

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

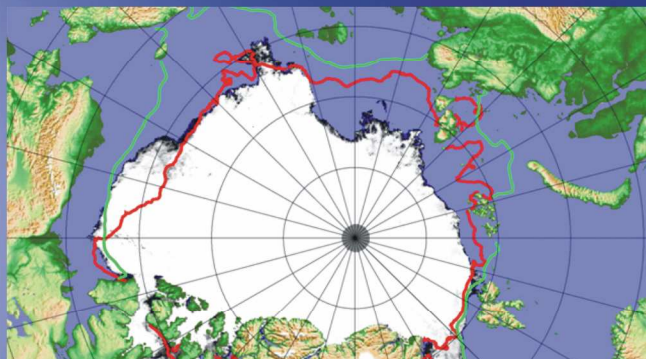


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2008





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в апреле–июне 2008 года..	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период апрель–июнь 2008 г.....	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области за период апрель–июнь 2008 г.....	15
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле–июне 2008 года.....	24
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель–июнь 2008 года.....	24
2.2 Ледовые процессы в устьевых участках рек за период апрель–июнь 2008 г.....	34
3 Гидрологические и гидрохимические условия в Северном Ледовитом океане в апреле–июне 2008 года	39
3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне по данным дрейфующих ГТР буев.....	39
3.2 Уровень арктических морей	47
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	51



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель–июнь) 2008 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, проектов Всемирной Метеорологической Организации и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и проектов Международного Полярного года 2007–2008 гг. (МПГ) 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 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.), отдела долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный – зав. отделом к.г.н. Иванов В.В.), отдела метеоинформации ЦЛГМИ (ответственный – нач. отдела Алексеенков Г.А.).

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 апреле–июне 2008 года

1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период апрель–июнь 2008 г.

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга развития и перестроек атмосферных процессов различного пространственно–временного масштаба и связанных с ними изменений метеорологических условий в полярном районе северного полушария за период с апреля по июнь 2008 г.

Исходной информационной базой явилась стандартная первичная и вторичная метеорологическая информация сети станций и карт за календарные периоды осреднения (среднесуточные, декадные, месячные), а также специализированная информация в виде форм и типов циркуляции; метеорологических характеристик, осредненных по естественным стадиям развития и перестроек процессов и т.д.

Основные материалы для анализа атмосферных процессов и метеорологических условий:

- данные 4–х срочных наблюдений атмосферного давления, температуры воздуха, направлений и скорости ветра по станциям северного полушария и Арктики;
- ежедневные синоптические карты Северного полушария (приземные и высотные H850, H500);
- среднемесячные и декадные карты давления, температуры воздуха и геопотенциала 500 гПа;
- средние карты приземного давления, температуры воздуха и H500 по естественным стадиям развития: элементарным синоптическим процессам (ЭСП), однородным циркуляционным периодам (ОЦП) и однородным внутригодовым периодам (ОВП);
- зональные и меридиональные градиенты по полярным районам Арктики и умеренной зоне северного полушария;
- каталоги крупномасштабных атмосферных процессов на полушарии по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса.

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

Процессы данного района тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены с развитием и перестройками процессов общей циркуляции атмосферы (ОЦА), т.е. процессами значительно



более крупного масштаба, чем рассматриваемый район. Вследствие этого при анализе и диагнозе крупномасштабных процессов в апреле–июне 2008 г. учитывались основные элементы ОЦА:

- место положения центра планетарного циркумполярного вихря на H500;
- географическая ориентация планетарной фронтальной зоны;
- состояние длинных термобарических волн;
- развитие стационарных циклонов и антициклонов (центров действия атмосферы) и траектории фронтальных циклонов и антициклонов.

Все элементы макроструктуры циркуляции атмосферы тесно взаимосвязаны. Каждый элемент макроструктуры циркуляции в каждый момент времени находится в той или иной стадии развития, поэтому возникает многообразие макросиноптических процессов, как комплексов элементов макроструктуры. Поэтому оценка пространственно–временной изменчивости крупномасштабных 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. Для атлантико–евразийского сектора полушария выделяется три основных состояния атмосферы: зональные процессы с термобарическими волнами малой амплитуды W (западная) форма циркуляции и два меридиональных процесса с волнами большой амплитуды: С (меридиональная) и Е (восточная) формы циркуляции.

Соответственно, в тихоокеано–американском секторе полушария выделяется также три типа процессов: Z – западный и два меридиональных M₁ и M₂.

Каждый макропроцесс имеет значимые отличия в направленности крупномасштабных атмосферных процессов и состоянии основных центров действия атмосферы. При этом каждая из форм и типов циркуляции имеет ряд разновидностей, отражающих перестройку от одного макропроцесса к другому.

Реальное состояние циркуляции в атмосфере и метеорологические условия каждого месяца конкретного года существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы). Развитие процессов каждого года указывает на существование большого числа вариантов реализацией ОЦА. Тем не менее, в каждом отдельном случае конкретных лет можно выявить характерные особенности и их отклонения от нормы.

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 апреля по июнь 2008 г. по классификации Г.Я.Вангенгейма – А.А.Гирса выглядит следующим образом:



Апрель $\Rightarrow$ Май $\Rightarrow$ Июнь

$$E_{M1+3} \Rightarrow C_{M1+M2} \Rightarrow W_3$$

Из схемы видно, что от месяца к месяцу крупномасштабные перестройки атмосферных процессов чаще всего отмечались в первом – атлантико–евразийском секторе северного полушария. Во втором – тихоокеано–американском секторе преобладали разновидности типов циркуляции M_1 и 3.

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 той форме и типу циркуляции, которые преобладали в том или ином месяце рассматриваемого периода года.

Основные особенности синоптических процессов для каждого месяца представлены ниже.

В апреле на геопотенциальной поверхности H_{500} центр ЦПВ располагался в районе полуострова Таймыр, что обусловило соответственно смещение ВФЗ к югу и, как следствие, низкоширотные траектории циклонов по континентальной части Евразии. В приполюсном районе располагался высотный антициклон.

В первом (атлантико–евразийском) секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные атмосферные процессы восточной формы циркуляции. В приземном поле в полярном районе располагался обширный антициклон, который взаимодействовал с гребнем антициклона на ЕТР. Вследствие этого выход циклонов в Арктику был блокирован. Фон давления от 2 до 9 гПа выше нормы. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над западной Сибирью, что обусловило в западном секторе Арктики адвекцию теплых воздушных масс с континента при преобладающих направлениях юго–восточных воздушных потоков. Фон температуры выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры со значениями до $6,3^{\circ}\text{C}$ отмечались в северо–восточной части Карского моря.

Во втором (тихоокеано–американском) секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные атмосферные процессы типа M_1 и 3. При данном сочетании макропроцессов над Тихим океаном отмечалось частое влияние на район Берингова моря гребня Гавайского антициклона. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались над районами Чукотки и Аляски траекториями севернее своего многолетнего положения. Это обусловило преобладающую адвекцию теплых воздушных масс при восточных воздушных



потоках. В большинстве районов американского сектора Арктики фон температуры выше нормы, за исключением моря Линкольна.

В мае центр ЦПВ располагался над районом северо–востока Карского моря южнее своего среднего многолетнего положения, что способствовало усилению антициклогенеза в полярном районе Арктики.

В первом секторе произошла крупномасштабная перестройка в направленности атмосферных процессов от восточной к меридиональной форме циркуляции. Основной особенностью данного макропроцесса явилось развитие обширного арктического антициклона с центром на севере Гренландии и влияние его гребня на Европу, который блокировал выход североатлантических циклонов из системы исландского минимума в Арктику. Фон давления в западной Арктике выше нормы на 4–6 гПа.

Под влиянием воздушных потоков преимущественно восточных направлений фон температуры выше нормы на 1–3°C. Близкие к норме отрицательные аномалии температуры имели место при воздушных потоках северных направлений только на юге Баренцева моря и юго–западной части Карского моря.

Во втором секторе аномально повышенную повторяемость имели процессы типа М₁. Под влиянием арктического антициклона в данном секторе Арктики преобладал антициклональный режим погоды. Фон давления выше нормы на 2–4 гПа. Гребень арктического антициклона, ориентированный на Охотское море, блокировал выход циклонов в системе алеутского минимума в Арктику. Преобладание получила адвекция теплых воздушных масс при юго–восточных, восточных направлениях воздушных потоков. Среднемесячная температура в восточном секторе Арктики выше нормы на 2–6°C.

В июне центр ЦПВ сместился на север в приполюсный район Арктики. Вследствие этого зона активного антициклогенеза отмечалась над Гренландией и севером Канады. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в морях Российской Арктики и море Бофорта.

В первом секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные атмосферные процессы западной формы циркуляции.

Под влиянием гребня арктического антициклона с центром над Гренландией на район Баренцева моря циклоны Северной Атлантики смещались низкоширотными траекториями по континентальной части Евразии. Фон давления в этом секторе Арктики ниже нормы на 1–2 гПа в Норвежском, Карском и Лаптевых морях и выше нормы на 2–4 гПа в районе Гренландии. Воздушные потоки преимущественно восточных направлений обусловили формирование температурного фона, близкого к среднему многолетнему.



В втором секторе отмечалось повышенная повторяемость зональных макропроцессов типа 3.

Под влиянием с юга гребня гавайского антициклона циклоны смещались в Арктике высокоширотными траекториями над акваторией морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Фон давления здесь ниже нормы на 2–5 гПа.

При повышенной повторяемости воздушных потоков с северной составляющей в этих морях сформировались среднемесячные температуры воздуха ниже нормы на 1–2°C.

Положительные аномалии до 8°C при преобладающих южных, юго-западных воздушных потоках наблюдались в остальных районах.

Структурные особенности развития и резких перестроек процессов внутри каждого месяца в 2008 году по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) представлены в таблице 1.1.

Периоды внутри месяца по ЭСП отражают естественные границы смены знака барических полей и преобладающих направлений воздушных потоков в полярном районе Арктики при крупномасштабных перестройках атмосферной циркуляции на северном полушарии. Средние по ЭСП поля геопотенциальной поверхности H_{500} , приземного давления, температуры воздуха и их отклонения от средних многолетних значений находятся в картированной форме в фондах архива отдела долгосрочных метеорологических прогнозов и на электронных носителях базы данных отдела метеорологической информации ГУ «ААНИИ».

Таблица 1.1 – Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма–Гирса с апреля по июнь 2008 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Апрель			Май			Июнь		
ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А
1–2	Е	М2	2	Е	М1	1–3	Е	М2
3–5	W	М2	3–5	Е	М2	4–7	С	3
6–8	Е	3	6–8	С	М2	8–12	W	М1
9–12	W	3	9–11	Е	М2	13–15	Е	М1
13–15	Е	3	12–15	С	3	16–20	W	3
16–18	Е	М1	16–18	W	3	21–24	W	3
19–21	С	М2	19–21	W	М2	25–28	W	3
22–24	W	М2	22–24	Е	М1	29–30	W	3
25–27	Е	М1	25–27	W	М1			
28–30	Е	М1	28–31	С	М1			
	W–9 (0) C–7 (–4) E–17 (4)	3–10 (1) M1–9 (1) M2–11 (–2)		W–9 (0) C–11 (1) E–11 (–1)	3–7 (–4) M1–12 (3) M2–12 (1)		W–20 (10) C–4 (–7) E–6 (–3)	3–19 (11) M1–8 (–8) M2–3 (–3)
Примечания 1 ЭСП – элементарный синоптический процесс; 2 А–Е – атлантико–европейский сектор полушария; 3 Т–А – тихоокеано–американский сектор полушария; 4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типов (3, M1, M2) атмосферной циркуляции.								

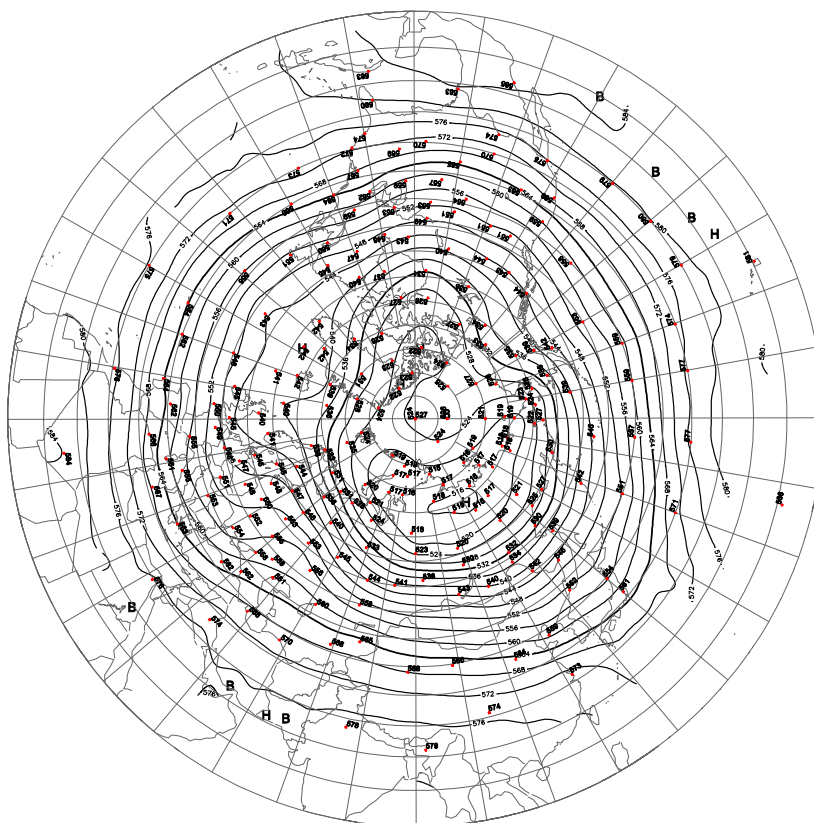


Рисунок 1.1 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за апрель 2008 г.

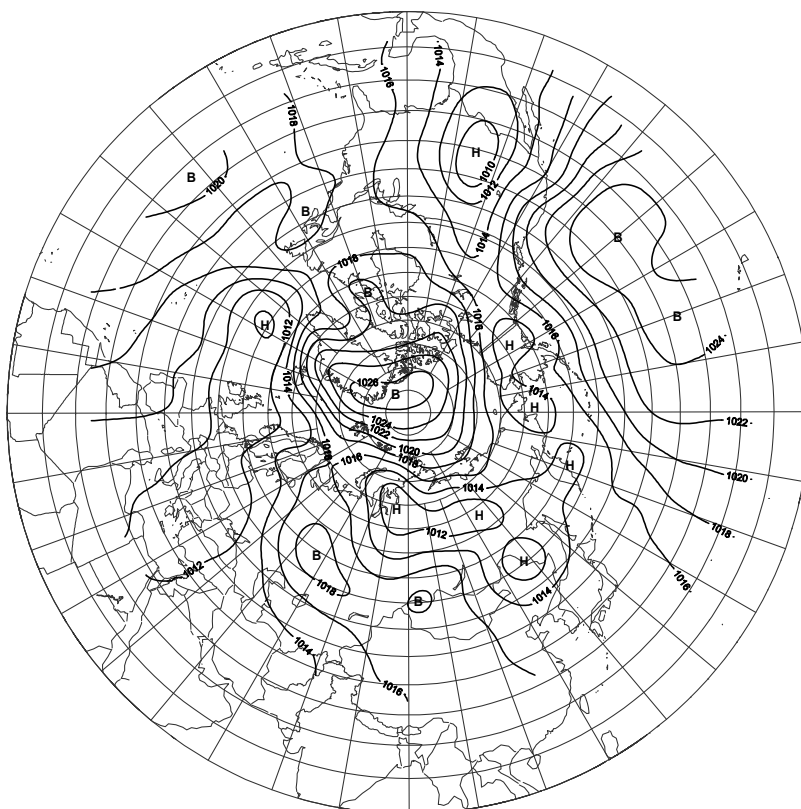


Рисунок 1.2 – Средняя карта приземного давления за апрель 2008 г.

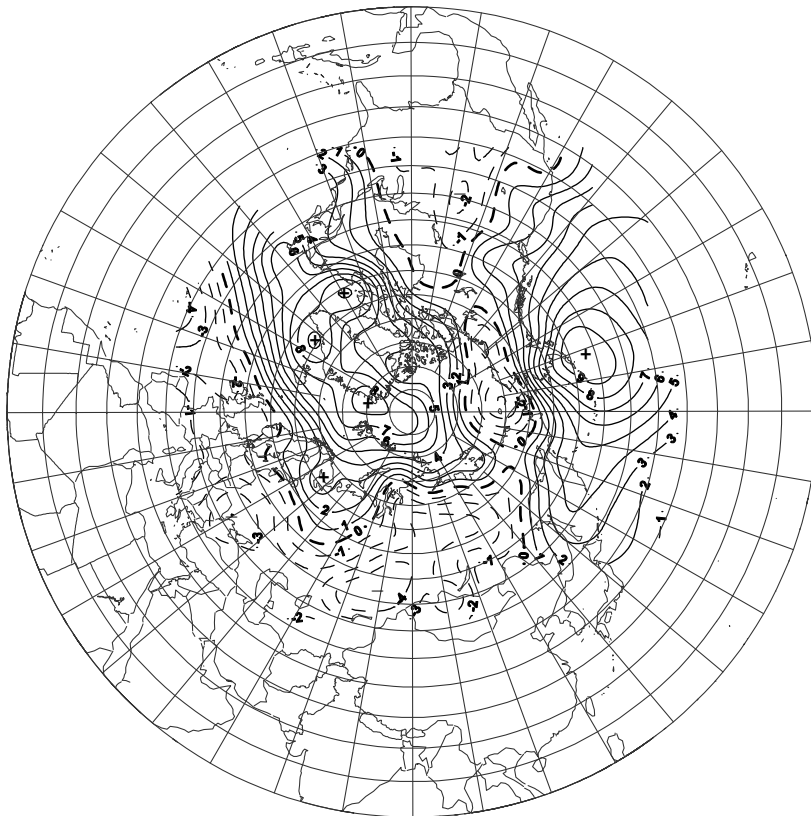


Рисунок 1.3 – Средняя карта аномалий приземного давления за апрель 2008 г.

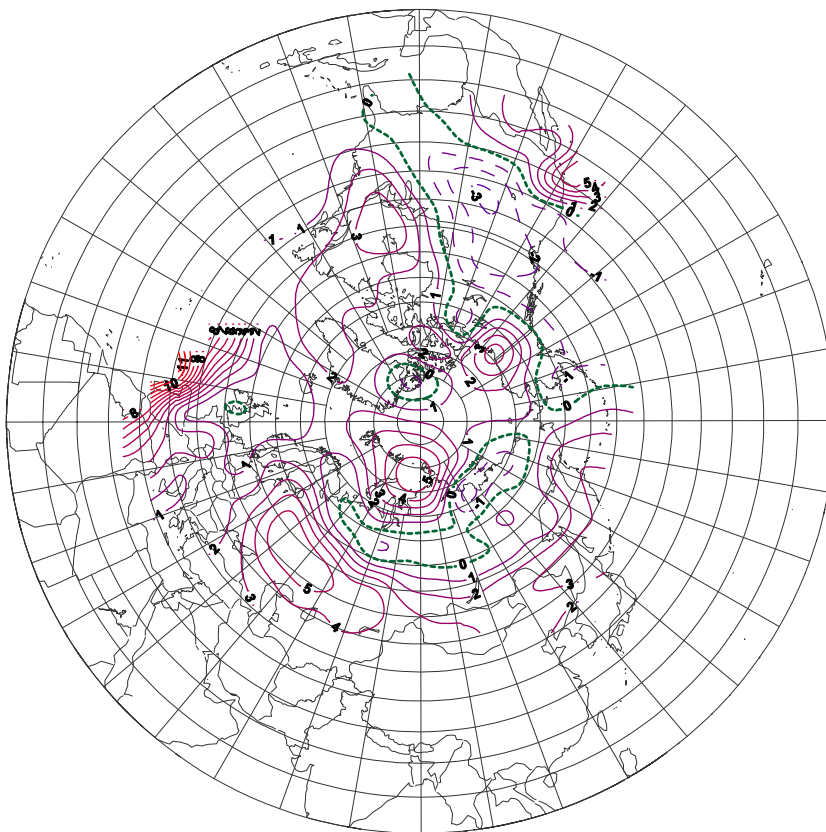


Рисунок 1.4 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за апрель 2008 г.

