

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

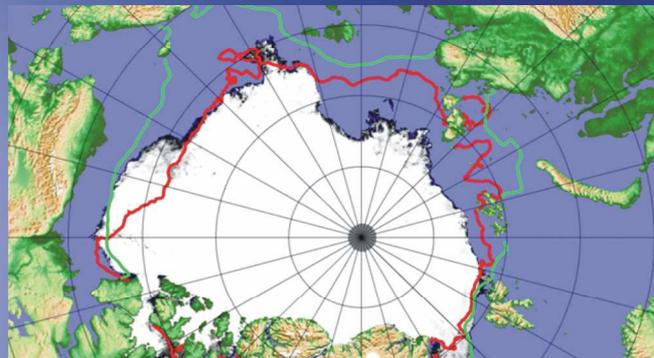
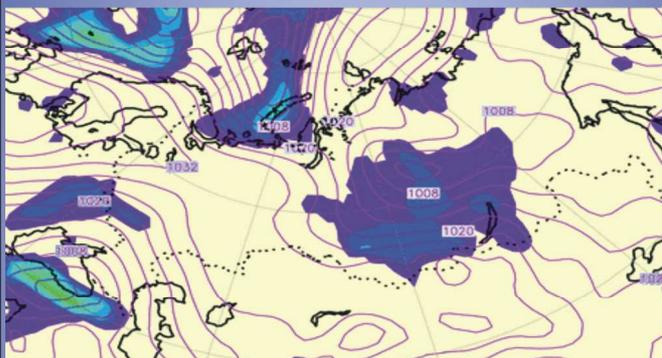


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

I-II кварталы 2010





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в январе–июне 2010 года.....	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период январь–июнь 2010 года	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области в зимний период декабрь 2009 – февраль 2010 гг.....	27
1.3 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области в весенний период март – май 2010 г.....	34
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе–июне 2010 года.....	44
2.1 Развитие ледовых условий в зимний период (январь–апрель 2010 года).....	45
2.2 Развитие ледовых условий в весенний период (май–июнь 2010 года)	54
2.3 Ледовые процессы в устьевых участках рек в весенний период 2010 года.....	61
3 Гидрологические и гидрохимические условия в Северном ледовитом океане в январе–июне 2010 года.....	67
3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне	67
3.2 Гидрохимические условия арктических морей	77
3.3 Уровень арктических морей в зимне–весенний период 2009–2010 гг.	78
3.4 Ветровое волнение на акватории арктических морей в зимне–весенний период 2009–2010 гг.	87



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в первом и втором квартале (январь–июнь) 2010 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, проектов Всемирной Метеорологической Организации и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и проектов 2009–2010 гг. российскими и зарубежными организациями.

Обзор открывает 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 ААНИИ.

Метеорологический раздел, посвящен описанию особенностей развития крупномасштабных метеорологических процессов и изменчивости различных метеорологических элементов. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела метеорологии (ответственный – зав. отделом к.г.н. Радионов В.Ф.) и долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный – зав. отделом 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, 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 «ААНИИ» профессором, д.г.н., Фроловым И.Е.

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

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



1 Метеорологические условия Северной полярной области в январе–июне 2010 года

1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период январь–июнь 2010 года

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 января по июнь 2010 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: З – 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 января по июнь 2010 г. были выявлены следующие особенности.

Число дней с формами (W, C, E) и типами (З, M_1 , M_2) по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса и их отклонения от нормы за период январь–июнь 2010 г. представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Значения числа дней с формами (W, C, E) и типами (З, M_1 , M_2) и их отклонения от нормы за период январь–июнь 2009 г.

Форма	W	C	E	З	M_1	M_2
Число дней	48	57	76	63	31	78
Аномалии	-11	8	3	21	-17	-4

В рассматриваемый период выделяется ряд стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов. Схема разновидностей макро преобразований основных форм циркуляции атмосферы с января по июнь 2010 г. выглядит следующим образом:

$$\text{Январь} - E_{M_2} \rightarrow \text{Февраль} - E_{M_2+3} \rightarrow \text{Март} - (W+C)_3 \rightarrow \\ \text{Апрель} - (W+E)_3 \rightarrow \text{Май} - E_{M_2+M_1} \rightarrow \text{Июнь} - C_3$$

Из схемы и таблицы 1.1 видно, что в первом – атлантико–евразийском секторе северного полушария преобладали атмосферные процессы меридиональных форм циркуляции. Во втором – тихоокеано–американском секторе полушарии преобладали зональные атмосферные процессы.



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.

Для каждого месяца были вычислены средние карты полей геопотенциальной поверхности H_{500} , приземного давления и температуры воздуха и их отклонений от средних многолетних значений. 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 (рисунки 1.2–1.31).

Изменения давления от месяца к месяцу в 2010 году представлены виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления отдельно для европейского, азиатского, американского и приполюсного секторов Арктики на рисунке 1.1.

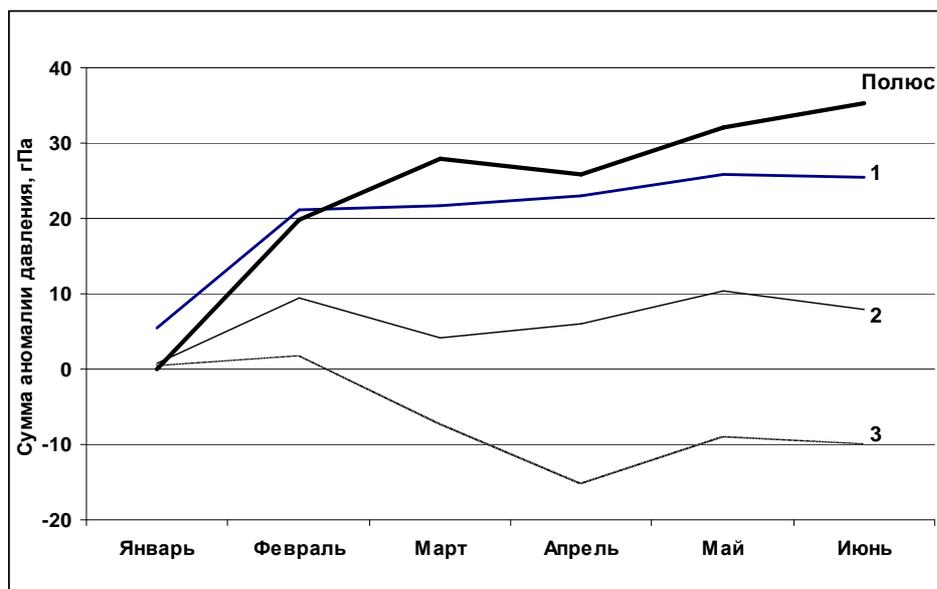


Рисунок 1.1 – Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления в январе–июне 2010 г. в европейском (1), азиатском (2), американском (3) и приполюсном секторах полярного района Арктики

Интегральная кривая идет вверх при положительных значениях аномалий давления, при отрицательных – вниз. В приземном поле полярного района в первое полугодие 2010 г. отмечалось усиление арктического антициклона и частое влияние его на приполюсный район и атлантико–евразийский сектор Арктики, что обусловило преобладание здесь положительных аномалий давления. Пониженный по сравнению с нормой фон давления отмечался в американском секторе Арктики.



Основные особенности развития и перестроек синоптических процессов для каждого месяца за период с января по июнь 2010 г. описаны ниже.

В январе центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на H_{500} располагался в приполюсном районе Арктики, основные ложбины которого была ориентирована на район Канадского Арктического архипелага и район моря Лаптевых

В первом (атлантико–евразийском) секторе преобладали зональные процессы восточной E формы циркуляции. В приземном поле под влиянием с востока на Европу гребня азиатского антициклона циклоны Северной Атлантики смещались в зональном направлении с запада на восток в Арктику по сравнению с нормой высокоширотными траекториями. Фон давления в приполюсном районе около нормы. Воздушные потоки преимущественно юго–западных и юго–восточных направлений обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры со значениями до $6–7^{\circ}\text{C}$ отмечались в районе Таймыра.

Во втором (тихоокеано–американском) секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типов M_2 и 3. Характерной особенностью развития макропроцессов явилось усиление американского антициклона, гребень которого часто оказывал влияние на восточный район Арктики. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой низкоширотными траекториями и не оказывали влияния на полярный район Арктики. Фон давления выше нормы на $2–4$ гПа. Атлантические циклоны при высокоширотных траекториях обусловили адвекцию теплых воздушных масс с юго–западной составляющей. Средние месячные значения положительных аномалий температуры достигали значений более 10°C в районе моря Баффина.

В феврале центр ЦПВ на поверхности H_{500} сместился из приполюсного района на район Канадского Арктического архипелага. Полярный район Арктики находился под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле давления сформировался обширный антициклон, который часто взаимодействовал с азиатским антициклоном.

В первом секторе отмечалась повышенная повторяемость процессов восточной формы циркуляции. Циклоны Северной Атлантики в системе исландского минимума сериями низкоширотными траекториями смещались с запада на Европу. Дальнейшее их продвижение на восток было блокировано гребнями арктического и азиатского антициклонов. Фон давления выше нормы в евразийском секторе Арктики. На севере Баренцева, Карского и Лаптевых морей и приполюсном районе среднемесячные аномалии давления достигали значений выше нормы на $20–22$ гПа. Под влиянием теплой части арктического антициклона в высоких широтах Арктики преобладали положительные аномалии температуры воздуха до значений $6–8^{\circ}\text{C}$. Адвекция



холодных воздушных масс с континента и отрицательные аномалии температуры преобладали на побережье всех арктических морей Евразии. Наиболее крупные среднемесячные аномалии до 10–11°C отмечались в Обско–Енисейском районе и юго–западной части Карского моря.

Во втором секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типов М₂ и 3. Характерной особенностью развития макропроцессов явилось усиление арктического и канадского антициклонов. Которые блокировали выход циклоны в системе алеутского минимума в Арктику. Фон давления выше нормы на 2–12 гПа. Воздушные потоки преимущественно южных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс. Средние месячные значения положительных аномалий температуры достигали значений от 2 до 10°C.

В марте произошла крупномасштабная перестройка в направленности развития атмосферных процессов в первом и во втором секторах полушария. Основной центр ЦПВ сместился в район Баренцева моря, ложбина которого была ориентирована на Европу. Приполюсный районы находились под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле сформировался антициклон.

В первом секторе отмечалось сочетание зональных процессов западной W формы циркуляции и меридиональных процессов. В приземном поле смещение циклонов Северной Атлантики в зональном направлении с запада на восток часто блокировалось над Атлантикой гребнями арктического и азорского антициклонов, а над восточной Сибирью гребнями арктического и азиатского антициклонов. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над Баренцевым и Карским морями. Фон давления в западном секторе Арктики ниже нормы за исключением приатлантического и приполюсного районов. Воздушные потоки преимущественно юго–западных и юго–восточных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры был выше нормы 2–6°C.

Во втором секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные атмосферные процессы 3. При ослабление арктического антициклона циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой более северными траекториями. Фон давления ниже нормы на 2–12 гПа. Преобладание получила адвекция теплых воздушных масс при юго–восточных, восточных направлениях воздушных потоков. Среднемесячная температура в восточном секторе Арктики выше нормы на 2–10°C.

В апреле центр ЦПВ на поверхности Н₅₀₀ располагался над севером Охотского моря, ложбина которого была ориентирована на приполюсный район Арктики.

В первом секторе отмечалось сочетание зональных процессов западной и восточной форм циркуляции. В приземном поле под влиянием с востока на Европу гребня азиатского антициклона циклоны Северной Атлантики смещались в зональном направлении с запада на восток в Арктику



по сравнению с нормой высокоширотными траекториями. Фон давления в приполюсном районе был ниже нормы. Воздушные потоки преимущественно юго–западных и юго–восточных направлений обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры со значениями до 5–6°C отмечались в районе севернее Таймыра и приполюсном районе Арктики.

Во втором секторе направленность в развитии крупномасштабных атмосферных процессов сохранилась. Аномально повышенную повторяемость, так же как и в марте, имели зональные процессы с высокоширотными траекториями циклонов в системе алеутского минимума, которые оказывали постоянное влияние на восточный сектор Арктики. Фон давления ниже нормы на 2–6 гПа. При данном развитии процессов преобладание получила адвекция теплых воздушных масс при юго–восточных, восточных направлениях воздушных потоков. Среднемесячная температура в восточном секторе Арктики выше нормы на 2–10°C.

В мае произошла крупномасштабная перестройка в направленности развития атмосферных процессов в первом и во втором секторах полушария. Основной центр ЦПВ сместился с востока на район западной Сибири. Гребень высотного антициклона был ориентирован на восточный район Арктики, в приземном поле которому соответствовал хорошо развитый обширный арктический антициклон.

В первом секторе отмечалась повышенная повторяемость процессов восточной формы циркуляции. Циклоны Северной Атлантики в системе исландского минимума сериями низкоширотными траекториями смещались с запада на Европу. Дальнейшее их продвижение на восток было заблокировано гребнями арктического и азиатского антициклонов. Фон давления выше нормы на 2–9 гПа. Под влиянием южных и юго–восточных воздушных в высоких широтах Арктики преобладали положительные аномалии температуры воздуха до значений 4–6°C.

Во втором секторе наибольшую повторяемость имели меридиональные процессы. Характерной особенностью данного атмосферного макропроцесса явилось развитие арктического антициклона. Гребень его часто был ориентирован на Охотское и Берингово моря. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались низкоширотными траекториями и не оказывали влияние на данный сектор Арктики. В среднем за месяц фон давления выше нормы 5–9 гПа. Воздушные потоки преимущественно юго–восточных и восточных направлений. В среднем за месяц фон температуры выше нормы на 2–5°C.

В июне произошла резкая перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов над северным полушарием. Знак деформационного барического поля в большинстве



районов северного полушария сменился на противоположный по сравнению с предыдущим месяцем.

В полярном районе Арктики центр ЦПВ на геопотенциальной поверхности H_{500} сместился в район Карского моря. Восточный сектор Арктики находился под влиянием высотного гребня. Над Северной Атлантикой ось высотного гребня азорского антициклона была ориентирована на Исландию. Вследствие этого западно–восточный воздушный поток в Арктику был блокирован.

В первом секторе отмечалась повышенная повторяемость меридиональных процессов. В приземном поле циклоны, огибая гребень хорошо развитого азорского антициклона над Северной Атлантикой, смещались в Арктику с северо–запада в район Баренцева и Карского морей. Над этими морями фон давления ниже нормы на 2–9 гПа. Над приполюсным районе под влиянием гребня арктического антициклона фон давления выше нормы на 1–3 гПа. Устойчивые во времени воздушные потоки восточных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс за исключением южной части Баренцева и Норвежского морей.

Во втором секторе наибольшую повторяемость имели зональные процессы. под влиянием арктического антициклона циклоны в системе алеутского минимума смещались в широтном направлении с запада на восток по сравнению с нормой более южными траекториями. Вследствие этого в данном секторе Арктики преобладала адвекция воздушных масс с восточной составляющей. Районы тихоокеано–американского сектора полярного района Арктики находились под влиянием теплой части арктического антициклона, где преобладала устойчивая во времени адвекция теплых воздушных масс. Наибольшие положительные аномалии температуры со значениями более 8°C отмечались в районе Канадского арктического архипелага.

Таблица 1.2 – Каталог макросиноптических процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма–А.А. Гирса с января по июнь 2010 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Январь			Февраль			Март		
ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А
1	С	M ₂	1	С	M ₂	1	W	M ₂
2–5	Е	M ₂	2–6	Е	M ₂	2–6	С	3
6–10	Е	M ₂	7–11	С	M ₂	7–9	С	M ₂
11–13	С	3	12–14	Е	M ₂	10–12	W	3
14–17	Е	3	15–17	W	M ₂	13–16	С	3
18–22	Е	M ₁	18–20	W	3	17–20	W	M ₂
23–27	Е	M ₂	21–26	Е	3	21–24	W	3
28–31	С	M ₂	27–28	W	M ₂	25–26	Е	M ₂
						27–30	W	M ₂
						31	Е	3
Итого	W 0(–12) С 8 (2) Е 23(10)	3 7(–1) M ₁ 5(–1) M ₂ 19(2)	Итого	W 8(–1) С 6 (0) Е 14(1)	3 9 (3) M ₁ 0(–4) M ₂ 19(1)	Итого	W 16 (6) С 12 (4) Е 3(–10)	3 17 (7) M ₁ 0(–6) M ₂ 14(–1)



Апрель			Май			Июнь		
ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А
1–4	Е	3	1–2	W	M ₁	1	С	M ₂
5–8	Е	3	3–5	С	M ₁	2–5	С	3
9–13	Е	M ₁	6–8	Е	M ₁	6–8	W	M ₁
14–16	W	M ₂	9–11	С	M ₁	9–12	С	M ₁
17–19	С	M ₂	12–14	Е	3	13–15	С	3
20–21	С	M ₂	15–19	Е	M ₂	16–18	С	M ₁
22–24	W	3	20–22	Е	3	19–21	С	M ₁
25–28	W	M ₂	23–25	W	3	22–24	Е	M ₂
29–30	W	3	26–29	W	M ₂	25–27	Е	3
			30–31	С	M ₂	28–30	Е	3
Итого	W12(3) С 5 (–3) Е 13 (0)	3 13 (4) M1 5 (–3) M2 12 (–1)	Итого	W 9 (0) С 8 (–2) Е 14 (2)	3 9(–2) M1 11(2) M2 11(0)	Итого	W 3 (–7) С 18 (7) Е 9 (0)	3 13(6) M1 13 (–2) M2 4 (–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, 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 январь–июнь 2010 г., можно сделать следующие выводы:

1 В масштабе северного полушария преобладали: в первом – атлантико–евразийском секторе северного полушария атмосферные процессы меридиональных форм циркуляции. Во втором – тихоокеано–американском секторе полушария преобладали зональные атмосферные процессы;

2 Над полярным районом на геопотенциальной поверхности H_{500} центр планетарного циркумполярного вихря локализовался: в январе в приполюсном районе; в феврале в канадском секторе Арктики; в марте–июне в евразийском секторе Арктики. Под влиянием процессов блокирования и длинных термобарических волн от месяца к месяцу изменялась структура циркумполярного вихря, система тропосферных ПВФЗ и изменение траекторий циклонов в системе исландского и алеутского минимумов;

3 В первом секторе в январе и апреле отмечались разновидности процессов с высокоширотными траекториями циклонов Северной Атлантики. В приземном поле в большинстве районов преобладали положительные аномалии температуры. В феврале, марте, мае и июне при блокировании арктическим антициклоном циклоны смещались более южными траекториями. В среднем за период январь–июнь во всех районах данного сектора Арктики преобладали положительные аномалии температуры;

4 Во втором секторе в январе, феврале, мае и июне преобладали низкоширотные траектории циклонов в системе алеутского минимума и они не оказывали свое влияние на полярный район Арктики. Под влиянием теплой части антициклона преобладали положительные аномалии температуры. В марте и апреле циклоны смещаясь по более высокоширотным траекториям. В среднем за период январь–июнь в данном секторе Арктики сформировались положительные аномалии температуры;

5 Для каждого месяца установлены однородные периоды, отражающие перестройки процессов внутри месяца по ЭСП, смену знака барических полей и направлений преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики. Структурные особенности процессов внутри каждого месяца согласуются с выявленными фоновыми крупномасштабными особенностями в направленности развития атмосферных процессов в период с января по июнь 2010 г.;

6 В целом несмотря на сохранение высоких значений положительных аномалий температуры воздуха в Арктике развитие атмосферных процессов в 2010 году отличалось от направленности процессов в однородной циркуляционной стадии 2004–2008 гг. Отличия выразились в повышение повторяемости в 2010 году меридиональных процессов с более частыми низкоширотными траекториями циклонов над зональными процессами западной формы циркуляции с высокоширотными траекториями циклонов. Со всей доступной исходной информацией по разделу можно ознакомиться на сайте ААНИИ, раздел ЕСИМО по ссылке <http://www.aari.ru/projects/ecimo/index.php>.

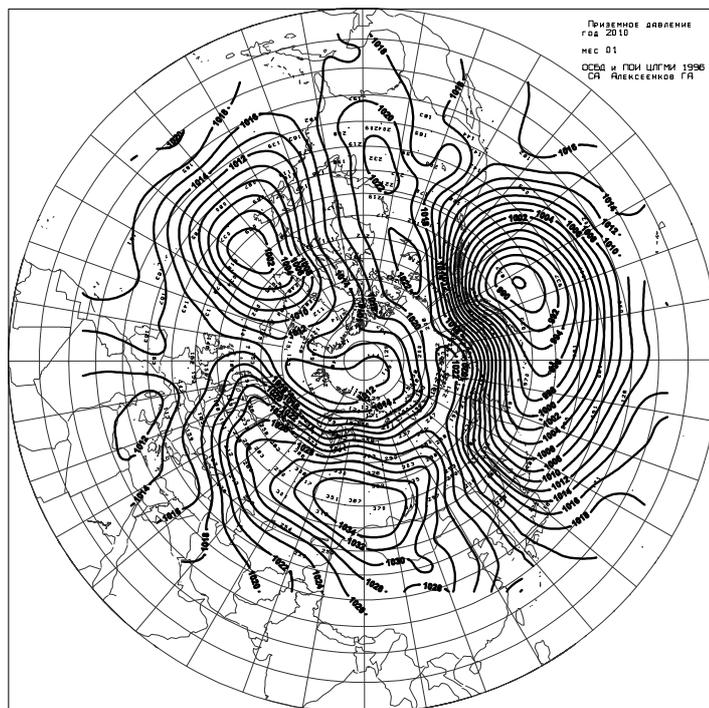


Рисунок 1.2 – Среднее месячное приземное давления за январь 2010 г.

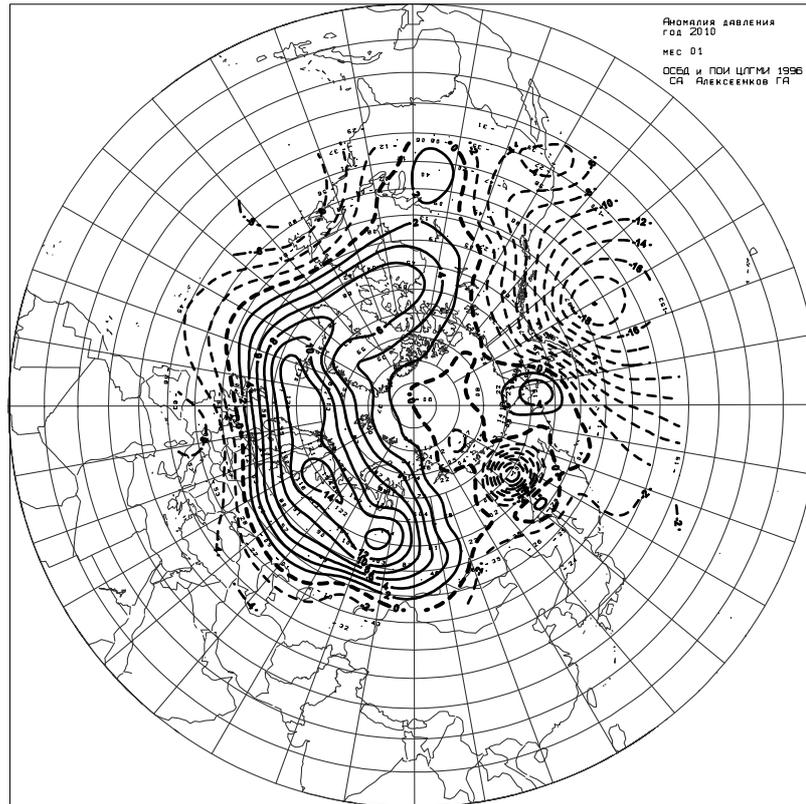


Рисунок 1.3 – Средние месячные аномалии приземного давления за январь 2010 г.

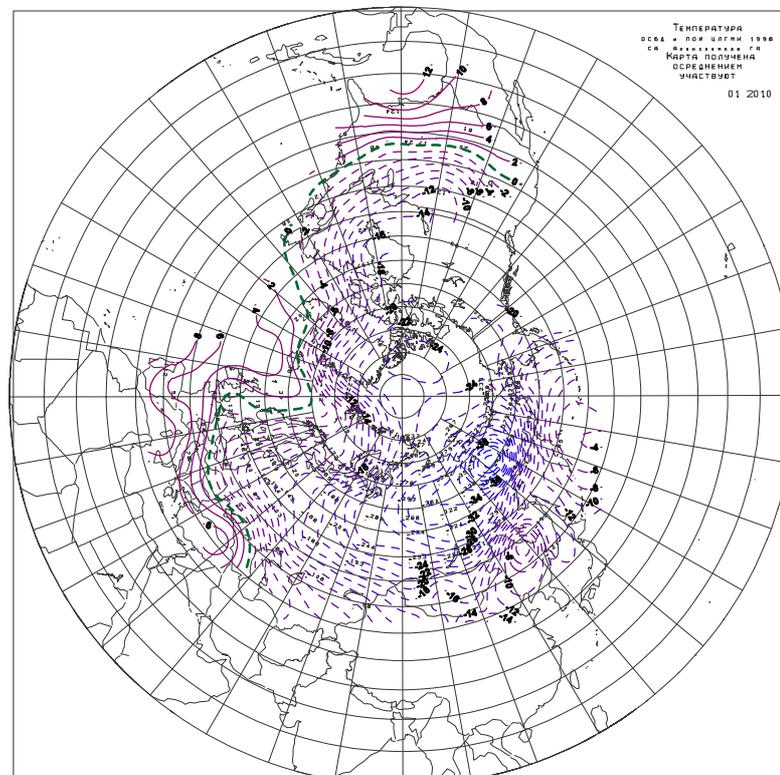


Рисунок 1.4 – Средние месячные приземные температуры воздуха за январь 2010 г.

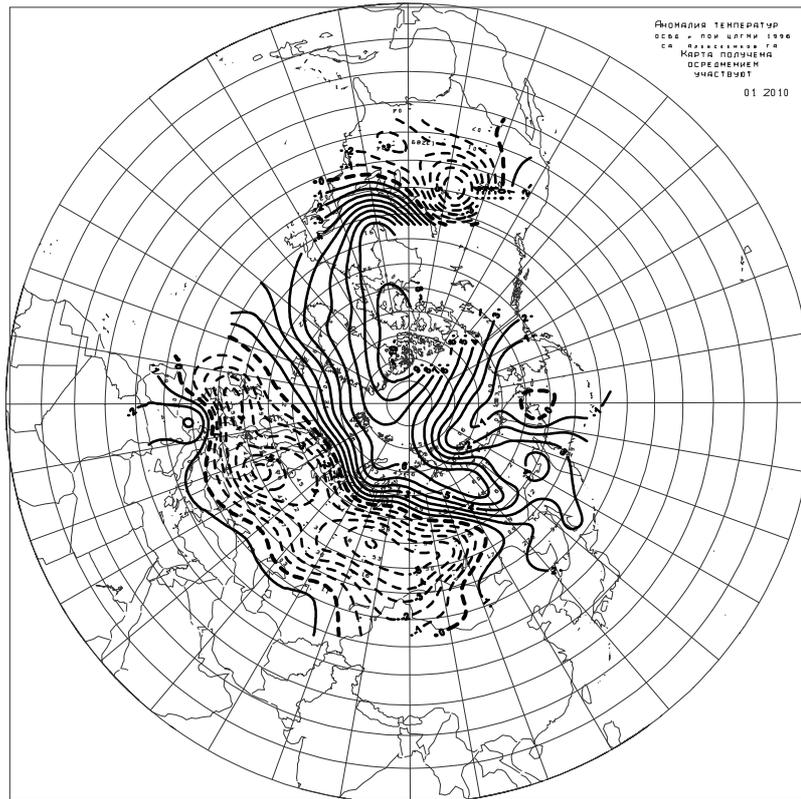


Рисунок 1.5 – Средние месячные аномалии приземной температуры воздуха за январь 2010 г.

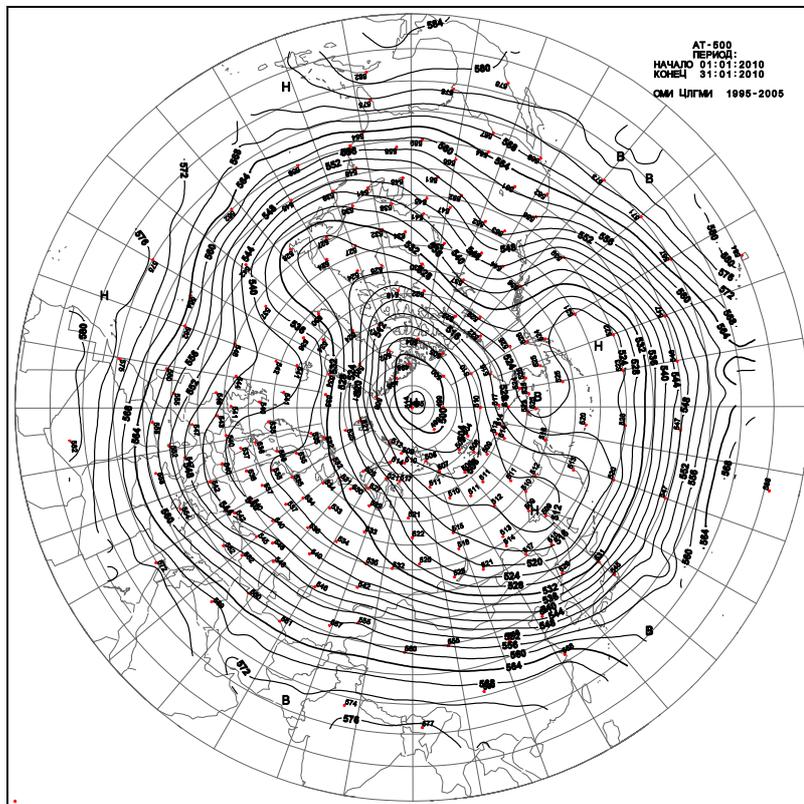


Рисунок 1.6 – Средняя месячная карта изобарической поверхности 500 гПа за январь 2010 г.

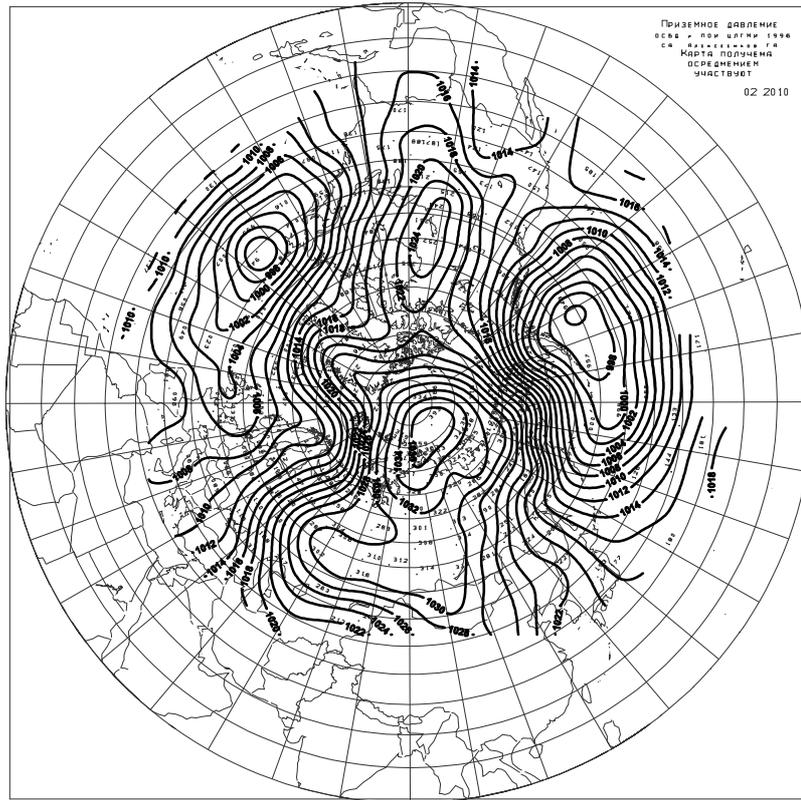


Рисунок 1.7 – Среднее месячное приземное давления за февраль 2010 г.

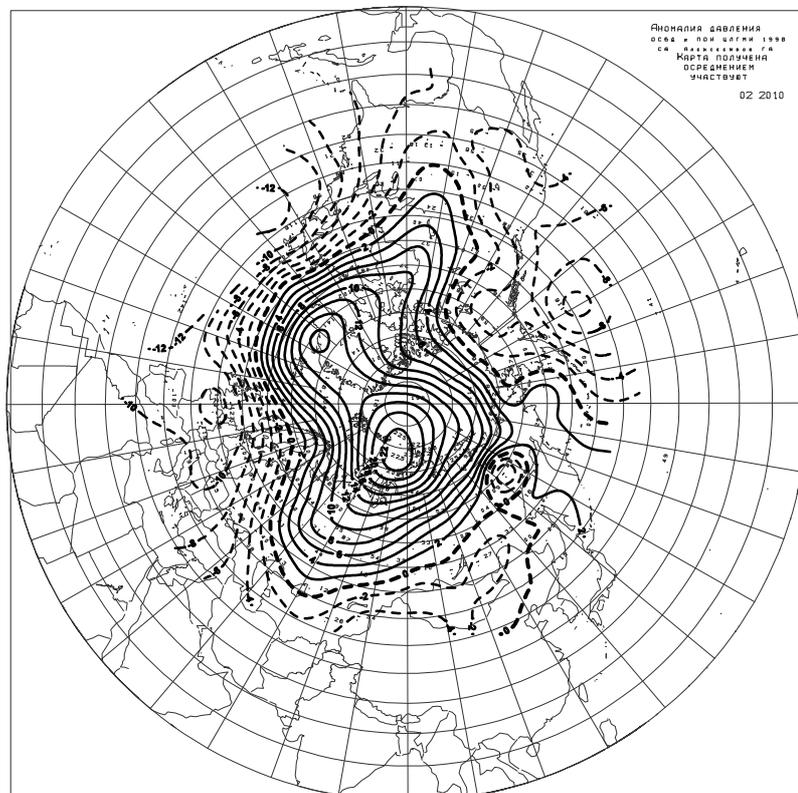


Рисунок 1.8 – Средние месячные аномалии приземного давления за февраль 2010 г.

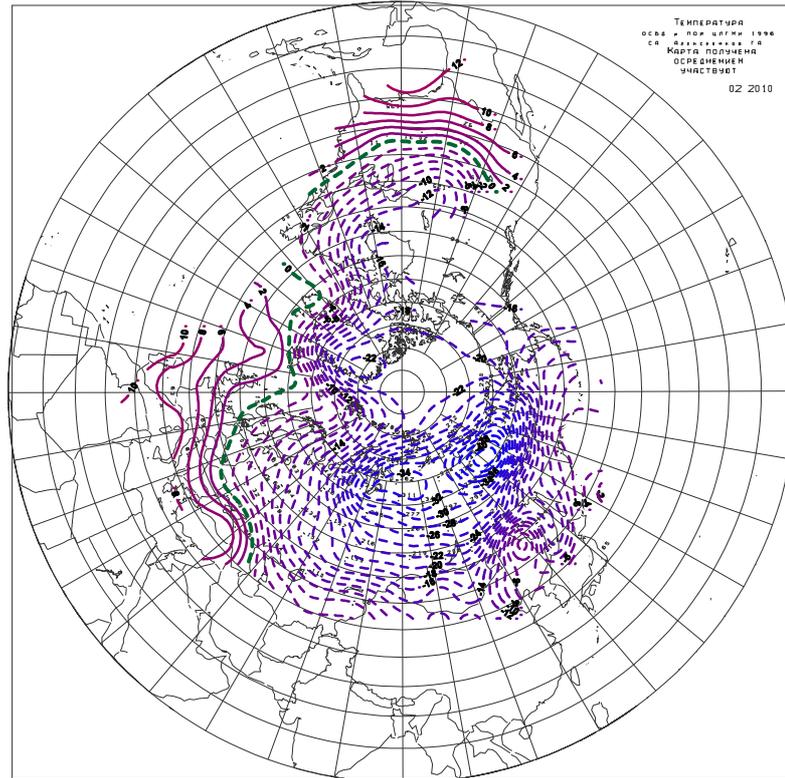


Рисунок 1.9 – Средние месячные приземные температуры воздуха за февраль 2010 г.

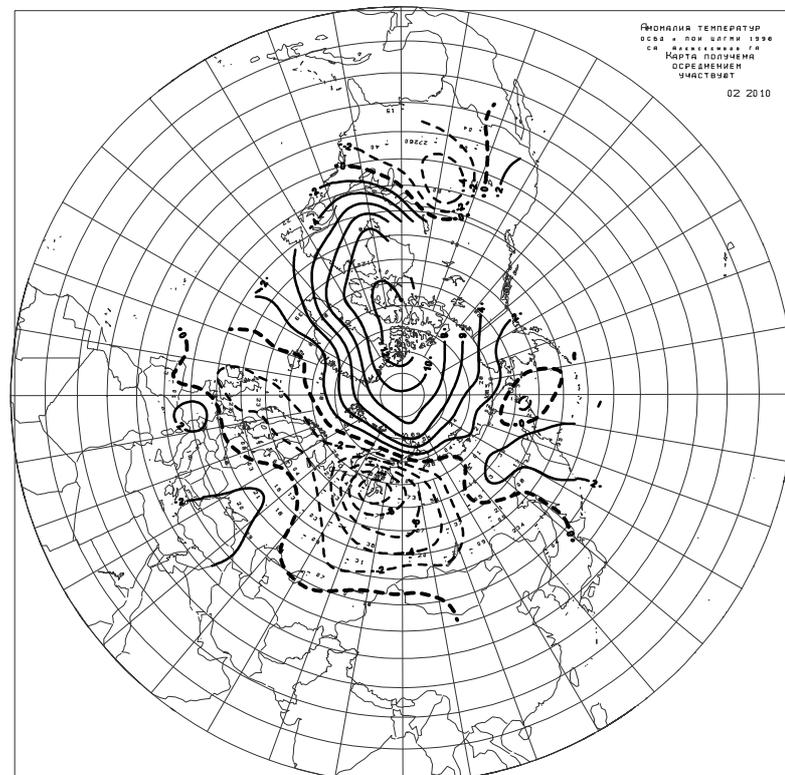


Рисунок 1.10 – Средние месячные аномалии приземной температуры воздуха за февраль 2010 г.

