

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

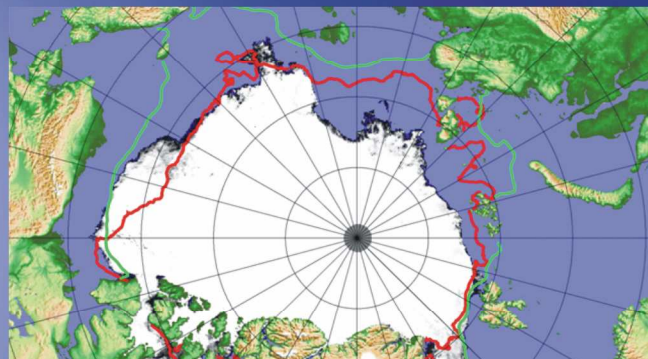


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

I квартал 2009





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в январе-марте 2009 года	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период январь–март 2009 г.	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области за период январь–март 2009 г.	15
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе-марте 2009 года	22
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в январе–марте 2009 года	33
3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне по данным дрейфующей станции «Северный полюс–36»	33
3.2 Уровень арктических морей	46
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в первом квартале (январь-март) 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 «ААНИИ».

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

Ледовый раздел посвящен описанию развития ледяного покрова и особенностям ледовых явлений в океане, арктических морях и устьевых областях основных арктических рек. Основой для такого анализа послужили данные спутникового мониторинга, 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 «ААНИИ» 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 январе-марте 2009 года

1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период январь–март 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 января по март 2009 года.

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

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

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

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

Соответственно во втором тихоокеано-американском секторе полушария выделяется также



три типа процессов: З – зональный (западный) и два меридиональных M_1 и M_2 .

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

Реальное состояние циркуляции в атмосфере и метеорологические условия каждого конкретного года существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы). Развитие процессов каждого года указывает на существование большого числа вариантов конкретных реализаций ОЦА. Несмотря на сложность взаимосвязей между элементами макроструктуры, множественность их возможных состояний и сочетаний, в эволюции макросиноптических процессов всегда имеется возможность выявить ряд существенных особенностей, определяющих тенденцию их развития. В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с января по март 2009 г. были выявлены следующие особенности.

Атмосферные процессы северного полушария развивались на аномально повышенном фоне зональной циркуляции в первом и втором секторе полушария (табл. 1.1).

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

Форма	W	C	E	З	M_1	M_2
Число дней	31	20	39	24	16	50
Аномалии	10	-5	-5	10	-6	-4

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба за рассматриваемый период выделяется ряд стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов. Схема разновидностей макропреобразований основных форм циркуляции атмосферы с января по март 2009 г. по классификации Г.Я.Вангенгейма – А.А.Гирса выглядит следующим образом:

Январь→Февраль→Март

$W_{M2+3} \rightarrow W_{M2+3} \rightarrow W_3$



Из схемы видно, что в первом – атлантико-евразийском секторе северного полушария преобладали атмосферные процессы западной формы циркуляции. Во втором – тихоокеано-американском секторе полушария преобладали зональные и меридиональные типа 2 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 1.1-1.12). 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 январе центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на H_{500} располагался в приполюсном районе Арктики, основная ложбина которого была ориентирована на район Канадского арктического архипелага.

В первом (атлантико-евразийском) секторе преобладали зональные процессы западной W формы циркуляции. В приземном поле циклоны Северной Атлантики смещались в зональном направлении с запада на восток в Арктику по сравнению с нормой высокоширотными траекториями. Фон давления в западном секторе Арктики и приполюсном районе ниже нормы на 7-9 гПа. Воздушные потоки преимущественно юго-западных и юго-восточных направлений обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры со значениями до 10,5°C отмечались в районе Таймыра.

Во втором (тихоокеано-американском) секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы типов M_2 и 3. Характерной особенностью развития макропроцессов явилось усиление азиатского и американского антициклонов, гребни которых часто взаимодействовали в районе Чукотки и Аляски. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой низкоширотными траекториями и не оказывали влияния на полярный район Арктики. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в районе моря Бофорта и Канадского арктического архипелага. Фон давления ниже нормы на 4-7 гПа. Атлантические циклоны обусловили адвекцию теплых воздушных масс с юго-



восточной составляющей. Средние месячные значения положительных аномалий температуры достигали значений более 10°C.

В феврале произошла крупномасштабная перестройка в направленности развития атмосферных процессов в первом и во втором секторах полушария. Центр ЦПВ сместился на континентальный район Азии, ложбина которого была ориентирована через восточный район Арктики на Канаду.

В первом секторе преобладали процессы западной формы циркуляции. В приземном поле циклоны Северной Атлантики смещались в зональном направлении низкоширотными траекториями. Под влиянием на западный район и приполюсный район Арктики гребней азиатского и американского антициклонов фон давления выше нормы на 6-10 гПа.

При адвекции холодных воздушных масс с южной составляющей с континента Азии сформировался фон температуры ниже нормы на 1-5°C в морях российской Арктики. В приполюсном районе фон температуры при юго-западных потоках выше нормы на 1-4°C.

Во втором секторе наибольшее число дней в месяце преобладали процессы разновидностей меридионального типа М₂. Под влиянием с юга гребня гавайского антициклона циклоны в системе алеутского минимума смещались в Арктику более высокоширотными траекториями. Фон давления в районе Аляски и моря Бофорта ниже нормы. Над остальными территориями выше нормы на 2-6 гПа.

Фон температуры ниже нормы в районе Аляски. Над остальными районами в данном секторе Арктики преобладала адвекция теплых воздушных масс с Атлантического и Тихого океанов. Наибольшие значения среднемесячных положительных аномалий температуры до 7-9°C имели место в районе Баффинова моря.

В марте центр ЦПВ на геопотенциальной поверхности Н₅₀₀ сместился с континента Азии к арктическому побережью Америки. Основная ложбина высотного циклона была ориентирована на район Таймыра. Восточный район Арктики находился под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле давления сформировался обширный антициклон.

В первом секторе отмечалась повышенная повторяемость зональных процессов. Циклоны Северной Атлантики в системе исландского минимума сериями смещались с запада на восток до Баренцева моря. Дальнейшее их продвижение на восток было блокировано гребнями арктического и азиатского антициклонов. Фон давления ниже нормы в европейской части Арктики. В азиатской части и приполюсном районе выше нормы на 4-7 гПа. Адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры преобладали во всех районах данного сектора Арктики, кроме района моря Лаптевых, где среднемесячный фон температуры близок к среднему многолетнему.



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 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 7-9°C отмечались в районе Канадского арктического архипелага.

Структурные особенности развития процессов внутри каждого месяца в 2008 году по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) представлены в таблице 1.2. Изменения от ЭСП к ЭСП сопровождаются сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики при крупномасштабных перестройках атмосферной циркуляции.

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

Январь			Февраль			Март		
ЭСП	А-Е	Т-А	ESP	А-Е	Т-А	ESP	А-Е	Т-А
1-3	С	3	1	Е	3	1-2	Е	3
4-7	W	3	2-4	С	3	3-5	Е	3
8-10	W	3	5-7	W	3	6-7	Е	3
11-13	W	M ₂	8-11	W	M ₂	8-12	W	M ₂
14-17	Е	M ₂	12-15	С	M ₂	13-15	W	3
18-23	W	M ₂	16-18	Е	M ₂	16-17	W	3
24-28	Е	M ₂	19-22	Е	M ₁	18-20	С	M ₁
29-31	Е	3	23-24	С	M ₂	21-23	W	M ₁
			25-27	W	M ₂	24-26	С	M ₂
			28	Е	M ₂	27-28	W	3
						29-31	Е	M ₂
Итого	W-16(4) C-3 (-3) E-12(-1)	3-13(5) M ₁ -0 (-6) M ₂ -18(1)	Итого	W-10(1) C-6 (0) E-12(-1)	3-7 (1) M ₁ - 4 (0) M ₂ -17(-1)	Итого	W-15(5) C-(-2) E-10 (-3)	3-14 (4) M ₁ -6(0) M ₂ -11(-4)
Примечания: ЭСП – элементарный синоптический процесс; А-Е – атлантико-европейский сектор полушария; Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария. В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типов (3, M ₁ , M ₂) атмосферной циркуляции								

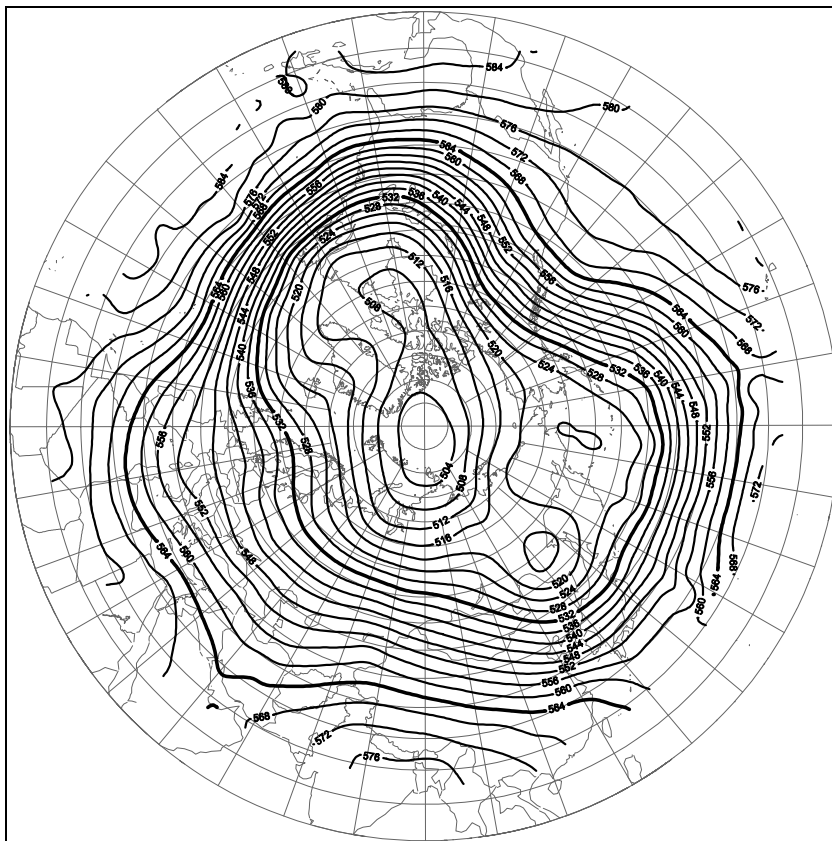


Рисунок 1.1 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за январь 2009 г.

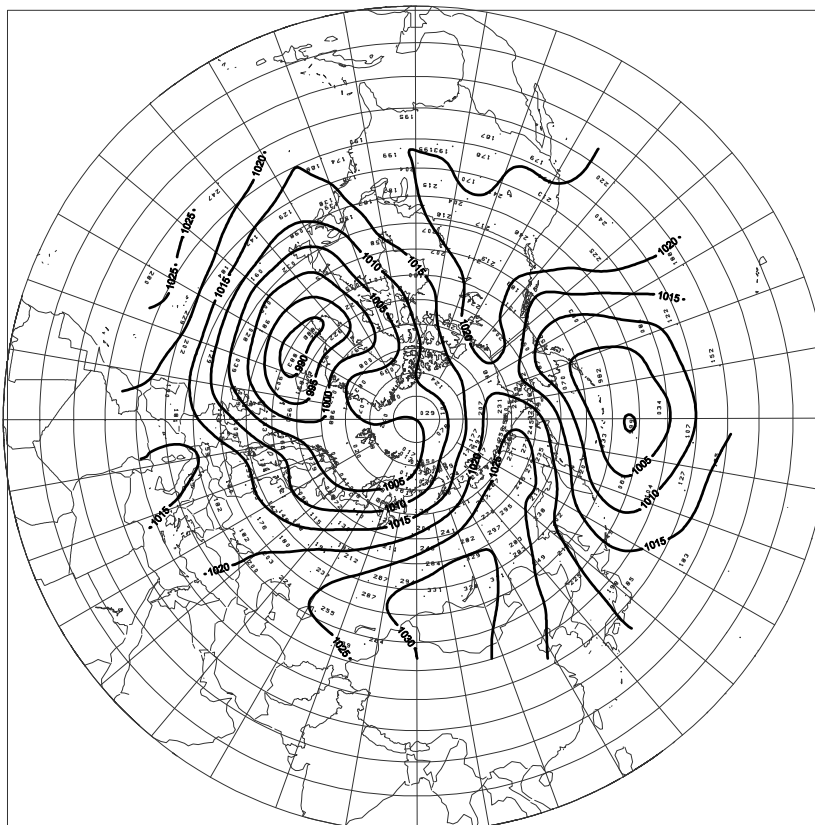


Рисунок 1.2 – Средняя карта приземного давления за январь 2009 г.

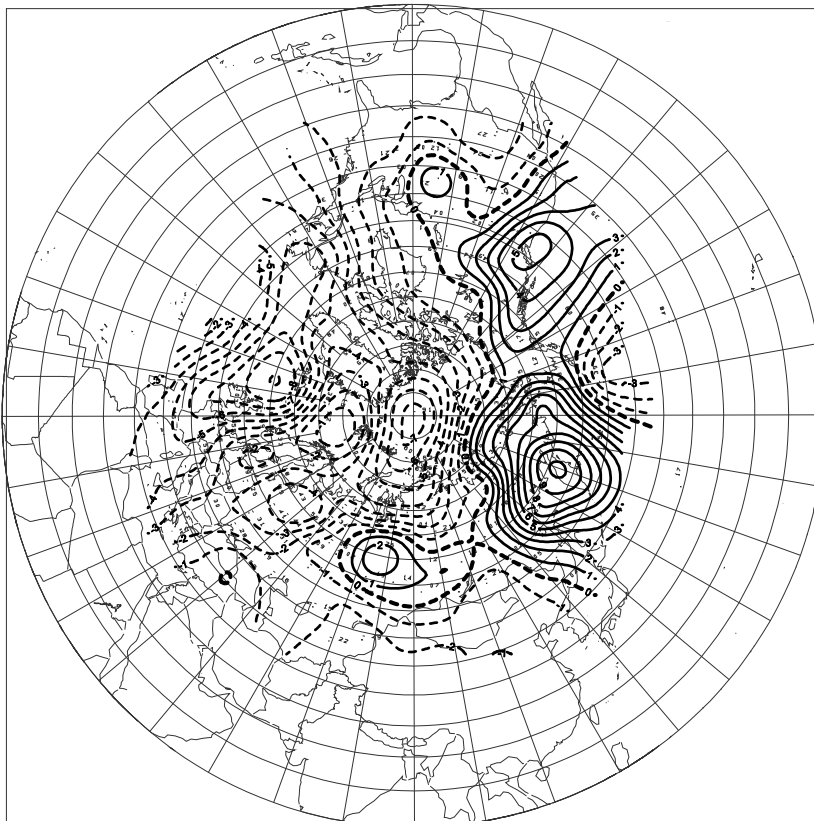


Рисунок 1.3 – Средняя карта аномалий приземного давления за январь 2009 г.

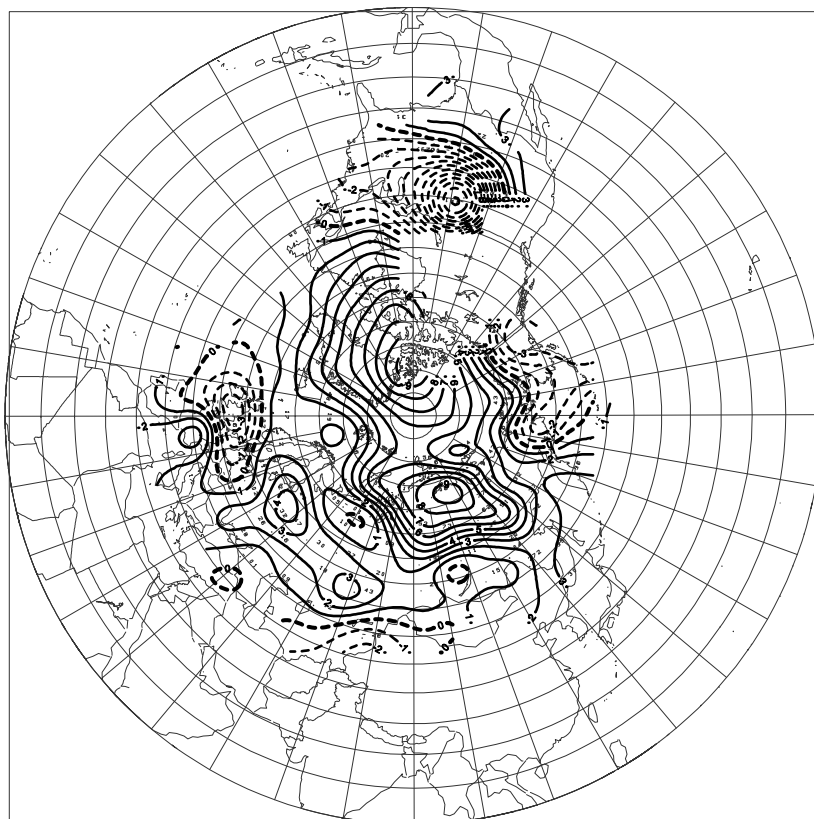


Рисунок 1.4 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за январь 2009 г.

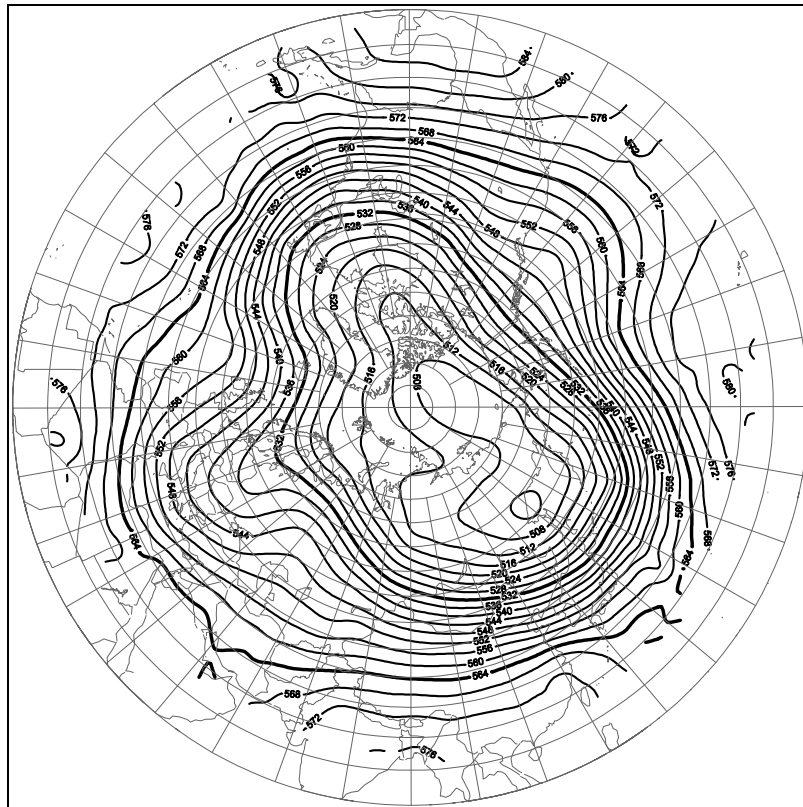


Рисунок 1.5 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за февраль 2009 г.

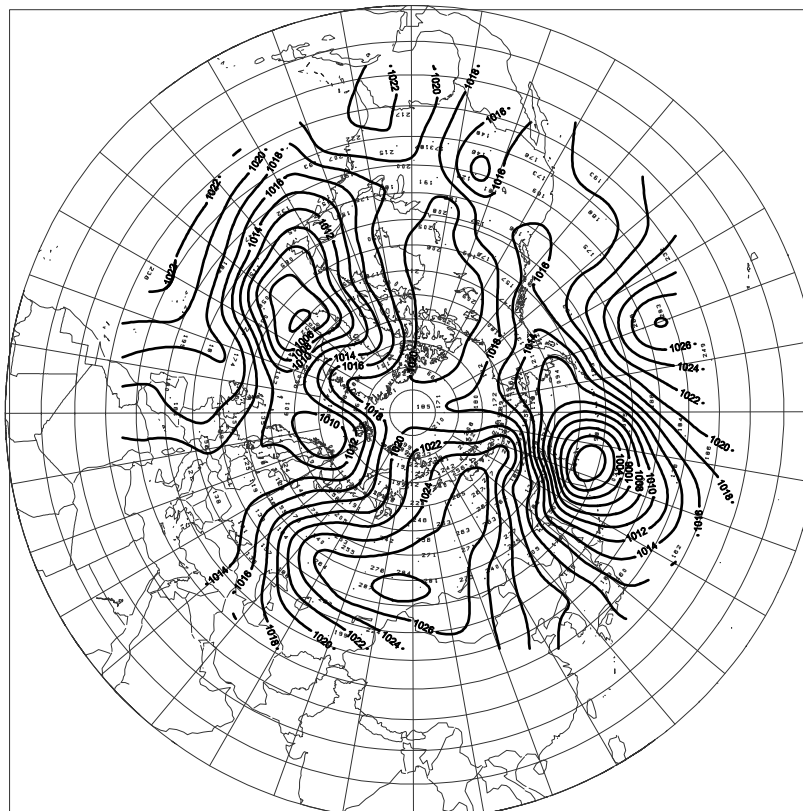


Рисунок 1.6 – Средняя карта приземного давления за февраль 2009 г.

