

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

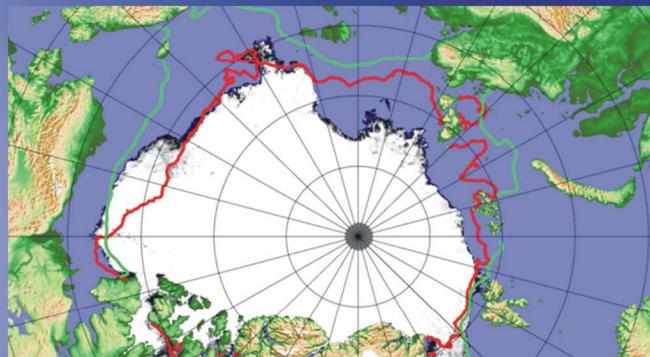


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2009





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в апреле–июне 2009 года	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период апрель–июнь 2009 г.	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области за период апрель–июнь 2009 г.	16
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле–июне 2009 года	26
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель–июнь	26
2.2 Ледовые процессы в устьевых участках рек за период апрель–июнь	36
3 Гидрологические и гидрохимические условия в Северном Ледовитом океане в апреле–июне 2009 года	40
3.1 Термохалинные условия Арктического бассейна и арктических морей	40
3.2 Гидрохимические условия арктических морей	52
3.3 Уровень арктических морей	52
3.4 Ветровое волнение на акватории арктических морей	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель–июнь) 2009 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, дрейфующей станции «Северный Полюс–36», проектов Всемирной Метеорологической Организации и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и международных проектов российскими и зарубежными организациями.

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

В составлении обзора принимали участие ведущие специалисты ГУ «АНИИ».

Метеорологический раздел, посвящен описанию особенностей развития крупномасштабных метеорологических процессов и изменчивости различных метеорологических элементов. В составлении раздела принимали участие специалисты 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, полярных станций системы Росгидромета, экспедиционные наблюдения на судах и дрейфующих станциях и архивные климатические данные. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела ледового режима и прогнозов (ответственный – зав. лабораторией к.г.н. Юлин А.В., зав. лабораторией к.г.н. Смоляницкий В.М., рук. группы к.т.н. Налимов Ю.В.).

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

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

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

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



1 Метеорологические условия Северной полярной области в апреле–июне 2009 года

1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период апрель–июнь 2009 г.

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга развития атмосферных процессов различного пространственно–временного масштаба и связанных с ними изменений метеорологических условий в полярном районе северного полушария за период с апреля по июнь 2009 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 апреля по июнь 2009 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 апрель–июнь 2009 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 апрель–июнь 2009 г.

Форма	W	C	E	З	M_1	M_2
Число дней	19	31	41	40	23	28
Аномалии	-9	2	7	12	-10	-2

В рассматриваемый период выделяется ряд стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов. Схема разновидностей макропреобразований основных форм циркуляции атмосферы с апреля по июнь 2009 г. выглядит следующим образом:

Апрель \Rightarrow Май \Rightarrow Июнь

$(E+C)_{M_2+3} \Rightarrow E_3 \Rightarrow C_3$

Из схемы и таблицы 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 (Рисунки 1.2–1.13). 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.

Основные особенности синоптических процессов для каждого внутригодового периода описаны ниже.

В апреле центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на H_{500} располагался в районе Земли Франца–Иосифа, основные ложбины которого была ориентированы на районы морей Карского, Восточно–Сибирского и Баффина.

В первом (атлантико–евразийском) секторе отмечалось сочетание процессов восточной (E) и меридиональной (C) форм циркуляции. В приземном поле под влиянием хорошо развитого антициклона над Европой циклоны Северной Атлантики смещались в Арктику по сравнению с нормой высокоширотными траекториями. Фон давления в западном секторе Арктики и приполюсном районе был ниже нормы на 2–10 гПа. Воздушные потоки в большинстве районов юго–западных и юго–восточных направлений обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры здесь был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры со значениями до $4,3^{\circ}\text{C}$ отмечались в районе Таймыра. Отрицательные аномалии до $1,9^{\circ}\text{C}$ при северных потоках отмечались только в районах Шпицбергена и о. Врангеля

Во втором (тихоокеано–американском) секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типов M_2 и 3. Характерной особенностью развития макропроцессов явилось усиление арктического и гавайского антициклонов, гребни которых часто взаимодействовали в районе Аляски. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой более низкоширотными траекториями и не оказывали влияния на полярный район Арктики. Фон давления был выше нормы на 2–4 гПа. Воздушные потоки преимущественно южных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс. Средние месячные значения положительных аномалий температуры достигали значений более 7°C .



В мае произошла крупномасштабная перестройка в направленности развития атмосферных процессов в первом и во втором секторах полушария. Основной центр ЦПВ сместился на восточный район Канады, ложбина которого была ориентирована на приполюсный район Арктики. Районы Баренцева, Карского и Лаптевых морей находились под влиянием высотного гребня.

В первом секторе преобладали процессы восточной формы циркуляции. В приземном поле выход циклонов Северной Атлантики в западный район Арктики был блокирован хорошо развитым антициклоном с центром на севере Таймыра, где фон давления был выше нормы на 4,8 гПа. Циклоны сериями смещались высокоширотными траекториями в приполюсный район Арктики. Фон давления в приатлантическом и приполюсном районах был ниже нормы на 5–9 гПа.

При адвекции теплых воздушных масс с юго–западной составляющей сформировался фон температур выше нормы на 1–3°C.

Во втором секторе наибольшую повторяемость имели зональные и меридиональные процессы типа M₁. Характерной особенностью данного процесса явилось развитие гавайского антициклона, гребень которого был ориентирован на Берингово море. Вследствие этого циклоны смещались в Арктику высокоширотными траекториями. В среднем за месяц фон давления был ниже нормы 2–6 гПа. Наблюдались воздушные потоки преимущественно юго–западных направлений с кратковременными отходами к северным.

В среднем за месяц фон температуры был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии 3–7°C отмечались в Чукотском, восточной части Восточно–Сибирского и Бофорта морей.

В июне произошла резкая перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов над северным полушарием. В полярном районе Арктики центр ЦПВ на геопотенциальной поверхности H₅₀₀ сместился из Канады в район севера Карского моря. Высотный гребень был ориентирован на северное побережье Америки. Вследствие этого знак деформационного барического поля в большинстве районов северного полушария сменился на противоположный по сравнению с предыдущим месяцем.

В первом секторе отмечалась повышенная повторяемость меридиональных процессов. В приземном поле под влиянием гребня хорошо развитого арктического антициклона над Северной Атлантикой циклоны смещались в Арктику по сравнению с нормой низкоширотными траекториями в район Баренцева, Карского и Лаптевых морей. Над этими морями фон давления был ниже нормы на 1–2 гПа. Над остальными районами западного сектора Арктики и приполюсном районе был выше нормы на 2–7 гПа. Устойчивые воздушные потоки юго–западных и юго–восточных направлений на побережье Карского и Лаптевых морей обусловили устойчивую



во времени адвекцию теплых воздушных масс. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры со значениями до $4,3^{\circ}\text{C}$ отмечались в районе Таймыра. Отрицательные аномалии до $1,4^{\circ}\text{C}$ при северо–восточных потоках отмечались только в Восточно–Сибирском море.

Во втором секторе под влиянием хорошо развитого арктического антициклона циклоны в системе алеутского минимума смещались в широтном направлении по сравнению с нормой более южными траекториями. Вследствие этого в районе Аляски в тыловой части циклонов при северо–восточных потоках часто преобладала адвекция холодных воздушных масс и отрицательные аномалии температуры. Остальные районы тихоокеано–американского сектора полярного района Арктики находились под влиянием теплой части арктического антициклона, где преобладала устойчивая во времени адвекция теплых воздушных масс с Северной Атлантики. Наибольшие положительные аномалии температуры до значений более 2°C отмечались в районе Канадского арктического архипелага.

Структурные особенности развития процессов внутри каждого месяца в период апрель–июнь 2009 году по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) представлены в таблице 1.2. Изменения от ЭСП к ЭСП смену знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики при крупномасштабных перестройках атмосферной циркуляции северного полушария.

Таблица 1.2 – Каталог макросиноптических процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам за апрель–июнь 2009 г.

Апрель			Май			Июнь		
ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А
1	Е	M_2	1–3	Е	M_2	1	Е	M_2
2–4	Е	M_2	4–7	W	3	2–5	С	M_2
5–7	Е	M_2	8–10	Е	M_1	6–8	W	M_1
8–10	Е	3	11–13	С	M_1	9–12	W	3
11–14	Е	3	14–16	С	M_1	13–15	Е	M_1
15–18	С	M_2	17–19	Е	3	16–18	С	3
19–21	С	M_1	20–23	Е	3	19–20	W	3
22–24	С	3	24–26	С	M_2	21–23	С	3
25–26	Е	M_2	27–29	W	3	24–25	Е	3
27–29	W	M_2	30–31	Е	3	26–28	Е	M_1
30	Е	M_2				29–30	С	M_1
Итого	W – 3(–6) С – 10(2) Е – 17(4)	3 – 10(1) M_1 – 3 (–5) M_2 – 17(4)	Итого	W – 7(–2) С – 9 (–1) Е – 15(3)	3 – 16 (5) M_1 – 9 (0) M_2 – 6(–5)	Итого	W 9(–1) С 12 (1) Е 9 (0)	3 – 14 (6) M_1 – 11(–5) M_2 – 5(–1)

Примечания

1 ЭСП – элементарный синоптический процесс;

2 А–Е – атлантико–европейский сектор полушария;

3 Т–А – тихоокеано–американский сектор полушария.

4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типов (3, M1, M2) атмосферной циркуляции.

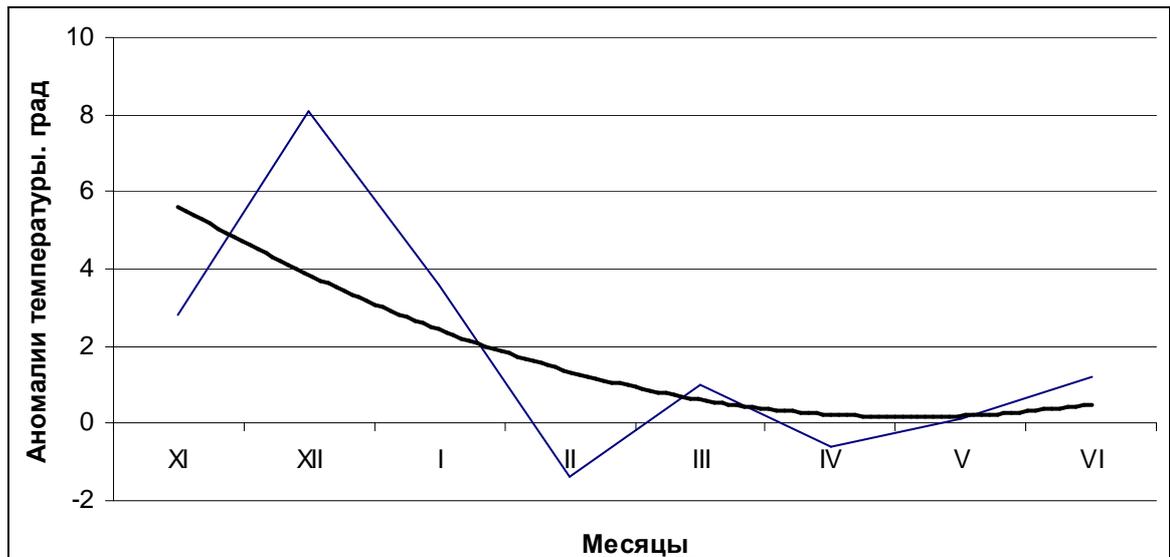


Рисунок 1.1 – Ход среднемесячных аномалий температуры воздуха в западном секторе Арктики в период ноябрь 2008–июнь 2009 гг



Рисунок 1.2 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за апрель 2009 г.

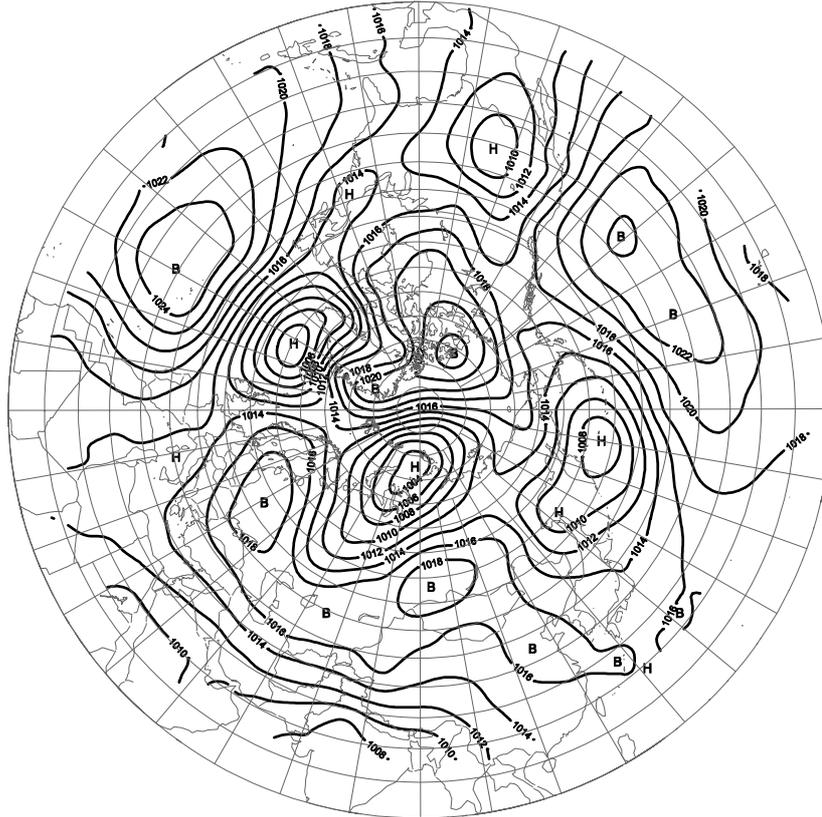


Рисунок 1.3 – Средняя карта приземного давления за апрель 2009 г.

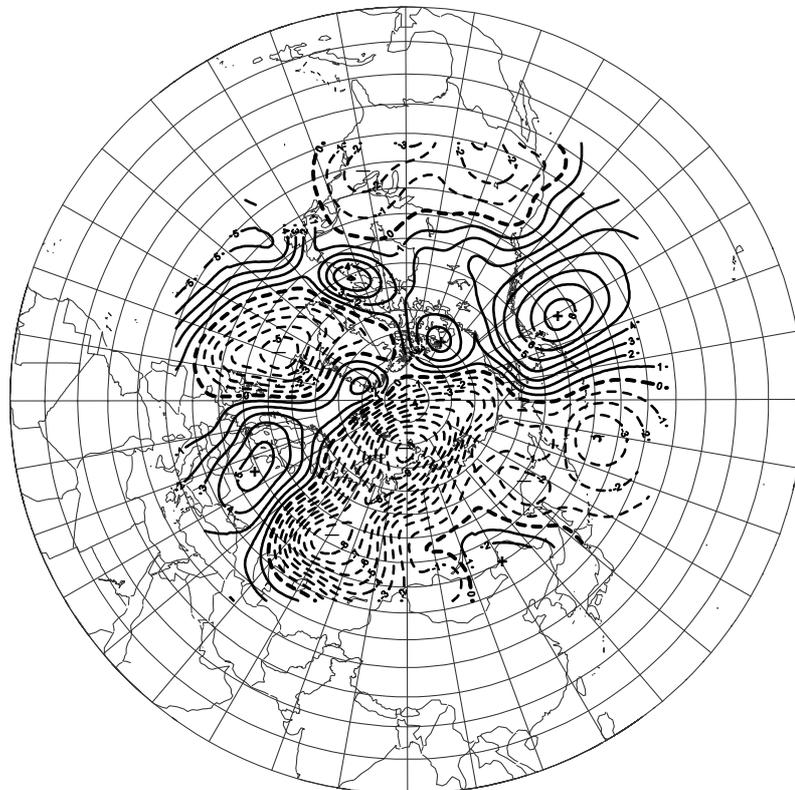


Рисунок 1.4 – Средняя карта аномалий приземного давления за апрель 2009 г.

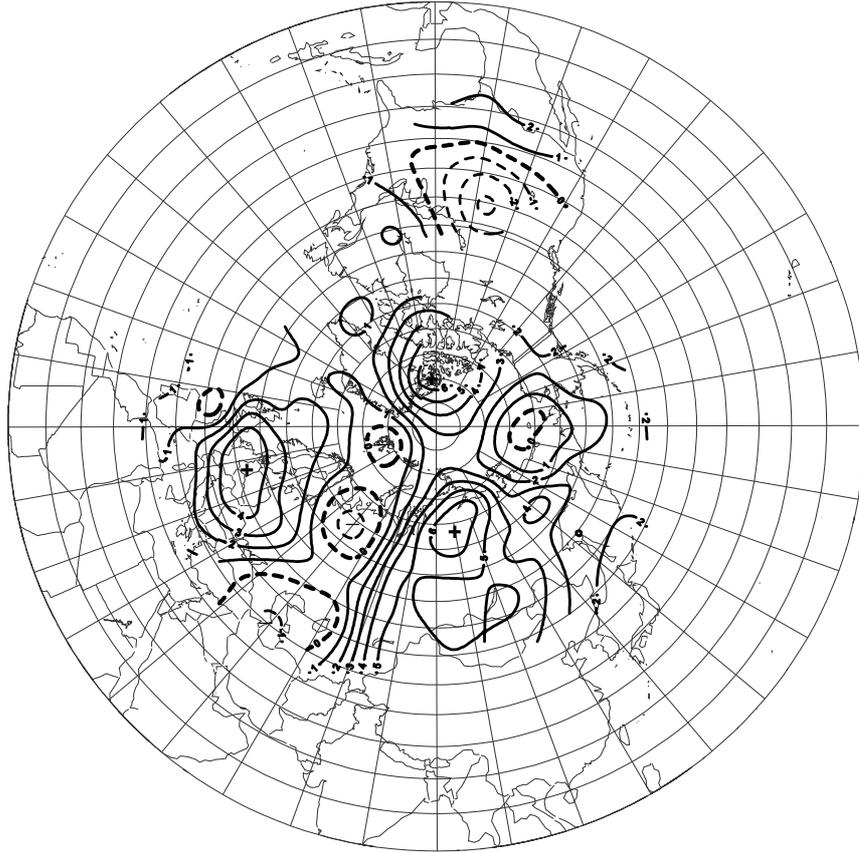


Рисунок 1.5 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за апрель 2009 г.

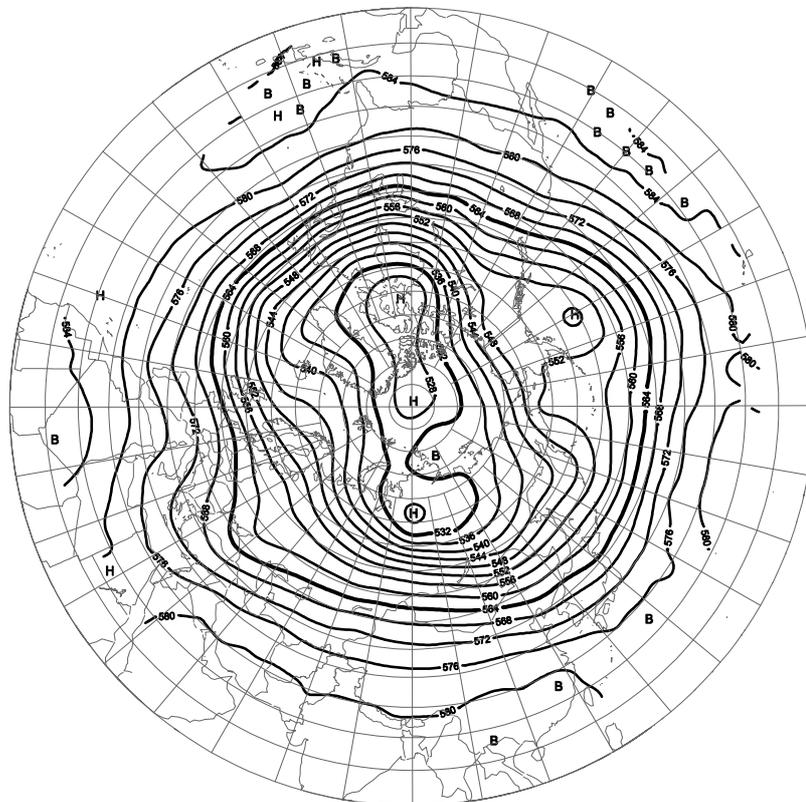


Рисунок 1.6 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за май 2009 г.

