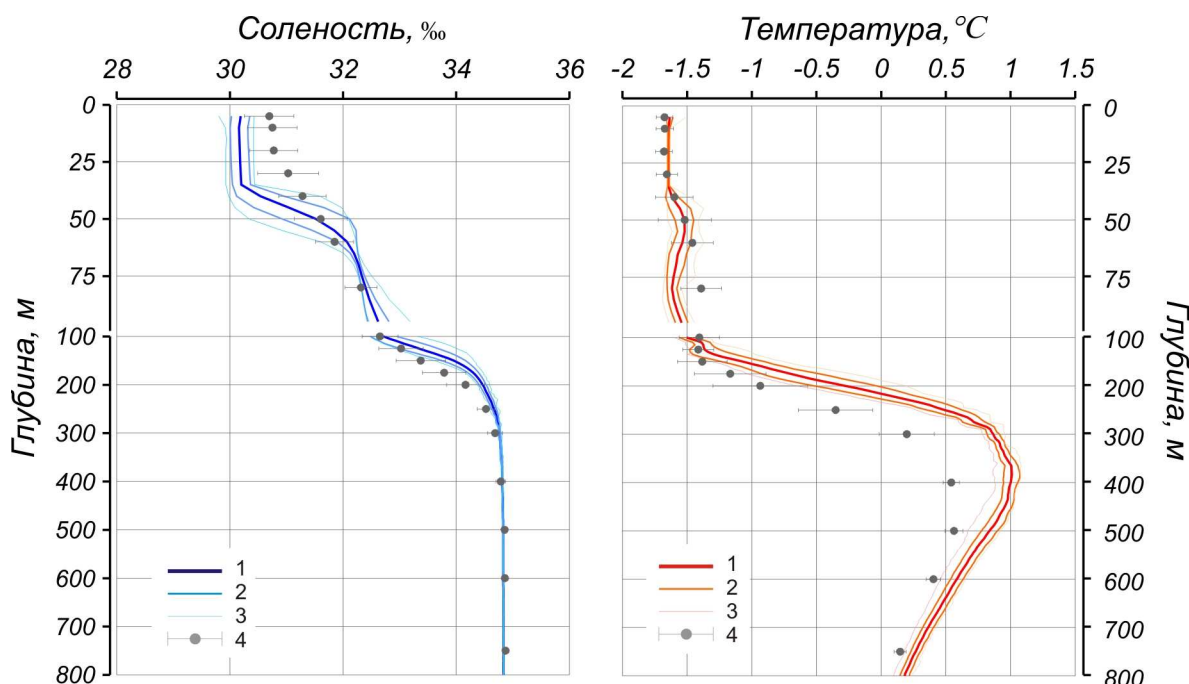


Рисунок 3.2 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений в районе хребта Менделеева по данным СП–38 за второй квартал 2011 г. (1 – профиль средних значений, 2 – область стандартного отклонения, 3 – минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 – средние климатические значения и стандартные отклонения соответствующих характеристик по историческим данным базы океанографических данных СЛЮ отдела океанологии ГУ «АНИИ» до 2003 г.)

Вертикальная структура вод центральной части Американо-Азиатского суббассейна

Поверхностный слой

В центральной части круговорота Бофорта верхний квазиоднородный поверхностный слой имеет толщину около 30 метров (рис. 3.3). Его соленость, наблюдаемая на уровне 28 ‰, на 2,5 ‰ меньше климатического значения, что составляет около 5 стандартных отклонений, рассчитанных по историческому ряду наблюдений для этого района.

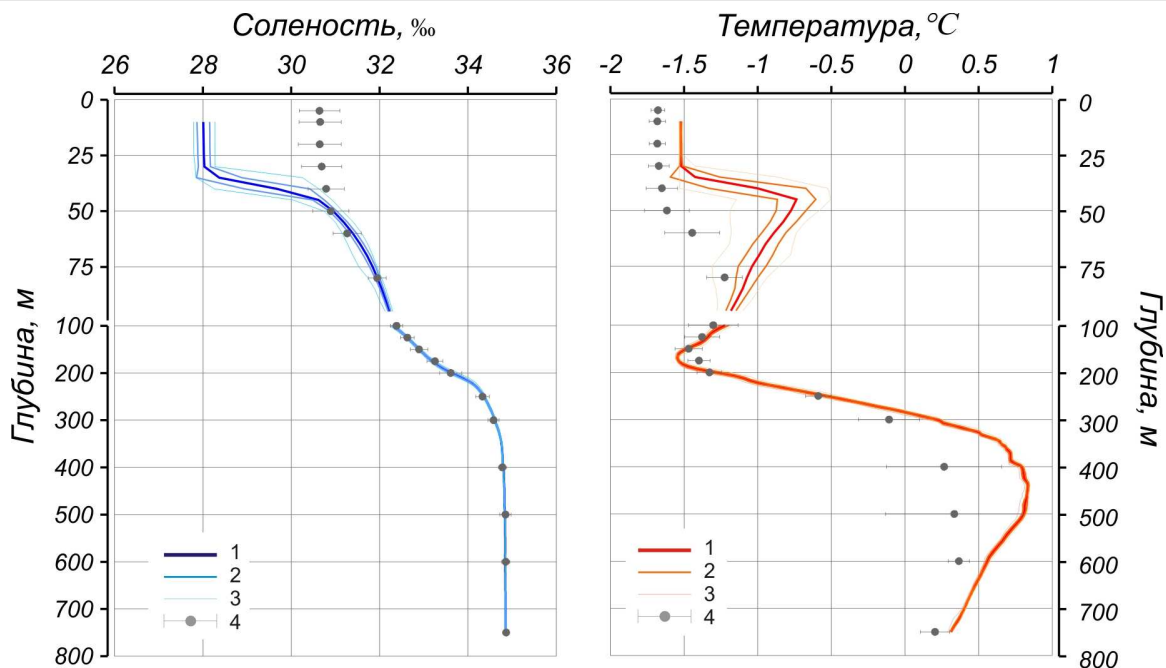


Рисунок 3.3 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений в Канадской котловине во втором квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис. 3.2)