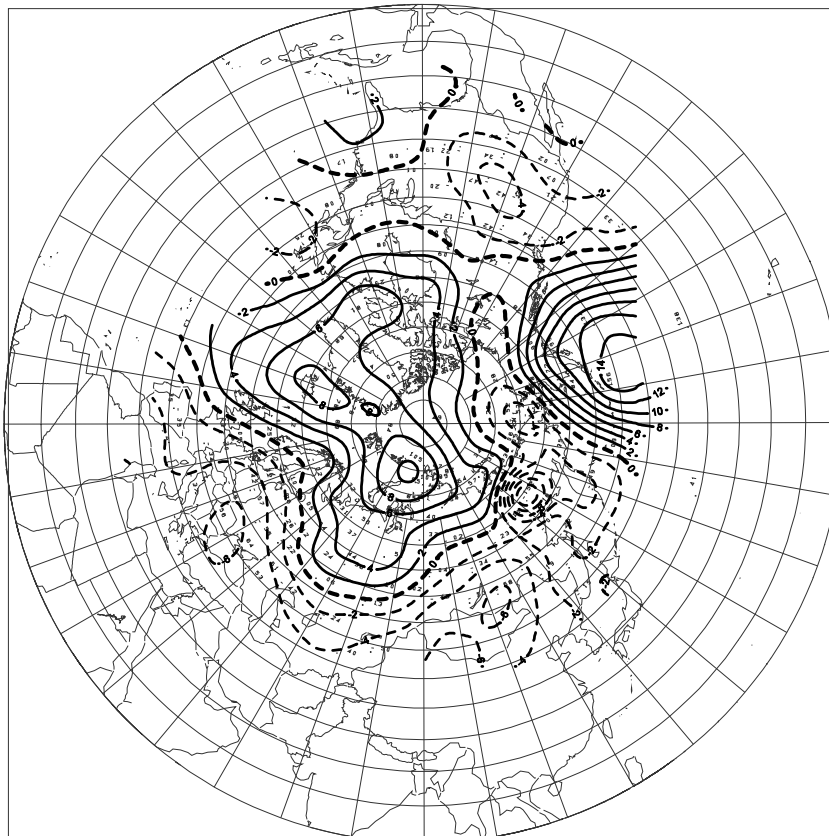


Рисунок 1.7 – Средняя карта аномалий приземного давления за февраль 2009 г.

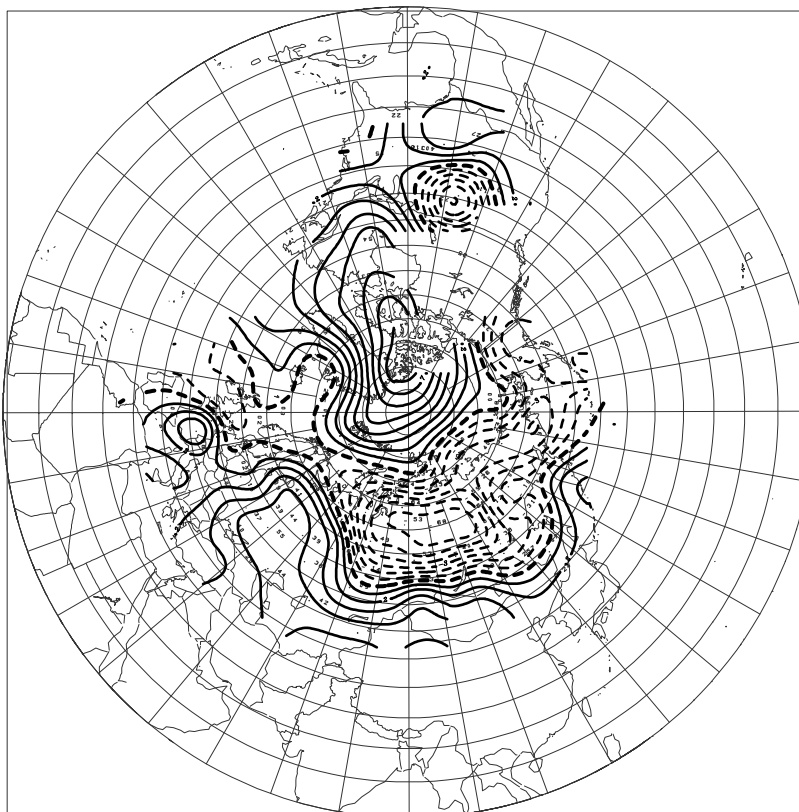


Рисунок 1.8 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за февраль 2009 г.

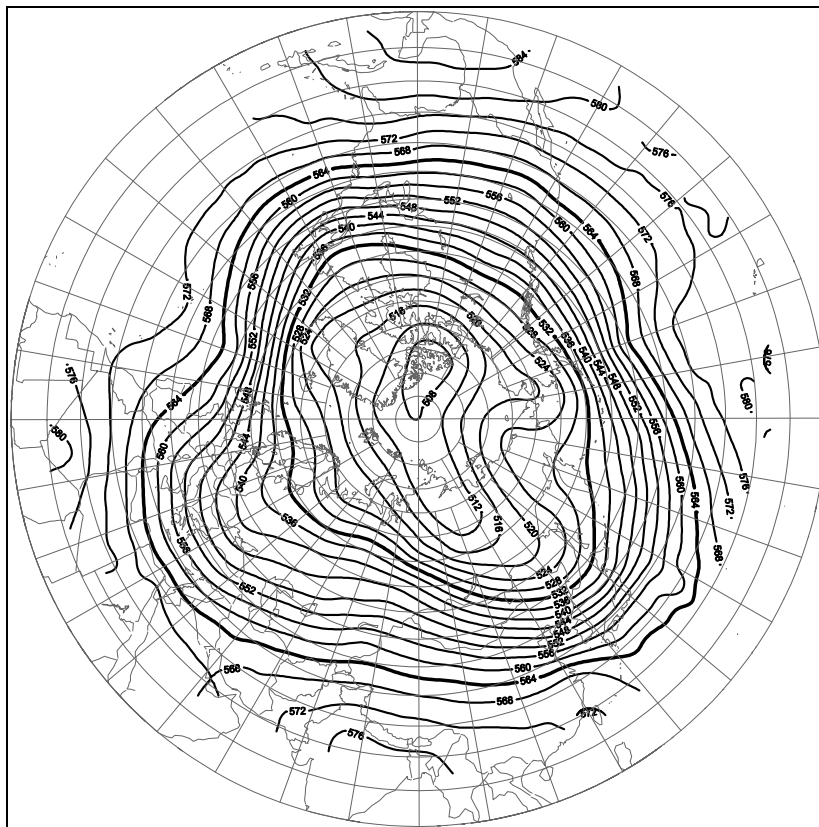


Рисунок 1.9 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за март 2009 г.

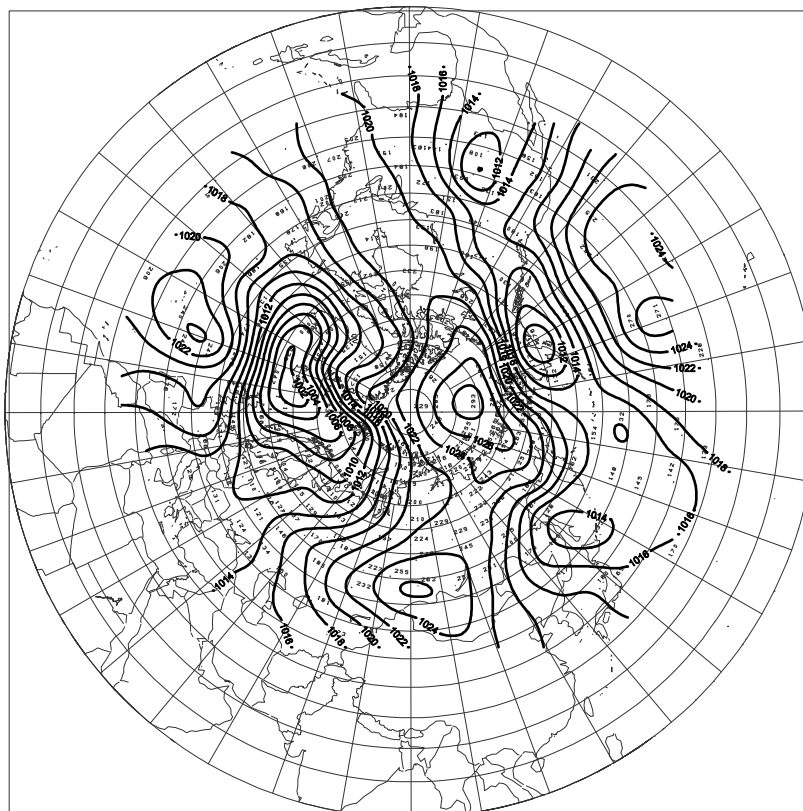


Рисунок 1.10 – Средняя карта приземного давления за март 2009 г.

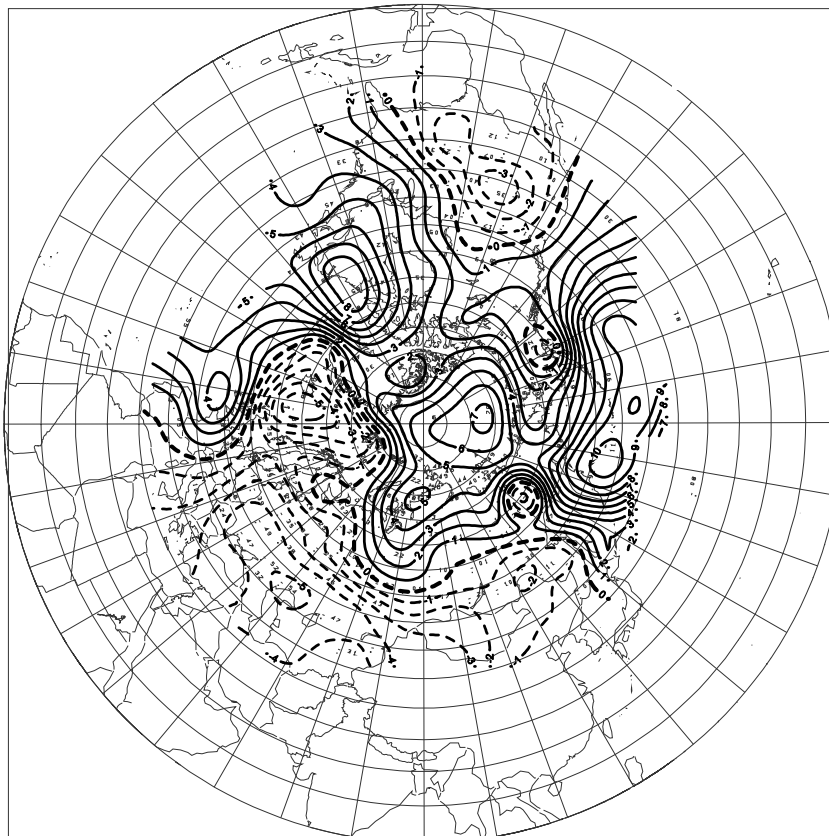


Рисунок 1.11 – Средняя карта аномалий приземного давления за март 2009 г.

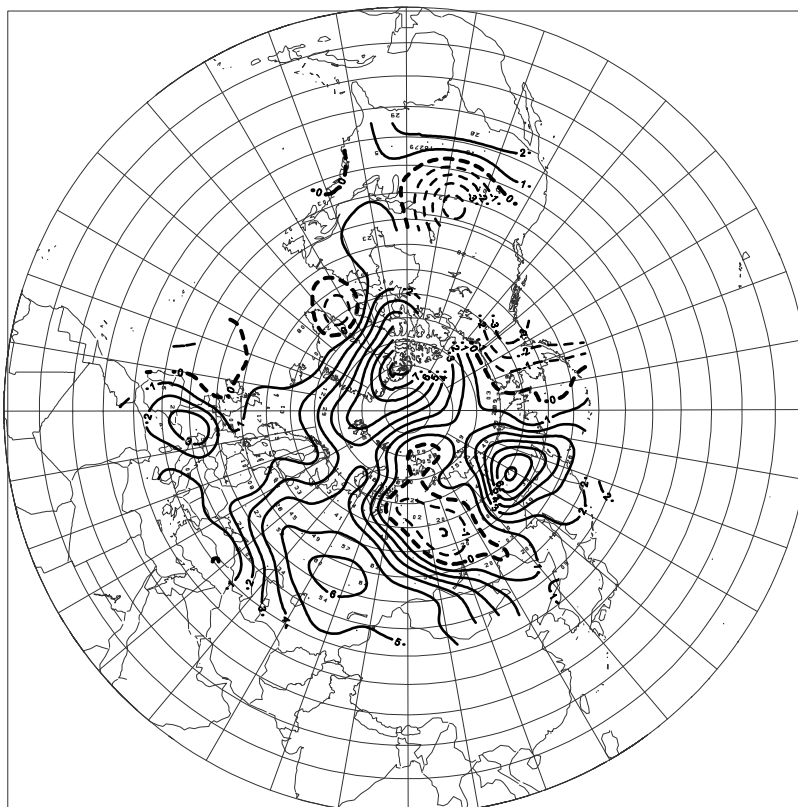


Рисунок 1.12 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за март 2009 г.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области за период январь-март 2009 г.

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха в северной полярной области и районах арктических морей за зимний сезон 2008/2009 г.

Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций (рисунок 1.13), а также данные, поступившие с дрейфующей станции «СП-36» и дрейфующих буев, которые позволили уточнить значения температуры воздуха в околополюсном районе.

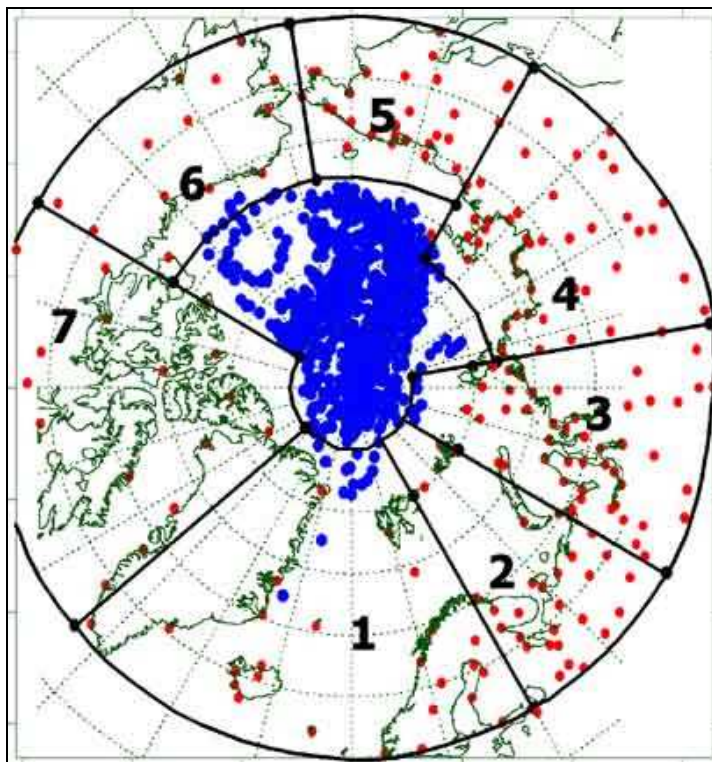


Рисунок 1.13 – Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточно-Сибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

Основным методом получения пространственно осредненных по территории северной полярной области и территориям климатических районов (рисунок 1.13) аномалий температуры воздуха является метод оптимальной интерполяции и оптимального осреднения [5]. Приводимые оценки аномалий температуры были получены относительно рекомендованного ВМО стандартного периода 1961-1990 гг. В качестве зимнего сезона рассматривался период с декабря 2008 г. по февраль 2009 г.



В северной полярной области (СПО) зима 2008/09 г., по сравнению с четырьмя предыдущими зимами, оказалась прохладнее – аномалия температуры воздуха СПО составила 1,5°C (нормированная аномалия 1,7 σ) и по рангу теплых лет она стала двенадцатой за период с 1936 г. (таблица 1.3).

На территории отдельных широтных зон величины аномалий тепла были больше к северу от 70 °с.ш. Значение пространственно осредненной по территории аномалии средней за зимний сезон температуры воздуха здесь составило 2,6°C (3,2 σ). К югу от 70 °с.ш. значение аномалии средней сезонной температуры воздуха было невелико – 0,7°C (0,6 σ). Соответственно зимний сезон 2008/09 г. стал седьмым и двадцать шестым по рангу теплых лет в этих широтных зонах.

Таблица 1.3 - Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961-1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за зимний сезон 2008/09 г., °C

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
70-85	2,6	3,2	7	2006 (5,1)
60-70	0,7	0,6	26	2008 (2,1)
60-85	1,5	1,7	12	1937 (2,8)

Сопоставление значений пространственно осредненных по территории климатических районов аномалий температуры воздуха в зимнем сезоне 2008/09 г. обнаружило преимущественное расположение очагов крупных положительных аномалий температуры в западном секторе СПО. Здесь в Североевропейском, Западносибирском, Атлантическом и Канадском районах пространственно осредненные по территории районов аномалии составили от 1,6 до 3,6 °C (таблица 1.4). В районах восточного сектора аномалии средней сезонной температуры были небольшими от 0,2 до 0,9 °C в Восточносибирском и Аляскинском. В Чукотском районе температура была в пределах нормы.

Таблица 1.4 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961-1990 гг.) средней температуры воздуха за зимний сезон 2008/09 г. для отдельных районов СПО, °C

Климатический район	Аномалия	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
Атлантический	2,0	1,7	10	2006 (3,1)
Североевропейский	3,6	1,6	15	1937 (2,8)
Западносибирский	2,2	0,9	22	1937 (3,0)
Восточносибирский	0,2	0,1	43	1989 (2,1)
Чукотский	0,0	0,0	39	1938 (3,8)
Аляскинский	0,9	0,4	30	2001 (2,6)
Канадский	1,6	1,0	15	1940 (2,3)



На метеорологических станциях в районах арктических морей в зимнем сезоне 2008/09 г. отмечались только положительные аномалии температуры воздуха (рисунок 1.14). Самые высокие значения положительных аномалий наблюдались в морях атлантического сектора. Пространственно осредненная аномалия температуры воздуха по району Баренцева моря и району Карского моря составила 3,8 °С (таблица 1.5).

На метеорологических станциях в южных частях районов восточного сектора имели место очаги отрицательных аномалий температуры воздуха.

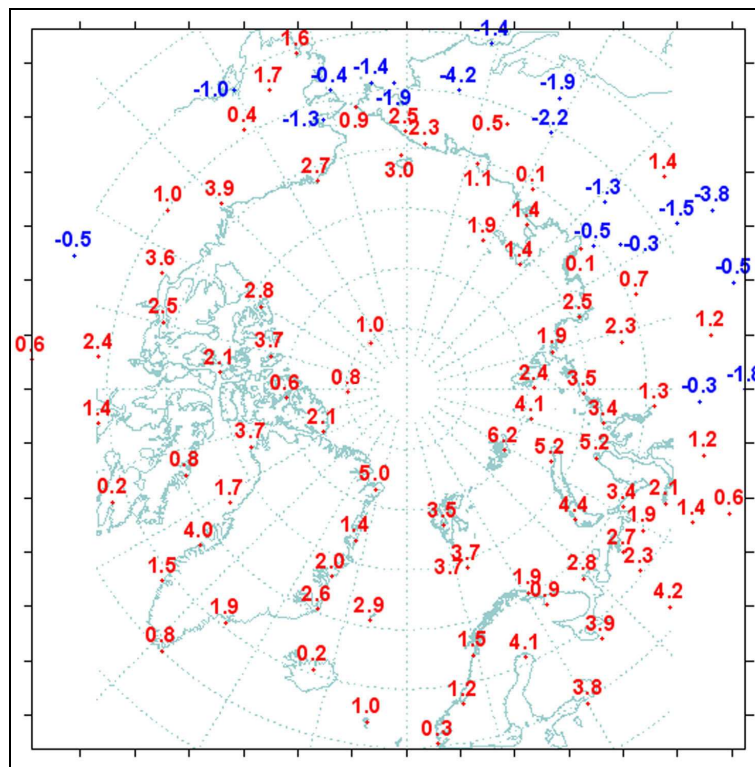


Рисунок 1.14 – Значения аномалий средней температуры воздуха зимнего сезона на станциях северной полярной области, °С

Таблица 1.5 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961-1990 гг.) средней температуры воздуха за зимний сезон 2008/09 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	2,9	1,6	14	2006 (3,1)
Баренцево море	3,8	2,0	15	1937 (4,0)
Карское море	3,8	1,7	15	1945 (4,2)
Море Лаптевых	1,4	0,8	24	1937 (2,6)
Восточно-Сибирское море	1,6	1,4	11	1938 (4,9)
Чукотское море	2,1	1,3	13	1938 (5,7)
Море Бофорта	2,8	1,7	5	2006 (5,4)
Северная часть Канадского района	2,0	1,1	13	1947 (2,3)



Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60-85 °с.ш. представлены на рисунок 1.15, а для районов арктических морей на рисунок 1.16.