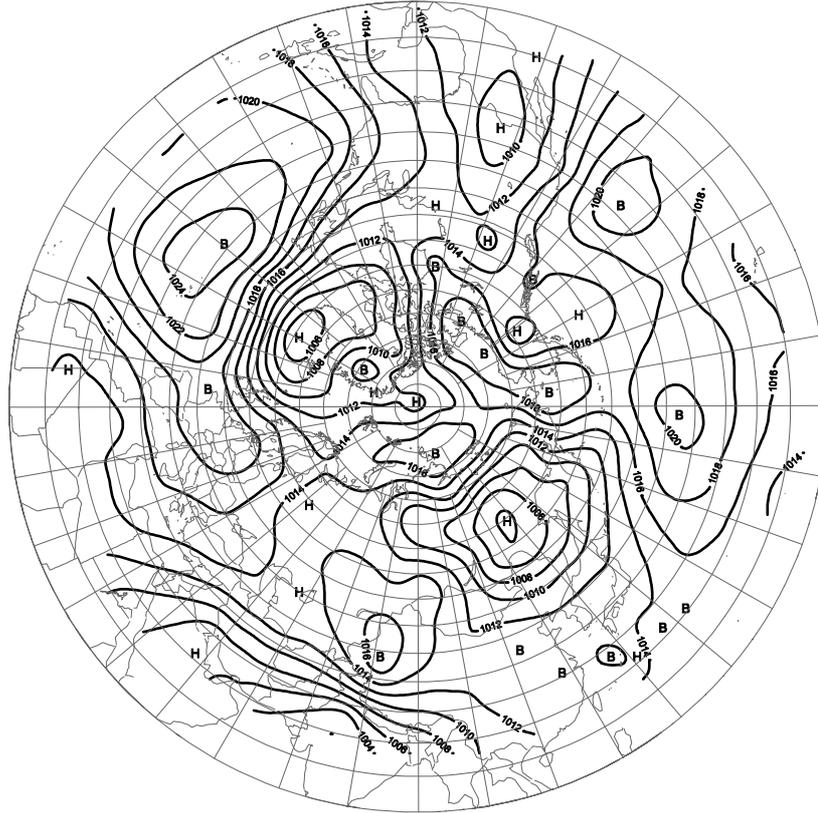


Рисунок 1.7 – Средняя карта приземного давления за май 2009 г.

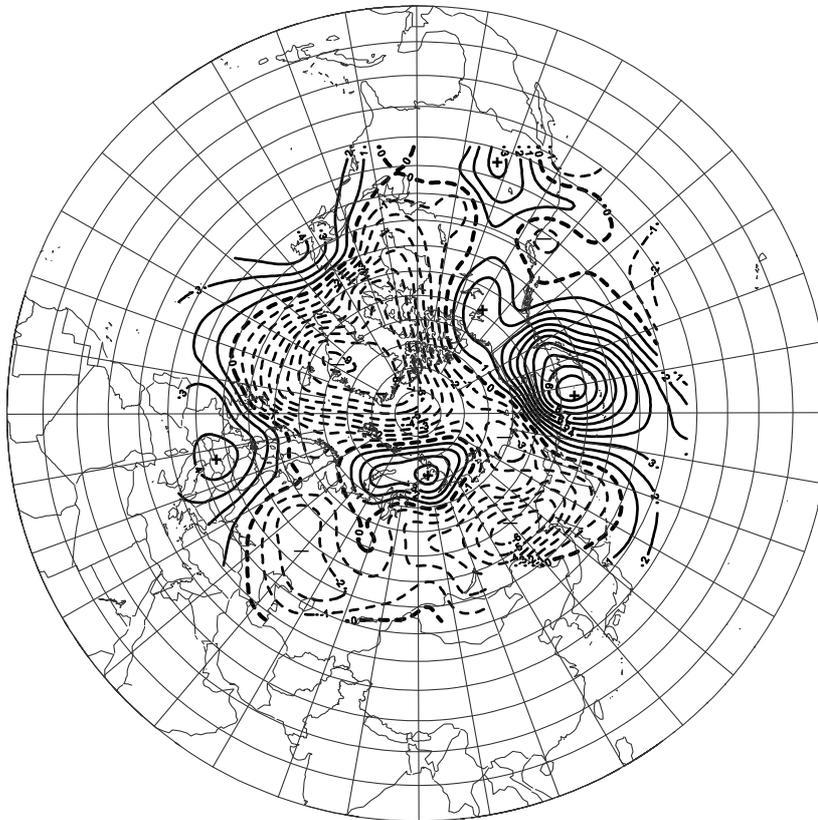


Рисунок 1.8 – Средняя карта аномалий приземного давления за май 2009 г.

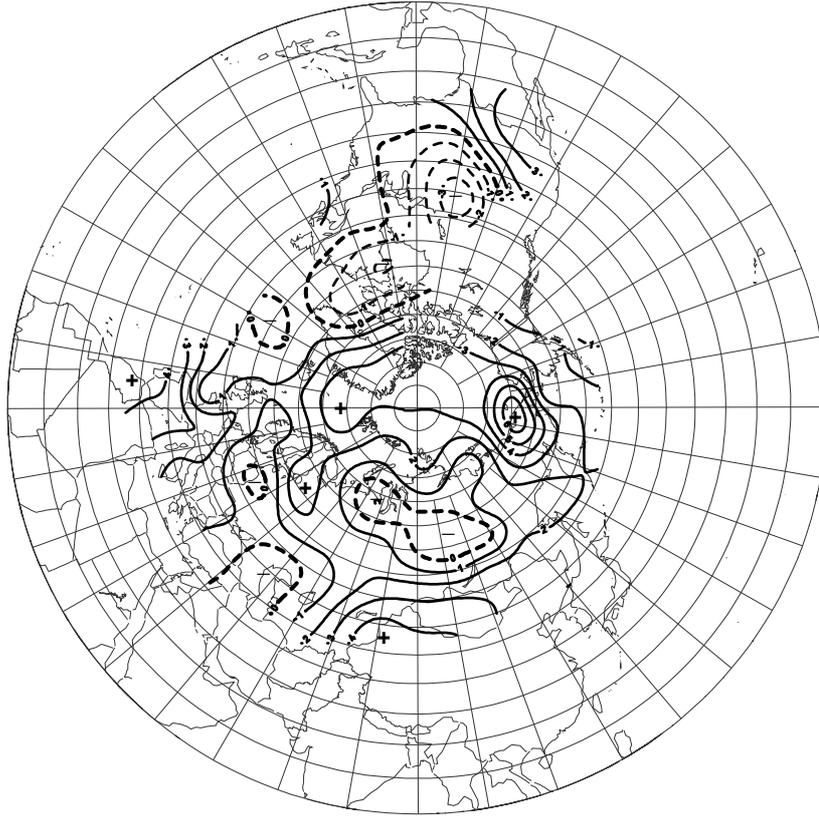


Рисунок 1.9 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за май 2009 г.

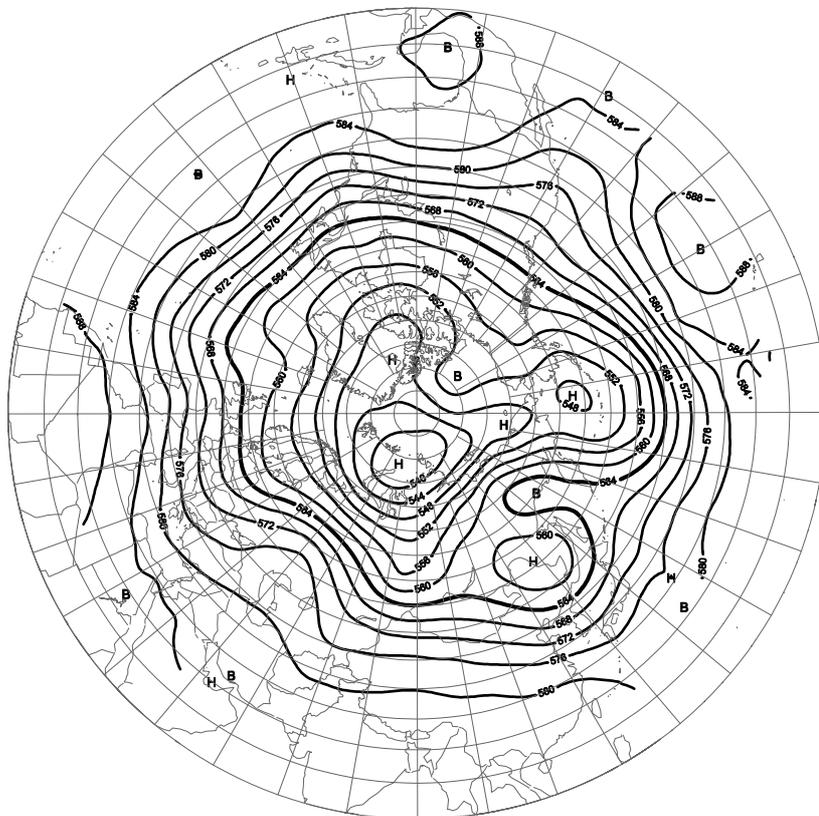


Рисунок 1.10 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за июнь 2009 г.

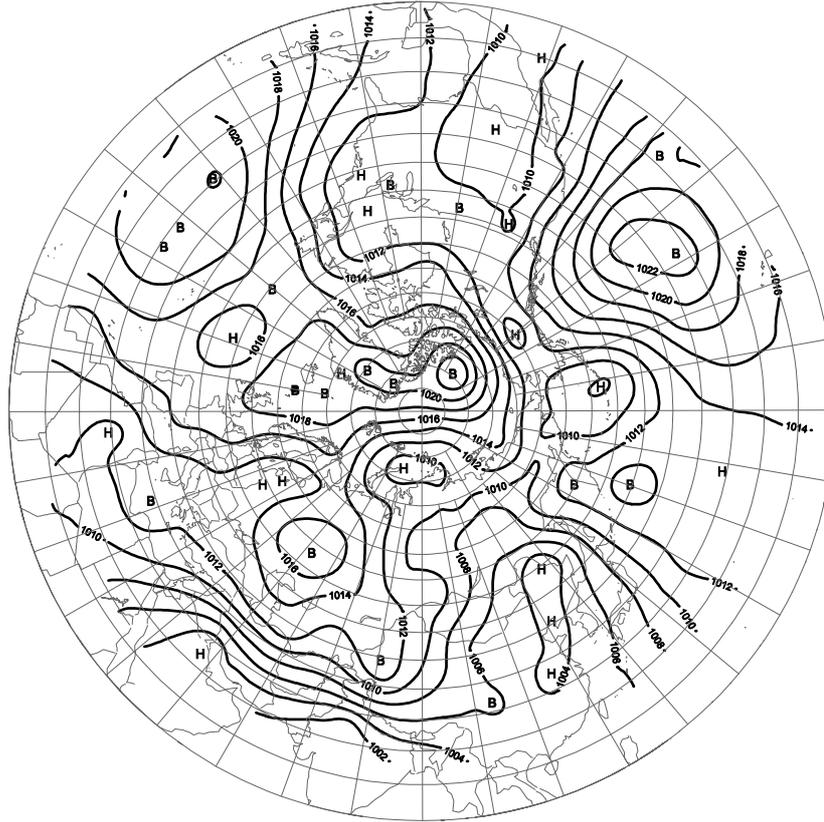


Рисунок 1.11 – Средняя карта приземного давления за июнь 2009 г.

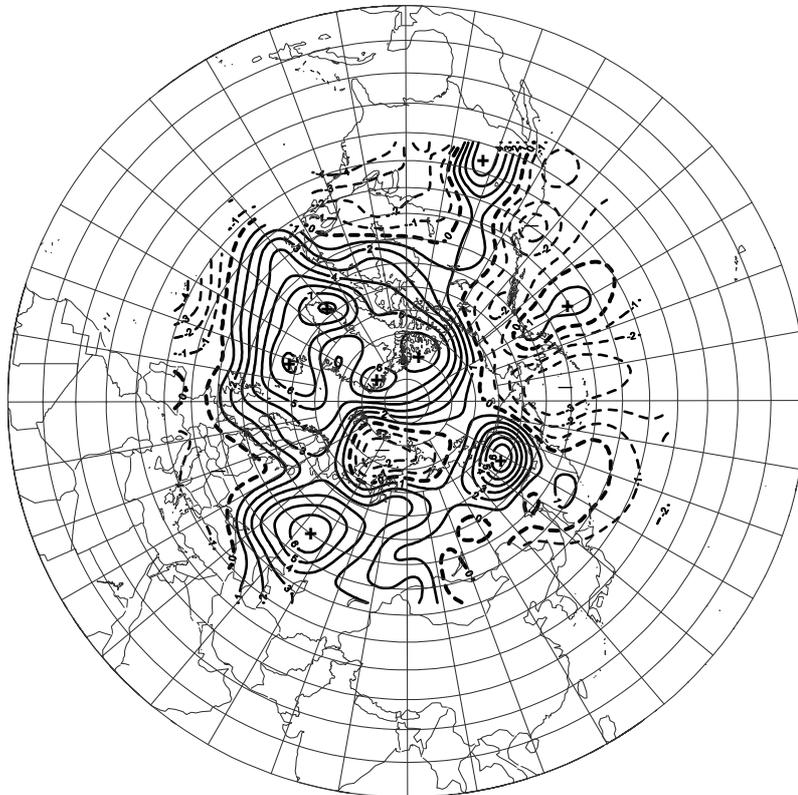


Рисунок 1.12 – Средняя карта аномалий приземного давления за июнь 2009 г.

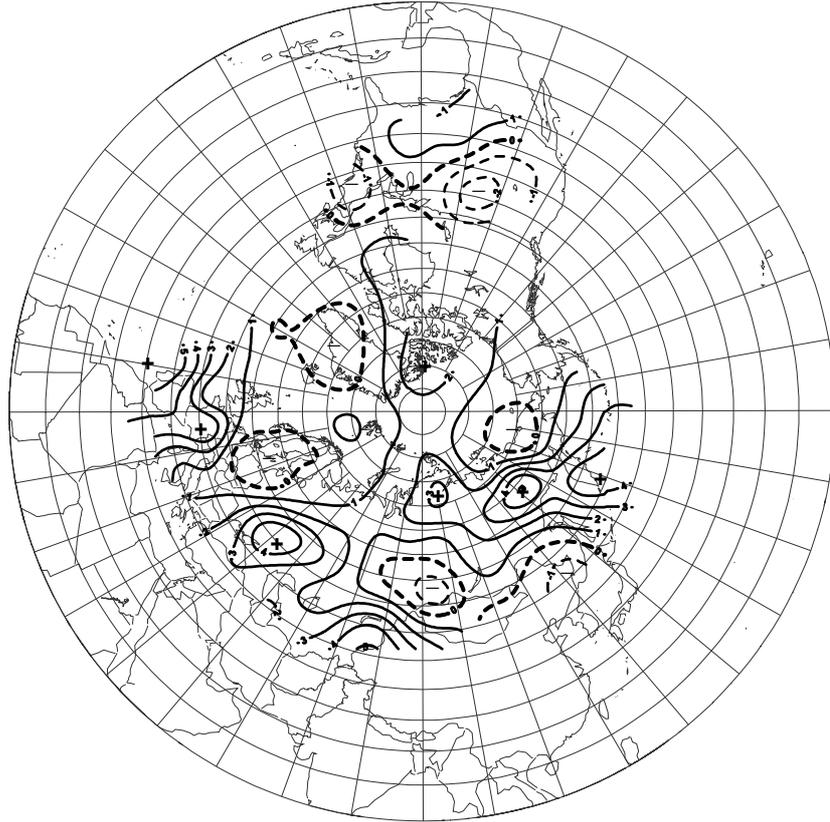


Рисунок 1.13 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за июнь 2009 г.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области за период апрель–июнь 2009 г.

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха и атмосферным осадкам по районам северной полярной области (рисунок 1.14) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующей станции СП–36 и дрейфующих буев МПАБ.

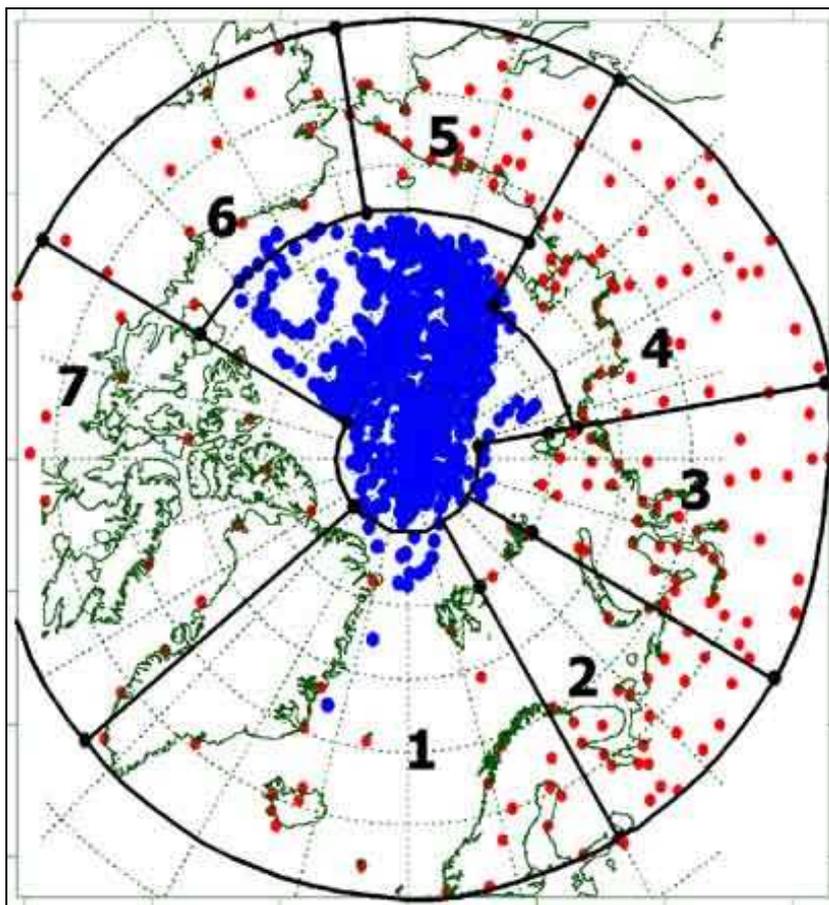


Рисунок 1.14 – Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – Североευропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

Температура воздуха

Основным методом получения пространственно осредненных по территории северной полярной области и территориям климатических районов аномалий температуры воздуха является метод оптимальной интерполяции и оптимального осреднения. Приводимые оценки аномалий



температуры были получены относительно рекомендованного ВМО стандартного периода 1961–1990 гг. В качестве весеннего сезона рассматривался период март–май.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2009 года по отдельным широтным зонам (60–85, 60–70 и 70–85 °с.ш.) представлена в таблице 1.3. В весеннем сезоне 2009 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 0,4 °С (нормированная аномалия 0,4 σ). Весна 2009 г. по рангу теплых лет стала тридцать седьмой теплой весной за период с 1936 г. Также невысоким оказалось значение аномалии в широтной зоне к югу от 70 °с.ш. Аномалия температуры для широтной зоны 60–70°с.ш. составила 0,4 °С (нормированная аномалия 0,4 σ). Более теплым весенний сезон 2009 г. оказался для широтной зоны 70–85°с.ш. Здесь аномалия температуры составила 1,1 °С (нормированная аномалия 1,1 σ). Прошедший весенний сезон для этих широтных зон оказался соответственно тридцать пятым и двадцать вторым по рангу теплых лет за период с 1936 г.

Таблица 1.3 – Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2009 г., °С

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
70–85	1,1	1,1	22	2007 (3,4)
60–70	0,4	0,4	35	1990 (2,8)
60–85	0,4	0,4	37	1990 (2,8)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2009 г. для отдельных климатических районов выявило лишь один очаг крупных положительных аномалий температуры, который располагался на территории азиатского сектора в Чукотском районе (рисунок 1.15, таблица 1.4). Аномалия температуры составила 2,1°С (1,5 σ). Весна 2009 г. в Чукотском районе стала пятнадцатой теплой весной по рангу теплых лет.

Таблица 1.4 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за весенний сезон 2008 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
Атлантический	1,2	1,3	17	2004 (3,5)
Североевропейский	0,9	0,6	29	2007 (2,3)
Западносибирский	0,8	0,4	33	1995 (2,8)
Восточносибирский	1,2	0,9	21	1990 (3,0)
Чукотский	2,1	1,5	15	2002 (3,0)
Аляскинский	0,3	0,1	38	1981 (1,9)
Канадский	0,3	0,3	42	2006 (3,6)

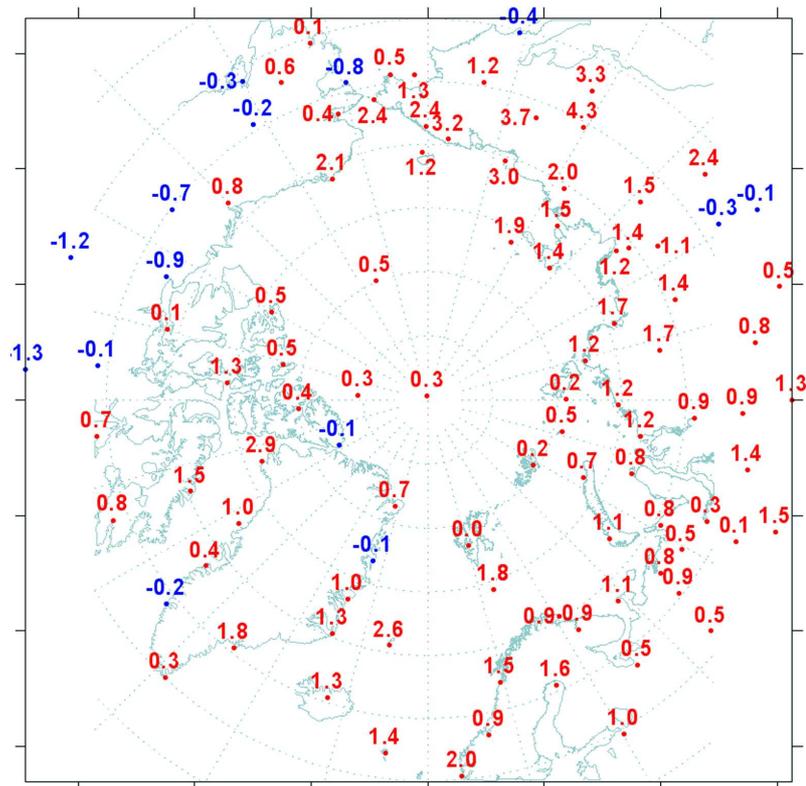


Рисунок 1.15 – Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона на станциях северной полярной области, °С

В районах арктических морей и на территории суши выше 70°с.ш. наблюдались преимущественно положительные аномалии температуры. Высокие значения положительных аномалий обнаруживались в морях азиатского сектора. Самая крупная аномалия имела место в районе Восточно–Сибирского и Чукотского морей (таблица 1.5). Значение нормированной аномалии составило соответственно 1,2 и 1,1 σ .

