

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

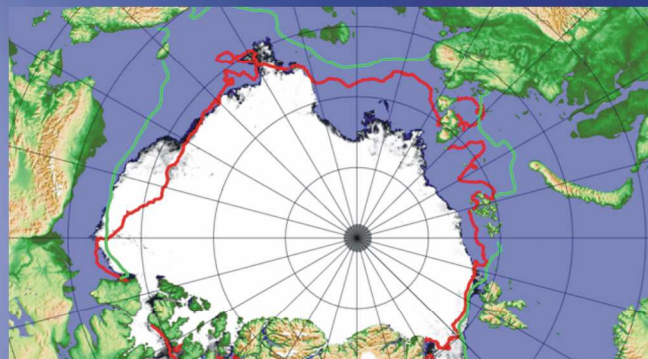


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2011





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в июле–сентябре 2011 г.	4
1.1 Развитие крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период июль–сентябрь	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области июль–сентябрь	18
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле–сентябре 2011 г.	27
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в июле–сентябре 2011 г.	40
3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне и арктических морях.....	40
3.2 Гидрохимические условия арктических морей	52
3.3 Уровень арктических морей	60
3.4 Ветровое волнение	66



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в третьем квартале (июль–сентябрь) 2011 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, дрейфующей станции «Северный полюс–38», научных экспедиций на ледоколах и судах, проводимых в высоких широтах по программе исследования «Границ континентального шельфа» (июль–сентябрь 2011 г.), проектов Всемирной Метеорологической Организации и экспедиционных исследований в Арктике, в рамках национальных программ и международных проектов российских и зарубежных организаций.

Обзор продолжает серию ежеквартальных обзоров, описывающих развитие метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане в третьем квартале (июль–сентябрь) текущего года.

В составлении обзора принимали участие ведущие специалисты ФГБУ «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. лабораторией к.г.н. Радионов В.Ф.) и долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный – зав. лабораторией 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 ФГБУ «ААНИИ» д.г.н., профессором Фроловым И.Е.

Подготовку и оформление обзора осуществлял ведущий 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 июле–сентябре 2011 г.

1.1 Развитие крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе северного полушария за период июль–сентябрь

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 июля по сентябрь 2011 г.

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

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

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

Оценка пространственно–временной изменчивости процессов производилась средствами комплексного аэросиноптического анализа термобарических полей в толще тропосферы путем выделения квазиоднородных циркуляционных периодов с однонаправленным развитием крупномасштабных процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса. По данной классификации для атлантико–евразийского сектора полушария выделяется три основных состояния атмосферы: зональные процессы с термобарическими волнами малой амплитуды W (западная) форма циркуляции и два меридиональных процесса 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 июля по сентябрь 2011 г. были выявлены следующие особенности.

Число дней с формами (W, C, E) и типами (З, M_1 , M_2) по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса и их отклонения от нормы за период июль–сентябрь 2011 г. представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Значения числа дней с формами (W, C, E) и типами (З, M_1 , M_2) и их отклонения от нормы за период июль–сентябрь 2011 г.

Форма	W	C	E	З	M_1	M_2
Число дней	36	12	44	34	47	11
Аномалии	1	–14	13	–2	5	–3

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

Июль → Август → Сентябрь

$E_{M1} \rightarrow E_3 \rightarrow W_3$



Для данных форм и типов с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов были выявлены разновидности этих процессов в первом и во втором секторах северного полушария, отличающиеся высокоширотными и низкоширотными траекториями циклонов. Из схемы и таблицы 1.1 видно, что в первом – атлантико–евразийском секторе северного полушария в июле и августе преобладали атмосферные процессы восточной формы циркуляции при низкоширотных траекториях циклонов в системе исландского минимума, а в сентябре процессы западной формы с высокоширотными траекториями. Во втором – тихоокеано–американском секторе полушария преобладали в июле процессы меридионального типа M_1 и в августе и сентябре зонального типа при высокоширотных траекториях циклонов в системе алеутского минимума.