Тихоокеанские воды

Ниже поверхностных вод в Амеразийском секторе Арктического бассейна располагается слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), поступающих на шельф Чукотского моря через Берингов пролив в летний период. Толщина данного слоя по данным наблюдений во втором квартале 2011 г. значительно превысила климатическую норму (80 вместо 50 м). Максимальная температура была выше климатических значений на 1 °С. При этом, как и в районе южной части хребта Менделеева, ядро ЛТВ располагалось на глубине 45 метров, тогда как по историческим данным глубина положения ядра никогда не превышала 60–75 метров для рассматриваемого района.

Температура ядра зимних тихоокеанских вод была незначительно (на 0,1 °С) ниже климатической нормы. Вертикальное распределение солености в слое летних и зимних тихоокеанских вод за 2 квартал 2011 г. полностью соответствует климатическому среднему.

Отмеченное аномально теплое состояние слоя тихоокеанских вод не имеет аналогов в истории наблюдений и связано, по всей видимости, с совместным эффектом повышенных температур ЛТВ в момент их поступления в СЛО через Берингов пролив и высокой плотностной стратификации за счет распреснения поверхностного слоя.

Атлантическая водная масса

В слое атлантической водной массы наблюдается положительная аномалия температуры. При значении температуры в ядре АВ около 0,8 °С значение аномалии на глубине 450 м достигает



0,5 °С по сравнению с температурой ядра на глубине 500–600 метров. Однако полученная аномалия лишь незначительно выходит за рамки стандартного отклонения климатических температур в ядре. Вертикальное распределение солености в слое АВ находится в пределах стандартного отклонения, полученного по климатическим данным. Характерно что, в отличие от Евразийского суббассейна, несмотря на положительную аномалию температуры, верхняя граница слоя АВ, расположенная на глубине 290 м, лишь незначительно выше этой глубины по историческим данным.

Вертикальная структура вод приполюсного района

Поверхностный слой

Толщина поверхностного однородного слоя со значениями солености от 32,0 до 32,9 ‰, составляет от 25 до 70 метров, демонстрируя существенное осолонение поверхностного слоя на величину до 1,5 ‰ по сравнению с климатическим средним, определенным за период до 2003 года (рис. 3.4, 3.5). При этом аномалия среднего значения наблюдаемой солености почти в 2 раза превышает стандартное отклонение климатической солености, варьирующееся от 0,5 до 0,8 ‰. Температура поверхностного слоя находится на уровне температуры замерзания при данной солености, изменяясь в небольших пределах.

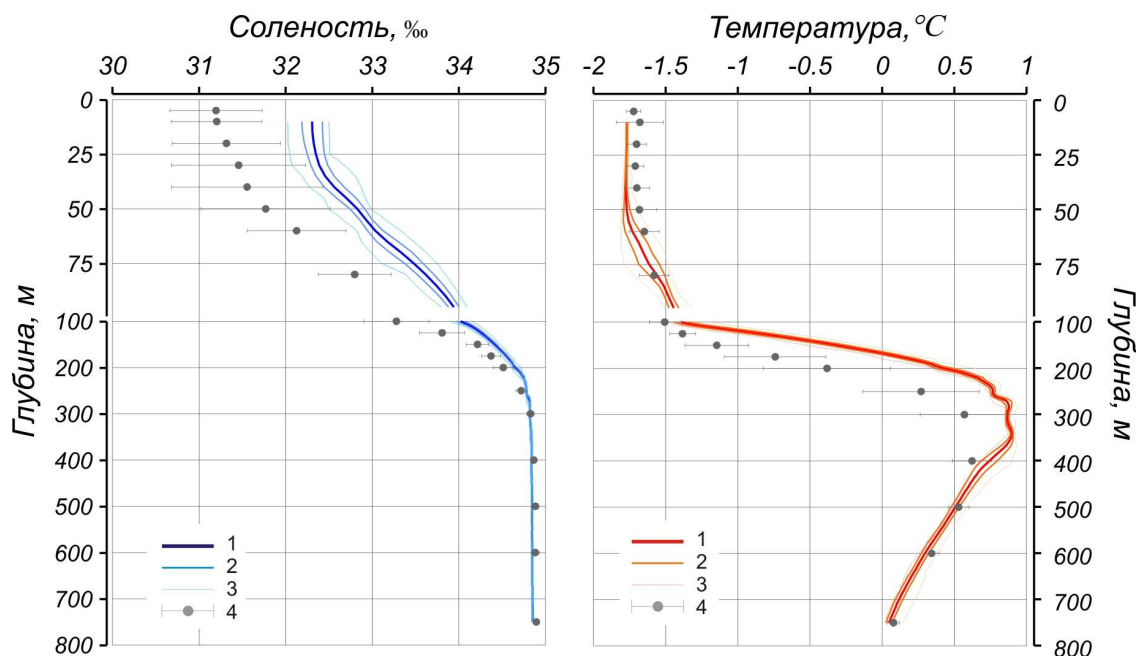


Рисунок 3.4 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений ИТР буя №47 в приполюсном районе во втором квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис. 3.2)