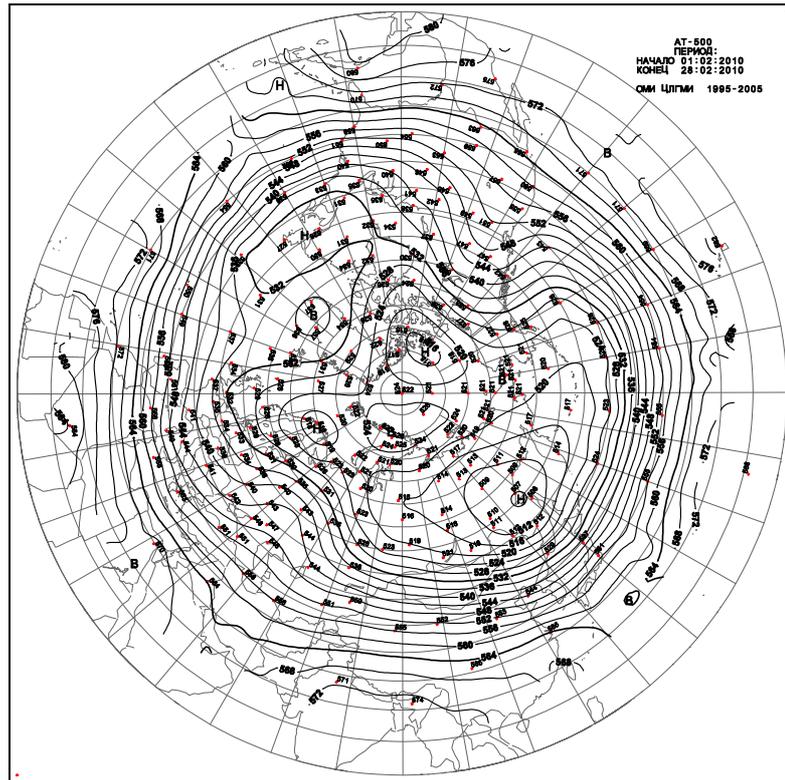


Рисунок 1.11 – Средняя месячная карта изобарической поверхности 500 гПа за февраль 2010 г.

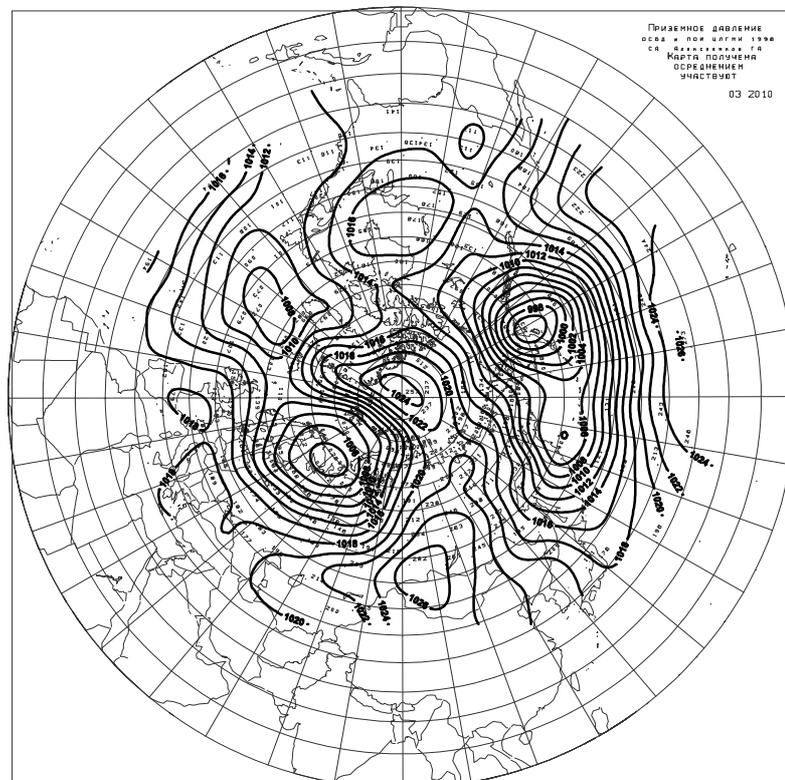


Рисунок 1.12 – Среднее месячное приземное давления за март 2010 г.

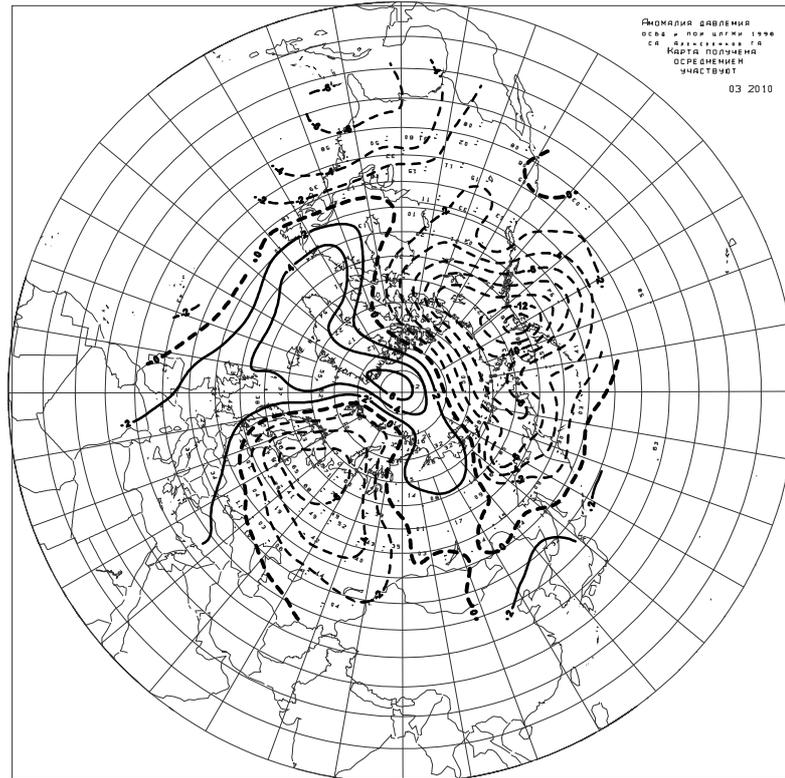


Рисунок 1.13 – Средние месячные аномалии приземного давления за март 2010 г.

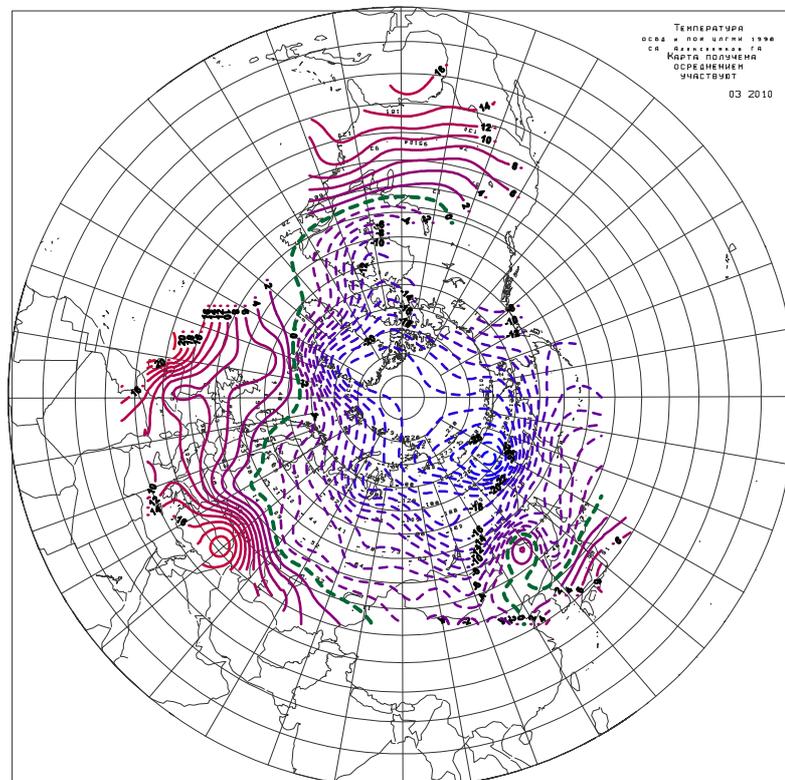


Рисунок 1.14 – Средние месячные приземные температуры воздуха за март 2010 г.

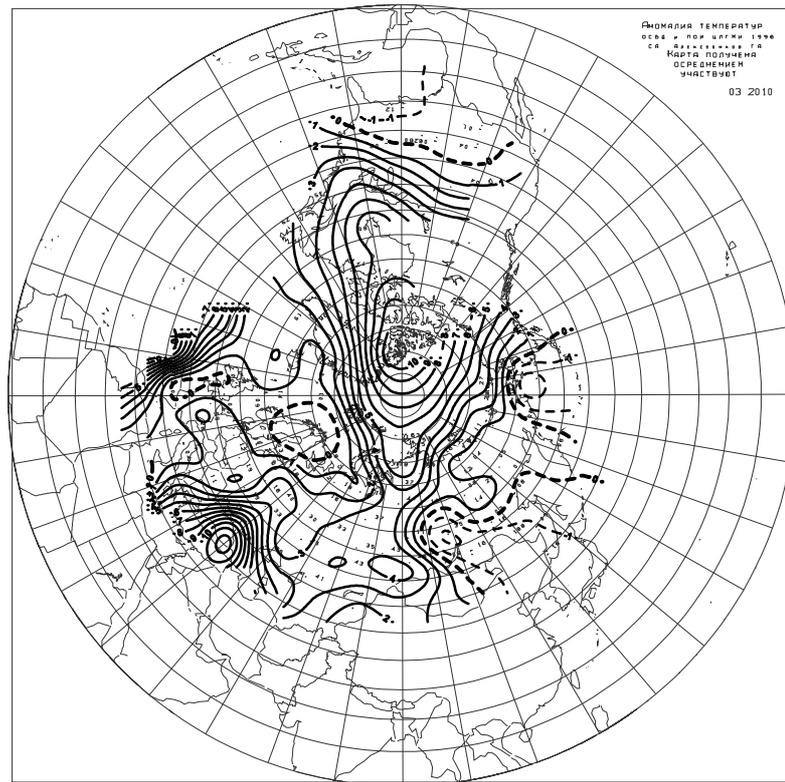


Рисунок 1.15 – Средние месячные аномалии приземной температуры воздуха за март 2010 г.

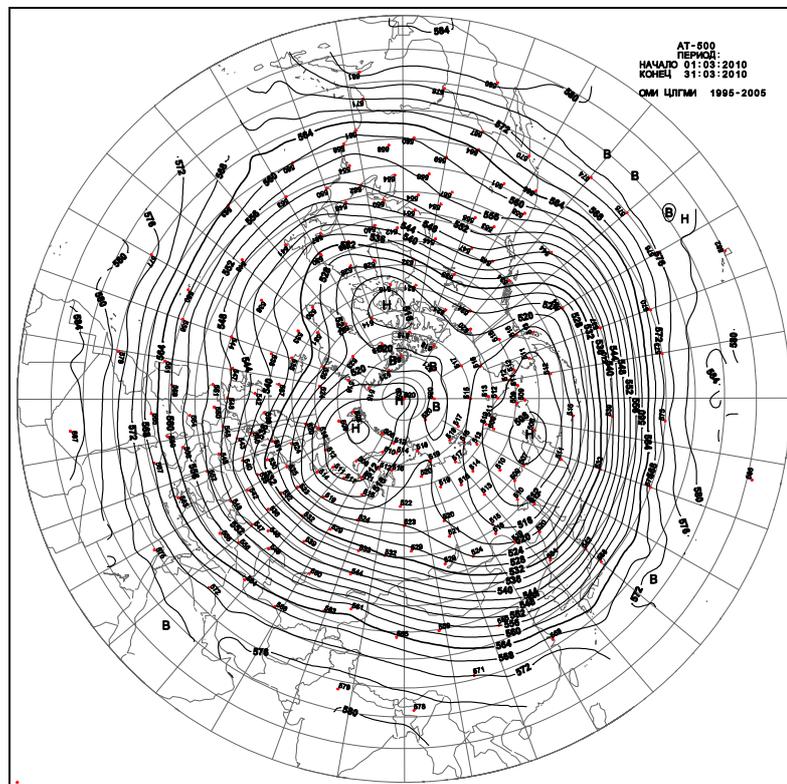


Рисунок 1.16 – Средняя месячная карта изобарической поверхности 500 гПа за март 2010 г.

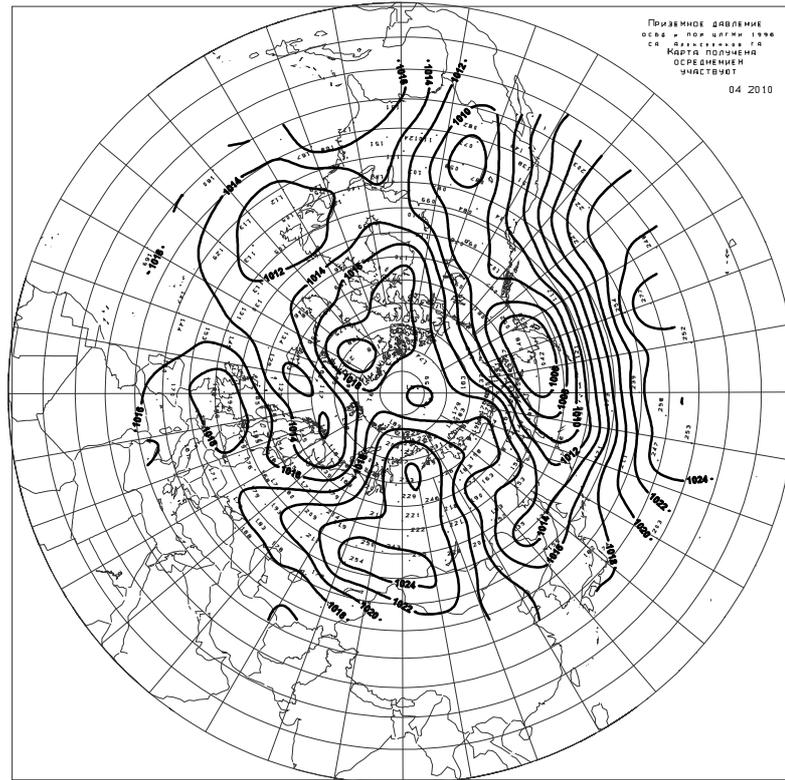


Рисунок 1.17 – Среднее месячное приземное давления за апрель 2010 г.

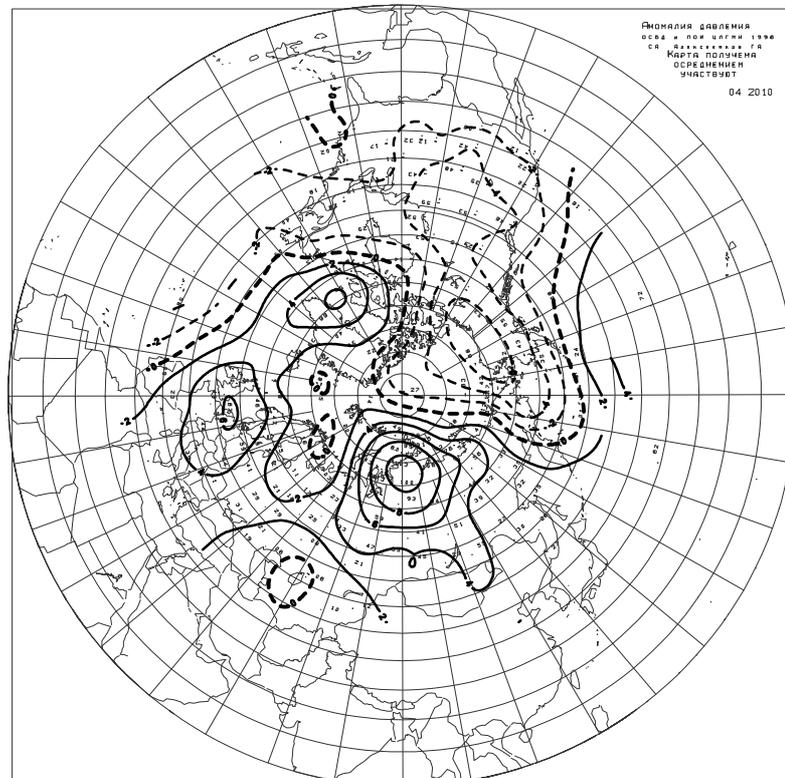


Рисунок 1.18 – Средние месячные аномалии приземного давления за апрель 2010 г.

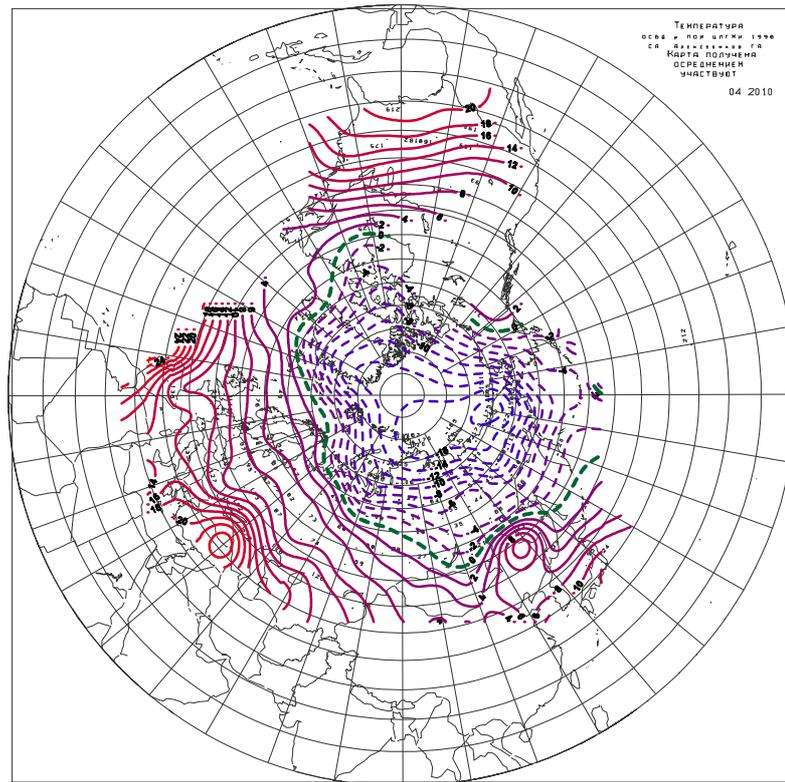


Рисунок 1.19 – Средние месячные приземные температуры воздуха за апрель 2010 г.

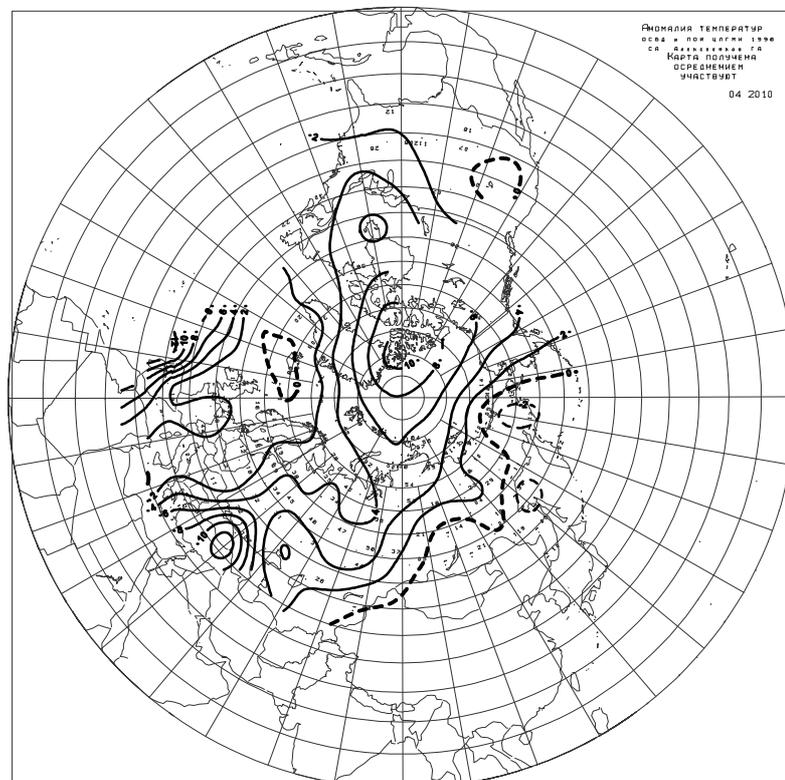


Рисунок 1.20 – Средние месячные аномалии приземной температуры воздуха за апрель 2010 г.

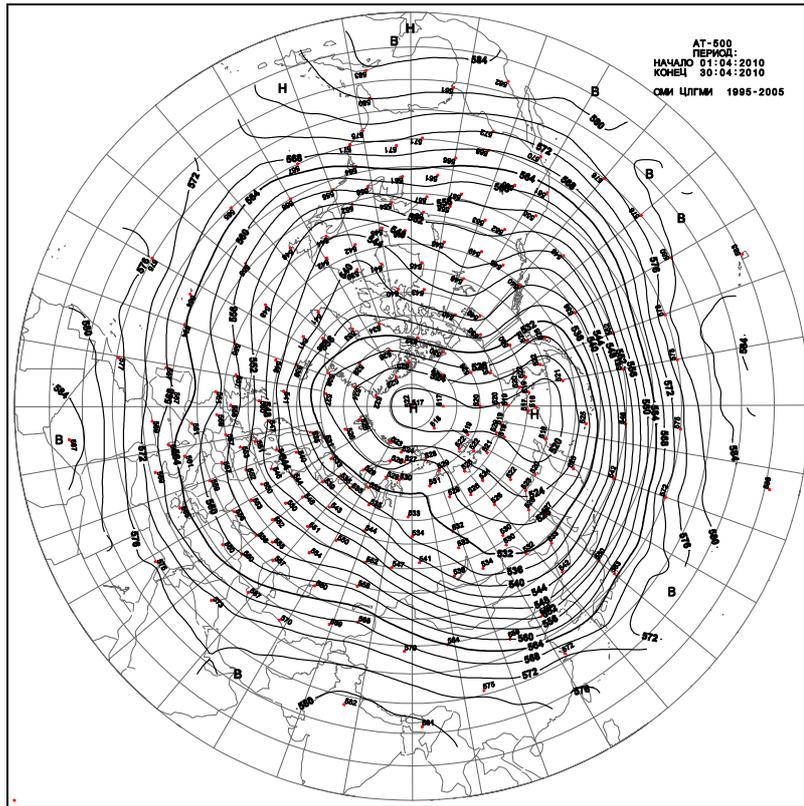


Рисунок 1.21 – Средняя месячная карта изобарической поверхности 500 гПа за апрель 2010 г.

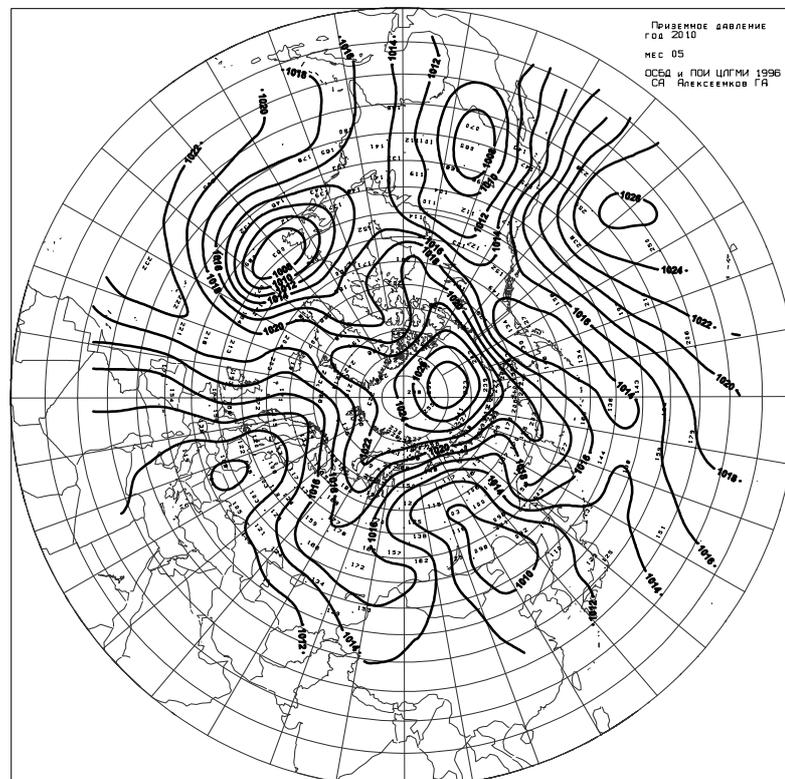


Рисунок 1.22 – Среднее месячное приземное давления за май 2010 г.

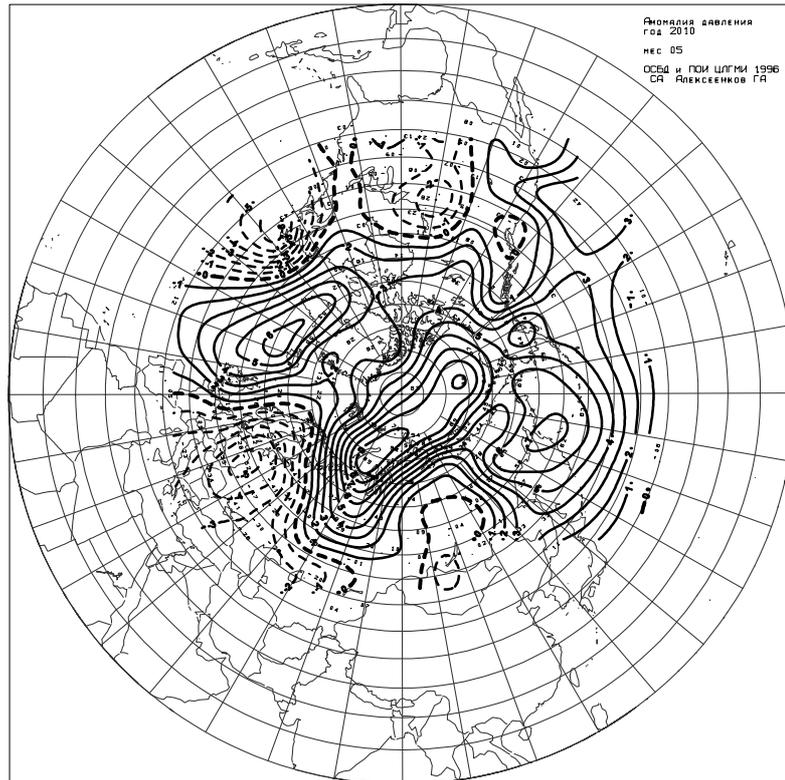


Рисунок 1.23 – Средние месячные аномалии приземного давления за май 2010 г.

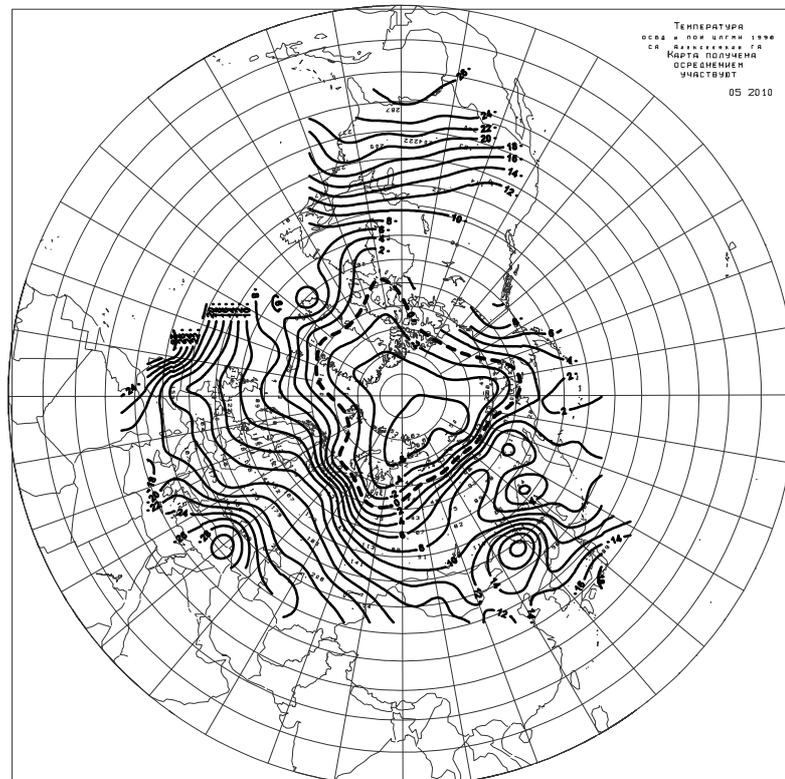


Рисунок 1.24 – Средние месячные приземные температуры воздуха за мае 2010 г.

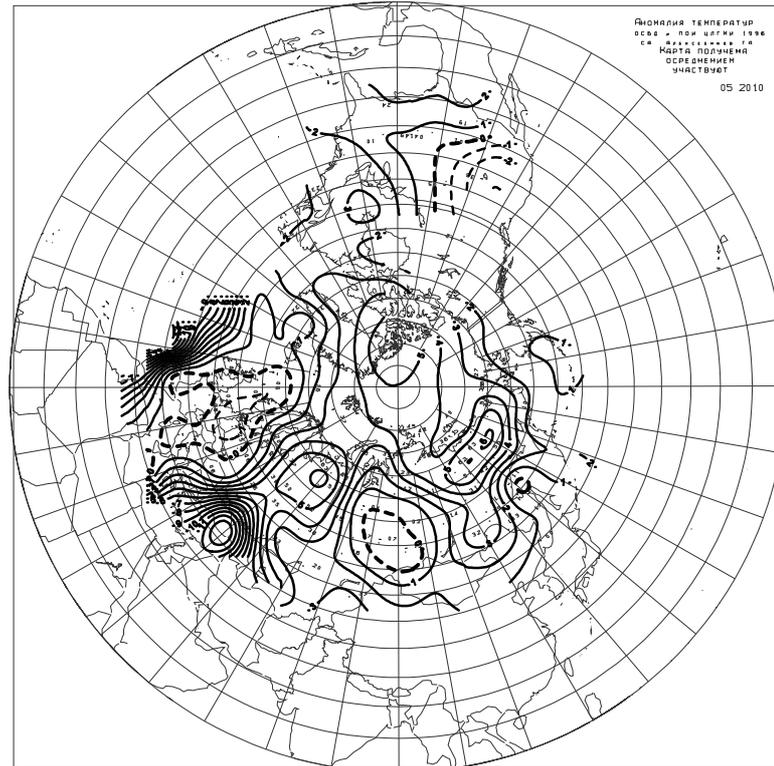


Рисунок 1.25 – Средние месячные аномалии приземной температуры воздуха за май 2010 г

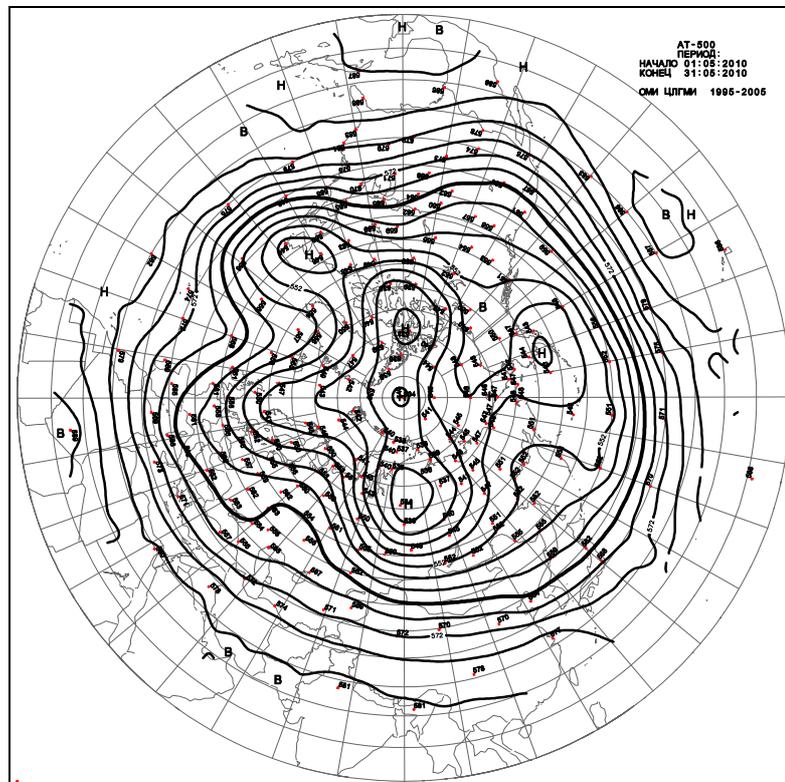


Рисунок 1.26 – Средняя месячная карта изобарической поверхности 500 гПа за май 2010 г

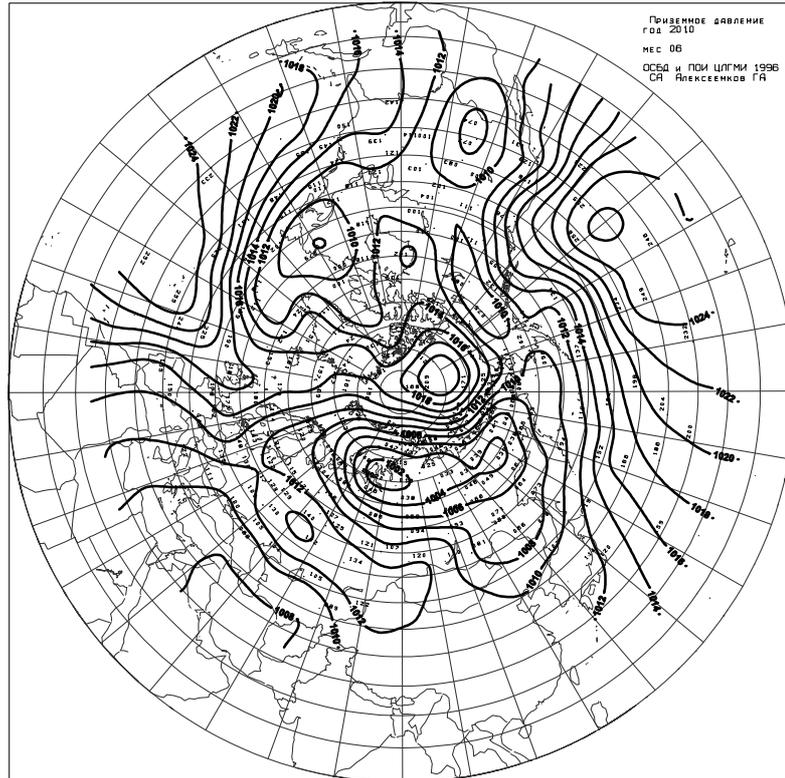


Рисунок 1.27 – Среднее месячное приземное давления за июнь 2010 г

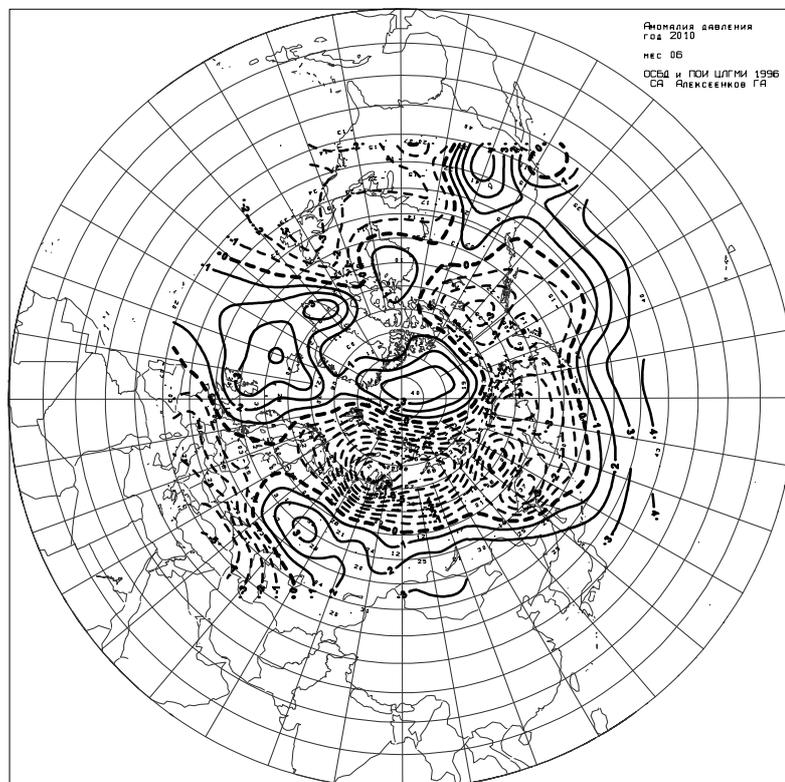


Рисунок 1.28 – Средние месячные аномалии приземного давления за июнь 2010 г.

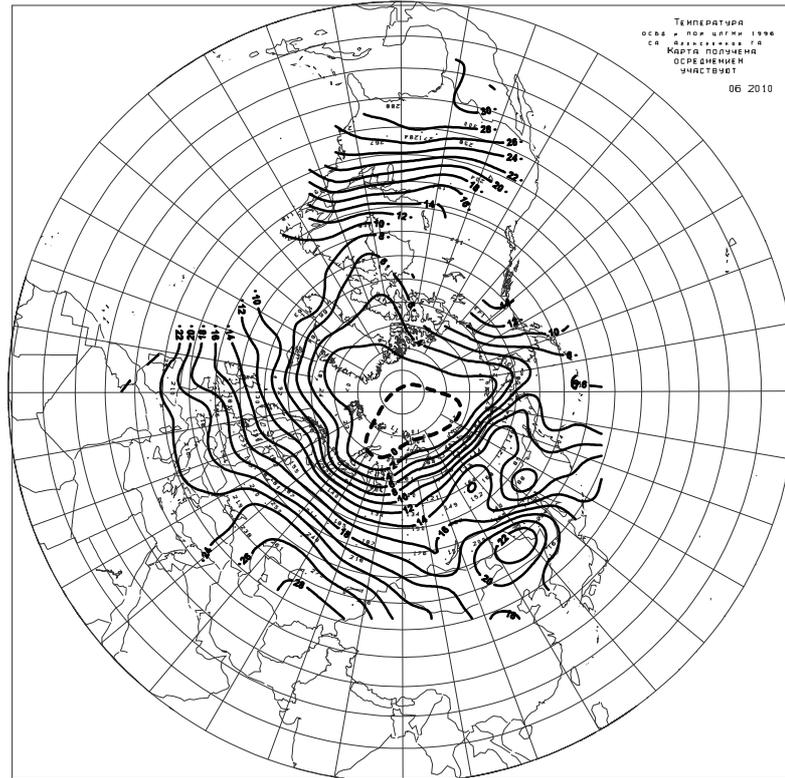


Рисунок 1.29 – Средние месячные приземные температуры воздуха за июнь 2010 г.