Для каждого месяца были вычислены средние карты полей геопотенциальной поверхности H_{500} , приземного давления и температуры воздуха и их отклонений от средних многолетних значений (см. рис. 1.3–1.17). На всех картах географическая ориентация и состояние основных центров действия атмосферы, распределение полей давления и температуры на северном полушарии и Арктики соответствует синоптическому значению той формы и типу циркуляции и их разновидностей, которые преобладали в том или ином месяце рассматриваемого периода года.

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

По данным рис. 1.1 видно, что в третьем квартале 2011г. произошла резкая перестройка в направленности атмосферных процессов, что отразилось в ходе интегральных кривых давления в различных секторах Арктики.

В период январь – сентябрь 2011 г. по данным хода аномалий давления в полярном районе Арктики выделяются три однородных периода: январь – апрель; май – август и сентябрь. В первом и третьем периодах отмечались тенденция к понижению по сравнению с нормой фона давления. Частое влияние на приполюсный район и атлантико–евразийский сектор Арктики глубоких циклонов, обусловило преобладание здесь крупных отрицательных аномалий давления. Во втором периоде в связи с усилением арктического антициклона отмечалась тенденция к повышению фона давления в большинстве секторов полярного района Арктики (рис. 1.1).

Внутригодовые изменения среднемесячных значений аномалий температуры в полярном районе Арктики в 2010 и 2011 гг. представлены на рис. 1.2.

Тенденции изменения температуры в целом согласуются с тенденциями в колебание крупномасштабных процессов и их основных форм циркуляции. Аномально повышенный фон

давления в период май–август 2011 г., вызванный усилением арктического антициклона, во многом предопределил тенденцию к понижению температурного фона в этот период года в полярном районе Арктики (см. рис 1.1 и 1.2). Следует отметить, что внутригодовой ход температуры в 2011 г. в целом согласуется с изменением температуры за рассматриваемый период в 2010 г.

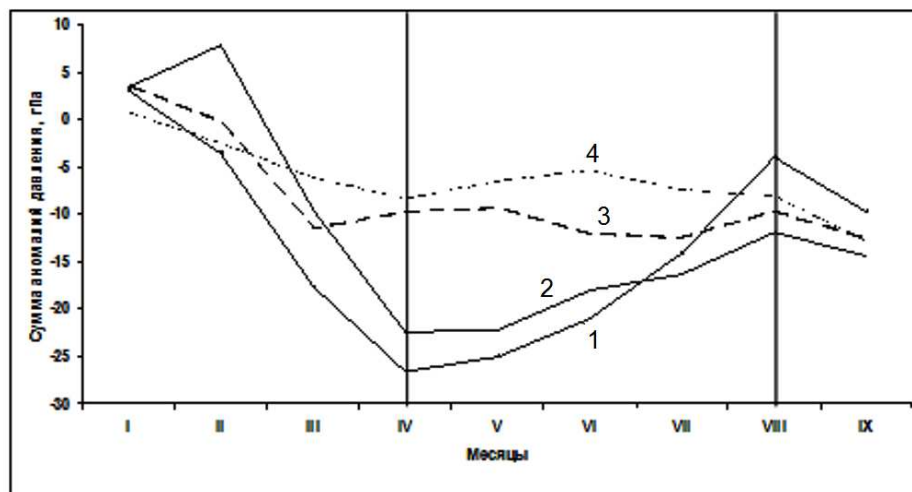


Рисунок 1.1 – Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления в январе–сентябре 2011 г. в приполюсном (1), европейском (2), азиатском (3) и американском (4) секторах полярного района Арктики