Промежуточный слой холодного галоклина

Одной из особенностей современного термохалинного состояния вод Евразийского суббассейна является факт значительного ослабления и исчезновения вод холодного галоклина в последние годы. Если по данным наблюдений ИТР буя № 47 от глубины 30–35 до 100 метров, несмотря на существенное ослабление стратификации (связанное с положительной аномалии солености), в зоне галоклина можно отметить существование холодных вод с температурами близкими к точке замерзания (рис. 3.4), то район склона хр. Ломоносова со стороны Евразийского суббассейна такой особенности не имеет. Согласно данным вертикального зондирования, представленным на рис. 3.5, зона начала галоклина начинается примерно от глубины 65–70 метров, т.е. там же, где наблюдается начало роста температуры воды с глубиной, связанное с влиянием атлантических вод. Во всем этом слое соленость воды остается выше климатической на 0,6–0,8 ‰.

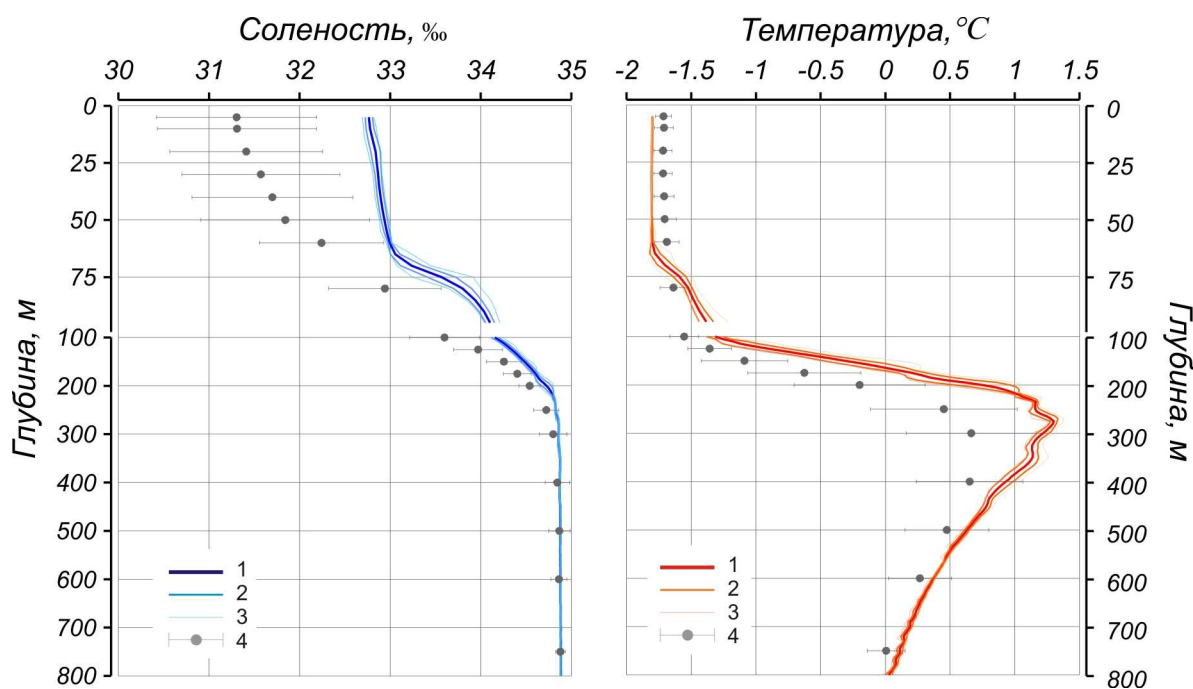


Рисунок 3.5 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений экспедиции ПАЛЭКС в приполюсном районе в апреле 2011 г. (условные обозначения см. рис. 3.2)

Атлантическая водная масса

Несмотря на достаточно близкое расположение района работ экспедиции ПАЛЭКС и района дрейфа ИТР-буя № 47, с расстоянием между ними составляющим от 100 до 200 км, характеристики слоя АВ несколько отличаются друг от друга. Так, максимальная температура в ядре АВ в Евразийской части приполюсного района составляет от +1,2 до +1,3 °С, что на 0,3–



0,4 °С выше, чем со стороны Амеразийского сектора. Аномалии в ядре по отношению к климатическому среднему при этом составляют от +0,3 в Амеразийской до +0,6 °С в Евразийской части района. Однако и в том и в другом случае температуры атлантической водной массы не практически не выходят за рамки стандартных отклонений, определенных на основании исторических данных. Положительные аномалии, выходящие за рамки стандартного отклонения, наблюдаются в зоне верхнего термоклина, однако они могут быть связаны с меньшей глубиной расположения последнего в настоящее время: верхняя граница АВ, определяемая по изотерме 0 °С, расположена примерно на глубине 160–170 метров, что примерно на 40–50 м ближе к поверхности по сравнению с ее климатическим положением. В области верхнего термоклина до глубины примерно 300 метров положительные аномалии температуры сопровождаются аномалиями того же знака по солености (рис. 3.4, 3.5)