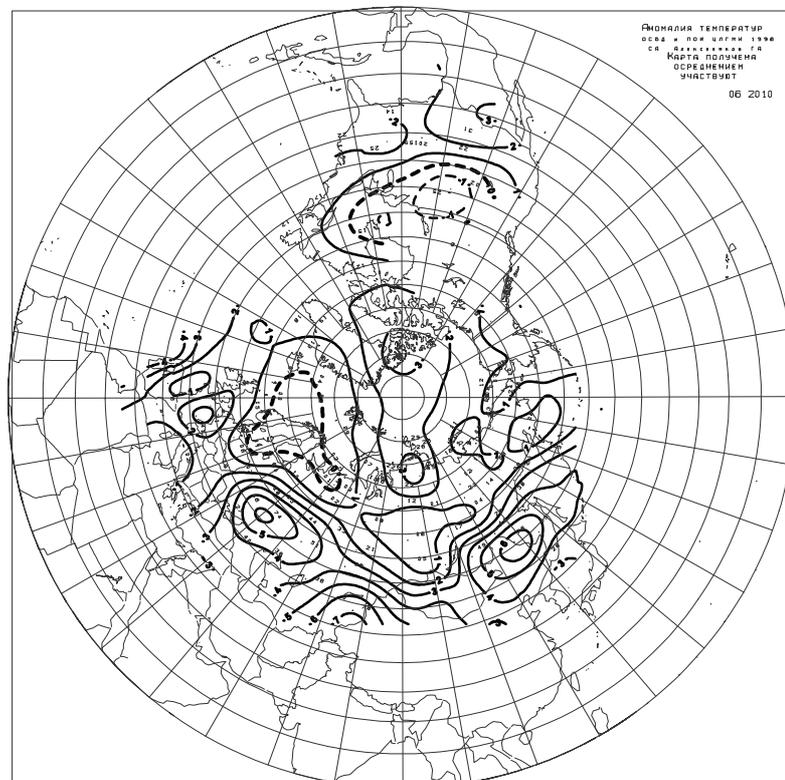


Рисунок 1.30 – Средние месячные аномалии приземной температуры воздуха за июнь 2010 г

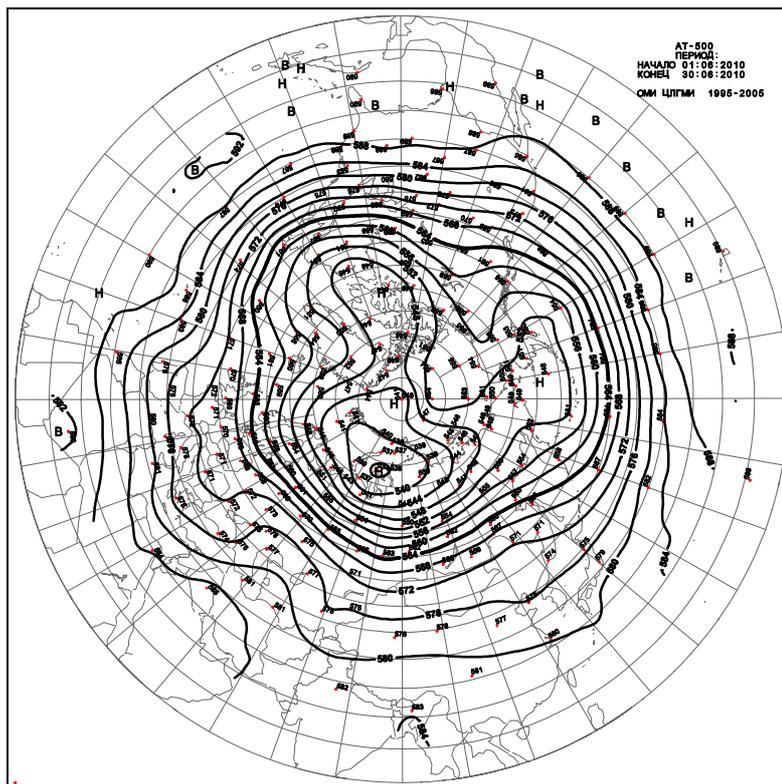


Рисунок 1.31 – Средняя месячная карта изобарической поверхности 500 гПа за июнь 2010 г

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области в зимний период декабрь 2009 – февраль 2010 гг

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха в северной полярной области (СПО) и районах арктических морей за зимний сезон 2009/2010 г.

Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций (рисунок 1.32), а также данные, поступившие с дрейфующей станции СП-37 и дрейфующих буев МПАБ, которые позволили уточнить значения температуры воздуха в околополюсном районе.

Основным методом получения пространственно осредненных по территории Северной полярной области и территориям климатических районов (рисунок 1.33) аномалий температуры воздуха является метод оптимальной интерполяции и оптимального осреднения. Приводимые оценки аномалий температуры были получены относительно рекомендованного ВМО стандартного периода 1961–1990 гг. В качестве зимнего сезона рассматривался период с декабря 2009 г. по февраль 2010 г.

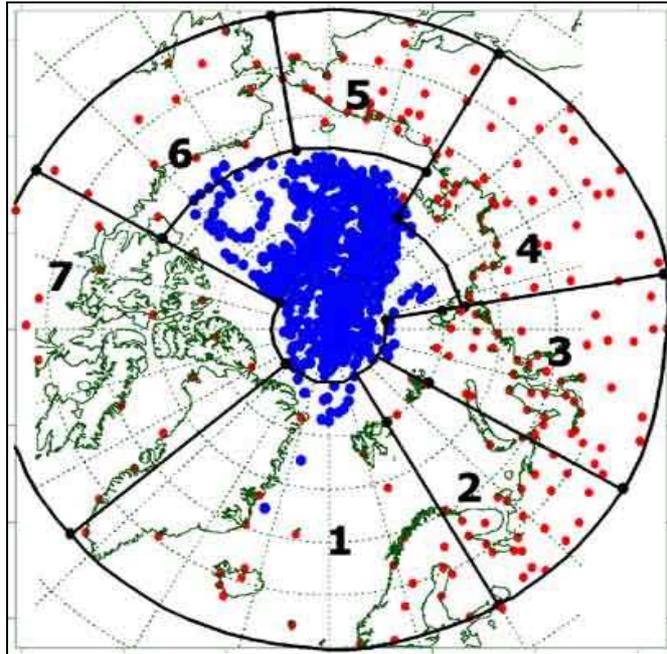


Рисунок 1.32 – Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

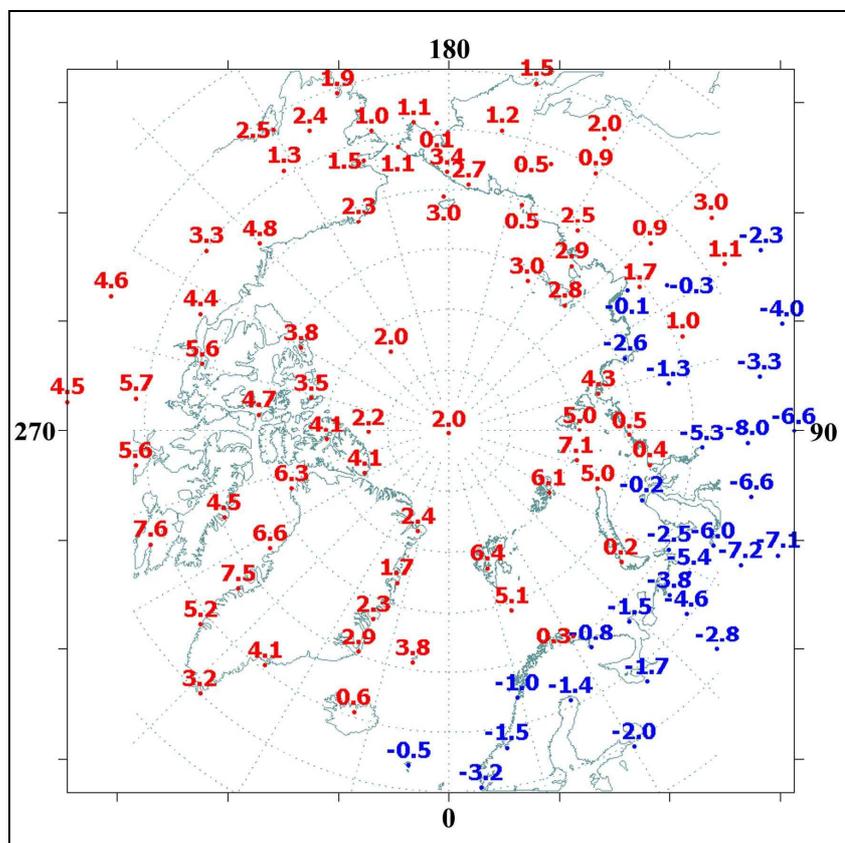


Рисунок 1.33 – Значения аномалий средней температуры воздуха зимнего сезона на станциях северной полярной области, °С



Оценка аномалий средней температуры воздуха за зимний сезон 2009/10 года по отдельным широтным зонам представлена в таблице 1.3. В целом по широтной зоне 60–85° с.ш. аномалия температуры воздуха составила 0,7 °С (нормированная аномалия 0,8 σ). Зима 2009/10 г. в СПО стала двадцать девятой теплой зимой по рангу теплых лет за период с 1936 г. К северу от 70° с.ш., в широтной зоне 70–85° с.ш., зимний сезон оказался седьмым теплым сезоном по рангу теплых лет с аномалией температуры 2,9 °С (нормированная аномалия 3,6 σ). К югу от 70° с.ш., в широтной зоне 60–70° с.ш., прошедший зимний сезон стал шестьдесят шестым по рангу теплых лет с аномалией –0,9 °С (нормированная аномалия –0,7 σ) за период с 1936 г.

Таблица 1.3 – Аномалии средней температуры воздуха за зимний сезон 2009/10 г. отдельных широтных зон, °С

Широтная зона, градусы с.ш.	Аномалия	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
70–85	2,9	3,6	7	2006 (5,1)
60–70	–0,9	–0,7	66	2008 (2,1)
60–85	0,7	0,8	29	1937 (2,8)

Сопоставление значений пространственно осредненных по территориям климатических районов аномалий температуры воздуха в зимнем сезоне 2009/10 г. обнаружило преимущественное расположение очагов крупных положительных аномалий температуры в североамериканском секторе СПО. Наиболее крупная аномалия температуры воздуха в зимнем сезоне 2009/10 г. имела место в Канадском районе. Значение пространственно осредненной по территории района аномалии составило 5,0 °С (нормированная аномалия 3,1 σ) (таблица 1.4).

Для Канадского района этот сезон оказался самым теплым за весь период наблюдений с 1936 г. В районах евразийского сектора, в Североевропейском и Западносибирском, имели место отрицательные аномалии температуры воздуха, значение пространственно осредненной по территории каждого из районов аномалии составило соответственно от –0,6 и –2,0 °С.

Таблица 1.4 – Аномалии средней температуры воздуха за зимний сезон 2009/10 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
Атлантический	1,9	1,6	14	2006 (3,1)
Североевропейский	–0,6	–0,3	55	1937 (2,8)
Западносибирский	–2,0	–0,8	65	1937 (3,0)
Восточносибирский	0,1	0,1	45	1989 (2,1)
Чукотский	1,7	1,3	9	1938 (3,8)
Аляскинский	2,2	0,9	11	2001 (2,6)
Канадский	5,0	3,1	1	2010 (3,1)



На метеорологических станциях в районах арктических морей и на территории суши севернее 70° с.ш. в зимнем сезоне 2009/10 г. в североамериканском секторе и в восточной части азиатского отмечались только положительные аномалии температуры воздуха (рис.2). Крупные аномалии наблюдались в северных частях Гренландского и Норвежского морей, районах Карского, Восточно–Сибирского, Чукотского морей, моря Бофорта. Самые высокие значения положительных аномалий наблюдались в северной части Канадского района. Здесь значение пространственно осредненной аномалии температуры воздуха составило 5,0 °С (нормированная аномалия 2,6 σ) (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за зимний сезон 2009/10 г. для районов севернее 70° с.ш., °С

Море, часть климатического района	Аномалия	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	3,4	1,9	8	2006 (3,1)
Баренцево море	2,1	1,1	29	1937 (4,0)
Карское море	2,6	1,1	26	1945 (4,2)
Море Лаптевых	1,4	0,8	25	1937 (2,6)
Восточно–Сибирское море	2,5	2,2	3	1938 (4,9)
Чукотское море	2,5	1,5	9	1938 (5,7)
Море Бофорта	3,7	2,2	3	2006 (5,4)
Северная часть Канадского района	5,0	2,6	1	2010 (2,6)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85° с.ш. представлены на рисунке 1.34, а для районов арктических морей на рисунке 1.35.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за зимний сезон СПО и отдельных широтных зон за период 1936/37–2009/10 гг. выявила наличие статистически значимого положительного линейного тренда только для широтной зоны 60–70° с.ш. (на 5–% уровне значимости). Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за зимний сезон температуры прослеживается в Восточносибирском (на 10–% уровне значимости) и Аляскинском (на 5–% уровне значимости) районах, где он соответственно равен 0,16 и 0,35 °С/10 лет (потепление составило 1,2 и 2,6 °С за 75 лет).

В последнем тридцатилетнем периоде статистически значимое повышение температуры составило: в широтной зоне 70–85° с.ш. 2,6 °С/30 лет (на 5–% уровне значимости) и широтной зоне 60–85° с.ш. 1,1 °С/30 лет (на 10–% уровне значимости).



В последнем десятилетнем периоде повышение температуры воздуха зимнего сезона отмечается практически по всем районам северной полярной области. Лишь в Аляскинском районе имеет место отрицательный линейный тренд. Наиболее заметно потепление в последнем десятилетии наблюдается в районах атлантического сектора Арктики, а также в Восточносибирском районе (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Коэффициенты линейного тренда средней за зимний сезон температуры воздуха отдельных районов

Район, широтная зона	1936/37–2009/10		1981/82–2009/10		2001/02–2009/10	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Атлантический	0,11	19,8	0,98	66,2	1,12	38,2
Североевропейский	0,00	0,1	0,96	33,7	1,16	16,4
Западносибирский	-0,12	10,2	0,03	1,3	2,53	30,8
Восточносибирский	0,16	19,2	0,07	4,0	2,15	45,3
Чукотский	0,01	0,9	0,12	8,2	1,55	29,9
Аляскинский	0,35	33,0	0,17	7,9	-3,36	50,3
Канадский	0,17	21,2	1,12	52,8	1,95	37,8
70–85°с.ш.	0,03	4,4	0,86	59,1	2,56	61,3
60–70°с.ш.	0,12	24,5	0,03	2,5	-0,93	29,8
60–85°с.ш.	0,08	16,8	0,35	35,7	0,42	22,9

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

В районах арктических морей положительный линейный тренд прослеживается по всем морям с последнего 30–ти летнего периода. Наиболее стремительно повышение температуры происходит в северной части Гренландского и Норвежского морей, а также в районе Баренцева моря. За 30–летний период зимняя температура воздуха в районе Баренцева моря повысилась на 4,2 °С/30 лет (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Коэффициенты линейного тренда средней за зимний сезон температуры воздуха районов арктических морей

Море, часть моря	1936/37–2009/10		1981/82–2009/10		2001/02–2009/10	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,14	15,6	1,35	58,6	2,21	44,9
Баренцево море	-0,14	12,3	1,40	57,4	2,73	40,9
Карское море	-0,23	16,3	0,93	29,7	5,30	54,6
Море Лаптевых	-0,06	6,9	0,12	7,0	2,66	49,9
Восточно–Сибирское море	0,09	14,3	0,14	11,1	2,51	57,8
Чукотское море	0,14	16,3	0,35	19,4	2,19	50,0
Море Бофорта	0,37	46,6	1,08	56,9	0,45	10,5
Северная часть Канадского района	0,06	7,1	1,25	53,4	2,08	47,3

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

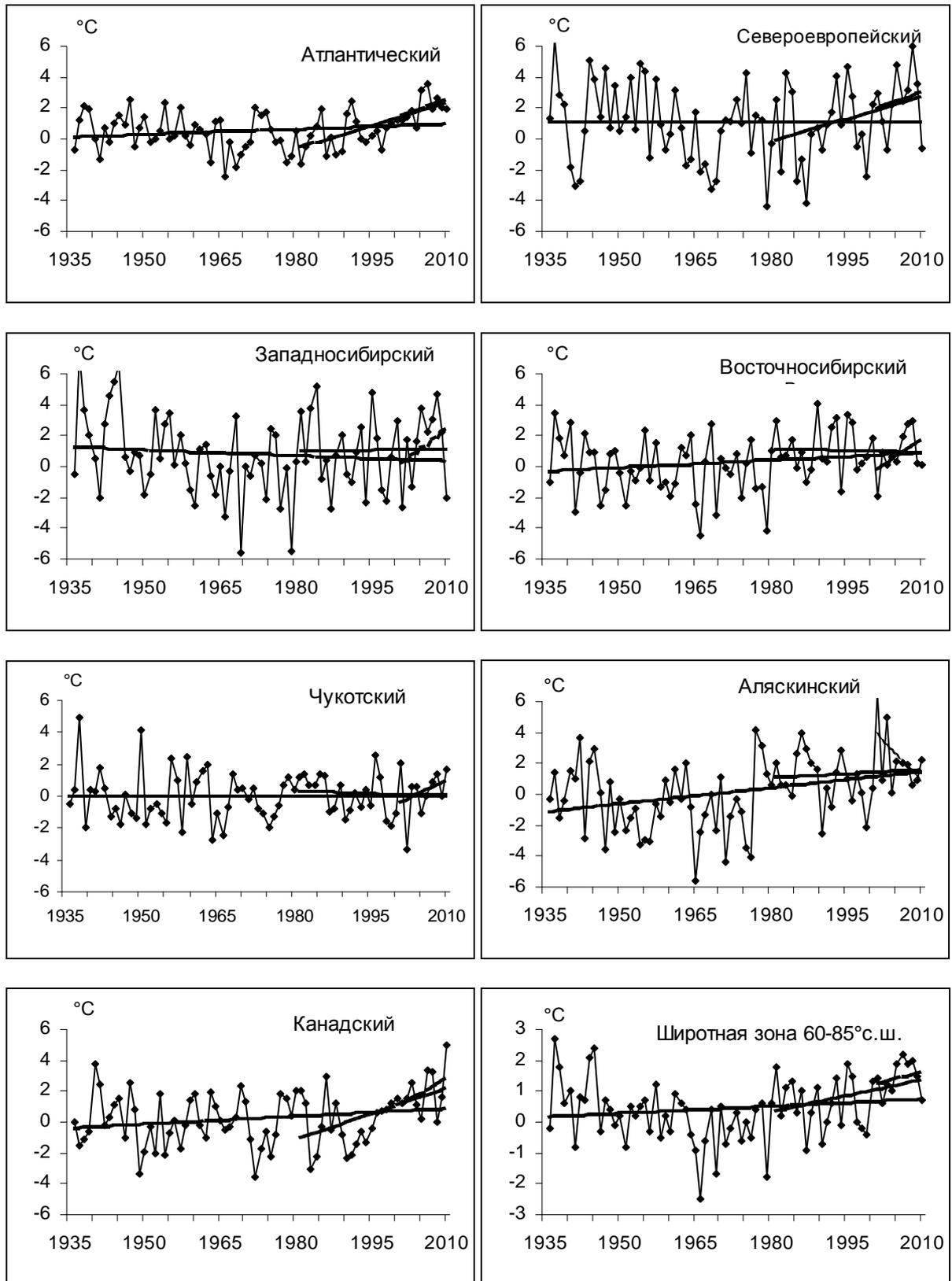


Рисунок 1.34 – Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха, °C

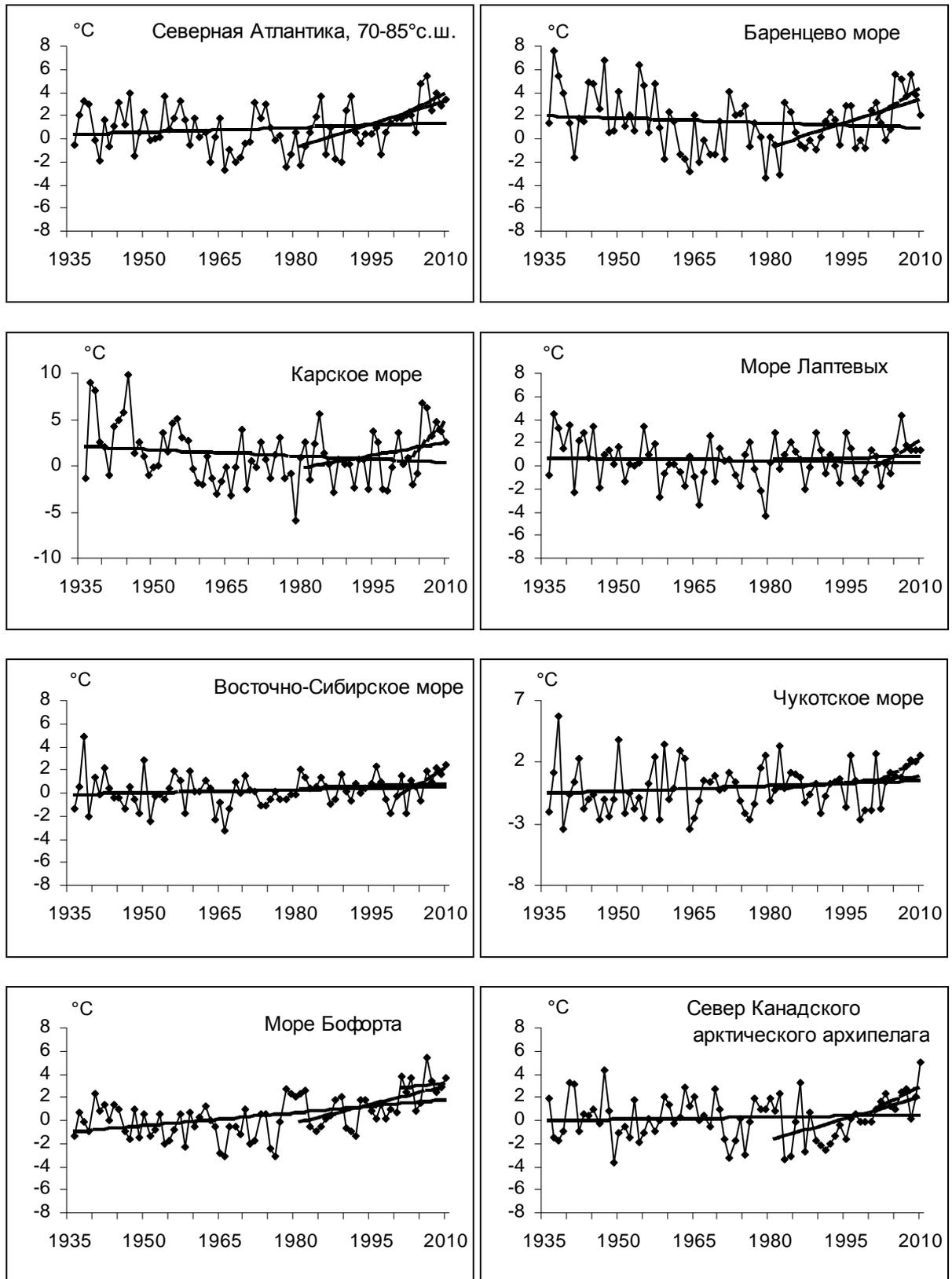


Рисунок 1.35 – Временные ряды аномалий температуры воздуха за зимний сезон, °C



1.3 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области в весенний период март – май 2010 г

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха и атмосферных осадков по районам северной полярной области (см. рисунок 1.32) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений на 250 стационарных метеорологических станциях, а также данные, поступающие с дрейфующей станции СП–37 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.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2010 года по отдельным широтным зонам (60–85, 60–70 и 70–85° с.ш.) представлена в таблице 1.8. В весеннем сезоне 2010 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 2,3 °С (нормированная аномалия 2,6 σ). Весна 2010 г. по рангу теплых лет стала третьей теплой весной за период с 1936 г. Аномалия температуры для широтной зоны 60–70° с.ш. составила 1,8 °С (нормированная аномалия 2,0 σ). Более теплым весенний сезон 2010 г. оказался для широтной зоны 70–85° с.ш. Здесь аномалия температуры составила 2,5 °С (нормированная аномалия 2,5 σ). Прошедший весенний сезон для этих широтных зон оказался соответственно шестым и третьим по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.8 – Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2010 г., °С

Широтная зона, ° с.ш.	Аномалия, °С	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
70–85	2,5	2,5	3	2007 (3,4)
60–70	1,8	2,0	7	1990 (2,8)
60–85	2,3	2,6	4	1990 (2,8)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2009 г. для отдельных климатических районов выявило несколько крупных очагов (более 1,5 σ) положительных аномалий температуры, наиболее крупный из которых располагался на территории Канадского района (рисунок 1.36, таблица 1.9).



Таблица 1.9 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за весенний сезон 2010 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия, °С	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
Атлантический	1,7	1,9	7	2004 (3,5)
Североевропейский	2,3	1,5	7	2007 (2,3)
Западносибирский	2,8	1,6	9	1995 (2,8)
Восточносибирский	2,2	1,6	10	1990 (3,0)
Чукотский	0,8	0,6	27	2002 (3,0)
Аляскинский	1,3	0,6	25	1981 (1,9)
Канадский	4,6	4,2	1	2010 (4,2)

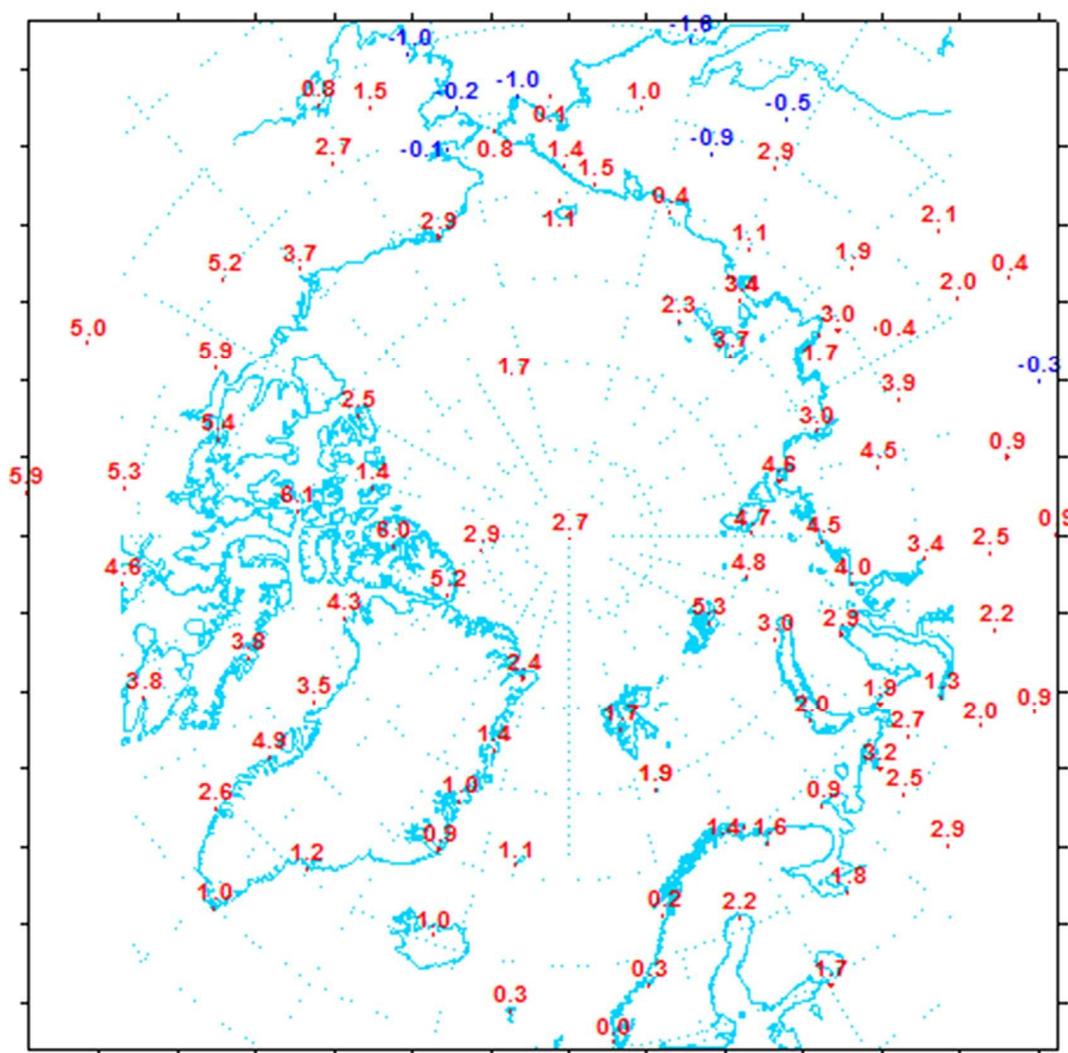


Рисунок 1.36 – Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона на станциях северной полярной области, °С



Аномалия температуры составила 4,6 °С (4,2 σ). Весна 2010 г. в Канадском районе стала наиболее теплой весной за период с 1936 г. Предыдущий наиболее теплый сезон здесь был отмечен в 2006 г. (аномалия 4,1 °С; 3,6 σ).

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 море, Карском море, море Лаптевых. Самая крупная аномалия имела место в североамериканском секторе: в северной части Канадского района и района моря Бофорта (таблица 1.10). Значение нормированной аномалии составило соответственно 3,2 и 2,9 σ . Предыдущая наиболее теплая весна в этих места наблюдалась в 2006 г. (4,0 °С; 3,1 σ) и 1990 г. (3,6 °С; 2,8 σ) соответственно.

Таблица 1.10 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за весенний сезон 2010 г. для районов севернее 70 °с.ш., °С

Море, часть климатического района	Аномалия, °С	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	1,4	1,2	18	2004,2006 (3,3)
Баренцево море	2,3	1,6	9	2007 (2,6)
Карское море	5,4	2,7	2	2007 (2,8)
Море Лаптевых	2,7	1,8	5	1943 (3,4)
Восточно–Сибирское море	1,6	1,0	20	1990 (3,4)
Чукотское море	1,1	0,6	27	2002 (2,9)
Море Бофорта	3,8	2,9	1	2010 (2,9)
Северная часть Канадского района	4,2	3,2	1	2010 (3,2)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85° с.ш. представлены на рисунке 1.37, а для районов арктических морей на рисунке 1.38. Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за весенний сезон СПО и отдельных широтных зон за период 1936–2010 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 (таблица 1.11). Повышение температуры весеннего сезона составило соответственно 1,1; 1,2 и 1,2 °С за 75 лет.



Таблица 1.11 – Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха отдельных районов за период 1936–2010 гг.

Район, широтная зона	1936–2010		1981–2010		2001–2010	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Атлантический	0,12	30,5	0,64	63,6	0,79	25,2
Североевропейский	0,21	31,4	0,39	27,0	1,19	33,5
Западносибирский	0,15	17,4	0,65	34,3	1,95	42,4
Восточносибирский	0,18	26,1	0,64	40,2	1,64	34,6
Чукотский	0,20	28,3	0,70	37,8	-1,33	31,2
Аляскинский	0,22	27,3	0,02	1,4	-0,67	19,0
Канадский	0,05	7,8	0,88	51,4	2,55	43,7
60–70°с.ш.	0,16	38,2	0,39	41,8	0,03	1,3
70–85°с.ш.	0,14	30,3	0,74	62,9	1,47	45,6
60–85°с.ш.	0,16	36,5	0,52	54,0	0,64	26,4

Примечание: первый столбец – значение линейного тренда в °С/10 лет; второй столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%; жирным шрифтом выделены статистически значимые значения (коэффициент тренда значим более чем на 5% уровне значимости)

Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за весенний сезон температуры воздуха присутствует в большинстве районов. Наибольшей величины линейный тренд имеет место в Аляскинском районе, где он равен 0,22 °С/10 лет (потепление составило 1,6 °С за 75 лет). В Западносибирском и Канадском районах линейный тренд положителен, но значения статистически не значимы.

Для последнего тридцатилетнего периода 1981–2010 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах характерны статистически значимые положительные тренды температуры. Наиболее высокое значение тренда сохраняется в изменениях температуры на территории к северу от 70° с.ш. Здесь повышение температуры весеннего сезона составило 2,2 °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 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, 2,6, 1,9 и 2,1 °С/30 лет (рисунок 1.37).

В последнем десятилетнем периоде отмечается отсутствие статистически значимых линейных трендов.

В районах всех арктических морей сохраняется положительный знак линейного тренда в изменениях температуры воздуха весеннего сезона (рисунок 1.38, таблица 1.12). Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха сохраняется в районах Карского моря и северной части Гренландского и Норвежского морей. За 1981–2010 гг. температура воздуха в этих районах повысилась соответственно на 2,6 и 2,3 °С/30 лет.

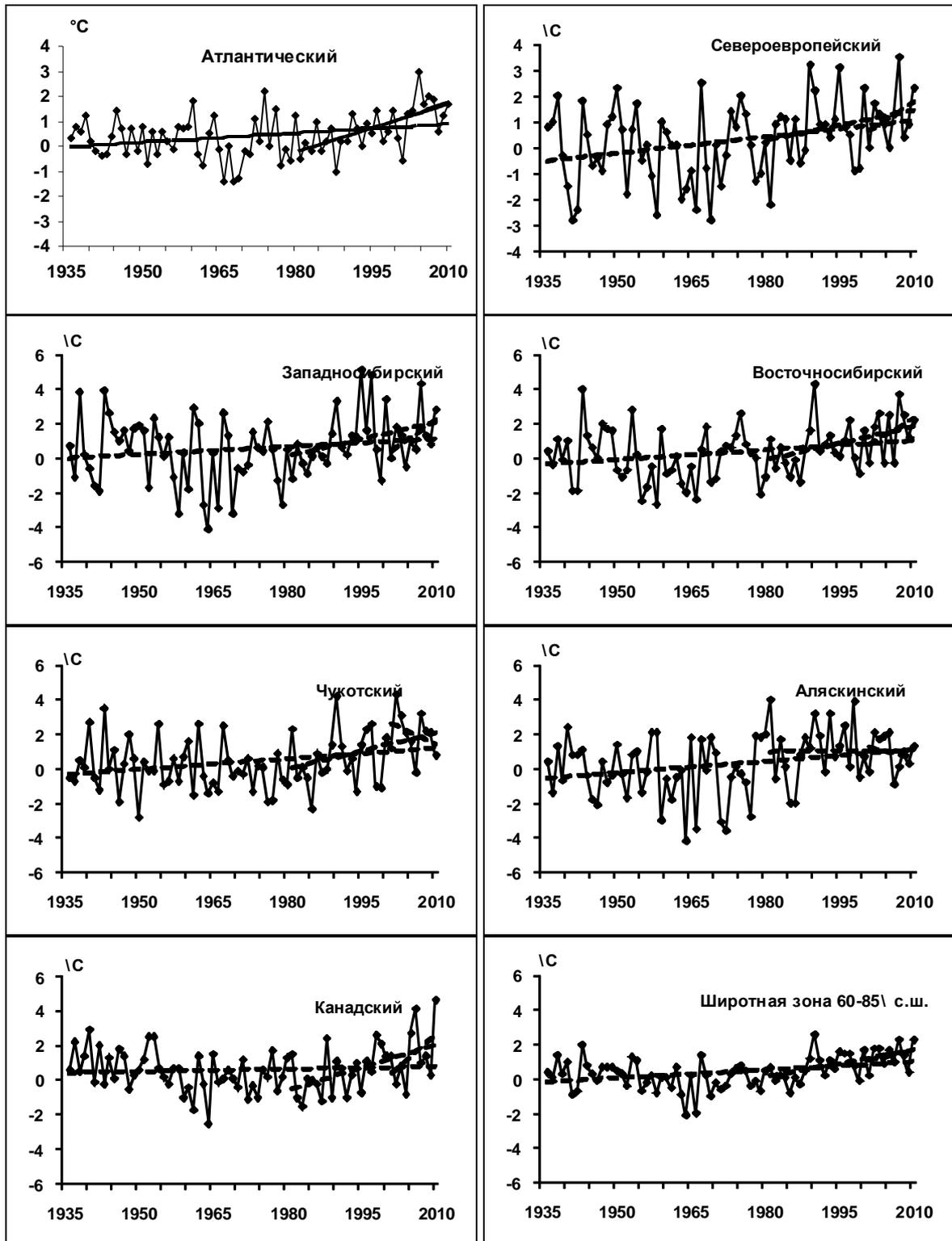


Рисунок 1.37 – Многолетняя изменчивость аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха, °C (1 – аномалии; 2, 3, 4 – линейный тренд за 1936–2010 гг., 1981–2010 гг. и 2001–2010 гг., соответственно)

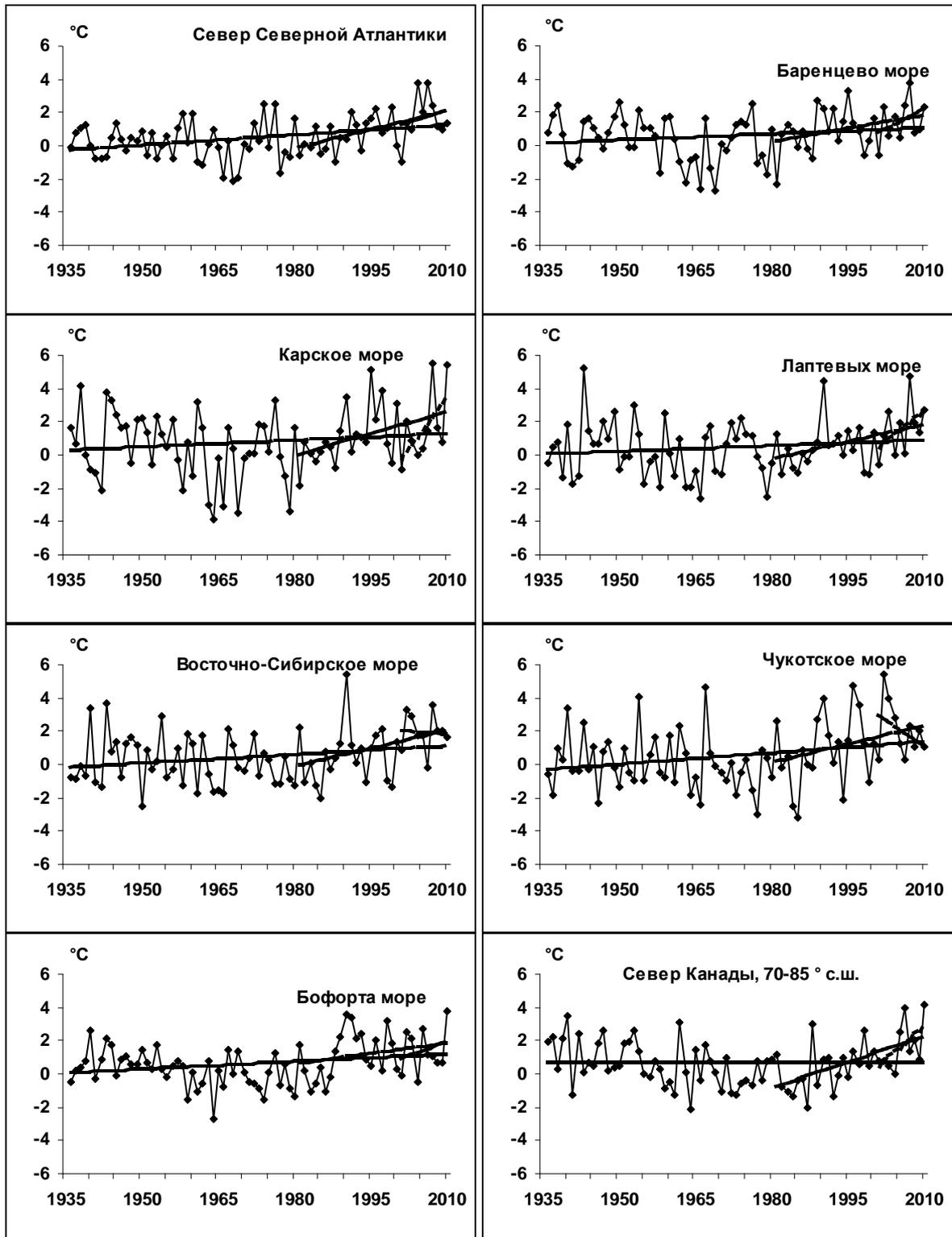


Рисунок 1.38 – Многолетняя изменчивость аномалий температуры воздуха весеннего сезона, °C



Таблица 1.12 – Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха районов арктических морей за период 1936–2010 гг.