Таблица 1.5 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за весенний сезон 2009 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	1,0	0,8	28	2004,2006 (3,3)
Баренцево море	1,0	0,7	32	2007 (2,6)
Карское море	0,8	0,4	38	2007 (2,8)
Море Лаптевых	1,4	0,9	19	1943 (3,4)
Восточно–Сибирское море	2,0	1,2	12	1990 (3,4)
Чукотское море	2,0	1,1	15	2002 (2,9)
Море Бофорта	0,7	0,5	33	1990 (2,8)
Северная часть Канадского района	0,9	0,7	22	2006 (3,1)

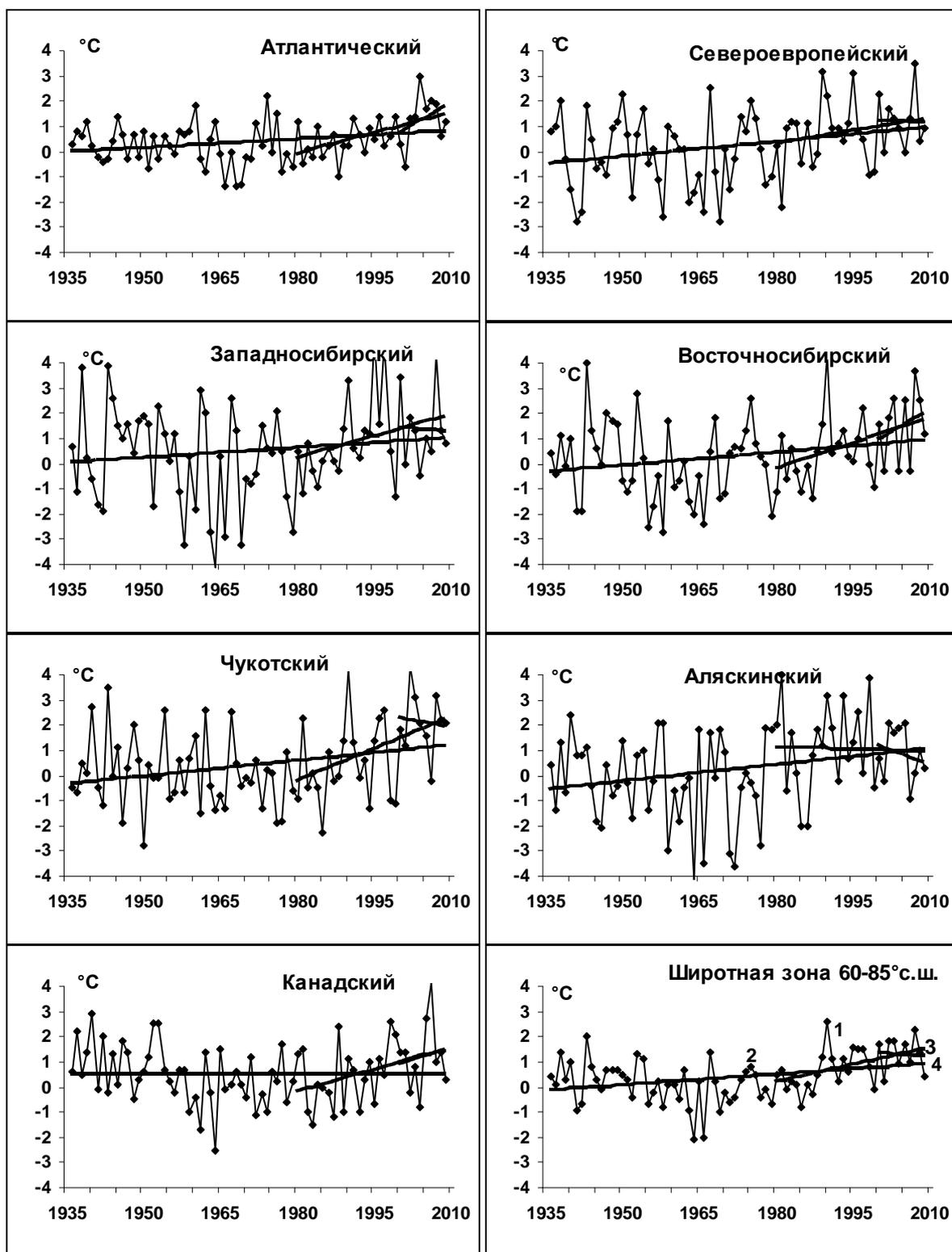


Рисунок 1.16 – Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха, °С (1 – аномалии; 2, 3, 4 – линейный тренд за 1936–2009 гг., 1980–2009 гг. и 2000–2009 гг. соответственно)

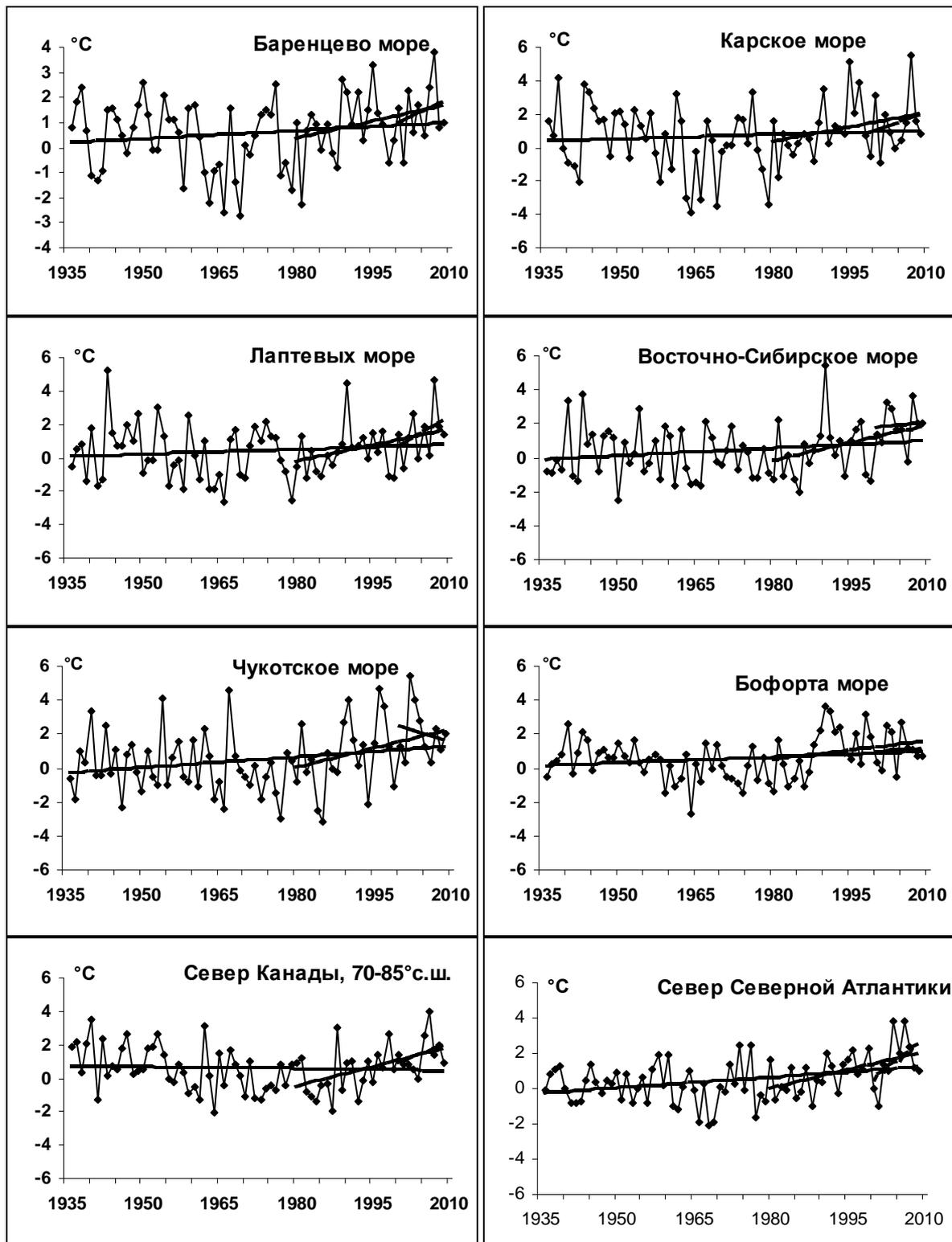


Рисунок 1.17 – Временные ряды аномалий температуры воздуха весеннего сезона, °C

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85 °с.ш. представлены на рисунке 1.16, а для районов арктических морей на рис. 1.17.



Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за весенний сезон СПО и отдельных широтных зон за период 1936–2009 гг. показала сохранение статистически значимого положительного линейного тренда как для широтных зон к северу и югу от 70°с.ш., так и для СПО в целом (таблица 1.6). Повышение температуры весеннего сезона составило соответственно 1,0, 1,1 и 1,0°C за 74 года.

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°C/10 лет (потепление составило 1,6°C за 74 года). В Западносибирском и Канадском районах линейный тренд положителен, но значения статистически не значимы.

Таблица 1.6 – Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха отдельных районов за период 1936–2009 гг.

Район, широтная зона	1936–2009		1980–2009		2000–2009	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Атлантический	0,11	28,1	0,54	54,9	1,21	36,7
Североевропейский	0,20	29,1	0,34	23,9	–0,10	2,9
Западносибирский	0,13	15,1	0,58	30,9	–0,16	3,4
Восточносибирский	0,17	24,0	0,68	42,0	1,19	25,5
Чукотский	0,21	28,4	0,85	44,7	–0,38	9,3
Аляскинский	0,22	26,5	–0,06	3,2	–0,78	22,3
Канадский	0,00	0,6	0,58	38,7	0,58	12,4
60–70°с.ш.	0,15	35,8	0,36	39,7	–0,79	34,1
70–85°с.ш.	0,13	27,2	0,68	59,6	1,18	38,2
60–85°с.ш.	0,14	33,4	0,46	49,3	–0,15	6,5

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1980–2009 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 2,0°C/30 лет, а к югу от 70°с.ш. только 1,1°C/30 лет. Среди отдельных районов потепление более всего выражено в районах азиатского сектора СПО. Значение линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха в Восточносибирском и Чукотском районах составляет соответственно 2,0 и 2,6°C/30 лет.

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. Однако сравнивая значения линейного тренда временных рядов периода 1979–2008 гг. и периода 1980–2009 гг. можно отметить исчезновение статистически значимого повышения температуры воздуха в районах морей Баренцева, Карского и Бофорта (таблица 1.7).

Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха сохраняется в районах Восточно–Сибирского и Чукотского морей. За 1980–2009 гг. весенняя температура воздуха в этих районах повысилась соответственно на 2,5 и 2,7°C/30 лет.

Таблица 1.7 – Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха районов арктических морей за период 1936–2009 гг

Море, часть моря	1936–2009		1980–2009		2000–2009	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,20	35,3	0,69	49,6	2,18	43,6
Баренцево море	0,11	16,7	0,46	31,6	0,98	24,0
Карское море	0,09	9,8	0,58	30,3	1,00	16,9
Море Лаптевых	0,10	12,8	0,65	38,8	1,78	35,8
Восточно–Сибирское море	0,17	23,0	0,82	42,0	0,32	8,6
Чукотское море	0,23	26,0	0,89	38,0	–0,98	18,3
Море Бофорта	0,12	21,0	0,42	27,0	0,16	4,6

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

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО проводится по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха для холодного, теплого сезонов и в целом за год. За холодный сезон принят период с октября по май (преимущественно выпадают твердые осадки), за теплый – с июня по сентябрь (жидкие осадки).

В таблице 1.8 представлены относительные аномалии (в %) сумм осадков за холодный сезон 2008/09 г. в целом для СПО и для отдельных широтных зон. В холодном сезоне 2008/09 г. к югу от 70 °с.ш. осадков выпало на 1,1 % выше нормы, к северу – около нормы. В предыдущем холодном сезоне 2007/08 г. в широтной зоне 70–85°с.ш. осадков выпало наибольшее количество за весь период с 1936 года. В целом для СПО осадков в холодном сезоне 2008/09 г. выпало чуть больше нормы (на 1,3 %).



Таблица 1.8 – Относительные аномалии (%) сумм осадков холодного сезона 2008/09 г.

Климатический район, широтная зона	Холодный период	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	100,9	1992 (122%)	1941 (74%)
Североевропейский	101,6	2007 (127%)	1942 (67%)
Западносибирский	108,8	2007 (120%)	1941 (74%)
Восточносибирский	107,4	1967 (129%)	1942 (83%)
Чукотский	80,2	1967 (163%)	1977 (72%)
Аляскинский	124,3	1991 (141%)	1954 (58%)
Канадский	86,6	2005 (120%)	1947 (65%)
60–70 °с.ш.	101,1	2007 (115%)	1941 (77%)
70–85 °с.ш.	100,4	2008 (122%)	1977 (85%)
60–85 °с.ш.	101,3	2007 (114%)	1941 (81%)

Сопоставление годовых сумм осадков выпавших в холодном сезоне 2008/09 г. в отдельных климатических районах обнаруживает, что менее всего осадков выпало в Чукотском и Канадском районах, более всего в Аляскинском районе (см. таблицу 1.8). В остальных районах (Североевропейском, Западносибирском, Восточносибирском, Аляскинском и) осадков выпало на 1–9 % выше нормы.

В таблице 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков холодного сезона за весь период (с 1935/36 по 2008/09 гг.) по северным (70–85 °с.ш.) и южным (60–70 °с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рисунке 1.18 временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70°с.ш.

В холодных сезонах периода 1936–2009 г. осадки более всего выросли в Скандинавии и севере ЕТР, а также в Западной Сибири. Рост сумм твердых осадков составил здесь от 20 до 33% от нормы. В Атлантическом, Аляскинском и Канадском районах увеличение сумм твердых осадков составило около 10%. Менее всего осадки выросли в Восточносибирском районе (на 3%). Главным образом из-за уменьшения в северной части района.

К северу от 70 °с.ш. рост сумм осадков холодного сезона обнаруживается в атлантическом секторе: в северных частях Гренландского и Норвежского морей, Баренцева моря, на севере Канадского Арктического архипелага. Здесь увеличение осадков составило от 20 до 28% от нормы. В то же время отмечается уменьшение от 1 до 42% сумм осадков в районах морей азиатского сектора Арктики (Карском, Лаптевых, Восточно–Сибирском и Чукотском) и на севере Аляски.

В целом главной особенностью в межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936–2009 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения твердых осадков в целом по региону (на 12,2%) и к югу от 70 °с.ш. (на 15,2 % от нормы).

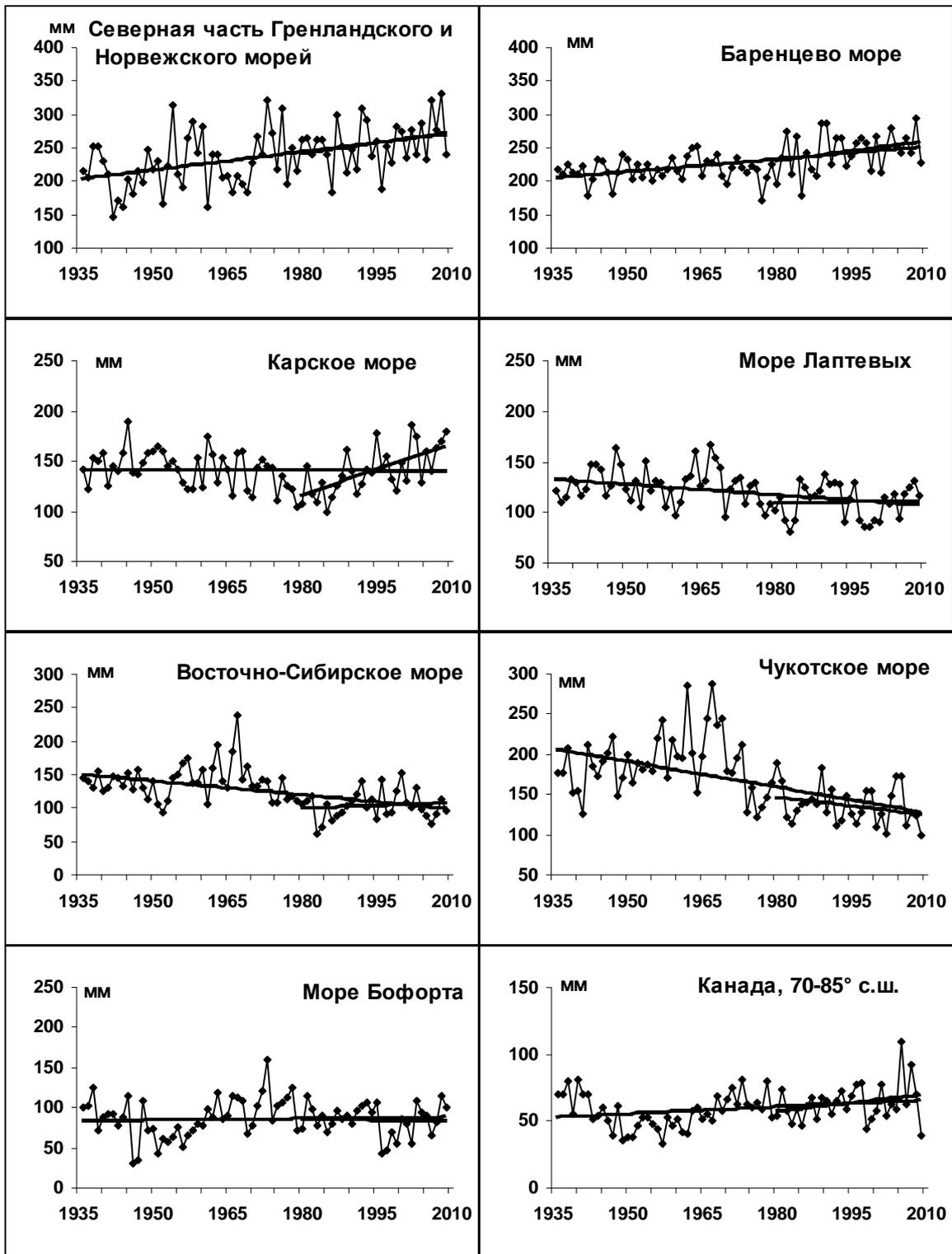


Рисунок 1.18 – Временные ряды сумм осадков холодного сезона, мм



Таблица 1.9 – Параметры линейного тренда сумм осадков холодного сезона за период 1935/36–2008/09 гг.

Район, широтная зона	Вх	% от нормы	D
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	9,16	8,0	22,2
Скандинавия и север ЕТР	16,20	39,5	70,8
Западная Сибирь	10,28	28,2	65,4
Восточная Сибирь	3,05	15,1	41,3
Чукотка	-0,21	-0,7	1,3
Аляскинский (южная часть)	2,45	10,6	15,1
Канадский (южная часть)	1,39	7,4	18,6
60–70°с.ш.	6,16	15,2	53,9
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	9,08	28,5	46,7
Баренцево море	6,24	20,4	50,9
Карское море	-0,18	-1,0	1,9
Море Лаптевых	-3,46	-21,0	38,8
Восточно-Сибирское и Чукотское моря	-8,43	-42,5	56,4
Аляскинский (северная часть)	-0,35	-5,8	3,6
Канадский (северная часть)	1,72	21,2	27,1
70–85°с.ш.	0,80	4,3	15,3
Атлантический	9,11	10,5	30,8
Североевропейский	12,11	32,7	73,8
Западносибирский	5,87	20,5	59,0
Восточносибирский	0,56	2,9	9,7
Чукотский	-3,38	-13,1	24,3
Аляскинский	1,98	9,8	14,7
Канадский	1,53	10,4	26,8
60–85°с.ш.	4,03	12,2	50,2

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



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле–июне 2009 года

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель–июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле–июне 2009 года получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ГУ «АНИИ» на дрейфующей станции «СП–36» и ряда международных проектов (рисунок 2.1).

Со всей доступной исходной информацией по разделу можно ознакомиться на сайте АНИИ 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 АНИИ 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 2009 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>).