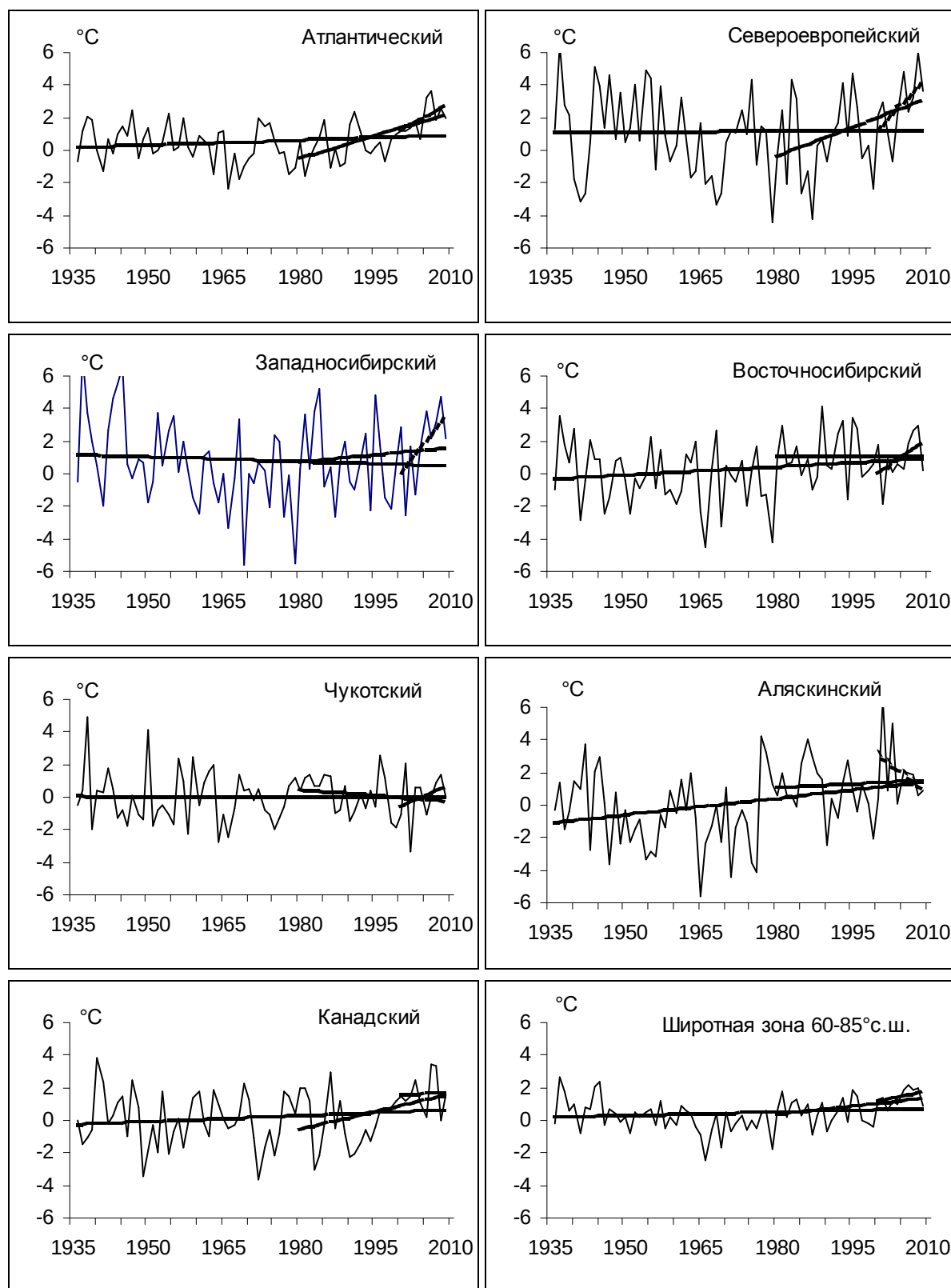


Рисунок 1.15 – Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха, °С

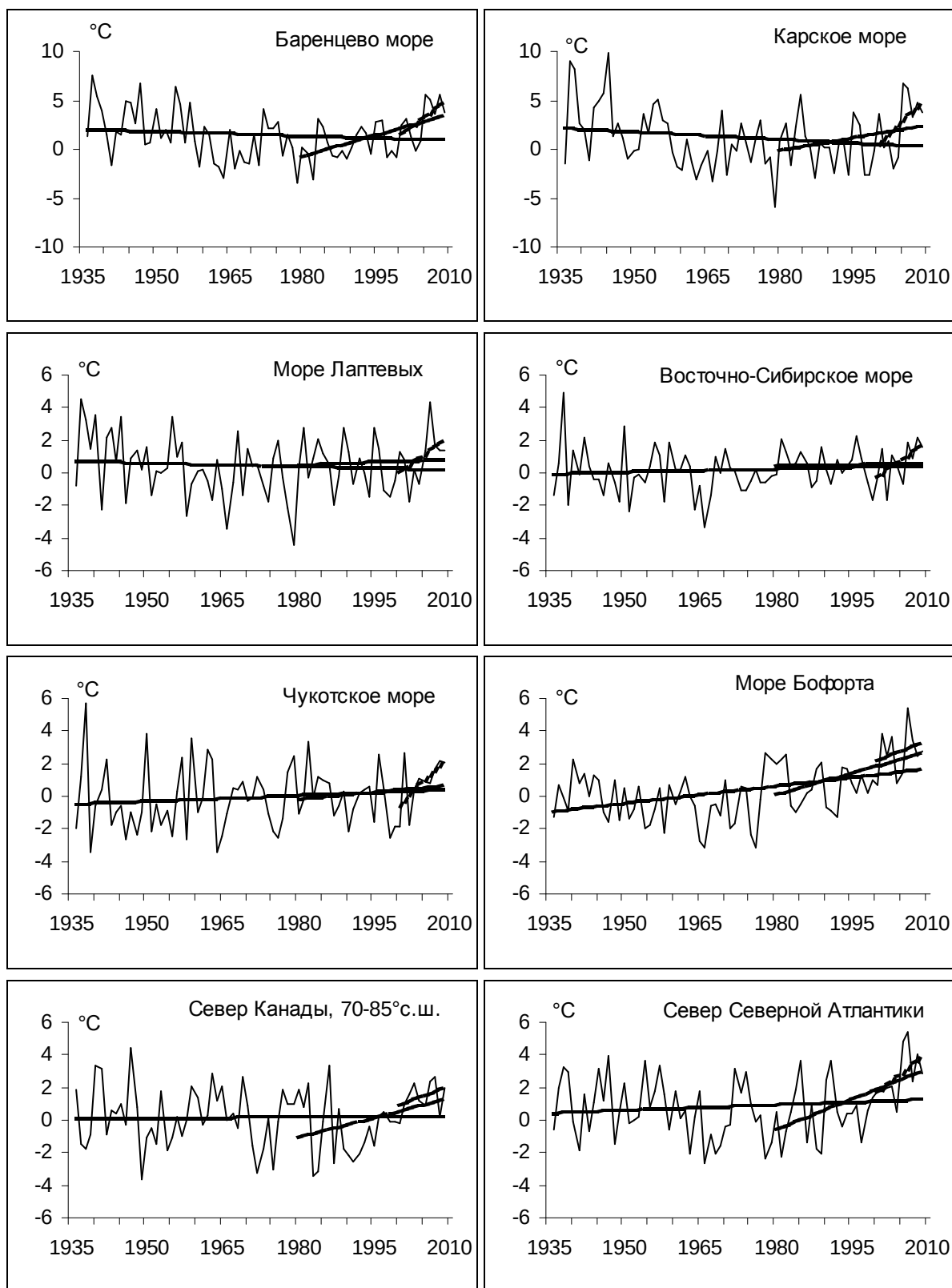


Рисунок 1.16 – Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха, °C



Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за зимний сезон СПО и отдельных широтных зон за период 1936/37-2008/09 гг. выявила наличие статистически значимого положительного линейного тренда только для широтной зоны 60-70 °с.ш. Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за зимний сезон температуры прослеживается в Восточносибирском и Аляскинском районах, где он соответственно равен 0,17 и 0,34 °С/10 лет (потепление составило 1,3 и 2,5 °С за 74 года).

В последнем тридцатилетнем периоде статистически значимое повышение температуры составило: в широтной зоне 70-85°с.ш. 2,2°С/30 лет и широтной зоне 60-85°с.ш. 1,1°С/30 лет.

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

В районах арктических морей потепление по всем морям прослеживается с последнего 30-ти летнего периода. Наиболее стремительно повышение температуры происходит в се-верной части Гренландского и Норвежского морей, а также в районе Баренцева моря. За 30-летний период зимняя температура воздуха в районе Баренцева моря повысилась на 4,3°С/30 лет (таблицы 1.6, 1.7).

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

Район, широтная зона	1936/37-2008/09			1980/81-2008/09			2000/01-2008/09		
	Bx	D	P	Bx	D	P	Bx	D	P
Атлантический	0,10	17,7	-	0,93	63,7	99	1,66	54,3	-
Североевропейский	0,02	1,8	-	1,19	42,2	95	3,39	55,3	90
Западносибирский	-0,09	7,9	-	0,30	11,3	-	3,91	53,1	-
Восточносибирский	0,17	19,9	90	0,00	0,2	-	2,06	43,1	-
Чукотский	-0,01	1,7	-	-0,25	16,6	-	1,36	26,9	-
Аляскинский	0,34	31,7	99	0,16	7,4	-	-2,35	33,9	-
Канадский	0,12	16,0	-	0,72	37,5	95	0,20	5,3	-
60-70 °с.ш.	0,15	29,7	95	0,21	19,6	-	0,61	35,6	-
70-85 °с.ш.	0,00	0,5	-	0,74	53,3	99	2,70	63,9	95
60-85°с.ш	0,08	16,6	-	0,37	38,5	95	0,99	60,1	90
Примечание. Первый столбец – значение линейного тренда в °С/10 лет; Второй столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%; Третий столбец – $P=1-\alpha$, где α – уровень значимости (приводится, если P превышает 90 %).									



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

Море, часть моря	1936/37-2008/09			1980/81-2008/09			2000/01-2008/09		
	Bx	D	P	Bx	D	P	Bx	D	P
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,11	12,9	-	1,25	55,4	99	2,52	50,1	-
Баренцево море	-0,15	13,2	-	1,43	58,6	99	3,73	56,3	90
Карское море	-0,25	17,7	-	0,85	27,2	-	4,70	48,1	-
Море Лаптевых	-0,07	8,3	-	0,10	5,5	-	2,24	42,1	-
Восточно-Сибирское море	0,07	10,9	-	0,06	4,9	-	2,19	53,1	-
Чукотское море	0,12	13,7	-	0,30	16,7	-	3,09	59,4	90
Море Бофорта	0,35	44,2	99	0,88	48,0	99	1,24	25,8	-
Северная часть Канадского района	0,01	1,2	-	0,80	37,7	95	1,19	37,5	-
Примечание. Первый столбец – значение линейного тренда в °C/10 лет; Второй столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%; Третий столбец – $P=1-\alpha$, где α – уровень значимости (приводится, если P превышает 90 %).									

2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе-марте 2009 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в январе-марте 2009 года получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ГУ «ААНИИ» на дрейфующей станции «СП-36» и ряда международных проектов.

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

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5% и 50% (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945-2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945-1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960-1979 гг., Национального ледового центра США за 1972-2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968-1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970-2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 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>).

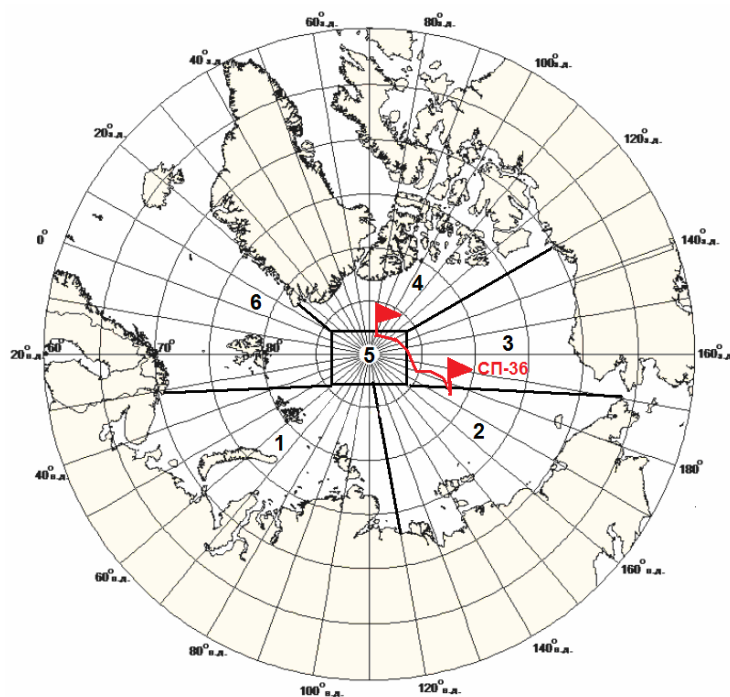


Рисунок 2.1 – Районы Северного Ледовитого океана и их границы (1-западный район российского сектора; 2-восточный район российского сектора; 3-аляскинский сектор; 4-канадский сектор; 5-приполюсный район; 6-гренландский сектор) и дрейф «СП-36»

Развитие ледовых условий в зимний период 2009 г. проходило на фоне позднего начала ледообразования и малой остаточной ледовитости, наблюдаемых в осенний период 2008 г во всех арктических морях. Однако, после начала ледообразования скорость нарастания льда была достаточно высокой и даже несколько превышала среднемноголетние значения.

В результате позднего начала осенних ледовых процессов в западном районе российского сектора Арктики в конце 2008 года однолетние льды преобладали только к северу от широты 78°с.ш. К югу от указанной широты, в Баренцевом, Карском морях, наблюдалось большое количество молодых льдов. В морях восточного района российского и аляскинского секторов Арктики наблюдались преимущественно однолетние средние и тонкие льды. Только юго-западная часть Чукотского моря, находящаяся под действием адвекции тепла течениями, была покрыта молодыми льдами.

Старые льды отмечались только в море Лаптевых.

Граница старых льдов в российском и аляскинском секторах наблюдалась значительно севернее своего обычного положения. Основная масса старых льдов оказалась смещенной в приполюсный район, канадский и гренландский сектора Арктики (рисунок 2.2).

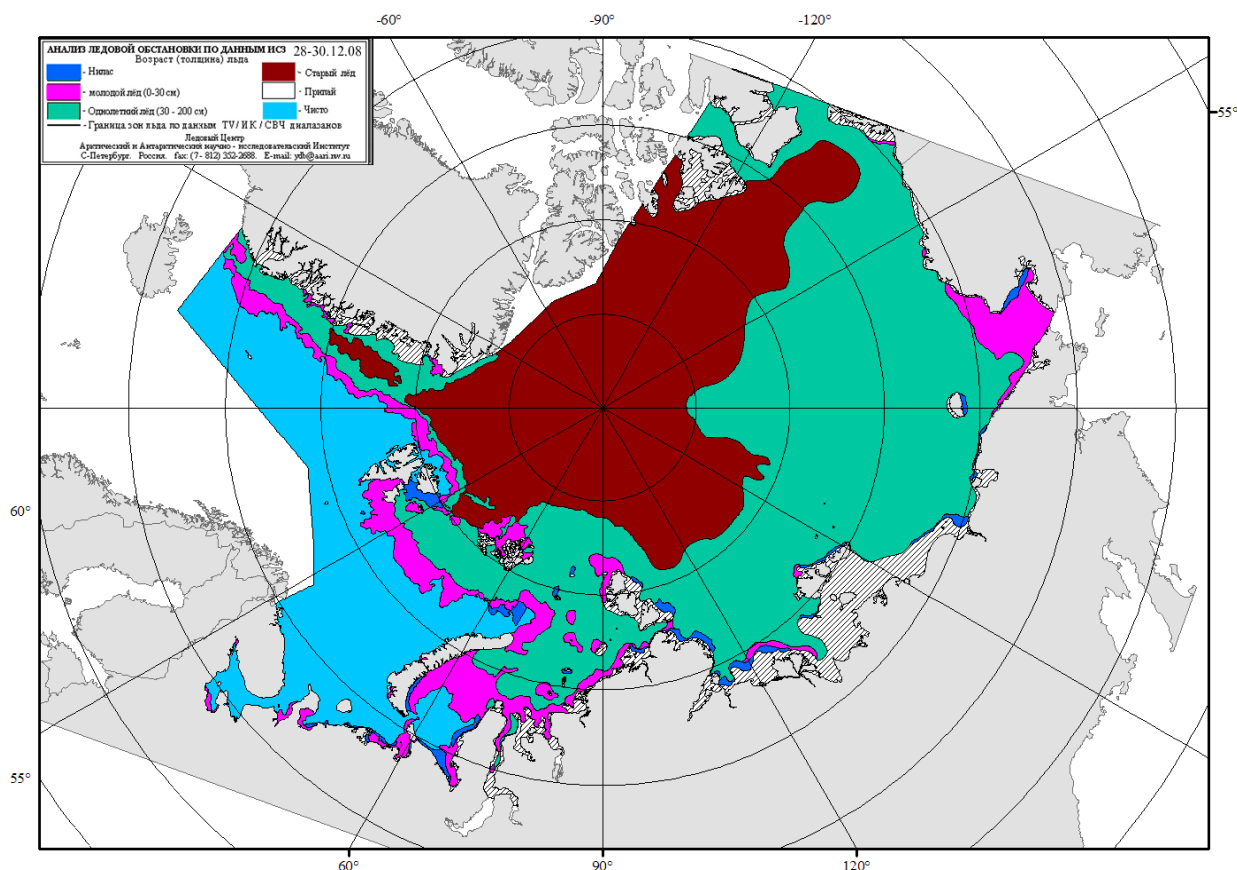


Рисунок 2.2 – Распределение льда по возрасту в конце декабря 2008 г.

Общее количество льда в Северном Ледовитом океане было меньше среднемноголетнего значения в основном за счет небольшой ледовитости западного района российского сектора Арктики (морей Баренцева и Карского). По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий ГУ «АНИИ», общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в конце декабря составила 13,3 млн. кв. км при норме 14,1 млн. кв. км, что на 5,3% меньше среднемноголетних значений.

Позднее начало ледообразования, но достаточно высокая интенсивность нарастания льда в течение первых зимних месяцев 2009 года привели к тому, что толщина льда как бы «догнала» свои среднемноголетних значений во всех арктических морях, кроме юго-западной части Карского моря. Практически во всех морях отмечались лишь небольшие отрицательные аномалии толщины льда (аномалия толщины льда по данным полярных станций составила -5...-10 см), а в море Лаптевых толщина льда была около нормы (рисунок 2.3).

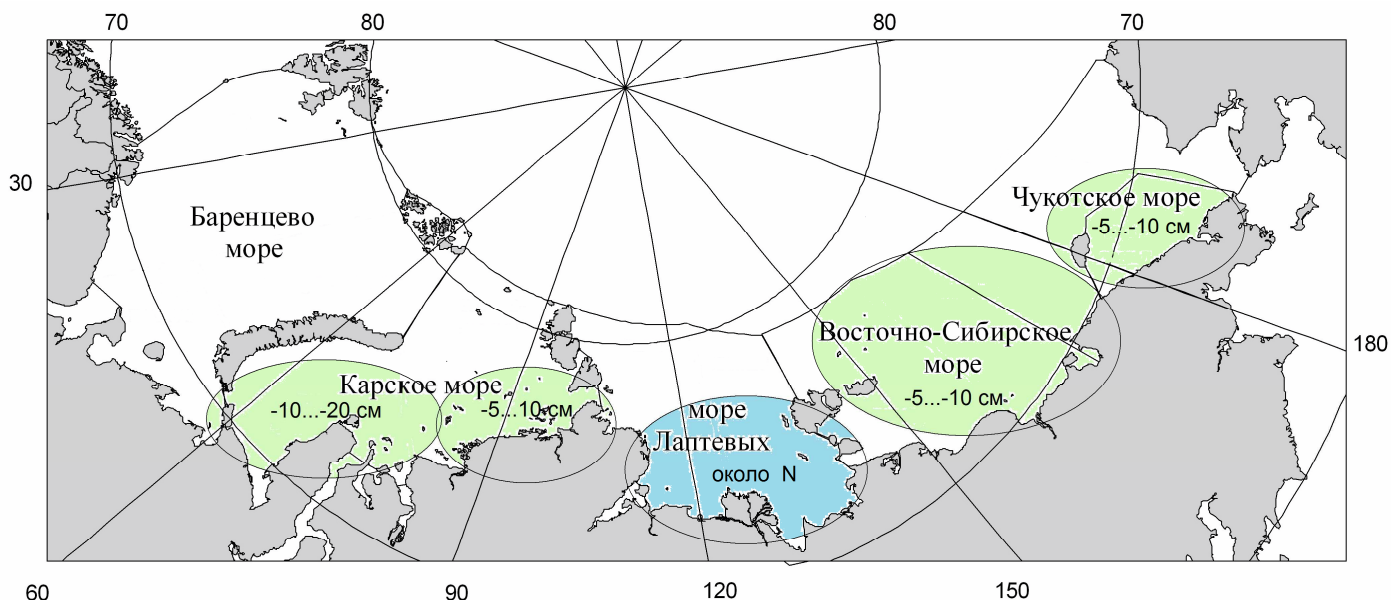


Рисунок 2.3 – Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики в конце марта по данным полярных станций

Измерения на дрейфующей станции «СП-36» также показали, что интенсивность нарастания толщины льда была немного выше среднемноголетней. Толщина льда за период с конца декабря по конец марта увеличилась со 144 см до 194 см (увеличение на 50 см). Увеличение толщины льда происходило в среднем по 5,5 см за декаду, что больше среднемноголетнего значения скорости нарастания льда для высоких широт, которая в этот период года составляет 5 см за декаду.

Высота снежного покрова в марте 2009 года оказалась в точности соответствующей среднемуголетним данным. По данным измерений высота снега на конец марта составила 30 см при характерной среднемуголетней высоте снега на многолетних льдах в конце марта 30 см.