Море, часть моря	1936–2010		1981–2010		2001–2010	
	Вх	D	Вх	D	Вх	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,20	36,2	0,76	54,4	1,05	22,5
Баренцево море	0,12	19,0	0,54	36,6	1,59	38,0
Карское море	0,13	14,6	0,88	41,9	4,21	59,6
Море Лаптевых	0,12	15,6	0,69	40,7	2,42	47,0
Восточно–Сибирское море	0,17	23,9	0,71	37,9	–0,21	5,7
Чукотское море	0,23	26,5	0,75	32,5	–2,04	37,6
Море Бофорта	0,15	25,2	0,42	26,8	1,14	25,8

Примечание: первый столбец – значение линейного тренда в °С/10 лет; второй столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%; жирным шрифтом выделены статистически значимые значения

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2009/10 г. проводится для тех же климатических районов, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принят период с октября по май, период преимущественного выпадения твердые осадков.

В таблице 1.13 представлены относительные аномалии (в %) сумм осадков за холодный сезон 2009/10 г. для отдельных широтных зон. В целом для СПО осадков выпало значительно ниже нормы (на 18 %) из–за большей сухости в широтной зоне 60–70° с.ш. (на 20 %). Такое малое количество осадков в СПО отмечается второй раз за весь период с 1936 года. К северу от 70° с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало также менее нормы (на 3 %).

Таблица 1.13 – Относительные аномалии (%) сумм осадков холодного сезона 2008/09 г.

Климатический район, широтная зона	Холодный период	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	67,3	1992 (122%)	1941 (74%)
Североевропейский	104,1	2007 (127%)	1942 (67%)
Западносибирский	97,8	2007 (120%)	1941 (74%)
Восточносибирский	84,6	1967 (129%)	1942 (83%)
Чукотский	81,3	1967 (163%)	1977 (72%)
Аляскинский	97,7	1991 (141%)	1954 (58%)
Канадский	52,3	2005 (120%)	2010 (52%)
60–70° с.ш.	79,9	2007 (115%)	1941 (77%)
70–85° с.ш.	97,0	2008 (122%)	1977 (85%)
60–85° с.ш.	81,9	2007 (114%)	1941 (81%)

Сопоставление годовых сумм осадков выпавших в холодном сезоне 2009/10 г. в отдельных климатических районах обнаруживает, что менее всего осадков выпало в Атлантическом и



Канадском районах, более всего в Североевропейском районе (см. табл.6). В Канадском районе прошедший холодный сезон был наиболее сухим с 1936 г., а предшествующий нынешнему – в 1947 г.

В таблице 1.14 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 рисунок 1.39 представлены временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

Таблица 1.14 – 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
	1935/36–2009/10			1980/81–2009/10		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	6,11	5,4	14,3	-39,22	-13,9	33,5
Скандинавия и север ЕТР	15,82	39,1	70,5	3,01	3,0	7,6
Западная Сибирь	9,60	26,7	62,1	-4,77	-5,3	17,2
Восточная Сибирь	2,70	13,5	36,8	2,54	5,1	14,3
Чукотка	-0,41	-1,4	2,6	-7,34	-10,1	26,3
Аляскинский (южная часть)	2,15	9,5	13,4	0,90	1,6	2,5
Канадский (южная часть)	0,80	4,3	10,3	-5,99	-13,0	31,6
60–70° с.ш.	5,36	13,4	46,4	-6,71	-6,7	27,5
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	8,54	27,2	44,8	8,61	11,0	21,4
Баренцево море	6,00	19,9	49,9	5,35	7,1	17,0
Карское море	0,11	0,6	1,2	16,60	37,5	64,3
Море Лаптевых	-3,48	-21,4	39,8	0,03	0,1	0,2
Восточно–Сибирское и	-8,52	-43,5	57,5	-1,90	-3,9	10,8
Чукотское моря	0,08	1,3	0,8	12,34	82,8	50,3
Аляскинский (северная часть)	1,36	17,0	21,1	1,46	7,3	8,3
Канадский (северная часть)	0,72	3,9	13,9	6,78	14,7	50,5
70–85° с.ш.	8,54	27,2	44,8	8,61	11,0	21,4
Атлантический	6,71	7,8	21,8	-24,36	-11,4	28,5
Североевропейский	11,80	32,3	73,3	4,42	4,8	16,5
Западносибирский	5,60	19,8	57,4	4,24	6,0	21,3
Восточносибирский	0,33	1,8	5,8	1,55	3,3	10,8
Чукотский	-3,54	-13,9	25,8	-5,27	-8,3	28,1
Аляскинский	1,80	9,0	13,6	2,80	5,6	9,3
Канадский	1,03	7,1	17,0	-3,18	-8,8	21,3
60–85° с.ш.	3,45	10,6	42,3	-2,55	-3,1	14,1

Примечание: первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет; второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднесезонного значения за 74 года; третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%; жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды

В холодных сезонах за весь период осадки более всего выросли в Североевропейском районе (на 32 %) и Западносибирском (на 20 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части районов на 39 и 27 % соответственно. В Восточносибирском районе, напротив, твердые осадки уменьшились на 14 %, а в южной части района с этого сезона знак тренда стал отрицательным.

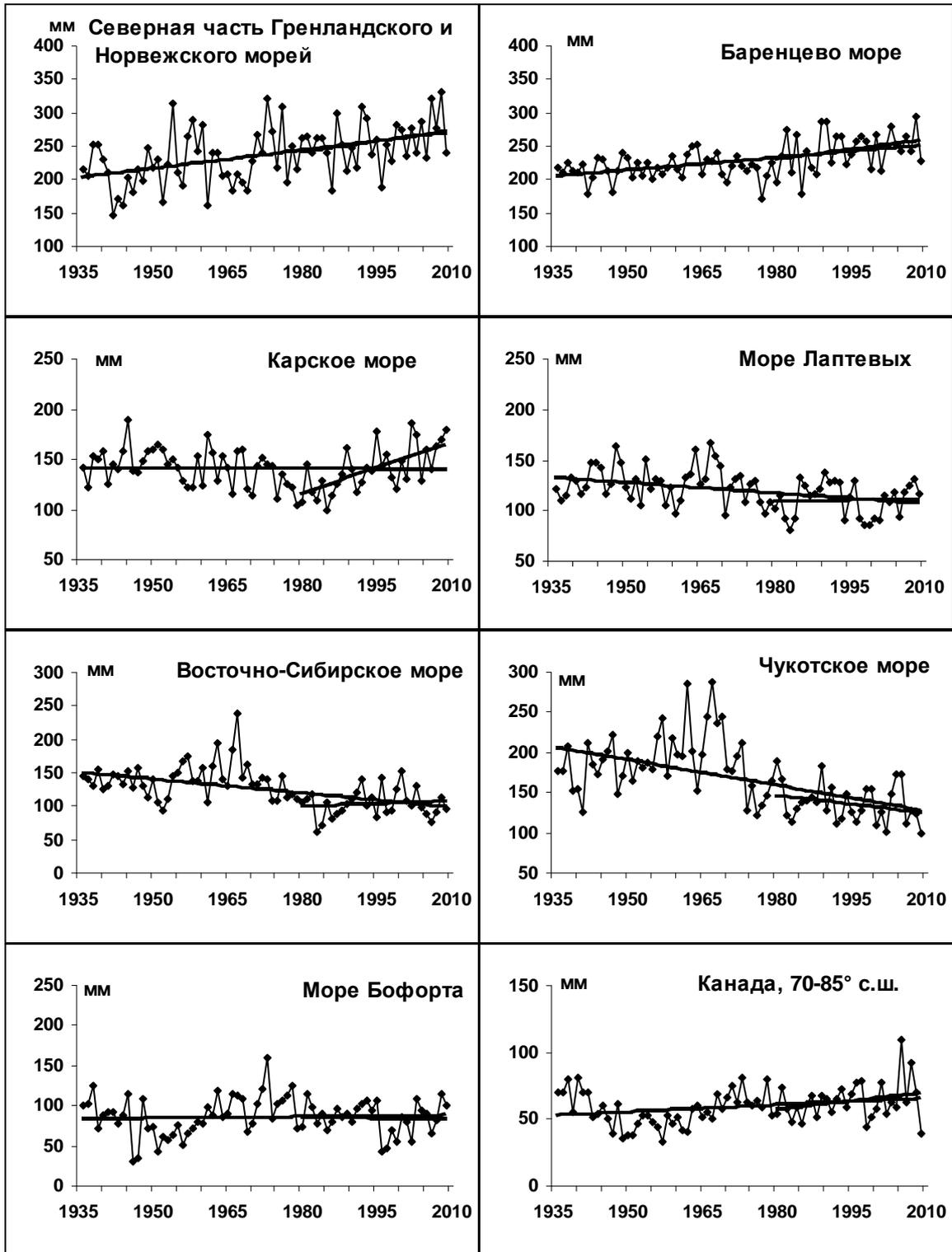


Рисунок 1.39 – Многолетняя изменчивость сумм осадков холодного сезона к северу от 70° с.ш., мм



В целом главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936–2010 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения твердых осадков в целом по региону на 11 % и к югу от 70° с.ш. на 13 % от нормы.

Относительно возможно наметившихся тенденций в изменениях сумм твердых осадков укажем на появление в последнем тридцатилетии отрицательного знака тренда как в целом по СПО, так и южной ее части. К северу же от 70° с.ш. сохраняется положительный тренд и количество твердых осадков продолжает увеличиваться.

2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе–июне 2010 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в январе–июне 2010 года получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ГУ «АНИИ» на дрейфующей станции «СП–37» 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>

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 2007 года 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>).

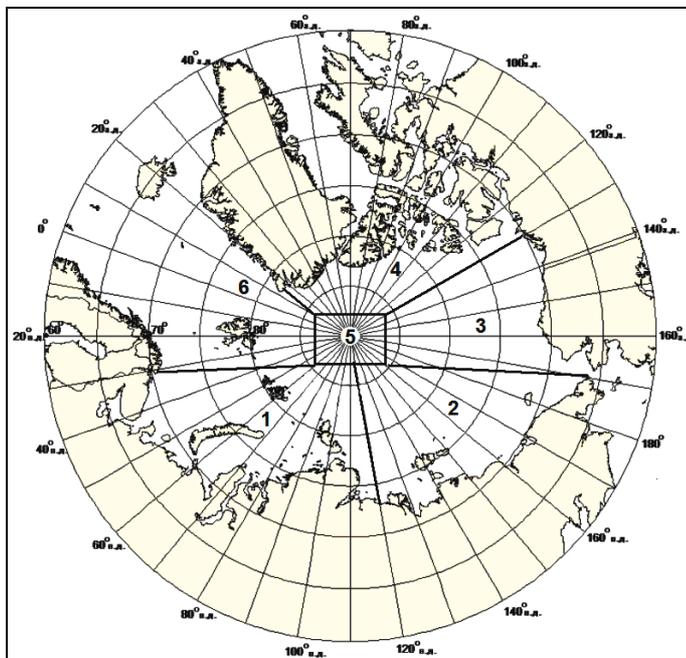


Рисунок 2.1 – Районы Северного Ледовитого океана и их границы (1–западный район российского сектора; 2–восточный район российского сектора; 3–алаянский сектор; 4–канадский сектор; 5–приполюсный район; 6–гренландский сектор)

2.1 Развитие ледовых условий в зимний период (январь–апрель 2010 года)

Развитие ледовых условий в зимний период 2010 г. проходило на фоне позднего начала ледообразования, высокого положения кромки дрейфующих льдов в приполюсном районе о канадском секторе Арктики и малой остаточной ледовитости в арктических морях в осенний период 2009 г.

Характерной чертой осенних процессов 2009 года явилось близкое к норме начало ледообразования в центральной части океана, среди остаточных льдов, и позднее начало ледообразования (на 1–2 декады) в арктических морях. Большая интенсивность процессов ледообразования и нарастания льда частично компенсировало позднее ледообразование. В результате этого в морях российского и аляскинского секторов Арктики в конце года преобладали однолетние средние и тонкие льды. Часть акватории Баренцева и Чукотского морей находящиеся под влиянием адвекции тепла течениями, были покрыты молодыми льдами (рисунок 2.2).

Граница старых льдов наблюдалась значительно севернее своего обычного положения. Основная масса старых льдов оказалась смещенной в приполюсный район, канадский и гренландский сектора Арктики. Большой отрог массива старых льдов наблюдался и в центральной части российского сектора Арктики, у северной границы моря Лаптевых.

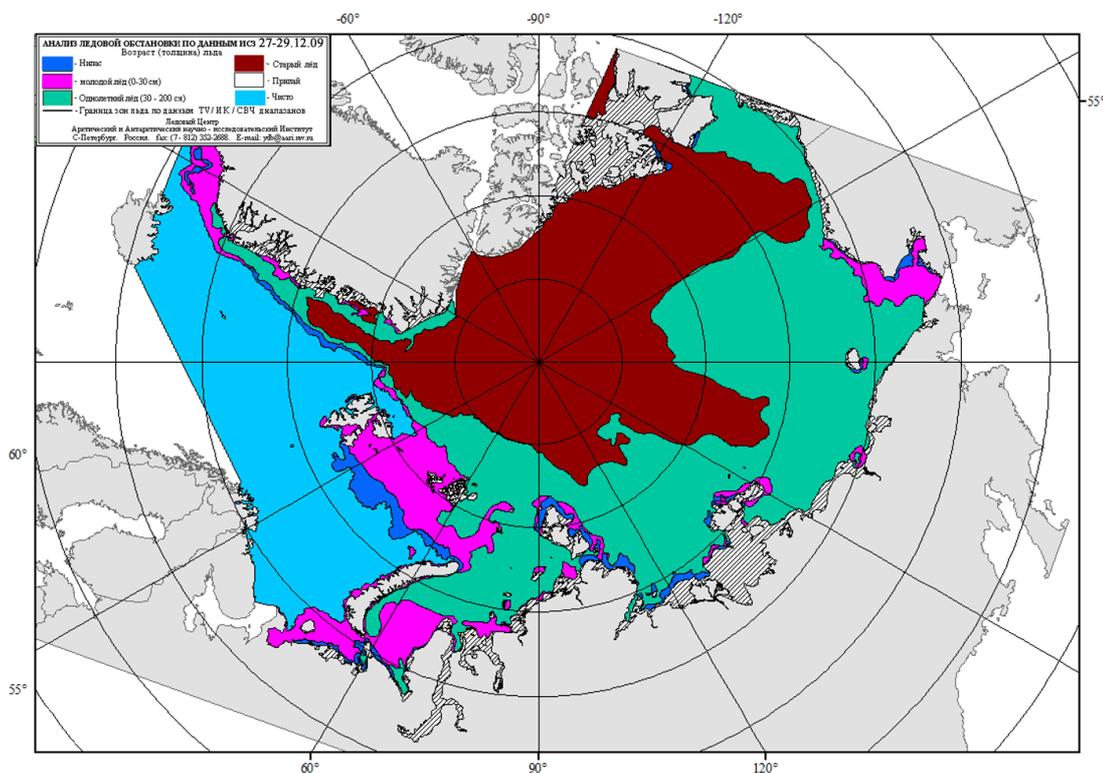


Рисунок 2.2 – Среднемесячное распределение льда по возрасту в конце декабря 2009 г.



Общее количество льда в Северном Ледовитом океане было меньше среднемноголетнего. По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий ГУ «ААНИИ», общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря составила 13,4 млн. кв. км при норме 14,1 млн. кв. км, что на 5 % меньше среднемноголетних значений.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на конец каждого месяца и поля среднемесячного дрейфа за период январь–апрель 2010 года приведены на рисунках 2.3–2.14.

Распределение льдов по возрасту и положение границы старых льдов в январе имело ряд специфических черт. В западном районе российского сектора Арктики (в Баренцевом и Карском морях) в течение всего января наблюдалось большое количество молодых льдов (до 30 см). В остальных морях от Лаптевых до моря Бофорта преобладали однолетние льды. В морях сибирского шельфа наблюдались хорошо развитые заприпайные полыньи, которые образовывались вследствие выносного дрейфа из этих морей в центральный полярный бассейн (рисунок 2.3).

Сравнение медианного распределения сплоченности льда в январе 2010 г. (рисунок 2,4, слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2010 (рисунок 2.4, центр) позволяет определить, что отрицательные аномалии сплоченности наблюдались во всех российских арктических морях. Особенно велики отрицательные аномалии отмечались в морях Баренцевом и Карском.

Поле среднемесячного дрейфа льда показывает, что в течение января преобладал выносной характер дрейфа льда из арктических морей в центральный полярный бассейн, был хорошо выражен Трансарктический перенос и вынос льдов из Арктического бассейна в Гренландское море через пролив Фрама. Канадский антициклональный круговорот был выражен очень слабо (рисунок 2.5).

В феврале продолжалось дальнейшее развитие ледяного покрова и увеличение количества однолетнего льда. Обширная зона молодых льдов появилась в Баренцевом море. В морях Баренцевом и Карском сохранялись отрицательные аномалии сплоченности (рисунки 2.6, 2.7).

В феврале наблюдалась необычная картина дрейфа ледяного покрова. Трансарктический перенос льда практически отсутствовал. Канадский антициклональный круговорот получил необычно обширное развитие. Его центр был смещен в приполюсный район. В центральном полярном бассейне наблюдался слабый неустойчивый дрейф. По периферии антициклонального круговорота наблюдался перенос льда с востока на запад в российских арктических морях и от Гренландии к Аляске вдоль североамериканского побережья (рисунок 2.8).



Массив старых льдов практически не поменял своего положения. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском, канадском секторах и приполюсном районе Арктики и частично в аляскинском и восточном районе российского сектора Арктики.

Примечательно, что отсутствовал припай в проливе Вилькицкого, что подтверждает большую динамику льда в течение января–февраля в Карском море.

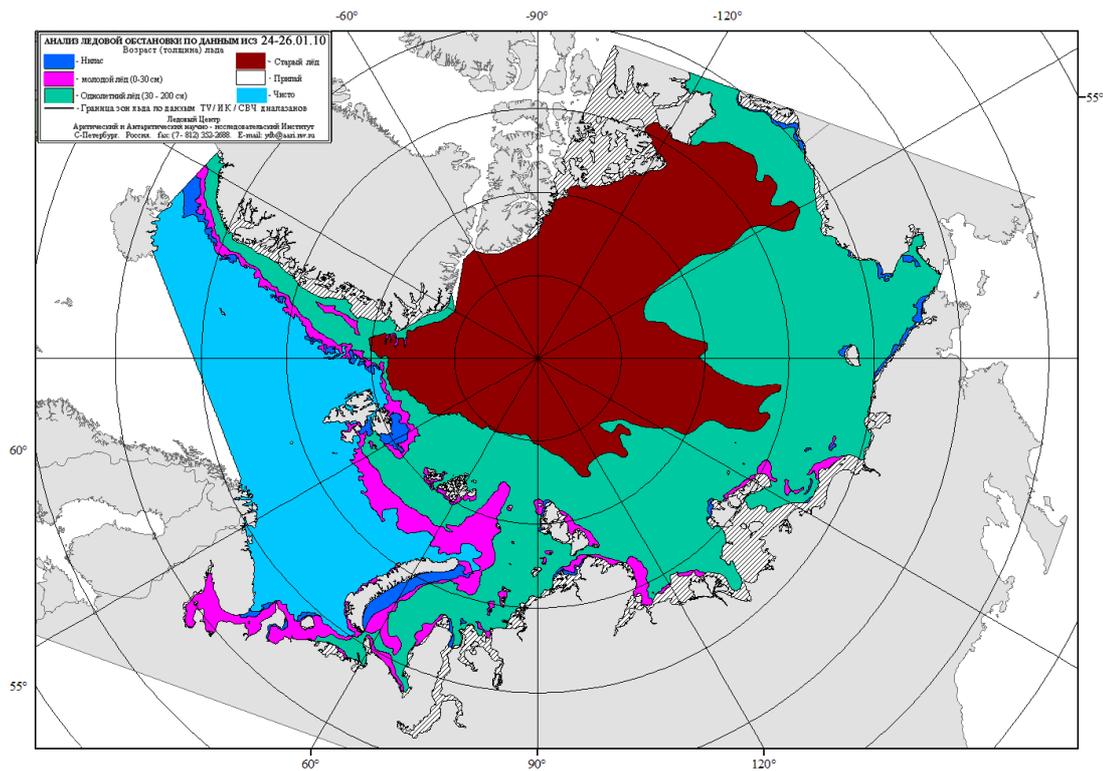


Рисунок 2.3 – Возрастной состав и распределение льда в конце января 2010 г.

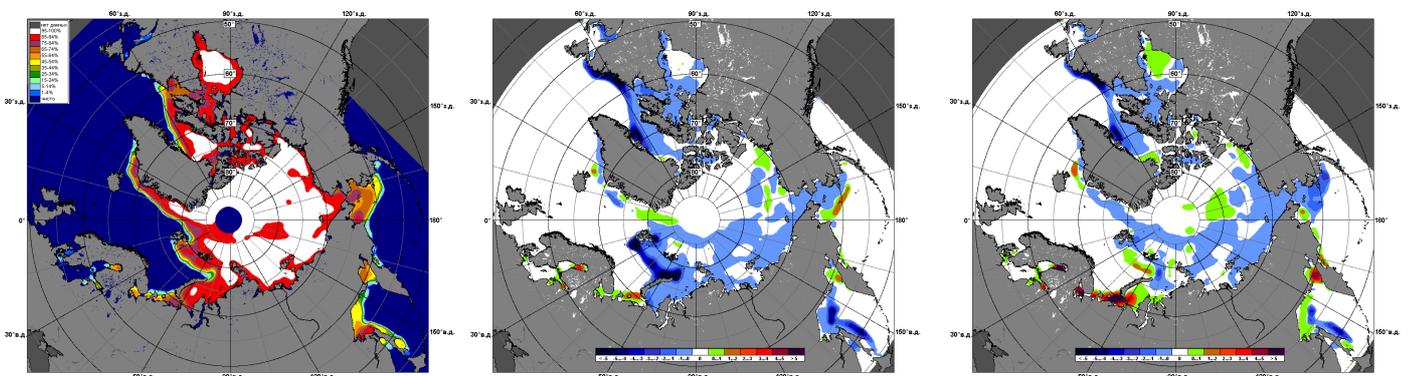


Рисунок 2.4 – Медианное распределение сплоченности льда в январе 2010 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2010 (центр) и 2007–2009 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм

NASATEAM

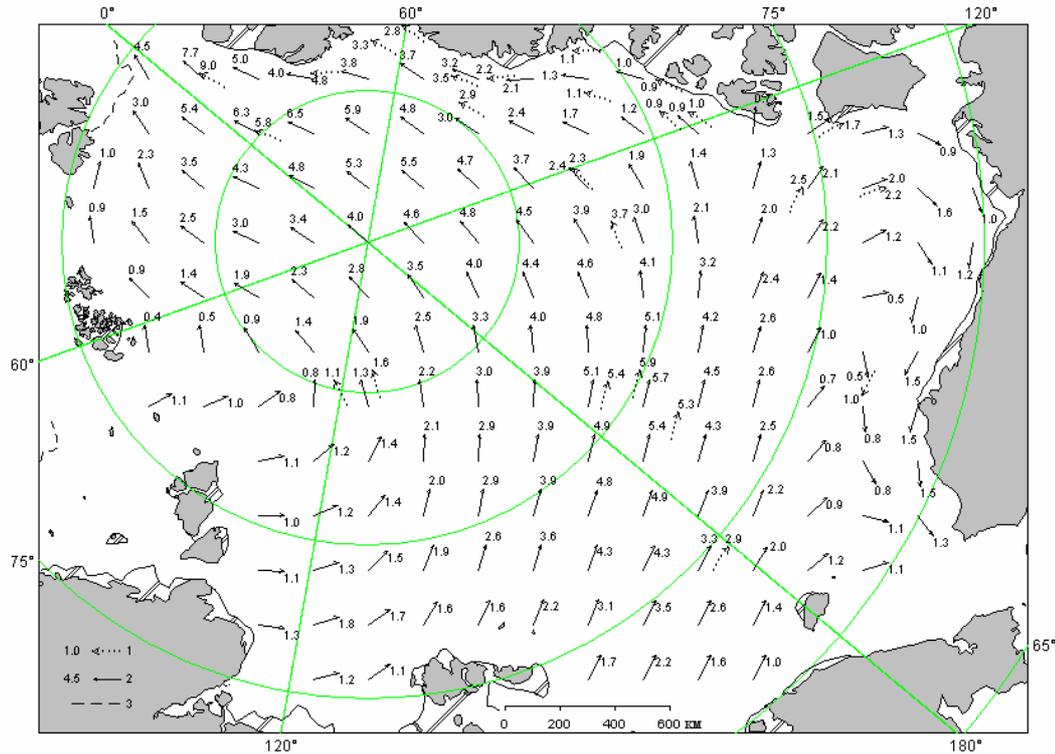


Рисунок 2.5 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за январь 2010 года (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – граница молодого льда)

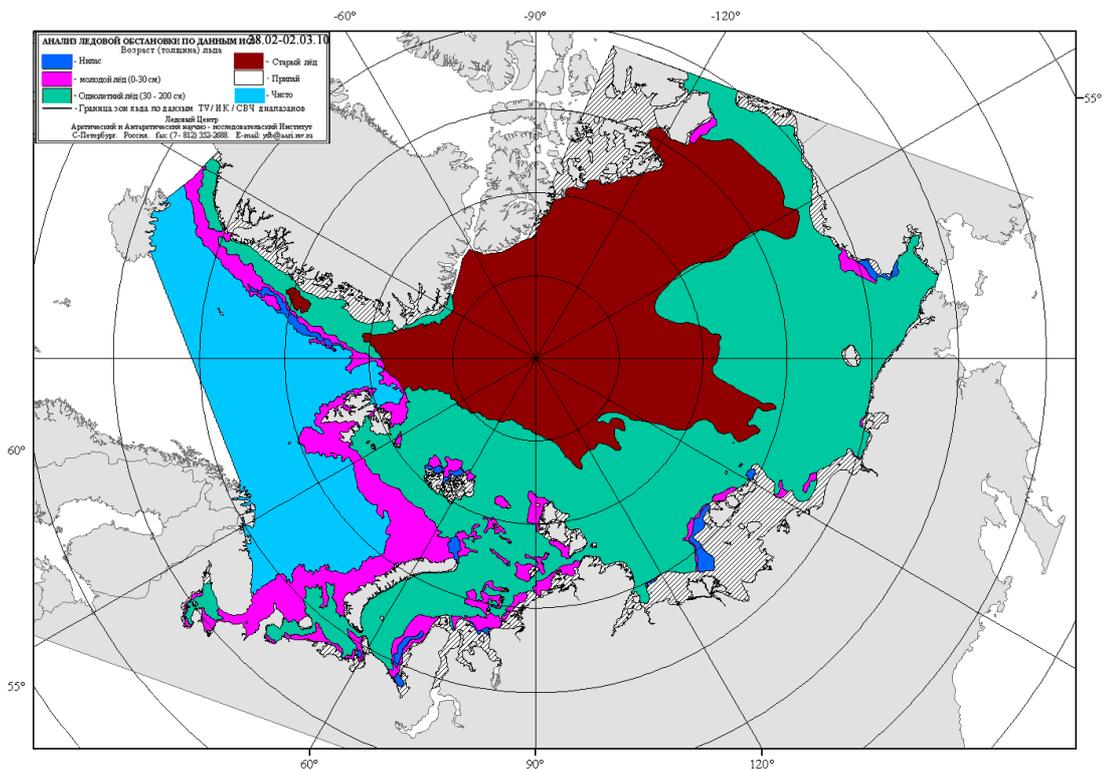


Рисунок 2.6 – Возрастной состав и распределение льда в конце февраля 2010 г.

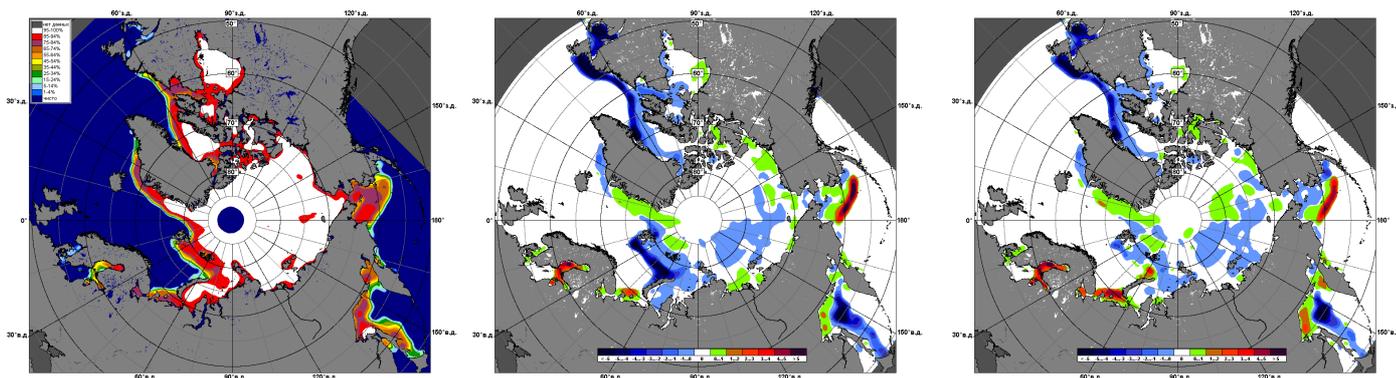


Рисунок 2.7 – Медианное распределение сплоченности льда в феврале 2010 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2010 (центр) и 2007–2009 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

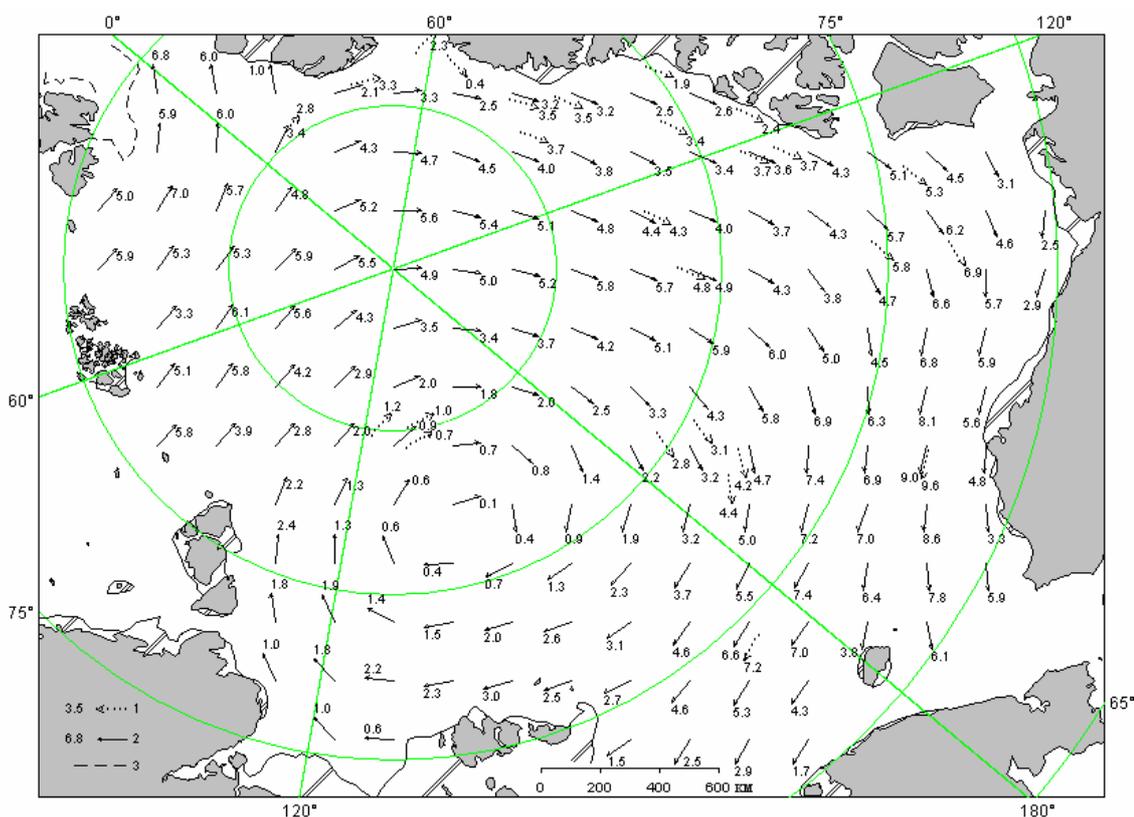


Рисунок 2.8 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за февраль 2010 года (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – граница молодого льда)

В марте наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова. Во всех окраинных морях преобладали однолетние средние и толстые льды. Только в Баренцевом море наблюдалось



большое количество молодых льдов. Установился и стал быстро развиваться припай в проливе Вилькицкого, в Карском море (рисунок 2.9). Произошло выравнивание и приближение к норме поля сплоченности во всем бассейне. Только в районе баренцева моря наблюдались крупные отрицательные аномалии сплоченности (рисунок 2.10).

Обширное развитие сохранял канадский антициклональный круговорот с центром смещенным в приполюсный район. В результате его во всех морях наблюдался дрейф ледяного покрова западного направления. Перемещения льда хорошо прослеживаются по смещению границ «языков» старых льдов в аляскинском секторе Арктики и восточном районе российского сектора. Если в конце февраля западные границы «языков» наблюдались до 150 меридиана восточной и 150 меридиана западной долготы, и практически не пересекали их, то в конце марта западные границы этих «языков» не только пересекли указанные меридианы. Но и продвинулись далее в западном направлении.

Трансарктический перенос льда был развит слабо и смещен в западный район российского сектора Арктики, в результате чего наблюдался слабый вынос льда из морей Карского и Лаптевых (рисунок 2.11).

Развитие припая в российских арктических морях в течение трех зимних месяцев проходило с небольшой интенсивностью. Площадь припая практически во всех морях была меньше среднемноголетних значений везде, кроме Восточно–Сибирского моря. В конце марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 570 тыс. кв. км при норме 615 тыс. кв. км, или на 7% меньше среднемноголетних значений.

Развитие заприпайных полыней в этих морях, было близким к среднемноголетним значениям. Суммарная площадь полыней составила в конце марта 107 тыс. кв. км при норме 101 тыс. кв. км, или почти на 6% больше среднемноголетних значений, в основном за счет небольшого, но устойчивого выноса льда из морей западного района российского сектора Арктики.

В апреле сохранялась сходная ледовая обстановка. Наблюдалась неустойчивая картина дрейфа льда. Без четко выраженных основных структур дрейфа – Трансарктического переноса и канадского антициклонального круговорота. Наблюдался слабый принос льда в моря восточного района российского сектора Арктики и слабый вынос льда из морей западного района. В результате, в районе Новосибирских островов значительно выросла площадь заприпайных льдов, а в Карском море наблюдались постоянные заприпайные полыни (рисунок 2.12).

Поле сплоченности носило достаточно однородный характер с незначительными положительными аномалиями, сформировавшимися в морях Бофорта и Лаптевых и



сохраняющейся значительной отрицательной аномалией в северной части Баренцева моря (рисунок 2.13).