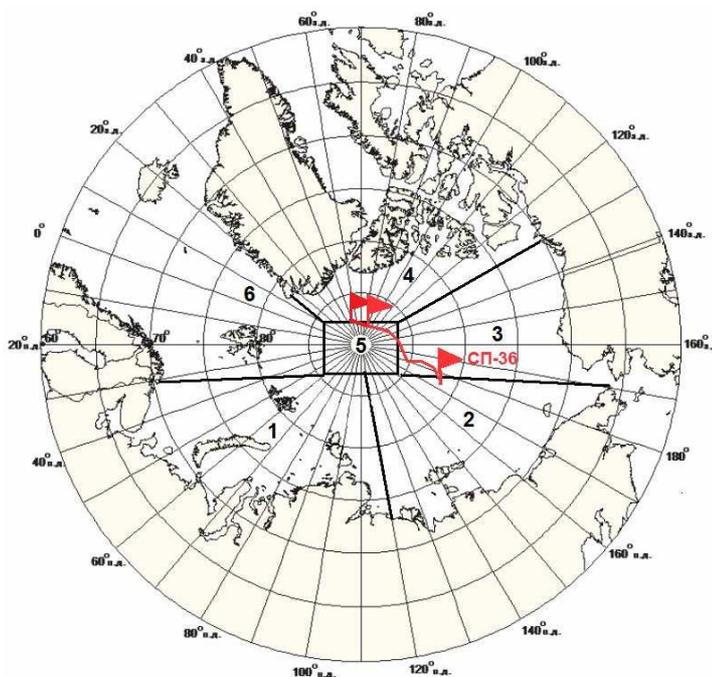


Рисунок 2.1 – Районы Северного Ледовитого океана (1–западный район российского сектора; 2–восточный район российского сектора; 3–алюскинский сектор; 4 канадский сектор; 5–приполюсный район; 6– гренландский сектор) и дрейф «СП–36» в апреле–июне 2009 года

Развитие ледовых условий в весенний период 2009 г. проходило на фоне хотя и небольших, но все-таки положительных аномалий температуры воздуха в Арктике, преобладания однолетних льдов в западном и восточном районах российского и аляскинского секторах Арктики, сокращения количества старых льдов в результате их выноса из океана и увеличения количества однолетних льдов.

В весенний период сохранялась близкая к среднемноголетней интенсивность нарастания толщины льда. В результате этого сохранились отрицательные аномалии толщины льда в Карском, Восточно-Сибирском и Чукотском морях. Нарастание толщины льда в этих морях наблюдалось до середины мая.

В море Лаптевых и в припайных льдах Новосибирских островов сформировались положительные аномалии толщины льда, составившие +10..+20 см. Нарастание толщины льда здесь наблюдалась до середины июня (рисунок 2.2).

Старые льды отмечались только в крайней северной части моря Лаптевых.

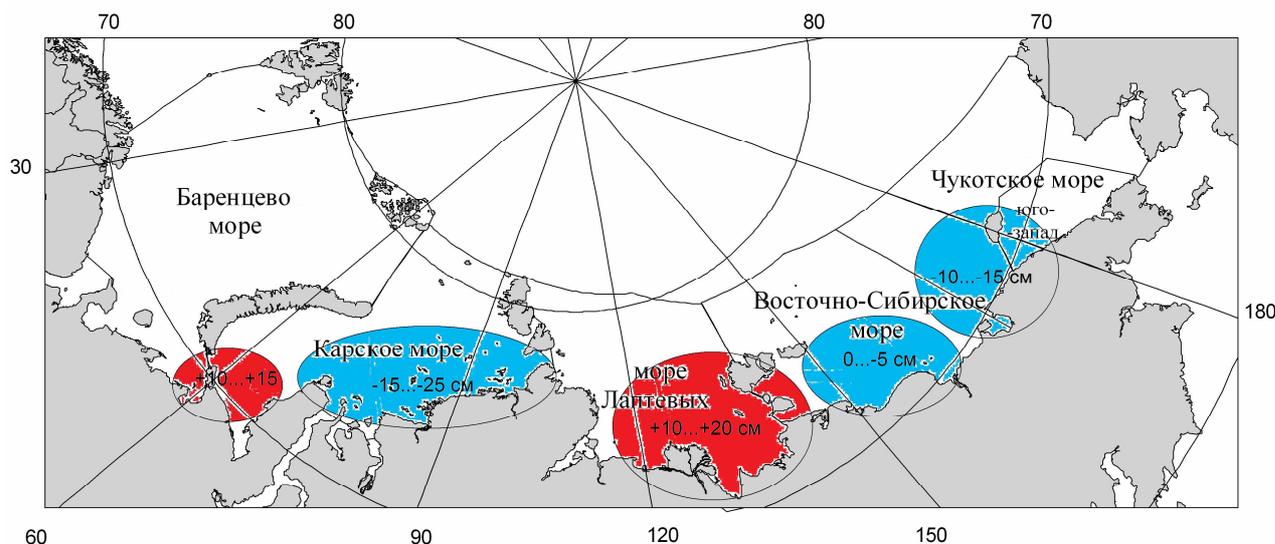


Рисунок 2.2 – Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2009 г. (конец мая)

Измерения морфометрических характеристик льда на дрейфующей станции «СП-36» показали, что интенсивность толщины нарастания льда в весенний период 2009 года была близка к среднемноголетним значениям. Рост толщины льда наблюдался до первой декады июня. За период с конца марта по первую декаду мая увеличение толщины льда составило 28 см (со 194 см до 222 см). Увеличение толщины льда происходило в среднем по 3 см за декаду, что для этого периода близко к среднемноголетним значениям. Уже со второй декады июня увеличение толщины ледяного покрова прекратилось, но также не отмечалось и уменьшение толщины льда и



уменьшение высоты снежного покрова, что свидетельствовало бы о начале таяния. Таким образом, сроком начала таяния ледяного покрова в западном районе российского сектора Арктики на широте 81°с.ш. и на долготе 30°в.д. можно считать начало июня. Это приблизительно на 2 декады ранее сроков начала таяния, отмечаемым по данным самой близкой к району дрейфа «СП–35» полярной станции о. Рудольфа.

Высота снежного покрова в весенний период 2009 года оказалась также очень близкой к среднемноголетним значениям. По данным измерений высота снега на начало мая составила 40—41 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–35» приведены на рисунке 2.3.

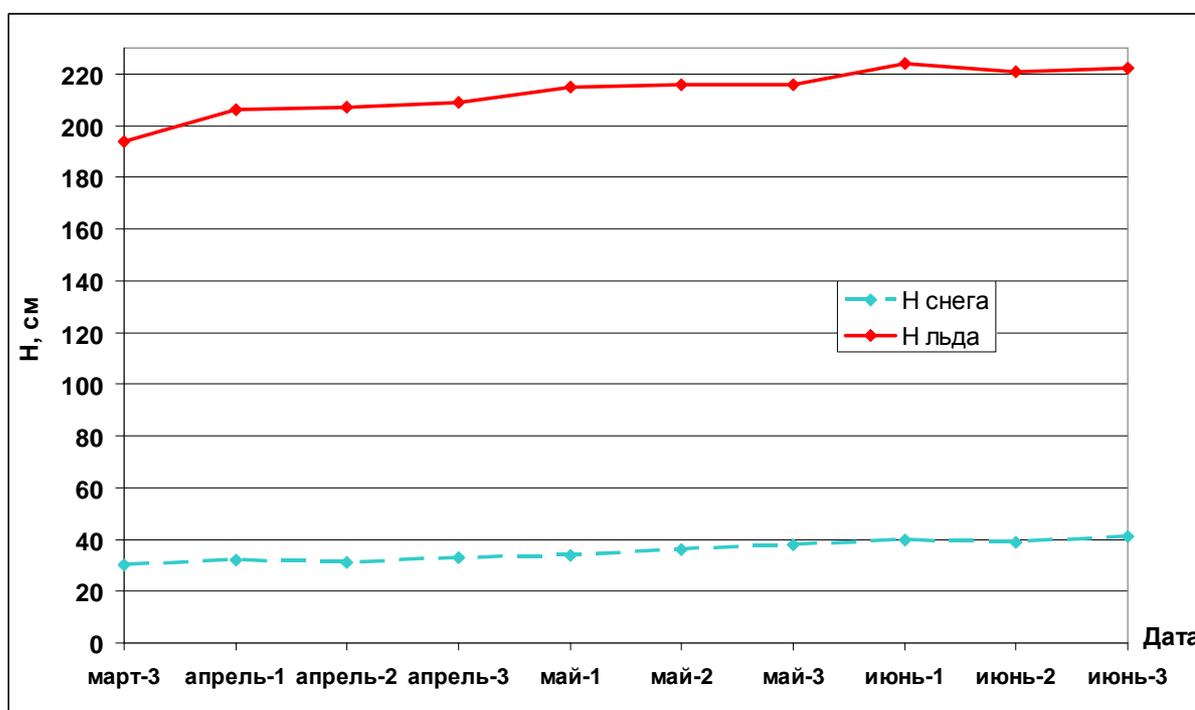


Рисунок 2.3 – Изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямых измерений на дрейфующей станции «СП–36»

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

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ГУ «АНИИ», во втором квартале года оказалось на 5 % меньше среднемноголетнего значения за счет малой ледовитости морей западного района российского



секторов Арктики – Гренландского, Баренцева и Чукотского морей (рисунок 2.4, 2.7, 2.10), а также пониженной ледовитости моря Бофорта в аляскинском секторе Арктики.

Распределение льдов по возрасту и положение границы старых льдов сохраняло ряд специфических черт, сформировавшихся в осеннее–зимний период. В западном районе российского сектора Арктики (в Баренцевом и Карском морях) в течение апреля наблюдалось большое количество молодых льдов (до 30 см). Молодые льды наблюдались в прикромочной зоне Баренцева моря и в зонах заприпайных полыней в Карском море. В этих российских морях преобладали однолетние средние льды (диапазон толщин 70–120 см). В среднем в конце периода нарастания преобладающей формой льда здесь являются однолетние толстые льды. Преобладание однолетних средних льдов, вместо однолетних толстых, явилось следствием теплой зимы и более медленного нарастания толщины льда.

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

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

Развитие припая в российских арктических морях в течение весенних месяцев проходило с меньшей интенсивностью. Во втором квартале сохранялась тенденция, наметившаяся в зимние месяцы 2009 года – пониженная площадь припая и увеличенная площадь заприпайных полыней.

Площадь припая практически во всех морях была меньше среднемноголетних значений, кроме северо–восточной части Карского и восточной части моря Лаптевых, в которых развитие припая было на 5–10% больше среднемноголетних значений. В конце июня суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 454 тыс. кв. км при норме 522 тыс. кв. км, или на 13% меньше среднемноголетних значений (в первом квартале на 8% меньше среднемноголетних значений).

Развитие заприпайных полыней в этих морях, наоборот превысило среднемноголетние значения. В конце июня, при среднемноголетней площади заприпайных полыней оцениваемой в 219 тыс. кв. км, наблюдаемое развитие полыней составило 290 тыс. кв. км, что 25% больше среднемноголетних значений.

Крупные заприпайные полыньи наблюдались во всех арктических морях. Значительно больше нормы было вынесено льда из морей восточного района российского сектора Арктики – Лаптевых и Восточно–Сибирского, Чукотского и аляскинского сектора – море Бофорта. В результате выносного характера дрейфа в этих морях образовались огромные заприпайные зоны чистой воды, которые послужили очагами интенсивного теплонакопления (рисунок 2.11).

Результирующие поля среднемесячного дрейфа приведены на рисунках 2.6, 2.9, 2.12. Дрейф всего океанического ледяного массива хорошо прослеживается по характерным ледовым образованиям – «языкам» старых льдов у северной границы моря Лаптевых и море Бофорта (рисунки 2.6, 2.9, 2.12), а также по дрейфу станции «СП–36» (рисунок 2.13).

В апреле был хорошо выражен выносной характер дрейфа из морей российского сектора Арктики, хорошо развит трансарктический перенос и антициклональный арктический круговорот.

В мае поле дрейфа было не выражено. Дрейф по бассейну наблюдался слабый, неустойчивый. Основные характерные черты поля дрейфа были выражены крайне слабо.

В июне картина дрейфа поменялась. Дрейф ледяного покрова стал более интенсивным, хорошо прослеживался устойчивый вынос льда из арктических морей российского и аляскинского секторов, следствием которого стали обширные заприпайные полыньи. Наблюдались интенсивный трансарктический дрейфа с выносом льда в пролив Фрама и развитие антициклональный арктический круговорот.

Дрейф станции «СП–36» составил около 7,5 км в сутки в генеральном направлении на запад, поскольку станция попала на периферию трансарктического потока (рисунок 2.13).

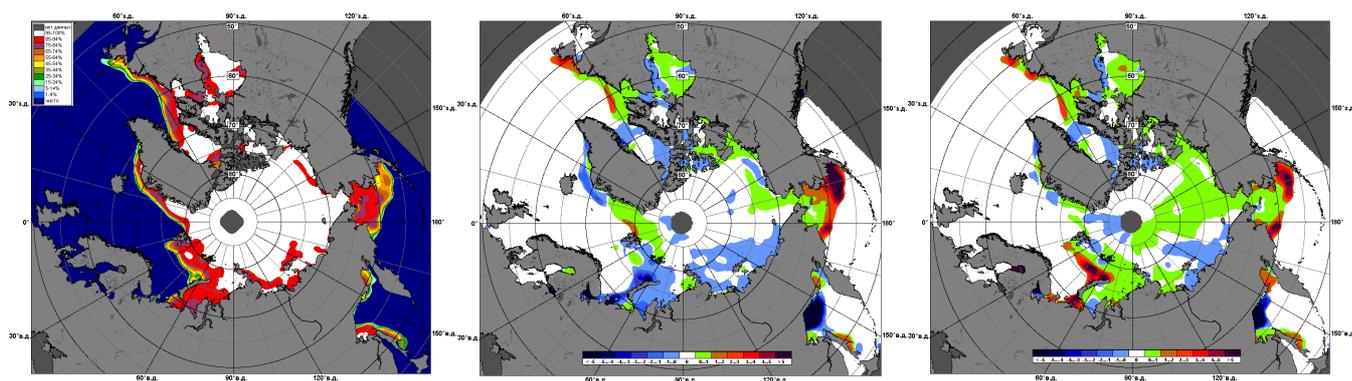


Рисунок 2.4 – Медианное распределение сплоченности льда в апреле 2009 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2009 гг. (центр) и 2007–2008 гг. (справа)

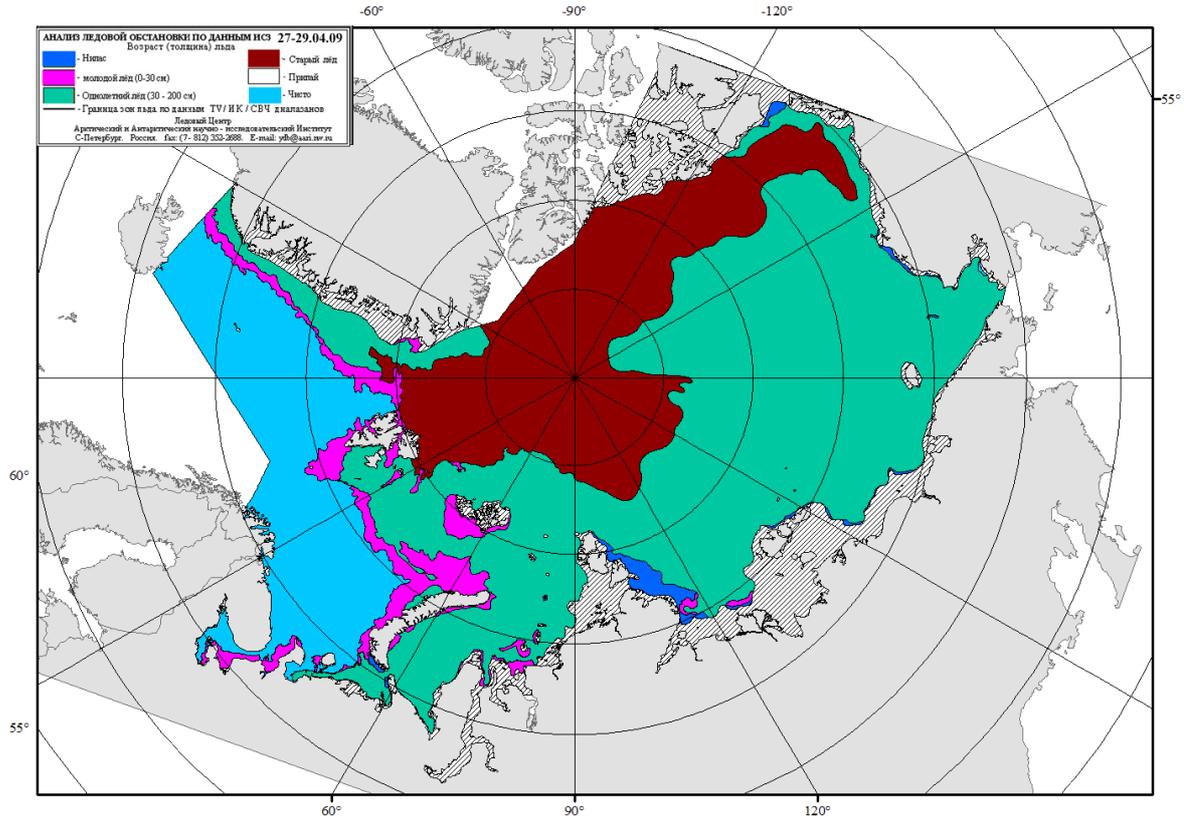


Рисунок 2.5 – Возрастной состав и распределение льда в конце апрель 2009 г.

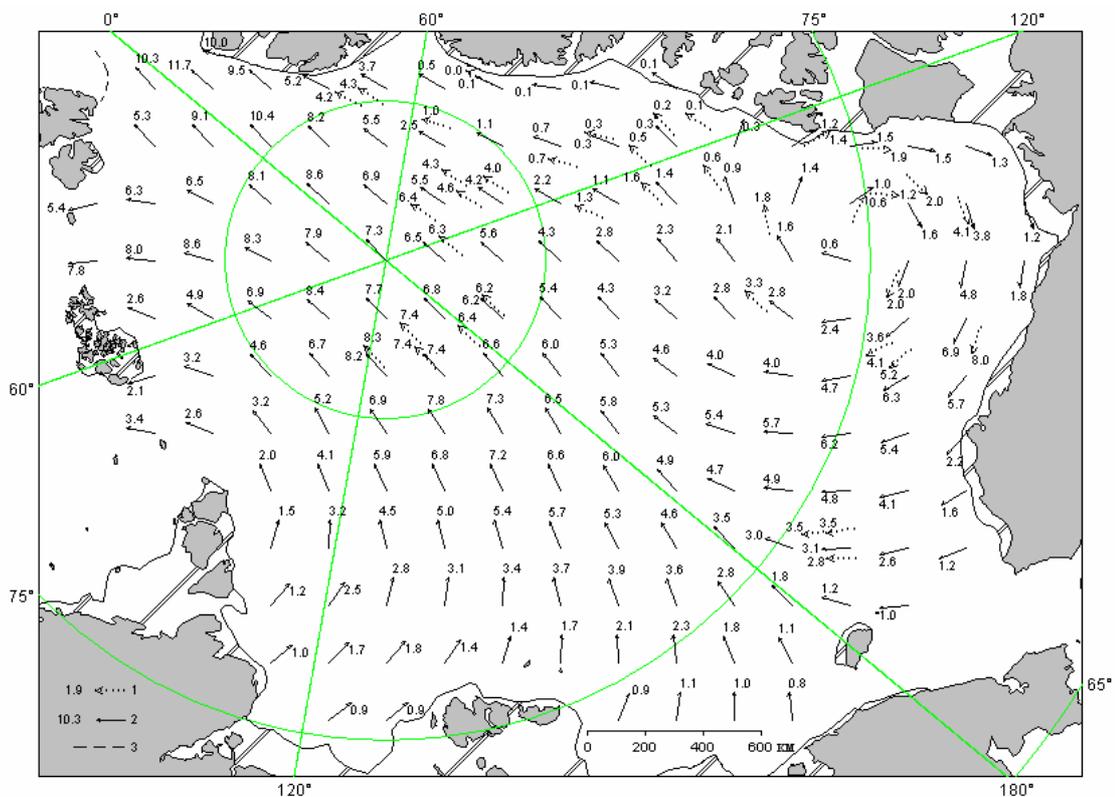


Рисунок 2.6 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2009 г. (1– направление (стрелка) и скорость (1.9 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда)