Ход изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямых измерений на полигоне «СП-36» приведены на рисунке 2.4.

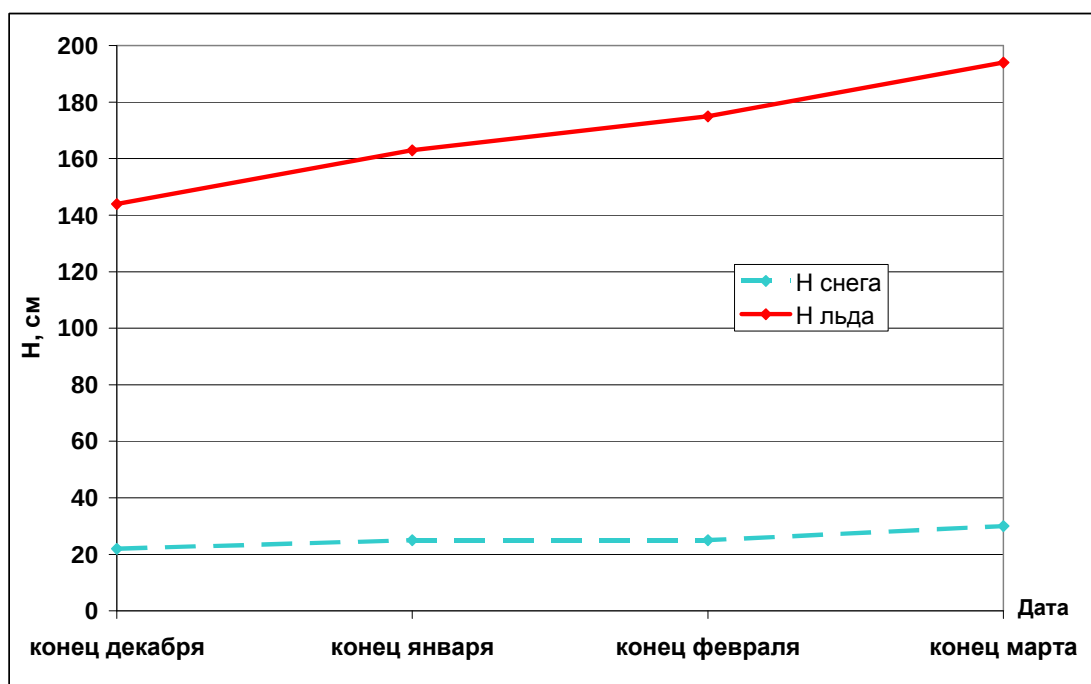


Рисунок 2.4 – Изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямым измерений на дрейфующей станции «СП-36»

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь-март 2008 года приведены на рисунках 2.5-2.13.

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по нашим оценкам в первом квартале года было на 5% меньше среднемуголетнего значения за счет малой ледовитости морей гринландского и западного района российского секторов Арктики (рисунок 2.5, 2.8, 2.11).

Распределение льдов по возрасту и положение границы старых льдов в течение первого квартала 2009 года сохраняло ряд специфических черт. Это связано с тем, что помимо процессов нарастания и развития ледяного покрова, в течение января-марта происходили существенные, прямо противоположные изменения в направлении дрейфа льда.

В январе в гринландском и в западном районе российского (в Баренцевом и Карском морях) секторах Арктики в течение всего января наблюдалось большое количество молодых льдов

(толщиной до 30 см). В этих районах наблюдалась большая разность между медианным распределением сплоченности и ее среднемноголетним значением. На рисунке 2.5 отрицательные аномалии сплоченности льда выделены голубым цветом, что дает наглядное представление о районах наибольшего отклонения ледовых условий от среднего значения.

На рисунке 2.5 приведено распределение льда по возрасту на конец января. Хорошо видно, что обширные зоны молодых льдов наблюдаются в прикромочной и юго-восточной частях Баренцева моря, юго-западе Карского и западе Чукотского морей. Сохранению обширных зон молодых льдов в этих морях способствовал дрейф выносного характера, направленный из морей российского сектора Арктики на северо-восток.

Ветвь трансарктического потока была выражена крайне слабо и оказалась смещенной к североамериканскому побережью. В результате нажимного дрейфа вся масса льда была плотно прижата к гренландскому и северо-американскому побережью. Южная граница массива старых льдов в российском секторе в течение января переместилась на север с 81° с.ш до 82° с.ш, то есть почти на 110 км, что достаточно много для зимнего периода.

Канадский антициклональный круговорот также был выражен слабо и упирался своей южной ветвью в аляскинское побережье. Это привело к уплотнению массива однолетних льдов у побережья моря Бофорта (рисунок 2.6).

Таким образом, в январе наблюдалось развитие зон молодых льдов и заприпайных полыней у евразийского побережья и смещение всего массива льдов к северо-американскому побережью.

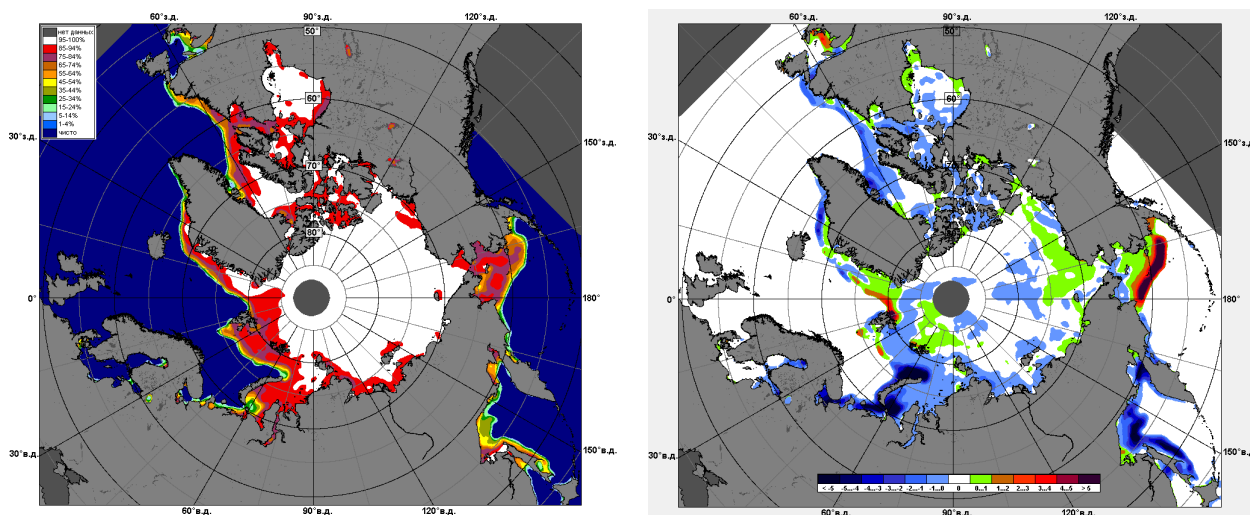


Рисунок 2.5 – Медианное распределение сплоченности льда в январе 2009 г. (слева) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979-2009 гг.

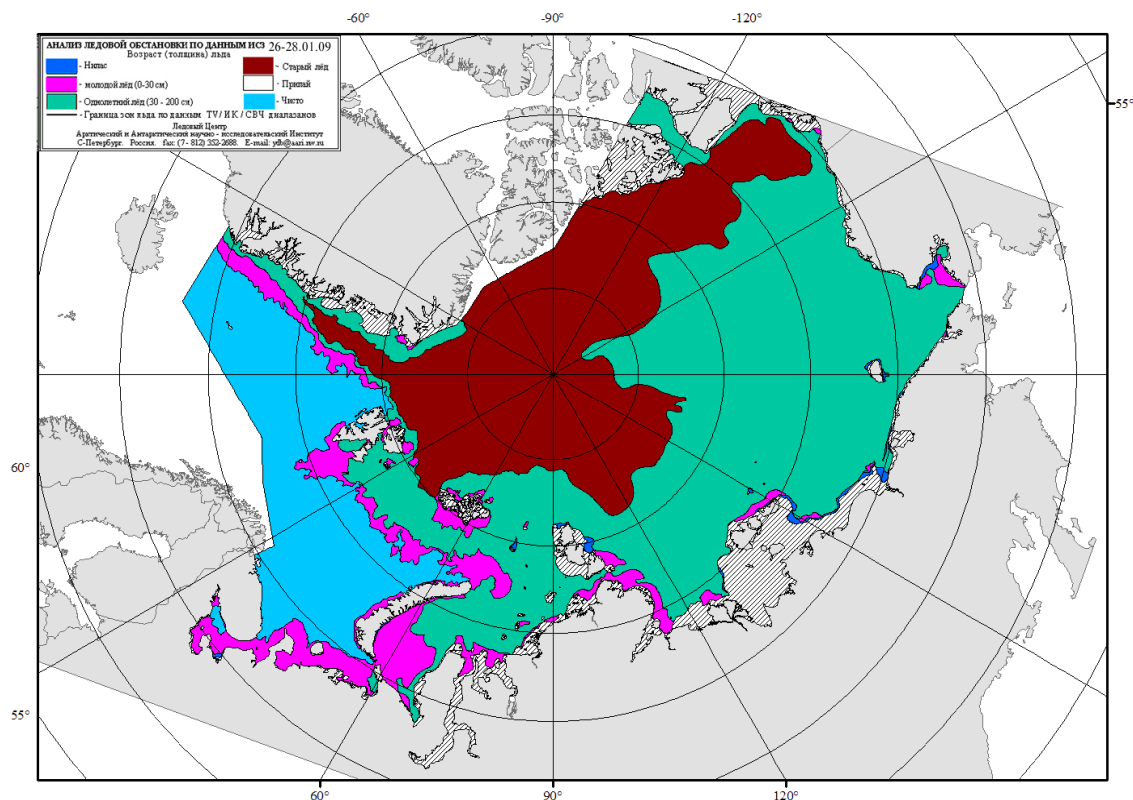


Рисунок 2.6 – Возрастной состав и распределение льда в конце января 2009 г.

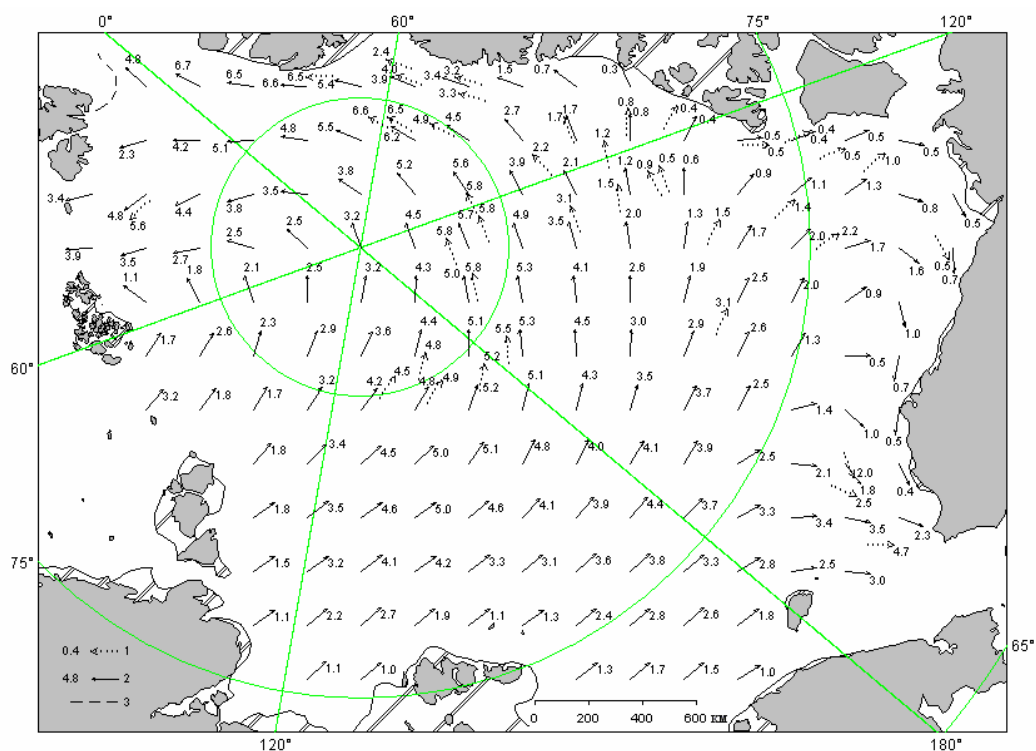


Рисунок 2.7 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за январь 2009 г. (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда)

В феврале произошла перестройка циркуляции атмосферы и наблюдалось изменение поля дрейфа льда. В российском секторе Арктики преобладал дрейф приносного характера, усилился трансарктический перенос, причем его стрежень сместился в западное полушарие, за линию 0-180 меридианов. Усилился Канадский антициклональный круговорот.

В результате изменения характера дрейфа произошло выравнивание поля сплоченности ледяного покрова и, даже, некоторое увеличение сплоченности в российском и аляскинском секторах (положительные аномалии сплоченности выделены зеленым цветом). Зона отрицательной аномалии (зоны голубого цвета) сохранялась в гренландском секторе и приполюсном районе Арктики (рисунок 2.8).

На рисунке 2.9 приведено распределение льда по возрасту на конец февраля. Однолетние льды, преимущественно средние и тонкие, преобладали везде в российском и аляскинском секторах Арктики, кроме Баренцева моря, в котором наблюдалось большое количество молодых льдов. К северу от широты 80°с.ш. появились однолетние толстые льды.

Южная граница старых льдов переместилась с 82°с.ш. на 81°30'с.ш., то есть сместилась приблизительно на 50 км к евразийскому побережью, в обратном направлении по сравнению с январем.

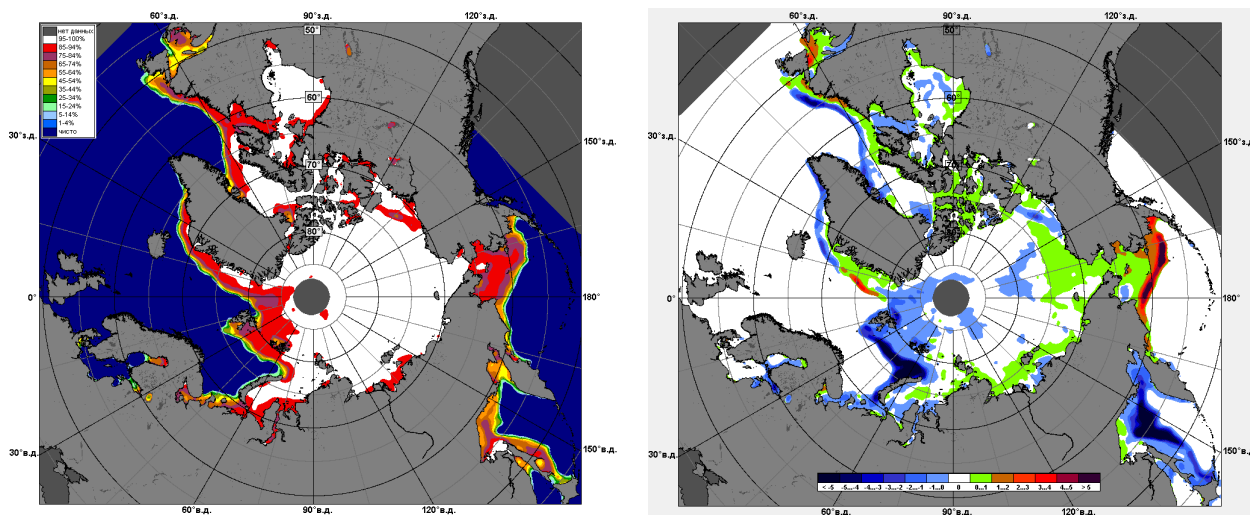


Рисунок 2.8 – Медианное распределение сплоченности льда в феврале 2009 г. (слева) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979-2009 гг.

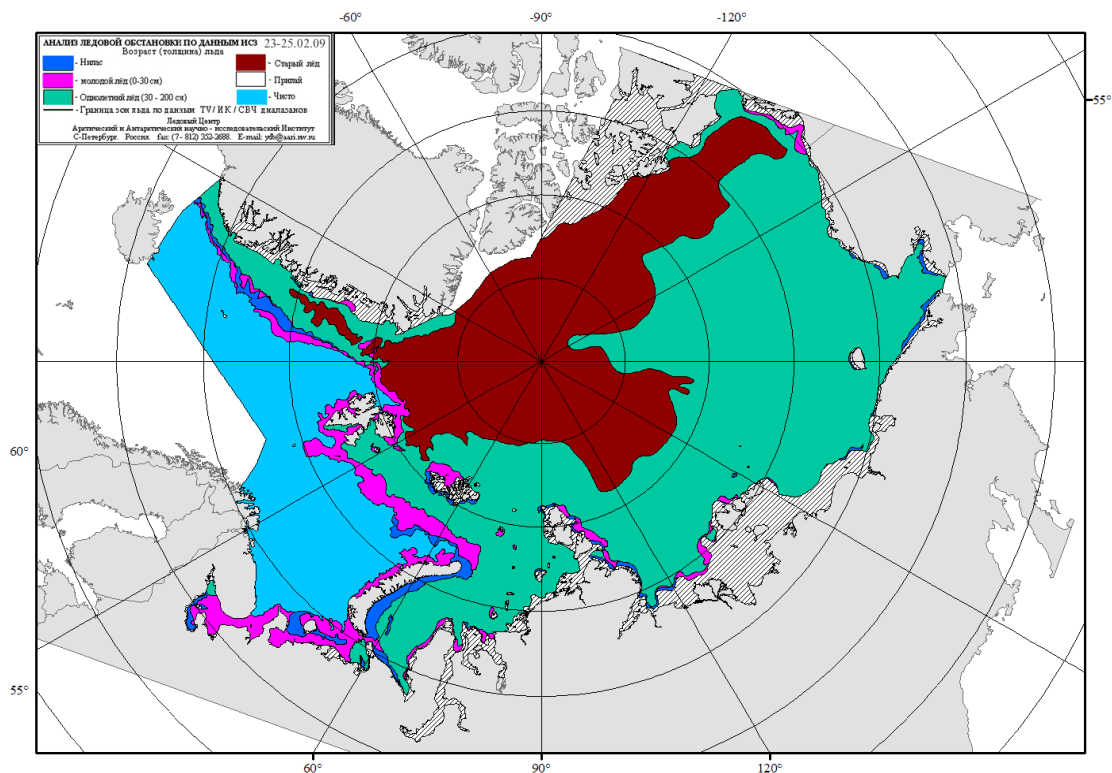


Рисунок 2.9 – Возрастной состав и распределение льда в конце февраля 2008 г.

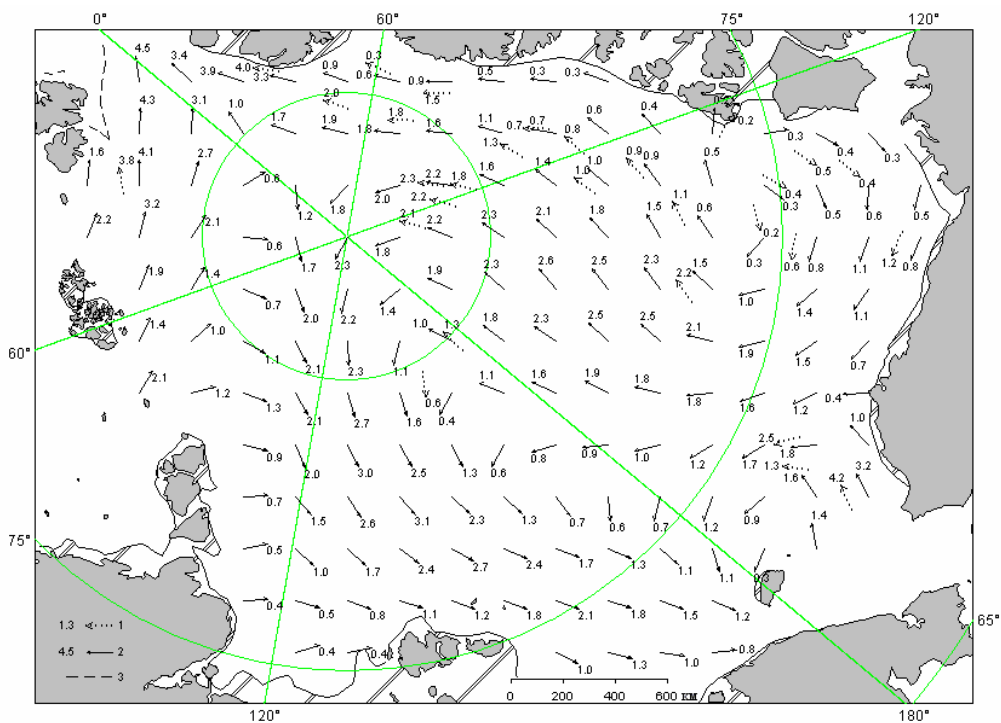


Рисунок 2.10 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за февраль 2009 г. (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда)

В марте наблюдалось интенсивное развитие и нарастание толщины ледяного покрова при слабой его динамике. Скорости дрейфа льда были невелики при том, что были хорошо выражены все характерные элементы общего поля дрейфа льда в океане – трансарктический перенос и канадский антициклональный вихрь, который был смещен к евразийскому побережью. Это привело к слабому выносу льдов из морей российского сектора Арктики и небольшому смещению старых льдов в северном направлении

Поле сплоченности в значительной степени выровнялось и наблюдались лишь небольшие положительные (зеленые зоны) и отрицательные (голубые зоны) аномалии (рисунок 2.11).