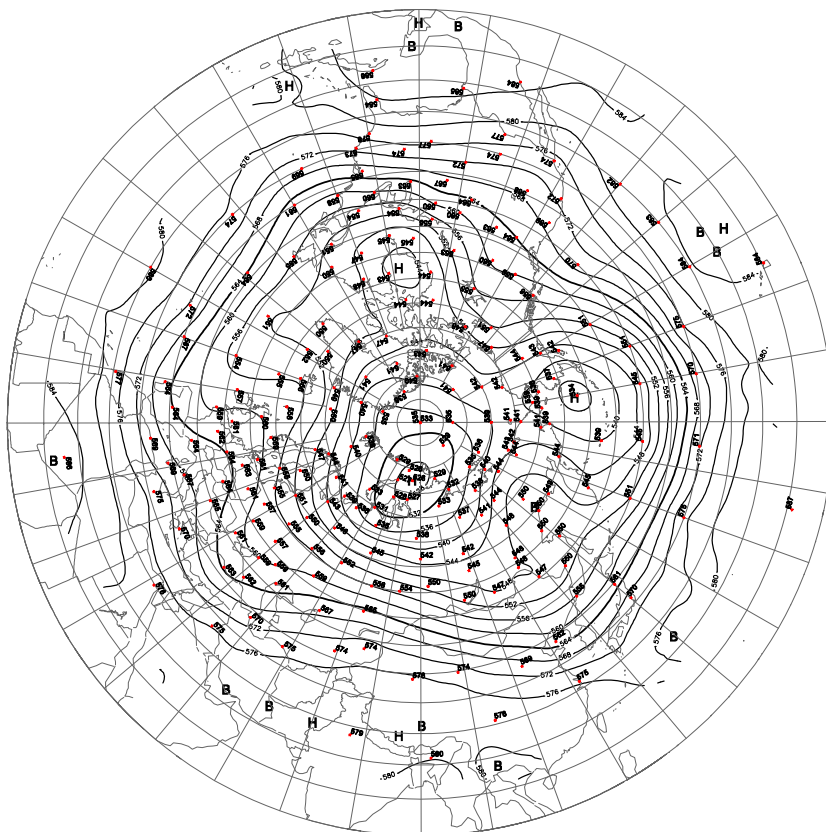


Рисунок 1.5 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за май 2008 г.

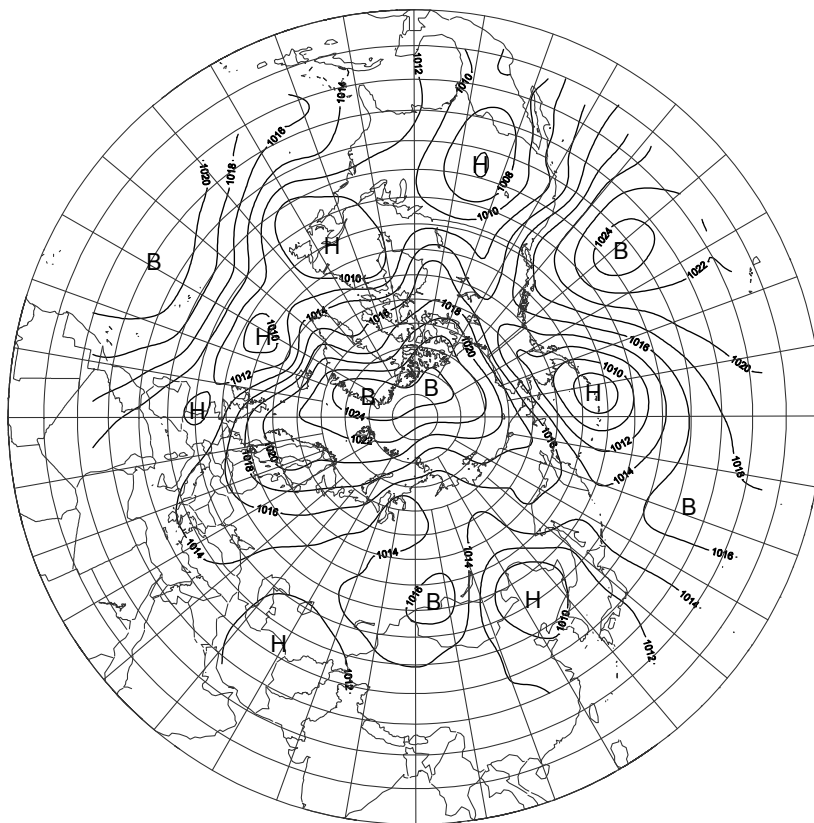


Рисунок 1.6 – Средняя карта приземного давления за май 2008 г.

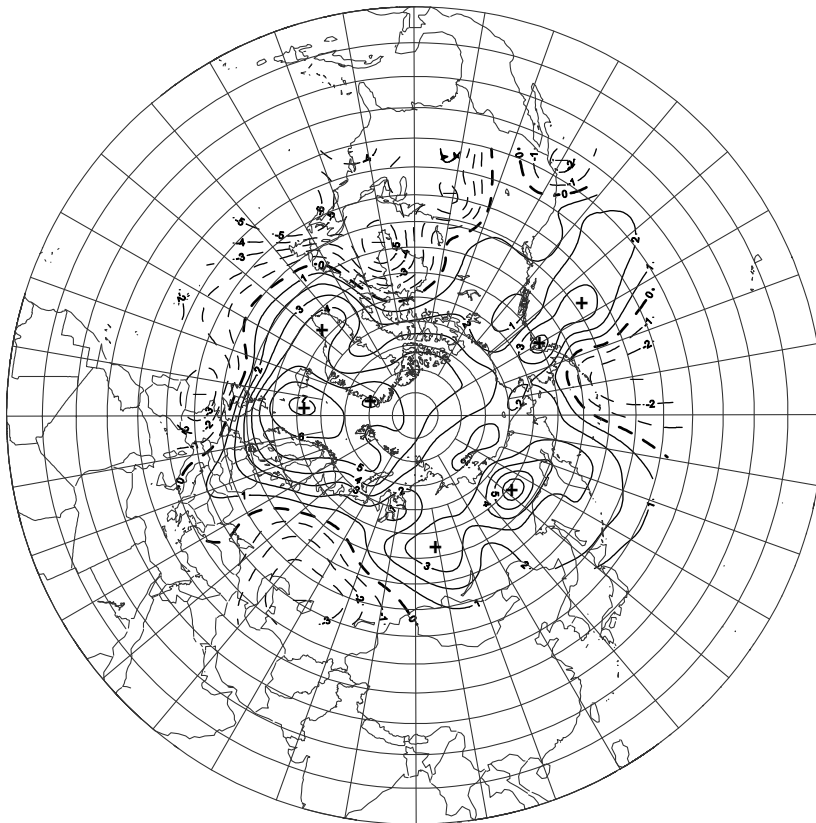


Рисунок 1.7 – Средняя карта аномалий приземного давления за май 2008 г.

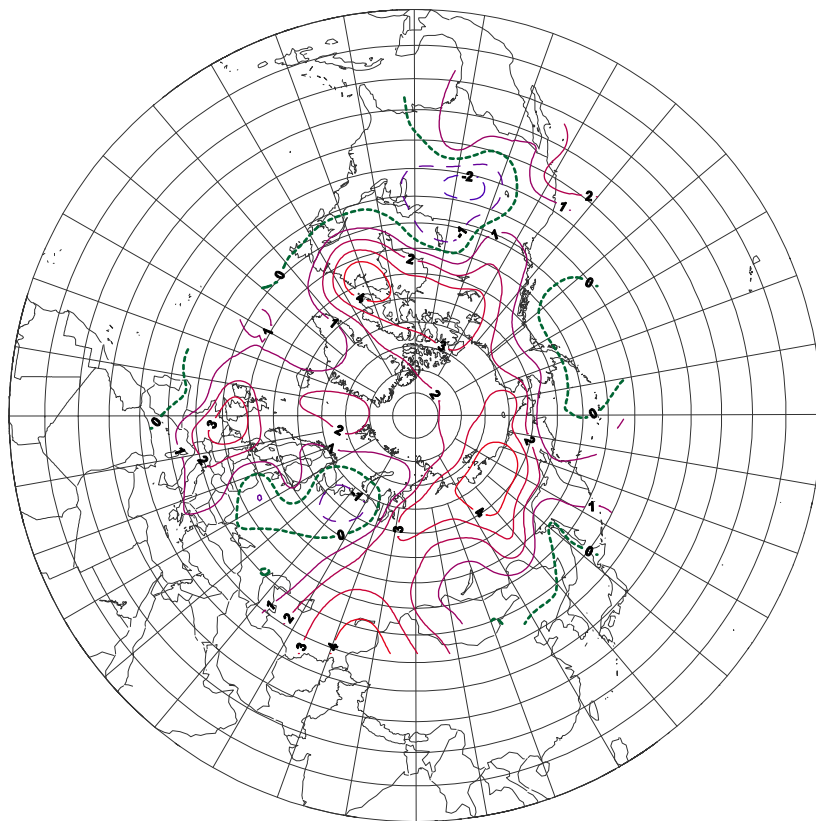


Рисунок 1.8 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за май 2008 г.

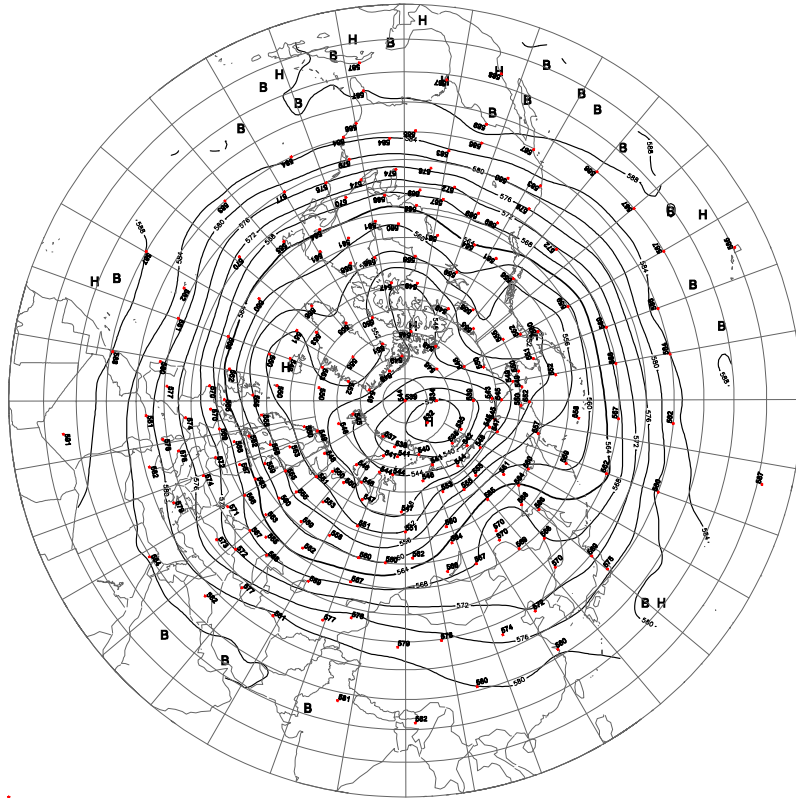


Рисунок 1.9 – Средняя карта изобарической поверхности 500 гПа за июнь 2008 г.

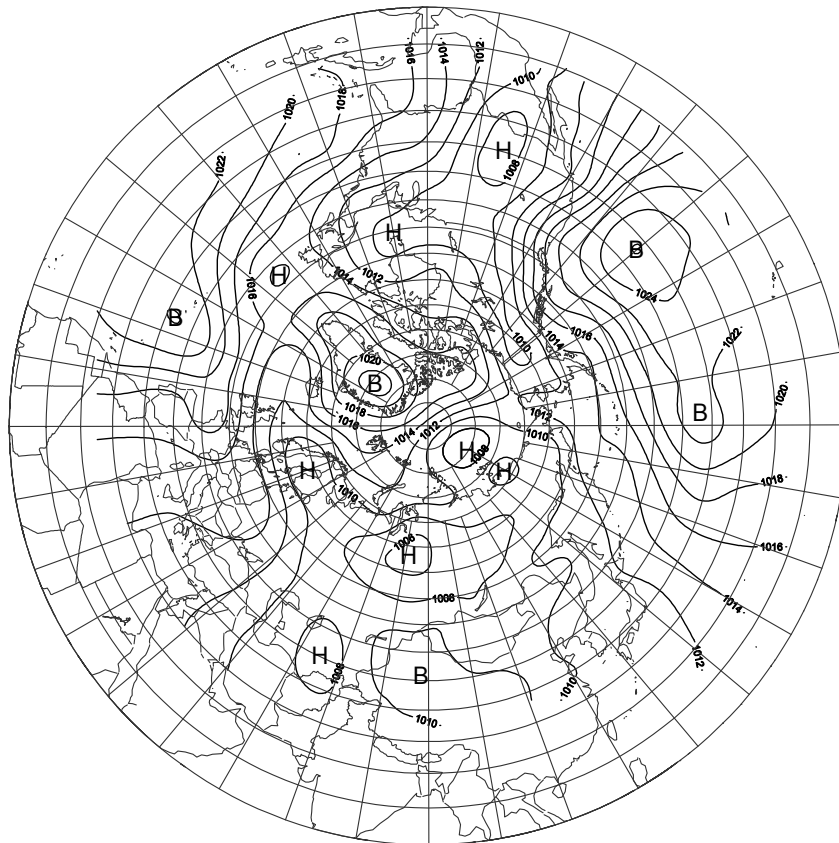


Рисунок 1.10 – Средняя карта приземного давления за июнь 2008 г.

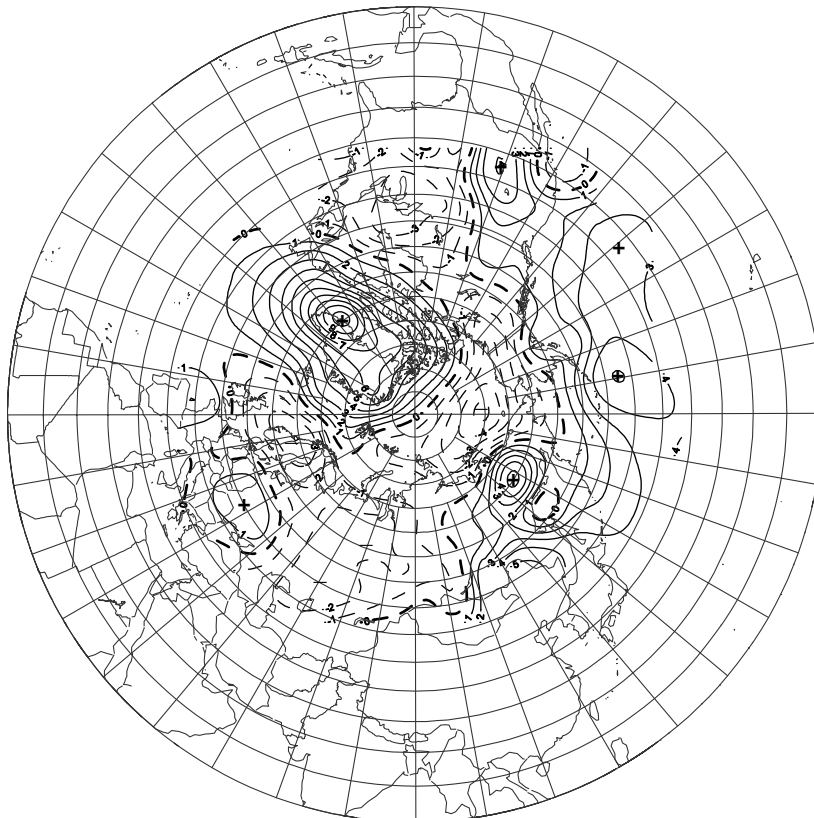


Рисунок 1.11 – Средняя карта аномалий приземного давления за июнь 2008 г.

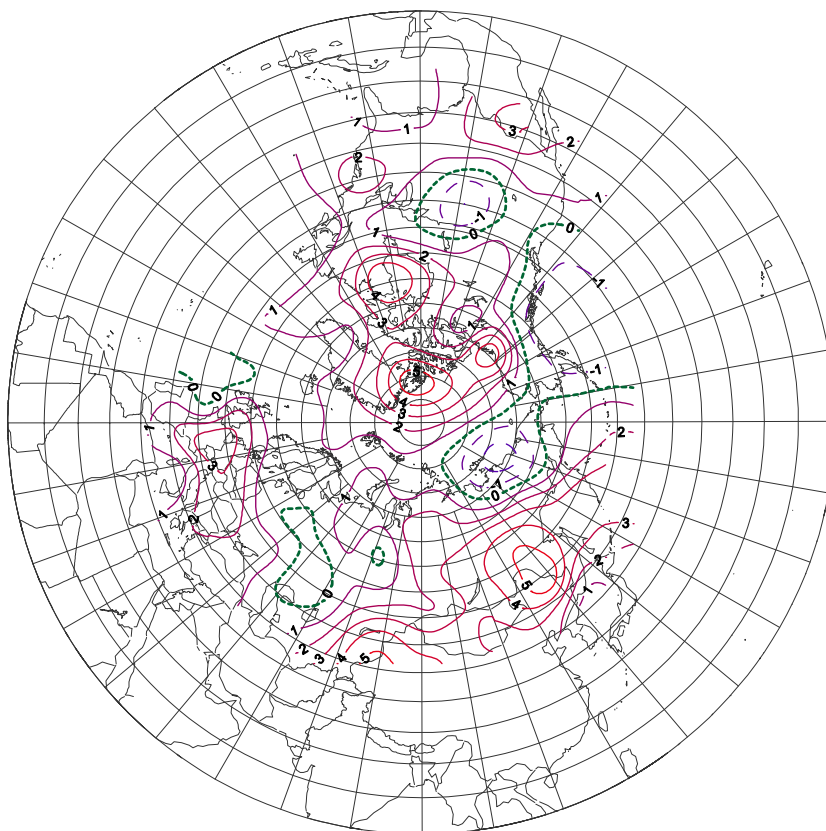


Рисунок 1.12 – Средняя карта аномалий приземной температуры воздуха за июнь 2008 г.



1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области за период апрель–июнь 2008 г.

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха и атмосферным осадкам для периода март–май 2008 г. по тем же самым климатически однородным районам северной полярной области и арктическим морям, что и в предшествующем обзоре за зимний период 2007–2008 гг. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев МПАБ.