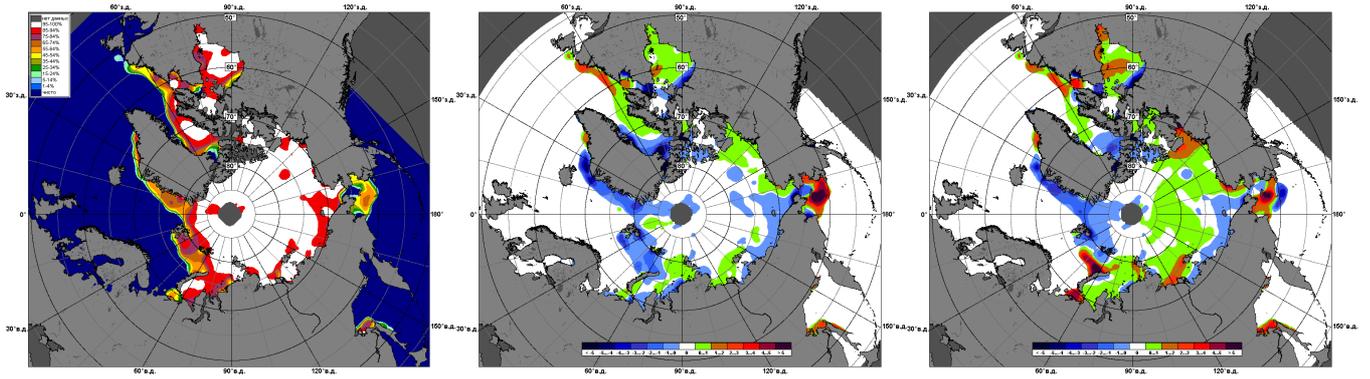


Рисунок 2.7 – Медианное распределение сплоченности льда в мае 2009 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2009 гг. (центр) и 2007–2008 гг. (справа)

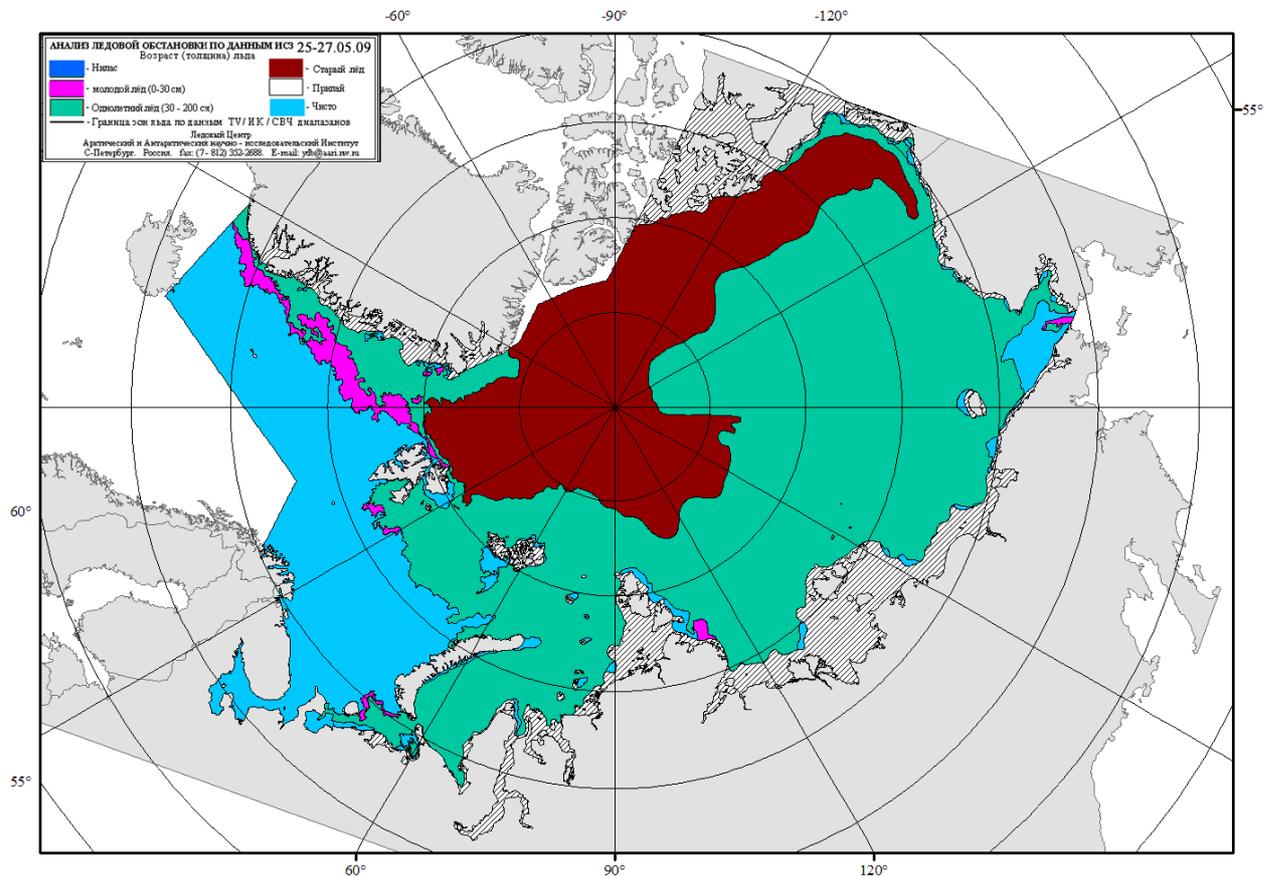


Рисунок 2.8 – Возрастной состав и распределение льда в конце мае 2009 г.

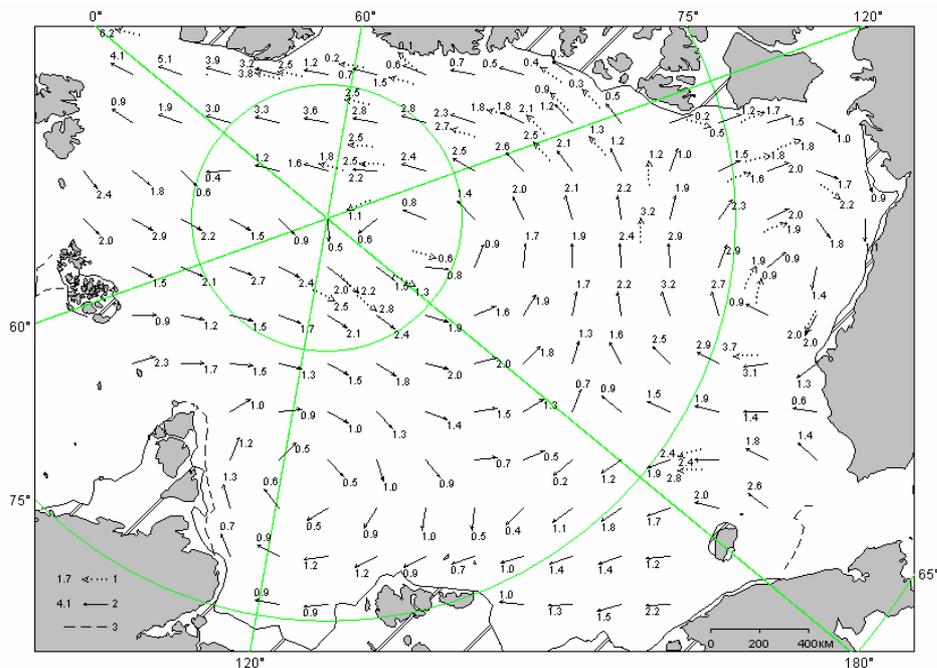


Рисунок 2.9 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2009 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (1.7 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда)

В конце мая, который считается периодом максимального развития ледяного покрова в Арктическом бассейне в структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды, которые составляли 2/3 от общего количества льда. Около 1/3 от общего количества льда составляли старые льды. Небольшое количество молодых льдов наблюдалось в прикромочных областях морей западного района российского и гренландского секторов Арктики (Баренцева и Гренландского) и заприпайных полыньях.

Однолетние льды занимали западный и восточный районы российского сектора Арктики, более половины аляскинского сектора. Старые льды наблюдались преимущественно в канадском, гренландском секторах Арктики и приполюсном районе. Принципиального изменения в распределении льдов во втором квартале 2009 года по сравнению с первым кварталом 2009 года не произошло.

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева и Карского, а также морей аляскинского сектора – Чукотского и Бофорта. Очищение в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом выносного характера из этих районов и последующего подключения тепловых процессов таяния и разрушения льда.

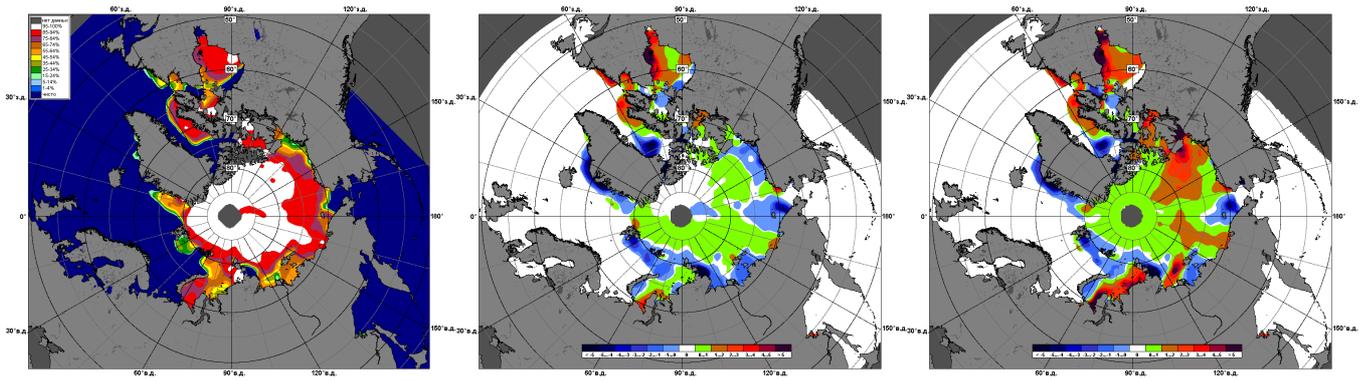


Рисунок 2.10 – Медианное распределение сплоченности льда в июне 2009 г. (слева) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2009 гг. (центр) и 2007–2008 гг. (справа)

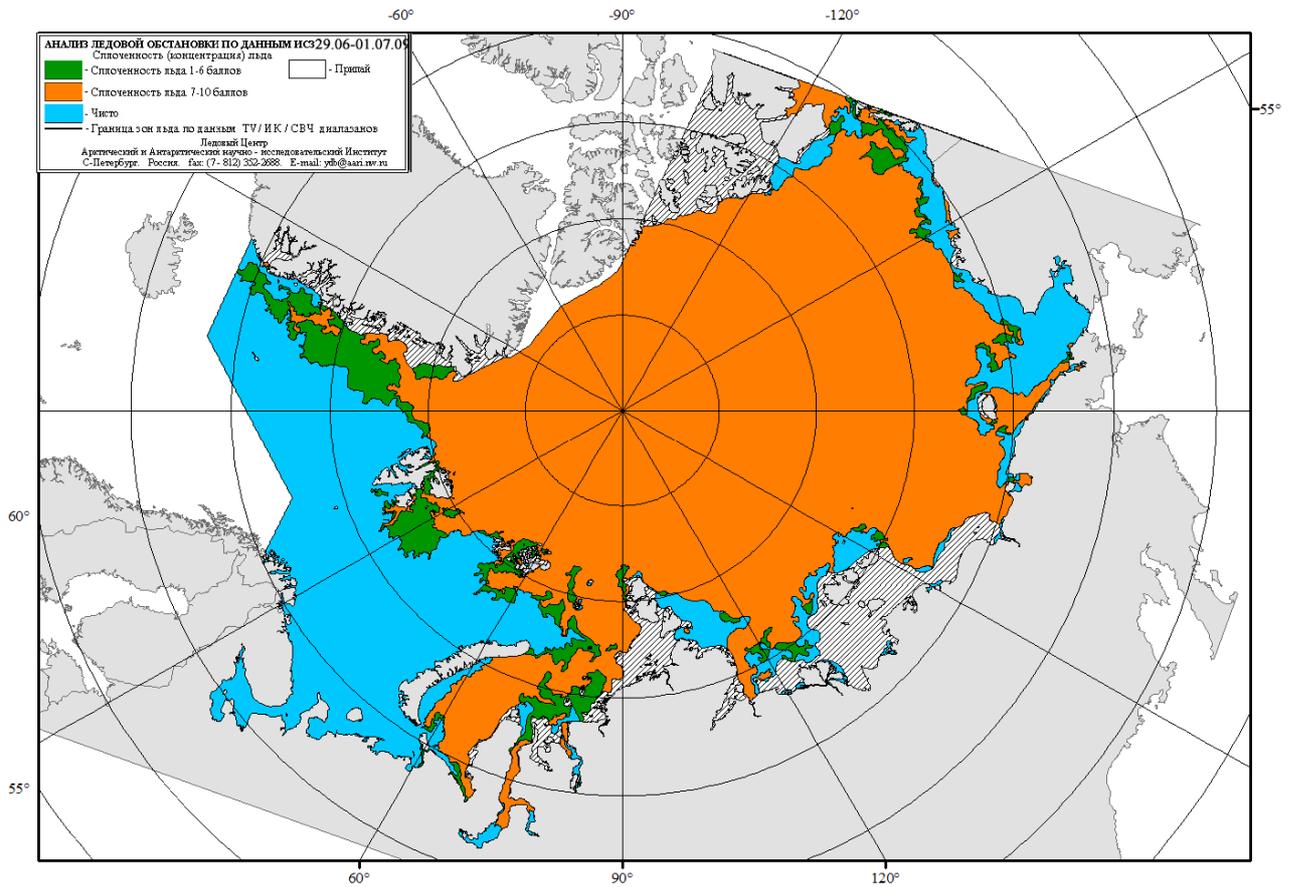


Рисунок 2.11 – Возрастной состав и распределение льда в конце июня 2009 г.

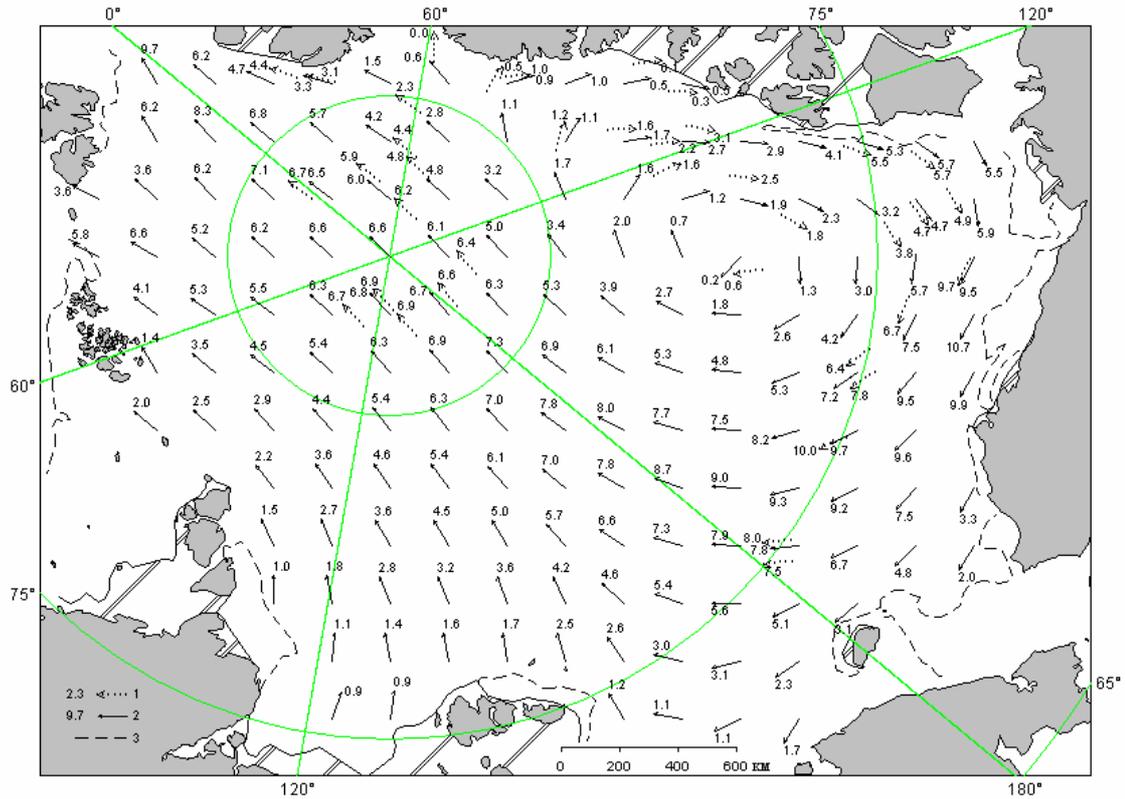


Рисунок 2.12 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2009 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (2.3 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда)

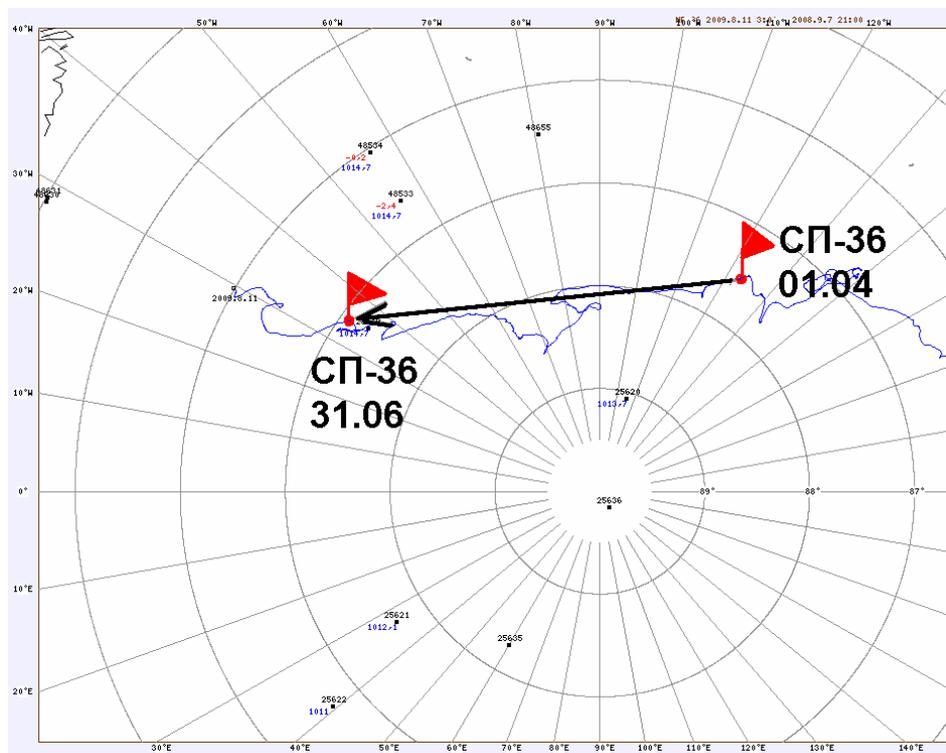


Рисунок 2.13 – Генеральный дрейф дрейфующей станции «СП-36» в апреле– июне



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

Карское море

Толщины льда на устьевых участках рек бассейна Карского моря с января до конца апреля в основном наблюдались меньше нормы. В таблице 2.1 приведены толщины льда на конец апреля, т.е. на период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.1 – Толщина льда на конец апреля

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2009г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	100	102	-2
Таз	Тазовское	87	140	-53
Енисей	Игарка	75	99	-24
	Дудинка	132	130	+2
	Караул	91	139	-48

Наибольшая отрицательная аномалия толщины льда в конце апреля наблюдалась на устьевом участке р.Таз, а в Салехарде на Оби и в Дудинке на Енисее толщина льда была близка к средним многолетним величинам. В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась от 30 до 60 см.

Признаком разрушения льда весной является образование закраин. В 2009 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря закраины появились в период от второй декады мая до середины первой декады июня.

Первая подвижка льда на устьевом участке реки Обь наблюдалась на 4 дня позже нормы, а на реках Таз и Енисей – на 1–6 дней раньше средних многолетних сроков. Процесс вскрытия на устьевых участках рек Обь и Таз происходил без образования заторов. На устьевом участке реки Енисей затор наблюдался 11 мая ниже поста Селиваниха и 4 июня ниже поста Потапово.

Весенний ледоход начался в близкие к норме сроки (на 0–3 дня позже средних многолетних значений). Продолжительность весеннего ледохода на устьевых участках рек Таз и Обь составила 3–4 дня, а на устьевом участке р. Енисей она наблюдалась от 8 дней в районе Караула до 14 дней в районах Игарки и Селиванихи.

Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 2–8 дней позже средних многолетних сроков. В таблице 2.2 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек бассейна Карского моря.



Таблица 2.2 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2009г.	Средняя	Аномалия, сутки	2009г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	30.05	27.05	+3	3.06	1.06	+2
Таз	Тазовское	15.06	13.06	+2	18.06	15.06	+3
Енисей	Игарка	1.06	30.05	+2	15.06	8.06	+7
	Дудинка	7.06	5.06	+2	19.06	11.06	+8
	Караул	10.06	10.06	0	18.06	16.06	+2

Процесс вскрытия устьевых участков рек бассейна Карского моря произошел близко к средним срокам, за исключением сроков очищения ото льда в Дудинке и Игарке на Енисее, аномалия которых составила +7+8 дней.

Продолжительность периода со льдом на устьевых участках рек бассейна Карского моря оказалась на 12 дней меньше нормы на устьевом участке р. Обь, близкой к средним многолетним значениям в районах с.Тазовского на р. Таз и г.Игарки на р.Енисее и на 4–6 дней меньше нормы на устьевом участке р.Енисей в районах Селиванихи и Караула.