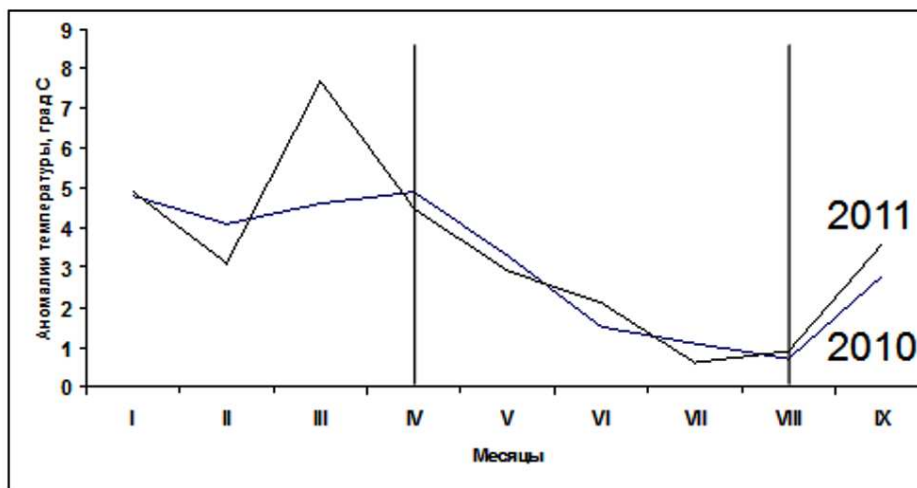


Рисунок 1.2 – Ход среднемесячных значений аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70–85° с.ш. в январе–сентябре 2010 и 2011 гг.

Основные фоновые особенности развития и перестроек синоптических процессов для каждого месяца третьей декады 2011 г. описаны ниже

В июле центр ЦПВ располагался над Карским морем. Полярный район находился под влиянием высотного гребня, под которым в приземном поле сформировался устойчивый антициклон.



В первом секторе аномально высокую повторяемость имели процессы восточной формы циркуляции. В приземном поле над полярным районом, Северной Атлантикой и ЕТР преобладал антициклональный знак поля. Наиболее активная циклоническая деятельность наблюдалась над Азией. Фон давления в приполюсном районе выше нормы на 4–6 гПа, в морях российской Арктики ниже нормы на 1–3 гПа. Воздушные потоки преимущественно восточных направлений. Фон температуры выше нормы на 1–2 °С. Наибольшие положительные аномалии отмечались в береговой зоне Карского и Лаптевых морей.

Во втором секторе преобладали меридиональные процессы типа M_1 . Под влиянием над Тихим океаном обширного гавайского антициклона циклоны смещались высокоширотными траекториями и при юго–восточных и восточных направлениях обусловили адвекцию теплых воздушных масс в Арктику с теплого американского континента. Фон давления в пределах нормы.

В августе характер в направленности крупномасштабных процессов в средней тропосфере сохранился. Основной отличительной особенностью приземного барического поля по сравнению с июлем явилось дальнейшее усиление арктического антициклона. В связи с этим фон давления в приполюсном районе вырос более чем на 4 гПа. Среднемесячная положительная аномалия в августе составила 10,2 гПа.

В сентябре произошла крупномасштабная перестройка в направленности атмосферных процессов от восточной к западной форме циркуляции. Основной центр ЦПВ на H_{500} сместился из евразийского в канадский сектор Арктики.

В первом секторе преобладали процессы западной формы циркуляции. В приземном поле циклоны Северной Атлантики смещались в Арктику по сравнению с нормой высокоширотными траекториями. Среднемесячный фон давления в приполюсном районе понизился от положительных до отрицательных аномалий на 16 гПа и составил в сентябре –5,7 гПа. Воздушные потоки преимущественно юго–западных, южных направлений обусловили устойчивую во времени адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры выше нормы на 4–5 °С.

Во втором секторе сохранилась повышенная повторяемость зональных процессов. Циклоны в системе алеутского минимума смещались через Берингово море на Америку. Фон давления ниже нормы на 2–4 гПа. Воздушные потоки юго–восточных направлений с кратковременными отходами к северо–востоку сформировали положительный среднемесячный температуры с аномалиями до 3–5 °С.

Особенности развития и перестроек атмосферных процессов внутри каждого месяца в период июль – сентябрь 2011 года представлены по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) в таблице 1.2.