Полученные в течение второго квартала 2011 г. океанографические данные позволяют констатировать сохранение как аномального термического состояния АВ на акватории всей глубоководной части СЛО, так и четкое разделение последнего на зоны положительных и отрицательных аномалий содержания пресной воды в поверхностном слое Амеразийского и Евразийского суббассейнов. Кроме этого, аномально высокие температуры слоя летних тихоокеанских вод, зарегистрированных в Амеразийском секторе СЛО, также подчеркивают, что состояние морской природной среды Арктики все еще смещено относительно нормы и может являться свидетельством перехода сложной климатической системы региона в качественно новое состояние.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 2011 г. составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 15-ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском (табл. 3.2). В Чукотском море, к сожалению, наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2. – Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня с апреля по июнь 2011 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
1 Амдерма	69 45 N	61 42 E
2 Усть-Кара	69 15 N	64 31 E



Станция	Широта	Долгота
3 Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
4 о. Диксон	73 30 N	80 24 E
5 о–ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
6 о. Визе	79 30 N	76 59 E
7 о. Голомянный	79 33 N	90 37 E
8 м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
9 ГМО им.Е.К.Фёдорова	77 43 N	104 17 E
море Лаптевых		
10 Анабар	73 13 N	113 30 E
11 о–ва Дунай	73 56 N	124 30 E
12 пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
13 м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
14 о. Котельный	76 00 N	137 52 E
Восточно–Сибирское море		
15 Певек	69 42 N	170 15 E

В юго–западной части Карского моря (рисунок 3.6) в апреле–мае на станции Усть–Кара и Амдерма колебания уровня происходили около среднемноголетних значений ($-1 +5$ см), в июне фон колебаний повысился до $+9$ см. Наибольший подъем уровня $+80$ см (относительно среднемноголетнего значения) на станции Усть–Кара наблюдался 31 мая, а на станции Амдерма ($+93$ см) на следующий день 1 июня 2011 года. Наиболее существенное понижение уровня (-57 см) было зарегистрировано на станции Усть–Кара 7 мая и на станции Амдерма 4 мая 2011 года (-59 см).

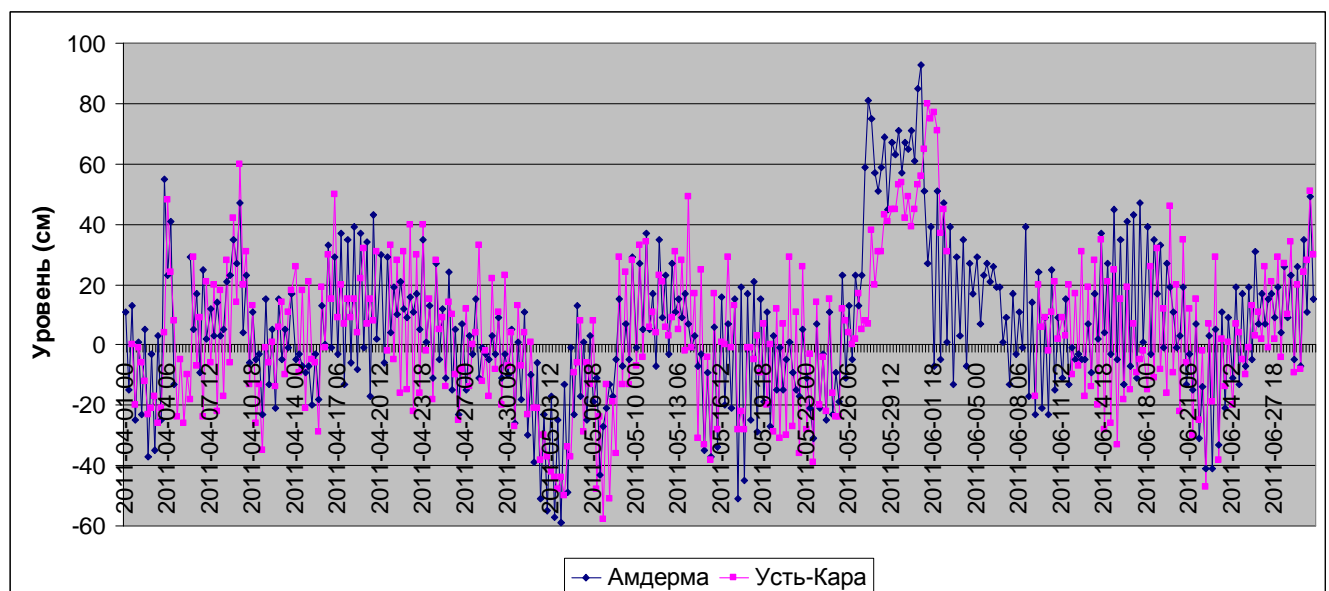


Рисунок 3.6 – Колебания уровня на станциях юго–западной части Карского моря в апреле–июне 2011 г.

В северной части Карского моря (рис. 3.7) на станции о. Голомянный колебания уровня происходили около среднемноголетних значений ($-5 +4$ см), в то время как на станции о. Визе уровень колебался на слабо пониженном фоне ($0 -9$ см). Наиболее значительный подъем уровня в



этом районе отмечался 8 июня, когда на станции о. Визе уровень поднялся на 37 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее существенное понижение уровня наблюдалось также в июне на той же станции (–37 см).