Море Лаптевых

В таблице 2.3 приведены толщины льда на конец апреля, т.е. на период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.3 – Толщина льда на конец апреля

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2009г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	162	149	+13
Оленек	Тюмети	140	137	+3
	Усть–Оленек	194	192	+2
Лена	Кюсюр	156	178	–22
	Хабарово	222	226	–4
Яна	Юбилейная	130	153	–23

В конце апреля на реках Хатанга и Оленек толщина льда наблюдалась близкой к норме с положительной тенденцией, а на реках Лена и Яна – меньше средних многолетних величин. В конце апреля высота снега на льду наблюдалась различная в рассматриваемых пунктах (от 13 см на реке Лена до 43см в пункте Юбилейная на реке Яна).



В 2009 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых закраины появились в конце мая – первой декаде июня. Весенний ледоход на устьевых участках рек начался практически в средние многолетние сроки.

Процесс вскрытия на устьевых участках рек Оленек, Лена и Яна происходил с образованием заторов. Продолжительность стояния заторов различна. На реке Оленек продолжительность заторов составила от 8 дней по наблюдениям поста Тюмети до 2 дней по наблюдениям поста Усть–Оленек. На устьевом участке реки Лена наблюдатель поста Кюсюр отмечал заторы в течение 6 дней. На устьевом участке реки Яна заторы стояли в течение 4 дней.

Продолжительность весеннего ледохода на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых наблюдалась от 2 дней (Оленек–Усть–Оленек) до 9 дней (Лена–Кюсюр). Очищение ото льда устьевых участков рек произошло в средние многолетние сроки. В таблице 2.4 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек бассейна моря Лаптевых в 2009 г.

Таблица 2.4 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2009 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2009 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	9.06	12.06	–3	17.06	17.06	0
Оленек	Тюмети	5.06	3.06	+2	13.06	13.06	0
	Усть–Оленек	16.06	18.06	–2	18.06	21.06	–3
Лена	Кюсюр	2.06	3.06	–1	11.06	11.06	0
	Хабарово	10.06	8.06	+2	15.06	15.06	0
Яна	Юбилейная	30.05	31.05	–1	7.06	6.06	+1

Продолжительность периода со льдом на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых в 2009 г. оказалась меньше средних многолетних значений на 2–12 дней.

Восточно–Сибирское море

В таблице 2.5 приведены толщины льда на конец апреля, т.е. на период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.5 – Толщина льда на конец апреля

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2009г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	163	169	–6
Колыма	Колымская	117	140	–23



Толщины льда в конце апреля 2009 г. на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались несколько меньше нормы.

В конце мая на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря появились закраины. Весенний ледоход и очищение ото льда на реке Индигирка (Чокурдах) наблюдались в средние сроки, а на Колыме – в средние сроки в Колымском и на 5–6 дней раньше нормы в Черском. Наибольшая продолжительность весеннего ледохода наблюдалась на устьевом участке реки Колыма в районе Черского (7 дней). На реке Индигирка в районе Чокурдаха с 3 по 6 июня наблюдались заторы льда.

В таблице 2.6 приведены сроки начала ледохода и очищения ото льда устьевых участков рек бассейна Восточно–Сибирского моря.

Продолжительность периода со льдом на реках Индигирка и Колыма была на 8–10 дней меньше среднемноголетних величин.

Таблица 2.6 –Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2009 год	Средняя	Аномалия, сутки	2009 год	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	8.06	7.06	+1	9.06	10.06	-1
Колыма	Колымское	1.06	30.05	+2	2.06	4.06	-2
	Черский	28.05	3.06	-6	4.06	9.06	-5

3 Гидрологические и гидрохимические условия в Северном Ледовитом океане в апреле–июне 2009 года

3.1 Термохалинные условия Арктического бассейна и арктических морей

Во втором квартале 2009 г. информация о состоянии вертикальной термохалинной структуры верхнего 760 метрового слоя вод глубоководной части Арктического Бассейна поступала в общей сложности с 6 автономных дрейфующих платформ, оснащенных ИТР (Ice–Tethered Profiler) профилографами. Кроме перечисленных автономных платформ, непрерывное поступление информации в течение трех месяцев обеспечивалось персоналом дрейфующей станцией СП–36, находившейся в указанный период в приполюсном районе.

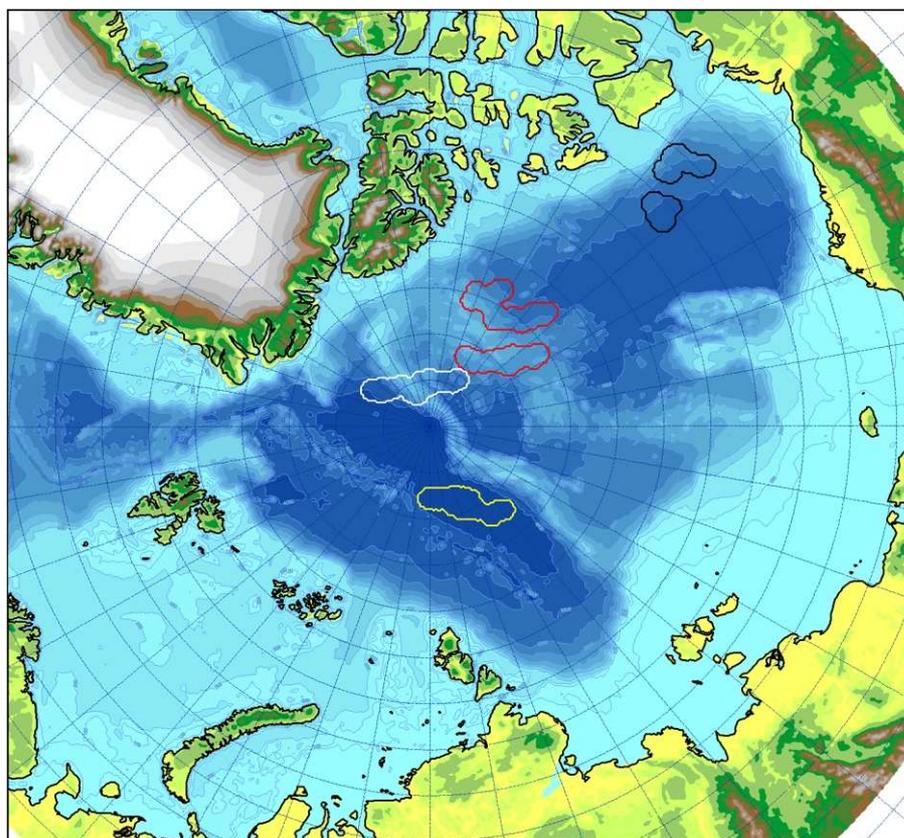


Рисунок 3.1 – Положение 100–километровых зон вдоль линий дрейфа буев ИТР и дрейфующей станции СП–36 за второй квартал 2009 г., в которых производился поиск исторических аналогов вертикальной термохалинной структуры. Черным цветом обозначены районы дрейфа ИТР–11 и ИТР–21; красным – ИТР–23, 25 и 29; желтым – ИТР–24; черным – дрейфующей станции СП–36



Для анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры по данным наблюдений во втором квартале 2009 г. 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 некоторых ИТР–бுவ по географическому признаку. Так, группа бевв ИТР–11 и ИТР–21 перемещались в зоне действия канадского антициклонического круговорота; ИТР–23, ИТР–25 и ИТР–29 – в северной части канадского суббассейна; ИТР–24 – в центральной части котловины Амундсена (рис.3.1). Подобный подход является удобным способом значительного сокращения информации для последующего анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры, которая в значительной степени обусловлена именно фактором географического положения.

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 (рис.3.1).

Вертикальная термохалинная структура вод Евразийского суббассейна по данным ИТР–24

Поверхностный слой

В районе дрейфа ИТР–24 в верхнем перемешанном слое толщиной от 30 до 50 метров были зарегистрированы значения солености в диапазоне от 32,07 до 33,65 промилле (рис.3.2) при среднем значении 32,88, что примерно на 0,8 промилле выше среднеклиматических значений солености в этом районе. Положительные аномалии солености при этом, наблюдаются и в более глубоких слоях вод, практически исчезая только на глубинах превышающих 300 метров. Такое сильное осолонение связано с общей тенденцией осолонения глубоководной части Евразийского бассейна, наблюдающейся в последние годы. Так, по результатам натуральных исследований в 2008 г., область положительных аномалий поверхностной солености занимала значительные площади бассейнов Нансена и Амундсена.

Температура поверхностного слоя варьировалась в очень незначительных пределах и находилась фактически определялась величиной солености и, связанной с ней, температурой замерзания. По результатам выборки диапазон изменчивости температуры находился в пределах от $-1,85$ до $-1,60$ °C при среднем значении $-1,79$ °C.

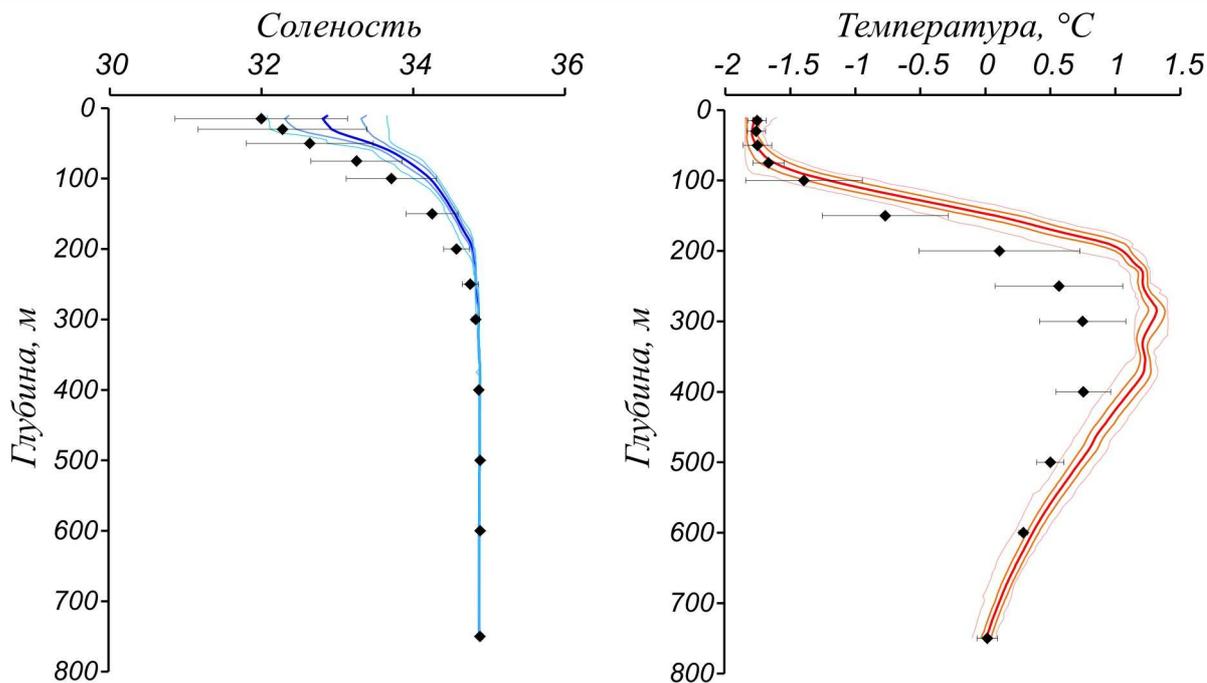


Рисунок 3.2 –Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа буя ИТР–24 в апреле–июне 2009 г. Жирная линия соответствует профилю средних значений, толстые линии ограничивают область стандартного отклонения, тонкие линии соответствуют минимальным и максимальным 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»

Атлантическая водная масса

Воды атлантического происхождения в Евразийском бассейне также демонстрировали значительную положительную аномалию температуры относительно климатических значений. Так, в ядре атлантических вод, расположенном на глубинах от 250 до 320 м, наблюдались аномалии, достигающие $+0,7..+0,8^{\circ}\text{C}$. В большинстве случаев такие аномалии превышают средний климатический уровень на величину большую одного стандартного отклонения, составляющего в ядре АВ в этом районе $0,4–0,5^{\circ}\text{C}$.

В целом, положительные аномалии температуры глубинного слоя АВ наблюдаются на глубинах, превышающих 100 метров, и прослеживаются до глубины 600–700 метров. При этом отчетливо прослеживается тенденция к более высокому положению слоя АВ, верхняя граница которых традиционно определяется глубиной расположения изотермы 0°C . По результатам многочисленных измерений в рассматриваемом районе суббассейна величина смещения верхней границы составила 50–60 метров в сторону поверхности. В различных частях суббассейна



положительные аномалии температуры в ядре АВ сопровождаются положительными аномалиями солености по отношению к климатическим значениям. Как правило, эти аномалии наблюдаются только в верхней и центральной части ядра и отсутствуют ниже отметки 250–300 метров.

В таблице 3.1 приводятся основные характеристики верхнего перемешанного слоя и слоя атлантических вод Евразийского суббассейна, полученные в результате анализа вертикальной термохалинной структуры.

Таблица 3.1 – Основные характеристики термохалинной структуры Евразийского бассейна в районе дрейфа буя ГТР–24

Верхний перемешанный слой		Атлантические воды	
Толщина	30 – 50 м	Верхняя граница (положение изотермы 0°C)	130 – 170 м
Температура	–1,85 – –1,60 °C	Нижняя граница (положение изотермы 0°C)	от 690 м
Соленость	32,07 – 33,65 ‰	Максимальная температура	+1,15 – +1,40 °C
Положение ядра	–	Положение ядра	250 – 320 м

Термохалинные условия в Арктическом бассейне по данным дрейфующей станции «Северный полюс 36»

В апреле 2009 г. структура поверхностного слоя вод характеризовалась следующими особенностями. Средняя толщина верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) составила 38 м, его средняя температура –1,63, максимальная –1,60, минимальная –1,65 °C, средняя соленость 29,81, максимальная 30,26, минимальная 29,32 промилле. Температура данного слоя устойчиво понижалась по мере продвижения станции на восток. Для западной половины траектории дрейфа в районе 87 градусов 50 минут северной широты и 117 градусов западной долготы (04–06.04) и на участке дрейфа между 112 и 97 градусами долготы и 87 градусов 53 минуты и 88 градусов 03 минуты северной широты (14–20.04) характерны неоднородности в структуре ВКС. При этом толщина ВКС была минимальной и под данным слоем наблюдался переходной слой с градиентами плотности менее, чем в пикноклине. Данной ситуации предшествовало возникновение вертикального градиента плотности в ВКС 01.04 и 08–13.04 соответственно. Для восточной половины траектории дрейфа (отрог Марвин и предгорье хребта Ломоносова, постепенное понижение глубины) характерен хорошо перемешанный и однородный по характеристикам ВКС.



Средняя глубина залегания нижней части пикноклина составила 114 м, средняя толщина 71 м., толщина пикноклина менялась от 58 до 97 м., глубина залегания нижней границы менялась от 106 до 119 м. Средняя температура пикноклина составила -1.51 , максимальная $-1,42$ и варьировала в пределах от $-1,33$ до $-1,49$; минимальная температура в среднем была $-1,55$ (от $-1,54$ до $-1,58$) $^{\circ}\text{C}$. Температура вод пикноклина постепенно понижалась по мере продвижения на восток. Средняя соленость составила 32,26, максимальная соленость 33,95 промилле (от 33,84 до 34,05). Пикноклин на всех гидрологических станциях состоял из одного слоя; для всех гидрологических станций характерно наличие 2 температурных инверсий. Верхняя граница пикноклина понижалась при движении на восток, нижняя граница оставалась примерно постоянной, при этом толщина пикноклина постепенно уменьшалась.

Верхняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 196 м, её глубина незначительно менялась от 192 до 199 м. Толщина слоя атлантических вод в среднем составила 628 м, находясь в пределах 579–667 м. Изменения толщины слоя атлантических вод происходили за счет различий в положении нижней границы данных вод, которая, будучи в среднем равной 824 м, менялась от 778 до 862 м. Изменения положения данной границы, видимо, обусловлены значительным изменением глубины морского дна по траектории дрейфа и смещением станции на восток–северо–восток от области распространения атлантических вод. На начальном участке дрейфа (01–03.04) имело место понижение нижней границы атлантических вод, затем имела место обратная тенденция с минимальными значениями толщины данного слоя 08–09.04, после чего нижняя граница атлантических вод вновь понижалась до наиболее низкого положения 18.04, а затем повышалась по своему положению к 22.04 и понижалась к концу месяца.

Температура в слое атлантических вод в среднем составила 0,43, меняясь от 0,39 до 0,45 $^{\circ}\text{C}$ (наименьшая на востоке траектории дрейфа). Наибольшая температура атлантических вод (0,88) отмечена на станциях 189–191, выполненных с 08 по 10 апреля и 194–196 13–15 апреля (западная ветвь траектории дрейфа), в среднем значения данной температуры 0,85 $^{\circ}\text{C}$. Глубина залегания области максимумов температуры атлантических вод менялась от 288 до 410 м, составляя в среднем 362 м. Ближе к поверхности максимумы температуры атлантических вод расположены в восточной части траектории дрейфа, здесь максимумы температуры атлантических вод совпадают с положением ядра данных вод. Средняя соленость в слое атлантических вод устойчиво составила 34,8 промилле. Максимальная соленость в слое атлантических вод в среднем составила 34,86, повысившись до 34,87 промилле на последних трех гидрологических станциях отчетного месяца. Минимальная соленость данных вод в среднем была 34,54, наибольшее значение составило 34,56, наименьшее – 34,52 промилле.

Ядро атлантических вод залегало в среднем на глубине 332 м, изменяя свое положение от глубины 288 до глубины 376 м. Температура ядра атлантических вод в среднем составила 0,84, меняясь от 0,8 до 0,86 °С. Соленость вод ядра атлантических вод устойчиво составила 34,82 промилле.

Минимальная температура морской воды на глубоководных станциях по-прежнему составила от –0,4 до –0,41 °С на глубинах 1791–1917 м с последующим незначительным увеличением температуры воды ко дну от –0,32 до –0,39 °С (рисунок 3.3).

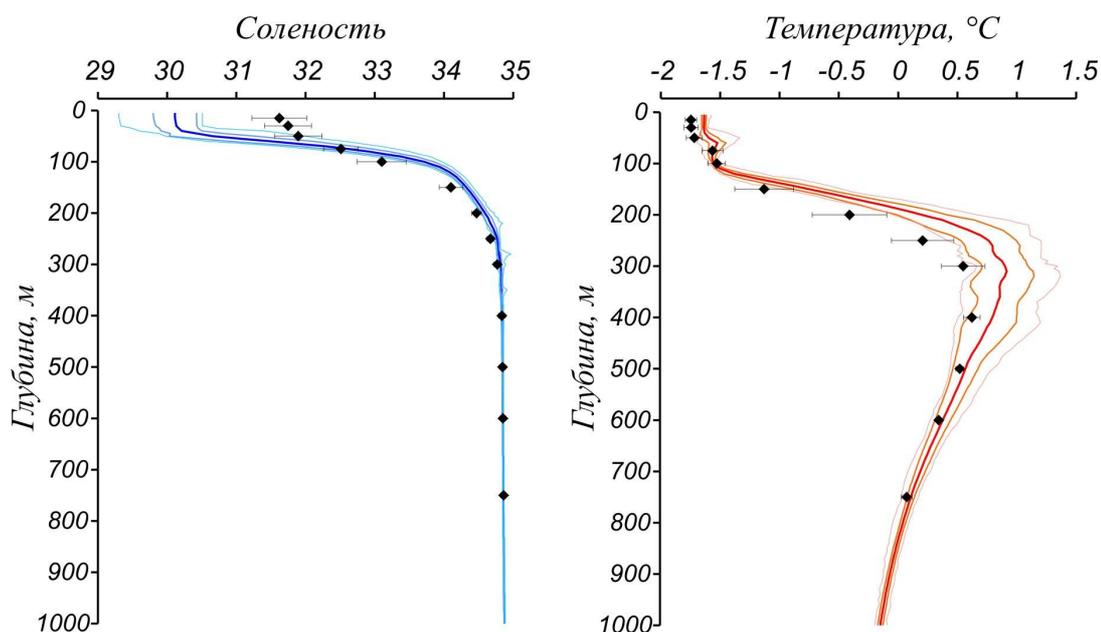


Рисунок 3.3 –Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений на дрейфующей станции СП–36 в апреле–июне 2009 г. Условные обозначения соответствуют рисунку 3.2

В мае 2009 г. в результате анализа данных зондирований установлены следующие особенности в расположении и оценках структурных зон толщи вод.

Средняя толщина верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) составила 43 м, его средняя температура –1,65, максимальная –1,63, минимальная –1,66 °С, средняя соленость 30,32, максимальная 30,51, минимальная 29,99 промилле. Температура данного слоя повышалась в период продвижения станции на запад 6–14 мая (станции 217–225), понижаясь затем при продвижении на восток и вновь увеличиваясь только восточнее долготы 88 градусов 10 минут западной долготы. Толщина ВКС больше изменялась в первую половину месяца. После 228 станции (16.05), при выходе на хребет Ломоносова, толщина ВКС колебалась около 44–метрового значения и слой стал более однороден, нежели ранее. Понижение толщины данного



слоя до минимальных значений происходило обычно при резком убывании скорости ветра и дрейфа. На станции 222 (11.05) отмечено наличие 2 тонких слоев с более высокими градиентами плотности по сравнению со средними в ВКС, разделяющих более однородные слои. Ранее в период дрейфа и на станциях 215, 216, 228, 230, 241, выполненных в течение мая, фиксировался одиночный переходный слой.