Таблица 1.2 – Каталог макросиноптических процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма–А.А. Гирса с июля по сентябрь 2011 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Июль			Август			Сентябрь		
ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А	ЭСП	А–Е	Т–А
1–2	Е	3	1–3	Е	М1	1	W	М1
3–5	С	М1	4–6	Е	3	2–4	W	М1
6–8	Е	М1	7–9	W	3	5–7	Е	М1
9–11	W	М1	10–13	W	М1	8–10	W	М1
12–14	С	М1	14–15	W	М1	11–15	W	М2
15–17	W	М1	16–18	Е	3	16–18	W	3
18–20	Е	М1	19–22	Е	3	19–21	Е	М2
21–24	Е	3	23–25	Е	3	22–24	W	3
25–27	Е	М1	26–28	Е	М2	25–27	С	3
28–30	Е	М1	29–31	W	М1	28–30	С	3
31	Е	М1						
Итого	W 6 (–4) С 6 (–5) Е 19 (9)	3 6 (–4) М1 25 (7) М2 0 (–3)	Итого	W 12 (0) С 0 (–7) Е 19 (7)	3 16 (2) М1 12 (–1) М2 3 (–1)	Итого	W 18 (5) С 6 (–2) Е 6 (–3)	3 12 (0) М1 10 (–1) М2 8 (1)
Примечания 1 ЭСП – элементарный синоптический процесс; 2 А–Е – атлантико–европейский сектор полушария; 3 Т–А – тихоокеано–американский сектор полушария. 4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, С, Е) и типов (3, М1, М2) атмосферной циркуляции.								

Изменения от ЭСП к ЭСП сопровождаются сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики при крупномасштабных перестройках атмосферной циркуляции северного полушария. Структурные особенности процессов внутри каждого месяца согласуются с выявленными фоновыми крупномасштабными особенностями в направленности развития атмосферных процессов в период с июля по сентябрь 2011 г.

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики, можно сделать следующие выводы:

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

2. В первом (атлантико–евразийском) сектора полушария в третьем квартале 2011 г. преобладали (июле и августе) процессы с низкоширотными траекториями циклонов. При этом отмечалось усиление арктического антициклона и формирование устойчивых положительных аномалий давления в полярном районе Арктики. В сентябре под влиянием высокоширотных траекторий циклонов фон давления в Арктике сформировался ниже нормы.

3. Во втором (тихоокеано–американском) секторе в третьем квартале 2011 г. преобладали высокоширотные траектории циклонов и они оказывали частое влияние на восточный сектор полярного района Арктики.

4. В среднем за третью декаду в полярном районе Арктики преобладала адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха.

5. Обобщая данные мониторинга за период с января по сентябрь 2011 г. можно выделить три однородных периода с однонаправленным развитием метеорологических процессов.

В январе – апреле и сентябре отмечались частые выходы глубоких циклонов в Арктику и ослабление арктического антициклона. Формирование крупных отрицательных аномалий давления и положительных аномально температуры воздуха.

В мае – августе наблюдалось постоянное усиление арктического антициклона и повышение фона давления. Фон температуры имел тенденцию к понижению.

6. Внутригодовой ход температуры в 2011 г. в целом согласуется с изменением температуры за рассматриваемый период в 2010 г. Средняя аномалия с января по сентябрь 2011 г. составила 3,4 °С, что на 0,3 °С выше, чем за тот же период 2010 г.

7. В среднем с января по сентябрь 2011 г. в полярном районе Арктики преобладали положительные аномалии температуры воздуха, что является характерным для текущей циркуляционной стадии развития крупномасштабных атмосферных процессов северного полушария и полярного района Арктики.