Температура воздуха

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

Величины аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2008 года по отдельным широтным зонам (60–85, 60–70 и 70–85 °с.ш.) представлены в таблице 1.2. В весеннем сезоне 2008 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 1,3°C (нормированная аномалия 1,4σ). Весна 2008 г. по рангу теплых лет стала четырнадцатой теплой весной за период с 1936 г. Также невысокими оказались значения аномалий в широтных зонах к северу и к югу от 70°с.ш. Аномалия температуры для широтной зоны 70–85°с.ш. составила 1,6°C (нормированная аномалия 1,6σ), а для широтной зоны 60–70°с.ш. – 0,9°C (нормированная аномалия 1,0σ). Прошедший весенний сезон для этих широтных зон оказался соответственно двенадцатым и двадцатым по рангу теплых лет за период с 1936 г.

Таблица 1.2 – Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2008 г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия, °С	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
70–85	1,6	1,6	12	2007 (3,4)
60–70	0,9	1,0	20	1990 (2,8)
60–85	1,3	1,4	14	1990 (2,8)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2008 г. для отдельных климатических районов выявило лишь один очаг крупных положительных аномалий температуры, который располагался на территории азиатского сектора в Восточносибирском районе (рисунок 1.13, таблица 1.3). Аномалия температуры составила 2,5°C (1,7σ). Весна 2008 г. в Восточносибирском районе стала восьмой теплой весной по рангу теплых лет.

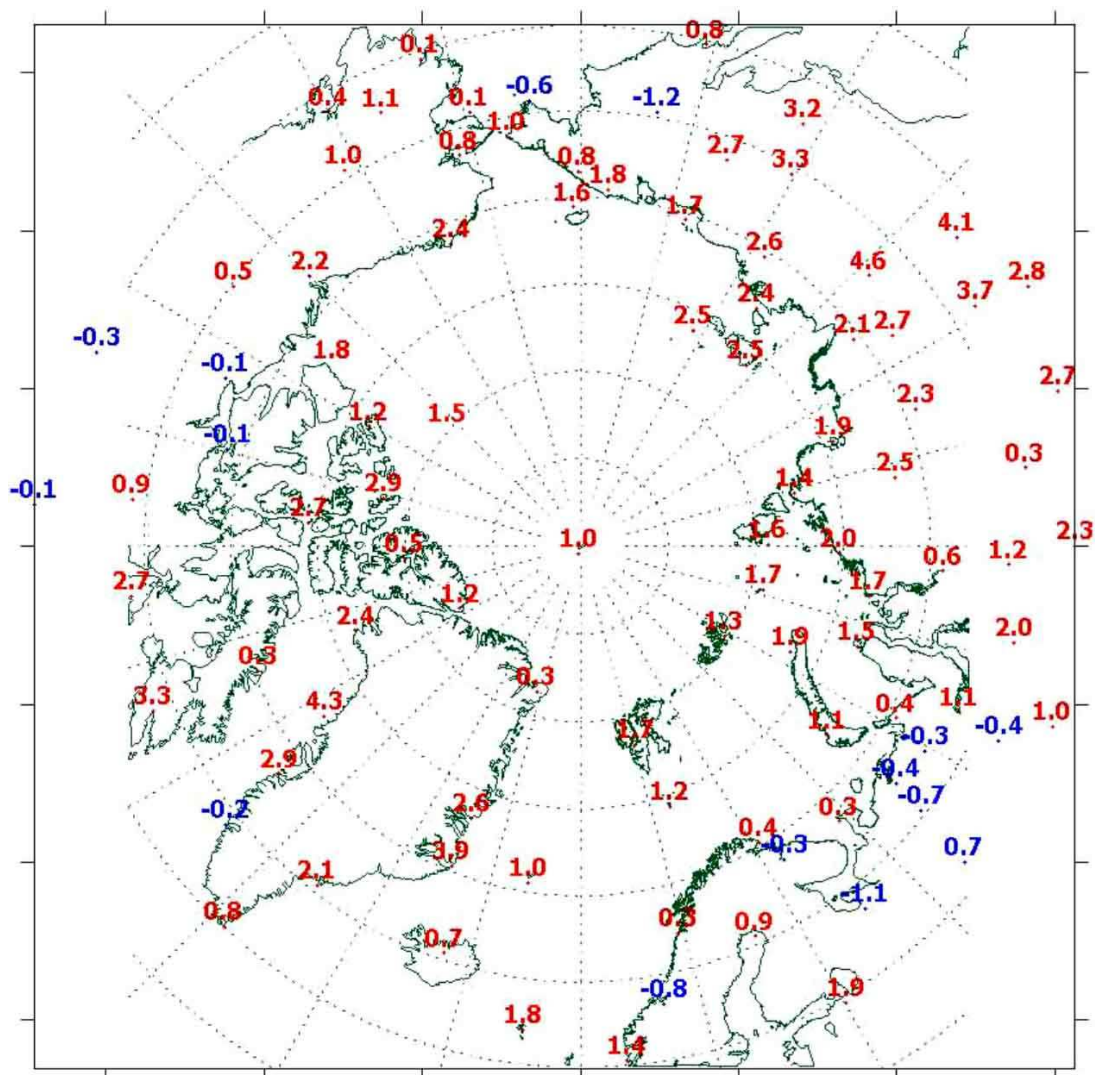


Рисунок 1.13 – Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона на станциях северной полярной области, °С (красным цветом показаны положительные аномалии, голубым – отрицательные)

Таблица 1.3 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за весенний сезон 2008 г. для отдельных районов СПО

Климатический район	Аномалия, °С	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
Атлантический	0,6	0,7	33	2004 (3,5)
Североевропейский	0,4	0,3	38	2007 (2,3)
Западносибирский	1,3	0,7	26	1995 (2,8)
Восточносибирский	2,5	1,7	8	1990 (3,0)
Чукотский	1,4	1,0	20	2002 (3,0)
Аляскинский	1,0	0,5	28	1981 (1,9)
Канадский	1,4	1,3	20	2006 (3,6)



В районах арктических морей и на территории выше 70°с.ш. наблюдались только положительные аномалии температуры. Высокие значения положительных аномалий обнаруживались в морях азиатского сектора (море Лаптевых, Восточно–Сибирское море) и на севере Канадского района. Самая крупная аномалия имела место на севере Канадского района (таблица 1.4). Значение нормированной аномалии составило 1,5 σ .

Таблица 1.4 – Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха за весенний сезон 2008 г. для районов севернее 70°с.ш.

Море, часть климатического района	Аномалия, °С	Нормированная аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (нормированная аномалия)
Сев. часть Гренландского и Норвежского морей	1,2	1,0	22	2004,2006 (3,3)
Баренцево море	0,8	0,5	38	2007 (2,6)
Карское море	1,6	0,8	26	2007 (2,8)
Море Лаптевых	1,9	1,3	12	1943 (3,4)
Восточно–Сибирское море	2,0	1,3	11	1990 (3,4)
Чукотское море	1,1	0,6	26	2002 (2,9)
Море Бофорта	0,7	0,5	32	1990 (2,8)
Сев. часть Канадского района	2,0	1,5	12	2006 (3,1)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85°с.ш. представлены на рисунке 1.14, а для районов арктических морей на рисунке 1.15.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха за весенний сезон СПО и отдельных широтных зон за период 1936–2008 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 1.5). Повышение температуры весеннего сезона составило соответственно 1,0°С, 1,2°С и 1,1°С за 73 года.

Для отдельных климатических районов значимый тренд средней за весенний сезон температуры воздуха присутствует в большинстве районов. Наибольшей величины линейный тренд достигает в Аляскинском районе, где он равен 0,23°С/10 лет (потепление составило 1,7°С за 73 года). В Западносибирском и Канадском районах линейный тренд положителен, но значения статистически не значимы.

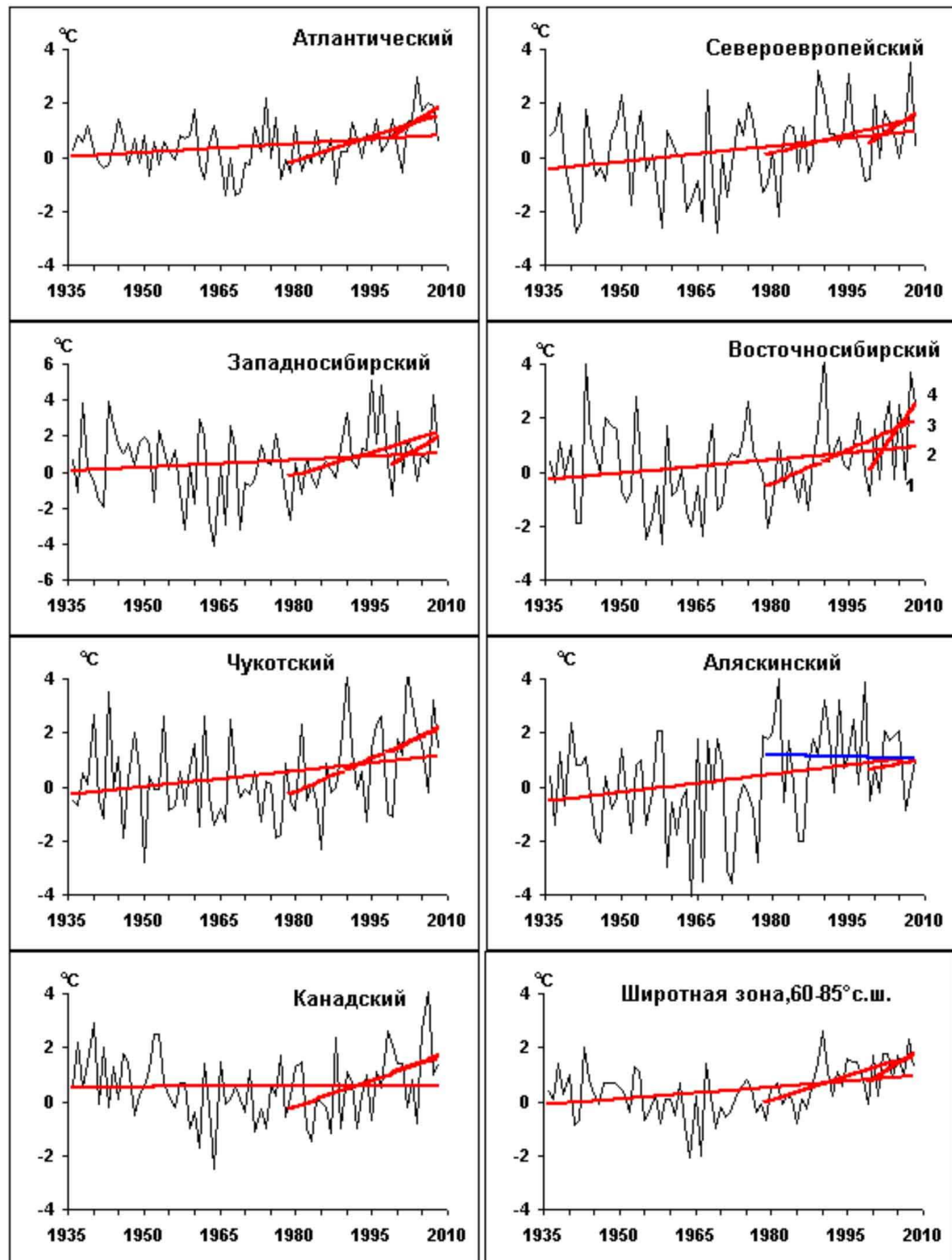


Рисунок 1.14 – Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха, °С (1 – аномалии; 2, 3, 4 – линейный тренд за 1936–2008 гг., 1979–2008 гг. и 1999–2008 гг. соответственно)

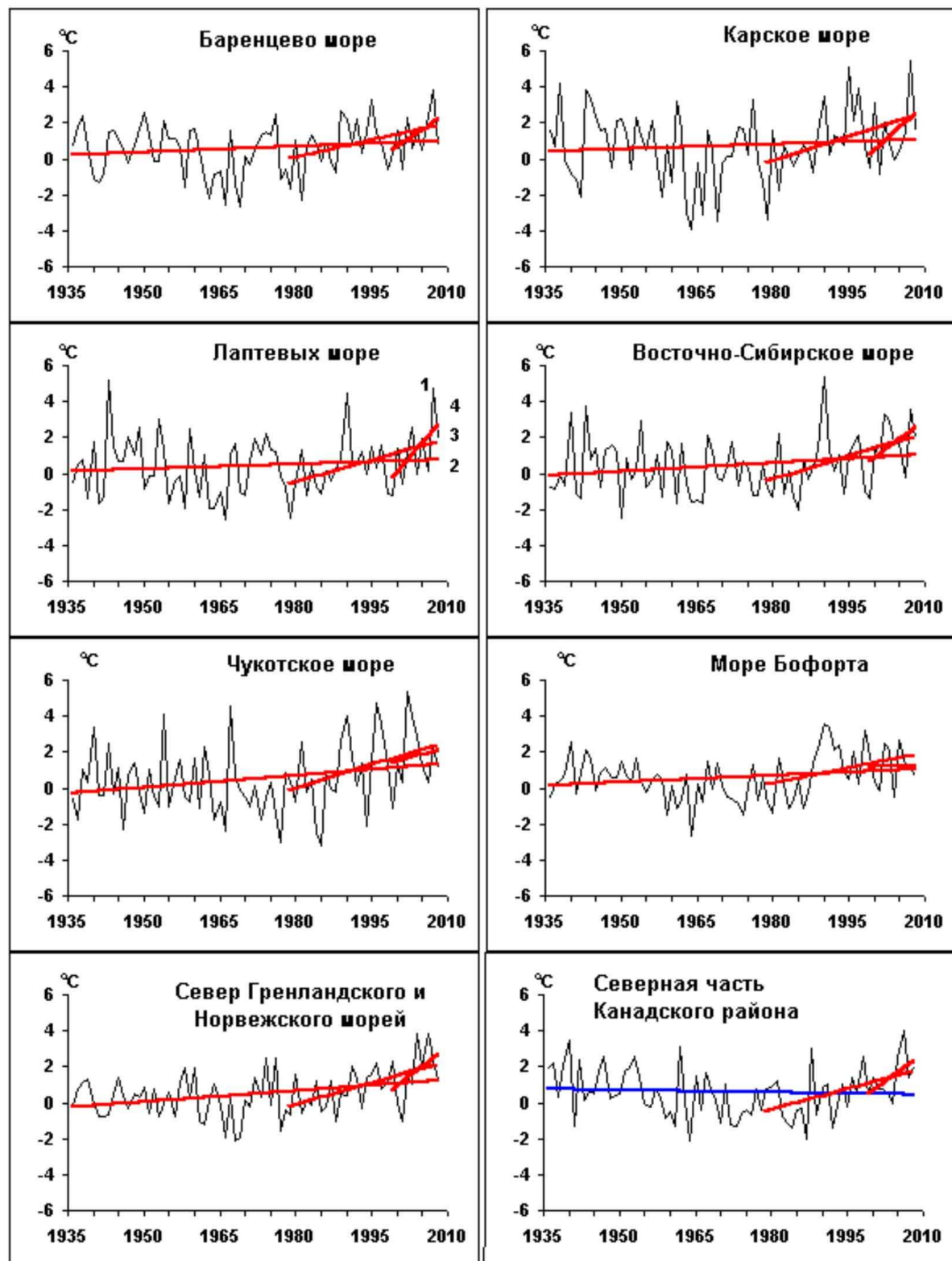


Рисунок 1.15 – Временные ряды аномалий температуры воздуха весеннего сезона, °C (1 – аномалии; 2, 3, 4 – линейный тренд за 1936–2008 гг., 1979–2008 гг. и 1999–2008 гг. соответственно)



Таблица 1.5 – Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха отдельных районов за период 1936–2008 гг.

Район, широтная зона	1936–2008		1979–2008		1999–2008	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Атлантический	0,11	26,6	0,59	58,3	1,20	36,3
Североевропейский	0,20	28,7	0,45	30,7	1,22	29,5
Западносибирский	0,13	15,1	0,84	41,5	1,70	30,3
Восточносибирский	0,17	23,2	0,84	48,7	2,70	50,9
Чукотский	0,20	26,6	0,82	43,6	0,98	18,6
Аляскинский	0,23	27,0	–0,05	2,9	0,36	9,7
Канадский	0,01	1,2	0,64	42,4	0,70	15,2
60–70°с.ш.	0,16	36,3	0,39	49,7	0,54	20,1
70–85°с.ш.	0,13	26,4	0,79	65,3	2,22	64,1
60–85°с.ш.	0,15	34,1	0,58	59,9	1,19	47,2
Примечания 1 Первый столбец – значение линейного тренда в °C/10 лет; 2 Второй столбец – вклад тренда в полную дисперсию D %; 3 Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения.						

Для последнего тридцатилетнего периода 1979–2008 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах характерны статистически значимые положительные тренды весенней температуры. Наиболее высокое значение тренда сохраняется на территории к северу от 70°с.ш. Здесь повышение температуры весеннего сезона составило 2,4°C/30 лет, а к югу от 70°с.ш. только 1,2°C/30 лет. Среди отдельных районов потепление более всего выражено в Западносибирском, Восточносибирском и Чукотском районах. Значение линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха в этих районах составляет около 2,5 °C/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде отмечается сохранение тенденции повышения температуры весеннего сезона.

Таблица 1.6 – Коэффициенты линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха районов арктических морей за период 1936–2008 гг.

Море, часть моря	1936–2008		1979–2008		1999–2008	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Сев. часть Гренландского и Норвежского морей	0,20	35,1	0,80	55,9	2,15	42,9
Баренцево море	0,11	16,3	0,64	40,8	1,85	44,0
Карское море	0,09	9,9	0,90	42,3	2,55	40,7
Море Лаптевых	0,09	11,7	0,81	45,1	3,27	57,3
Восточно-Сибирское море	0,16	21,1	0,86	44,0	2,09	40,9
Чукотское море	0,22	25,1	0,88	37,9	0,81	12,8
Море Бофорта	0,12	21,0	0,57	35,3	0,01	0,3
Примечания 1 Первый столбец – значение линейного тренда в °C/10 лет; 2 Второй столбец – вклад тренда в полную дисперсию D %; 3 Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения						



В районах всех арктических морей статистически значимое повышение температуры весеннего сезона прослеживается с последнего 30-ти летнего периода (таблица 1.6). Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха отмечается в районах Карского и Чукотского морей. За 1979–2008 гг. весенняя температура воздуха в этих районах повысилась на 2,7°C/30 лет.

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 1.7 представлены относительные аномалии (в %) сумм осадков за холодный сезон 2007/08 г. в целом для СПО и для отдельных широтных зон. В целом для СПО осадков в холодном сезоне 2007/08 г. выпало чуть больше нормы (на 4 %) из-за более обильного количества осадков в широтной зоне 70–85°с.ш. (на 22 %). Такое количество осадков в широтной зоне 70–85°с.ш. отмечено впервые за весь период с 1936 года (таблица 1.7). К югу от 70°с.ш. в зимнем сезоне осадков выпало чуть менее нормы (на 1 %).

Таблица 1.7 – Относительные аномалии сумм осадков в зимнем сезоне 2007/08 гг., %

Широтная зона	Холодный период	Наибольшее значение	Наименьшее значение
60–70°с.ш.	99,1	2007 (115 %)	1941 (77 %)
70–85°с.ш.	121,8	2008 (122 %)	1977 (85 %)
60–85°с.ш.	104,0	2007 (114 %)	1941 (81 %)

В таблице 1.8 представлены оценки изменения сумм осадков холодного сезона с 1935/36 по 2007/08 гг. по северным (70–85°с.ш.) и южным (60–70°с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рисунке 1.16 приведен многолетний ход сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70°с.ш.

Таблица 1.8 – Параметры линейного тренда сумм осадков холодного сезона за период 1935/36–2007/08 гг.