Средняя глубина залегания нижней части пикноклина составила 114, средняя толщина 67 м., толщина пикноклина менялась от 60 до 74 м. Глубина залегания нижней границы менялась от 111 до 117 м. Средняя температура пикноклина $-1,57$ °С, максимальная температура в среднем составила $-1,50$, находясь в пределах от $-1,44$ до $-1,53$; минимальная температура в среднем была $-1,59$, меняясь от $-1,55$ до $-1,66$. Температура вод пикноклина понижалась на северо-восточном участке траектории дрейфа, при выходе на минимальные глубины. Средняя соленость составила 32,56, максимальная соленость 34,01 промилле (от 33,93 до 34,09). Пикноклин на всех гидрологических станциях, как и ранее, состоял из одного слоя. Для большинства гидрологических станций характерно наличие двух температурных инверсий. На станциях 236–239 (25–28.05) верхняя и более теплая прослойка вод разбилась на несколько более мелких прослоек, затем характерная и отмеченная ранее структура термоклина восстановилась. Верхняя граница пикноклина не меняла значительно своей глубины.

Верхняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 189 м, её глубина менялась от 181 до 199 м. Имело место «всплытие» верхней границы слоя при выходе на хребет Ломоносова, глубина залегания данной границы ниже в юго-западной части траектории дрейфа и выше – в северо-восточной части. Толщина слоя атлантических вод в среднем составила 630 м, от 596 до 656 м. изменения толщины слоя атлантических вод происходили за счет различий в положении нижней границы данных вод (в среднем 820 м, от 783 до 853 м). Изменения положения данной границы, видимо, обусловлены значительными перепадами глубины морского дна по траектории дрейфа.

Температура в слое атлантических вод в среднем составила 0,43 градуса Цельсия, меняясь от 0,35 до 0,50 (наименьшая на востоке траектории дрейфа). Максимум температуры атлантических вод (+1,09) отмечен на станции 240 (29.05). Наибольшая температура данных вод 0,96–1,09 °С отмечалась в период 26–30 мая на восточной периферии траектории дрейфа, на склоне хребта Ломоносова. Глубина залегания области максимумов температуры атлантических вод менялась от 276 до 370 м, составляя в среднем 294 м.; ближе к поверхности максимумы температуры атлантических вод расположены в восточной части траектории дрейфа.

Средняя соленость в слое атлантических вод устойчиво составила 34,8 промилле, максимальная 34,87 промилле (от 34,86 до 34,87), минимальная 34,54 промилле (34,52 до 34,55).



Ядро атлантических вод залегало в среднем на глубине 291 м, меняя свое положение от 276 до 333 м. Температура ядра атлантических вод в среднем составила 0,88, меняясь от 0,67 до 1,09 °С. Максимумы температуры атлантических вод в большинстве случаев совпадали с положением середины ядра атлантических вод, кроме гидрологических станций 225 (14.05) и 231 (20.05). Соленость вод ядра атлантических вод составила 34,83, повышаясь по мере смещения станции на восток от 34,82 (34,81, 221 станция 10.05) до 34,84 промилле. При глубинах меньше 2000 м (начиная с 16.05), толщина ядра атлантических вод несколько уменьшилась снизу. В ряде случаев (станции 222, 231, 242, выполненные 11.05, 20.05 и 31.05 соответственно) в процессе зондирования происходили изменения значений температуры ядра атлантических вод на 0,4–0,9 градуса Цельсия.

Минимальная температура морской воды на глубоководных станциях по-прежнему составила от –0,4 до –0,41 °С на глубинах 1823–1874 м с последующим незначительным ее увеличением ко дну от –0,34 до –0,37 °С.

В июне 2009 года структура поверхностного слоя вод характеризовалась следующими особенностями. Средняя толщина верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) составила 39 м, его средняя температура –1,63 °С, максимальная –1,6, минимальная –1,65 °С. Средняя соленость составила 30,22 промилле, максимальная 30,47, минимальная 30,0 промилле. Температура данного слоя имела пониженные значения при дрейфе станции над восточным склоном хребта Ломоносова, а начиная со станции 254 (11.06) постепенно повышалась до –1,61, –1,62 °С. Толщина ВКС была больше на начальном участке, в районе хребта Ломоносова. ВКС в большинстве случаев был хорошо перемешан и однороден. Незначительный градиент плотности в толще ВКС отмечался на гидрологических станциях 243–244 (01–02.06), 247 (05.06), 261 (19.06) и 266 (24.06). На станциях 245 (03.06) и 254–255 (12–13.06) отмечено понижение толщины ВКС до минимальных значений с образованием промежуточного слоя, в котором градиент плотности был значительно выше, чем в ВКС, и ниже, чем в пикноклине. При этом на станциях 254–255 (12–13.06) имело место быстрое уменьшение скорости дрейфа.

Толщина пикноклина менялась от 61 до 80 м, составляя в среднем 68 м. Глубина нижней границы пикноклина менялась от 101 до 119 м, составляя в среднем 109 м. Средняя температура пикноклина составила –1,59 градусов Цельсия, максимальная температура находилась в пределах от –1,51 до –1,60, минимальная изменялась от –1,58 до –1,70. Средние и экстремальные значения температуры вод пикноклина понижались после гидрологической станции 253 (11.06). Понижение значения данных параметров отмечены на юго-восточном участке траектории дрейфа станции. Для пикноклина можно отметить тенденцию обратную указанной выше для ВКС. Средняя соленость пикноклина составила 32,60 промилле, максимальная соленость 34,03 промилле (от



33,89 до 34,15 промилле). Пикноклин на всех гидрологических станциях, как и ранее, состоял из одного слоя. На начальном участке траектории дрейфа тенденция наличия пары разнознаковых прослоек значительной толщины в термоклине, отмечавшаяся ранее, имела место при понижении абсолютных значений температуры в данных прослойках. Начиная с гидрологической станции 256 (14.06) и далее с выходом на глубоководные участки, в термоклине отмечено наличие нескольких незначительных по толщине и по экстремальным значениям температуры прослоек.

Верхняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 176 м, ее глубина менялась от 164 до 199 м. Глубже данный слой находился на начальном участке траектории дрейфа (гидрологические станции 246–249 (04–07.06)), ближе к поверхности – на станциях 257–260 (15–18.06) и 270–271 (28–29.06).

Толщина слоя атлантических вод в среднем составила 640 м, изменяясь от 569 до 678 м. Изменения толщины слоя атлантических вод происходили за счет различий в положении нижней границы данных вод (в среднем 816 м, от 761 до 852 м).

Температура в слое атлантических вод в среднем составила 0,6 °С, изменяясь от 0,44 до 0,67. Максимум температуры атлантических вод (1.36) отмечен на станциях 251 (9.06) и 255 (13.06). Наибольшая температура данных вод в течение отчетного месяца отмечалась в период 9–13 июня (1,34–1,36). Глубина залегания области максимумов температуры атлантических вод менялась от 282 до 320 м (в среднем 305 м). Ближе к поверхности максимумы температуры атлантических вод были расположены в западной части траектории дрейфа.

Средняя соленость в слое атлантических вод устойчиво составила 34,8 промилле. Максимальная соленость в слое атлантических вод в среднем составила 34,86 промилле (от 34,86 до 34,87). Минимальная соленость данных вод в среднем была 34,52 промилле (от 34,5 до 34,56 промилле).

Ядро атлантических вод залегало в среднем на глубине 305 м, его положение и температура воды совпадали во всех случаях с положением максимумов температуры воды в ядре атлантических вод. Соленость вод ядра атлантических вод составила 34,85 промилле, меняясь крайне незначительно. Наибольшее значение солености (34,86 промилле) отмечено на гидрологической станции 252 (10.06), наименьшие значения (34,84 промилле) отмечены на станциях 245–247 и 249 (03–05 и 07 июня).

Минимальная температура морской воды на глубоководных станциях имела значения около –0,73 (–0,74) °С на глубине около 2800 м. Увеличение температуры воды ко дну крайне незначительно и составляло не более 0,01 °С (таблица 3.2).



Таблица 3.2 – Основные характеристики термохалинной структуры в районе дрейфа станции СП–36

Верхний перемешанный слой		Атлантические воды	
Толщина	30 – 35 м	Верхняя граница (положение изотермы 0°C)	170 – 200 м
Температура	–1,85 – –1,60 °C	Нижняя граница (положение изотермы 0°C)	770 – 870 м
Соленость	29,30 – 30,51 ‰	Максимальная температура	+0,65 – +1,37 °C
Положение ядра	–	Положение ядра	290 – 330 м

Вертикальная термохалинная структура вод Канадского суббассейна

Поверхностный слой

Распределение солености поверхностного слоя в Канадском суббассейне во втором квартале 2009 г. характеризовалось существованием значительных аномалий в районе дрейфа автономных измерительных платформ на базе ИТР буев. В верхнем перемешанном слое толщиной от 20 до 35 м наблюдались значения солености в диапазоне от 27,77–29,53 на станциях ИТР–11 и ИТР–21 (рис.3.4) и в диапазоне от 29,58 до 30,56 промилле на станциях ИТР–23, 25 и 29 (рис.3.5). Наблюдаемые отрицательные аномалии являются следствием существенного распреснения вод канадского сектора Арктики в 2007–2008 гг. и сохраняющегося по настоящее время.

Температура воды верхнего перемешанного слоя были близки к точке замерзания и варьировались от –1,61 до –1,18 °C по данным ИТР–11 и ИТР–21 и от –1,67 до –1,57 на станциях ИТР–23, 25 и 29. Большой диапазон изменчивости на станциях, дрейфующих в южной части Канадского суббассейна, объясняется, по всей видимости, двумя факторами. Первый связан с началом прогрева водной поверхности в июне за счет усиления проникновения тепла солнечной радиации через разводья и полыньи; второй – теплообмен с более теплыми нижележащими тихоокеанскими водами (рис.3.4).

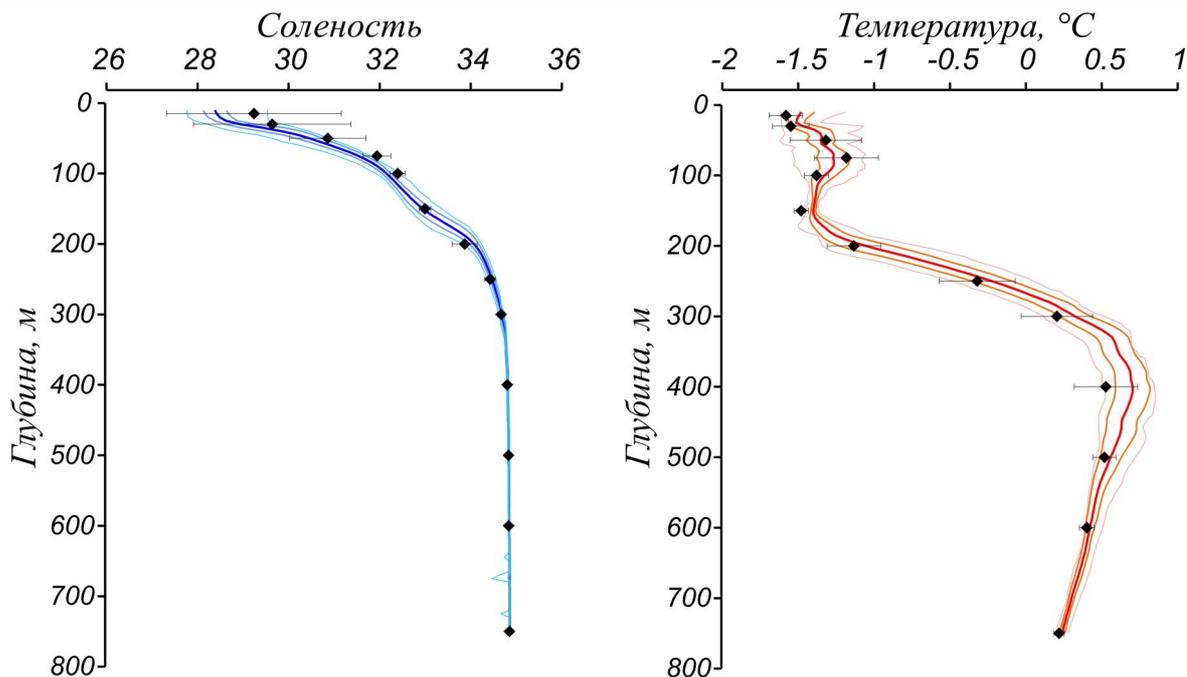


Рисунок 3.4. –Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа буев ИТР–11 и ИТР–21 в апреле–июне 2009 г. Условные обозначения соответствуют рисунку 3.2

Атлантическая водная масса

Слой атлантических вод в Канадском суббассейне, также как и в Европейском, демонстрирует устойчивые положительные аномалии температуры воды глубинных вод, наблюдаемые до горизонтов 500–650 метров. Значения аномалий составляют порядка $+0.2$ °C. Абсолютные значения температур ядра атлантических вод несколько выше в районе дрейфа буев ИТР–11 и ИТР–21, где средняя температура ядра составляет $+0,70$ °C. Для сравнения в приполюсной части канадского суббассейна в районе дрейфа буев ИТР–23, ИТР–25 и ИТР–29, температуры ядра АВ составляют всего $+0,54$ °C, что хорошо согласуется с традиционными представлениями о циркуляции глубинных вод арктического бассейна. Однако, следует отметить, что диапазон изменчивости температуры ядра в обоих районах достаточно близок друг к другу: если в районе круговорота Бофорта диапазон изменчивости составляет от $+0,53$ до $+0,85$ °C, то для приполюсного района наблюдаемые температуры варьируются в пределах от $+0,40$ до $+0,83$ °C.

Глубина, на которой расположено ядро АВ варьируется от 340 до 460 метров, в среднем составляя 360–390 м. Положении верхней границы изменяется в диапазоне 190–260 метров в приполюсном районе и 240–290 метров – в Канадской котловине. По сравнению с диапазоном глубин верхней границы от 260 до 300 м, определенном по историческим данным в районе



дрейфа ИТР–23, ИТР–25 и ИТР–29, наблюдается хорошо прослеживаемый подъем верхней границы на 30–50 метров (рис.3.5).

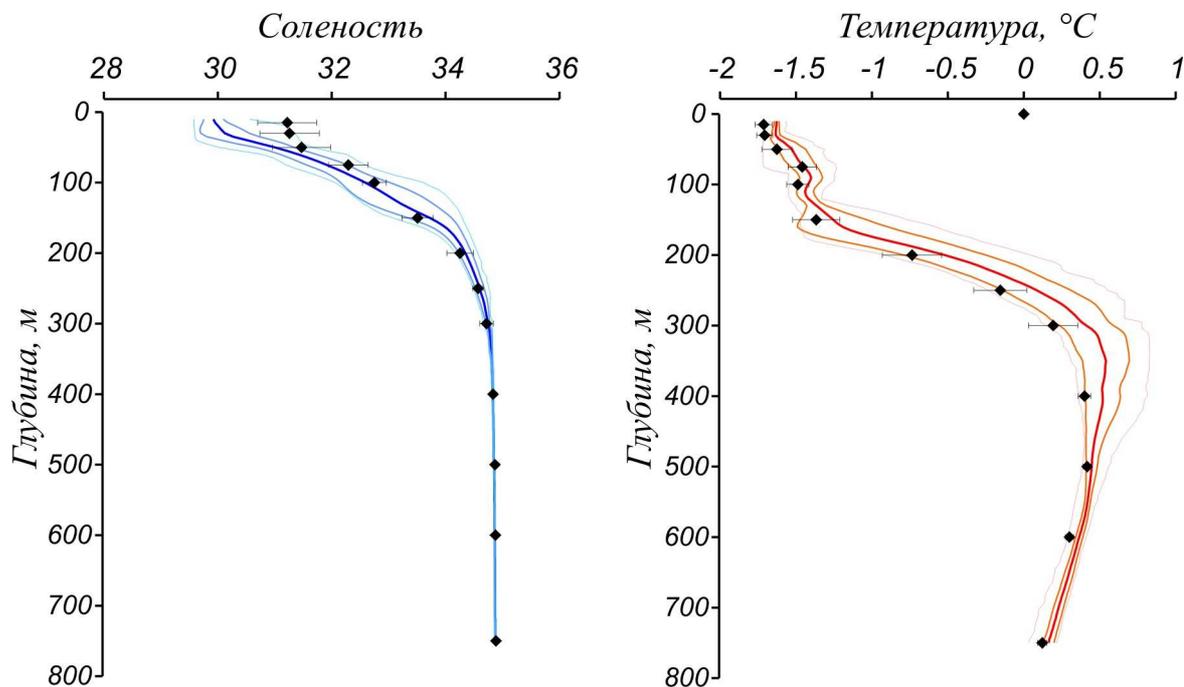


Рисунок 3.5 –Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа буев ИТР–23, ИТР–25 и ИТР–29 в апреле–июне 2009 г. Условные обозначения соответствуют рисунку 3.2

Тихоокеанские воды

Только два ИТР буя оказались в зоне распространения тихоокеанских вод (ИТР–11 и ИТР–21). Выполненная статистическая обработка имеющейся информации позволила определить, что термическое состояние слоя тихоокеанских вод в целом соответствует климатической норме. Это может служить косвенным доказательством того, что процессы потепления, наблюдаемые в глубинных слоях Северного Ледовитого океана, являются следствием исключительно усиления потока тепла, переносимого в Арктику из Северо–Европейского бассейна. Дальнейший мониторинг термического состояния как тихоокеанских, так и атлантических вод СЛО сможет помочь выявить основные факторы, влияющие на изменения климата Арктики.

Основные характеристики, полученные при анализе вертикального распределения температуры и солености в Канадском секторе Арктического бассейна за второй квартал 2009 г. сведены в Таблицу 3.3.



Таблица 3.3 – Основные характеристики термохалинной структуры Канадского суббассейна в районе дрейфа буев ИТР–11, ИТР–21, ИТР–23, ИТР–25 и ИТР–29

Верхний перемешанный слой		Тихоокеанские воды		Атлантические воды	
Толщина	20 – 35 м	Верхняя граница	40 – 50 м	Верхняя граница (положение изотермы 0°C)	190 – 290 м
Температура	–1,67 – –1,18 °C	Нижняя граница	110 – 130 м	Нижняя граница (положение изотермы 0°C)	данные отсутствуют
Соленость	27,77 – 30,56 ‰	Максимальная температура	–1,30 – –1,10 °C	Максимальная температура	+0,40 – +0,85 °C
Положение ядра	–	Положение ядра	–	Положение ядра	340 – 460 м

3.2 Гидрохимические условия арктических морей

Информация по гидрохимическому состоянию вод Арктического бассейна за период с апреля по июнь 2009 года отсутствует

3.3 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний *уровня Карского моря* за период с апреля 2009 года по июнь 2009 года составлена по четырехсрочным наблюдениям за уровнем моря на пяти станциях этого бассейна: Амдерма, Усть–Кара, о–ва Известий ЦИК, о. Визе, о. Голомянный и Сопочная Карга.

В юго–западной части Карского моря (рисунок 3.6) в апреле и мае фон колебаний уровня был слабо повышенный (+6 +17 см), а в июне – существенно повышенным (+31 +48 см). Наибольший подъем уровня +91 и +94 см (относительно среднемноголетнего значения) в этом районе был слабоповышенный (0 +10 см). Наибольший подъем уровня +89 и +92 см (относительно среднемноголетнего значения) на этих станциях наблюдался 29 мая и 10 июня 2009 года соответственно. Наиболее существенное понижение уровня (–46 см) было зарегистрировано на станции Усть–Кара 1 июня 2009 года. Самое большое значение величины колебаний уровня наблюдалось в мае 2009 года, в Амдерме оно составило 128 см, а в Усть–Каре – 120 см.

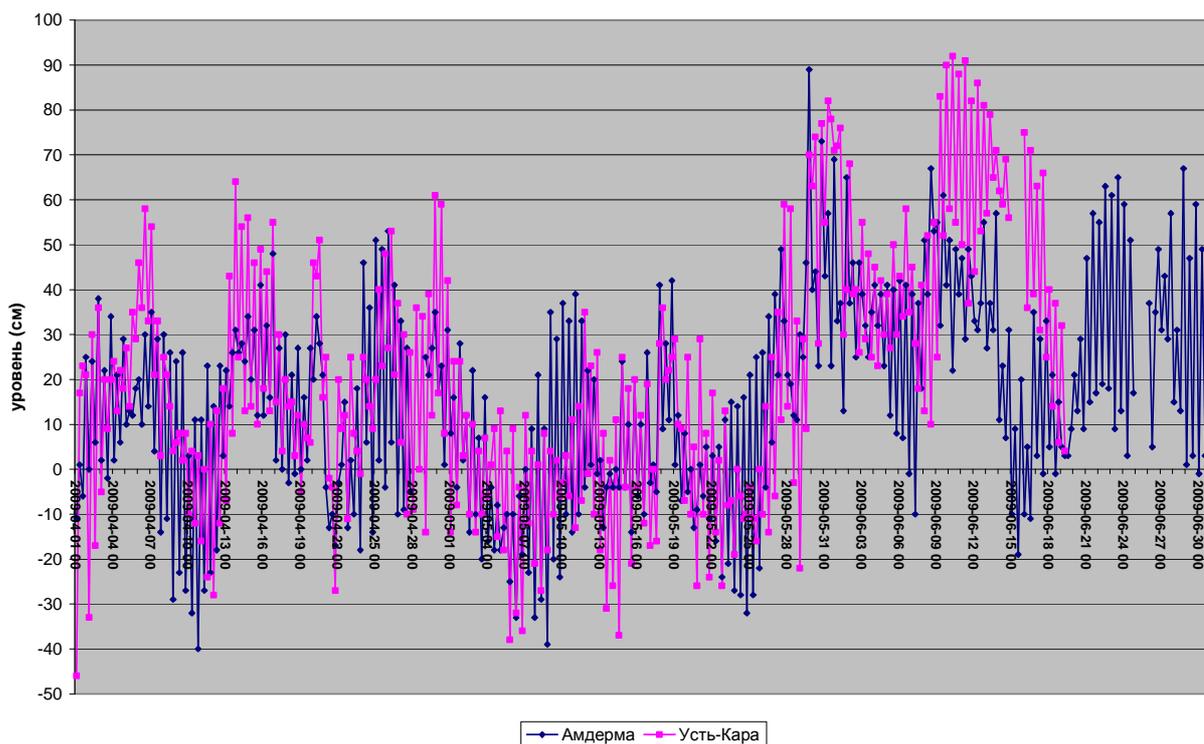


Рисунок 3.6 – Колебания уровня на станциях юго–западной части Карского моря в апреле–июне 2009 г.