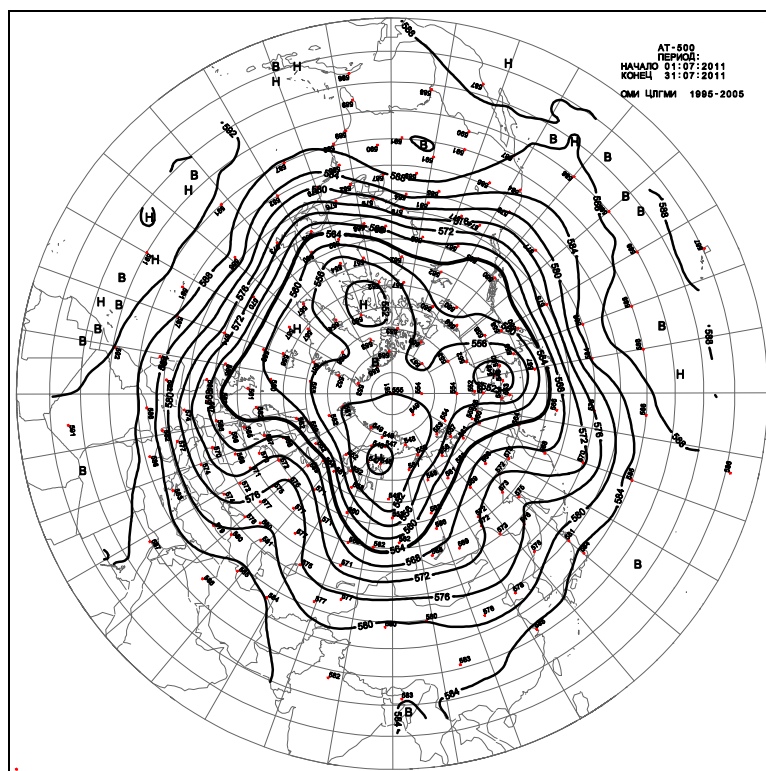


Рисунок 1.3 – Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за июль 2011 г.

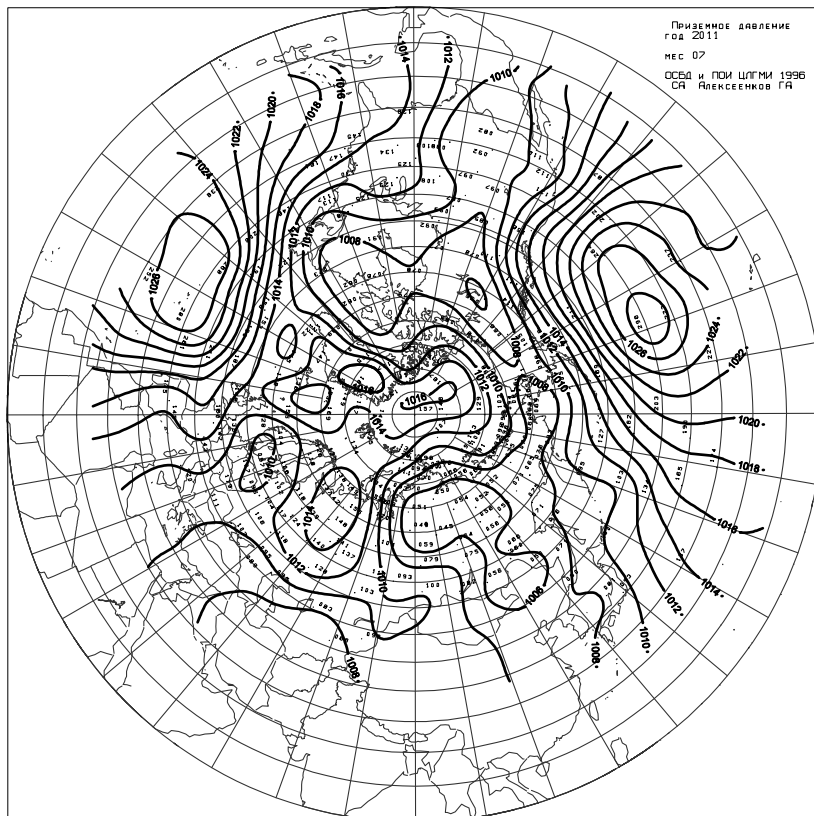


Рисунок 1.4 – Поле среднего приземное давления (гПа) за июль 2011 г.