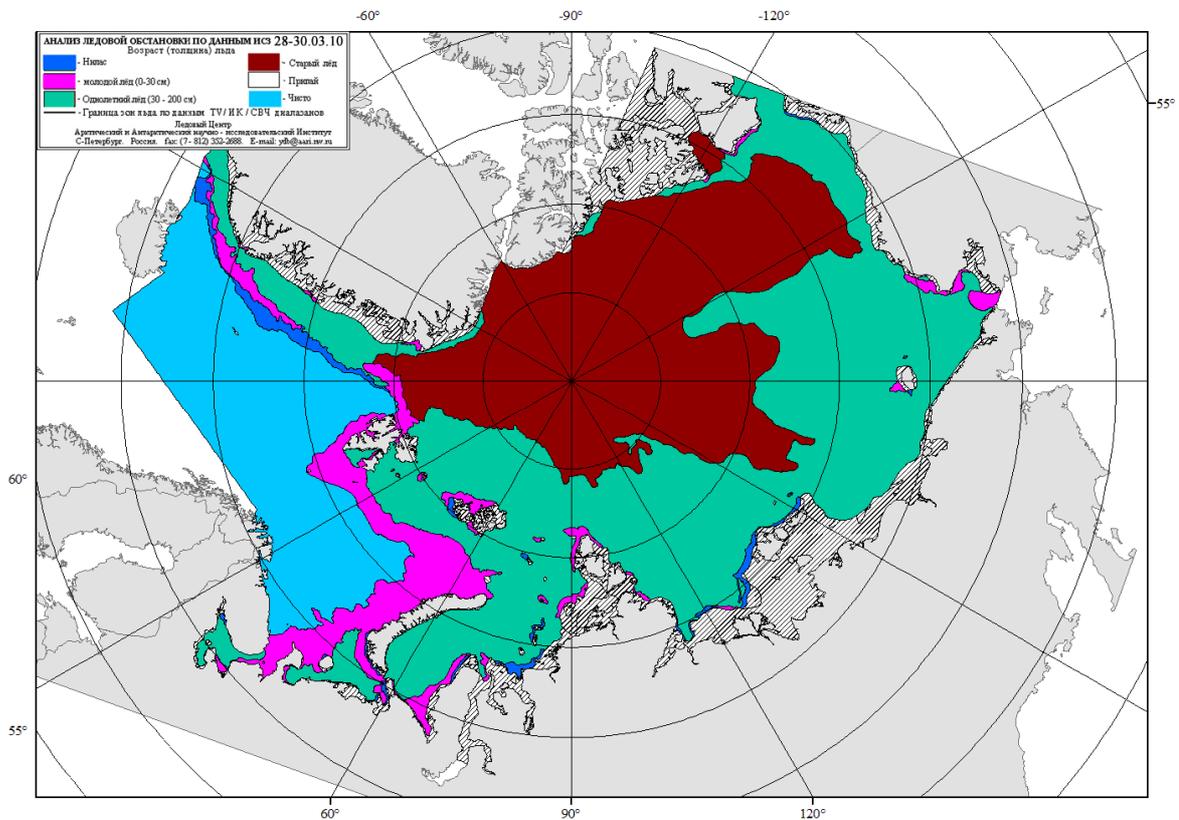


Рисунок 2.9 – Возрастной состав и распределение льда в конце марта 2010 г.

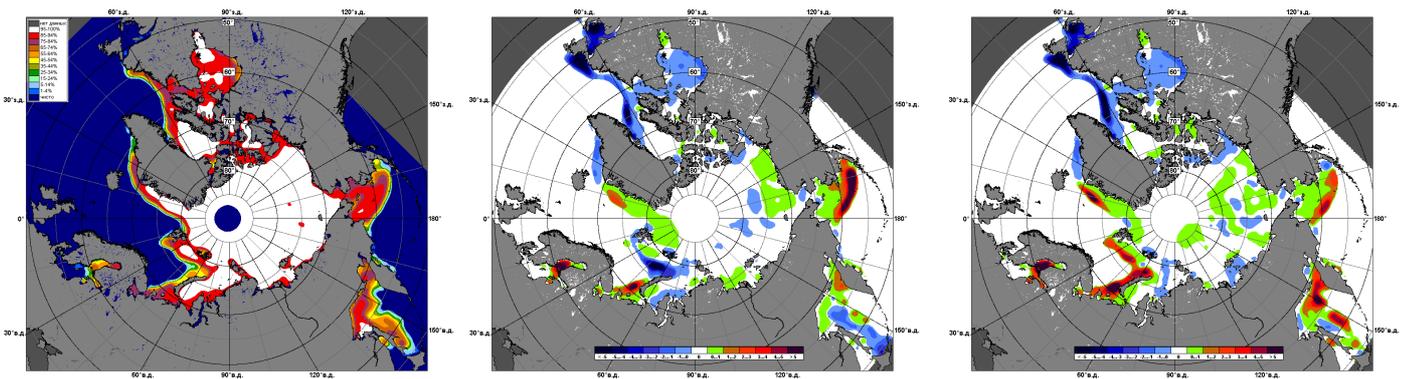


Рисунок 2.10 – Медианное распределение сплоченности льда в марте 2010 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2010 (центр) и 2007–2009 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

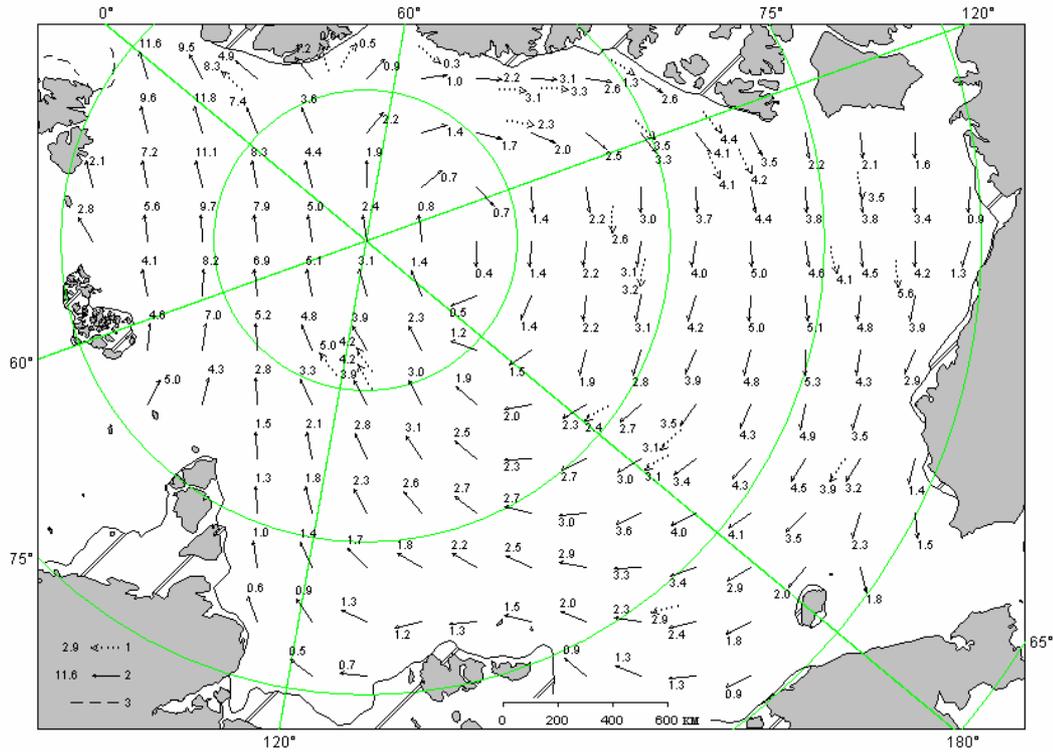


Рисунок 2.11 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за март 2010 года (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – граница молодого льда)

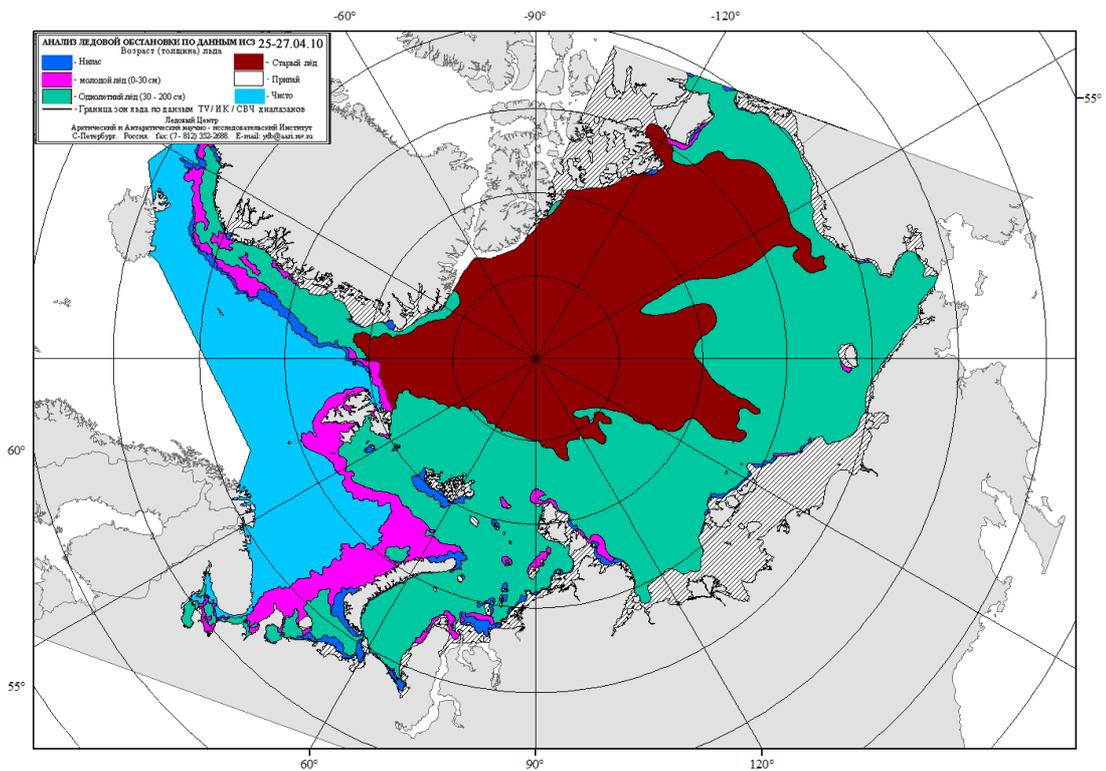


Рисунок 2.12 – Возрастной состав и распределение льда в конце апреля 2010 г.

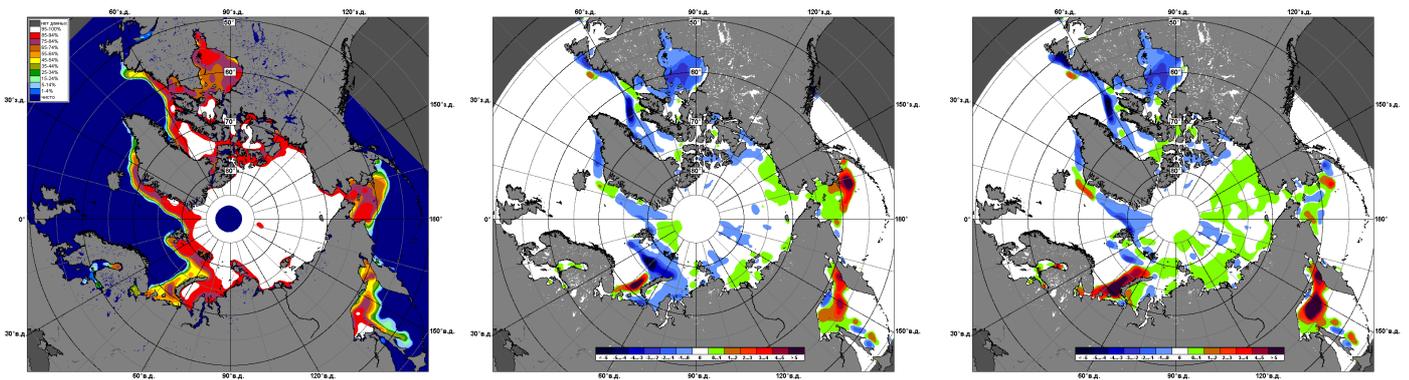


Рисунок 2.13 – Медианное распределение сплоченности льда в апреле 2010 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2010 (центр) и 2007–2009 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

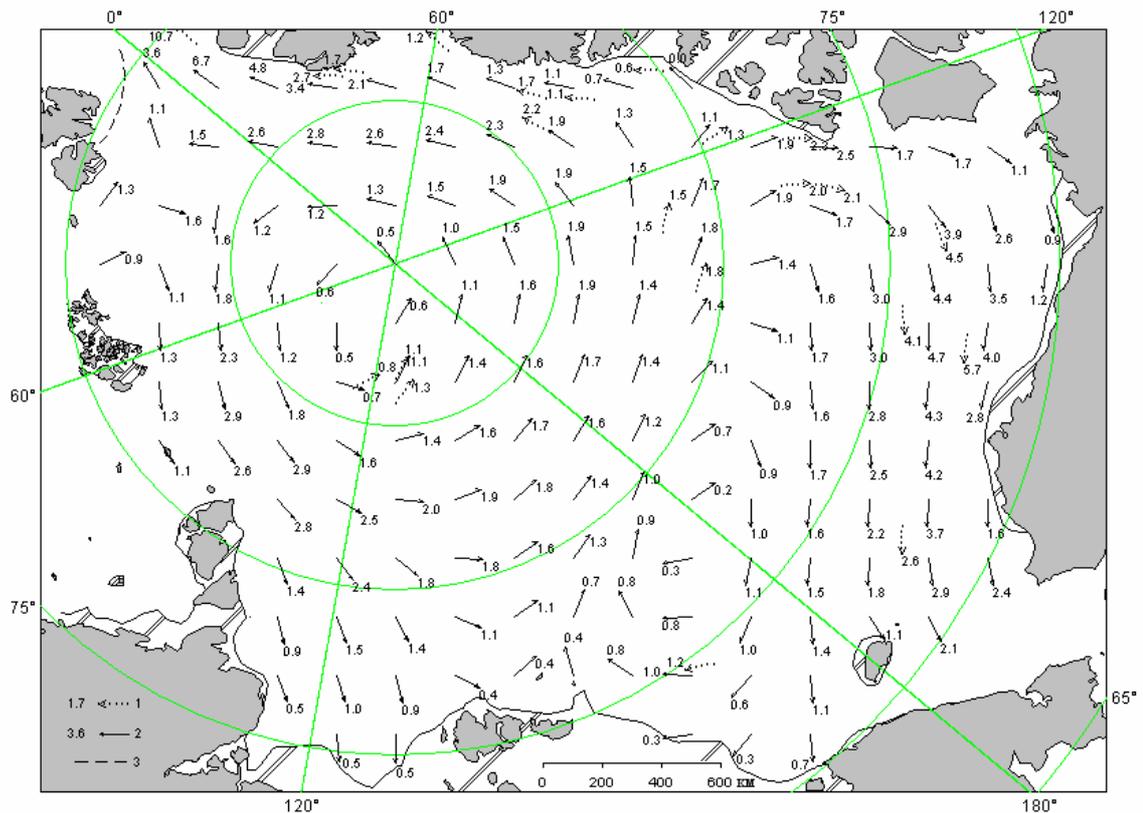


Рисунок 2.14 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2010 года (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – граница молодого льда)

2.2 Развитие ледовых условий в весенний период (май–июнь 2010 года)

Развитие ледовых условий в весенний период 2010 г. проходило на фоне положительных аномалий температуры воздуха в Арктике, преобладания однолетних льдов в западном и восточном районах российского и аляскинского сектора Арктики, сокращения количества старых льдов в результате их выноса из океана и увеличения количества однолетних льдов.

Старые льды отмечались только в северных частях морей Восточно-сибирского, Чукотского и Бофорта.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градам на конец каждого месяца и поля среднемесячного дрейфа за период май–июнь 2010 года приведены на рисунках 2.15–2.20.

В мае, в результате выносного характера дрейфа наблюдалось развитие заприпайных полыней в морях Карском, Лаптевых и Бофорта (рисунок 2.15). В результате этого в поле сплоченности сформировались отрицательные аномалии в указанных районах. Заприпайные полыньи в начале периода таяния послужили зонами интенсивного теплонакопления и дальнейшего разрушения льда и очищения акваторий морей.

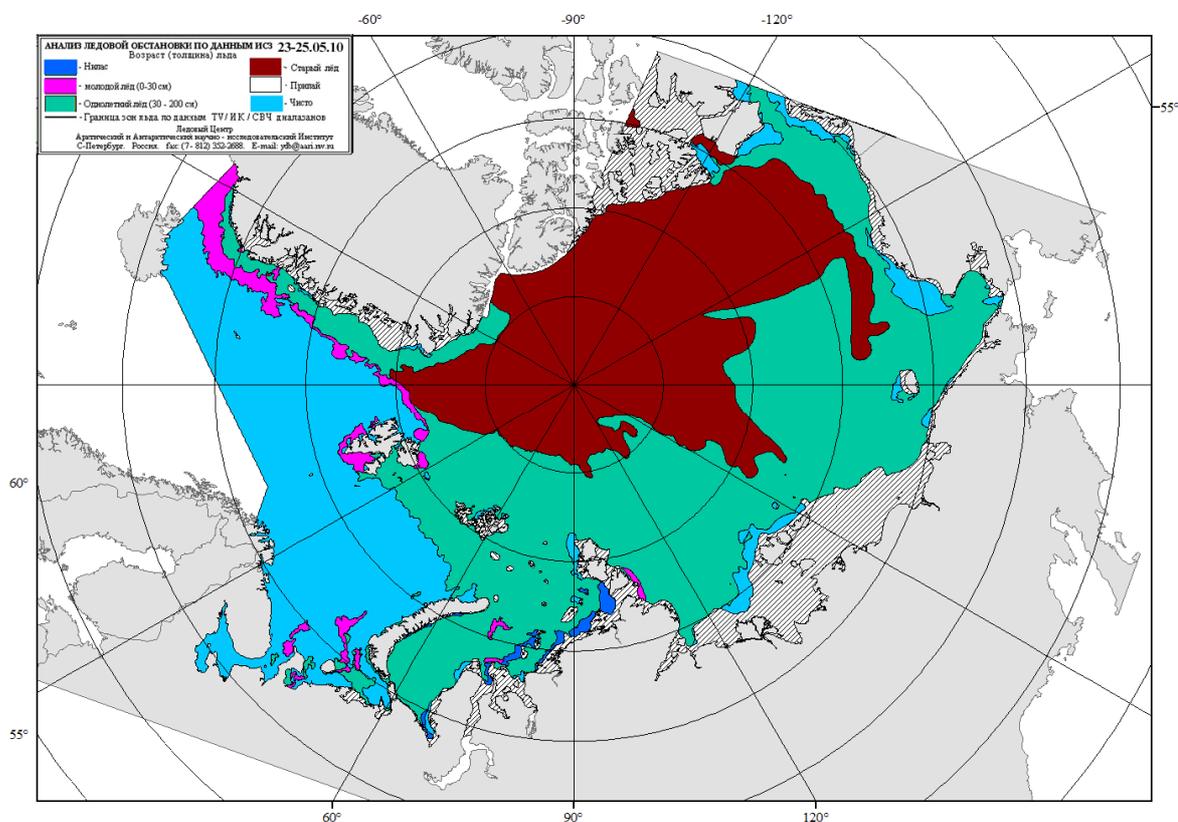


Рисунок 2.15 – Возрастной состав и распределение льда в конце мая 2010 г.

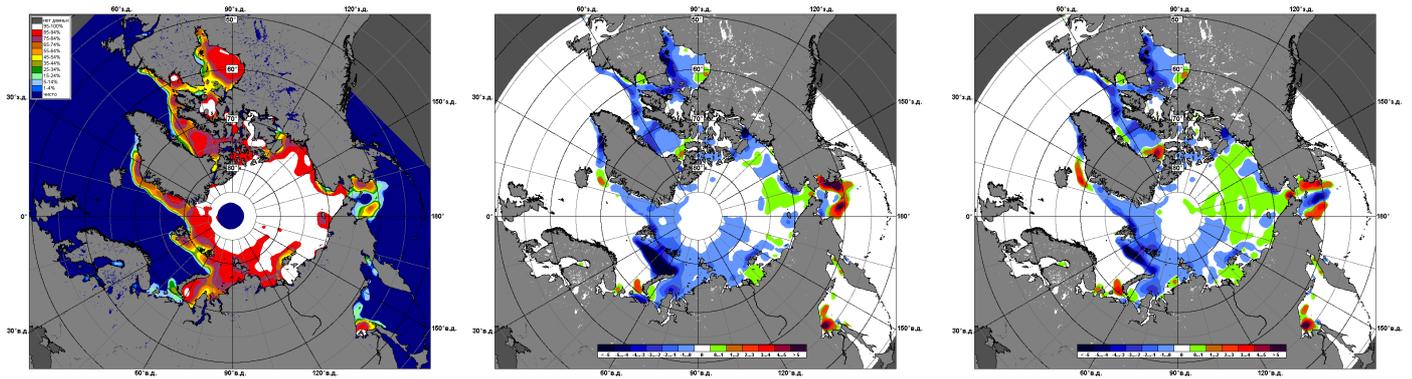


Рисунок 2.16 – Медианное распределение сплоченности льда в мае 2010 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2010 (центр) и 2007–2009 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

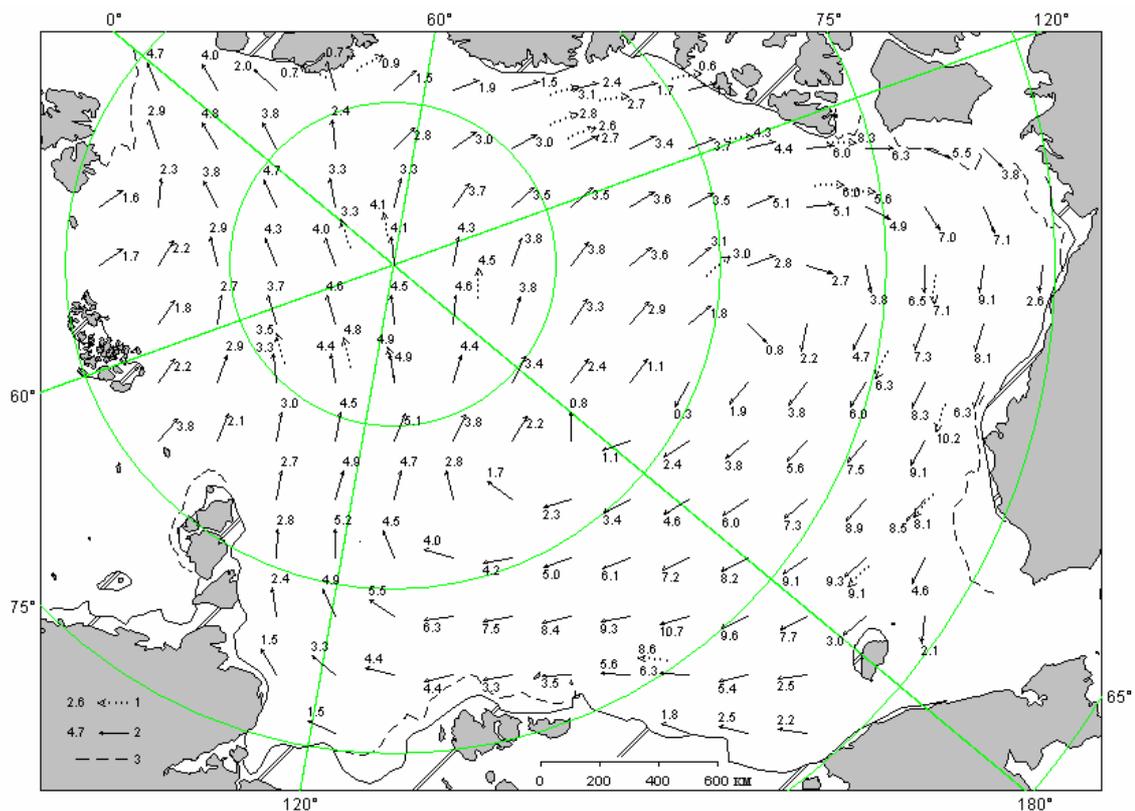


Рисунок 2.17 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2010 года (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – граница молодого льда)

Процесс очищения морей Карского, Лаптевых, Чукотского и Бофорта в результате выносного характера дрейфа и последующего теплового разрушения льда получил дальнейшее развитие в июне (рисунок 2.18).

Такой длительный вынос льда был обусловлен устойчивой картиной дрейфа, наблюдающейся в течение всего мая–июня. При хорошо развитом Канадском антициклональном круговороте, который приводил к переносу льда в западном направлении и выносу его из морей Бофорта и Чукотского в Восточно–Сибирское, стрежень Трансаурктического переноса был смещен к северным границам российских арктических морей. Это обусловило значительный вынос льда из морей Карского и Лаптевых (рисунок 2.20). Сформировавшиеся в этих морях гигантские заприпайные поyny получили необратимый характер. Они устойчиво наблюдались весь весенний период, до конца июня.

В результате выносного характера дрейфа и начавшегося интенсивного таяния и разряжения льда, в окраинных арктических морях сформировались отрицательные аномалии сплоченности ледяного покрова. Как видно из рисунка 2.19 зоны наибольших отрицательных аномалий пришлось на зоны заприпайных поyny и сформировались в морях западного района российского сектора Арктики (Баренцево, Карское, Лаптевых).

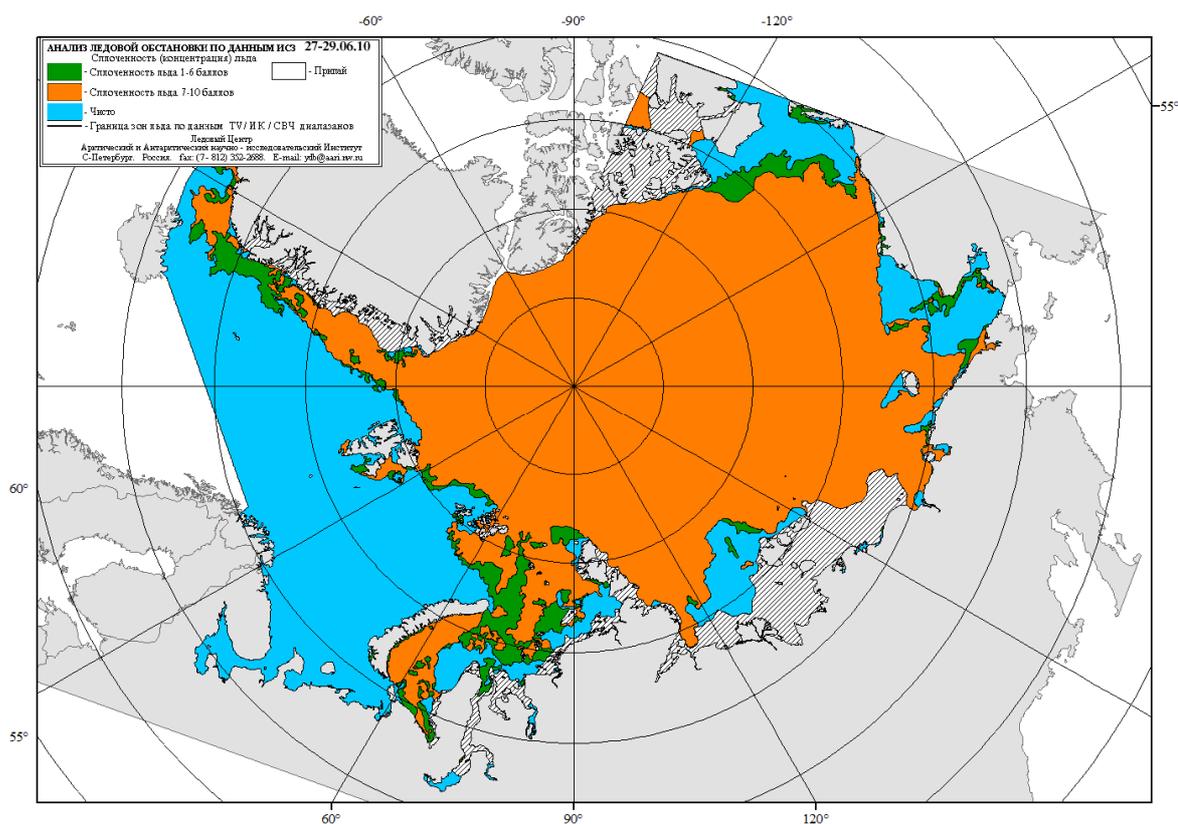


Рисунок 2.18 – Возрастной состав и распределение льда в конце июня 2010 г.

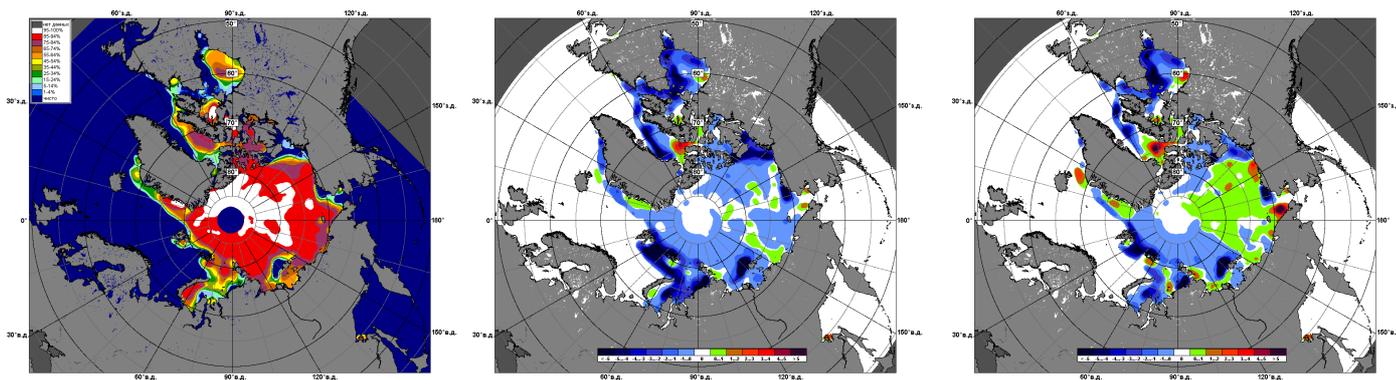


Рисунок 2.19 – Медианное распределение сплоченности льда в июне 2010 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2010 (центр) и 2007–2009 гг. (справа) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

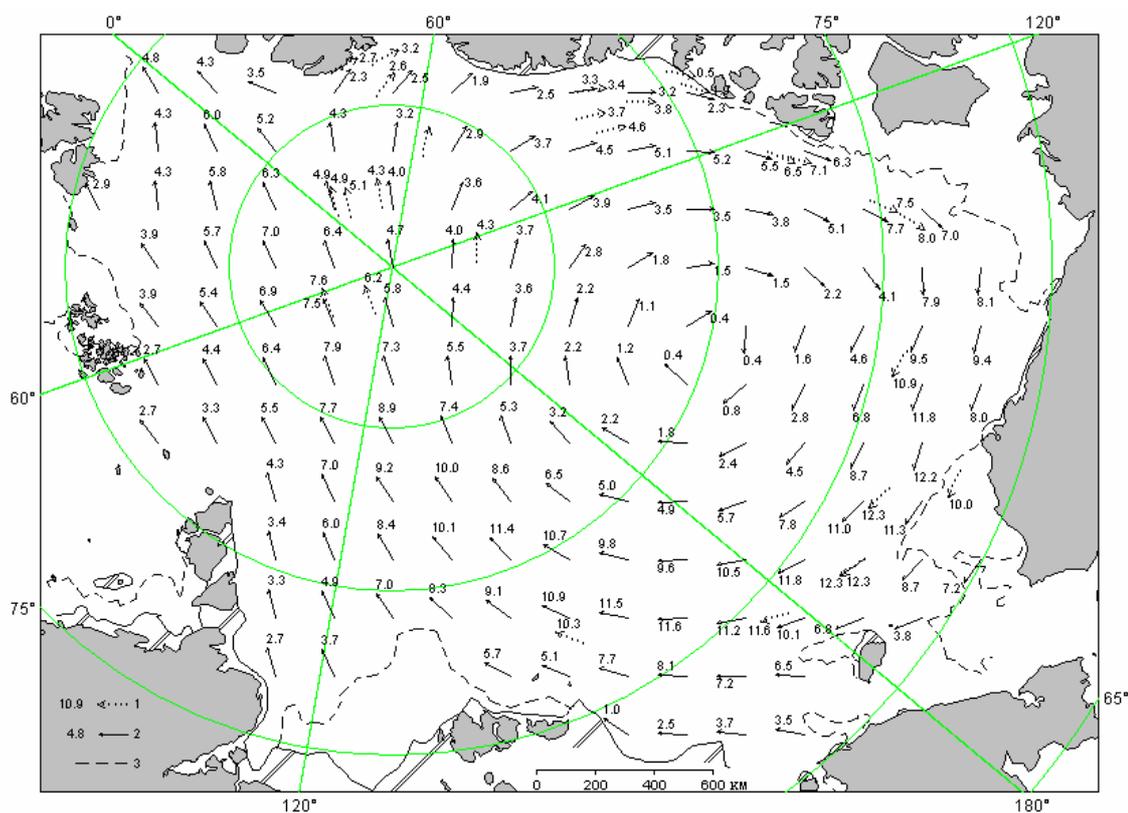


Рисунок 2.20 Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2010 года (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – граница молодого льда)

Развитие припая в российских арктических морях на конец периода максимального развития составило 460 тыс. кв. км при норме 520 тыс. кв. км, или почти на 15% меньше среднемноголетних значений.

Площадь припая практически во всех морях была близка или даже чуть больше среднегололетних значений, кроме северо–восточной части Карского моря.

Развитие заприпайных полыней в этих морях, наоборот значительно превысило среднегололетние значения. При норме в 220 тыс. кв. км развитие заприпайных полыней составило 400 тыс. кв. км, что почти в 2 раза больше среднегололетних значений.

Развитие заприпайных полыней в морях было связано с преобладающим характером выносного дрейфа из морей западного района российского сектора Арктики.

К началу периода таяния ледяного покрова в российских арктических морях сформировались следующие аномалии толщины льда (по данным полярных станций):

- в морях западного района российского сектора (Баренцево, Карское, западная часть Лаптевых) – небольшие отрицательные аномалии 0...–10 см;
- в морях восточного района российского сектора (восточная часть Лаптевых, Восточно–Сибирское) – около нормы и положительные аномалии до +20см (рисунок 2.21)

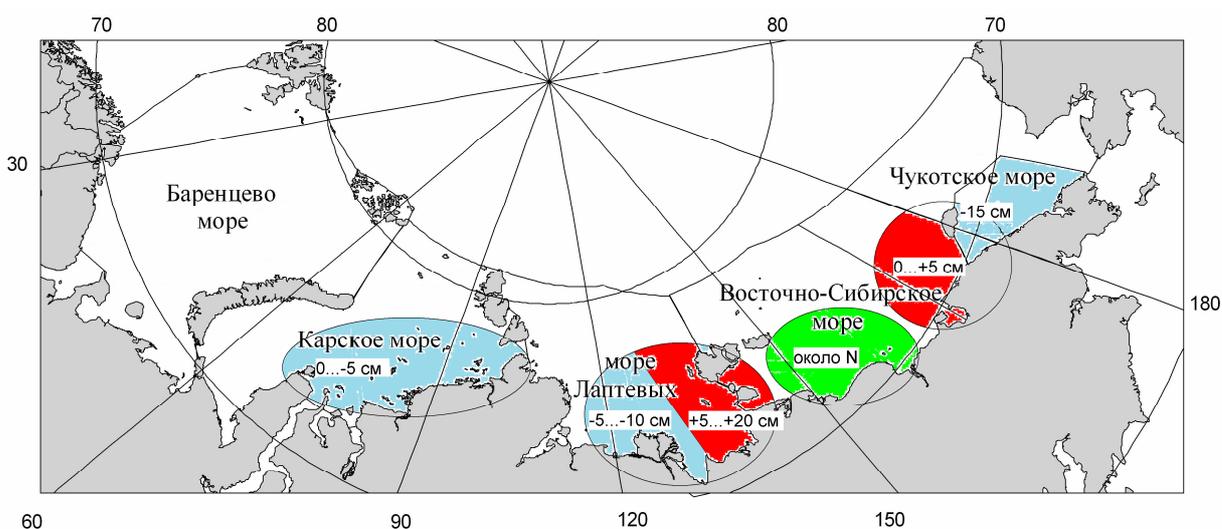


Рисунок 2.21 – Аномалии толщины льда по данным полярных станций на период максимального нарастания (конец мая)

Измерения морфометрических характеристик льда на дрейфующей станции «СП–37» показали, что интенсивность толщины нарастания льда в весенний период 2009 года была меньше среднегололетних значений. Рост толщины льда наблюдался до первой декады июня. Увеличение толщины льда происходило в среднем по 2–3 см за декаду в зимний период, что для этого периода меньше среднегололетних значений. Уже к концу апреля увеличение толщины ледяного покрова составляло только 1 см. В марте ледяное поле, на котором располагалась станция, начало активно ломать и полигон для измерения льда несколько раз переносился.



Перенос полигонов измерения толщины ледяного покрова не позволили получить целостную картину нарастания толщины ледяного покрова. в течение осенне–зимнего сезона 2009–2010 гг.

Высота снежного покрова в весенний период 2010 года оказалась наоборот больше среднемноголетних значений. По данным измерений высота снега на начало мая составила 40–50 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–37» приведены в таблице 2.1.

Дрейф станции «СП–37» составил 5,5 км в сутки в генеральном направлении на восток. Схема дрейфа станции приведена на рисунке 2.22.