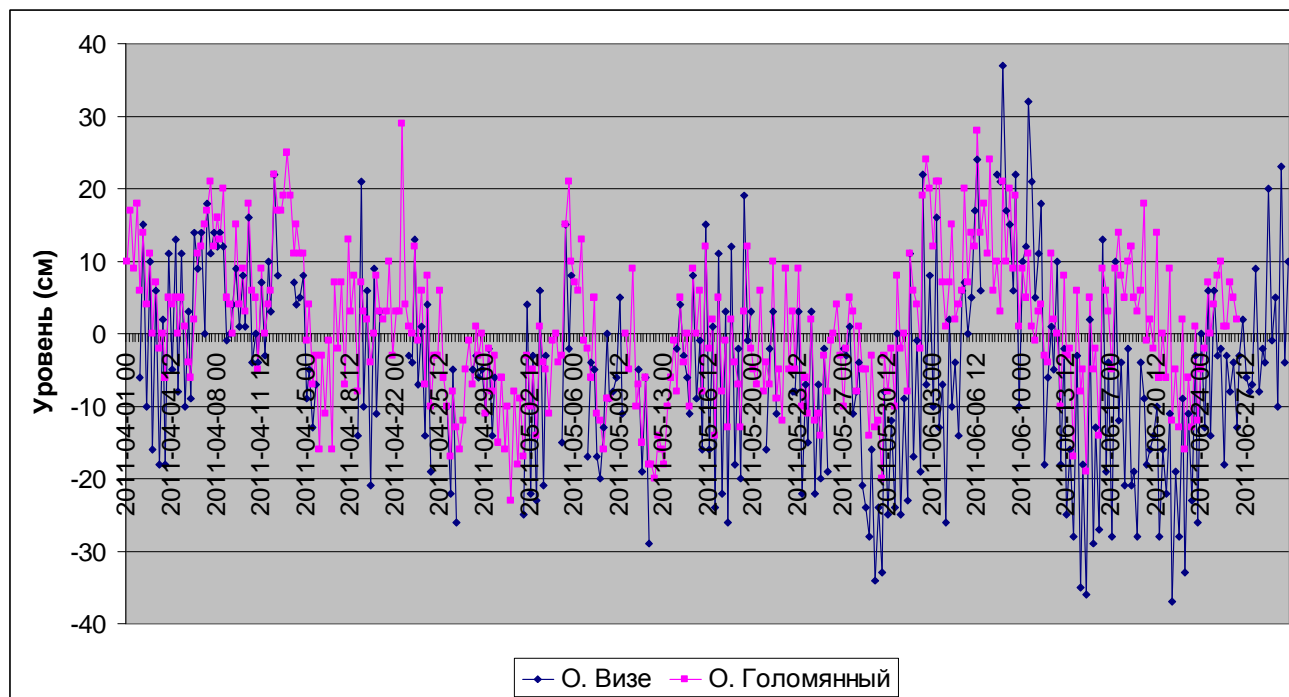


Рисунок 3.7 – Колебания уровня на станциях северо–восточной части Карского моря в апреле–июне 2011 г.

В центральной части Карского моря (рис.3.8 а, б) колебания уровня в апреле, мае, июне происходили, в основном, на пониженном и слабо пониженном фоне (от +6 до –24 см), за исключением станции Сопочная Карга, где в июне отмечался повышенный фон до +25 см. Наиболее значительный подъем уровня в этом районе отмечался 9 июня на станциях Сопочная Карга (+84 см) и Диксон (+83 см), а наиболее существенные понижения уровня наблюдались 18 и 13 апреля на станциях о–ва Известий ЦИК (–73 см) и м. Стерлегова (–72 см) соответственно.

Колебания уровня на станции Анабар (рис. 3.9 а) в юго–западной части моря Лаптевых за весь период анализа происходили на повышенном фоне (+31 +36 см). Наибольший подъем уровня (+250 см), обусловленный весенним половодьем наблюдался в июне, наибольшее понижение уровня (–51 см) также в июне.

В восточной части моря Лаптевых (рис. 3.9 б) колебания уровня в апреле–мае происходили преимущественно около среднемноголетних значений (–11 +10 см). В июне на всех станциях района фон колебаний уровня был повышенный, более сильно выраженным на станциях пр. Санникова и о. Котельный (+25 см).