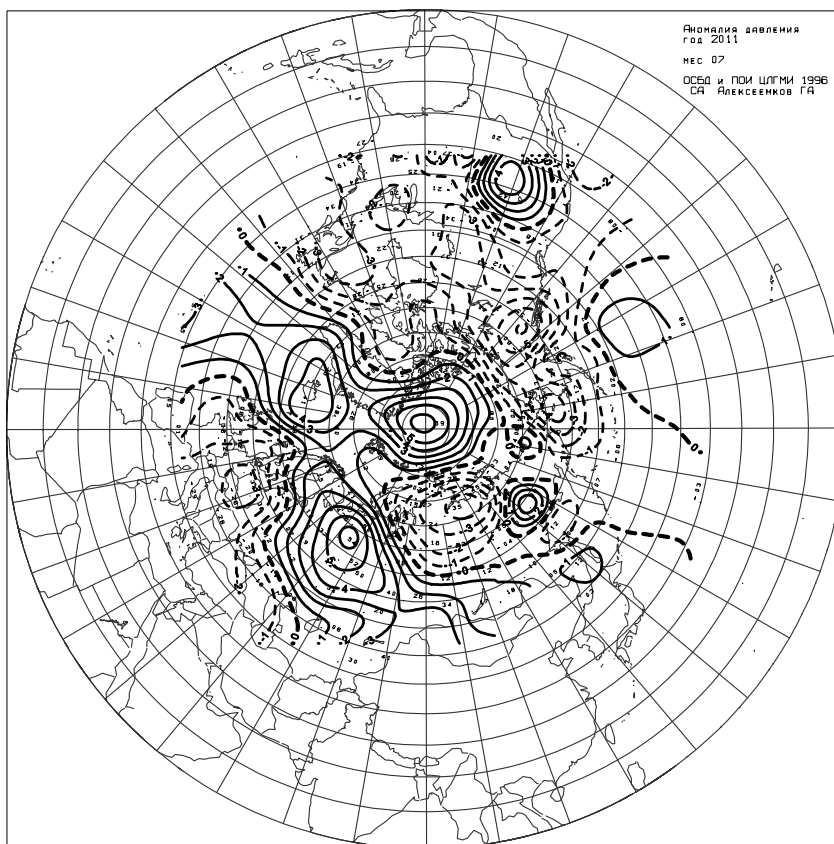


Рисунок 1.5 – Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за июль 2011 г.