Таблица 2.1 – Изменение толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямых измерений на дрейфующей станции «СП–37»

Дата измерения	Толщина льда, см	Наращение льда за декаду, см	Высота снежного покрова, см	Примечание
Конец декабря 2009 г	206	–	36	–
Конец января 2010 года	216	3,3	38	–
Конец февраля 2010 года	222	2,0	43	–
Конец марта 2010 года	210	2,0	53	Перенос полигона,
Конец апреля 2010 года	213	1,0	53	

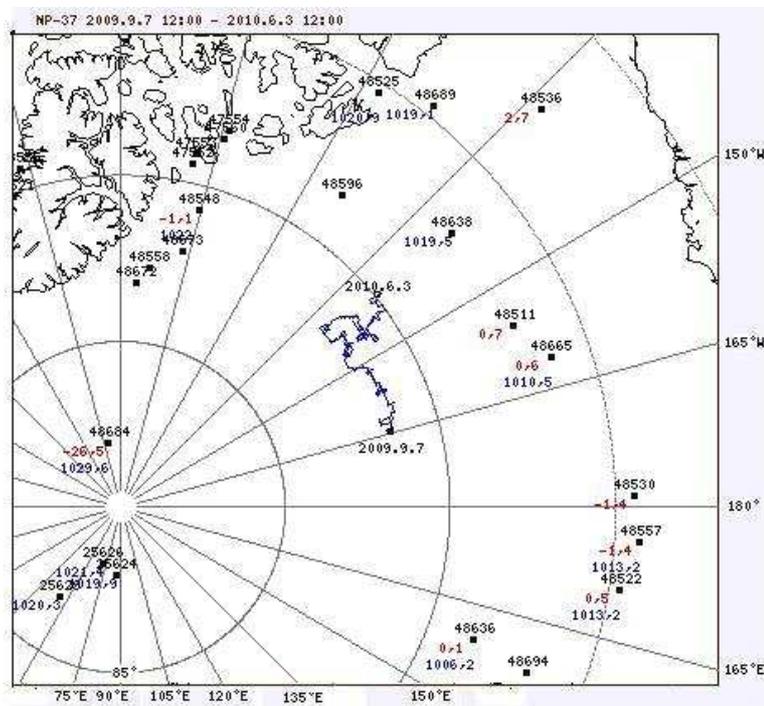


Рисунок 2.22 – Дрейф дрейфующей станции «СП–37» в период сентябрь 2009 года–июнь 2010 года



На рисунке 2.23 приведены ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северной полярной области и ее различных районов. Расчеты были выполнены в лаборатории режимных пособий ГУ «ААНИИ».

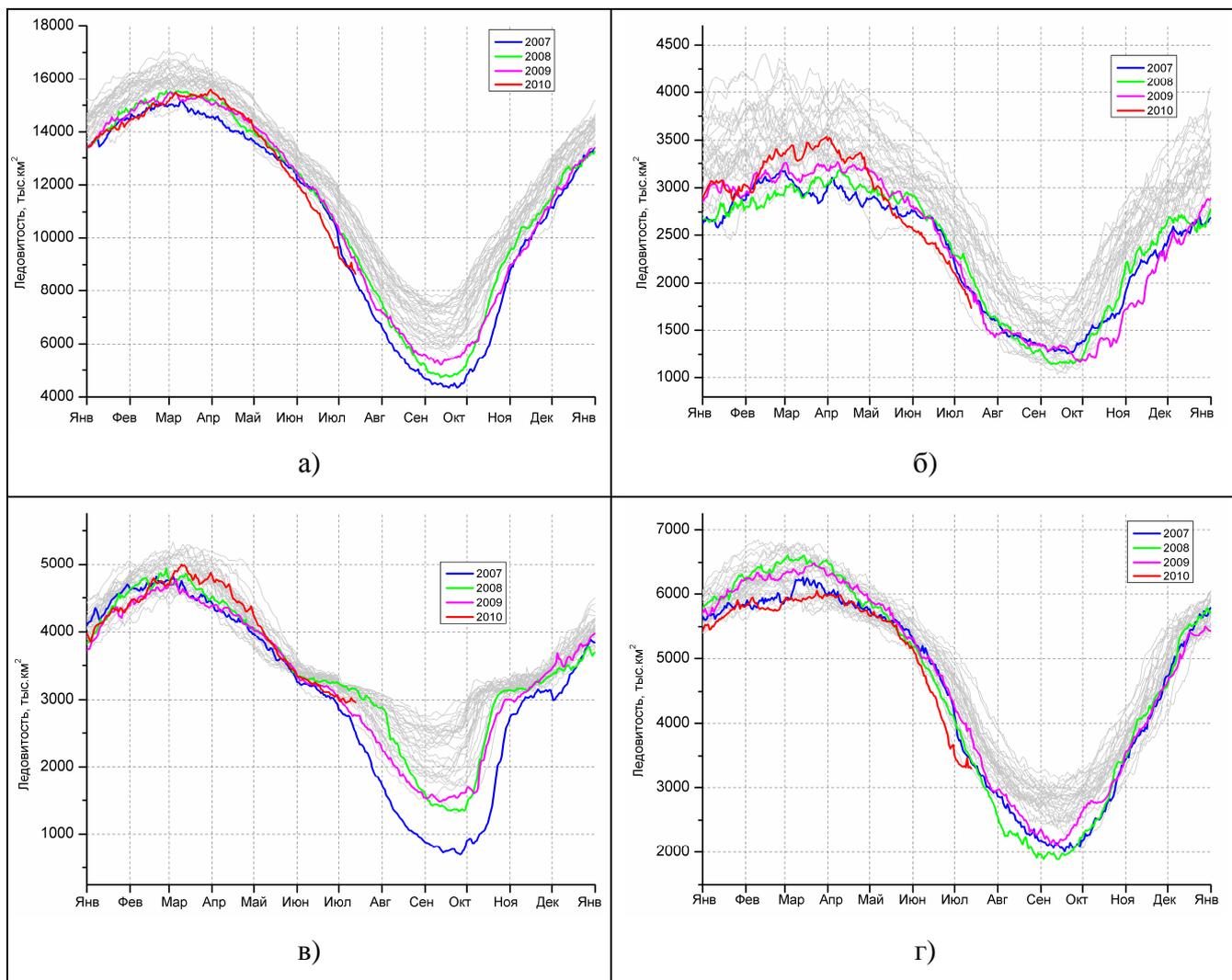


Рисунок 2.23 – Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) – для Северной полярной области и меридиональных секторов б) – 45°W–95°E (Гренландское – Карское моря), в) – 95°E–170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) – 170°W–45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период с 26.10.1978 по 13.07.2010 по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM



2.3 Ледовые процессы в устьевых участках рек в весенний период 2010 года

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.

Ледово–гидрологические условия в устьевых областях рек бассейна Карского моря

Процесс нарастания толщины льда

В таблице 2.2 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель.

Таблица 2.2 – Интенсивность нарастания толщины льда от месяца к месяцу в 2010 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря

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	67	8	90	23	99	9	98	–1
Газ–Тазовское	73	12	88	15	97	9	102	+5
Енисей–Игарка	76	22	80	4	95	15	95	0
Енисей–Дудинка	98	30	138	40	154	16	169	+15
Енисей – Караул	99	43	128	29	158	30	168	+10
Обь–Салехард	67	8	90	23	99	9	98	–1

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна Карского моря наблюдалось в январе и феврале, а в апреле лед практически не нарастал (за исключением районов Дудинки и Караула на реке Енисей). В таблице 2.3 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, т.е. за период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.3 – Толщины льда на конец апреля

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2010г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	98	102	–4
Газ	Тазовское	102	140	–38
Енисей	Игарка	95	99	–4



Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2010г.	Средняя	Аномалия
	Дудинка	169	130	+39
	Караул	168	139	+29

Наибольшая отрицательная аномалия толщины льда в конце апреля наблюдалась на устьевом участке р. Таз (–38 см), а в Салехарде на Оби и в Игарке на Енисее толщина льда была близка к средним многолетним величинам. В пунктах Караул и Дудинка на Енисее толщина льда наблюдалась на 29–39 см больше нормы. В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась от 21 до 50 см.

Характеристика процесса вскрытия рек

Одним из признаков разрушения льда весной является образование закраин. В 2010 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря закраины появились в период от начала второй декады мая до начала первой декады июня.

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		
		2010г.	Средняя	Аномалия, сутки	2010г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	22.05	27.05	–5	23.05	1.06	–9
Таз	Тазовское	13.06	13.06	0	15.06	15.06	0
Енисей	Игарка	5.06	30.05	+6	13.06	8.06	+5
	Дудинка	10.06	5.06	+5	15.06	11.06	+4
	Караул	14.06	10.06	+4	20.06	16.06	+4

Первая подвижка льда на устьевом участке реки Енисей наблюдалась в сроки близкие к средним многолетним.

Весенний ледоход начался на 5 дней раньше нормы в Салехарде на Оби, в средние сроки на устьевом участке реки Таз и на 4–8 дней позже нормы на устьевом участке реки Енисей (включая Селиваниху). В районе пункта Верхнеимбатское на Енисее 19–20 мая наблюдатель отметил затор льда. Продолжительность весеннего ледохода на устьевых участках рек Обь и Таз составила 1–2 дня, а на устьевом участке р. Енисей она наблюдалась от 5 дней в районе Дудинки до 12 дней в районе Селиванихи.



Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 9 дней раньше средних многолетних сроков на реке Обь, в средние сроки на устьевом участке реки Таз и на 4–8 дней позже нормы на устьевом участке реки Енисей (включая Селиваниху).

Продолжительность периода со льдом на устьевых участках рек бассейна Карского моря оказалась на 2–19 дней меньше нормы.

*Ледово–гидрологические условия в устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых
Процесс нарастания толщины льда*

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

Таблица 2.5 – Интенсивность нарастания толщины льда от месяца к месяцу в 2010 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых

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
Оленек–Тюмети	100	31	113	13	129	16	139	10
Оленек–Усть–Оленек	128	50	139	11	154	15	169	15
Лена–Кюсюр	102	20	121	19	145	24	159	14
Лена–Хабарово	165	47	194	29	205	11	227	22
Яна–Юбилейная	107	22	131	24	140	9	142	2

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых наблюдалось в январе. В апреле во всех пунктах лед продолжал нарастать. В таблице 2.6 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, т.е. за период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.6 – Толщины льда на конец апреля

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2010г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	164	149	+15
Оленек	Тюмети	139	137	+2
	Усть–Оленек	169	192	–23



Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2010г.	Средняя	Аномалия
Лена	Кюсюр	159	178	-19
	Хабарово	227	226	+1
Яна	Юбилейная	142	153	-11

Толщина льда в конце апреля наблюдалась несколько больше нормы на реке Хатанга, близкой к средним многолетним величинам на реке Оленек в пункте Тюмети и в пункте Хабарово на реке Лена и на 11–23 см меньше нормы в остальных пунктах на реках Оленек, Лена и Яна.

В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась различная (от 5–10 см на реке Лена до 26–35 см в пункте Юбилейная на реке Яна).

Характеристика процесса вскрытия рек

В 2010 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых закраины появились в третьей декаде мая.

В таблице 2.7 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Оленек, Лена и Яна и их аномалии по отношению к средним многолетним.

Таблица 2.7 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2010 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2010 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	9.06	12.06	-3	11.06	17.06	-6
Оленек	Тюмети	21.05	3.06	-13	30.05	13.06	-14
	Усть-Оленек	7.06	18.06	-11	11.06	21.06	-10
Лена	Кюсюр	30.05	3.06	-4	9.06	11.06	-2
	Хабарово	8.06	8.06	0	11.06	15.06	-4
Яна	Юбилейная	21.05	30.05	-9	29.05	6.06	-8

Первая подвижка льда на устьевых участках рек Лена и Оленек наблюдалась на 3–11 дней раньше нормы.

Весенний ледоход начался на 9–13 дней раньше нормы на устьевых участках рек Оленек и Яна. На устьевом участке реки Лена аномалии сроков начала ледохода составили 0–4 дня, а на устьевом участке реки Хатанга начало ледохода наблюдалось в сроки близкие к средним многолетним.

Процесс вскрытия на устьевых участках рек Оленек, Лена и Яна происходил с образованием заторов. На устьевом участке реки Оленек заторы наблюдались ниже поста Тюмети с 21 по 29 мая. На устьевом участке реки Лена заторы наблюдались 1 июня выше, а в период с



30 мая по 2 июня ниже пункта Кюсюр. На устьевом участке реки Яна затор наблюдался 21 мая выше, а 21–22 мая ниже пункта Юбилейная.

Продолжительность весеннего ледохода на устьевом участке реки Хатанга составила 2 дня, на устьевом участке реки Оленек – 4–9 дней, на устьевом участке реки Лена – 3–10 дней, на устьевом участке реки Яна – 8 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек бассейна моря Лаптевых произошло на 2–14 дней раньше средних многолетних сроков.

Процесс вскрытия устьевых участков рек произошел в ранние сроки на реках Оленек и Яна и в сроки близкие к средним на реке Лена.

Продолжительность периода со льдом на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых оказалась меньше средних многолетних значений на 8–32 дня.

Ледово–гидрологические условия в устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря

Процесс нарастания толщины льда

В таблице 2.8 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель 2010 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря.

Таблица 2.8 – Интенсивность нарастания толщины льда от месяца к месяцу в 2010 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря

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	95	26	112	17	123	11	129	6
Колыма–Колымская	99	15	114	15	120	6	125	5

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря наблюдалось в январе и феврале. В апреле во всех пунктах лед продолжал нарастать.

В таблице 2.9 приведены толщины льда на конец апреля, т.е. на период, близкий к максимальному нарастанию льда.



Таблица 2.9 – Толщины льда на конец апреля

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2010г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	129	169	–40
Колыма	Колымская	125	140	–15

Толщины льда в конце апреля 2010 г. на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались меньше нормы.

Характеристика процесса вскрытия рек.

В третьей декаде мая на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря появились закраины. В таблице 2.10 приведены сроки наступления ледовых явлений весной 2010 г.

Таблица 2.10 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2010 год	Средняя	Аномалия, сутки	2010 год	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	1.06	7.06	–6	2.06	10.06	–8
Колыма	Колымское	24.05	30.05	–6	30.05	4.06	–5
Колыма	Черский	28.05	3.06	–6	28.05	9.06	–12

Первая подвижка льда на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдалась на 4–7 дней раньше нормы.

Весенний ледоход на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря начался на 6 дней раньше нормы. Процесс вскрытия на устьевых участках рек Индигирка и Колыма происходил с образованием заторов. На устьевом участке реки Индигирка 31 мая наблюдался затор выше поста Чокурдах. На устьевом участке реки Колыма в районе поста Колымское заторы наблюдались в третьей декаде мая.

Продолжительность весеннего ледохода на устьевом участке реки Индигирка составила 1 день, а на устьевом участке р. Колымы – от 0 до 6 дней. Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 5–12 дней раньше нормы.

Процесс вскрытия устьевых участков рек бассейна Восточно–Сибирского моря произошел раньше средних многолетних сроков.

Продолжительность периода со льдом на реках Индигирка и Колыма наблюдалась на 8–25 дней меньше среднемноголетних величин.



3 Гидрологические и гидрохимические условия в Северном ледовитом океане в январе–июне 2010 года

3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне

В течение зимне–весеннего периода с октября 2009 г. по май 2010 г в глубоководной части Арктического бассейна было задействовано до 10 работающих буев ИТР (Ice–Tethered Profiler), оснащенных профилографами с помощью которых обеспечивалось непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760 метрового слоя вод. Информация с буев ИТР позволяла получать оперативные сведения с большей части акватории СЛО: ИТР буи под номерами 11, 32, 33, 34 и 35 находились в зоне действия Канадского антициклонического круговорота, а ИТР буи под номерами 23, 29, 36, 37 и 38 обеспечивали поступление информации из центральной части бассейна и котловины Амундсена. Кроме непрерывной информации с профилографов, информация в течение рассматриваемого периода о гидрологическом состоянии поступала с дрейфующей российской станции Северный Полюс 37 (СП–37), на которой выполнялись серии ежедневных измерений вертикальной термохалинной структуры. Для обзора термохалинной структуры также была задействована доступная информация морских экспедиционных исследований, выполненных в рамках канадского научно–исследовательского рейса в море Бофорта в октябре 2009 года на борту ледокола «Louis St.Laurant». Положение всех выполненных океанографических станций, использованных в рамках настоящего обзора, показано на рисунке 3.1.

Особенности вертикальной термохалинной структуры Арктического суббассейна.

Для анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры по данным наблюдений в зимне–весенний период 2009–2010 гг. был осуществлен расчет основных статистических моментов (среднее, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения) распределения температуры и солености. При этом было проведено предварительное объединение исходных данных по географическому признаку. В качестве таких географических зон мы использовали районы дрейфа буя ИТР–37 для описания вертикальной структуры центральной части Евразийского суббассейна; районы дрейфа ИТР–23 и ИТР–29 для районов центральной части СЛО прилегающих к Гренландии и островам Канадского архипелага; и район, объединяющий траекторию дрейфа ИТР–33 и станции, выполненные с борта ледокола «Louis St.Laurant» (рис. 3.1), для описания вертикальной структуры центральной части Американо–Арктического суббассейна. Выбранные зоны в некотором приближении можно рассматривать в качестве однородных с точки зрения особенностей вертикальной термохалинной структуры. Подобный подход также является

удобным способом значительного сокращения информации для последующего анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры, которая в значительной степени обусловлена именно фактором географического положения, а также ее пространственно–временной изменчивости.

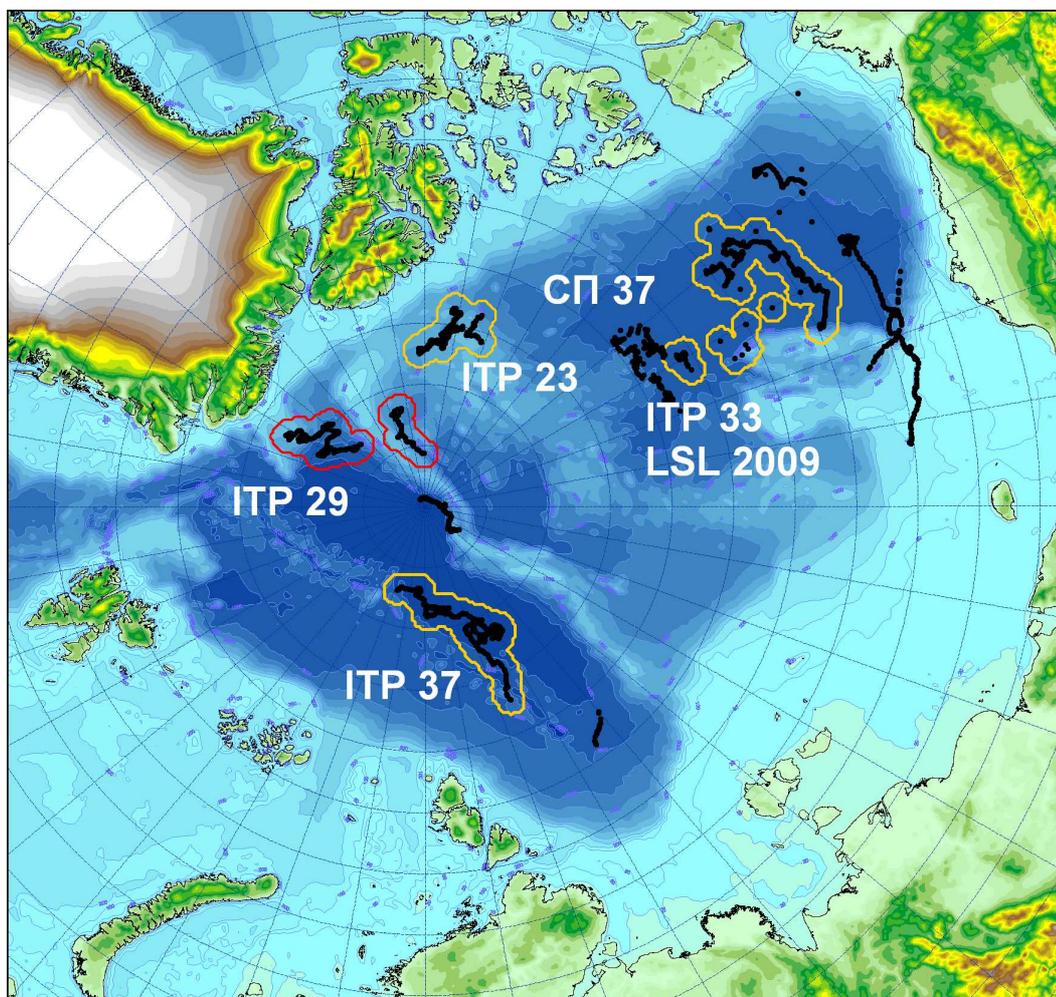


Рисунок 3.1 – Положение океанографических станций, выполненных в течение зимне–весеннего периода 2009–2010 гг., а также 100–километровых зон, в которых производился поиск исторических аналогов вертикальной термохалинной структуры. Контурами выделены районы дрейфа ITP–23, ITP–29, ITP–37 и район, объединяющий дрейфующую платформу ITP–33 и океанографическую съемку на канадском ледоколе Louis St.Laurent в октябре 2009 г.

Сравнительный анализ выполнялся путем сопоставления вертикальных профилей основных статистических моментов температуры и солености, полученных для каждой из выделенных групп, с историческими аналогами, определяемыми на стандартных горизонтах за весь



исторический период наблюдений в пределах полосы шириной 50 км в обе стороны от траектории дрейфа или группы станций (рис. 3.1).

Вертикальная структура вод Евразийского суббассейна.

Поверхностный слой.

Поверхностный однородный слой с толщинами 25–30 метров характеризуется значениями солености порядка 32,9–33,2 промилле, что на 1,3–1,4 промилле превышает средние климатические значения в этом районе (рис. 3.2). Таким образом, мы наблюдаем сохранение положительного знака и значений аномалии солености, наблюдавшейся в течение последних лет на акватории Евразийского суббассейна. Тем не менее, разброс наблюдаемых в течение зимне–весеннего сезона значений солености (плюс–минус стандартное отклонение) лишь незначительно выходит за рамки пространственно–временной изменчивости, полученной на основании анализа исторических данных. Так, средняя величина поверхностной солености в 2009–2010 гг. всего лишь на 0,1–0,2 промилле выше значения климатическое среднее плюс стандартное отклонение. Это обстоятельство подчеркивает, что наблюдаемые аномалии в пространственном распределении поверхностной солености, хоть и являются существенными по величине, но не могут рассматриваться в качестве доказательств отсутствия исторических аналогов.

С точки зрения термического режима температура поверхностного слоя мало отличались от климатической нормы, варьируясь в довольно узких пределах при температуре замерзания при данной солености, что хорошо видно на рисунке 3.2. Несколько пониженные значения по сравнению с климатической нормой объясняются при этом более высокими значениями солености и, следовательно, меньшими температурами замерзания.

Атлантическая водная масса.

Ниже слоя холодного галоклина, который занимает по вертикали диапазон глубин от нижней границы верхнего квазиоднородного слоя до 70–80 м, в Арктическом бассейне расположена водная масса атлантического происхождения или атлантические воды (АВ), отличающиеся высокими значениями температур и соленостей. При этом как слой холодного галоклина, так и слой АВ демонстрируют положительные аномалии солености, достигающие 0,9–1,1 промилле в верхней части вертикального профиля и уменьшающиеся с ростом глубины до величин 0,1–0,2 промилле на 200–500 метрах, и исчезая только на глубинах превышающих 600 метров.

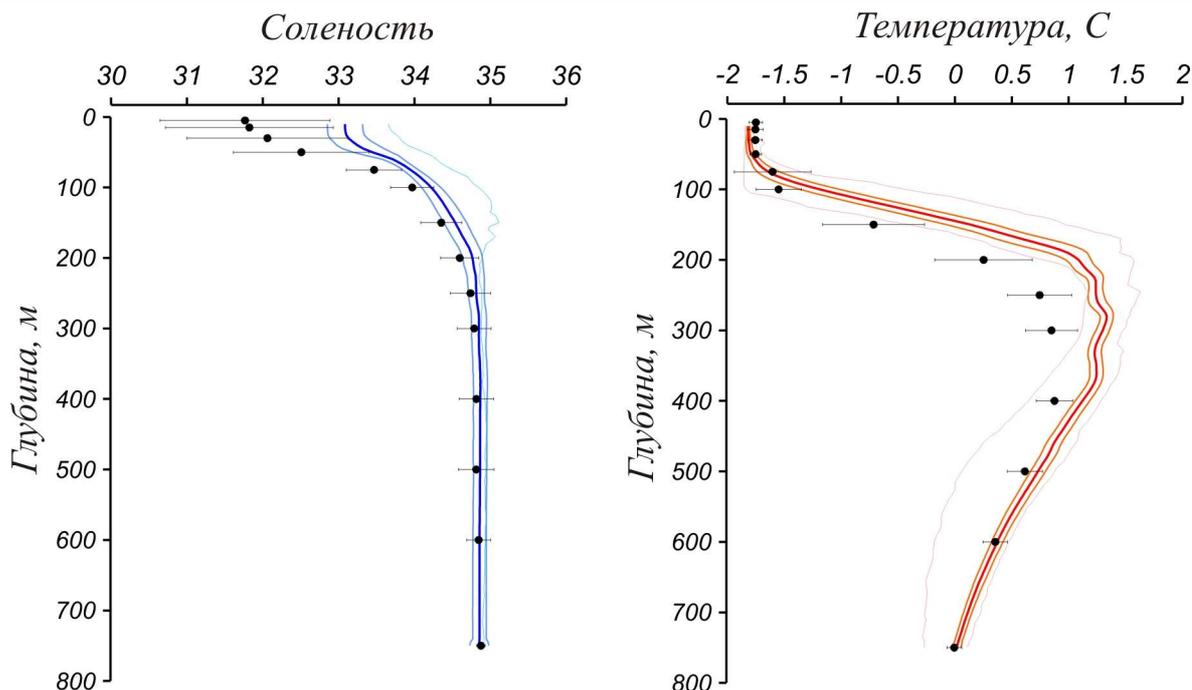


Рисунок 3.2 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений в Евразийском суббассейне по данным ИТР–37 в октябре 2009 – мае 2010 г. (жирная линия соответствует профилю средних значений, толстые линии ограничивают область стандартного отклонения, тонкие линии соответствуют минимальным и максимальным значениям наблюдаемых характеристик; черными точками показаны средние климатические значения и стандартные отклонения соответствующих характеристик по историческим данным «Базы океанографических данных СЛО» отдела океанологии ГУ «АНИИ»)

Аномальное термическое состояние АВ, наблюдаемое в Евразийском суббассейне, начиная с 90–х годов прошлого века, а особенно в течение последних 5–6 лет, продолжает оставаться ключевой характеристикой аномального состояния вод этой части СЛО. Так, в ядре АВ, расположенном на глубинах от 250 до 350 м, наблюдались аномалии, достигающие $+0,5..+0,6^{\circ}\text{C}$. На фоне естественной изменчивости, оцененной по ряду исторических данных, эта аномалия выходит за рамки стандартного отклонения, составляющего $0,3–0,4^{\circ}\text{C}$, хотя вариации солености в этом слое и находится в рамках диапазона изменчивости климатических значений (рис. 3.2). Положительные аномалии температуры, как и в случае солености, сохраняют свой знак до глубин ~600 метров, после чего становятся мало отличимыми от естественного фона флуктуаций.

Верхняя граница АВ, определяемая по изотерме 0°C , расположена на 50–60 метров ближе к поверхности по сравнению с климатическим уровнем. Подобная тенденция отмечается на протяжении последних нескольких лет и вероятнее всего связана с существенным ослаблением пикноклина (на графиках вертикального распределения отчетливо видно, что осолонение верхнего



100–200 метрового слоя привело к меньшему вертикальному градиенту солености и, следовательно, плотности), что способствует более интенсивной теплоотдаче на верхней границе АВ и смещению нулевой изотермы к поверхности. Другим возможным фактором следует считать наблюдаемое в течение последних лет значительное увеличение температуры АВ и, вследствие этого, уменьшение плотности. Последнее, в свою очередь, приводит к меньшей глубине заглупления АВ в Арктическом суббассейне.

Вертикальная структура вод Американо-Азиатского суббассейна.

Поверхностный слой.

Отрицательный знак аномалии значений поверхностной солености все еще является доминирующим признаком современных изменений пресноводного баланса Американо-Азиатского суббассейна СЛО. Согласно измерениям с октября 2009 по май 2010 г, в поверхностном слое толщиной 10–15 метров наблюдаются значительные аномалии солености, достигающие величин 2–3 промилле и более. При этом отмечаются несколько меньшие значения толщины верхнего квазигомогенного слоя, что, по всей видимости, связано с более высокой стратифицированностью верхней части столба жидкости и меньшей глубиной проникновения осенне-зимней конвекции. Термический режим поверхностного слоя в канадском секторе не демонстрирует ярко выраженных аномалий, т.к. температура незначительно отличается от температуры замерзания при данной солености.

Атлантическая водная масса.

Положительные аномалии температуры АВ в Американо-Азиатском суббассейне наблюдаются в диапазоне глубин от 300–350 м до 800–900 метров, достигая максимума в ядре, где значения аномалий составляют около 0,3–0,4°C (рис.3.3). Указанная аномалия выходит за рамки стандартного отклонения температуры в ядре АВ по данным исторических наблюдений, составляющего всего около 0,15°C. При этом, в отличие от Евразийского суббассейна, отсутствует смещение верхней границы АВ в сторону поверхности, что, скорее всего, объясняется большей глубиной положения нулевой изотермы (300 метров против 150 метров в котловине Амундсена), а также более сильной вертикальной стратифицированностью, затрудняющей проникновение тепла атлантических вод в слой, расположенные ближе к поверхности.

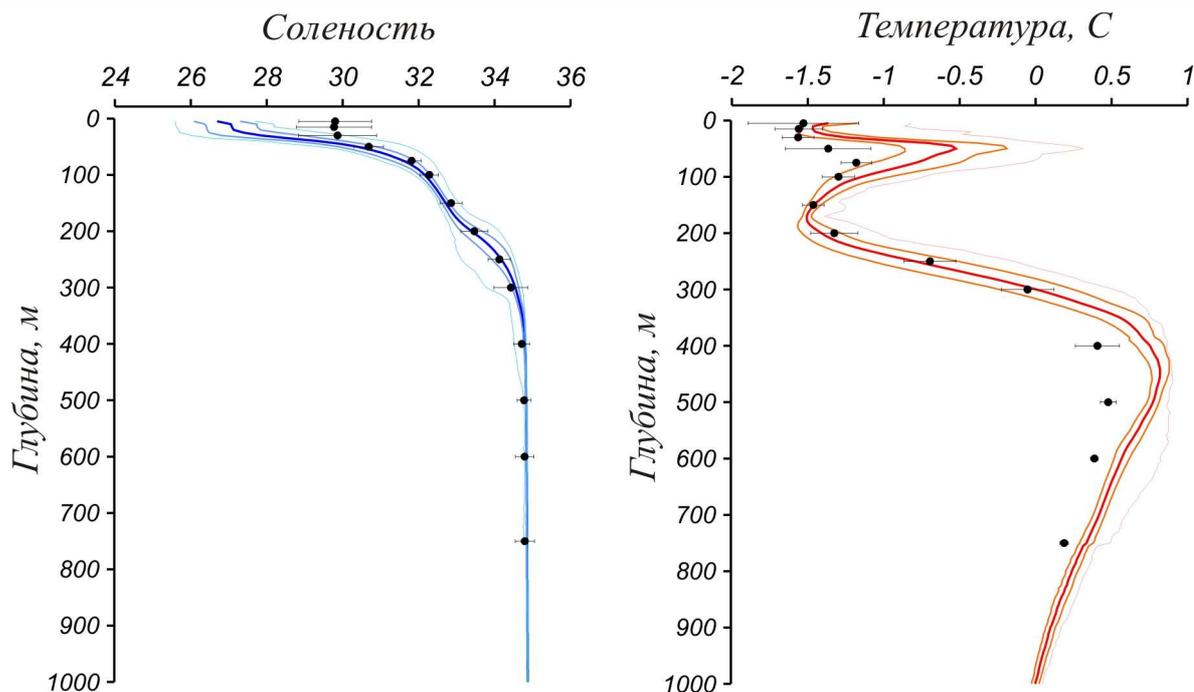


Рисунок 3.3 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений в Американо-Северном суббассейне по данным ИТР–33 в октябре 2009 – мае 2010 г. (условные обозначения соответствуют рис. 3.2)

Существенных вариаций солености в слое атлантических вод в течение зимне–весеннего периода в отличие от Евразийского суббассейна выявлено не было, что хорошо видно при сравнении графиков вертикального распределения солености на рисунках 3.2 и 3.3. Характерная для Евразийского суббассейна аномалия солености, прослеживаемая до больших глубин, в Канадском секторе (с отрицательным знаком) достигает лишь глубины около 100 метров. Это обстоятельство вероятнее всего связано с тем, что основная доля изменений в глубинных слоях Евразийского суббассейна связана с наблюдаемыми положительными температурными и соленостными аномалиями атлантических вод, проникающих в СЛО через пролив Фрама. В связи с частичными потерями тепла и солей, по мере их продвижения в сторону Американо-Северного суббассейна, происходит уменьшение значений исходных аномалий и полному исчезновению аномалии по солености на больших глубинах.

Тихоокеанские воды.

Летние тихоокеанские воды (ЛТВ) занимают большую часть Американо-Северного суббассейна, проникая в него в виде поверхностного течения через Берингов пролив и далее, заглубляясь, распространяются на глубинах от 40 до 150 метров (рис. 3.3). Значительные положительные аномалии температуры в слое тихоокеанских вод являются следствием общей тенденции увеличения количества тепла, поступающего в Арктический бассейн через Берингов пролив в



течение летнего сезона. Отсутствие прямого контакта с атмосферой за счет заглубления из-за повышенной солености и плотности позволяет сохранять тепло в течение длительного времени. Характерный диапазон значений температуры воды (среднее плюс–минус стандартное отклонение) в слое ЛТВ составляет по результатам измерений от $-0,9^{\circ}\text{C}$ до $-0,2^{\circ}\text{C}$, превышая климатическую норму на $0,8-0,9^{\circ}\text{C}$, что более чем в два раза больше величины стандартного отклонения температуры по климатическим данным. За счет значительной положительной аномалии рассчитанный средний теплозапас летних ТВ, условная граница которых определяется изотермой $-1,4^{\circ}\text{C}$, более чем в пять раз превышает климатическую оценку.

Вертикальная структура вод центральной Арктики.

Поверхностный слой.

Существенное распреснение поверхностного слоя характерно также и для районов центральной части СЛО прилегающих к Гренландии и островам Канадского архипелага (рис. 3.4 – 3.5), что позволяет соотнести эти области с зоной распреснения, охватывающей весь Американо-Северный суббассейн и примерно ограниченной хребтом Ломоносова. Значения поверхностной солености здесь на 2–3 промилле выше, чем в центральной части круговорота в море Бофорта, и достигают 29,0–30,5 промилле. При этом значения аномалий по сравнению с климатическими характеристиками оказываются более умеренными и в среднем не превышают 2 промилле. Отрицательные аномалии солености прослеживаются до глубин 70–80 метров.

Атлантическая водная масса.

АВ в периферийной области центральной части СЛО (со стороны островов Канадского архипелага и Гренландии) характеризуются значениями температур от $+0,4^{\circ}\text{C}$ (в районе дрейфа ИТР–23) и до $+0,7..+1,2^{\circ}\text{C}$ (в районе дрейфа ИТР–29). Такие существенные отличия связаны с различным географическим положением рассматриваемых районов: если станция ИТР–23 дрейфовала в Американо-Северной части СЛО, то район дрейфа ИТР–29 частично приходился на Евразийскую часть, куда тепло из северной Атлантики попадает раньше за счет особенностей циркуляции атлантических вод в Арктическом суббассейне вместе с водами возвратного течения идущего вдоль хребта Ломоносова. Положительные аномалии значений температуры в ядре АВ также имеют некоторые различия для двух указанных районов. Если в Американо-Северном суббассейне характерные значения температур превышают климатические на $+0,3..+0,4^{\circ}\text{C}$, то в районе дрейфа ИТР–29 эти аномалии составляют уже $+0,7..+0,8^{\circ}\text{C}$. Это находится в соответствии с общей картиной аномалий теплосодержания в слое АВ, когда наибольшие значения аномалии регистрируются в районах прилегающих к проливу Фрама вдоль границы континентального склона Евразии и далее уменьшающиеся в сторону центральной части СЛО и в сторону

Канадского сектора. При этом вариации аномалий теплосодержания, связанные с сезонным циклом термического состояния вод северо–атлантического течения, в явном виде не прослеживаются вниз по потоку, что связано как с использованием для анализа данных наблюдений в лагранжевой системе координат, так и с рассеиванием сезонных максимумов аномалий по мере их распространения вниз по течению за счет процессов вертикального и горизонтального перемешивания.

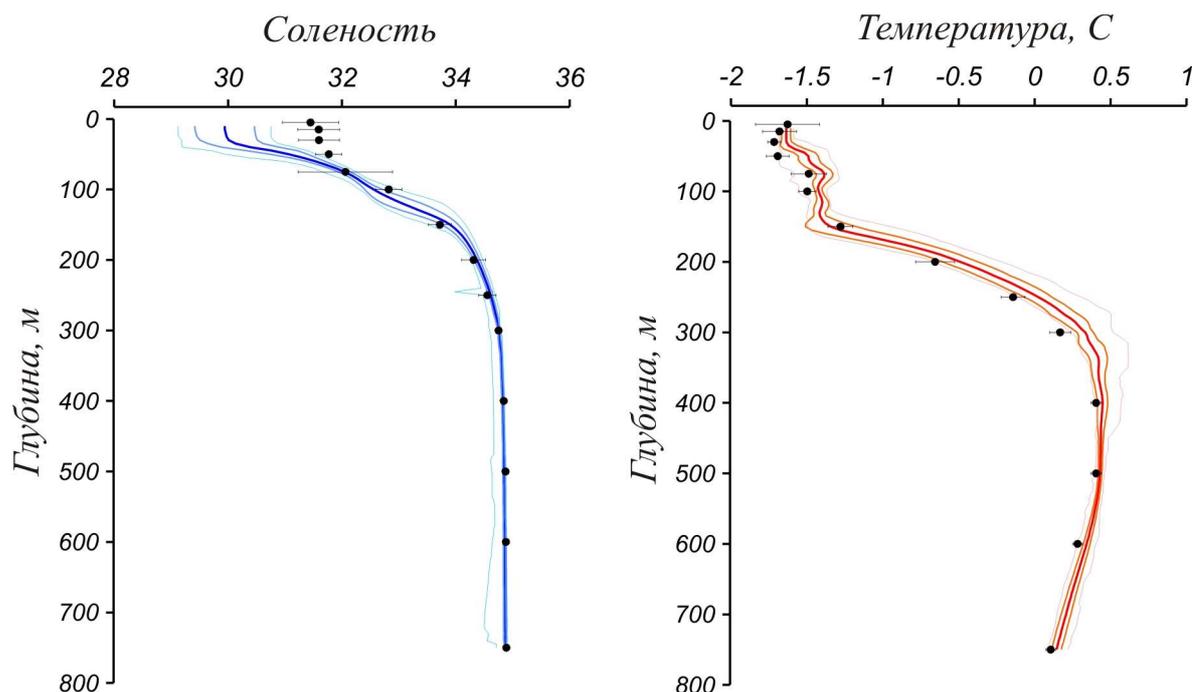


Рисунок 3.4 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений в центральной части СЛО по данным ИТР–23 в октябре 2009 – мае 2010 г. (условные обозначения соответствуют рис. 3.2)

Тихоокеанские воды.