Район, широтная зона	Bx	% от нормы	D
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	9,20	7,9	21,9
Скандинавия и север ЕТР	16,71	40,2	71,7
Западная Сибирь	10,65	28,8	66,4
Восточная Сибирь	2,92	14,2	39,3
Чукотка	0,01	0,0	0,1
Аляскинский (южная часть)	2,20	9,4	13,3



Район, широтная зона	Вх	% от нормы	D
Канадский (южная часть)	1,53	8,1	20,0
60–70°с.ш.	6,29	15,3	54,0
Сев. часть Гренландского и Норвежского морей	9,42	29,2	47,5
Баренцево море	6,50	21,0	52,0
Карское море	–0,62	–3,4	6,7
Море Лаптевых	–3,56	–21,3	39,2
Восточно–Сибирское и Чукотское моря	–8,26	–41,1	54,9
Аляскинский (северная часть)	–0,68	–11,1	6,9
Канадский (северная часть)	2,02	24,6	31,6
70–85°с.ш.	0,84	4,4	15,7
Атлантический	9,24	10,5	30,6
Североевропейский	12,51	33,4	74,8
Западносибирский	5,90	20,3	58,4
Восточносибирский	0,44	2,3	7,5
Чукотский	–3,18	–12,2	22,5
Аляскинский	1,72	8,4	12,6
Канадский	1,73	11,6	29,8
60–85°с.ш.	4,12	12,3	50,3
Примечание 1 Первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет; 2 Второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднесезонного значения за 73 года; 3 Третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию D %; 4 Жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды			

В холодных сезонах периода 1936–2008 г. осадки более всего выросли в Скандинавии и севере ЕТР, в Западной и Восточной Сибири. Рост сумм твердых осадков составил здесь от 14 до 40 % от нормы.

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 21 до 29 % от нормы. В то же время отмечается уменьшение от 3 до 41 % 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 1936–2008 гг. является сохранение тенденции статистически значимого увеличения твердых осадков в целом по региону (на 12,3 %) и к югу от 70°с.ш. (на 15,3 % от нормы).

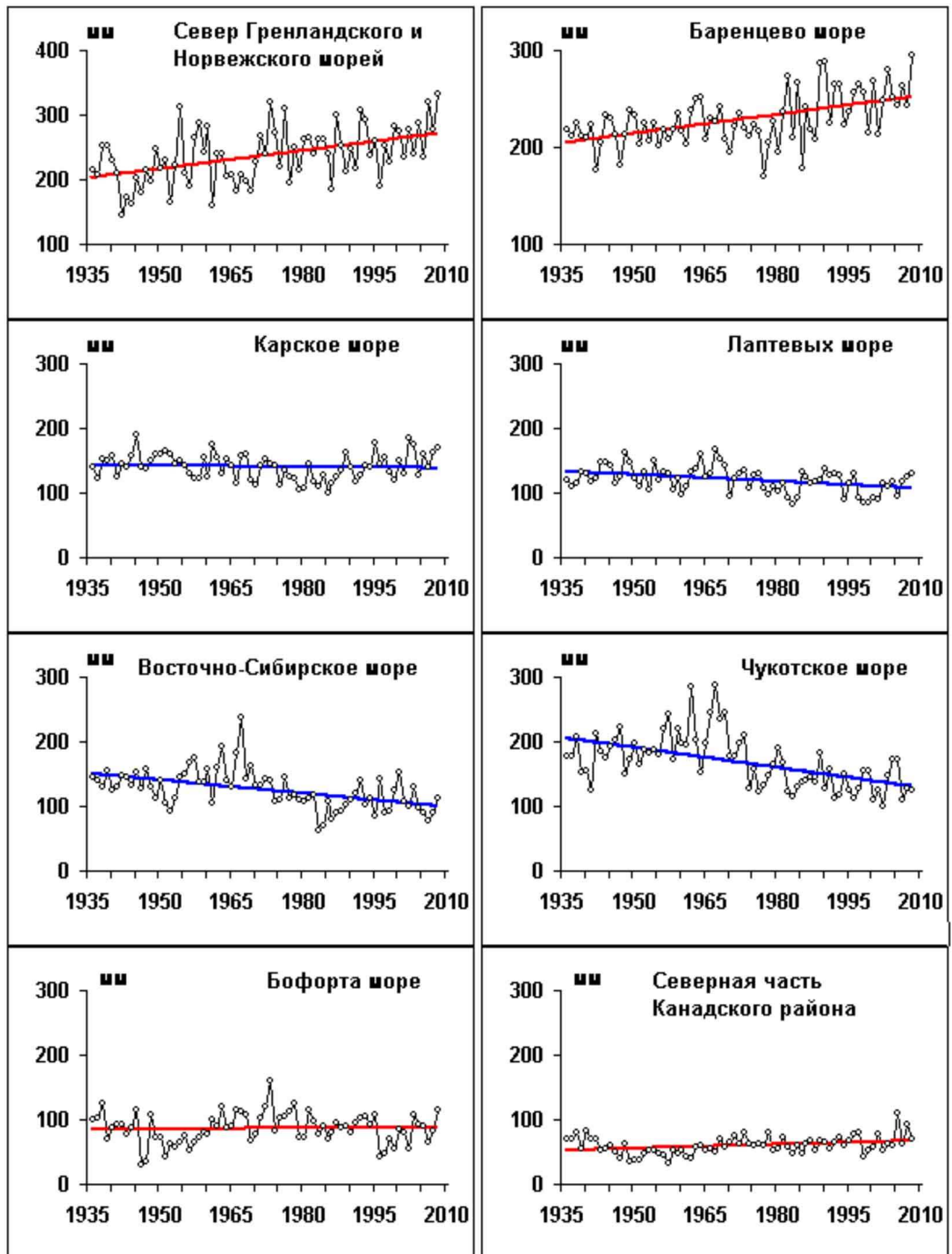


Рисунок 1.16 – Многолетний ход сумм осадков холодного сезона, мм

2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле–июне 2008 года

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель–июнь 2008 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле–июне 2008 года получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ГУ «ААНИИ» на дрейфующей станции «СП–35» и ряда международных проектов (рисунок 2.1).

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

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5 % и 50 % (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945–2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945–1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960–1979 гг., Национального ледового центра США за 1972–2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968–1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970–2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2007 года выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (<http://nsidc.org>).

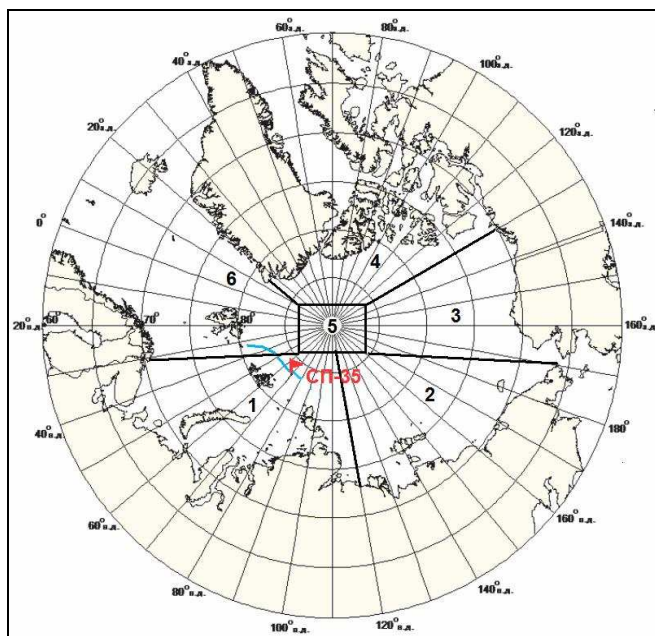


Рисунок 2.1 – Районы Северного Ледовитого океана (1–западный район российского сектора; 2–восточный район российского сектора; 3–алаский сектор; 4 канадский сектор; 5–приполюсный район; 6– гренландский сектор) и дрейф «СП–35» в апреле–июне 2008 года

Развитие ледовых условий в весенний период 2008 г. проходило на фоне положительных аномалий температуры воздуха в Арктике, преобладания однолетних льдов в западном и восточном районах российского сектора Арктики, сокращения количества старых льдов в результате их выноса из океана и увеличения количества однолетних льдов.

Сохранилась тенденция более медленного нарастания толщины льда, которая наблюдалась все зимние месяцы 2008 года. Сформировавшиеся к началу апреля отрицательные аномалии толщины льда в западном и восточном районах российского сектора Арктики сохранились и в весенний период. На момент достижения максимальной толщины ледяного покрова, который наблюдается в конце мая, отрицательные аномалии толщины льда наблюдались во всех морях российского сектора Арктики. Наиболее крупные аномалии толщины составили от 15 до 30 см и наблюдались в западных морях – Баренцевом, Карском, Лаптевых (рисунок 2.2).

Старые льды отмечались только в море Лаптевых.

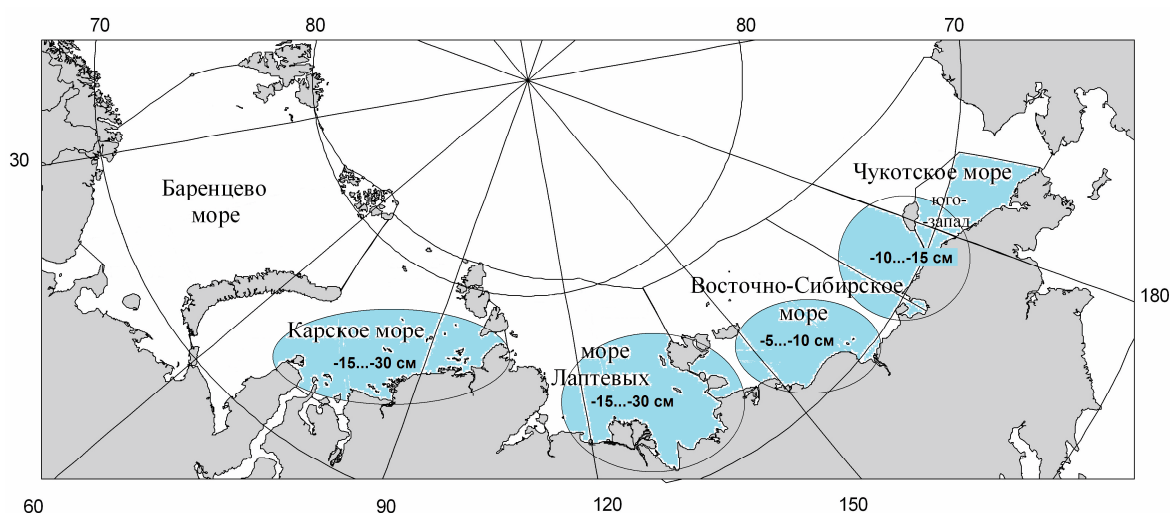


Рисунок 2.2 – Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2008 г. (конец мая)

Измерения морфометрических характеристик льда на дрейфующей станции «СП–35» также показали замедленную интенсивность нарастания толщины льда. Рост толщины льда наблюдался до первой декады мая. За период с конца марта по первую декаду мая увеличение толщины льда составило 10 см (с 272 см до 282 см). Увеличение толщины льда происходило в среднем по 2 см за декаду, что для этого периода близко к среднегодовым значениям. Уже со второй половины мая увеличение толщины ледяного покрова не наблюдалось, а с начала июня начало отмечаться уменьшение толщины льда и уменьшение высоты снежного покрова. 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 2008 года оказалась больше среднемноголетней. По данным измерений высота снега на начало мая составила 50 см при характерной среднемноголетней высоте снега в этом районе составляющей около 40 см.

Ход изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямых измерений на полигоне «СП–35» приведены на рисунке 2.3.

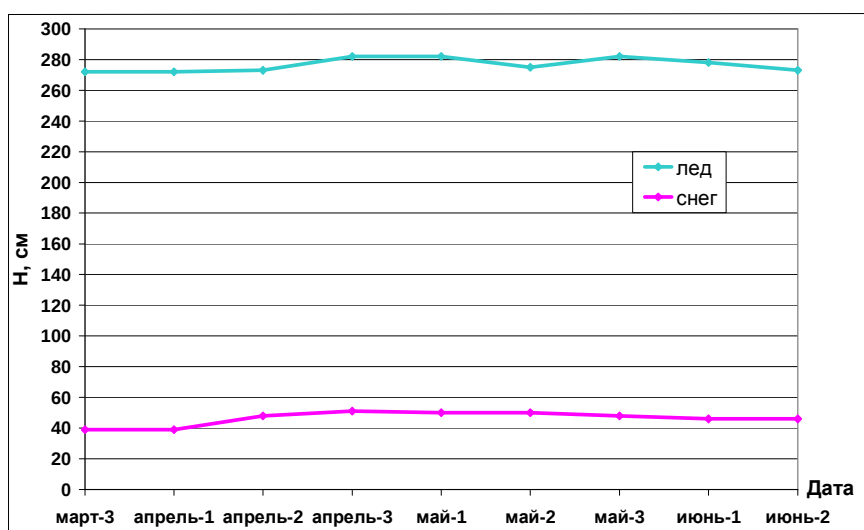


Рисунок 2.3 – Изменения толщины льда и высоты снежного покрова по данным прямым измерений на дрейфующей станции «СП–35»

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 2.4–2.12.

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ГУ «ААНИИ», во втором квартале года оказалось на 10 % меньше среднемноголетнего значения за счет малой ледовитости морей западного района российского секторов Арктики – Гренландского и Баренцева (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 и мая 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 месяц.

Старые льды наблюдались только в канадском, аляскинском и гренландском секторах Арктики (рисунок 2.5, 2.8, 2.11). Необходимо отметить, что по сравнению с зимними месяцами старые льды в результате дрейфа вышли из приполюсного района Арктики. Непосредственно в приполюсном районе остались только однолетние дрейфующие льды (рисунок 2.5, 2.8).

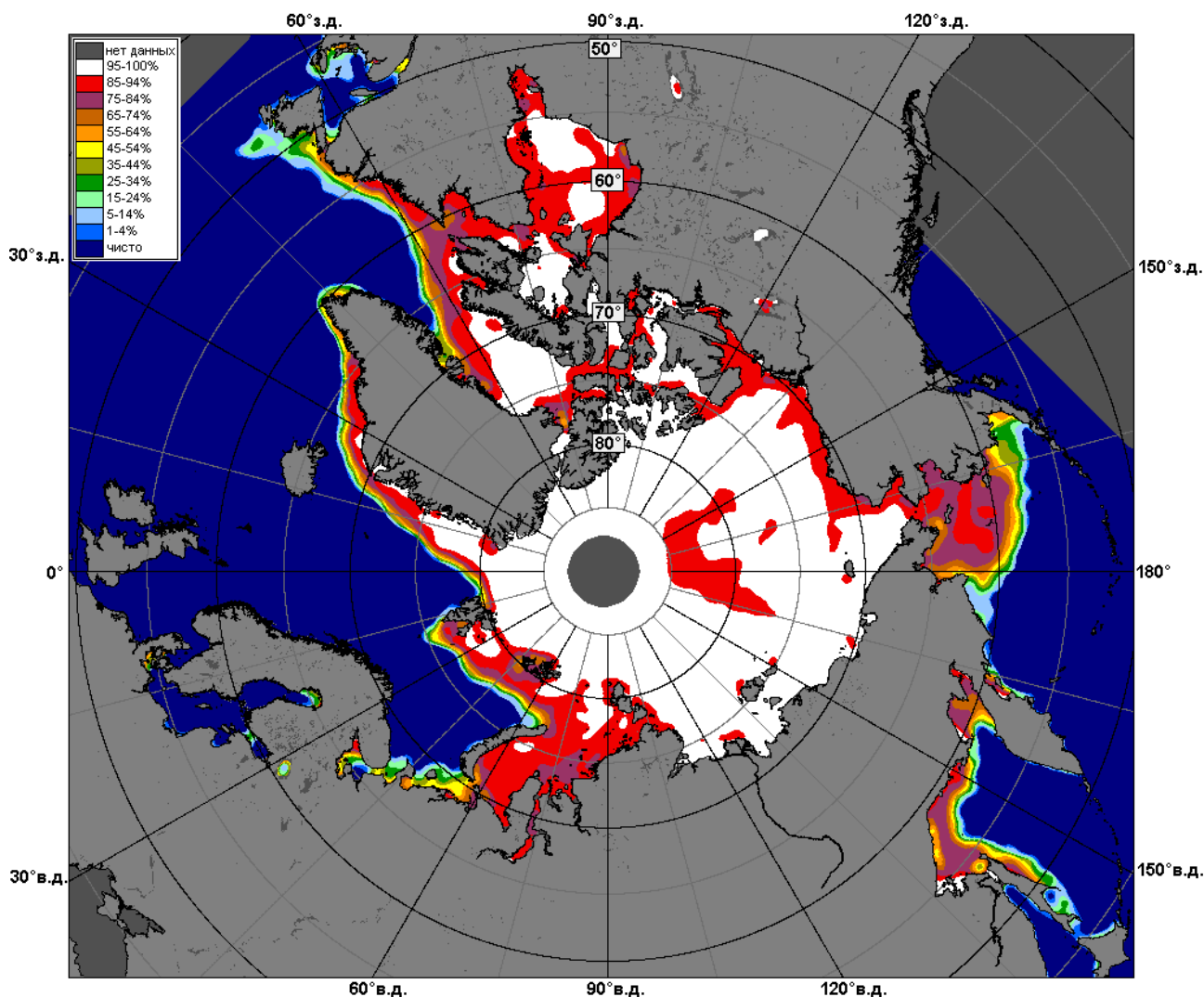


Рисунок 2.4 – Среднемесячное распределение сплоченности льда в апреле 2008 г.

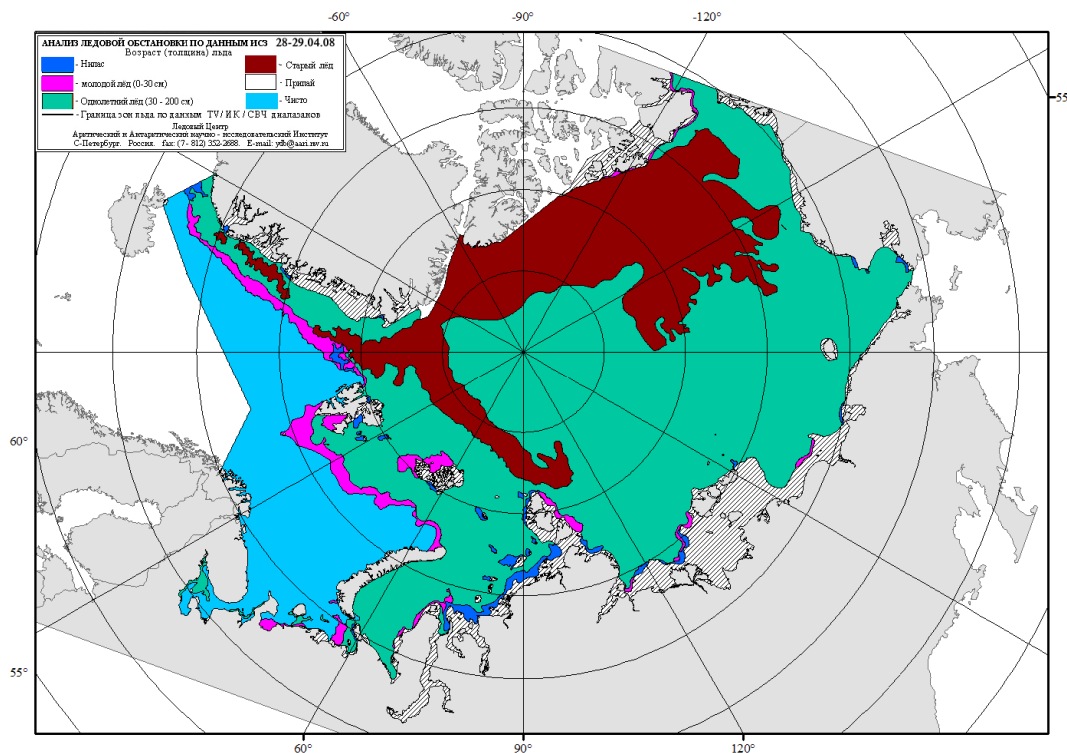


Рисунок 2.5 – Возрастной состав и распределение льда в конце апреля 2008 г.