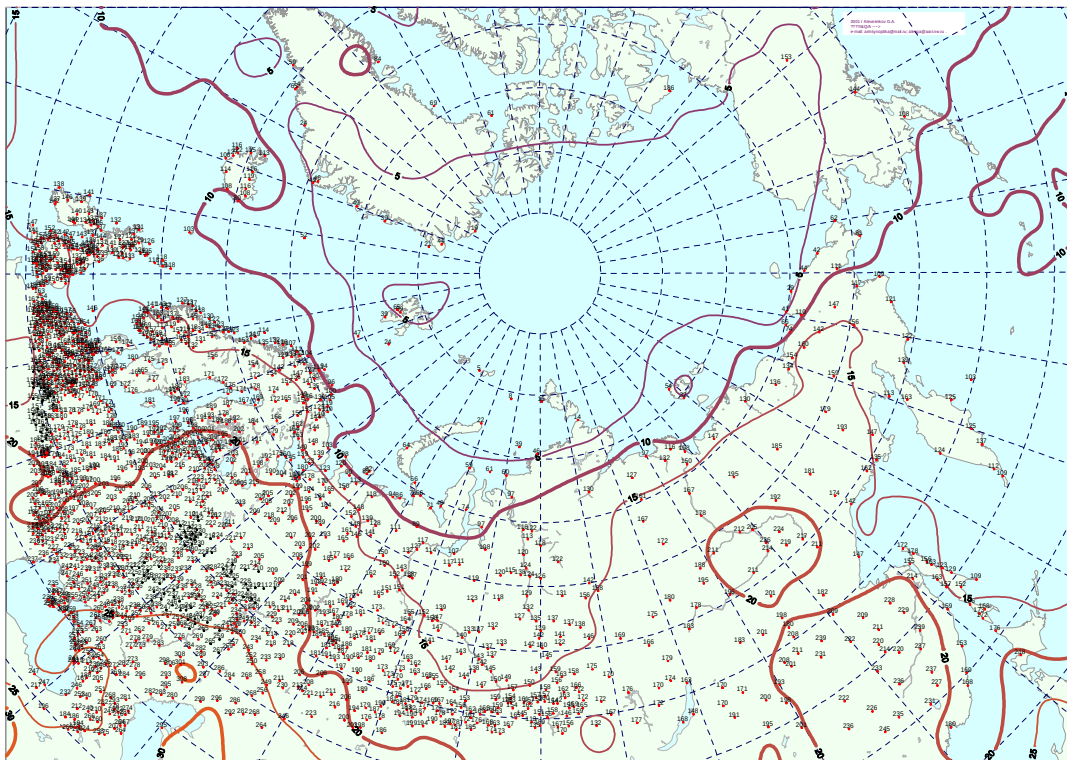


Рисунок 1.6 – Поле средней приземной температуры воздуха (°C) за июль 2011 г.

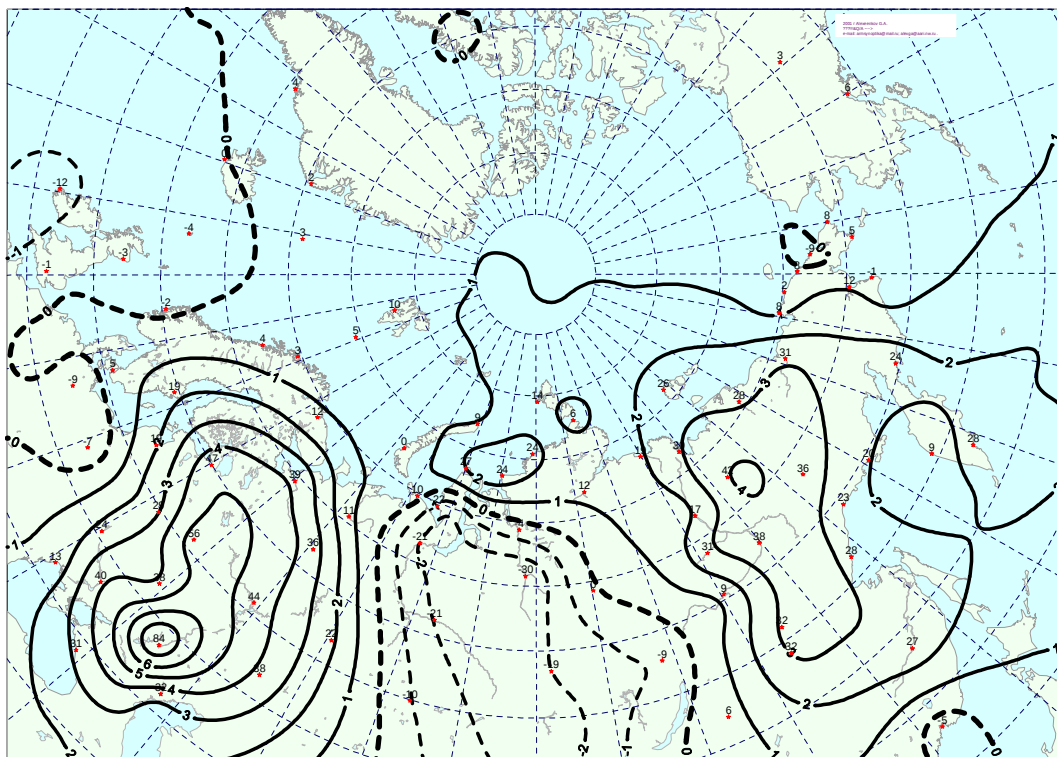


Рисунок 1.7 – Поле средней аномалии приземной температуры воздуха (°C) за июль 2011 г.