В северо–восточной части Карского моря (рисунок 3.7) колебания уровня в апреле, мае, июне происходили, в основном, на пониженном и слабо пониженном фоне (от 0 до –29 см), за исключением станции Сопочная Карга, где в июне отмечался повышенный до +64 см фон. Наиболее значительный подъем уровня в этом районе отмечался в январе в Сопочной Карге (+115 см), а наиболее существенные понижения уровня наблюдались в апреле и мае (–64 см, о–ва Известий ЦИК, и –58 см, о. Визе, соответственно). Наибольшие значения величины колебаний уровня наблюдались на станциях Сопочная Карга (108 см, июнь), о–ва Известий ЦИК (90 см, апрель), о. Визе (75 см, май), о. Голомянный (68 см, май).

Характеристика особенностей колебаний *уровня моря Лаптевых* за период с января 2009 года по март 2009 года представлена по материалам четырехсрочных наблюдений за уровнем на шести полярных станциях этого района: Анабар, о–ва Дунай, Тикси, м. Кигилях, пролив Санникова и о. Котельный (рисунок 3.8).

Колебания уровня на станции Анабар в апреле и мае происходили на пониженном (–31 и –36 см), а в июне – на повышенном фоне (+55 см). Наибольший подъем уровня (+220 см) наблюдался в июне, наибольшее понижение уровня (–109 см) в апреле. Наибольшая величина колебаний уровня составила 290 см (июнь 2009 г.).

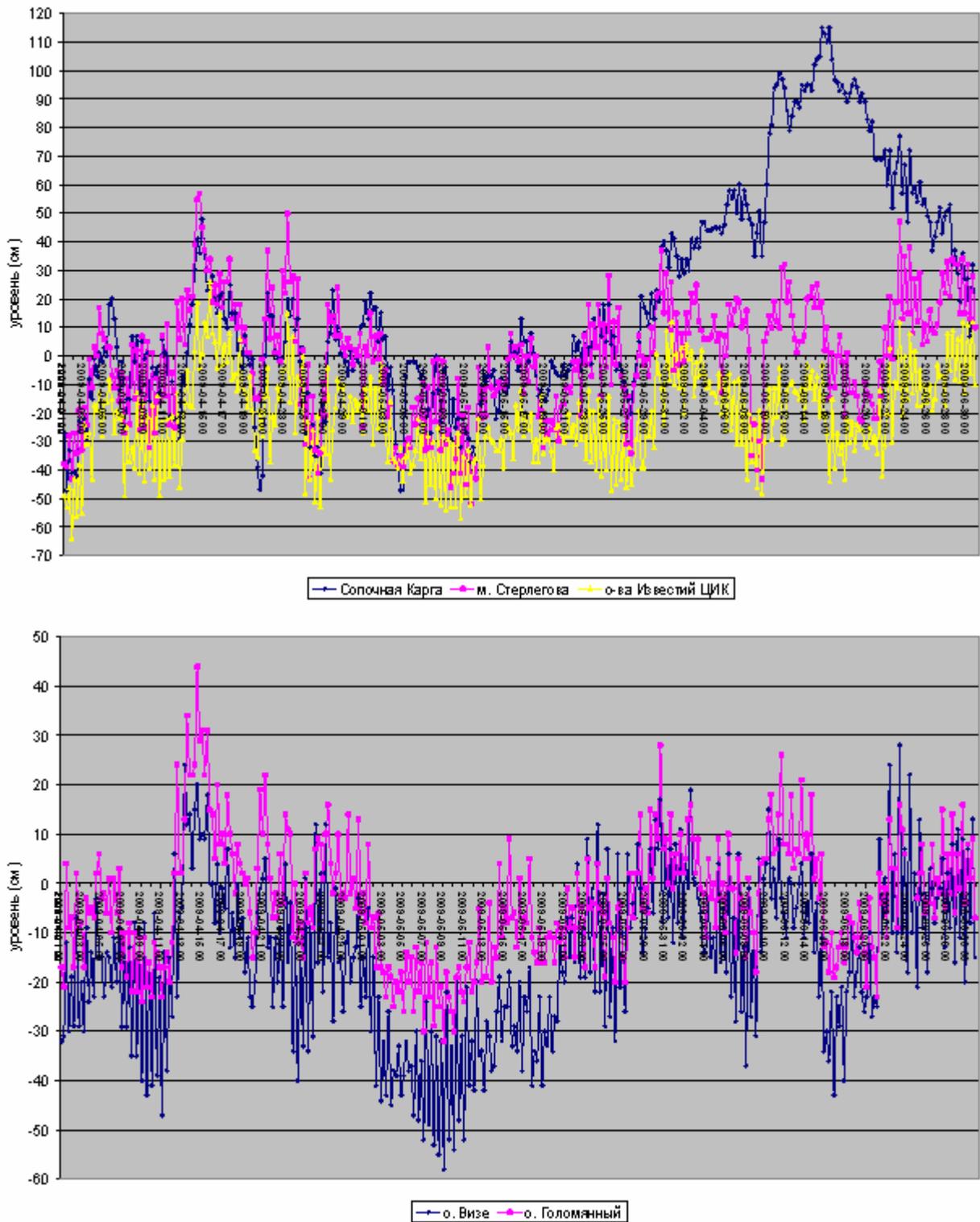


Рисунок 3.7 – Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в апреле–июне 2009 г.

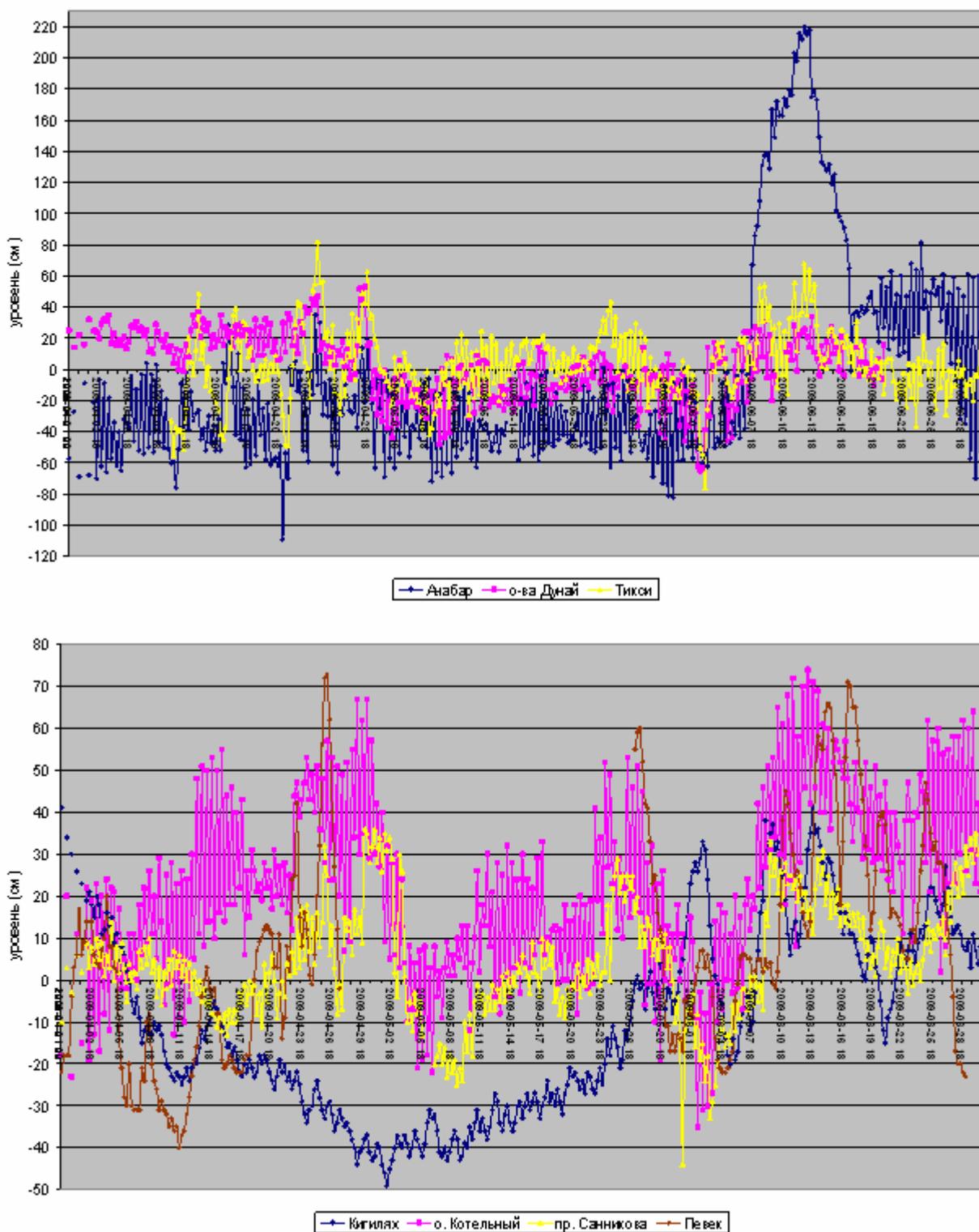


Рисунок 3.8 – Колебания уровня на станциях морей Лаптевых и Восточно–Сибирского в апреле–июне 2009 г.

На островных станциях о-ва Дунай и о. Котельный колебания уровня во втором квартале 2009 г. происходили, в основном, на повышенном фоне (исключая май, о-ва Дунай). Значения среднемесячных уровней не превышали +20 см (Дунай) и +32 см (о. Котельный). Наибольший



подъем уровня наблюдался в апреле и составил +53 см (Дунай) и +67 см (о. Котельный). Наибольшая величина колебаний уровня наблюдалась в июне и составила на станции о-ва Дунай 99 см., а на станции о. Котельный 109 см.

На станциях Тикси, м. Кигилях и пролив Санникова колебания уровня не отличались сильной изменчивостью. Фон колебаний уровня на этих станциях сохранялся близким к среднемноголетнему значению (в пределах от –27 до +9 см). Наибольший подъем уровня отмечался в Тикси в апреле и июне (82 и 68 см соответственно) и у м. Кигилях в апреле и июне (41 см), наибольшее понижение уровня не превышало на всех трех станциях величины –49 см и лишь в Тикси наибольшее понижение уровня составило –76 см. Наибольшая величина колебаний уровня на станции Тикси составила 144 см (июнь), на мысе Кигилях 85 см (февраль), на станции о. Котельный 109 см (июнь).

По имеющейся весьма ограниченной информации (Певек, апрель и июнь) положение *уровня моря в Восточно-Сибирском море* (рисунок 3.2.3) было близко к среднемноголетнему, а его колебания невелики: среднемесячный уровень изменялся от –4 до +18 см, максимальный месячный уровень равнялся +73 см, а минимальный –40 см. Величина колебаний уровня в апреле составила 113 см, а в июне 94 см.

Информация по колебаниям *уровня на станциях Чукотского моря* за период с апреля по июнь 2009 года отсутствует.

3.4 Ветровое волнение на акватории арктических морей

По результатам модельных расчетов выполнена оценка повторяемости значительных высот волн (H_s – обеспеченность 13%) с апреля по июнь 2009 года. Положение кромки льда в расчетах определялось ежедневным усвоением спутниковых многоканальных микроволновых данных (SSM/I и AMSR). Сведения о распределении высот волн *для Баренцева моря* приведены в таблице 3.4.

Как видно из таблицы 3.4, с апреля по июнь 2009 года на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 3 м до 5 м. Число случаев, когда высота волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составило:

- 3 (10 %) – в апреле;
- 7 (23 %) – в мае;
- 6 (20 %) – в июне.



Самым штормовым по силе волнения оказался май месяц, апрель месяц был самым спокойным.

Таблица 3.4 – Распределения высот волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2009 г.

Месяц	Высоты волн (м)							Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	
Апрель			6	10	11	2	1	30
Май		5	6	11	2	4	3	31
Июнь		6	6	2	10	5	1	30
Итого		11	18	23	23	11	5	91

Наиболее сильными были шторма 5 апреля, 10–11 и 29 мая и 26 июня, когда высоты волн на акватории Баренцева моря превышали 6 м. На рисунке 3.4.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на 18 часов 26 июня 2009 г.

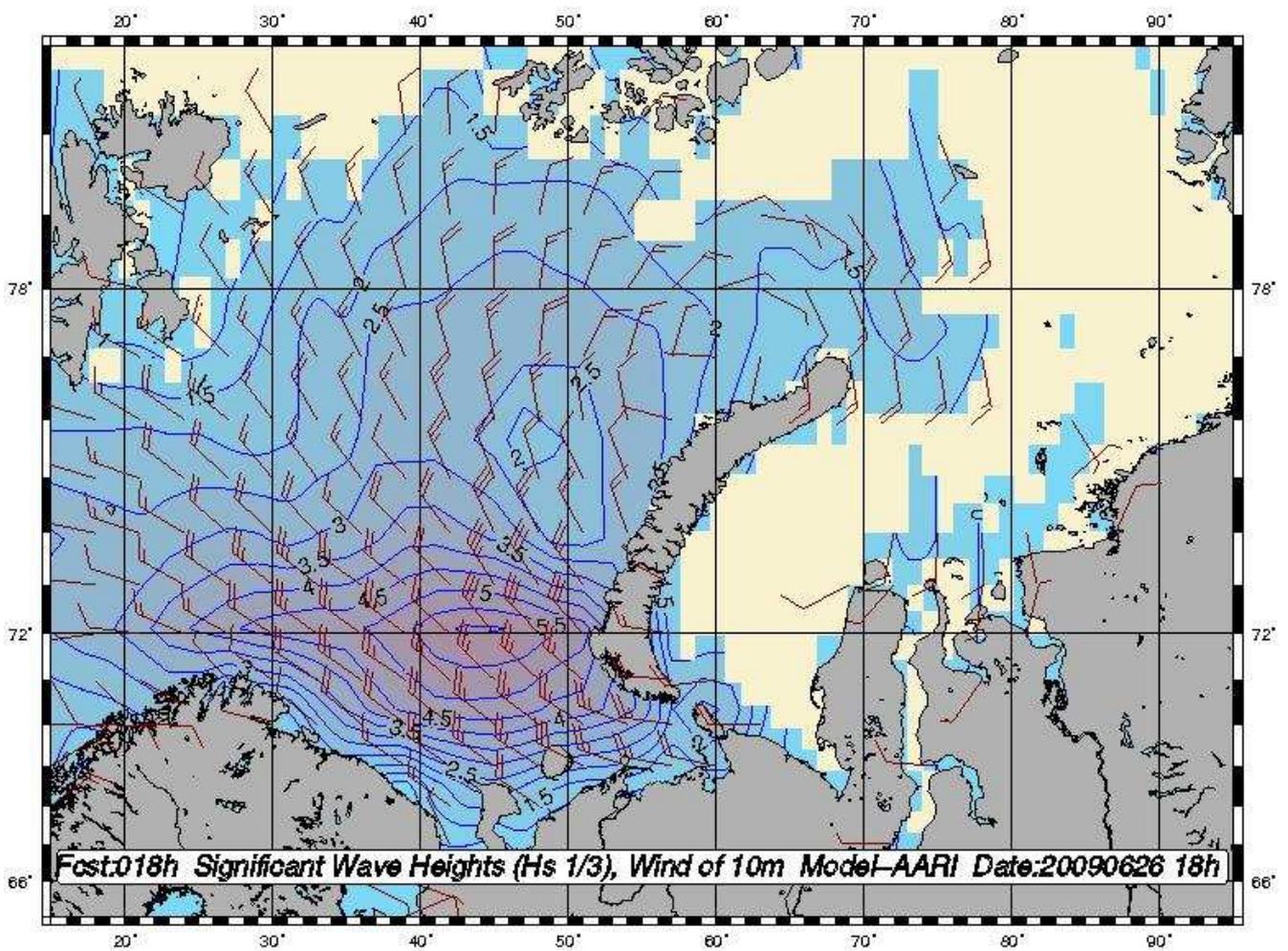


Рисунок 3.9 – Ветер и высота волн 13% обеспеченности в Баренцевом море на 18 ч. (UTC) 26 июня 2009 г.



Карское море с апреля до 20 июня, в основном, было покрыто льдом и открывалось незначительно лишь в районе пролива Карские ворота, и вдоль восточного берега о. Новая Земля. После 20 июня ото льда очистился пролив Карские ворота и район, севернее о. Новая Земля (рис. 3.9). Ограниченные размеры акватории чистой воды во втором квартале года не позволяют сделать оценки распределения высот волн в *Карском море* в этот период.

Акватории *морей Лаптевых и Восточно-Сибирского* с апреля по июнь также в основном были покрыты льдом. С начала июня море Лаптевых стало постепенно открываться восточнее о. Северная Земля, а к концу июня области чистой воды наблюдались уже в южных прибрежных районах моря Лаптевых и вокруг Новосибирских островов. Но на очень ограниченных разгонах волнение было не значительным и таблица распределения повторяемости высот волн не приводится.

Чукотское море стало очищаться ото льда в первой декаде мая от Берингова пролива. К концу июня область чистой воды распространилась до о. Врангеля (до 72°с.ш). Значительные высоты волн при этом за весь квартал практически не превышали 2м в периоды своего максимального развития.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях и ледовых условий полярного района Арктики за период апрель-июнь 2009 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 апреле в районе Земли Франца-Иосифа; в мае в восточном районе Канады; в июне в районе севера Карского моря. 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 апреле и мае отмечались разновидности процессов с высокоширотными траекториями циклонов Северной Атлантики. В приземном поле в большинстве районов преобладали положительные аномалии температуры. В июне при блокировании арктическим антициклоном циклоны смещались более южными траекториями. Фон температуры понизился до отрицательных аномалий в восточных морях российской Арктики. В среднем за период январь-март во всех районах данного сектора Арктики преобладали положительные аномалии температуры.

4 Во втором секторе в апреле 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 мае циклоны смещаясь по более высокоширотным траекториям, обусловили формирование положительных аномалий температуры. В июне, как и в апреле, циклоны смещались низкоширотными траекториями. Фон температуры понизился $2-6^{\circ}$, но сохранились положительные аномалии температуры. В среднем за период апрель-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 апреля по июнь 2009 г.

6 В целом характер направленности атмосферных процессов в апреле-июне 2009 г. по своим фоновым термобарическим характеристикам близок к текущей циркуляционной стадии 2004–2008 гг., при которых отмечалось устойчивое преобладание адвекции теплых воздушных масс и формирование положительных аномалий температуры воздуха в полярном районе Арктики. Отличием данного года явилось сезонная тенденция к понижению температурного фона от зимних к весенним месяцам, что является не характерным для последних лет.

7 В весеннем сезоне 2009 г. аномалия температуры воздуха СПО составила $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (нормированная аномалия $0,4\sigma$). Весна 2009 г. по рангу теплых лет стала тридцать седьмой теплой весной за период с 1936 г. Также невысоким оказалось значение аномалии в широтной зоне к югу от $70\text{ }^{\circ}\text{с.ш.}$ Аномалия температуры для широтной зоны $60\text{--}70^{\circ}\text{с.ш.}$ составила $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (нормированная аномалия $0,4\sigma$). Более теплым весенний сезон 2009 г. оказался для широтной зоны $70\text{--}85^{\circ}\text{с.ш.}$ Здесь аномалия температуры составила $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (нормированная аномалия $1,1\sigma$). Прошедший весенний сезон для этих широтных зон оказался соответственно тридцать пятым и двадцать вторым по рангу теплых лет за период с 1936 г.

8 Несмотря на позднее начало осенних ледовых процессов, в зимне-весенний период 2009 года нарастаний и накопление льда шло достаточно интенсивно и в значительной степени приблизилась к своим среднемноголетним параметрам, хотя сформировавшиеся аномалии остались отрицательными (меньше среднемноголетних значений)

9 В начале летнего периода (июнь) в результате интенсивного и устойчивого выносного дрейфа из арктических морей, в них стала формироваться крупная отрицательная аномалия ледовитости, особенно в морях Баренцевом, Карском, Чукотском и Бофорта.