Развитие припая в российских арктических морях в течение весенних месяцев проходило с меньшей интенсивностью. Во втором квартале сохранялась тенденция, наметившаяся в зимние месяцы 2008 года – пониженная площадь припая и увеличенная площадь заприпайных полыней.

Площадь припая практически во всех морях была меньше среднемноголетних значений, кроме Чукотского побережья. В конце мая суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 465 тыс. кв. км при норме 618 тыс. кв. км, или почти на 20 % меньше среднемноголетних значений, как и в первом квартале.

Развитие заприпайных полыней в этих морях, наоборот превысило среднемноголетние значения. В конце мая, при среднемноголетней площади заприпайных полыней оцениваемой в 130 тыс. кв. км, наблюдаемое развитие полыней составило 210 тыс. кв. км, что 60 % больше. Развитие заприпайных полыней связано с преобладающим характером западного, северо–западного дрейфа. В моря западного района российского сектора Баренцево и Карское моря наблюдался небольшой принос льда и развитие полыней вдоль восточных берегов моря.

Значительно больше нормы было вынесено льда из морей восточного района российского сектора Арктики – Лаптевых и Восточно–Сибирского, которое также приводило к развитию обширных заприпайных полыней, 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).

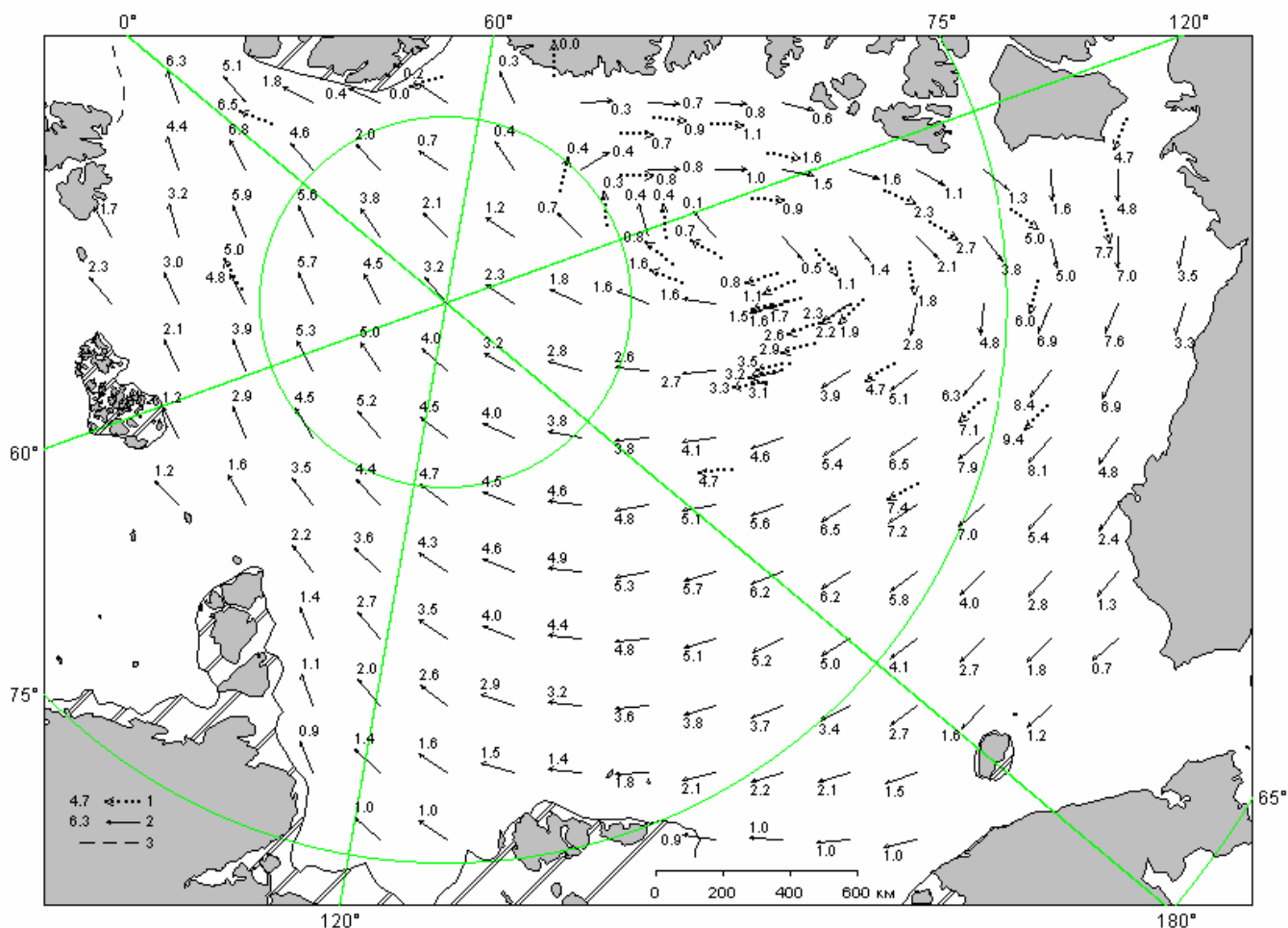


Рисунок 2.6 – Поле результирующего дрейфа льда за апрель 2008 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда)

Вынос льда из Северного Ледовитого океана через пролив Фрама был больше нормы почти на 40 % (280 тыс. кв. км при норме 197 тыс. кв. км).

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 в западной части моря Лаптевых и море Бофорта (рисунки 2.5, 2.8, 2.11), а также по дрейфу станции «СП–35» (рисунок 2.13).

В западной части моря Лаптевых южная оконечность языка старых льдов с апреля по июнь переместилась в юго–западном направлении приблизительно на 100–120 км. В море Бофорта массив старых льдов в своей южной части переместился в северо–западном направлении (южная оконечность переместилась со 160° з.д. до 170° з.д., а в северной части наблюдалось его перемещение в северном направлении в соответствии с генеральным дрейфом антициклонической циркуляции в аляскинском и канадском секторах Арктики.

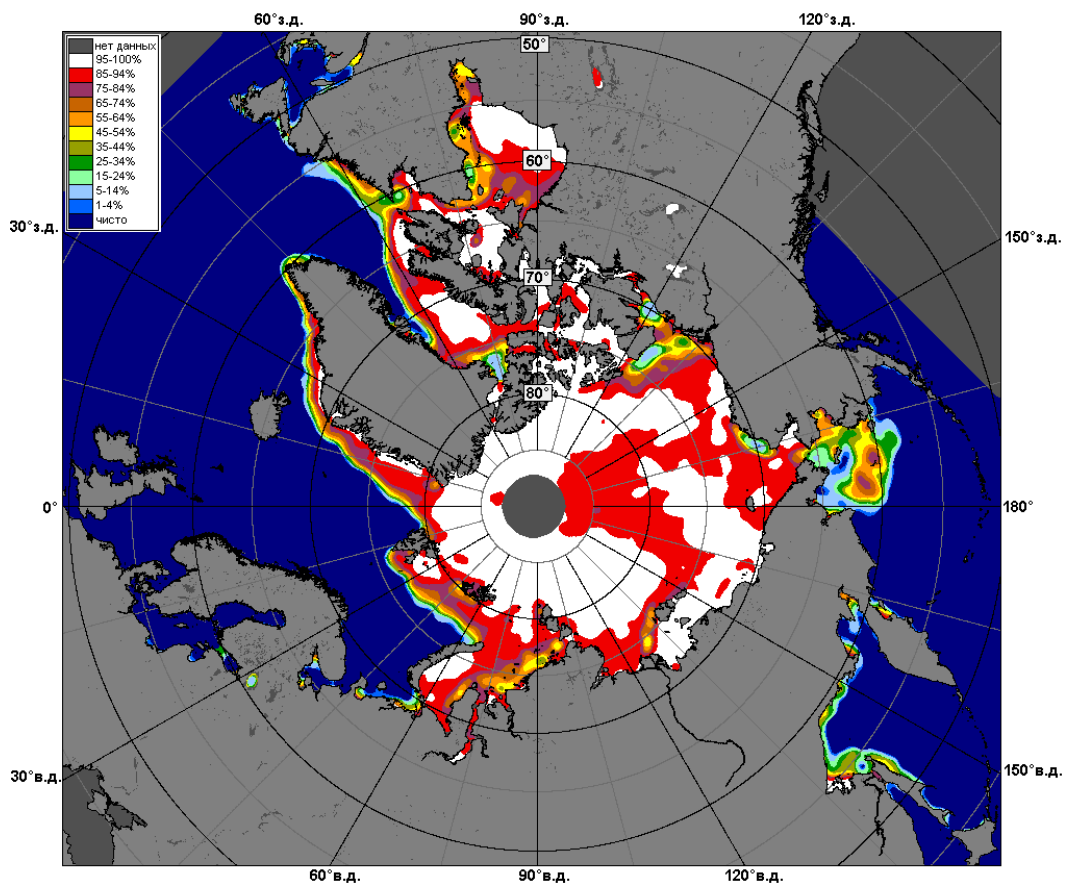


Рисунок 2.7 – Среднемесячное распределение сплоченности льда в мае 2008 г.

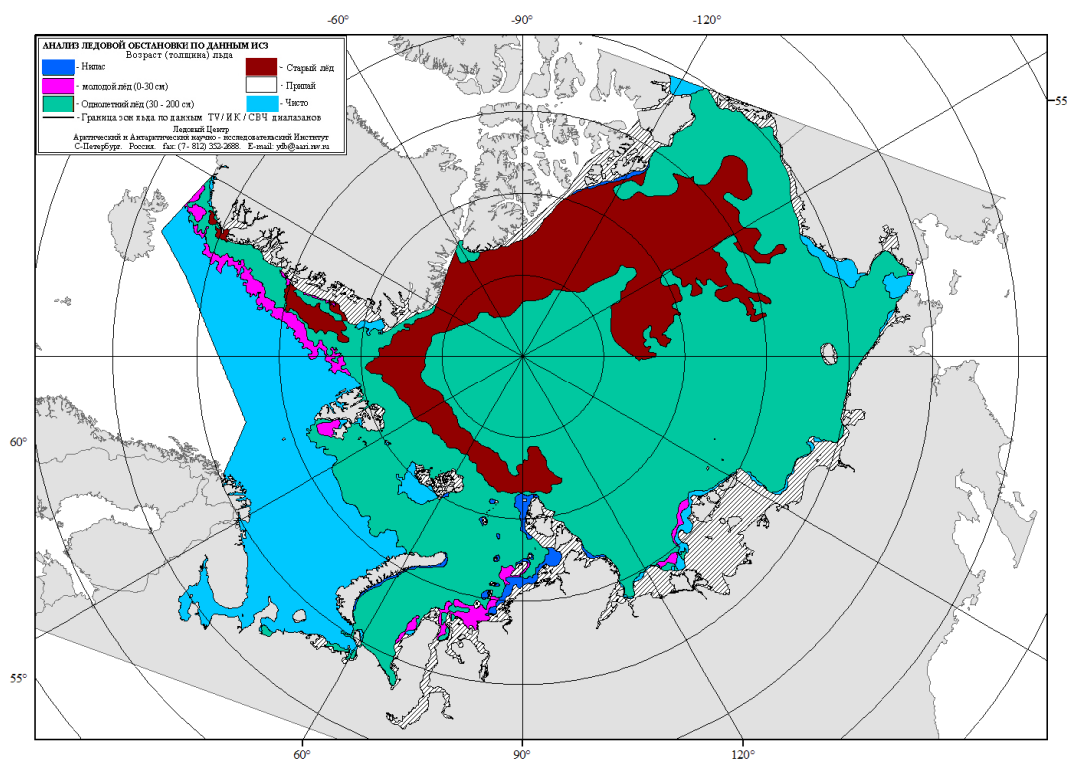


Рисунок 2.8 – Возрастной состав и распределение льда в конце мая 2008 г.

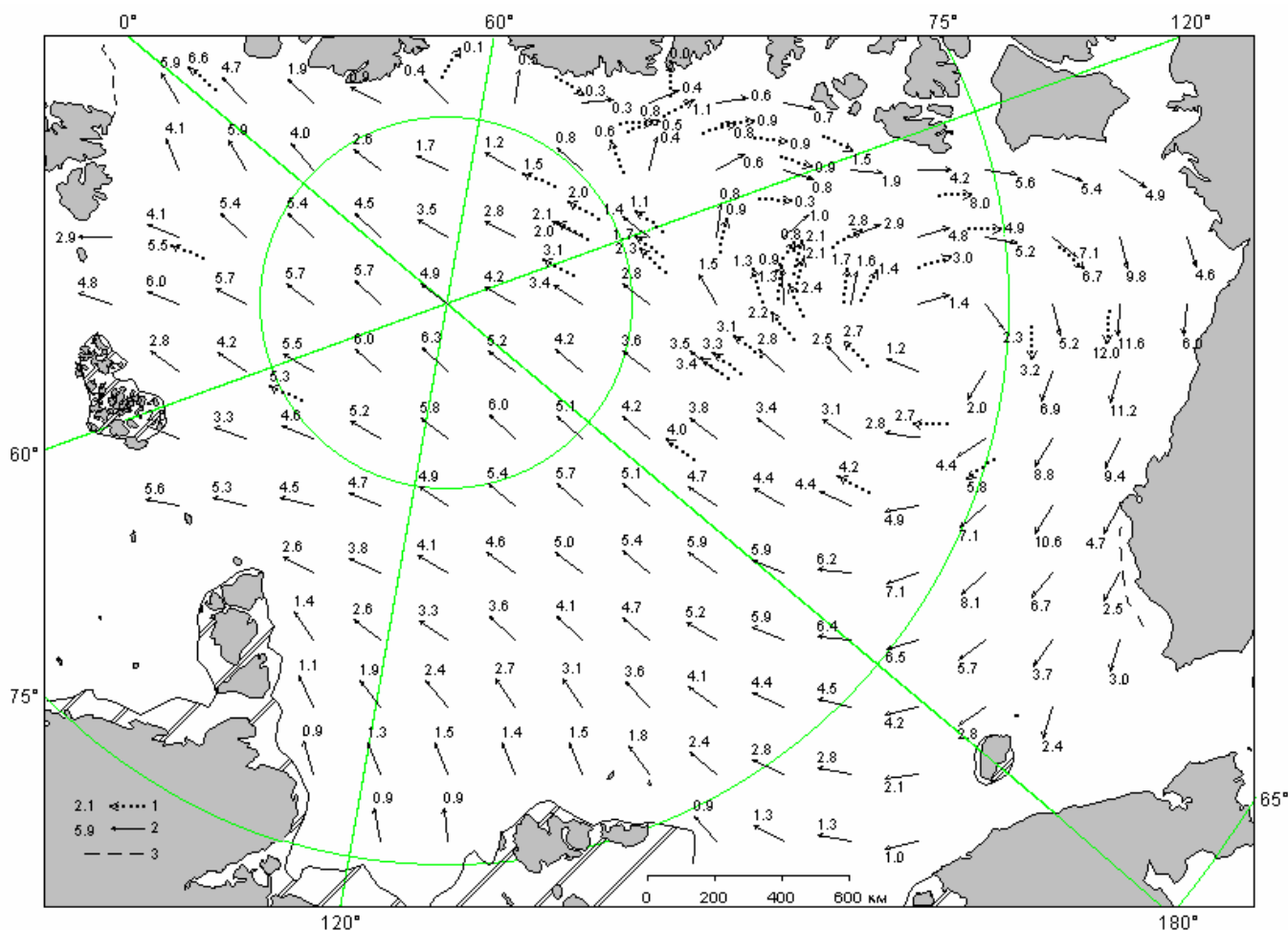


Рисунок 2.9 – Поле результирующего дрейфа льда за май 2008 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда)

Дрейф станции «СП-35» составил около 8–10 км в сутки в генеральном направлении на юго-запад (рисунок 2.13).

В конце мая 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 и приполюсного района. Старые льды наблюдались преимущественно в канадском и гренландском секторах Арктики. Принципиального изменения в распределении льдов во втором квартале 2008 года по сравнению с первым кварталом 2008 года не произошло.

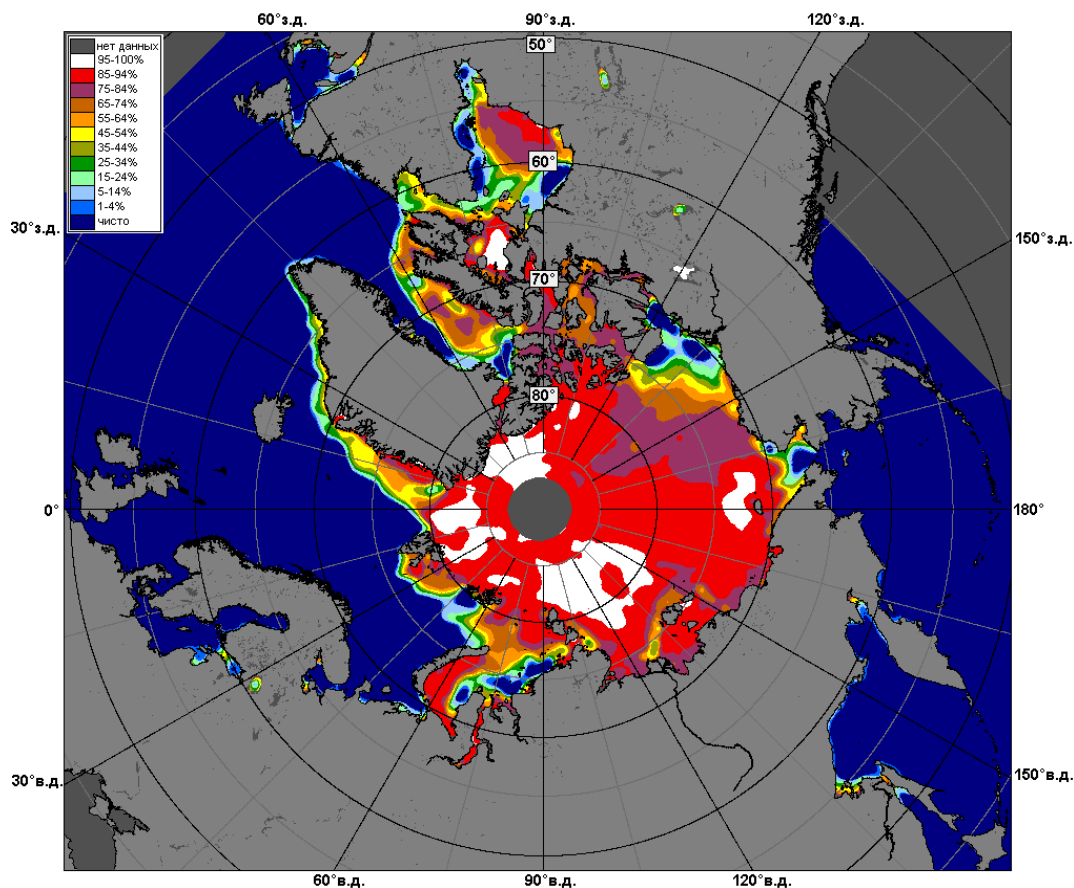


Рисунок 2.10 – Среднемесячное распределение сплоченности льда в июне 2008 г.