В морях российского и аляскинского секторов Арктики преобладали однолетние толстые и средние льды. Старые льды наблюдались только в канадском, аляскинском и приполюсном секторах Арктики (рисунок 2.12). Южная граница старых льдов переместилась с $81^{\circ}30' \text{с.ш.}$ на 82°с.ш. , то есть сместилась приблизительно на 50 км в северном направлении, в обратном направлении по сравнению с февралем.

Результирующие поля среднемесячного дрейфа за март приведен на рисунке 2.13.

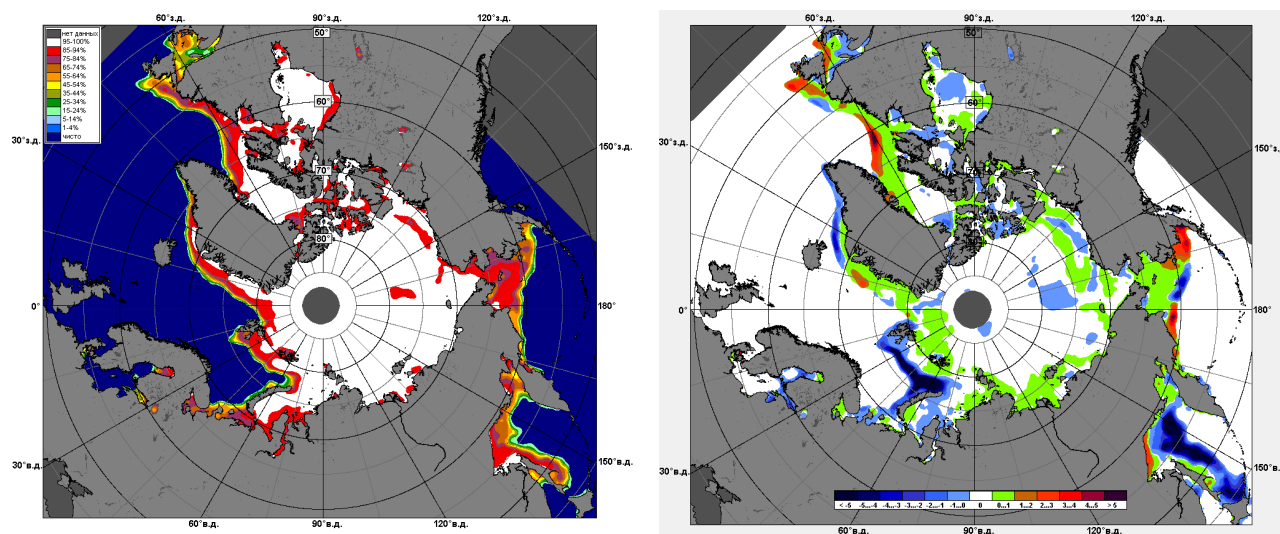


Рисунок 2.11 – Медианное распределение сплоченности льда в марте 2009 г. (слева) и её разность относительно медианного распределения за тот же месяц за период 1979-2009 гг.

Дрейф станции СП-36 за первые три месяца 2009 года составил 280 км в генеральном направлении, совпадающим с направлением трансарктического переноса. Средняя скорость дрейфа составила 3 км/сутки, что значительно ниже среднееголетних значений и подтверждает выводы о слабой динамике ледяного покрова в первом квартале года.

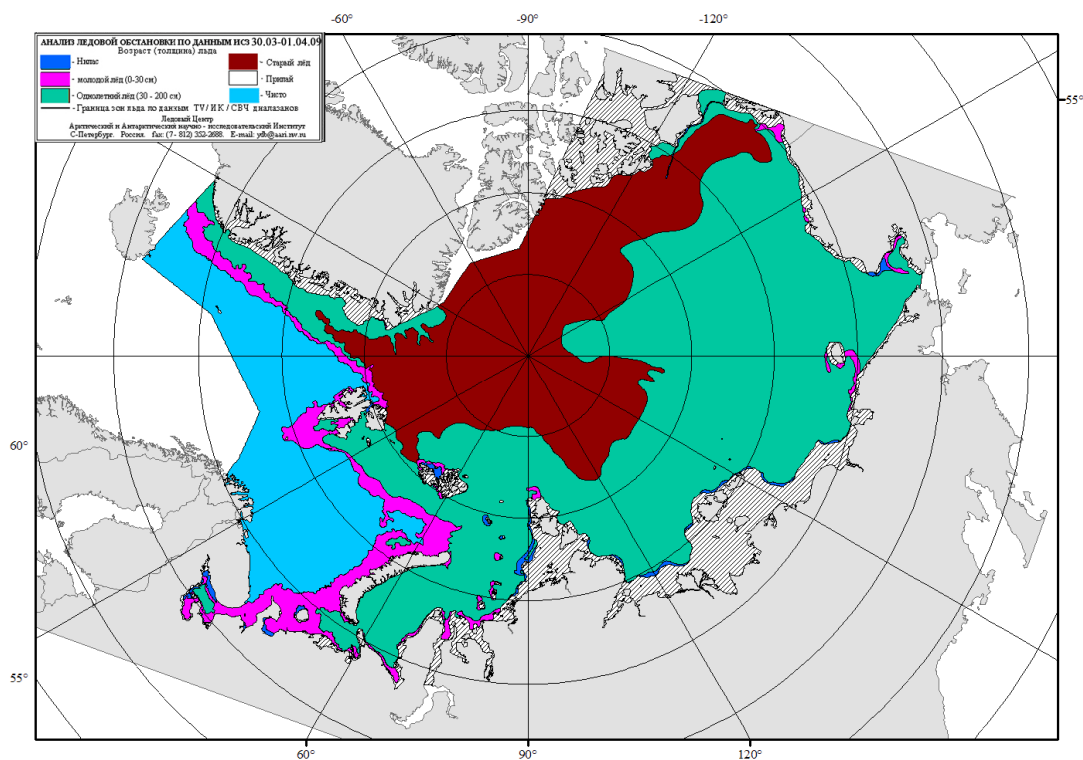


Рисунок 2.12 – Возрастной состав и распределение льда в конце марта 2009 г.

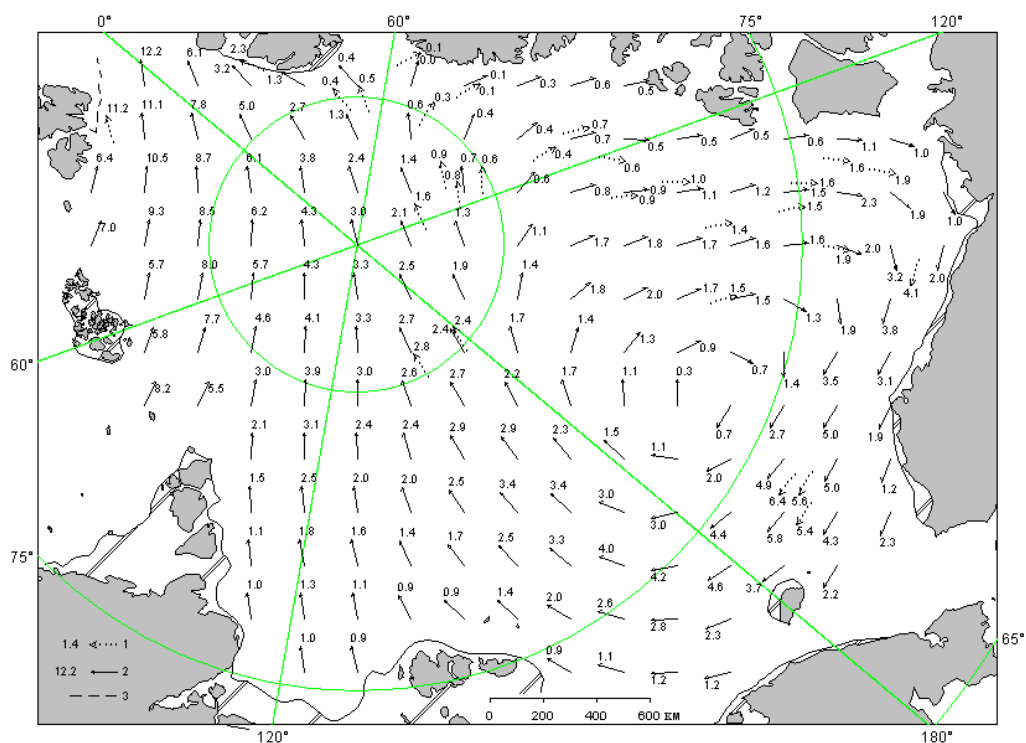


Рисунок 2.13 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за март 2009 г. (1 – направление и скорость дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда)

Схема дрейфа станции СП-36 приведена на рисунке 2.14.

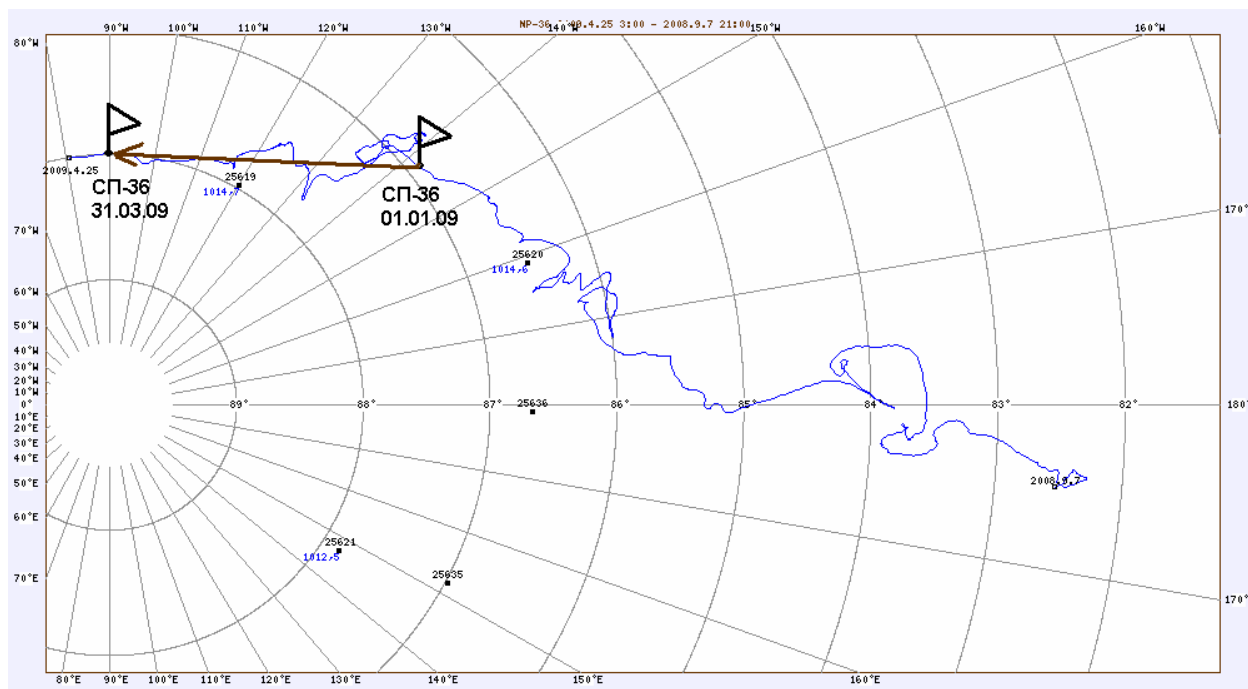


Рисунок 2.14 – Генеральный дрейф дрейфующей станции «СП-36» в январе-марте

Развитие припая в российских арктических морях в течение трех зимних месяцев проходило с небольшой интенсивностью. Площадь припая практически во всех морях была меньше среднемноголетних значений везде, кроме моря Лаптевых. В конце марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 565 тыс. кв. км при норме 615 тыс. кв. км, или на 8% меньше среднемноголетних значений.

Развитие заприпайных полыней в этих морях, также было меньше среднемноголетних значений, но уже весьма существенно. Суммарная площадь полыней составила в конце марта 71 тыс. кв. км при норме 101 тыс. кв. км, или почти на 30% меньше среднемноголетних значений, в основном за счет очень небольшого, но устойчивого выноса льда из морей российского сектора Арктики.

3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в январе–марте 2009 года

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

Станция СП–36 дрейфовала в котловине Макарова к северу от хребта Альфа Гаккеля на меридиане 91–94° в.д. (рисунок 3.1).

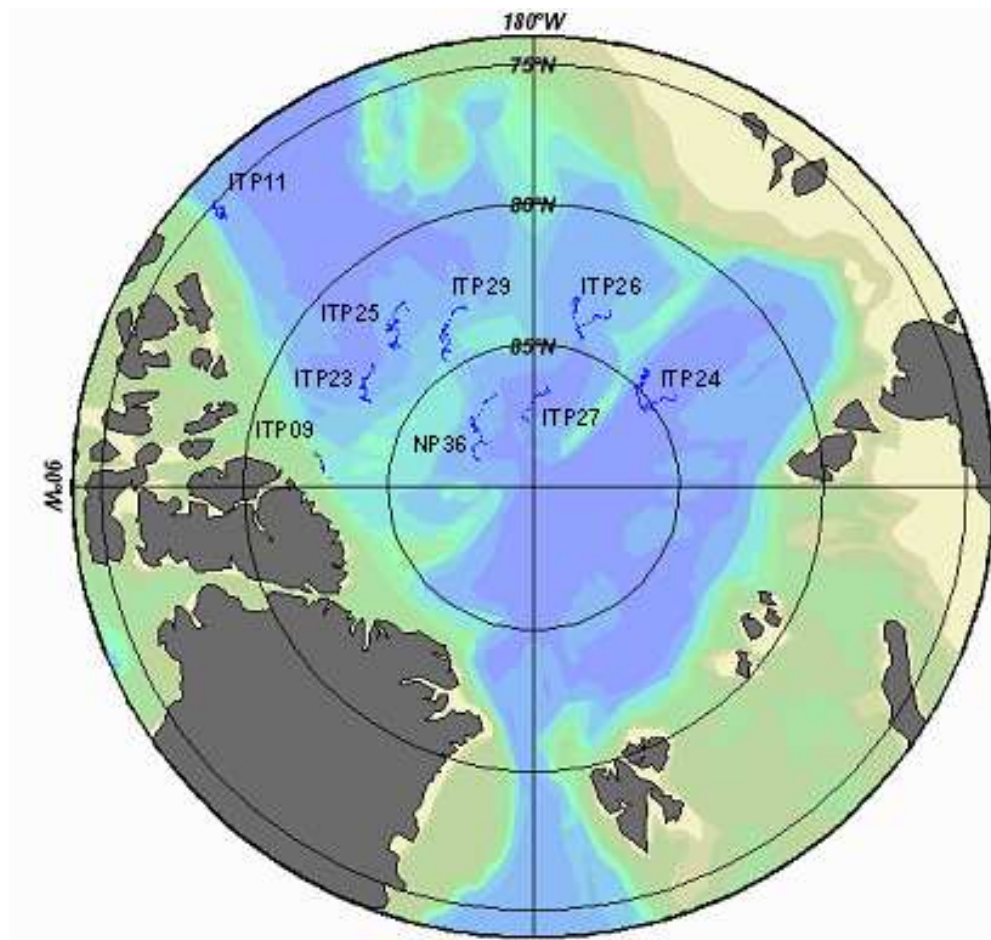


Рисунок 3.1 – Траектории дрейфа станции СП-36 и океанографических буйв ИТР в январе–марте 2009

В январе 2009 г. структура поверхностного слоя вод характеризовалась следующими особенностями. Средняя толщина верхнего перемешанного слоя составила 37 м, его средняя температура $-1,60^{\circ}\text{C}$, максимальная $-1,58^{\circ}\text{C}$, минимальная $-1,62^{\circ}\text{C}$. Средняя соленость 29,34‰, максимальная 29,53‰, минимальная 29,07‰. В юго-западной части траектории дрейфа (гидрологические станции №№ 92–94, 96) вновь отмечен подъем пикноклина за счет образования переходной области между верхним квазиоднородным слоем (ВКС) и пикноклином. Данная область имеет градиенты плотности выше, чем в ВКС и ниже, чем в пикноклине. Незначительный

градиент плотности в ВКС отмечен на юго-западе и северо-востоке траектории дрейфа на гидрологических станциях №№ 96, 98, 100 и 113-116 соответственно. Имела место тенденция незначительного повышения температуры воды в ВКС на центральном участке траектории дрейфа (станции №№ 99-102, 104-106, 119-122). Толщина описываемого слоя увеличивалась на северо-востоке траектории дрейфа.

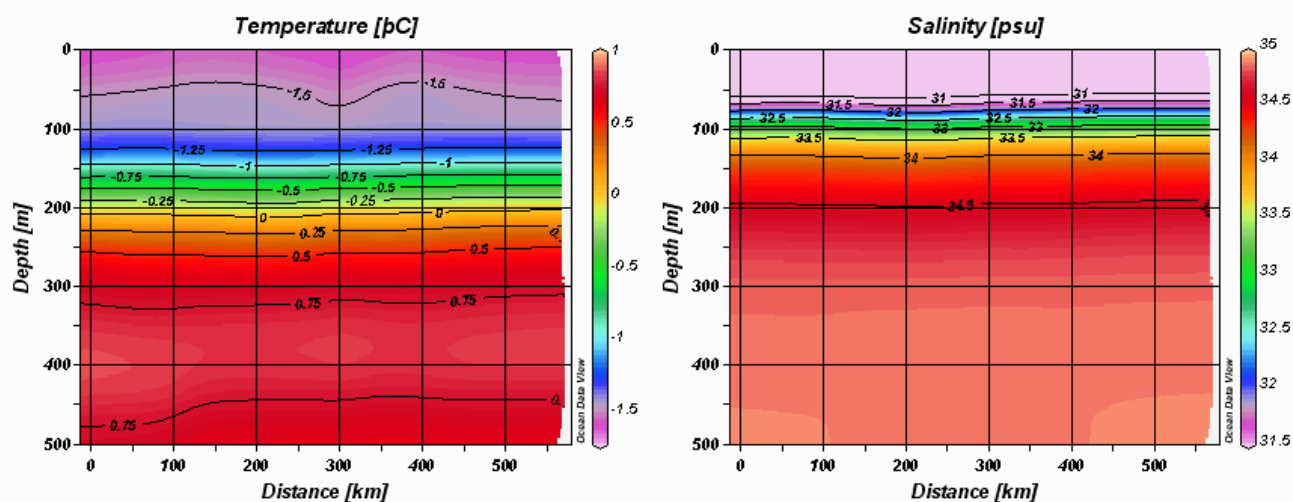


Рисунок 3.2 – Вертикальные разрезы температуры *in situ* (слева) и солёности (справа) от поверхности до глубины 500м

Средняя глубина залегания нижней части пикноклина составила 116 м, средняя толщина 77 м. Толщина пикноклина менялась от 70 до 87 м. Глубина залегания нижней границы менялась от 110 до 121 м. Толщина пикноклина относительно устойчива. Средняя температура пикноклина $-1,48^{\circ}\text{C}$, максимальная температура составила $-1,47^{\circ}\text{C}$, минимальная $-1,50^{\circ}\text{C}$. Средняя солёность составила 31,95‰, максимальная солёность 33,89‰. Пикноклин состоял из одного слоя. Для большинства гидрологических станций (севернее $86^{\circ} 40'$ с.ш.) характерно уменьшение количества температурных инверсий до двух.

Верхняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 204 м, меняясь от 198 до 214 м (рисунок 3.2). Наиболее близко к поверхности атлантические воды залегали между станциями №№ 92-99 на юго-западном участке траектории дрейфа. Толщина слоя атлантических вод в среднем составила 644 м и менялась от 628 до 668 м. Нижняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 849 м; ее глубина менялась от 834 до 872 м.

Температура *in situ* в слое атлантических вод в среднем составила $0,44^{\circ}\text{C}$, меняясь от $0,43$ до $0,46^{\circ}\text{C}$ (наименьшая на северо-западе траектории дрейфа). Наибольшая температура атлантических вод ($0,91$ градусов Цельсия) отмечена на станциях, выполненных 1, 2 и 4 января

(юго-западная часть траектории дрейфа). Область наибольших температур данных вод расположена на юго-западном участке дрейфа, наименьших температур – на северо-восточном участке дрейфа. Глубина залегания области максимумов температуры атлантических вод менялась от 348 до 424 м, составляя в среднем 397 м. Средняя соленость в слое атлантических вод составила 34,8‰. Максимальная соленость в слое атлантических вод в среднем составила 34,86‰, будучи устойчивой. Минимальная соленость данных вод в среднем была 34,54‰, меняясь от 34,53 до 34,56‰.

Ядро атлантических вод залегало в среднем на глубине 362 м, меняя свое положение от 348 до 386 м. Температура *in situ* ядра атлантических вод в среднем составила 0,85°C, меняясь от 0,84°C до 0,89°C. Соленость вод ядра атлантических вод в среднем составила 34,82‰, будучи устойчивой.

В верхней части атлантических вод (до 265–281 м) и под ними вновь отмечено увеличение переслоенности в поле плотности морской воды, более интенсивное в верхней части атлантических вод.