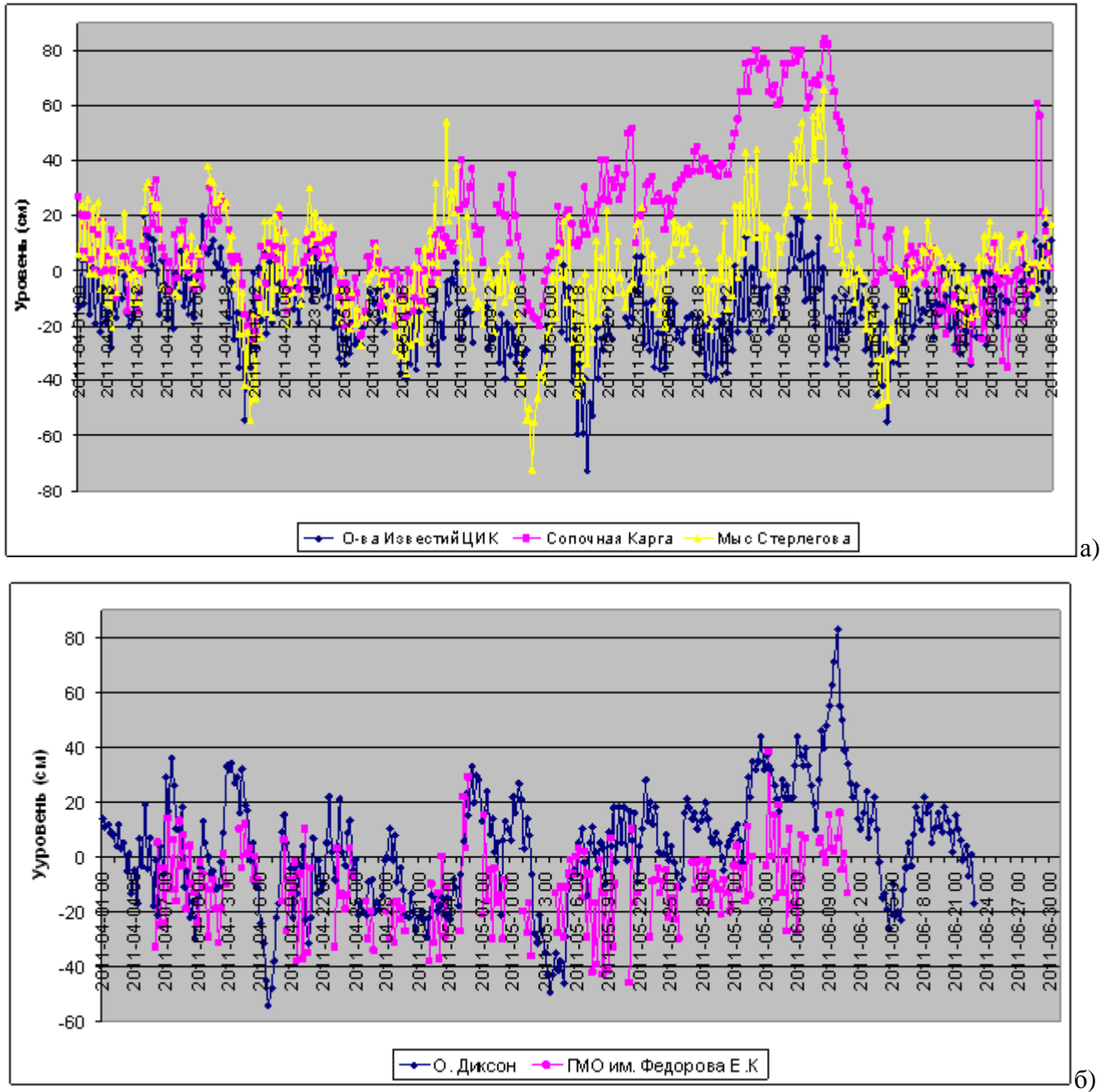


Рисунок 3.8 – Колебания уровня на станциях центральной части Карского моря в апреле–июне 2011 г.

Наибольшие подъемы уровня в этом районе отмечались 8 мая, уровень на станции о–ва Дунай поднялся на 96 см выше среднееголетнего значения, а на станции Котельный 4 июня на 68 см. Наибольшие понижения уровня составляли –62 и –85 см и отмечались в мае на станциях о. Котельный и м. Кигилях соответственно.