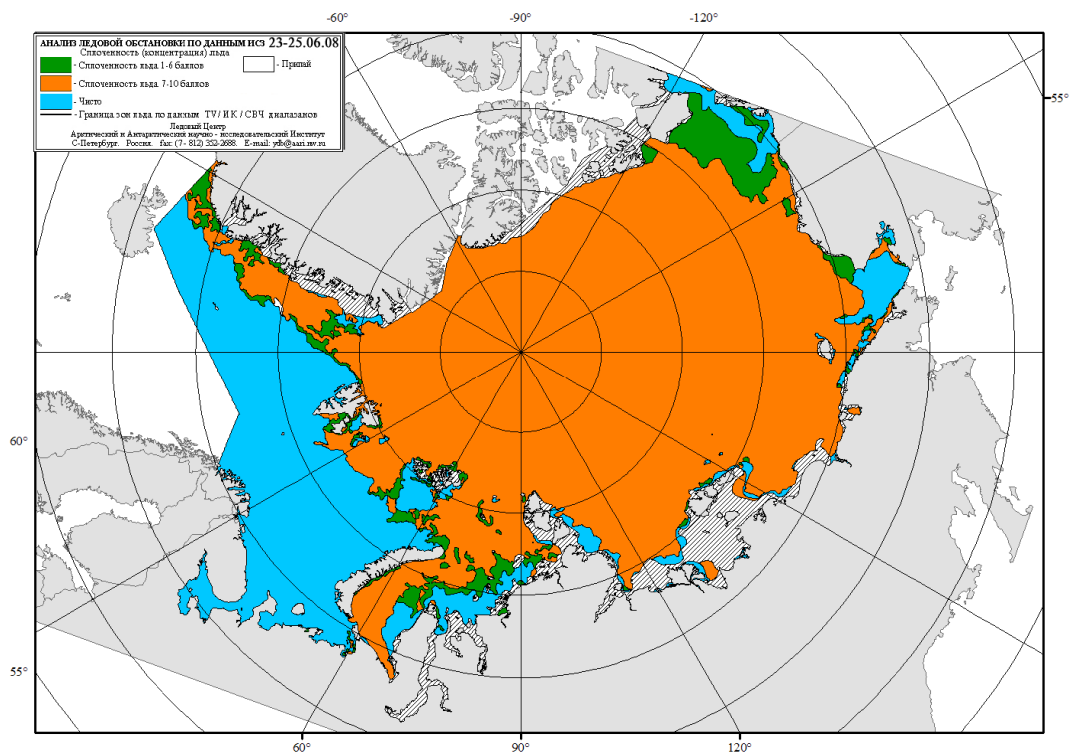


Рисунок 2.11 – Возрастной состав и распределение льда в конце июня 2008 г.

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева и Карского, а также морей аляскинского сектора – Чукотского и Бофорта.

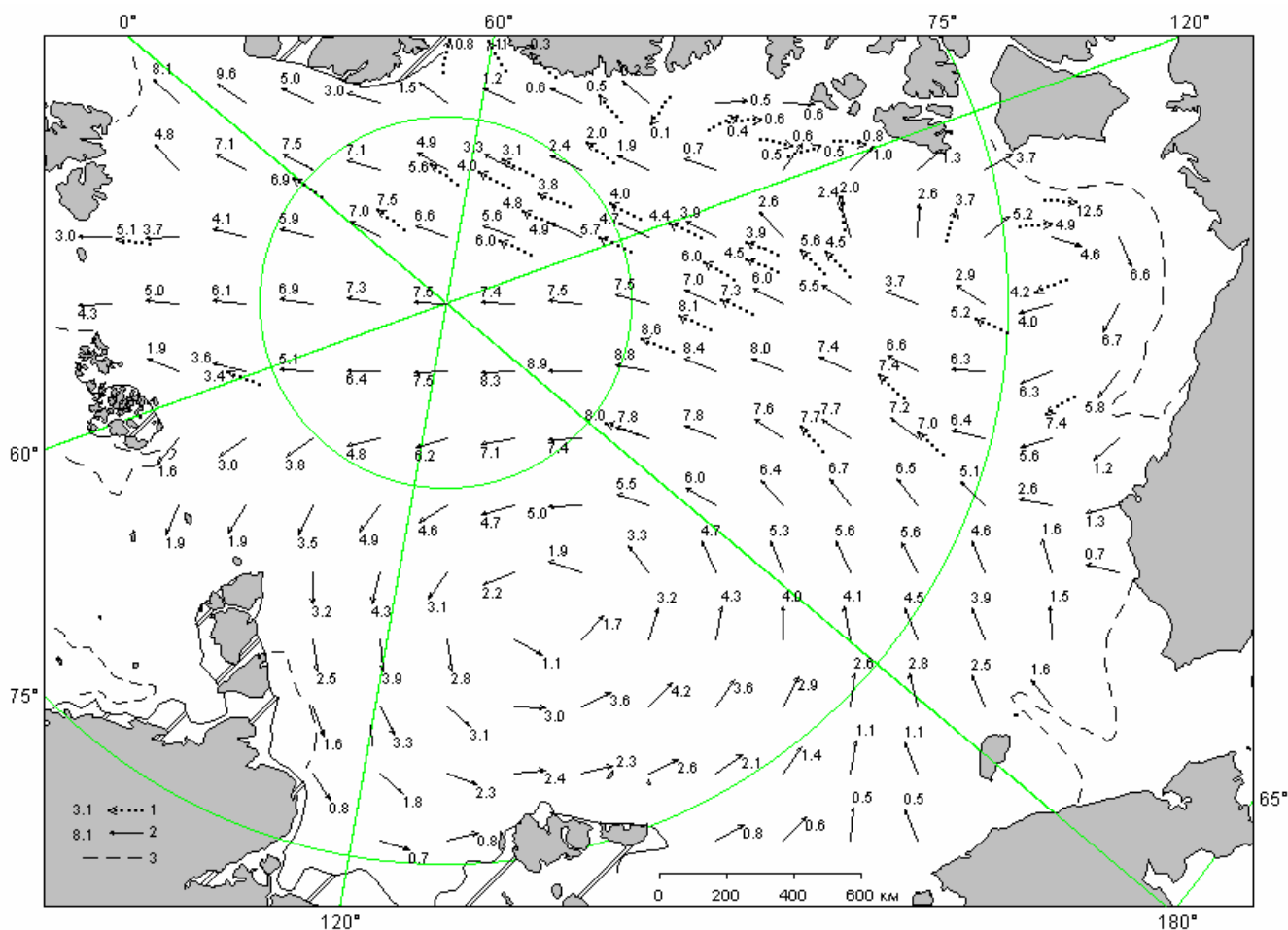


Рисунок 2.12 – Поле результирующего дрейфа льда за июнь 2008 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда)

По оценкам выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ГУ «ААНИИ» площадь дрейфующих льдов в июне 2008 года составила 7,3 млн. кв. км при норме 7,9 млн. кв. км, что почти на 8 % меньше среднееголетних значений. Учитывая небольшую изменчивость площади ледяного покрова в период своего максимального распространения, полученная величина представляет собой крупную отрицательную аномалию ледовитости Северного Ледовитого океана, составляющую в долях σ (среднего квадратического отклонения) величину в $2,5\sigma$.

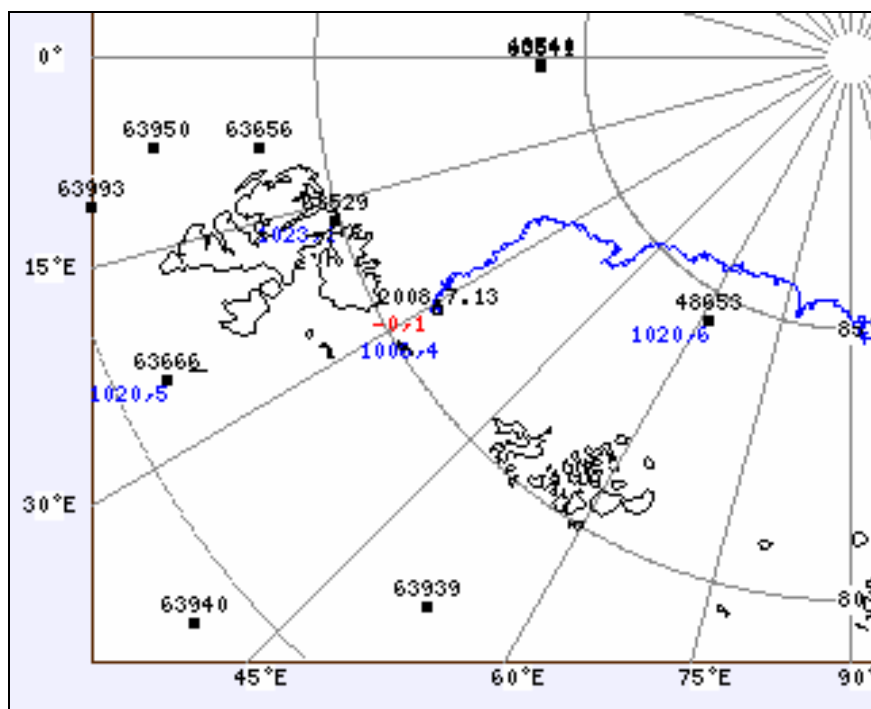


Рисунок 2.13 – Генеральный дрейф дрейфующей станции «СП-35» в апреле–первой половине июня

2.2 Ледовые процессы в устьевых участках рек за период апрель–июнь 2008 г.

Обзор ледовых условий на устьевых участках рек бассейна Карского моря включает в себя анализ поступивших сведений о ледово–гидрологическом режиме рек по таким наиболее важным характеристикам как толщина льда и сроки вскрытия для рек Обь, Таз, Енисей.

Максимальная толщина льда

Толщины льда на устьевых участках рек бассейна Карского моря с января до конца апреля наблюдались повсеместно 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		
		2008г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	75	102	–27
Таз	Тазовское	98	140	–42
Енисей	Игарка	60	99	–39
	Дудинка	107	130	–23
	Караул	130	139	–9



Наибольшая отрицательная аномалия толщины льда наблюдалась на устьевом участке реки Таз. На реке Енисей отрицательная аномалия толщины льда уменьшается по мере приближения к устью реки. В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась от 36 до 50 см, за исключением устьевого участка реки Таз, где высота снега отмечалась в два раза меньше.

Процесс вскрытия рек

Признаком разрушения льда весной является образование закраин. В 2008 г. на устьевых участках рек бассейна Карского моря закраины появились в период от середины второй декады до конца мая.

Подвижки льда на устьевом участке реки Обь начались на 2 дня позже нормы, а на реке Енисей на 3–4 дня раньше средних сроков и наблюдались 2–3 дня.

Процесс вскрытия на устьевых участках рек Обь и Таз происходил без образования заторов. На устьевом участке реки Енисей заторы наблюдались выше постов Игарка (28, 29 мая) и Дудинка (31 мая).

Весенний ледоход начался в близкие к норме сроки на устьевом участке реки Обь и на 2–8 дней раньше средних сроков на устьевых участках рек Таз и Енисей (таблица 2.2).

Продолжительность весеннего ледохода на устьевом участке реки Обь составила 3 дня, на устьевом участке реки Таз – 6 дней, а на устьевом участке реки Енисей она уменьшается по длине реки к северу от 17 дней в районе города Игарки до 7 дней в районе пункта Караула.

Очищение ото льда устьевых участков рек произошло практически в средние многолетние сроки.

Таблица 2.2 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2008г.	Средняя	Аномалия, сутки	2008г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	28,05	27,05	+1	31,05	1,06	–1
Таз	Тазовское	10,06	13,06	–3	16,06	15,06	+1
Енисей	Игарка	22,05	30,05	–8	8,06	8,06	0
	Дудинка	1,06	5,06	–4	11,06	11,06	0
	Караул	7,06	10,06	–3	14,06	16,06	–2

Процесс вскрытия устьевых участков рек бассейна Карского моря произошел близко к средним срокам, за исключением начала ледохода в Дудинке и Игарке на Енисее, где ледоход был отмечен на 4 и 8 дней раньше нормы.



Обзор ледовых условий на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых включает в себя анализ поступивших сведений о ледово-гидрологическом режиме рек по таким наиболее важным характеристикам, как толщина льда и сроки вскрытия для рек Хатанга, Оленек, Лена, Яна.

Максимальная толщина льда

Толщины льда на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых с января до конца апреля наблюдались повсеместно меньше нормы. 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		
		2008г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	140	149	–9
Оленек	Тюмети	118	137	–19
	Усть–Оленек	133	192	–59
Лена	Кюсюр	145	178	–33
	Хабарово	222	226	–4
Яна	Юбилейная	124	153	–29

Наибольшая отрицательная аномалия толщины льда наблюдалась на устьевом участке р.Оленек в пункте Усть–Оленек. На реке Лена отрицательная аномалия толщины льда уменьшается по мере приближения к устью реки. В конце апреля высота снега на льду в рассматриваемых пунктах наблюдалась различная (от 3см в пункте Хабарово на реке Лена до 51–70см в пункте Юбилейная на реке Яна).

Процесс вскрытия рек

В 2008 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых закраины появились в конце мая.

Процесс вскрытия на устьевых участках рек Оленек, Лена и Яна происходил с образованием заторов. На устьевом участке реки Оленек заторы наблюдались ниже поста Тюмети с 27 мая по 2 июня. На устьевом участке реки Лена заторы наблюдались от пункта Кюсюр до истока Быковской протоки в период с 31 мая по 2 июня. На устьевом участке реки Яна затор наблюдался 24, 25 мая ниже пункта Юбилейная.

Весенний ледоход на устьевых участках рек начался раньше нормы (на 4–7 дней на устьевых участках рек Оленек и Яна и на 5–9 дней на устьевом участке реки Лена) (таблица 2.4).

Продолжительность весеннего ледохода на устьевом участке реки Хатанга составила 3 дня, на устьевом участке реки Оленек – 4–8 дней, на устьевом участке реки Лена – 6–9 дней, на устьевом участке реки Яна – 8 дней.



Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 3–9 дней раньше средних многолетних сроков (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2008 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2008 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	5,06	12,06	–7	8,06	17,06	–9
Оленек	Тюмети	27,05	3,06	–7	4,06	13,06	–9
	Усть–Оленек	14,06	18,06	–4	18,06	21,06	–3
Лена	Кюсюр	29,05	3,06	–5	4,06	11,06	–7
	Хабарово	30,05	8,06	–9	8,06	15,06	–7
Яна	Юбилейная	24,05	30,05	–6	1,06	6,06	–5

Процесс вскрытия устьевых участков рек бассейна моря Лаптевых произошел в ранние сроки. В устье реки Лена в пункте Хабарово дата начала ледохода оказалась наиболее ранней за весь ряд наблюдений (30 мая), которая уже была отмечена в 1953, 1990 и 2000 годах.

Обзор ледовых условий на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря включает в себя анализ поступивших сведений о ледово–гидрологическом режиме рек по наиболее важным характеристикам – толщина льда и сроки вскрытия для рек Индигирка и Колыма.

Максимальная толщина льда

Толщины льда на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря с января до конца апреля наблюдались повсеместно меньше нормы. 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		
		2008г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	160	169	–9
	Индигирская	153	195	–42
Колыма	Колымская	125	140	–15

Толщины льда в 2008 г. на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались меньше нормы (до –42 см в районе п/ст.Индигирская). Высота снега на льду в районе п/ст. Индигирская в конце апреля составляла 16–20 см (таблица 2.5).



Процесс вскрытия рек

В конце мая на устьевых участках рек бассейна Восточно–Сибирского моря появились закраины. Весенний ледоход начался на 2–5 дней раньше нормы (таблица 2.6).

Продолжительность весеннего ледохода на устьевом участке реки Индигирка составила 0–2 дня, а на устьевом участке р. Колымы – 4дня.

Очищение ото льда устьевых участков рек произошло на 3–6 дней раньше средних многолетних сроков (таблица 2.6)

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

Таблица 2.6 – Характеристика ледовых условий весной 2008 г.

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2008 год	Средняя	Аномалия, сутки	2008 год	Средняя	Аномалия, сутки
Индигирка	Чокурдах	2,06	7,06	–5	4,06	10,06	–6
	Индигирская	11,06	14,06	–3	11,06	16,06	–5
Колыма	Колымское	28,05	30,05	–2	1,06	4,06	–3

3 Гидрологические и гидрохимические условия в Северном Ледовитом океане в апреле–июне 2008 года

3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне по данным дрейфующих ИТР буев

Во втором квартале 2008 г. в Арктическом бассейне продолжали работать семь буев ИТР, пять из которых (ИТР–8, ИТР–10, ИТР–11, ИТР–13 и ИТР–18) перемещались в зоне действия канадского антициклонического круговорота, и два (ИТР–16 и ИТР–19) – к северу от Гренландии в районе котловины Амундсена и Макарова (рисунок 3.1). На рисунке показаны траектории буев с начала дрейфа и по начало июля 2008 г.; квадратами показано положение боксов (100x100 км), для которых проводилось сравнение TS–профилей буев с климатическими характеристиками вертикальной термохалинной структуры из «Базы океанографических данных СЛО» отдела океанологии ААНИИ; центры квадратов соответствуют положению ИТР буев на 15–ое число каждого месяца (апреля, мая, июня), за исключением ИТР–16, где наблюдения прекратились 4 апреля 2008 г. По особенностям вертикальной термохалинной структуры информация со всех представленных буев была условно разделена на четыре группы: а) буй ИТР–8; б) буи ИТР–10, ИТР–11 и ИТР–16; в) буи ИТР–13 и ИТР–18; г) буй ИТР–19.

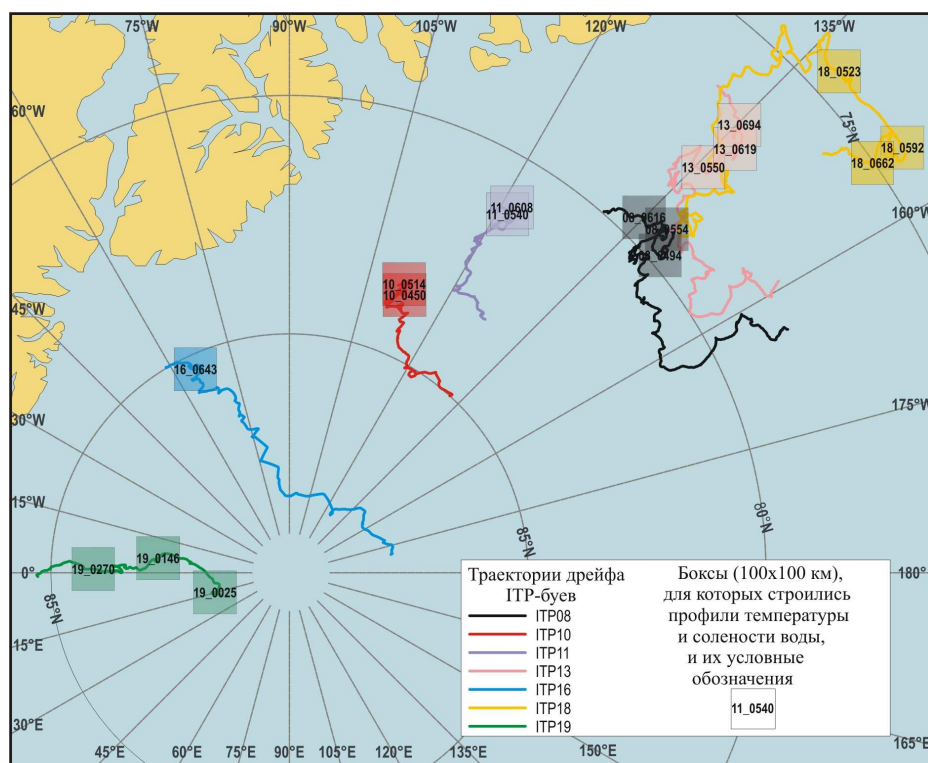


Рисунок 3.1 – Схема дрейфа буев ИТР, функционировавших во втором квартале 2008 г.