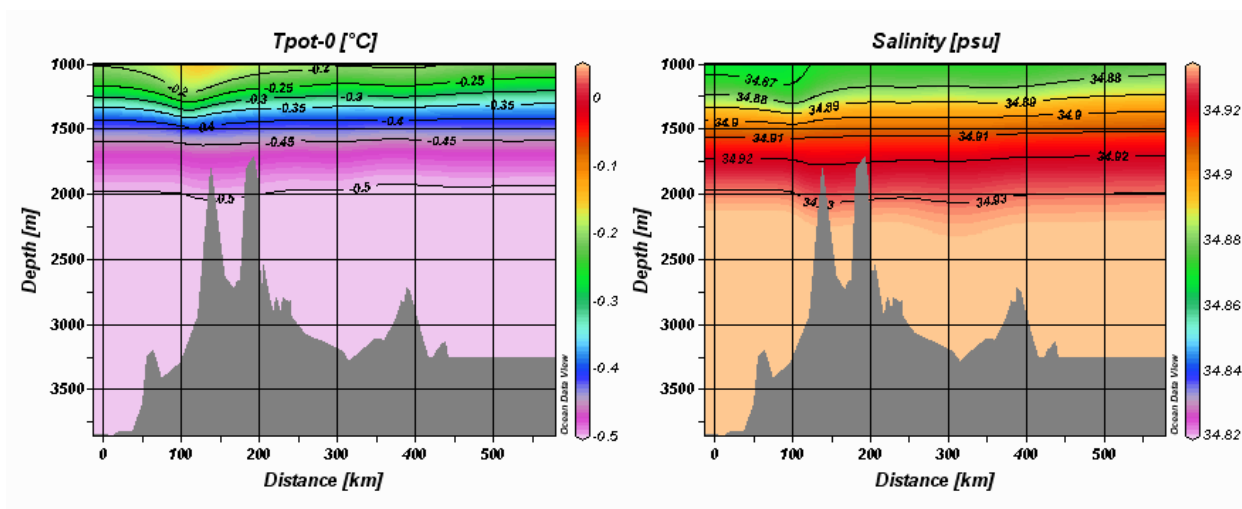


Рисунок 3.3 – Вертикальные разрезы потенциальной температуры (слева) и солености (справа) от горизонта 1000 м до дна

Минимальная температура морской воды *in situ* на глубоководных станциях составила от –0,4°C до –0,41°C (на глубинах 1795–1918 м), потенциальная температуры была около –0,50°C с последующим незначительным увеличением температуры воды ко дну (рисунок 3.3).

В феврале 2009 г. структура поверхностного слоя вод характеризовалась следующими особенностями.

Средняя толщина верхнего перемешанного слоя составила 32 м, средняя его температура – 1,58°C, максимальная –1,57°C, минимальная –1,61°C. Средняя соленость 29,99‰, максимальная



29,42‰, минимальная 28,82‰. В южной и северной части траектории дрейфа (гидрологические станции 127-128, 130-131, 137-138, 148, 150) вновь отмечено «всплытие» пикноклина за счет образования переходной области между верхним квазиоднородным слоем (ВКС) и пикноклином. Незначительный градиент плотности в ВКС отмечен на юго-западе траектории дрейфа на гидрологических станциях 134 и 143. Имела место тенденция незначительного повышения температуры воды в ВКС на южном участке траектории дрейфа (станции 129, 131) и понижения на северном участке (станции 149, 150). Общей тенденции изменения толщины не отмечено, толщина ВКС наименьшая обычно в указанных случаях «всплытия» пикноклина.

Средняя глубина залегания нижней части пикноклина составила 116 м, средняя толщина 81 м. Толщина пикноклина менялась от 76 до 90 м. Глубина залегания нижней границы менялась от 109 до 122 м. Толщина пикноклина относительно устойчива. Средняя температура пикноклина $-1,47^{\circ}\text{C}$, максимальная температура составила $-1,46^{\circ}\text{C}$, минимальная $-1,53^{\circ}\text{C}$. Средняя соленость составила 31,83‰, максимальная соленость 33,90‰. Пикноклин состоял из одного слоя. Для большинства гидрологических станций, кроме станций 133, 134 (большее количество более мелких по размерам), характерно наличие двух температурных инверсий.

Верхняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 204 м, её глубина менялась от 199 до 210 м. Наиболее близко к поверхности атлантические воды залегали на юго-западе траектории дрейфа между станциями 142, 135-139, 129. Толщина слоя атлантических вод в среднем составила 646 м и менялась от 626 до 691 м, наибольшие значения данного параметра отмечены на юго-западе траектории дрейфа (станции 135-138, 140). Нижняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 850 м; её глубина менялась от 827 до 892 м.

Температура *in situ* в слое атлантических вод в среднем составила $0,43^{\circ}\text{C}$, меняясь от $0,42^{\circ}\text{C}$ до $0,44^{\circ}\text{C}$ (наименьшая на юге траектории дрейфа). Наибольшая температура атлантических вод ($0,86^{\circ}\text{C}$) отмечена на станциях 147, 150, выполненных 25 и 28 февраля (север траектории дрейфа); в среднем значения данной температуры $0,84^{\circ}\text{C}$. Глубина залегания области максимумов температуры атлантических вод менялась от 347 до 415 м, в среднем составляя 385 м. Средняя соленость в слое атлантических вод составила 34,8‰. Максимальная соленость в слое атлантических вод в среднем составила 34,86‰, будучи устойчивой. Минимальная соленость данных вод в среднем была 34,54‰, наибольшее значение составило 34,56‰ (станция 131).

Ядро атлантических вод залегало в среднем на глубине 356 м, меняя свое положение от 347 до 369 м. Температура ядра атлантических вод в среднем составила $0,84^{\circ}\text{C}$, изменяясь от $0,83^{\circ}\text{C}$ до $0,85^{\circ}\text{C}$. Соленость вод ядра атлантических вод в среднем составила 34,82‰, будучи устойчивой.



В верхней части атлантических вод (до 268-280 м) и под ними вновь отмечено увеличение переслоенности в поле плотности морской воды, более интенсивное в верхней части атлантических вод.

Минимальная температура морской воды *in situ* на глубоководных станциях составила от -0,4 до -0,41°C (на глубинах 1795-1918 м), потенциальная температуры была около -0,50°C с последующим незначительным увеличением температуры воды ко дну (рисунок 3.3).

В марте 2009 г. средняя толщина ВКС составила 33 метра, средняя его температура – 1,63°C, максимальная –1,60°C, минимальная –1,63°C. Средняя соленость 29,39‰, максимальная 29,73‰, минимальная 28,24‰. Температура ВКС восточнее 132 градуса западной долготы повышается с –1,62 до –1,60°C.

Средняя глубина залегания нижней части пикноклина составила 116 м, средняя толщина 81 м. Толщина пикноклина менялась от 69 до 86 м. Глубина залегания нижней границы менялась от 106 до 125 м. Толщина пикноклина относительно устойчива. Средняя температура пикноклина –1,48°C, максимальная температура составила –1,45°C, минимальная –1,51°C. Средняя соленость составила 32,02‰, максимальная соленость 33,94‰. Пикноклин состоял из одного слоя; для всех гидрологических станций характерно наличие двух температурных инверсий. Верхняя граница пикноклина расположена выше в восточной части траектории дрейфа, и восточнее указанной долготы нигде не отмечена глубже 40 м. Восточнее 130 градуса западной долготы толщина пикноклина везде более 80 м.

Верхняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 201 м, её глубина менялась от 198 до 204 м. Глубина залегания верхней границы атлантических вод существенно не менялась. Толщина слоя атлантических вод больше в центральной части траектории дрейфа (гидрологические станции 160-172, кроме 163, 366-168). Наименьшая толщина данного слоя на северо-западной части траектории дрейфа. Толщина слоя атлантических вод в среднем составила 646 м и менялась от 626 до 691 м. Нижняя граница слоя атлантических вод в среднем залегала на глубине 837 м; её глубина менялась от 818 до 854 м.

Температура *in situ* в слое атлантических вод в среднем составила 0,44°C, меняясь от 0,42 до 0,46°C (наименьшая в восточной части траектории дрейфа). Наибольшая температура атлантических вод (0,88°C) отмечена на станциях 154-156, выполненных с 4 по 6 марта (северо-запад траектории дрейфа), в среднем значения данной температуры 0,85°C. Более низкая температура атлантических вод отмечена в центральной части траектории дрейфа. Глубина залегания области максимумов температуры атлантических вод менялась от 344 до 410 м, составляя в среднем 392 м. Ближе к поверхности максимумы температуры атлантических вод расположены в южной и северо-западной части траектории дрейфа. Средняя соленость в слое



атлантических вод устойчиво составила 34,8‰. Максимальная соленость в слое атлантических вод в среднем составила 34,86‰, также будучи устойчивой. Минимальная соленость данных вод в среднем была 34,54‰, наибольшее значение составило 34,56‰ (станции 171, 180).

Ядро атлантических вод залегало в среднем на глубине 352 м, меняя свое положение от глубины 336 до глубины 368 м. Температура ядра атлантических вод в среднем составила 0,84°C, меняясь от 0,82 до 0,86°C. Соленость вод ядра атлантических вод устойчиво составила 34,82‰. В верхней части атлантических вод (до 262-280 м) и под ними вновь отмечено увеличение переслоенности в поле плотности морской воды, более интенсивное в верхней части атлантических вод.

Минимальная температура морской воды на глубоководных станциях попрежнему составляла от –0,40 до –0,41°C на глубинах 1801-1891 м, а потенциальная температуры была около –0,50°C с последующим незначительным увеличением температуры воды ко дну (рисунок 3.3).

Географическая изменчивость термохалинных условий в Арктическом бассейне по данным дрейфующей станции СП-36 и ИТР-09, 11, 23, 24, 25, 26, 27 и 29

В Арктическом бассейне в январе-марте 2009 г. океанографические наблюдения велись на 9 дрейфующих платформах (рисунок 3.1). В Евразийском суббассейне дрейфовал только один океанографический буй – ИТР24. В Амеразийском суббассейне дрейфующие платформы распределялись по акватории следующим образом: в котловине Макарова дрейфовала СП-36 и ИТР27, в котловине Подводников – ИТР26, в районе хребта Менделеева наблюдения осуществлялись ИТР 29, на севере Канадской котловины дрейфовали ИТР 23, 25, а на материковом склоне Канадского Архипелага наблюдения осуществлялись ИТР 9, 11. На рисунке 3.4. приведены вертикальные профили температуры *in situ* и солености по данным всех измерений ИТР и СП-36 за январь-март 2009 г. В профилях температуры и солености выделяются группы профилей, которые характерны для регионов Арктического бассейна (АБ) СЛО. ИТР 24, 26 и 27 дрейфовали в районах с большей соленостью поверхностного слоя и высокой температурой атлантических вод. В районе дрейфа ИТР 9, 11, 23, 25 и 29 (Канадская часть Амеразийского суббассейна) соленость промежуточных вод (50-150 м) была меньше, чем в районе дрейфа ИТР 24 (Евразийский суббассейн) и ИТР 26, 27, которые дрейфовали в части Амеразийского суббассейна, примыкающей к Евразийскому. Ниже приводятся более детальные оценки термохалинного состояния по отдельным районам АБ.

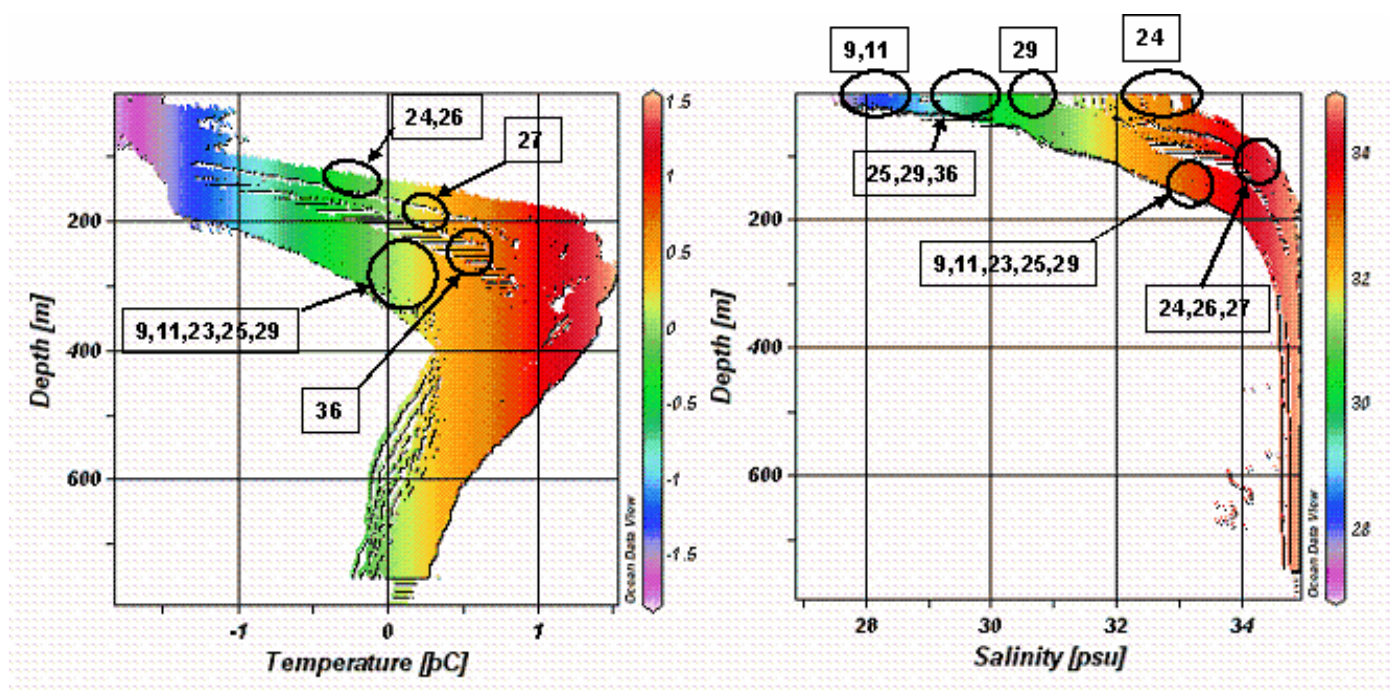


Рисунок 3.4 – Вертикальные профили температуры *in situ* (слева) и солености (справа) по данным всех измерений за январь-март 2009 г. на СП-36 и дрейфующих буях ИТР. Овалами показана локализация профилей для конкретных ИТР (номер буя указан в прямоугольнике) и СП-36 (указан номер 36)

В Евразийском суббассейне вблизи хребта Ломоносова на широтах $84,1^{\circ}$ - $85,1^{\circ}$ с.ш. по данным ИТР24 толщина верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) менялась в пределах 28-40 м, температуры была от $-1,76$ до $-1,82^{\circ}\text{C}$, а соленость воды изменялась от 33,07 до 33,93‰. На отдельных станциях наблюдался холодный халоклин на глубине около 70 м. Верхняя граница атлантических вод (АВ) располагалась на глубине около 140 м, а толщина слоя АВ составляла около 620 м. Максимальные температуры АВ достигали $+1,5^{\circ}\text{C}$ на горизонте 280-290 м. Всюду наблюдалась зигзагообразная структура вертикальной изменчивости температуры АВ в слое 200-350 м (рисунок 3.5).

В Амеразийском суббассейне в котловине Подводников по данным ИТР26 толщина ВКС изменялась от 20 до 25 м, температура воды ВКС была в пределах от $-1,63$ до $-1,76^{\circ}\text{C}$. Величина солености менялась от 32,06‰ на юго-западе траектории до 29,54‰ на юго-востоке траектории дрейфа (рисунок 3.6). В середине дрейфа отмечалась западная граница распространения летних тихоокеанских вод (ЛТВ) на глубине 40 м с температурой $-1,40^{\circ}\text{C}$ и соленостью 32,152‰.

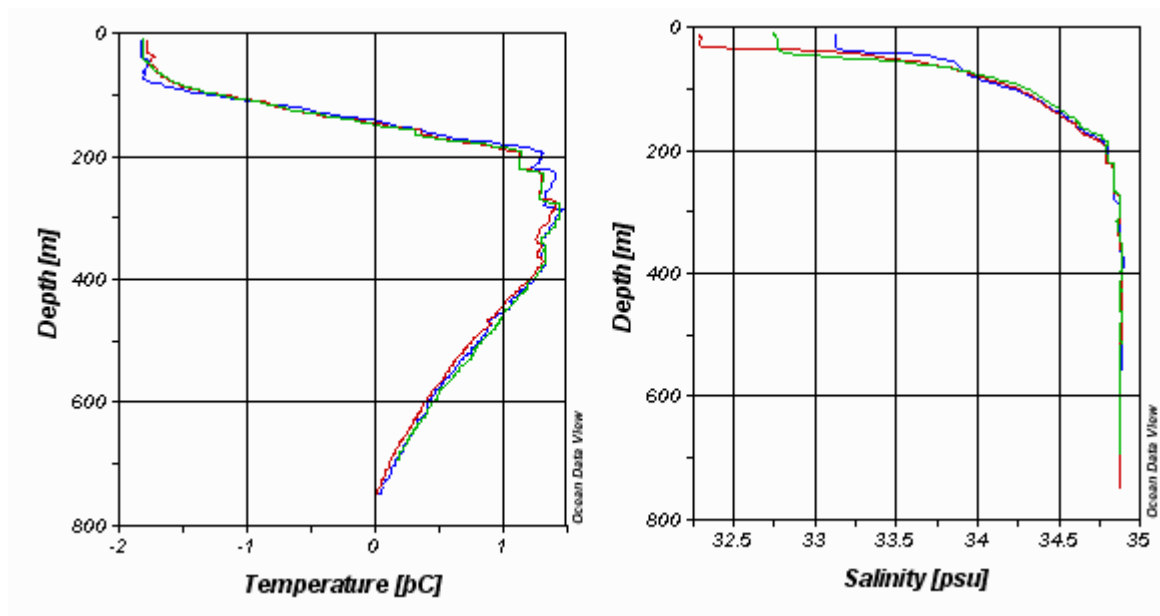


Рисунок 3.5 – Вертикальные профили температуры (слева) и солёности (справа) по данным ИТР24

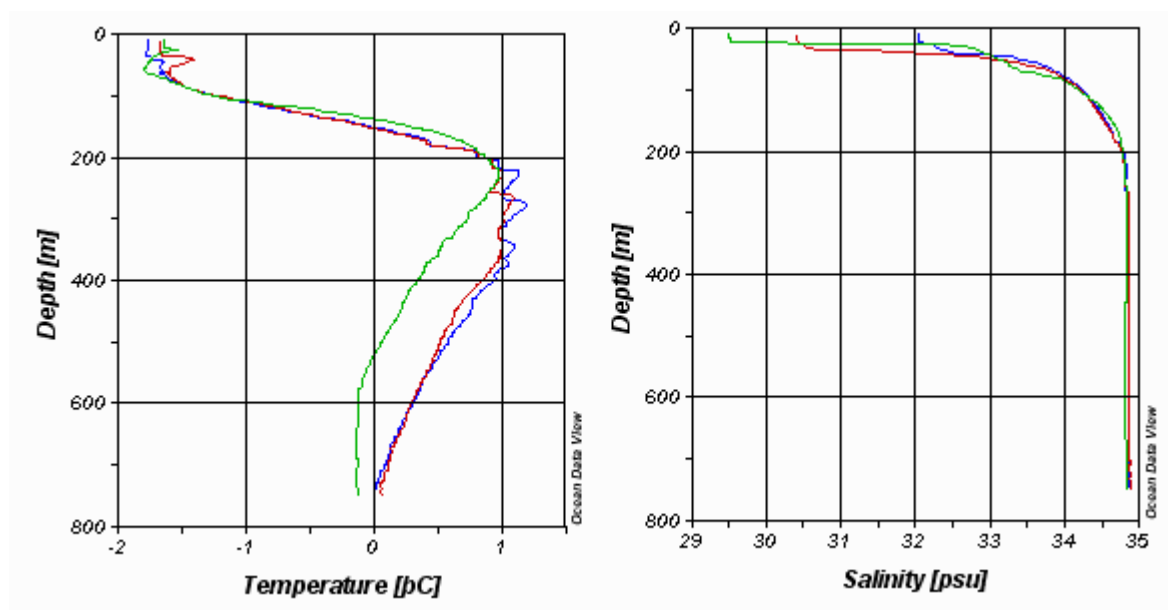


Рисунок 3.6 – Вертикальные профили температуры (слева) и солёности (справа) по данным ИТР26

На глубинах 50-60 м наблюдался холодный халоклин (возможно зимние тихоокеанские воды, ЗТВ) с минимальной температурой и солёностью в пределах от $-1,61^{\circ}\text{C}$, 33,55‰ до $-1,79^{\circ}\text{C}$, 33,24‰ соответственно. В юго-восточной части траектории дрейфа верхняя граница АВ располагалась на глубине 140 м и толщина слоя составляла 385 м при максимальной температуре in situ $+0,98^{\circ}\text{C}$. В северной части траектории дрейфа ИТР26 верхняя нижняя границы АВ

располагались на глубинах 150 и 750 м соответственно с максимальной температурой воды $+1,12^{\circ}\text{C}$ на горизонте 265 м. В слое 200-400 м наблюдалась зигзагообразная структура вертикального изменения температуры АВ.

В котловине Макарова дрейфовали ГТР27 и СП-36. На рисунках 3.7 и 3.8 приведены характерные профили температуры и солености для периода январь-март 2009 г.