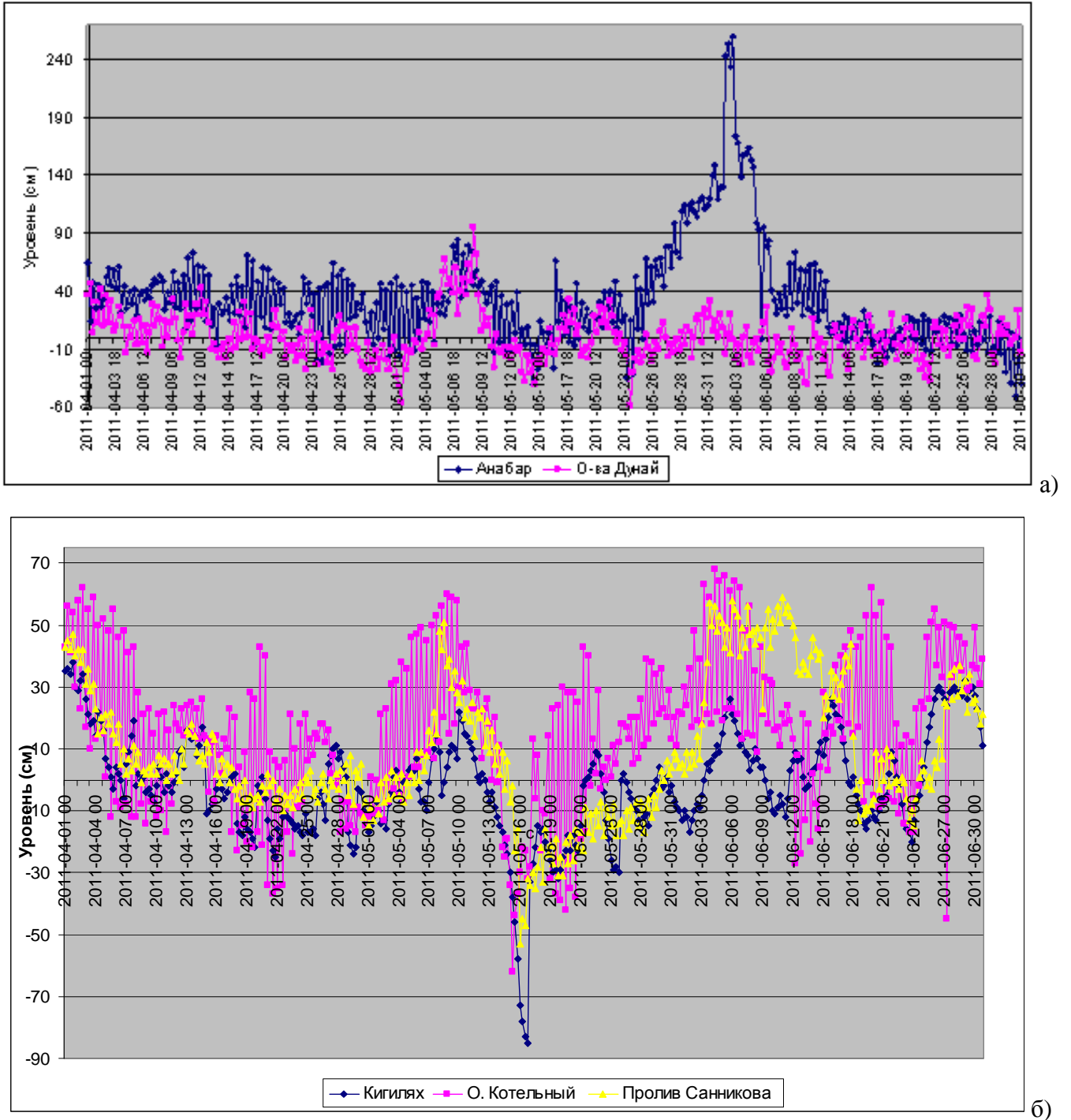


Рисунок 3.9 – Колебания уровня на станциях моря Лаптевых в апреле–июне 2011 г.

По имеющейся весьма ограниченной информации со станции Певек положение уровня в Восточно–Сибирском море (рис. 3.10) в апреле и мае было близко к среднеголетнему (–1 –3 см), а в июне фон колебаний повысился (+12 см), максимальный подъем уровня отмечался 29 июня (+ 40 см), а минимальный 14 апреля (– 52 см).

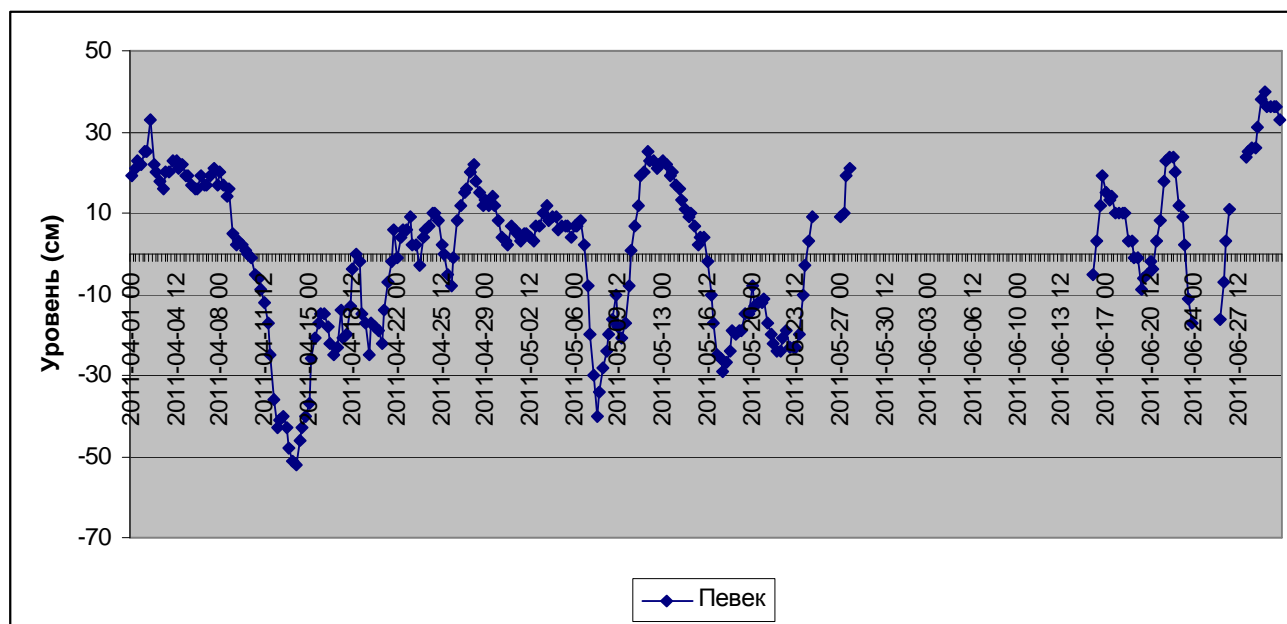


Рисунок 3.10 – Колебания уровня в Восточно–Сибирском море в апреле–июне 2011 г.

Информация по колебаниям уровня на станциях Чукотского моря за период с апреля по июнь 2011 года отсутствует.

3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с апреля по июнь 2011 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием последней версии спектрально–параметрической модели ветрового волнения ААНИИ (AARI–PD2).

Основными исходными данными в расчетах являлись поля составляющих скоростей ветра на высоте 10 м, температура воздуха на высоте 2 м, а также батиметрические данные в узлах расчетной сетки. Положение кромки льда задавалось путем ежедневного усвоения спутниковых многоканальных микроволновых данных (SSM/I и AMSR) по сплоченности морского льда.

Расчеты проводились для морей Баренцева, Карского, Лаптевых и Чукотского. Восточно–Сибирское море с апреля по июнь было покрыто льдом, поэтому расчеты для этого моря отсутствуют.

Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в табл. 3.3.