Характеристики вертикальной термохалинной структуры в районе дрейфа буя ИТР-8 (примерное положение района 130–145° з.д., 79–80° с.ш.)

Особенностью вертикальной термохалинной структуры в этом районе были повышенные значения температуры в ядре Атлантических Вод (АВ) по сравнению с предшествующими наблюдениями из массива исторических данных. При этом максимальные температуры, достигающие 0,90°C располагались на существенно меньших глубинах (385–400 м). В целом, положительные аномалии температуры в глубоководном слое наблюдаются на глубинах, превышающих 200 метров. Отличительной чертой центральной части ядра является присутствие большого числа вертикальных неоднородностей температуры и солёности, имеющих интрузионное происхождение.

Верхней перемешанный слой (ВПС) с температурами около –1,5° и солёностью 28‰ достигал глубин 30–40 метров (рисунок 3.2). Зафиксированные значения солёности существенно ниже наблюдаемых ранее. Так, по результатам сравнения с историческим массивом данных видно, что солёность ВПС на 2,5–4,5‰ меньше значений, наблюдаемых в 70–х и 90–х годах прошлого века. Слой вод тихоокеанского происхождения с максимальной температурой около –1,22 °C наблюдается на глубинах от 35 до 115 м. При этом слой Тихоокеанских вод (ТВ) прослеживается слабо. В большинстве случаев на вертикальных профилях присутствуют два или три локальных слабовыраженных максимумов температуры ниже ВПС.

Таблица 3.1 – Характеристики термохалинной структуры в районе дрейфа буя ИТР-8

Верхний перемешанный слой		Тихоокеанские воды		Атлантические воды	
Толщина, м	30 – 40	Верхняя граница, м	35 – 40	Верхняя граница (положение изотермы 0°C), м	250 – 270
Температура, °C	–1,48 – 1,53	Нижняя граница, м	105 – 115	Нижняя граница (положение изотермы 0°C), м	нет данных
Солёность, ‰	27,7 – 28,3	Максимальная температура, °C	–1,22–1,30	Максимальная температура, °C	+0,72+0,90
Положение ядра, м	–	Положение ядра, м	–	Положение ядра, м	385 – 400

Характеристики вертикальной термохалинной структуры в районе дрейфа буев ИТР-10, ИТР-11 и ИТР-16 (примерное положение района 60–120° з.д., 81–86° с.ш.)

Особенностью вертикальной термохалинной структуры в этом районе была слабая развитость элементов тонкой термохалинной структуры в ядре АВ, а также заглубленное, по отношению к среднему, положение тихоокеанской водной массы на глубинах от 70 до 140 метров. Эта водная масса в ряде случаев отличалась также повышенными значениями температуры (–1,2 –



1,3°C). В ядре АВ не наблюдалось положительных аномалий температуры. Максимальные зафиксированные значения составляли около 0,5°C на глубинах от 350 до 550 метров. Характерно, что по результатам измерений на бую ИТР–10, ядро АВ оказалось существенно однородным по вертикали. Толщина квазиоднородного слоя в центре ядра достигала около 200 метров. Как и в предыдущем районе, положение ядра АВ наблюдалось примерно на 100 метров выше зафиксированных глубин по историческим данным.

Верхней перемешанный слой (ВПС) с температурами около –1,7 –1,6°C и соленостью 30,0–30,5‰ достигал глубин 30–40 метров (рисунок 3.3). Как и в первом районе, значения зарегистрированных соленостей оказались меньше наблюдаемых в этот период года ранее, хотя абсолютная величина аномалии несколько меньше и достигает от 0,5 до 2,0‰.

Тихоокеанские воды с температурой от –1,3 до –1,2°C расположены несколько глубже, по сравнению с климатическими глубинами расположения этой прослойки: максимум температуры ТВ расположен на 40–60 метров глубже.

Таблица 3.2 – Характеристики термохалинной структуры в районе дрейфа буюв ИТР–10, ИТР–11, ИТР–16

Верхний перемешанный слой		Тихоокеанские воды		Атлантические воды	
Толщина, м	30 – 40	Верхняя граница, м	70 – 80	Верхняя граница (положение изотермы 0°C), м	250 – 260
Температура, °C	–1,7 –1,6	Нижняя граница, м	130 – 140	Нижняя граница (положение изотермы 0°C), м	нет данных
Соленость, ‰	29,75 – 30,75	Максимальная температура, °C	–1,20–1,30	Максимальная температура, °C	+0,42+0,52
Положение ядра, м	–	Положение ядра, м	–	Положение ядра, м	350 – 550

Характеристики вертикальной термохалинной структуры в районе дрейфа буюв ИТР–13 и ИТР–18 (примерное положение района 135–155° з.д., 74–78° с.ш.)

Положительные аномалии температуры ядра АВ, расположенного на глубинах 250–300 метров, достигают в рассматриваемом районе 0,25–0,30 °C. При этом, по сравнению с историческими записями, само ядро приподнято относительно климатических значений глубины на 80–120 метров. Это же можно сказать о положении верхней границы АВ (изотерма 0 °C), которая также смещена в сторону меньших глубин на 30–60 метров.

Достаточно хорошо прослеживаются тихоокеанские воды, характерной чертой которых для этого района является присутствие на вертикальных профилях температуры (рисунок 3.4) двух относительно более теплых ядер с температурами, достигающими от –1,05 до –0,75 °C. На



профилях, записанных буюм ИТР–18, значения температур ТВ еще выше и достигают $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глубинах порядка 70–100 метров.

ВПС с температурами варьирующимися от $-1,45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и соленостью порядка 26–27‰ достигает глубин 30–40 метров. Распределение ВПС в этом районе по сравнению с климатическими значениями солености, составляет от 2,2 до 5,3‰.

Таблица 3.3 – Характеристики термохалинной структуры в районе дрейфа ИТР–13 и ИТР–18

Верхний перемешанный слой		Тихоокеанские воды		Атлантические воды	
Толщина, м	30 – 40	Верхняя граница, м	40 – 50	Верхняя граница (положение изотермы 0°C), м	250 – 300
Температура, $^{\circ}\text{C}$	$-1,45$ – $-1,35$	Нижняя граница, м	90 – 160	Нижняя граница (положение изотермы 0°C), м	нет данных
Соленость, ‰	25,6 – 27,5	Максимальная температура, $^{\circ}\text{C}$	$-1,05$ – $-0,25$	Максимальная температура, $^{\circ}\text{C}$	+0,70+0,84
Положение ядра, м	–	Положение ядра, м	–	Положение ядра, м	370 – 460

Характеристики вертикальной термохалинной структуры в районе дрейфа буя ИТР–19 (примерное положение района 10° з.д. – 15° в.д., 86 – 88° с.ш.)

Слабое покрытие района дрейфа буя ИТР–19 затрудняет поиск исторических аналогов вертикальной термохалинной структуры. В целом, термическое состояние АВ в рассматриваемом районе соответствует уровню предшествующих лет (рисунок 3.5). Значения температур в ядре атлантических вод достигают примерно $+1,0$ $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глубинах порядка 280–300 метров. За исключением северного района, который соответствует положению буя ИТР–19 в начале второго квартала 2008 г., положение ядра, а также верхней и нижней границ АВ также соответствовало значениям за предыдущие годы. Только в северной части района положение верхней границы АВ оказалось на 20–40 метров ниже климатических значений. В центральной части ядра в районе дрейфа наблюдается вырождение тонкой термохалинной структуры интрузионного происхождения.

ВПС достигает глубин 40–55 метров со значениями солености порядка 33,0–33,5‰. При этом верхний квазиоднородный термический слой оказывается несколько более заглубленным. По результатам измерений, ВПС с однородной по вертикали температурой от $-1,82$ до $-1,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ достигает глубин 80–100 метров.

В качестве исторических данных, приведенных на рисунках 3.2–3.5 за календарный период 15 апреля $\pm$ 45 суток, были использованы данные по гидрологическим съемкам из «Базы океанографических данных по СЛО» отдела океанологии ГУ «АНИИ»

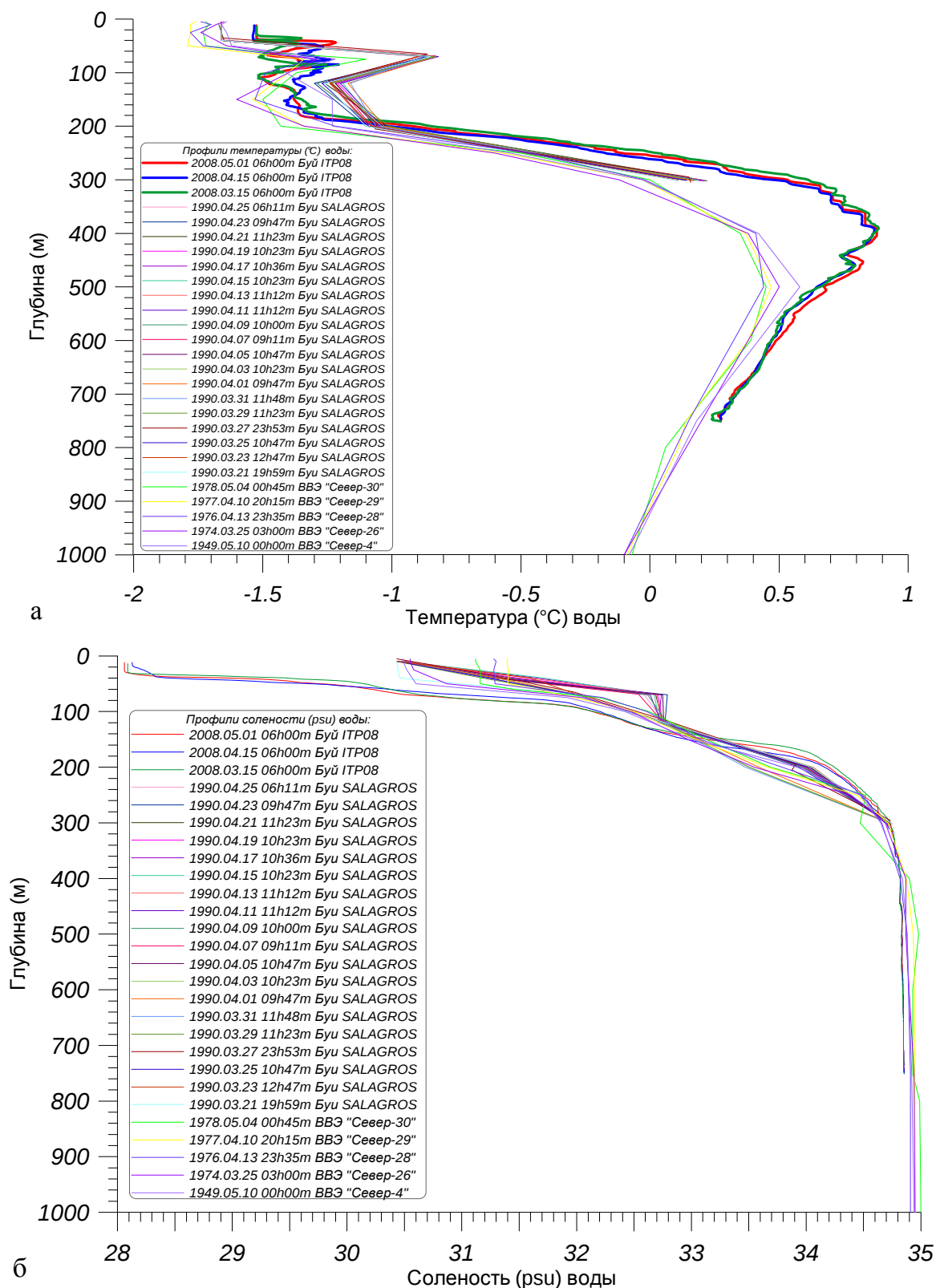


Рисунок 3.2 – Профили: а – температуры ($^{\circ}\text{C}$); б – солености (psu) воды для слоя 0–1000 м в боксе 08_0494 по данным TS–профилографа дрейфующего буя ИТР–08 (зондирование № 0494 за 2008.04.15 06h00m), а также по некоторым другим данным буюв ИТР и историческим данным (за календарный период 15 апреля $\pm$ 45 суток)

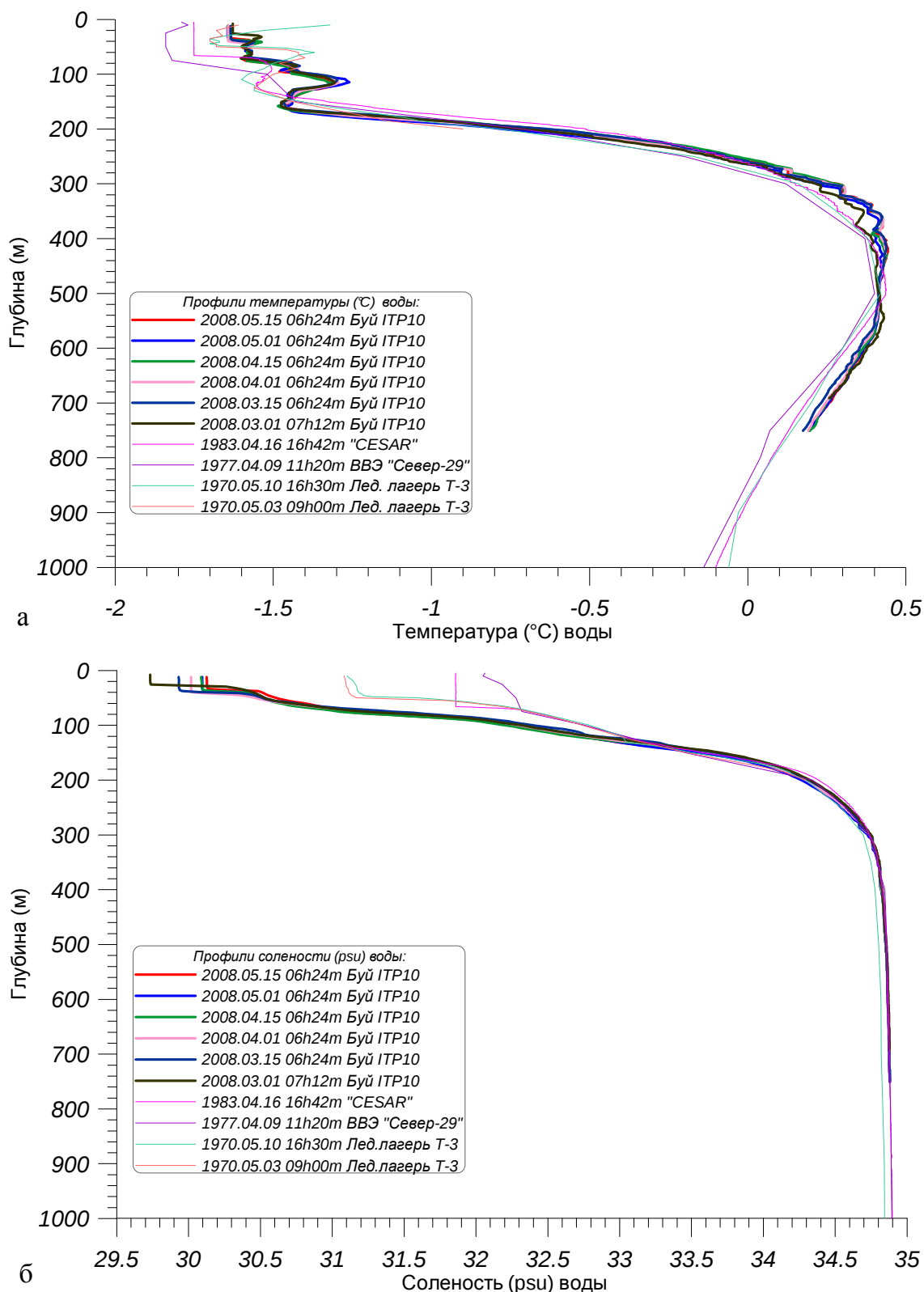


Рисунок 3.3 – Профили: а – температуры (°C); б–солености (psu) воды для слоя 0–1000 м в боксе 10_0450 по данным TS–профилографа дрейфующего буя ITP–10 (зондирование № 0450 за 2008.04.15 06h24m), а также по некоторым другим данным буюв ITP и историческим данным (за календарный период 15 апреля ± 45 суток

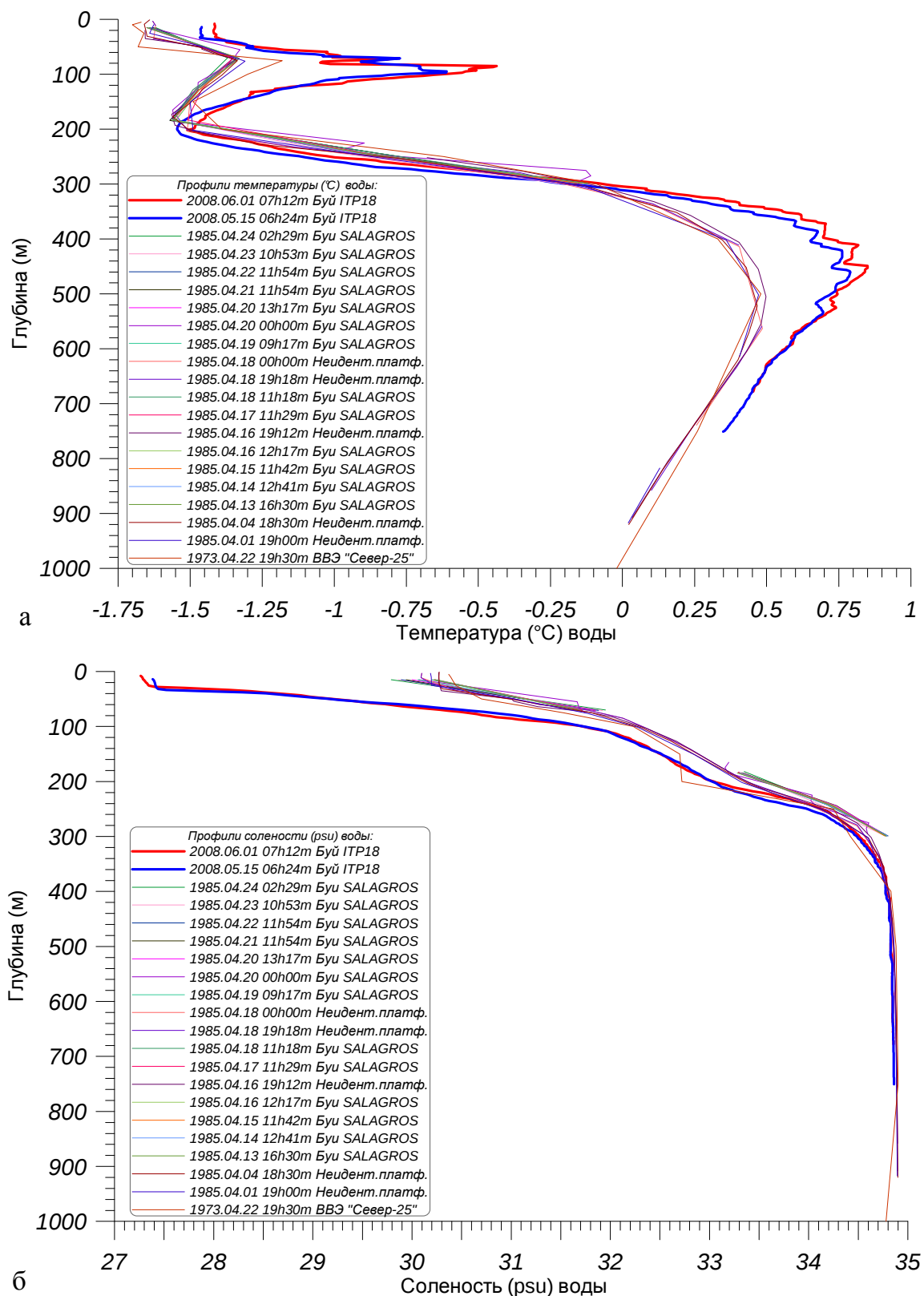


Рисунок 3.4 – Профили: а – температуры (°C); б–солености (psu) воды для слоя 0–1000 м в боксе 18_0592 по данным TS–профилографа дрейфующего буя ИТР–18 (зондирование № 0592 за 2008.05.15 06h24m), а также по некоторым историческим данным (за календарный период 15 мая ± 45 суток)