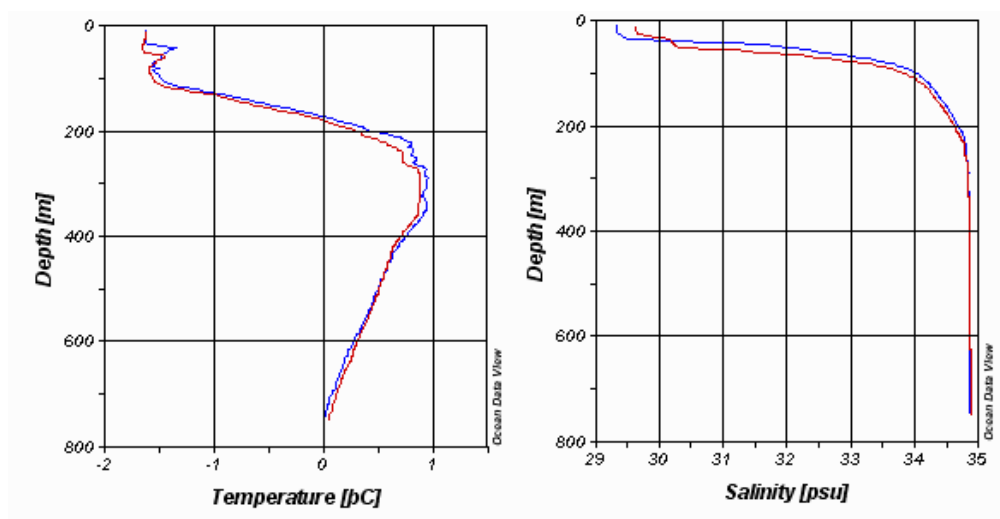


Рисунок 3.7 – Вертикальные профили температуры (слева) и солености (справа) по данным ГТР27

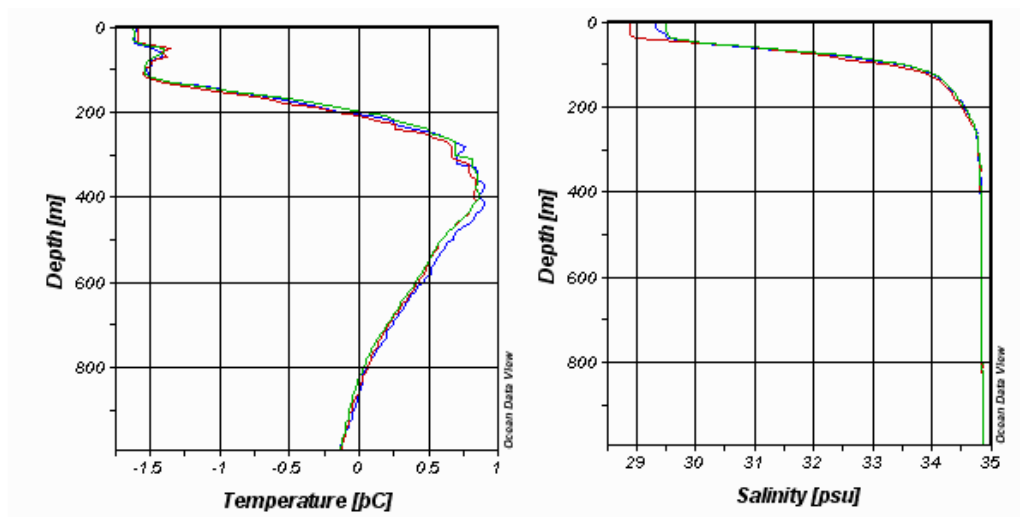


Рисунок 3.8 – Вертикальные профили температуры (слева) и солености (справа) по данным СП-36

Толщина ВКС колебалась в пределах 20-30 м, температура и соленость ВКС изменялась от $-1,62^{\circ}\text{C}$, 29,64‰ до $-1,58^{\circ}\text{C}$, 28,89‰ соответственно. Но 5 января на СП-36 ВКС практически отсутствовал. Всюду наблюдались ЛТВ с максимальными температурами $-1,33^{\circ}\text{C}$ и соленостью

31,196‰ на глубине 41 м, а также на глубине 50-60 м с температурой $-1,40^{\circ}\text{C}$ и соленостью 30,18-30,94‰. ЗТВ прослеживались на глубине 83 м с минимальной температурой $-1,58^{\circ}\text{C}$ и соленостью 33,37‰, на других станциях на глубине 100 м с минимальной температурой $-1,52^{\circ}\text{C}$ и соленостью 33,47‰. Верхняя и нижняя границы АВ наблюдались на глубинах 170-200 м и 745-850 м с максимальной температурой от $+0,87$ до $+0,96^{\circ}\text{C}$ на горизонтах 290-400 м. Зигзагообразная структура температуры АВ наблюдалась на СП-36 и в меньшей степени ИТР27.

В районе хребта Менделеева дрейфовал океанографический буй ИТР29 (рисунок 3.1). Анализ данных измерений позволяет дать следующие оценки состояния океанической колонки в этом регионе. Толщина ВКС составляла 14-24 м с температурой около $-1,66^{\circ}\text{C}$ и соленостью от 30,01 до 31,90‰ (рисунок 3.9). Вертикальный профиль температуры довольно изрезанный глубже ВКС до термоклина. Верхняя и нижняя граница АВ располагались на глубинах 225-240 м, а максимальная температур АВ от $+0,66$ до $+0,83^{\circ}\text{C}$ находилась на глубине 330-385 м.

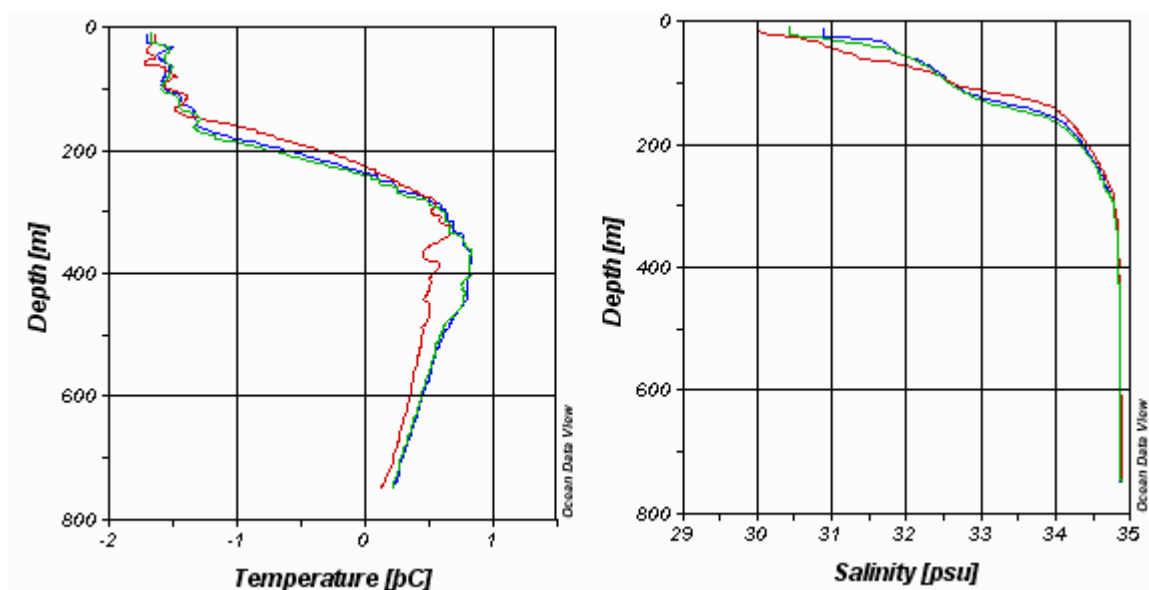


Рисунок 3.9 – Вертикальные профили температуры (слева) и солености (справа) по данным ИТР29

В северной части Канадской котловины, примыкающей к поднятию Альфа, дрейфовали ИТР23 и ИТР25. На рисунке 3.10 приведены характерные профили температуры и солености для периода январь-март 2009 г.

Толщина ВКС колебалась в пределах 14-25 м, температура и соленость ВКС изменялась от $-1,60^{\circ}\text{C}$, 29,47‰ до $-1,63^{\circ}\text{C}$, 29,86‰ соответственно. Вертикальная изменчивость температуры верхнего слоя до глубин 150 м отличалась большой изрезанностью. Локальные максимумы наблюдались на горизонтах 40 м с температурой и соленостью $-1,35^{\circ}\text{C}$, 30,38‰ и на горизонтах

73-97 м с температурой и соленостью $-1,30^{\circ}\text{C}$, $32,08\text{‰}$ соответственно. Локальные минимумы температуры отмечались на горизонтах 69 м с температурой $-1,57^{\circ}\text{C}$ и соленостью $31,15\text{‰}$ и 100-120 м с температурой от $-1,46^{\circ}\text{C}$ до $-1,55^{\circ}\text{C}$ и соленостью от $32,47$ до $32,53\text{‰}$ соответственно.

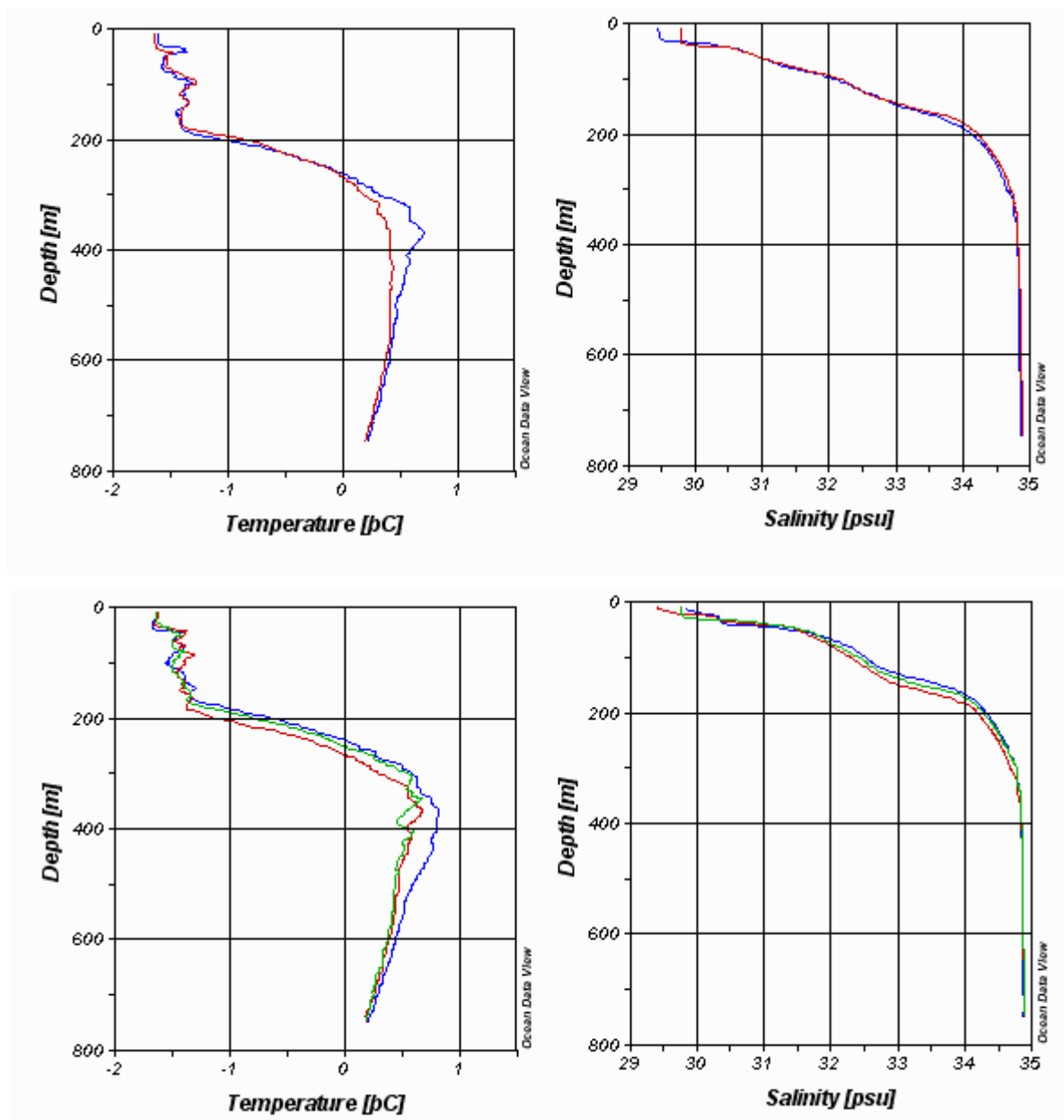


Рисунок 3.10 – Вертикальные профили температуры (слева) и солености (справа) по данным ИТР23 (вверху) и ИТР25 (внизу)

Верхняя граница АВ наблюдалась на глубинах 240-265 м, а максимальная температура от $+0,68$ до $+0,82^{\circ}\text{C}$ фиксировалась на горизонтах 370 м. Зигзагообразная структура температуры АВ была выражена слабо.

На материковом склоне островов Канадского Архипелага дрейфовали ИТР09 и ИТР11. На рисунке 3.11 приведены типичные профили температуры и солёности для периода январь-март 2009 г. Толщина ВКС колебалась в пределах 30-32 м, температура и солёность ВКС изменялась от $-1,58^{\circ}\text{C}$, при солёности 28,80‰ до $-1,62^{\circ}\text{C}$ при солёности 29,79‰. В этом районе вертикальные профили температуры верхнего слоя до глубин 150 м также отличалась большой изменчивостью. Здесь же наблюдалась самая высокая температура ЛТВ $-1,12^{\circ}\text{C}$ градусов при солёности 31,31‰.

Верхняя граница АВ наблюдались на глубине 275 м, а максимальная температура от $+0,43$ до $+0,59^{\circ}\text{C}$ наблюдалась на горизонтах 400-410 м. В этом районе также наблюдалась зигзагообразная структура температуры АВ.

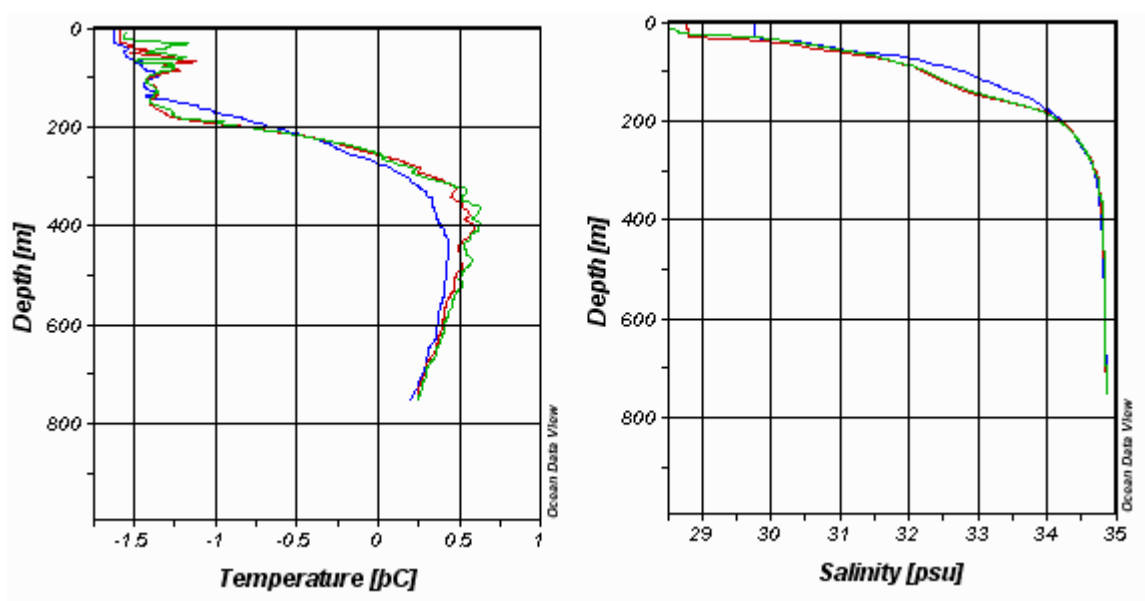


Рисунок 3.11 – Вертикальные профили температуры (слева) и солёности (справа) по данным ИТР09 и ИТР11

Сравнительный анализ с климатическими данными

Поскольку для поверхностного слоя в зимний период главным параметром является величина солёности воды, то для анализа была использована эта характеристика на горизонте 10 м. В качестве характеристики теплового состояния атлантических вод была использована температура воды на горизонте 300 м.

На рисунке 3.12 приведены распределение для января-марта средней солёности за период 1950-1993 гг. и распределение солёности для января-марта 2009 г. на горизонте 10 м. Сравнивая распределение солёности, отмечаем, что в части Евразийского суббассейна, примыкающей к сибирскому материковому склону, солёность в поверхностном слое в 2009 г. была больше климатической на 0,5-1,0‰. В то же время в Американо-Азиатском суббассейне солёность

поверхностного слоя была на 0,5-1,0‰ меньше климатической. Так в районе дрейфа СП-36 соленость воды на горизонте 10 м изменялась от 29,22 до 29,51‰, в то время как климатическое значение солености составляет 31,20-31,25‰. В месте дрейфа ИТР11 в марте 2009 г. соленость была равна 28,09‰, а среднее климатическое значение для этого района составляет 30,75‰, т.е. распределение воды составило 2,66‰!

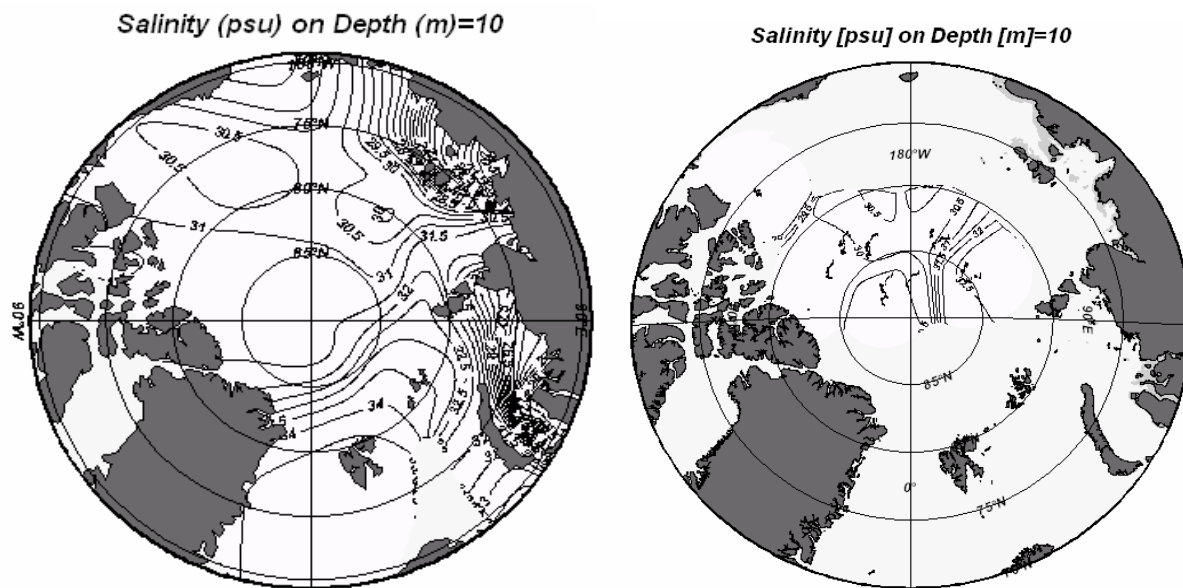


Рисунок 3.12 – Климатическое распределение солености (слева) для января-марта 1950-1993 гг. и распределение солености для января-марта 2009 г. (справа) на горизонте 10 м

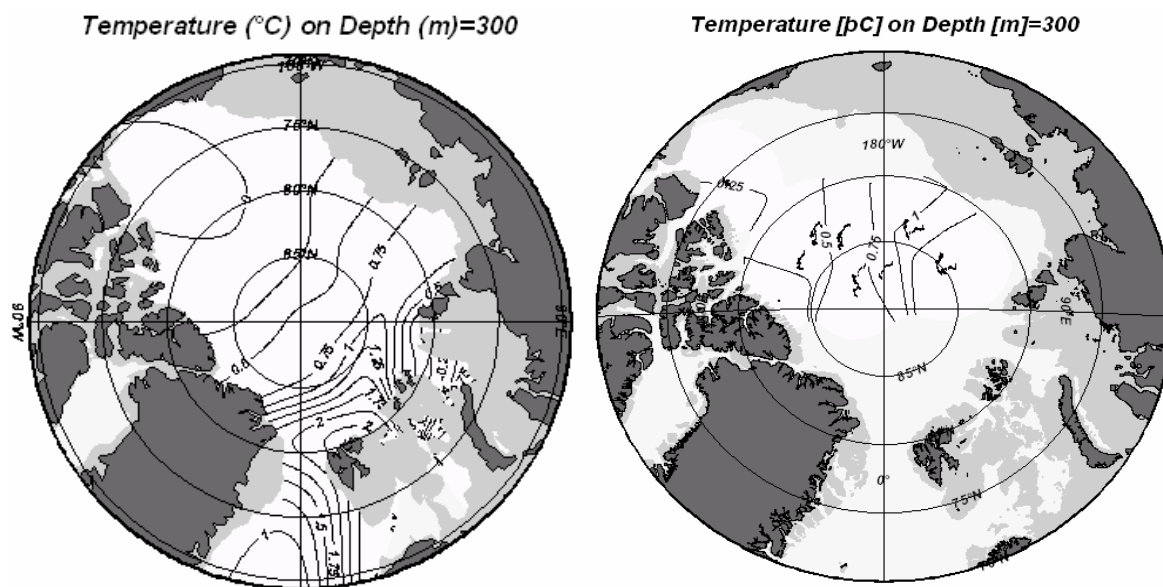


Рисунок 3.13 – Климатическое распределение температуры (слева) для января-марта 1950-1993 гг. и распределение температуры (справа) для января-марта 2009 г.