Как видно из табл. 3.3, во 2 квартале 2011 г. на акватории моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м.



Таблица 3.3 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2011 г.

Месяц	Градация высот волн, м							Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	
Апрель	–	2	10	7	5	4	2	30
Май	–	14	8	7	1	1	–	31
Июнь	–	15	11	3	1	–	–	30
Итого	–	31	29	17	7	5	2	91

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

– 6 (20 %) – в апреле;

– 1 (3 %) – в мае.

Сведения из табл. 3.3 показывают, что наиболее штормовым месяцем в первом квартале 2011 г. стал апрель, в течение которого 2 раза высоты волн на входе в Баренцево море превышали 6 м. Наиболее спокойным месяцем был июнь.

На рис. 3.11, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на 0 ч 23 апреля 2011 г.

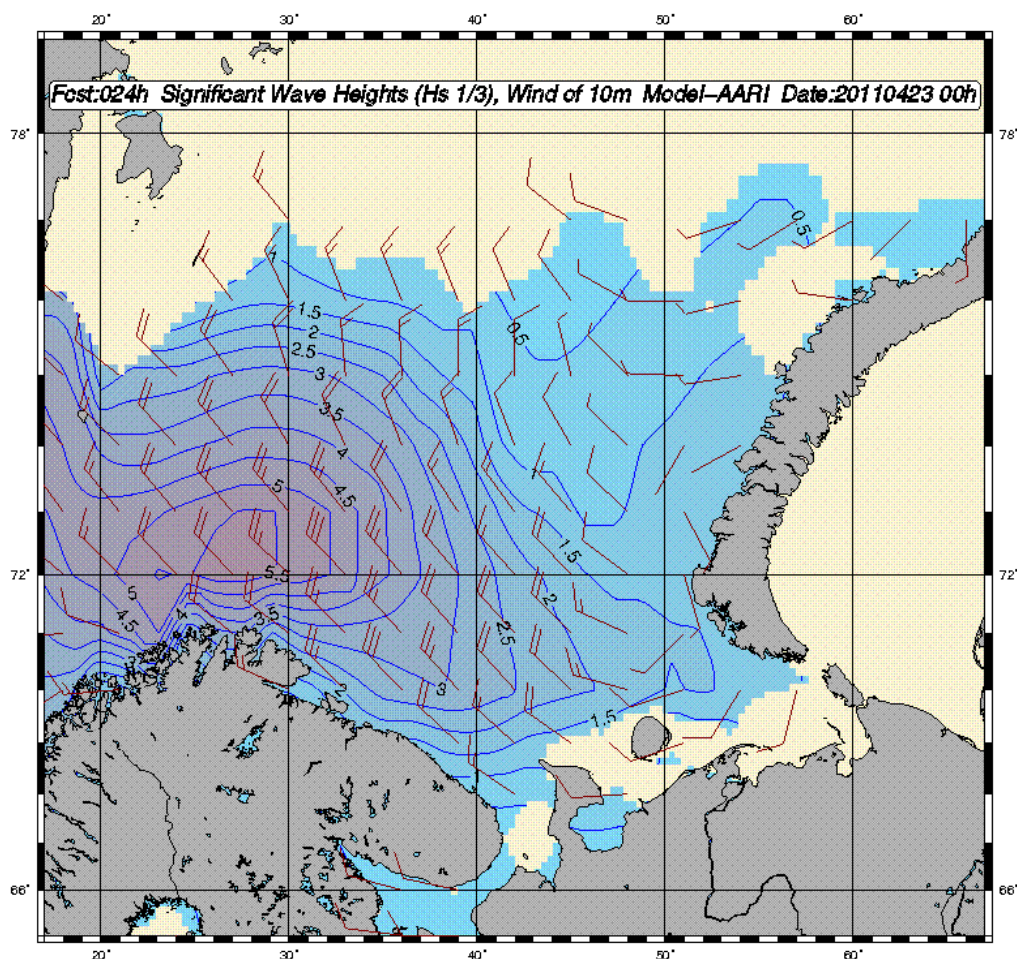


Рисунок 3.11 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 0 ч UTC 23 апреля 2011 г.



Карское море начало открываться с начала июня к востоку от о. Новая Земля и к северу от полуострова Ямал. К концу месяца открытая вода занимала почти всю южную половину моря. Сведения о распределении высот волн H_s на открытых участках Карского моря приведены в табл. 3.4. Из таблицы видно, что в Карском море в большинстве случаев развивалось волнение с высотами волн до 2 м.

Таблица 3.4 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2011 г.

Месяц	Градации высот волн, м			
	0–1	1–2	2–3	Дни
Июнь	15	13	2	30

Сведения о распределении высот волн H_s на открытых участках моря Лаптевых и Чукотского моря даны в табл. 3.5 и 3.6. Чукотское море начало открываться с начала июня и к концу месяца область открытой воды доходила до 72° с.ш.

В море Лаптевых достаточно обширная область чистой воды образовалась к 15 июня. Как видно из табл. 3.5 и 3.6 в Чукотском море и в море Лаптевых преобладало волнение с высотами до 2 м.

Таблица 3.5 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в море Лаптевых во втором квартале 2011 г.

Месяц	Градации высот волн, м			
	0–1	1–2	2–3	Дни
Июнь (с 15 июня)	8	7	1	16

Таблица 3.6 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море во втором квартале 2011 г.

Месяц	Градации высот волн, м			
	0–1	1–2	2–3	Дни
Июнь	6	22	2	30