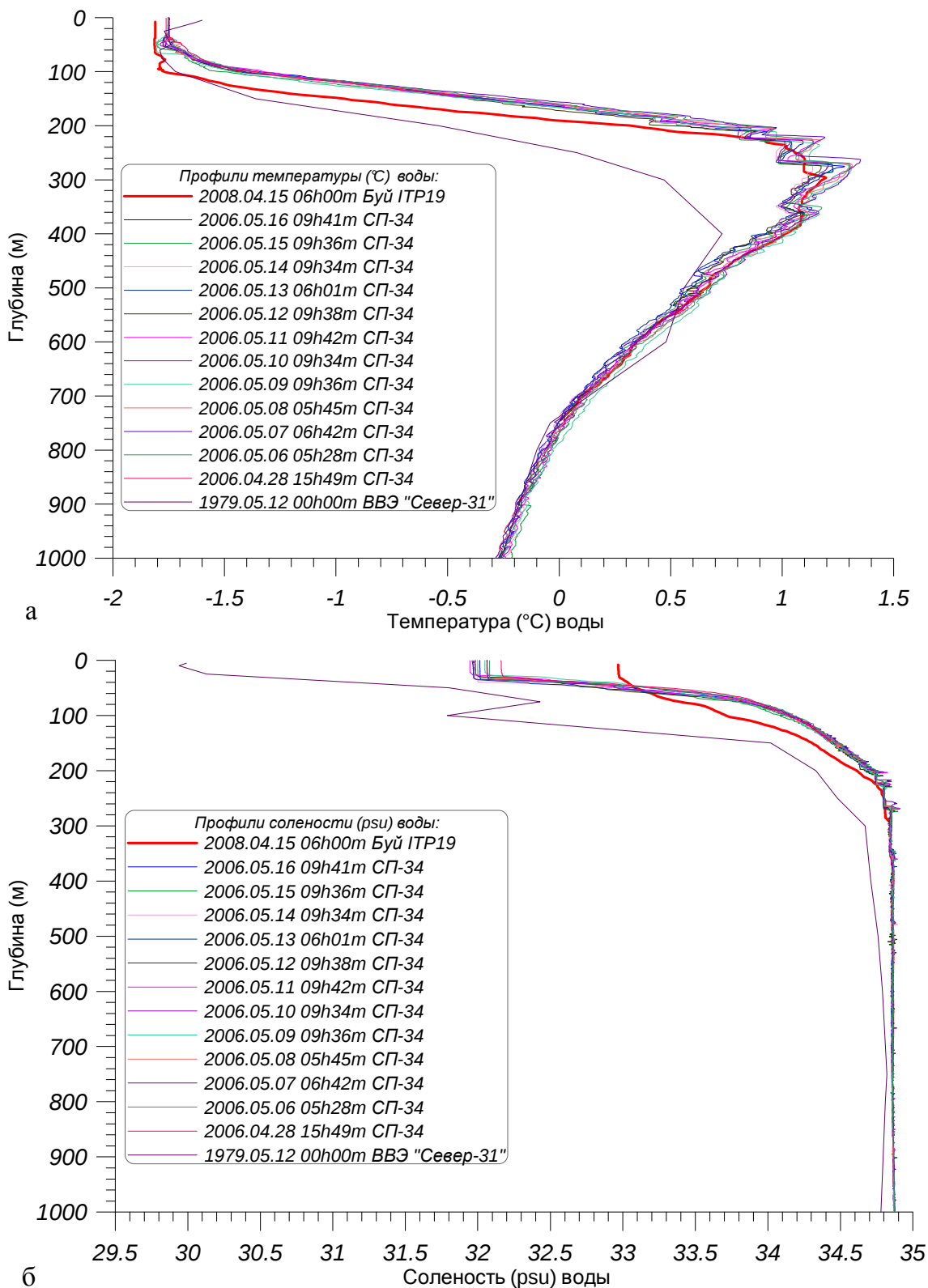


Рисунок 3.5 – Профили: а – температуры (°C); б – солености (psu) воды для слоя 0–1000 м в боксе 19_0025 по данным TS-профилографа дрейфующего буя ИТР-19 (зондирование № 0025 за 2008.04.15 06h00m)



Таблица 3.4 – Характеристики термохалинной структуры в районе дрейфа буя ГТР-19

Верхний перемешанный слой		Атлантические воды	
Толщина, м	40 – 55	Верхняя граница (положение изотермы 0°C), м	180 – 200
Температура, °C	–1,82 –1,75	Нижняя граница (положение изотермы 0°C), м	670–750
Соленость, ‰	32,75 – 33,75	Максимальная температура, °C	+1,03+1,16
Положение ядра, м		Положение ядра, м	280 – 300

3.2 Уровень арктических морей

В общем сезонном ходе колебаний уровня в арктических морях самый низкий уровень приходится, как правило, на март–апрель, после чего средний уровень начинает повышаться, достигая, на станциях, расположенных в устьях рек, максимума в июне.

В течение апреля–июня 2008 года колебания уровня на станциях арктических морей характеризовались отсутствием значительных сгонов и нагонов, с одной стороны, и общим повышением фона колебаний уровня, с другой стороны. От апреля к июню повышение среднемесячного уровня составило в юго–западной и восточной частях Карского моря около 10 см, в северной частях Карского моря – 15–20 см, вдоль южного побережья моря Лаптевых и в районе Новосибирских островов – 30–35 см, на станции Певек – около 10 см.

В юго–западной части Карского моря величина колебаний уровня составила 100–110 см, в восточной и северной частях Карского моря – 70–80 см, в юго–восточной части моря Лаптевых и в районе Новосибирских островов – 90–120 см, в Певеке – 125 см.

В июне практически на всех станциях, расположенных в зоне влияния речных вод отмечался подъем уровня, обусловленный прохождением весеннего паводка. Наиболее ярко этот процесс проявился на станции Анабар, расположенной в устье р. Анабар. 19 июня уровень на этой станции достиг отметки на 157 см превышающей среднее значение и после этого стал постепенно опускаться. На станциях, расположенных в юго–восточной части моря Лаптевых и на Новосибирских островах паводковая волна подняла уровень на 20–40 см выше среднемноголетних значений.

На фоне общего подъема уровня моря в восточном секторе Арктики 21–25 июня произошел наиболее значительный подъем уровня за второй квартал 2008 года, обусловленный анемобарическими причинами (рисунок 3.6). В этот период уровень моря на станции Тикси достиг +74 см, а на станции о. Котельный +87 см выше среднемноголетнего уровня. Подъем уровня был

связан с прохождением с запада на восток южной периферии циклона через северную часть моря Лаптевых. Давление в центре циклона достигало 980 ГПа. Волны сгонно–нагонных колебаний уровня, распространяясь в восточном направлении, пересекали шельф Восточно–Сибирского моря и достигали п. Певек с запозданием около 48 часов по отношению к п. Тикси. Максимальный уровень в Певеке отмечался 26–го июня, когда он на 72 см превысил среднемноголетнюю величину.

Наиболее значительное понижение уровня (на 96 см ниже среднемноголетнего уровня) было зафиксировано на станции Анабар 17 апреля и 11 мая 2008 года. Необходимо отметить, что в течение второго квартала анемобарические факторы слабо влияли на колебания уровня в этом пункте, а падение уровня почти на 100 см ниже среднего значения обуславливалось сочетанием отрицательного фона колебаний уровня (на 50 см ниже среднего значения) и сизигийных отливов.

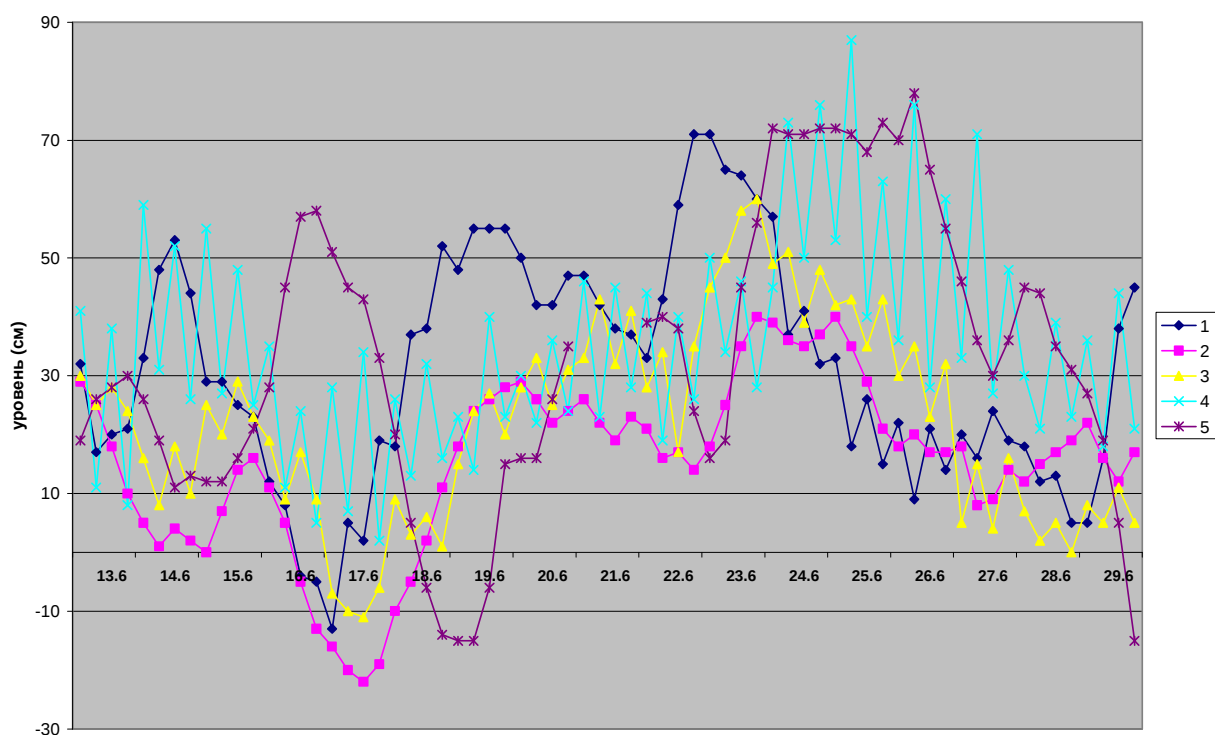


Рисунок 3.6 – Колебания уровня на станциях арктических морей в период с 13 по 29 июня 2008 г. (1 – Тикси, 2 – м. Кигилях, 3 – пр. Санникова, 4 – о. Котельный, 5 – Певек)

3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей

В апреле–июне 2008 года, как и обычно, в это время года акватории Карского моря, морей Лаптевых, Восточно–Сибирского и Чукотского были покрыты льдом.



В связи с отсутствием данных измерений оценка повторяемости значительных высот волн (H_s – обеспеченность 13 %) на акватории Баренцева моря для 3-х месяцев второго квартала 2008 года была выполнена по результатам модельных расчетов. Сведения о распределении высот волн (количество дней с максимумом в указанной градации) для Баренцева моря приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Распределения высот волн (H_s) в Баренцевом море по месяцам 2008 г.

Месяц	Высоты волн (м)								Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	
Апрель		1	12	8	4	2	1	2	30
Май		9	9	7	2	4			31
Июнь		9	11	5	5				30
Итого		19	32	20	11	6	1	2	91

Как видно из таблицы 3.5, на акватории моря в период с апреля по июнь в основном развивалось волнение в диапазоне высот от 1,5 м до 4,5 м. Необходимо отметить, что штормовая активность в Баренцевом море за аналогичный период прошлого (2007 г.) была несколько выше:

Таблица 3.6 – Число случаев с превышением высоты волны значения 5 метров на акватории Баренцева моря

Месяц	Число случаев	
	2008 г.	2007 г.
Апрель	5 (17 %)	12 (40 %)
Май	4 (13 %)	6 (19 %)
Июнь	0 (0 %)	1 (3 %)

Самым штормовым за квартал по количеству, силе и продолжительности был апрель месяц. В мае месяце преобладали высоты волн от 1 м до 3,5 м. Июнь же, как и полагается летнему месяцу, был самым спокойным: преобладали высоты волн до 2,5 м, а волнения выше 5 м не было вообще.

Самое сильное волнение имело место 15 апреля, когда высота волн превысила 7 м (рисунок 3.7). Оно было вызвано сильными ветрами южной четверти (15–20 м/с) в зоне больших барических градиентов в центральной части Баренцева моря между высотным скандинавским циклоном (давление в центре до 980 мб), смещающимся через арх. Шпицберген на север и блокирующим его обширным антициклоном, расположенным над Карским морем.

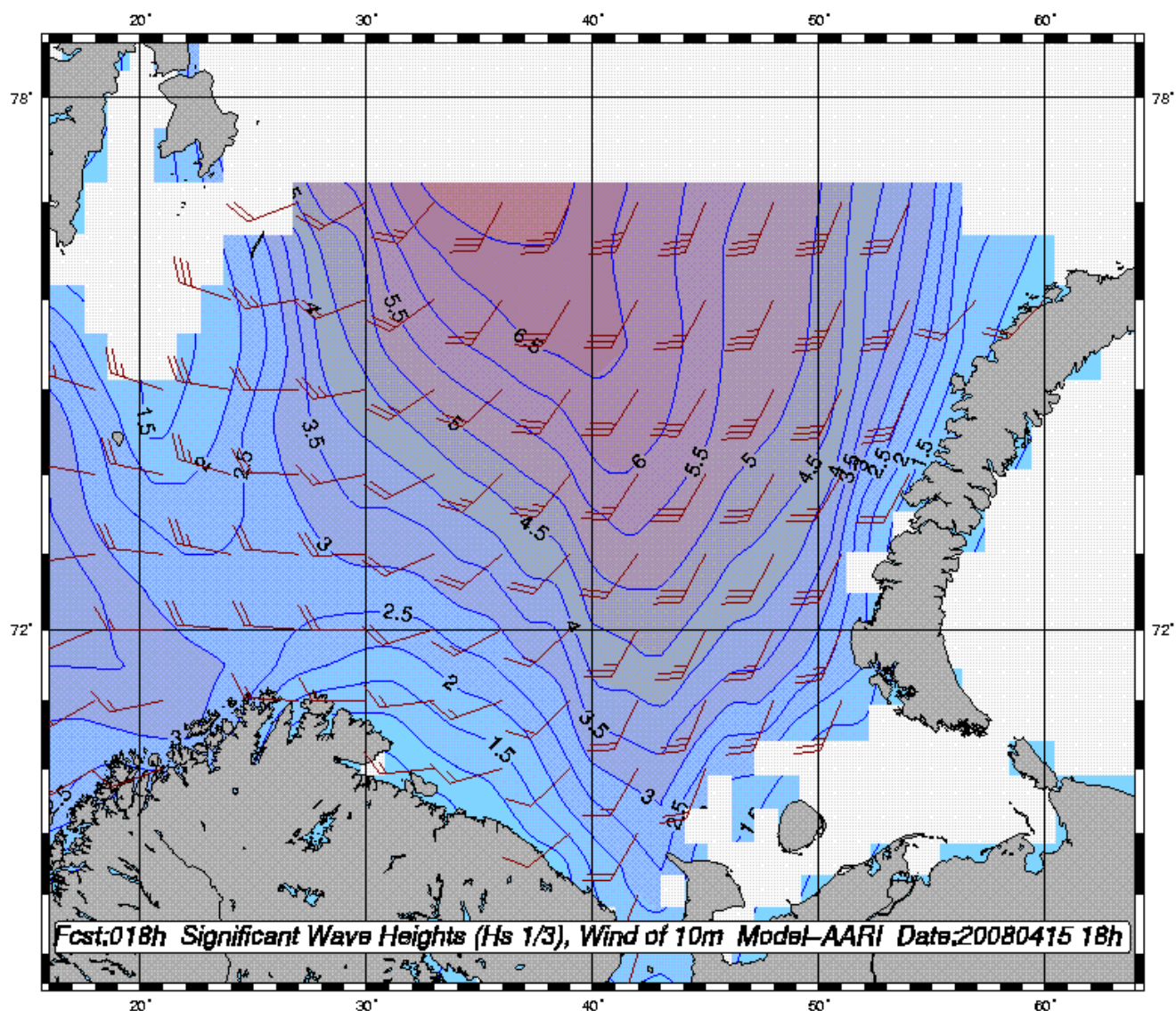


Рисунок 3.7 – Ветер и высота волн 13 % обеспеченности в Баренцевом море на 18 ч. (UTC)
15 апреля 2008 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая данные мониторинга развития гидрометеорологических и ледовых процессов и явлений, произошедших в Северном Ледовитом океане за период апрель-июнь 2008 г., можно отметить:

1. В атлантико-евразийском секторе центр арктического антициклона имел направленную тенденцию смещения с востока на запад в район Гренландии, в среднем за период фон давления выше нормы, фон температуры в целом за период выше нормы; наиболее теплым оказался апрель, холодным – июнь.

2. В тихоокеано-американском секторе отмечалась тенденция к ослаблению влияния арктического антициклона и усилению циклонической деятельности, в среднем за период фон давления ниже нормы в морях Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта и выше нормы в районе Гренландии и Канады, в среднем за период фон температуры выше нормы, за исключением побережья Восточно-Сибирского моря, где температуры близки к средним многолетним значениям.

3. Для развития ледовых условий в весенний период 2008 года особенно характерным оказалась пониженная толщина льда в морях российского сектора Арктики, более интенсивный вынос льдов из Северного Ледовитого океана через пролив Фрама, преобладание однолетних льдов в бассейне океана, отсутствие старых льдов в российском, аляскинском секторах и центральном районе Арктики.

4. Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане на период начала летнего таяния, по оценкам специалистов ГУ «АНИИ», было меньше нормы на 8%, что составило крупную отрицательную аномалию, выражаемую в долях среднеквадратического отклонения в $-2,5\sigma$.

5. В устьевых областях всех арктических российских рек толщина льда на период максимального нарастания оказалась меньше среднемноголетних значений, а весенние ледовые явления начались раньше среднемноголетних сроков.