Сравнительный анализ температуры атлантических вод в январе-марте 2009 г. с климатическими значениями (рисунок 3.13) показывает следующее. В Евразийском суббассейне в котловине Амундсена, где дрейфовал буй ГТР24, температура воды на горизонте 300 м менялась от 1,16 до 1,42°C, в то время как климатическая величина равна 0,62°C. Дрейфующая станция СП-36 зафиксировала температуру 0,67-0,73°C, а климатическая величина равна 0,25-0,30°C. На материковом склоне островов Канадского Архипелага, где дрейфовал буй ГТР11, температура воды на горизонте 300 м варьировала от -0,14 до +0,40°C. Климатическое значение температуры воды для этого места несколько ниже нуля градусов. Таким образом, в январе-марте 2009 г. температура воды на горизонте 300 м всюду была выше климатической.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний *уровня Карского моря* за период с января 2009 года по март 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.

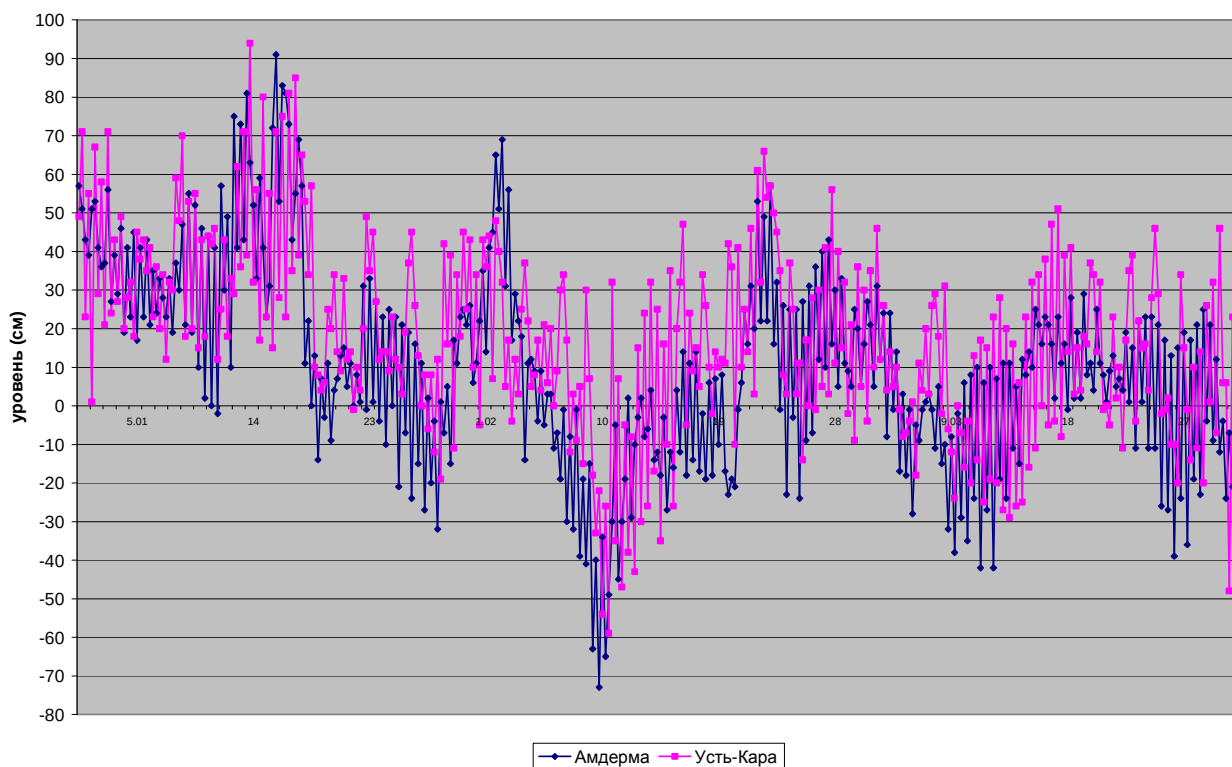


Рисунок 3.14 – Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе-марте 2009 г.

В юго-западной части Карского моря (рисунок 3.14) колебания уровня в январе происходили на существенно повышенном фоне (+25 +30 см), в феврале и марте фон колебаний уровня в этом районе был слабоповышенный (0 +10 см). Наибольший подъем уровня +91 и +94 см (относительно среднемноголетнего значения) на этих станциях наблюдался 16 и 14 января 2009 года соответственно. Наиболее существенное понижение уровня (–73 см) было зарегистрировано на станции Амдерма 10 февраля 2009 года. Самое большое значение величины колебаний уровня наблюдалось в феврале 2009 года, в Амдерме оно составило 142 см, а в Усть-Каре – 125 см.

В северо-восточной части Карского моря (рисунок 3.15) колебания уровня происходили в январе на слабо повышенном фоне (0 +5 см), а в феврале и марте на пониженном фоне (–15 – 30 см). Наиболее значительные подъемы уровня в этом районе отмечались в январе (от +45 до +85), а наиболее существенные понижения уровня наблюдались в феврале (от –45 до –75 см). Наибольшие значения величины колебаний уровня наблюдались: на станции о-ва Известий ЦИК (106 см, февраль 2009 г.), о. Визе (96 см, февраль 2009 г.), о. Голомянный (78 см, январь 2009 г.), Сопочная Карга (145 см, январь 2009 г.)

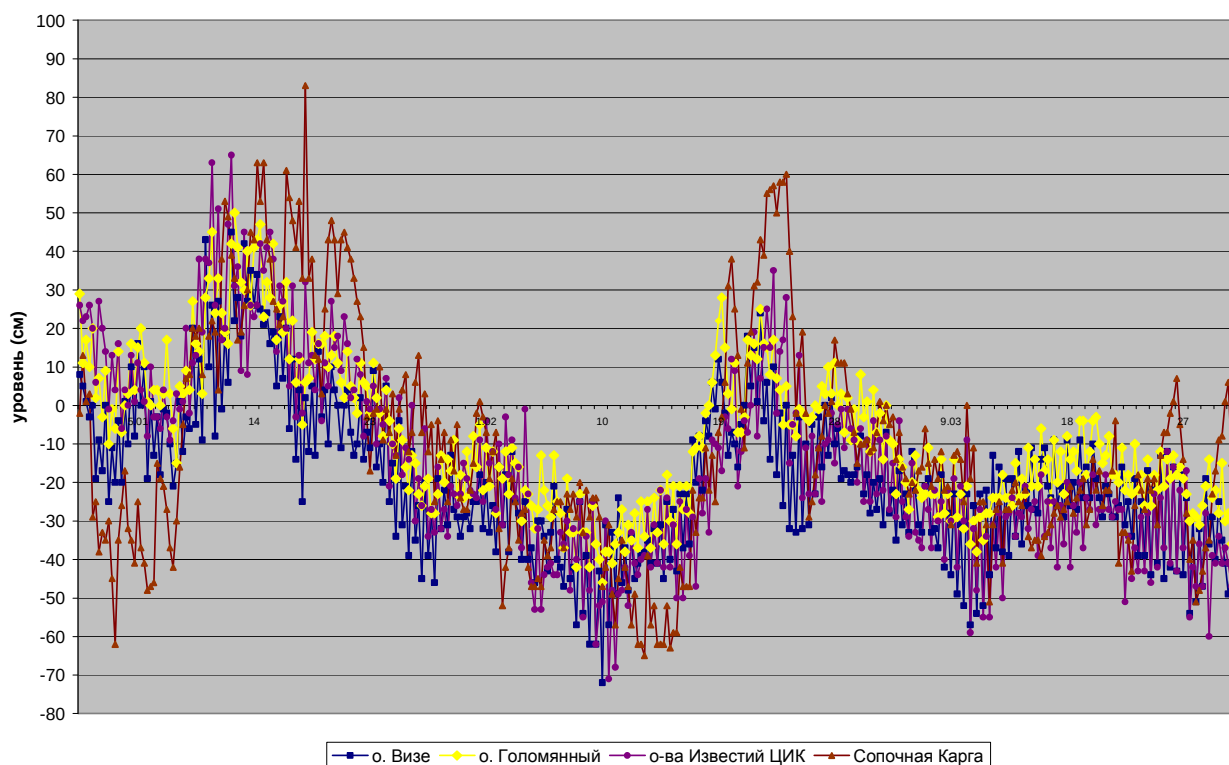


Рисунок 3.15 – Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в январе-марте 2009 г.

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 3.16).

Колебания уровня на станции Анабар во всех трех месяцах происходили на пониженном фоне. Наиболее низкие среднемесячные уровни наблюдались в феврале (–42 см) и в марте (–40 см). Наибольший подъем уровня (+38 см) наблюдался в январе, наибольшее понижение уровня (–84 см) в феврале. Наибольшая величина колебаний уровня составила 116 см (январь 2009 г.).

На островных станциях Дунай и о. Котельный колебания уровня в первом квартале 2009 г. происходили на повышенном фоне. Значения среднемесячных уровней достигали в январе +27 см (Дунай) и +38 см (о. Котельный). Наибольший подъем уровня наблюдался в январе и составил +110 см (Дунай) и 106 см (о. Котельный). Наибольшая величина колебаний уровня наблюдалась в январе и составила на станции о. Дунай 93 см., а на станции о. Котельный 122 см.

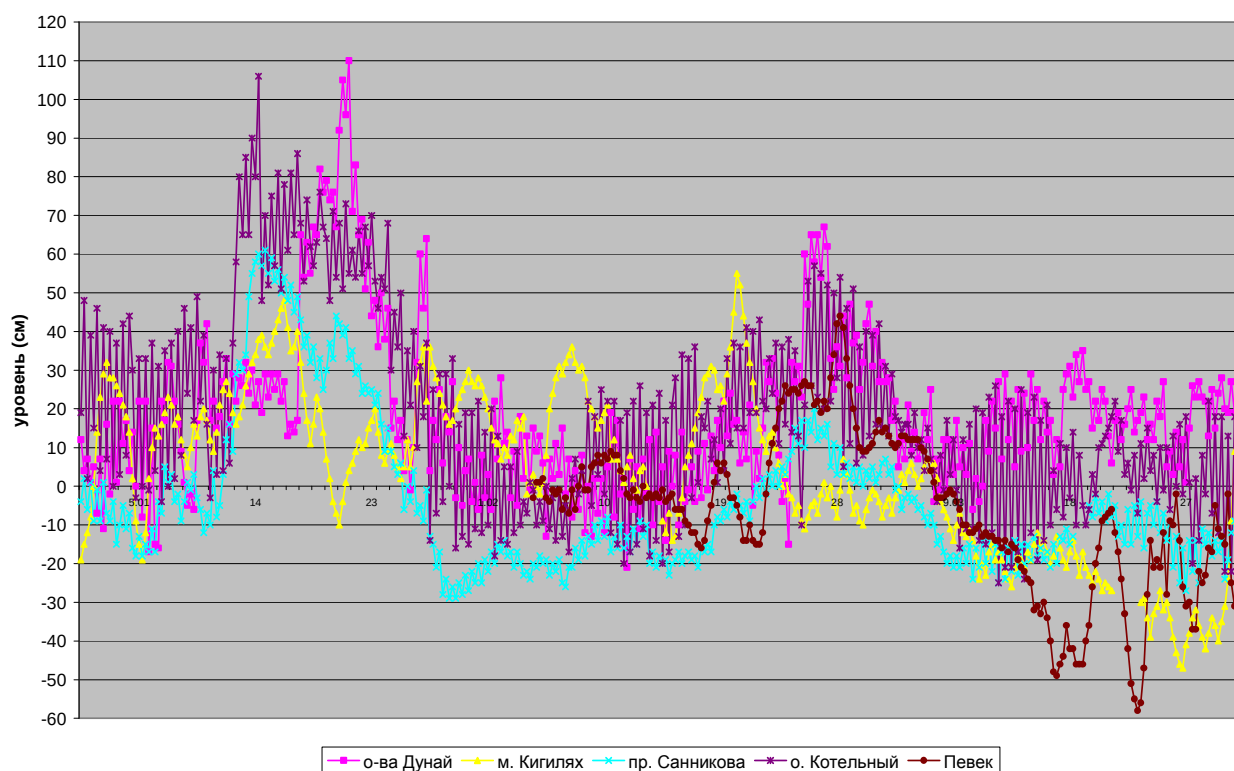


Рисунок 3.16 – Колебания уровня на станциях морей Лаптевых и Восточно-Сибирского в январе-марте 2009 г.

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 -24 до $+17$ см). Наибольший подъем уровня отмечался в январе (Тикси и пр. Санникова, 110 и 61 см соответственно) и в феврале (м. Кигилях, 55 см), наибольшее понижение уровня не превосходило -38 см на всех трех станциях. Наибольшая величина колебаний уровня на станции Тикси составила 125 см (январь), на мысе Кигилях 69 см (февраль), на станции пр. Санникова 90 см (январь).

По имеющейся весьма ограниченной информации (Певек, февраль и март 2009 г.) положение *уровня моря в Восточно-Сибирском море* (рисунок 3.16) было близко к среднемноголетнему, а его колебания невелики: среднемесячный уровень изменялся от $+4$ до -14 см, максимальный месячный уровень равнялся $+44$ см, а минимальный -58 см. Величина колебаний уровня в феврале составила 60 см, а в марте 99 см.

Общее количество информации за колебаниями *уровня на станциях Чукотского моря* за период с октября 2007 года по сентябрь 2008 года (включительно), поступившее в адрес ААНИИ, не превысил 10 процентов. Поэтому дать достоверную оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представлялось возможным.

3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей

По результатам модельных расчетов выполнена оценка повторяемости значительных высот волн (H_s - обеспеченность 13%) для 3-х месяцев 2009 года. Сведения о распределении высот волн для Баренцева моря приведены в таблице 3.1. Акватории моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей в этот период были покрыты льдом. Карское море было открыто незначительно и на короткие сроки в январе месяце.

Баренцево море

Таблица 3.1 – Распределения высот волн (H_s) в Баренцевом море в первом квартале 2009 г.

Месяц	Высоты волн (м)													Дни
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	>12	
Январь		2	2	4	7	6	6	1	3					31
Февраль			2	6	3	6	4	3		1	0	1	2	28
Март			5	9	13	2	2							31
Итого		2	9	19	23	14	12	4	3	1		1	2	90

Как видно из таблицы 3.1, в январе и феврале 2009 года на акватории моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 3 м до 7 м. Март месяц по интенсивности ветрового волнения, оказался самым спокойным.

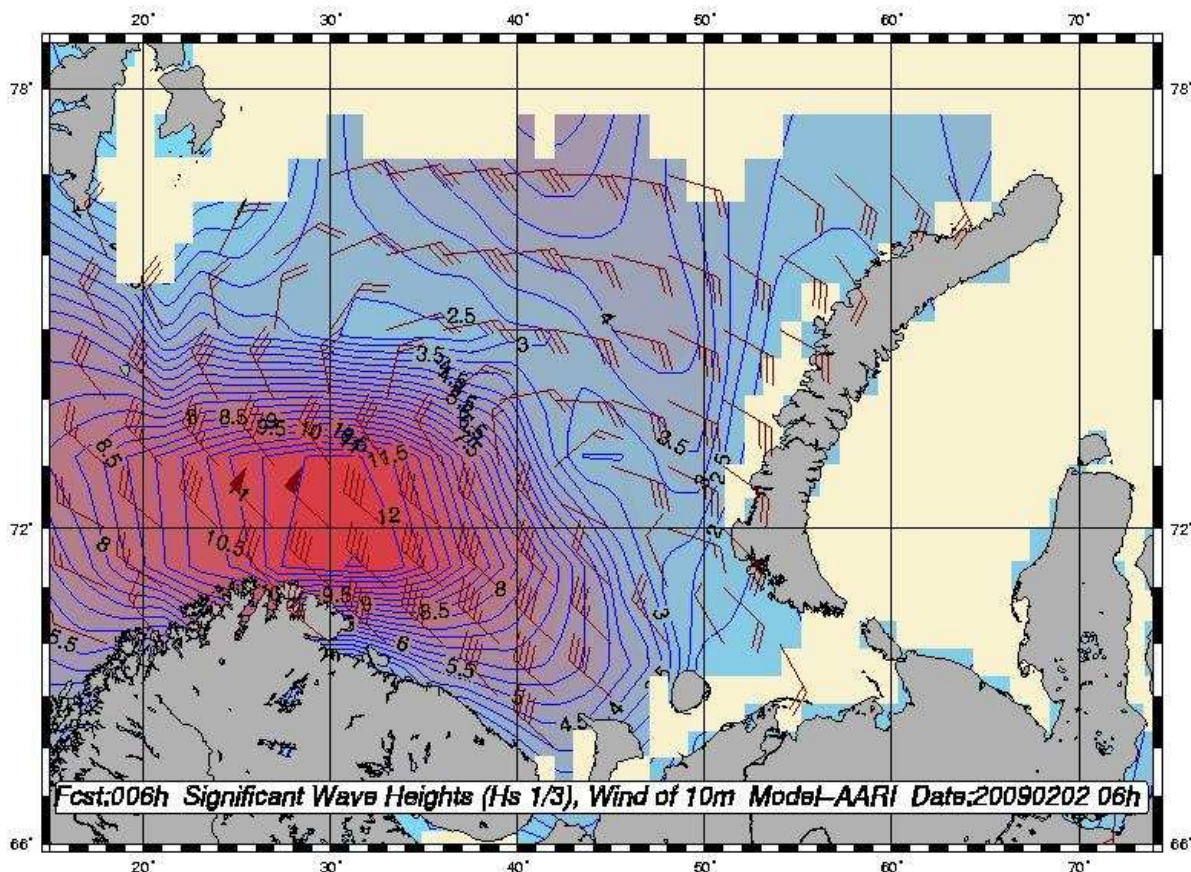


Рисунок 3.17 – Ветер и высота волн 13% обеспеченности в Баренцевом море на 06 ч. (UTC) 2 февраля 2009 г.

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

- 16 (51%) – в январе;
- 17 (64%) – в феврале;
- 4 (13%) – в марте.

Самым штормовым по силе волнения оказался февраль месяц. Наиболее сильным был шторм 1-2 февраля: высота волн на юго-западе моря в ночь на 2 февраля превысила 13 м.(00ч) Волнение в течение 12 часов сопровождали сильные северо-западные ветры более 20м/с. Этот шторм был обусловлен глубоким циклоном (давление в центре до 985 мб), распространявшимся над южной частью Баренцева моря и далее на юго-восток. На рисунке 3.17, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на 06часов 2 февраля 2009 г. Следующим по интенсивности волнения за период январь-март был шторм 10-11 февраля 2009 года (высота волн 9-11 м). По продолжительности выделяются шторма 7-13 января (7 дней, волнение более 6,5 м) и 19-24 февраля (6 дней, волнение более 6 м).

Следует отметить, что по сравнению с 1 кварталом 2008 года, интенсивность развития сильного волнения в 1 кварталом 2009 года оказалась несколько выше.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период январь-март 2009 г., можно сделать следующие выводы:

1 В масштабе северного полушария преобладали разновидности процессов зональных форм и типов циркуляции. В сочетании с ними повышенная повторяемость разновидностей меридиональных процессов типа M_2 отмечалась во втором секторе полушария в январе и феврале.

2 Над полярным районом на геопотенциальной поверхности H_{500} центр планетарного циркумполярного вихря локализовался: в январе над приполюсным районом Арктики; в феврале над Азией и в марте над северным побережье Америки. Под влиянием процессов блокирования и длинных термобарических волн от месяца к месяцу изменялась структура циркумполярного вихря, система тропосферных ПВФЗ и изменение траекторий циклонов в системе исландского и алеутского минимумов.

3 В первом секторе в январе отмечались разновидности процессов с высоко широтными траекториями циклонов Северной Атлантики. В приземном поле преобладали положительные аномалий температуры. В феврале при блокирование арктическим и азиатским антициклонами циклоны смещались более южными траекториями. Фон температуры понизился до отрицательных аномалий в морях российской Арктики. В марте при дальнейшем усилении арктического антициклона циклонический режим циркуляции преобладал только в приатлантическом районе Арктики. Среднемесячные температуры в большинстве районов выше нормы. В среднем за период январь-март во всех районах данного сектора Арктики преобладали положительные аномалии температуры.

4 Во втором секторе в январе и марте преобладали низкоширотные траектории циклонов в системе алеутского минимума и они не оказывали свое влияние на полярный район Арктики. В феврале циклоны смещались по более высокоширотным траекториям. В среднем за период январь-март в данном секторе Арктики положительные аномалии температуры были обусловлены наиболее устойчивой адвекцией теплых воздушных масс из района Северной Атлантики. Отрицательные аномалии преобладали только в районе Аляски.

5 Для каждого месяца установлены однородные периоды, отражающие перестройки процессов внутри месяца по ЭСП, смену знака барических полей и направлений преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики. Структурные особенности процессов внутри каждого месяца согласуются с выявленными фоновыми крупномасштабными особенностями в направленности развития атмосферных процессов в период с января по март 2009 г.



6 В целом характер направленности атмосферных процессов в январе-марте 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.

7 В первом квартале наблюдался изменчивый дрейф ледяного покрова и досыачно высокая интенсивность нарастания льда, приближающаяся к среднемноголетней. Несмотря на позднее начало осенних ледовых процессов, в Северном Ледовитом океане к концу марта сложились ледовые условия близкие к среднемноголетним с небольшой тенденцией к легким за счет морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева и Карского.