Воды тихоокеанского происхождения наблюдаются в центральной части СЛО только в виде слабовыраженного подповерхностного максимума температуры. Тем не менее, даже в этих районах продолжают фиксироваться положительные значения аномалий температуры воды по сравнению с климатом (рисунок 3.5).

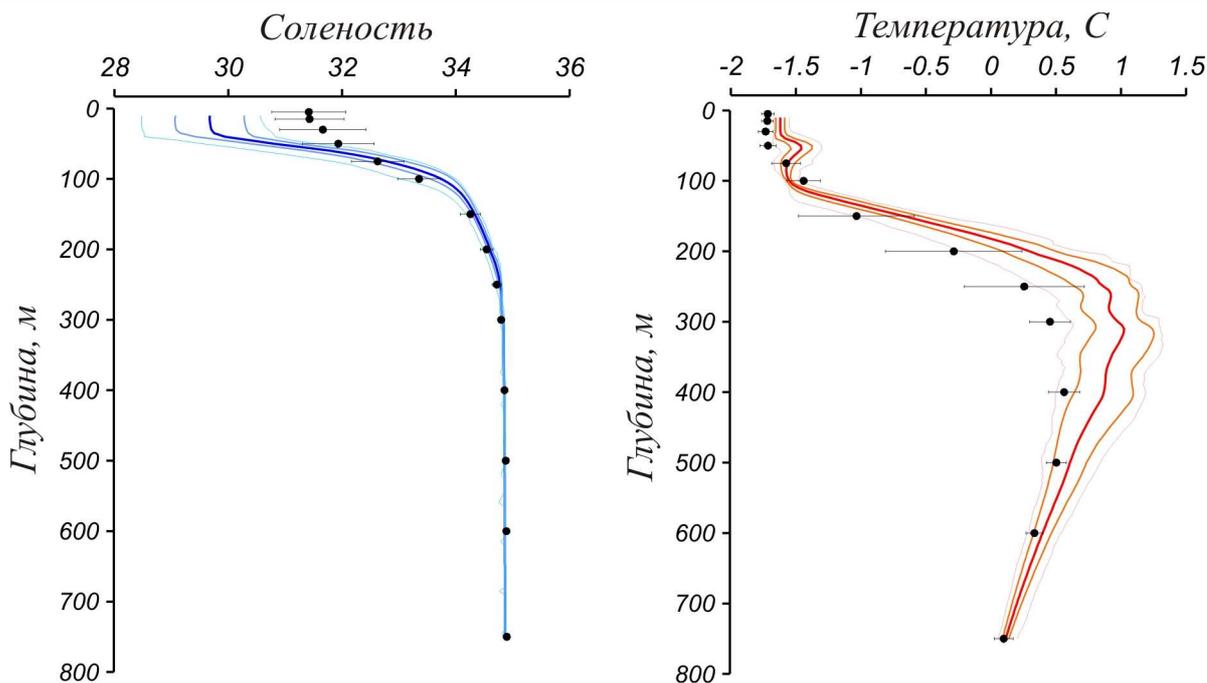


Рисунок 3.5 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений в центральной части СЛО по данным ИТР–29 в октябре 2009 – мае 2010 г. (условные обозначения соответствуют рис. 3.2)

Пространственное распределение основных характеристик поверхностного слоя вод и слоя атлантических вод Арктического бассейна

Особенности аномальных изменений вертикальной термохалинной структуры могут быть отображены в виде карт пространственного распределения значений температуры и солености на ряде фиксированных уровнях. Учитывая, что наиболее отчетливо обсуждаемые аномалии выражены в поверхностном слое и в слое атлантических вод, нами были выбраны два традиционных горизонта в 10 метров и 250 метров для отображения особенностей пространственной структуры солености и температуры в поверхностном слое и слое АВ соответственно. При этом, принимая во внимание незначительность колебаний температуры верхнего перемешанного слоя в центральных районах Арктики в зимний период, для горизонта 10 метров была подготовлена карта распределения значений поверхностной солености и ее аномалий по отношению к зимнему климату (рис. 3.6), в то время как для горизонта 250 метров были подготовлены поля температуры (рис. 3.7). Температура поверхностного слоя в зимний период варьируется в очень незначительных пределах и определяется температурой замерзания при наблюдающейся солености из-за чего подробный анализ ее пространственной структуры не выполнялся.

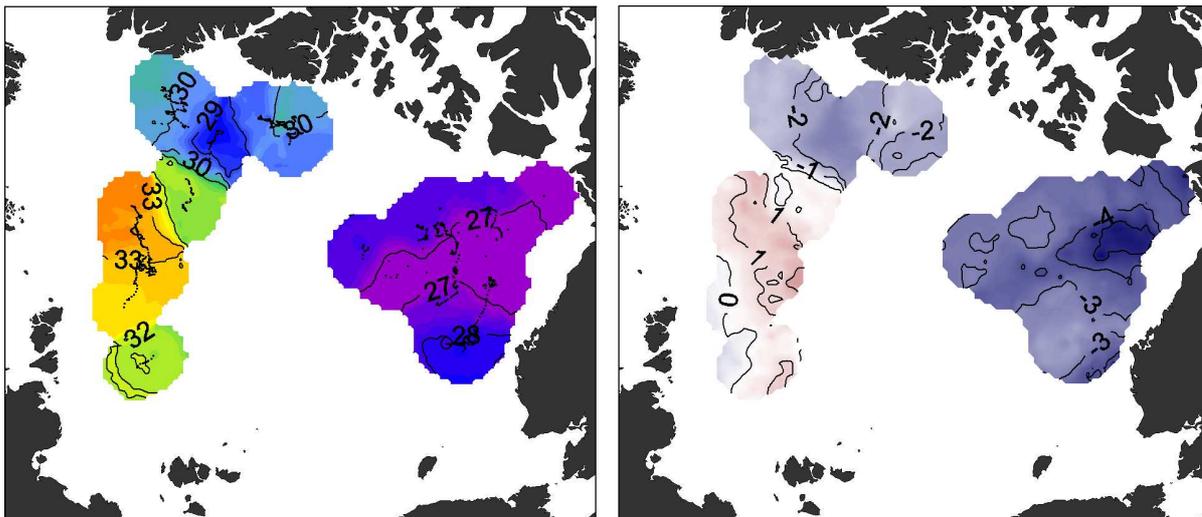


Рисунок 3.6 – Пространственное распределение солености на глубине 10 метров по данным измерений с октября 2009 по май 2010 года (слева) и их аномалии по отношению к климатическим значениям в зимний период (справа).

Распределение поверхностной солености демонстрирует хорошо известную тенденцию к уменьшению в восточном направлении. Максимальные значения солености, достигающие 33,0–33,2 промилле наблюдались зимой в поверхностном слое над хребтом Гаккеля. Северной Гренландии были зарегистрированы значения солености в диапазоне от 28,8 до 30,1 промилле (рис. 3.6), тогда как в центральной части канадского антициклонического круговорота величины поверхностной солености не превышали 28 промилле. Пространственное распределение аномалий солености, в целом, подтверждает общие выводы об изменениях количества пресной воды в поверхностном слое, сделанное в предыдущем разделе, но дает более детальную картину пространственных особенностей этих изменений. Так, согласно рис. 3.6, максимальные положительные аномалии наблюдаются над западной частью хр.Гаккеля и в среднем достигают 1,0–1,5 промилле. Далее к востоку наблюдаются несколько меньшие значения положительных аномалий, не превышающих 1,0 промилле. Остальные области СЛО покрытые данными, демонстрируют устойчивую картину значительного распреснения. Наибольшее количество избытка пресной воды приурочено к ядру канадского антициклонического круговорота, где распреснение от климатической нормы достигает 4,0–5,0 промилле и более (рис. 3.6).

Наблюдаемая картина аномалий солености обусловлена особенностями циркуляции вод, влиянием более соленых вод атлантического происхождения, но, в основном, предысторией гидрологических процессов. Так, до 2009 г. в Американо-Евразийском суббассейне в поверхностном слое наблюдалась устойчивая отрицательная аномалия солености, которые сформировались летом 2007 г. Аналогично, начиная с 2007 г. Весь Евразийский суббассейн находится в зоне значительного осолонения поверхностного слоя.

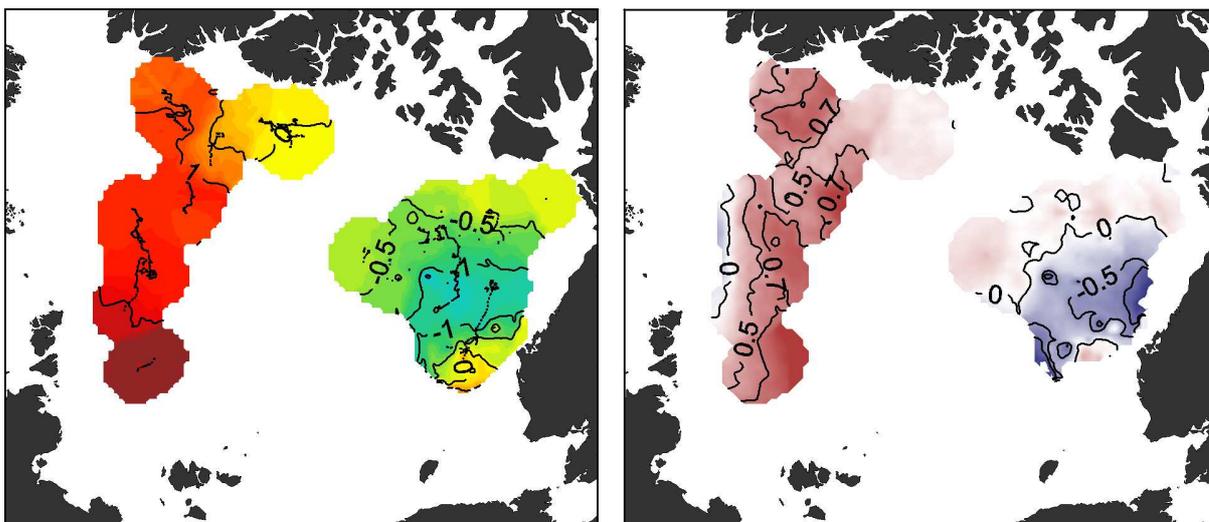


Рисунок 3.7 – Пространственное распределение температуры на глубине 250 метров по данным измерений с октября 2009 по май 2010 года (слева) и их аномалии по отношению к климатическим значениям в зимний период (справа)

Сравнительный анализ пространственного распределения температуры атлантических вод (АВ) в зимне–весенний период 2009–2010 гг. с климатическими значениями показал, что в Евразийском суббассейне над хребтом Гаккеля температура воды на горизонте 250 м менялась от +1,3 до +1,8 °С, что превышает климатическую норму на 0,7–0,8°С (рис. 3.7). В Американо-Европейском суббассейне, также как и в Европейском, наблюдаются устойчивые положительные аномалии температуры с характерными величинами до +0,5°С. Единственным исключением является центральная часть канадского круговорота, где положительные аномалии температуры воды сменяются отрицательными с величинами достигающими –0,5..–1,0 промилле. Такой результат не противоречит полученным ранее данным о положительных аномалиях температуры АВ в этом районе, т.к. ядро АВ находится здесь на больших глубинах. Область с негативными аномалиями на рис. 3.7 соответствует термоклину на верхней границе атлантических вод. В этом случае формирование отрицательных аномалий может быть вызвано некоторым заглублением термоклина за счет накопления избыточного содержания пресных вод в области круговорота и прогиба изопикнических поверхностей на глубине.

3.2 Гидрохимические условия арктических морей

За отчетный период новых данных о гидрохимическом состоянии арктических морей получено не было, поскольку экспедиции в этот период не проводились.



3.3 Уровень арктических морей в зимне–весенний период 2009–2010 гг.

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по июнь 2010 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 14–ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно–Сибирском (таблица 3.1). В Чукотском море, к сожалению, наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.1 – Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период январь – июнь 2010 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
Амдерма	69 45 N	61 42 E
Усть–Кара	69 15 N	64 31 E
Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
о. Диксон	73 30 N	80 24 E
о–ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
о. Визе	79 30 N	76 59 E
о. Голомянный	79 33 N	90 37 E
м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
море Лаптевых		
Анабар	73 13 N	113 30 E
о. Дунай	73 56 N	124 30 E
б. Тикси	71 35 N	128 55 E
м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
о. Котельный	76 00 N	137 52 E
Восточно–Сибирское море		
Певек	69 42 N	170 15 E

В юго–западной части Карского моря (рисунки 3.8 и 3.9) колебания уровня в январе происходили около среднемноголетних значений, в феврале средний фон колебаний уровня в этой части Карского моря существенно понизился (до –30 –35 см) и сохранялся на пониженном фоне (–10 –20 см) до мая. В июне среднемесячный уровень поднялся на 15–20 см выше среднемноголетних значений. Наибольший подъем уровня в юго–западной части Карского моря отмечался 27 января, когда уровень на станции Амдерма поднялся на 81 см, а на станции Усть–Кара на 50 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее существенные понижения уровня –85 см и –83 см было зарегистрировано на станции Амдерма 28 февраля и 29 марта 2010 года соответственно. Самое большое значение величины колебаний уровня наблюдалось в Амдерме в январе 2010 года (153 см), а в Усть–Каре в апреле (122 см).

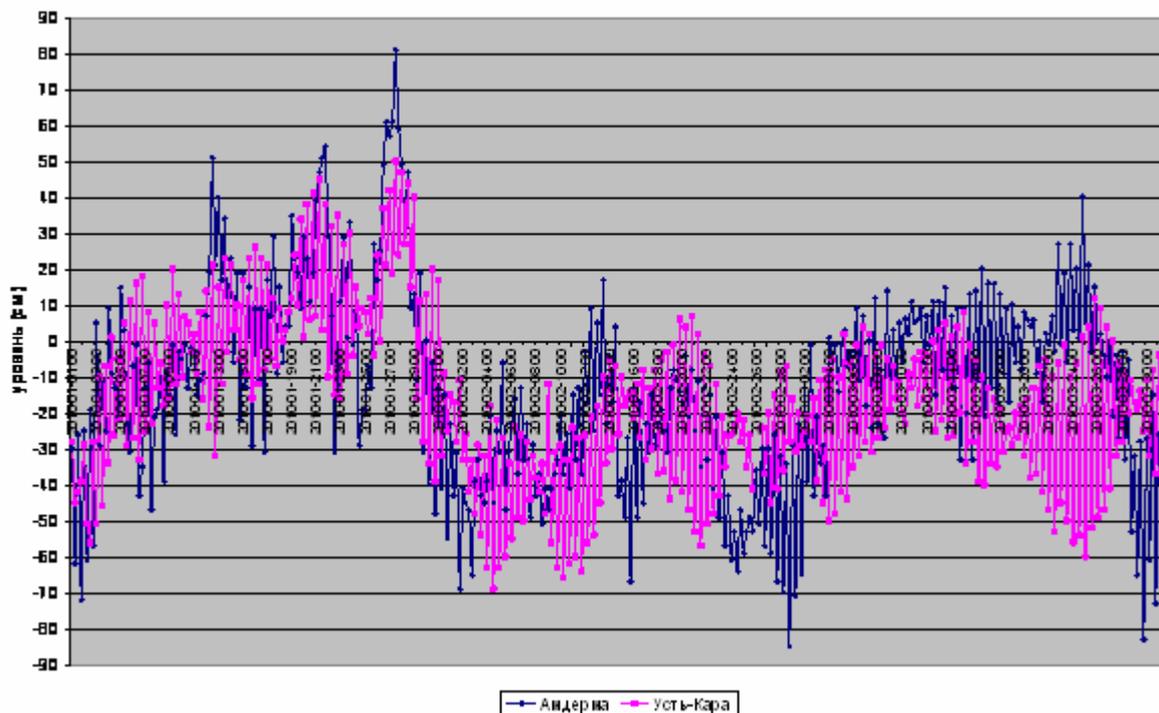


Рисунок 3.8 – Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе–марте 2010 г.

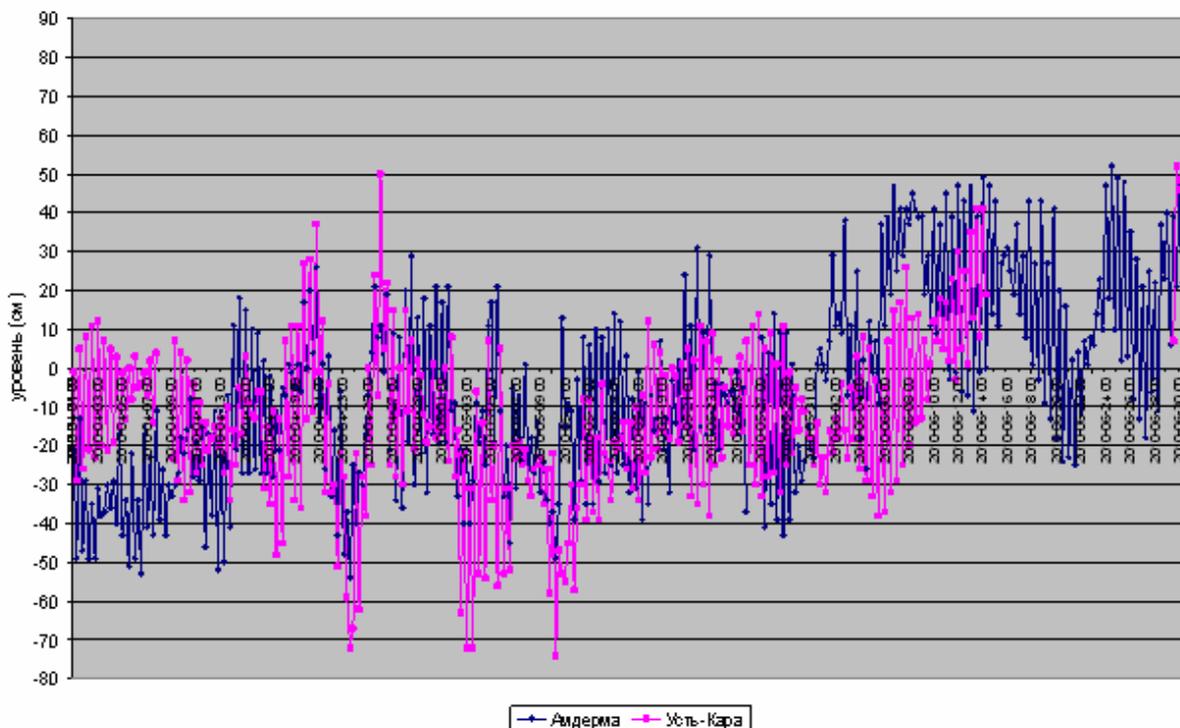


Рисунок 3.9 – Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле–июне 2010 г.



В северной части Карского моря (рисунки 3.10 и 3.11) колебания уровня как и в юго-западной части моря происходили в январе на повышенном фоне (+10 +15 см), в феврале – мае на пониженном фоне (–15 –30 см), в июне среднемесячный уровень вновь поднялся до отметок (+5 см) несколько превышающих среднемноголетние значения. Наиболее значительный подъем уровня в этом районе отмечался 20 января 2010 г., когда на станции о. Визе уровень поднялся на 62 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее существенные понижения уровня наблюдались в феврале (–61 см) и марте (–59 см). Наибольшие значения величины колебаний уровня наблюдались на станции о. Визе в январе (88 см) и марте (89 см).

Фон колебаний уровня в восточной части Карского моря (рисунки 3.12 и 3.13) носил тот же характер, что и в остальных частях акватории моря: в январе в этом районе отмечался повышенный фон колебаний уровня (+5 +20 см), в феврале – мае пониженный фон (–15 –35 см), в июне среднемесячный уровень вновь поднялся до отметок +10 +35 см. Наиболее значительный подъем уровня у юго-западного побережья Таймыра наблюдался 21 января 2010 г., в этот день на станциях о. Диксон и м. Стерлегова уровень моря поднялся на 114 см выше среднемноголетнего значения, на станции Сопочная Карга на 96 см, а на станции о-ва Известий ЦИК на 71 см выше среднемноголетнего. Подъем уровня был обусловлен анемобарическими эффектами, связанными с прохождением глубокого циклона, пересекшего в этот период времени акваторию Карского моря с северо-запада на юго-восток. Подъем уровня на станции Сопочная Карга в июне до отметок +92 см выше среднемноголетнего значения развивался плавно и имел хорошо выраженный паводковый характер. Наиболее существенные понижения уровня наблюдались в начале, середине и конце февраля, почти на всех станциях этого района уровень в это время опускался ниже – 60 см. 24–25 апреля ветра южной четверти, сформировавшиеся в передней части глубокого циклона, центр которого перемещался вдоль южного побережья Баренцева и Карского морей, вызвали резкое падение уровня моря. Особенно ярко это падение уровня проявилось на станциях о. Диксон и Сопочная Карга уровень понизился на 80–90 см ниже среднемноголетнего значения. Наибольшие значения месячной величины колебаний уровня наблюдались в январе на станции Сопочная Карга – 177 см, о. Диксон – 163 см, м. Стерлегова – 160 см.

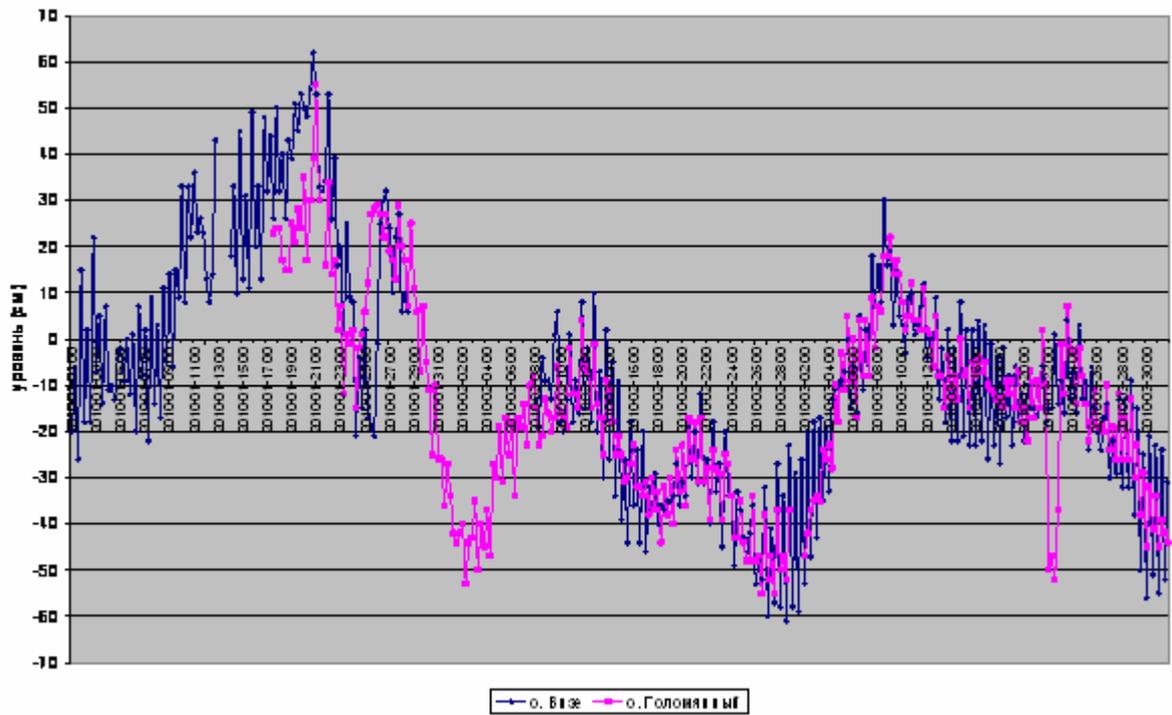


Рисунок 3.10 – Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в январе–марте 2010 г.

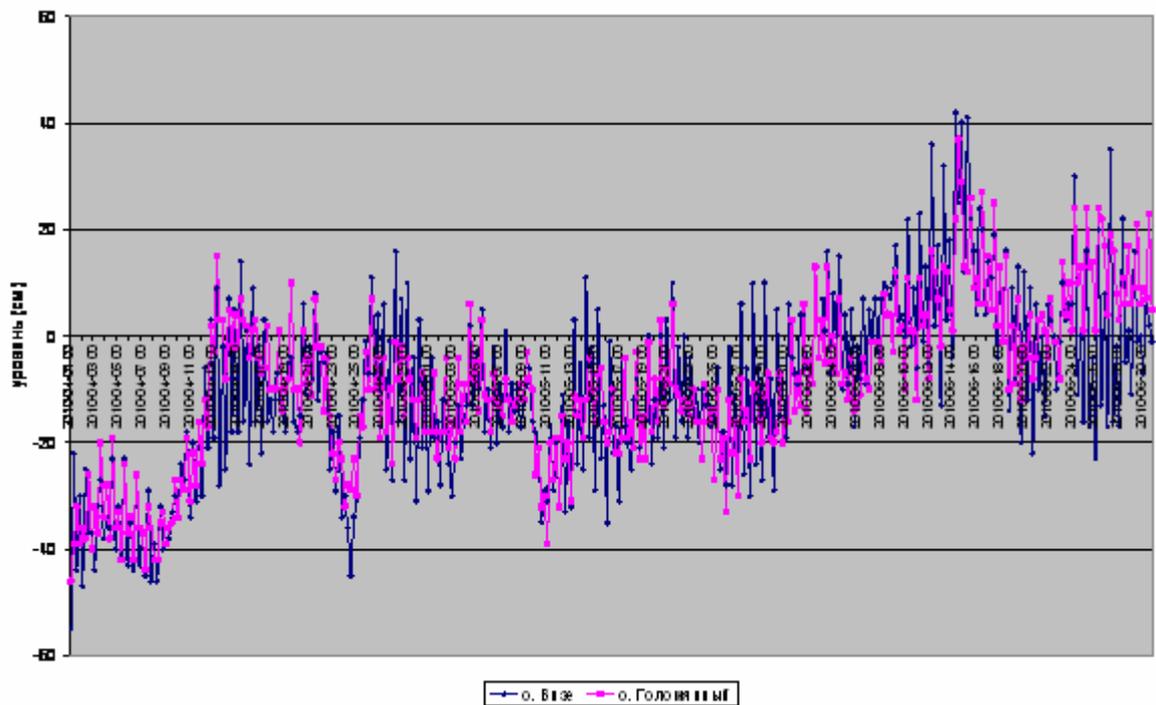


Рисунок 3.11 – Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в апреле–июне 2010 г.

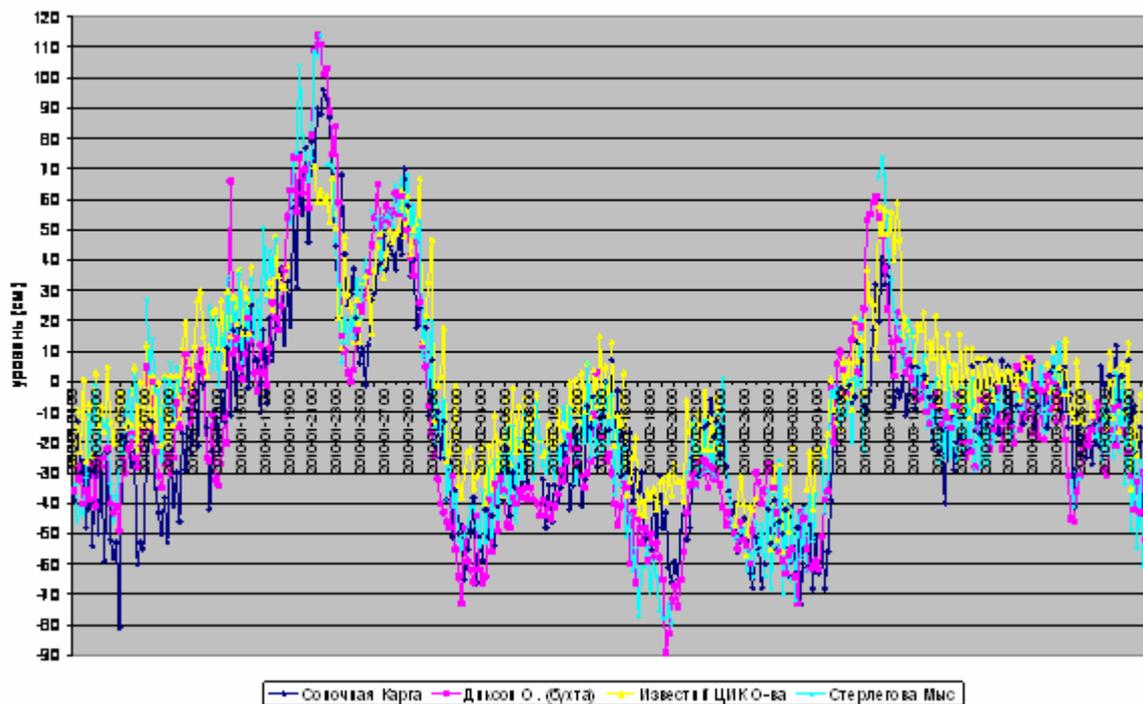


Рисунок 3.12 – Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в январе–марте 2010 г.

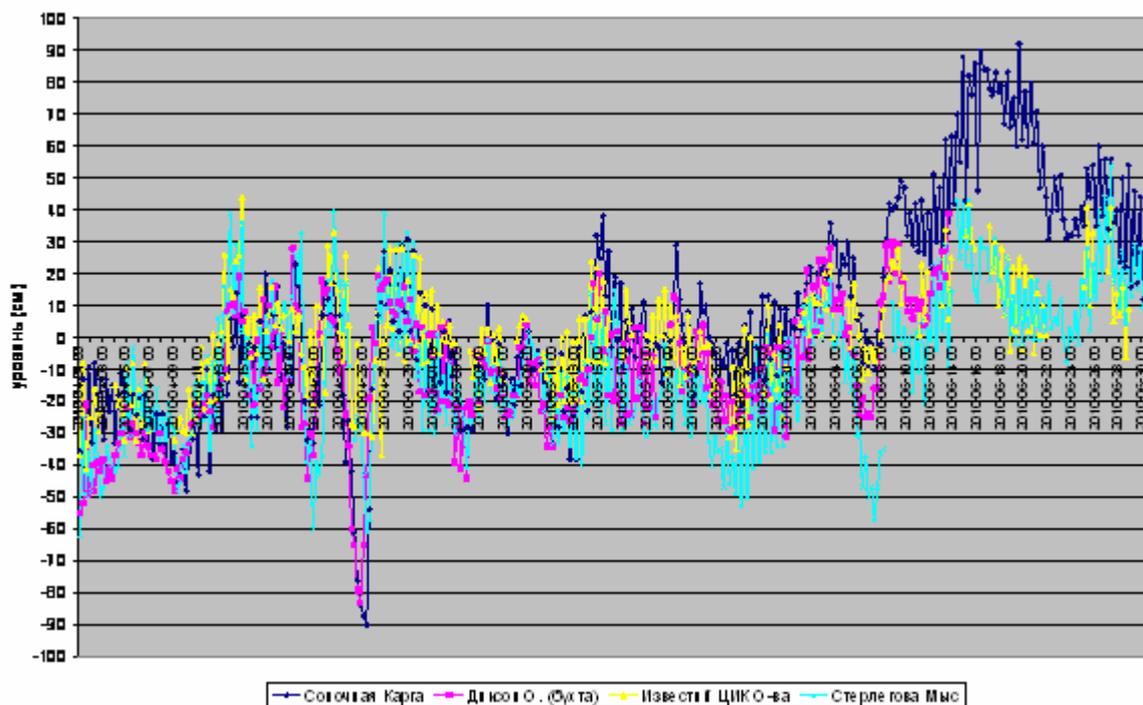


Рисунок 3.13 – Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в апреле–июне 2010 г.

Колебания уровня на станции Анабар в юго–западной части моря Лаптевых (рисунки 3.14 и 3.15) на протяжении января – мая происходили на пониженном фоне. Наиболее низкие среднемесячные уровни наблюдались в феврале (–36 см), марте (–31 см) и апреле (–34 см). Наибольшие подъемы уровня (+94 см) и (+86 см) наблюдались в мае и июне, характер изменений уровня в этот период позволяет утверждать, что эти подъемы уровня были связаны с весенними паводковыми явлениями. Наибольшее понижение уровня (–103 см) отмечалось 26 апреля и явилось продолжением развития сгонной ситуации, отмечавшейся, как было указано выше 24–25 апреля в Карском море. Наибольшая месячная величина колебаний уровня наблюдалась в мае и составила 167 см, при этом в апреле и январе величина колебаний уровня была также значительна и составила 155 см и 146 см соответственно.

В восточной части моря Лаптевых (рисунки 3.16 и 3.17) повсеместно фон колебаний уровня был положительным (+15 +25 см) в январе, и отрицательным в феврале (–10 –25 см) и марте (–5 –20 см). В апреле фон был близок к нормальным значениям (+5 –5 см), а в мае и июне, когда на станциях о–ва Дунай и м. Кигилях отмечался пониженный фон колебаний уровня (–15 –25 см), на станциях Тикси и о. Котельный наблюдался наоборот повышенный фон (+15 +30 см). Наибольшие подъемы уровня в этом районе отмечались в январе, так 18 января уровень на станции о–ва Дунай поднялся на 103 см выше среднеголетнего значения, а на станции Тикси на 93 см выше среднего 23 января. Наибольшие понижения уровня составляли –60 –80 см и отмечались в январе и феврале. Наибольшая величина колебаний уровня наблюдалась в январе и составила на станции о–ва Дунай 150 см., а на станции Тикси 154 см.

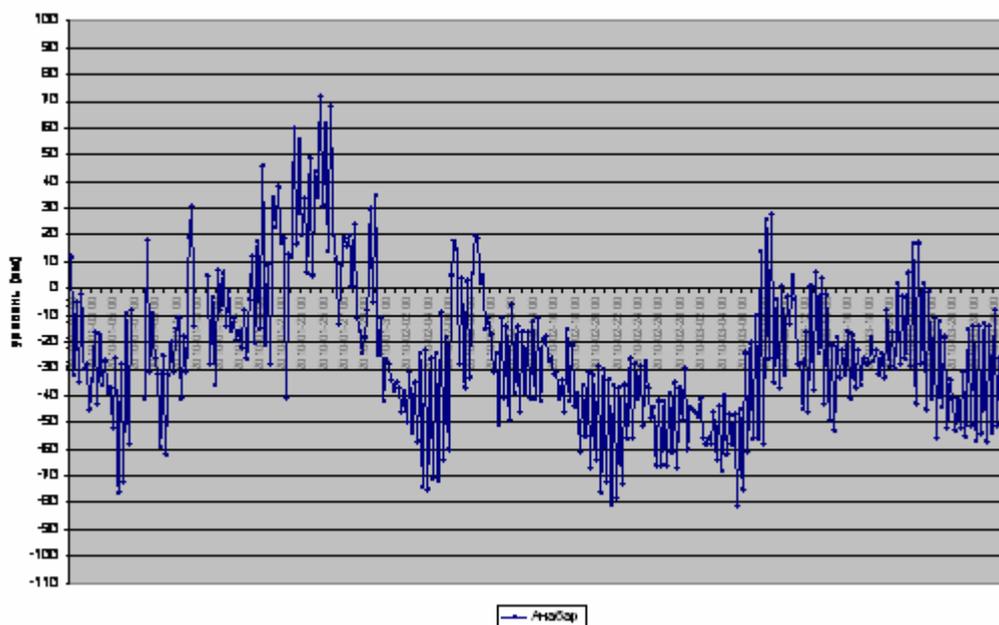


Рисунок 3.14 – Колебания уровня в западной части моря Лаптевых в январе–марте 2010 г.

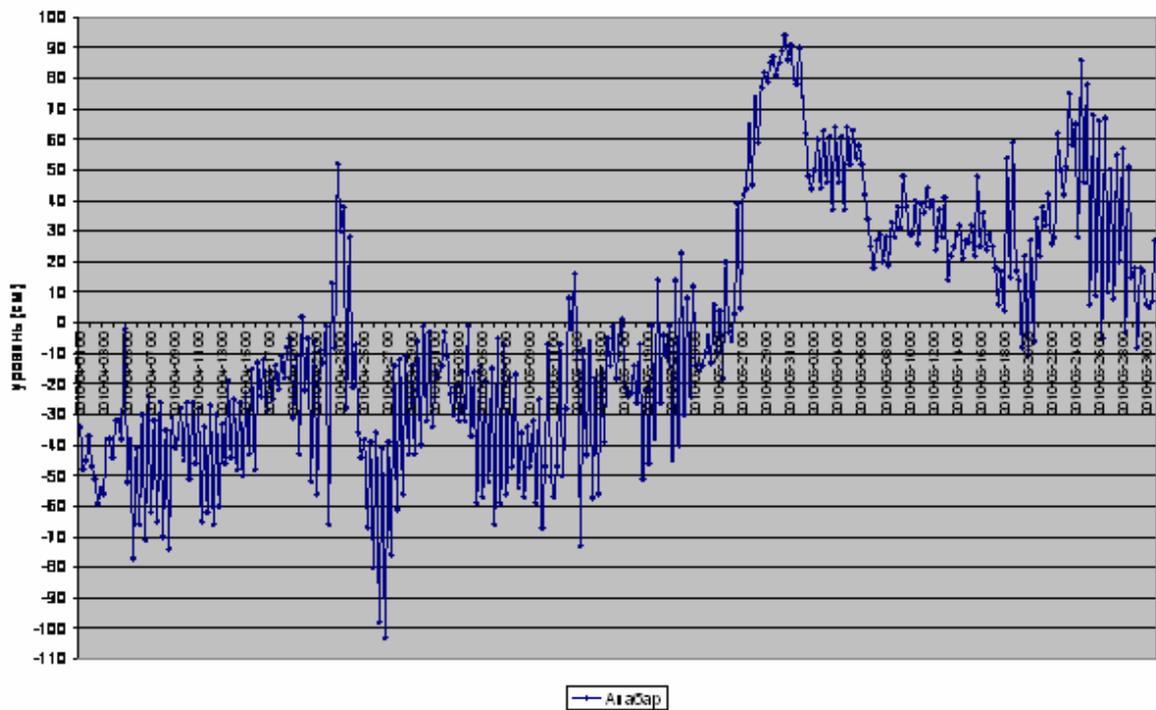


Рисунок 3.15 – Колебания уровня в западной части моря Лаптевых в апреле–июне 2010 г.

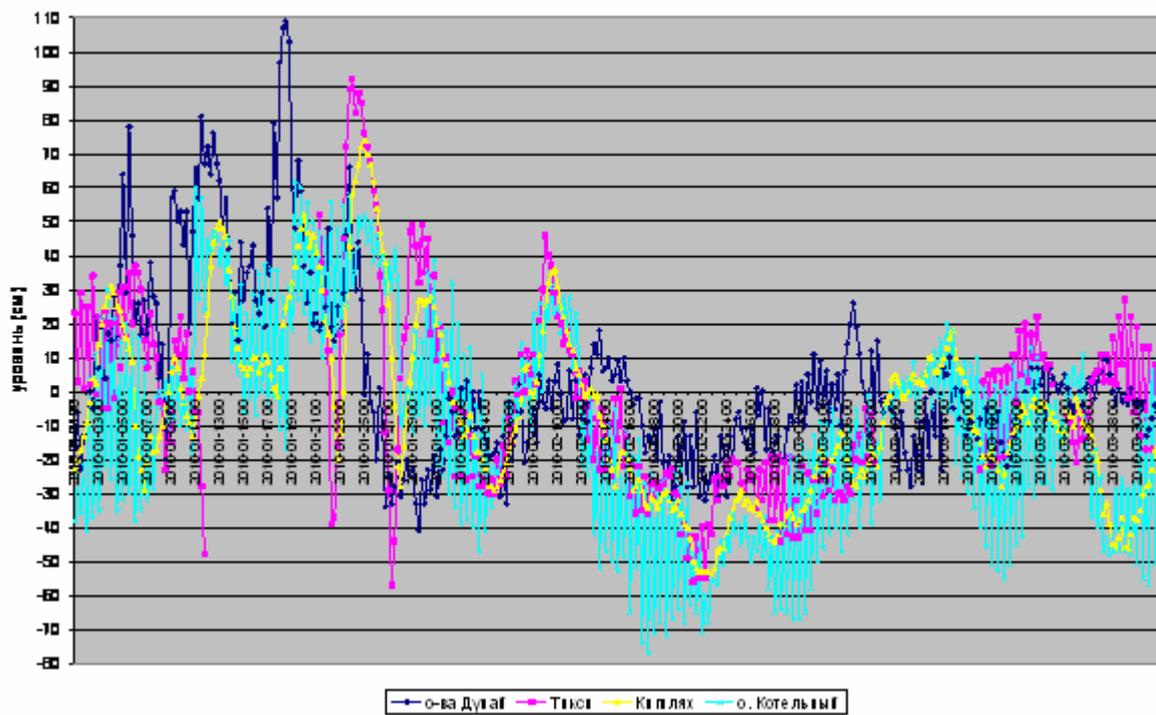


Рисунок 3.16 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе–марте 2010 г.

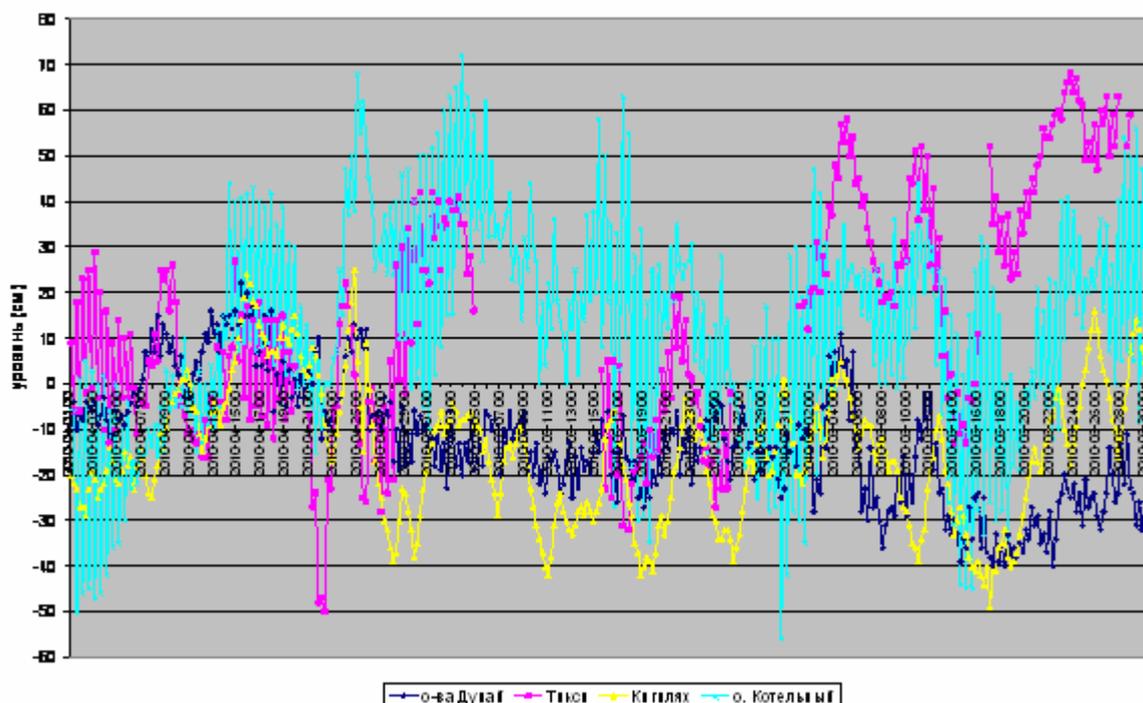


Рисунок 3.17 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле–июне 2010 г.

В Восточно–Сибирском море в январе – апреле колебания уровня происходили на повышенном фоне, составлявшем по данным наблюдений на станции Певек около +30 см (рисунки 3.18 и 3.19), в июне фон колебаний уровня снизился до отметок близких к среднемноголетним. Наиболее значительные подъемы уровня на станции Певек отмечались в январе – марте, когда уровень поднимался до отметок +65 +75 см выше среднего, при этом сгоны были сравнительно невелики. Изменчивость уровня от января к июню постепенно снижалась, если в январе величина колебаний уровня составила 95 см, то в июне она уменьшилась до 62 см.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море в первое полугодие 2010 г. не производилось, в связи с чем, дать какую–либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

Таким образом, можно, считать, что в целом колебания уровня арктических морей в течение первого полугодия носили достаточно привычный вид, характеризующийся сезонным понижением среднего уровня в зимне–весенние месяцы года и ростом фона колебаний уровня в конце весны – начале лета. Хотя значительное развитие ледяного покрова, в первую очередь припая, существенным образом препятствует развитию значительных сгонно–нагонных колебаний, 24–26 апреля в морях западной части Арктики отмечалось резкое падение уровня,



вызванное обширным и глубоким циклоном, перемещавшимся вдоль южного побережья морей Баренцева, Карского и Лаптевых.

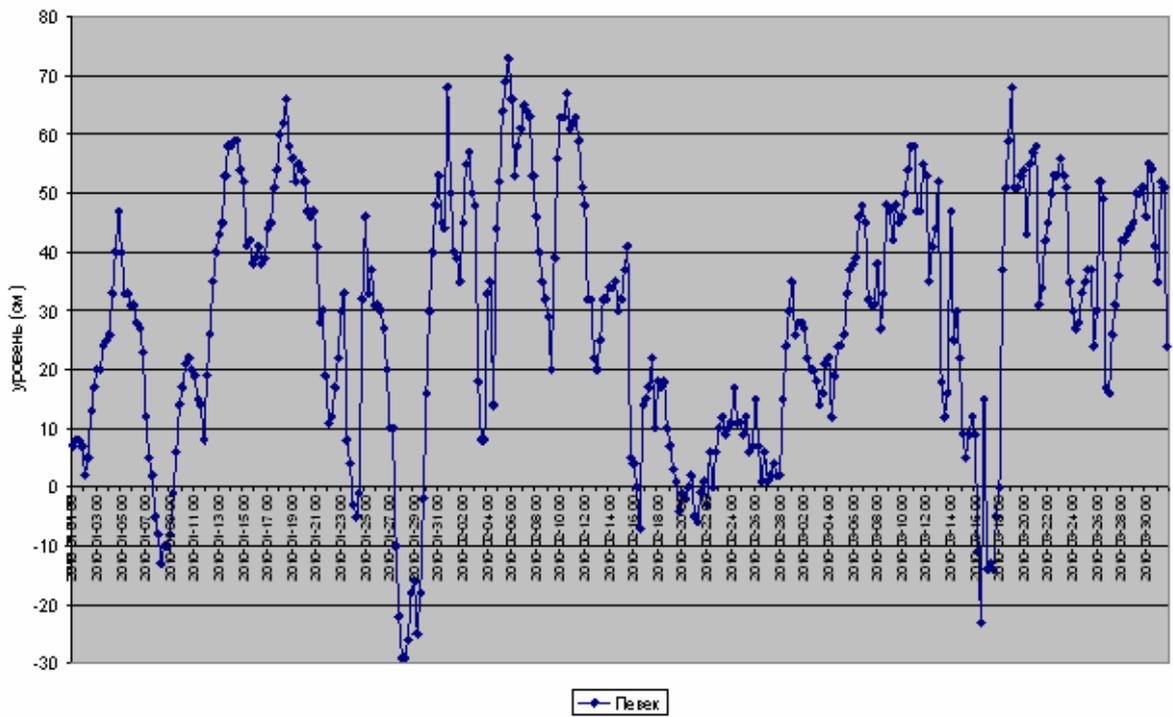


Рисунок 3.18 – Колебания уровня в Восточно–Сибирском море в январе–марте 2010 г.

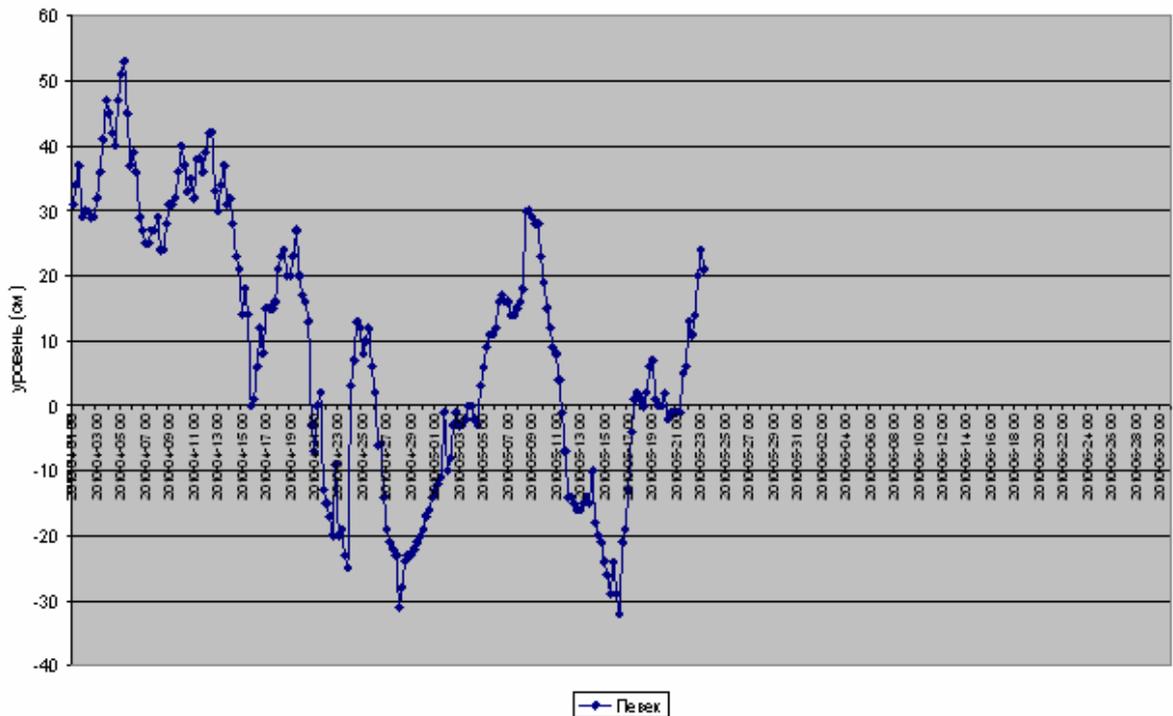


Рисунок 3.19 – Колебания уровня в Восточно–Сибирском море в апреле–июне 2010 г.



3.4 Ветровое волнение на акватории арктических морей в зимне–весенний период 2009–2010 гг.

В виду отсутствия регулярных инструментальных измерений волнения в арктических морях России, обзор ветрового волнения основывается на модельных расчетах и прогнозах.

Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием новой версии авторской спектрально–параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИН и модифицированной в ААНИИ. Модель неоднократно верифицировалась по инструментальным данным измерений на различных акваториях и сравнивалась с известными и широко используемыми в мире моделями WAM и WAVEWATCH. С 2001 года модель внедрена в оперативную практику Гидрометцентра России и по ней регулярно, дважды в сутки, выпускаются прогнозы полей волнения в Мировом океане (<http://hmc.hydromet.ru>).

Решением Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 16 мая 2008 г. новая версия модели ветрового волнения ААНИИ (AARI–PD2) рекомендована для использования в оперативно–прогностической работе Гидрометцентра России и ААНИИ.

Район Российской Арктики представлен в модели двумя большими расчетными областями с шагом $1,0^\circ$ по долготе и $0,5^\circ$ по широте. Первая расчетная область включает в себя Баренцево и Карское моря (западный сектор), а вторая – море Лаптевых, Восточно–Сибирское и Чукотское моря (восточный сектор). Основными исходными данными в расчетах являлись поля атмосферного давления на уровне моря, температура воздуха на 2–х метровом горизонте, а так же 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.

По результатам модельных расчетов выполнена оценка повторяемости (число дней с соответствующим максимумом) значительных высот волн (H_s – обеспеченность 13%) на акватории арктических морей в зимне–весенний период с октября 2009г. по май 2010г. Сведения о распределении высот волн для Баренцева моря приведены в таблице 3.2–3.5, для Карского моря – в таблице 3.6., а для акваторий морей Лаптевых, Восточно–Сибирского и Чукотского – в таблицах 3.7–3.9.



Таблица 3.2 – Распределения (число дней) высот волн (Hs) в Баренцевом море в зимне–весенний период 2009– 2010 гг.

Месяц	Высоты волн (м)										Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	
Октябрь	–	–	2	8	14	3	3	1	–	–	31
Ноябрь	–	2	3	13	4	4	1	1	2	–	30
Декабрь	–	4	7	4	4	5	3	3	1	–	31
Январь	–	–	1	14	4	1	3	2	5	1	31
Февраль	–	1	7	6	5	7	1	–	1	–	28
Март	–	2	10	9	3	4	1	1	–	1	31
Апрель	–	4	5	7	4	7	3	–	–	–	30
Май	–	3	17	6	3	–	2	–	–	–	31
Итого	–	16	52	67	41	31	17	8	9	2	243

Как видно из таблицы 3.2, в зимне–весенний период 2009–2010 гг. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 5 м.

Число дней, когда высота волн на акватории Баренцева моря в зимне–весенний период 2009– 2010гг. превышала 5 м, приведено в таблице 3.3, которая дополнена для сравнения сведениями для зимне–весеннего сезона 2008–2009 гг.

Таблица 3.3 – Число дней в Баренцевом море с высотами волн более 5 м

Месяц	Число дней		Максимальная значительная высота волн (м)	
	зимне–весенний период 2009–2010	зимне–весенний период 2008–2009	зимне–весенний период 2009–2010	зимне–весенний период 2008–2009
Октябрь	7	11	7–8	6–7
Ноябрь	8	14	8–9	9–10
Декабрь	12	17	8–9	8–9
Январь	12	16	9–10	8–9
Февраль	9	17	8–9	13–14
Март	7	4	9–10	6–7
Апрель	10	3	6–7	6–7
Май	2	7	6–7	6–7
Итого	67	89	–	–

Сопоставление аналогичных сезонов разных лет, позволяет сказать, что штормовая активность в период с октября 2009 г. по февраль 2010 г. был ниже, чем в 2008–2009 гг., однако март и апрель 2010 г. по числу случаев были более штормовыми по сравнению с 2009 г. По силе волнения зимне–весенний период 2009–2010 годов уступает 2008–2009 гг. только в ноябре и феврале, в остальные же месяцы сопоставим с периодом 2008–2009 гг. или превышает его. Так, например, в марте 2010 г. имело место волнение более 9м, а в марте 2009 г. волнение не превышало 7 м.

Наиболее штормовым в зимне–весеннем периоде 2009–2010 гг. был январь, в течение которого 6 раз высоты волн превышали 8 м, причем 27.01.2010 (12 ч.) волнение превысило 9,5 м.



Такое волнение было вызвано сильными ветрами (свыше 20 м/с) западных и юго–западных румбов, преобладающими над акваторией Баренцева моря накануне шторма (26 января). На рисунке 3.20, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на 00 часов 27 января 2010 г.

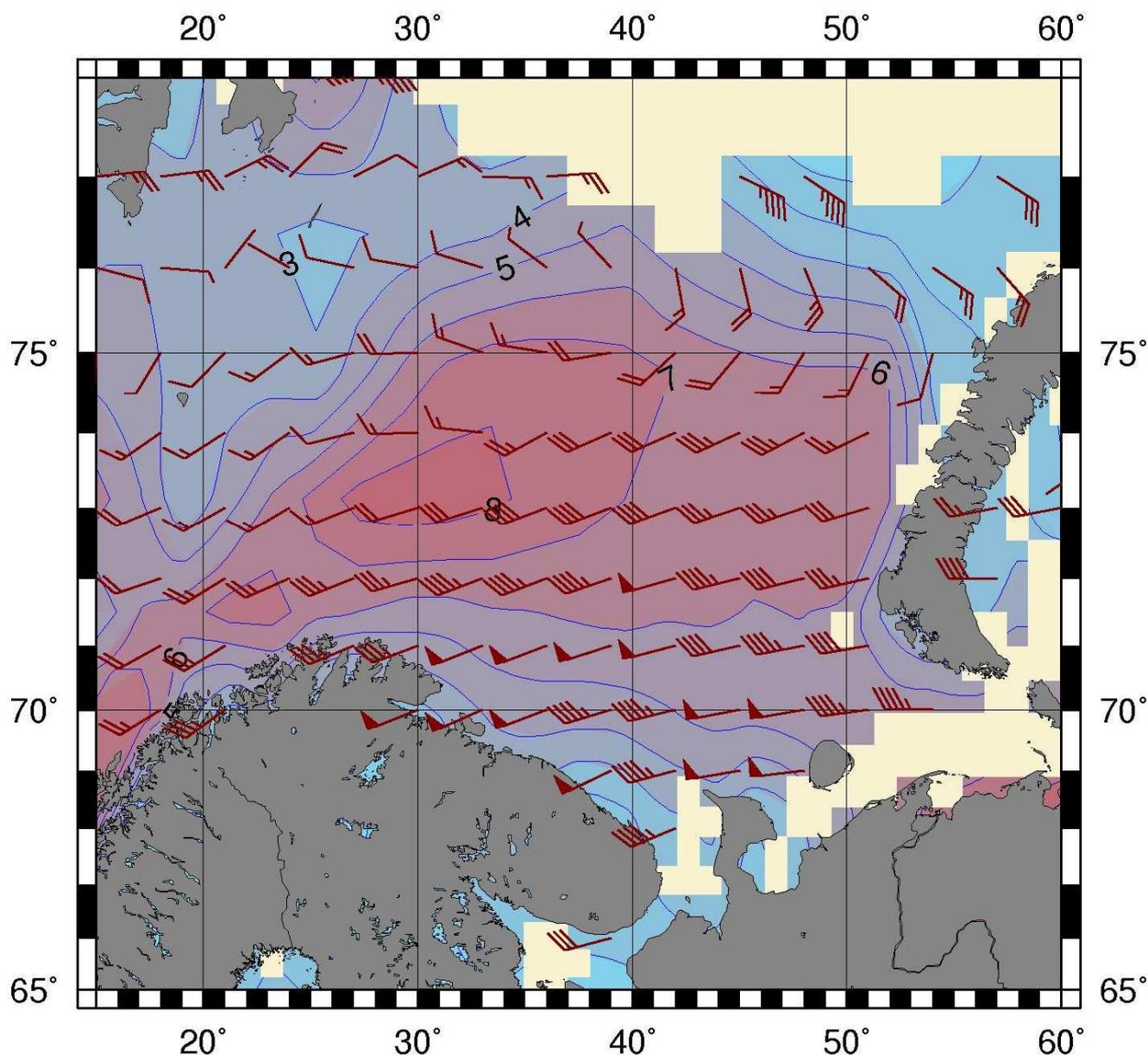


Рисунок 3.20 – Ветер и высота волн 13% обеспеченности в Баренцевом море на 00 ч. (UTC) 27 января 2010 г.

Наиболее сильными в зимне–весенний период 2009–2010 г. были следующие шторма: 26 ноября – 3 декабря (волнение до 8,5 м 27.11.2009, продолжительность шторма 8 дней), 18 декабря (волнение до 8,5 м, продолжительность шторма 2 дня) 10–12 января (волнение до 8,5 м



11.01.2010, продолжительность шторма 3 дня), 18–21 января (волнение до 8,5 м 19.01.2010, продолжительность шторма 4 дня) и 26–29 января (волнение до 9,5 м 27.01.2010, продолжительность шторма 3 дня). В феврале имел место один значительный шторм с 24 по 26 февраля (волнение более 8,5 м на сроки 06 и 12 ч 24.02.2010 г.). В марте высоты волн превышали 9 м (8 марта, 12ч), но такой шторм был один. Самым спокойным в Баренцевом море в зимне–весенний период 2009–2010 гг. был месяц май.

С целью анализа направлений наиболее сильного волнения рассчитано и приведено в таблице 3.4 распределение (число дней) значительных высот волн $>5\text{м}$ по направлениям за зимне–весенний период с октября 2009 по май 2010 гг. Из таблицы следует, что в штормовых ситуациях для всей акватории Баренцева моря преобладают южные и юго–восточные направления волн. Такие же направления для высот волн $>5\text{м}$ были характерны в ноябре – декабре 2009 г. и в феврале 2010 г.. Однако, если сопоставить распределения значительных высот волн $>5\text{м}$ по направлениям в отдельные месяцы зимне–весеннего периода 2009–2010 гг. со справочными данными по режиму и волнению в центральном районе Баренцева моря в эти же месяцы, то они согласуются по направлениям лишь в октябре и январе. Такое отличие от режимных распределений, полученных за многолетний период в справочнике, можно объяснить лишь особенностью атмосферной циркуляции и, соответственно, режимом ветра в зимне–весеннем периоде 2009–2010 г.

Таблица 3.4 – Распределение (число случаев) значительных высот волн $>5\text{м}$ по направлениям на всей акватории Баренцева моря за зимне–весенний период 2009–2010 гг.

Период	Значит. высота волн $h > 5\text{м}$	Направление волнения								
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Итого
Октябрь 2009г. – Май 2010г.	5–6	1	7	5	5	6	2	2	3	31
	6–7	4	–	1	3	2	2	2	2	16
	7–8	1	2	1	1	1	2	–	1	9
	8–9	2	–	1	2	2	2	–	–	9
	9–10	–	–	–	–	1	–	1	–	2
Итого		8	9	8	11	12	8	5	6	67

Для проверки такой гипотезы нами была рассчитана функция распределения высот волн (H_s) и направлений (таблица 3.5) в одной из точек центральной части Баренцева моря с координатами 74° с.ш. и 39° в.д. за рассматриваемый период. Полученные результаты также указывают на преобладание направлений южных румбов для волнения 5м и более в зимне–весеннем периоде 2009–2010 гг.



Таблица 3.5 – Функция распределения высот волн (H_s) и направлений в центральной части Баренцева моря за октябрь 2009 г. – май 2010 г. в точке с координатами 74° с.ш. и 39° в.д.

Значит. высота волн h , м	Повторяемость высот волн по направлениям								$P_h(\%)$	$F_h(\%)$	
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ			
0– 1,0	0,734	1,048	1,153	4,193	6,604	1,677	2,306	2,306	0,839	14,256	14,256
1,0– 2,0	3,983	3,564	3,040	3,983		6,918	6,080	4,612	2,935	37,736	51,992
2,0– 3,0	4,088	1,468	1,363	2,411		4,193	4,298	2,935	1,782	24,109	76,101
3,0– 4,0	2,621	1,258	1,992	1,048		2,830	2,096	1,153	0,734	15,094	91,195
4,0– 5,0	0,419	1,048	0,314	0,839		0,419	0,210	0,524	0,210	4,193	95,388
5,0– 6,0	0,314	–	0,314	0,314		0,629	0,314	0,105	0,210	2,725	98,113
6,0– 7,0	–	0,210	–	0,105		0,629	–	0,105	–	1,258	99,371
7,0– 8,0	–	–	–	0,105		–	0,105	0,105	–	0,314	99,686
8,0–9,0	–	–	–	0,314		–	–	–	–	0,314	100,00
$P_\theta(\%)$	12,159	8,595	8,176	19,811	17,296	15,409	11,845	6,709	100,000	–	–
$F_\theta(\%)$	12,159	20,755	28,931	48,742	66,038	81,447	93,291	100,00	–	–	–
$P_\theta > 5\text{м}(\%)$	0,314	0,210	0,314	1,572	1,258	0,419	0,315	0,210	–	–	–

В сведения о ветровом волнении в Карском море для зимне–весеннего периода 2009–2010 гг., включены только результаты расчетов за октябрь, ноябрь и частично за декабрь месяц. Все остальные месяцы море в основном было закрыто льдом, Интенсивное ледообразование на основной части Карского моря началось с ноября 2009 г, и акватория окончательно закрылось льдом во второй декаде декабря 2009 г., что намного раньше, чем в 2008 году, Так, в 2008 году значительный участок чистой воды к востоку от о. Новая Земля и вокруг пр. Карские ворота был в течение всего декабря 2008 года и в начале 2009 года, В таблице 3.6 приведены значения высот волнения на открытых участках Карского моря до середины декабря 2009 года.

Как видно из таблицы 3.6, с октября по декабрь 2009 года на открытой акватории Карского моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 м до 3 м. Наиболее штормовым месяцем для Карского моря был октябрь. Волнение с высотой волн более 5 м в Карском море в октябре составило 5 случаев (16%) и 3 случая (10%) в ноябре.

Наиболее сильное волнение (более 7 м) имело место 1 октября 2009 г. (06 ч. 12ч.). В это время Карское море находилось под влиянием баренцевоморского циклона с давлением в центре 975 мб, перемещающегося в направлении Земли Франца–Иосифа, На рисунке 3.21, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s в Карском море на 12 часов 01 октября 2009 г.

Таблица 3.6 – Распределения (число дней) высот волн (H_s) в Карском море в октябре–декабре 2009 г.

Месяц	Высоты волн (м)								Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	
Октябрь	–	2	8	11	5	4	–	1	31
Ноябрь	–	7	16	2	2	3	–	–	30
Декабрь (до 15,12,09)	–	8	4	2	1	–	–	–	15
Итого	–	17	28	15	8	7	–	1	76

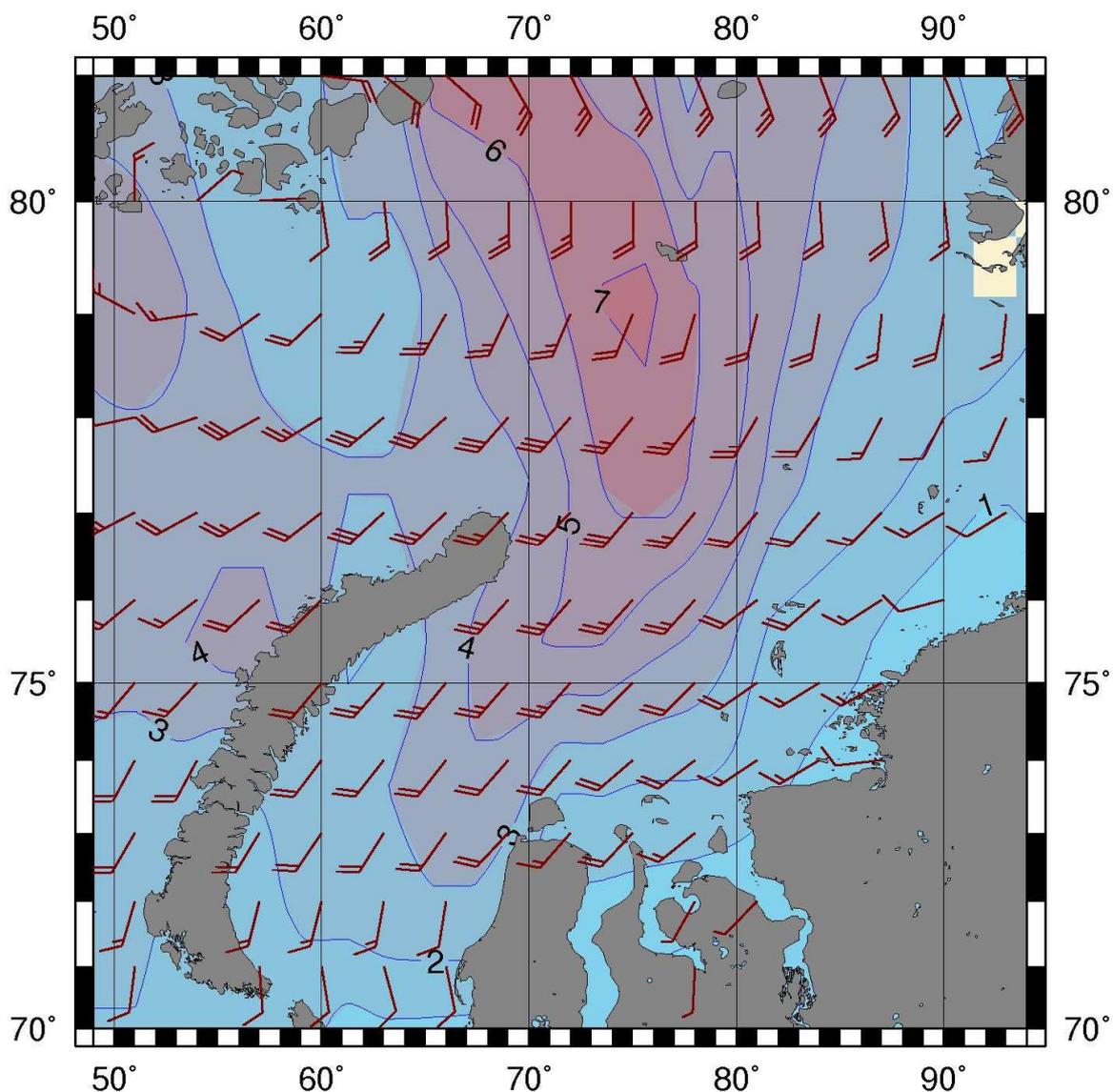


Рисунок 3.21 – Ветер и высота волн 13% обеспеченности в Карском море на 12 ч. (UTC) 01 октября 2009 г.

Моря восточной Арктики также большую часть зимне–весеннего сезона 2009–2010 гг. были закрыты льдом, поэтому в таблицах 3.7–3.9 приведены распределения значительных высот волн для морей восточной Арктики лишь с октября по ноябрь 2009 г. В таблицах учтены случаи ветрового волнения на акваториях морей Лаптевых, Восточно–Сибирского и Чукотского на открытой воде до кромки льда.

Таблица 3.7 – Распределение (число дней) высот волн (Hs) в море Лаптевых в октябре 2009 г.

Месяц	Высоты волн (м)					Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	
Октябрь	2	9	9	3	5	28(31)



Таблица 3.8 – Распределение (число дней) высот волн (Hs) в Восточно–Сибирском море в октябре 2009 г.

Месяц	Высоты волн (м)				Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	
Октябрь	4	11	8	5	28(31)

Таблица 3.9 – Распределения (число дней) высот волн (Hs) в Чукотском море в октябре–ноябре 2009 г.

Месяц	Высоты волн (м)						Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	
Октябрь	1	8	7	8	5	2	31
Ноябрь	–	4	12	8	3	1	28(30)
Итого	1	12	19	16	8	3	59

Море Лаптевых и Восточно–Сибирское закрылись льдом уже к концу октября, а Чукотское море – к концу ноября. Из таблиц видно, что наибольшую повторяемость в море Лаптевых имело волнение с высотой 1–3 м, в Восточно–Сибирском море 1–2 м, а в Чукотском море 2–3 м.

Высоты волн в море Лаптевых в октябре 2009 г, достигали 4–5 м, что выше, чем в октябре 2008 г. (<3 м). Наиболее сильное волнение (> 5 м) наблюдалось в Чукотском море 23–24 октября и 12 ноября.

В качестве примера на рисунке 3.22 приведено поле значительных высот волн для морей восточной Арктики в октябре 2009 года.

Анализ результатов модельных расчетов ветрового волнения за зимне–весенний период 2009–2010 годов на акваториях Баренцева и Карского морей, а также морей восточной Арктики показал, что в Баренцевом море самым штормовым месяцем был январь, когда высота волны в Баренцевом море превысила 9 м (27 января). В Карском море максимальное развитие (более 7 м) ветровое волнение получило 1 октября. На акваториях морей Лаптевых, Восточно–Сибирском в безледный период (октябрь) в основном развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3м, а в Чукотском море (октябрь–ноябрь) – от 1 до 4м. Наиболее сильное волнение (> 5 м) наблюдалось в Чукотском море 23–24 октября и 12 ноября.

Сопоставление аналогичных периодов (зимне–весенний 2009–2010 и 2008–2009) позволяет сделать вывод, что по силе волнения период 2009–2010 годов несколько уступает 2008–2009 гг. только в ноябре и феврале, в остальные же месяцы сопоставим с периодом 2008–2009 гг. или превышает его.

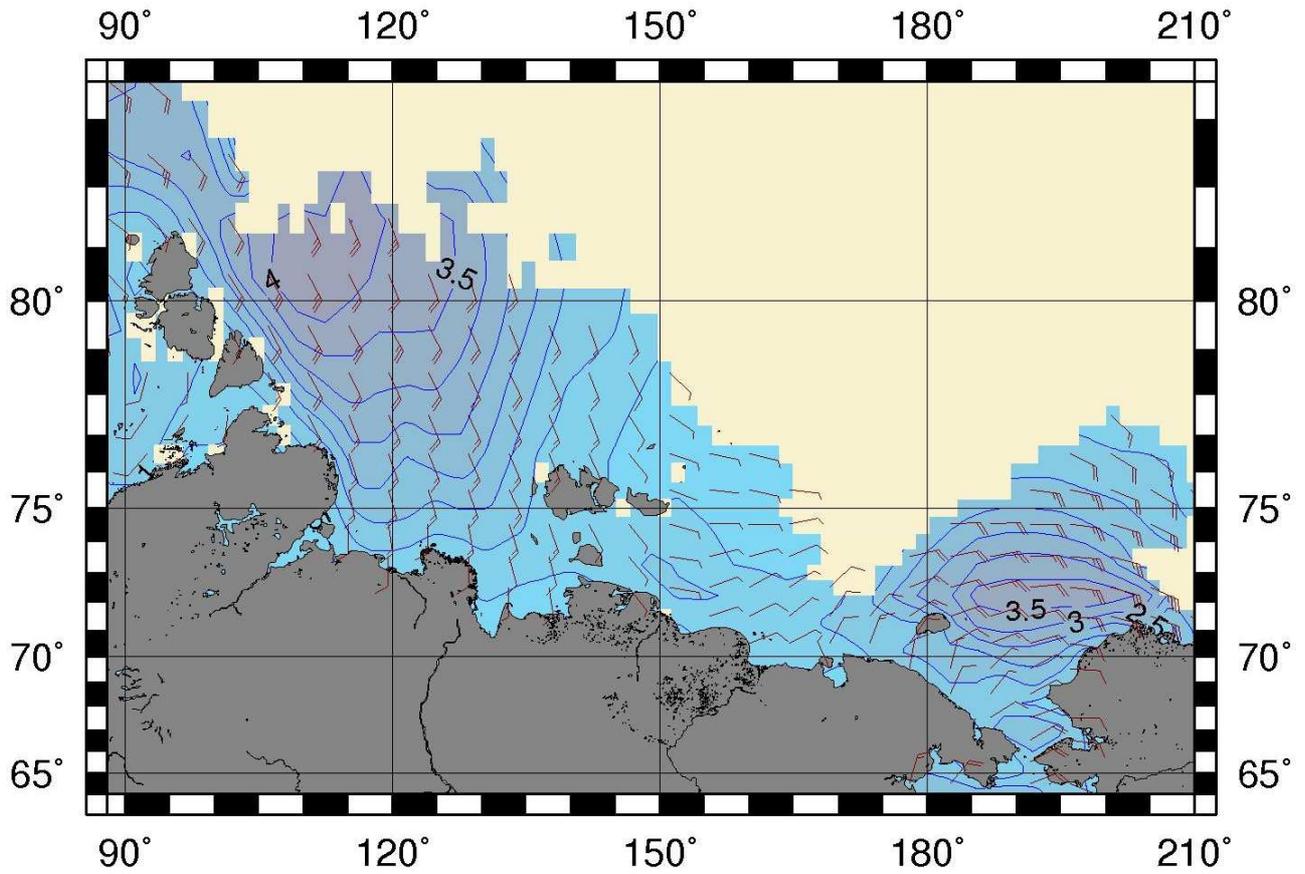


Рисунок 3.22 – Ветер и высота волн 13% обеспеченности на морях восточной Арктики на 00ч (UTC) 9 октября 2009 г.