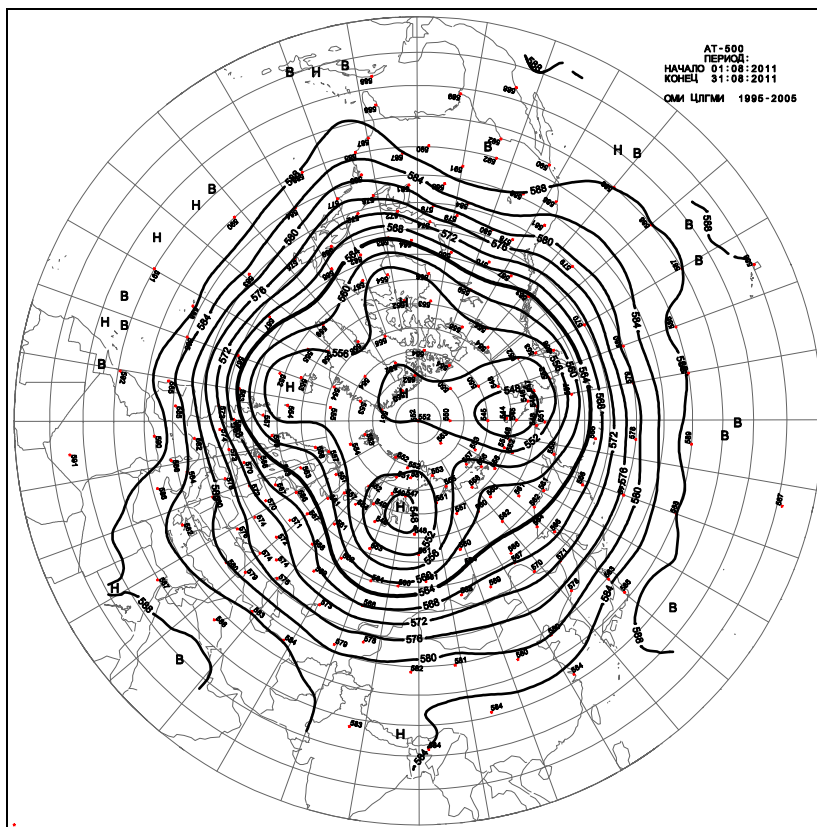


Рисунок 1.8 – Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за август 2011 г.

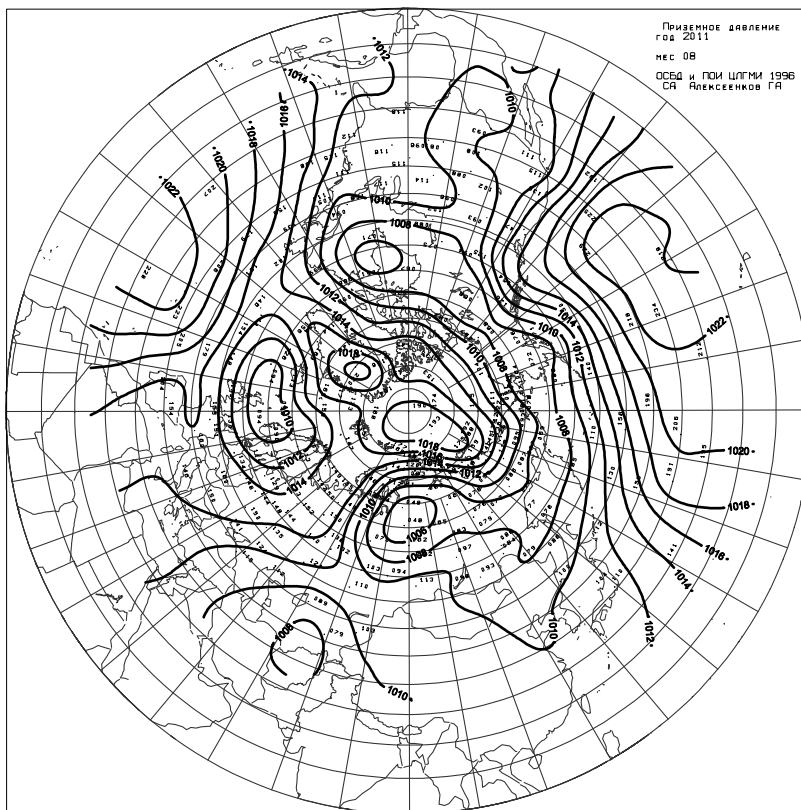


Рисунок 1.9 – Поле среднего приземное давления (гПа) за август 2011 г.

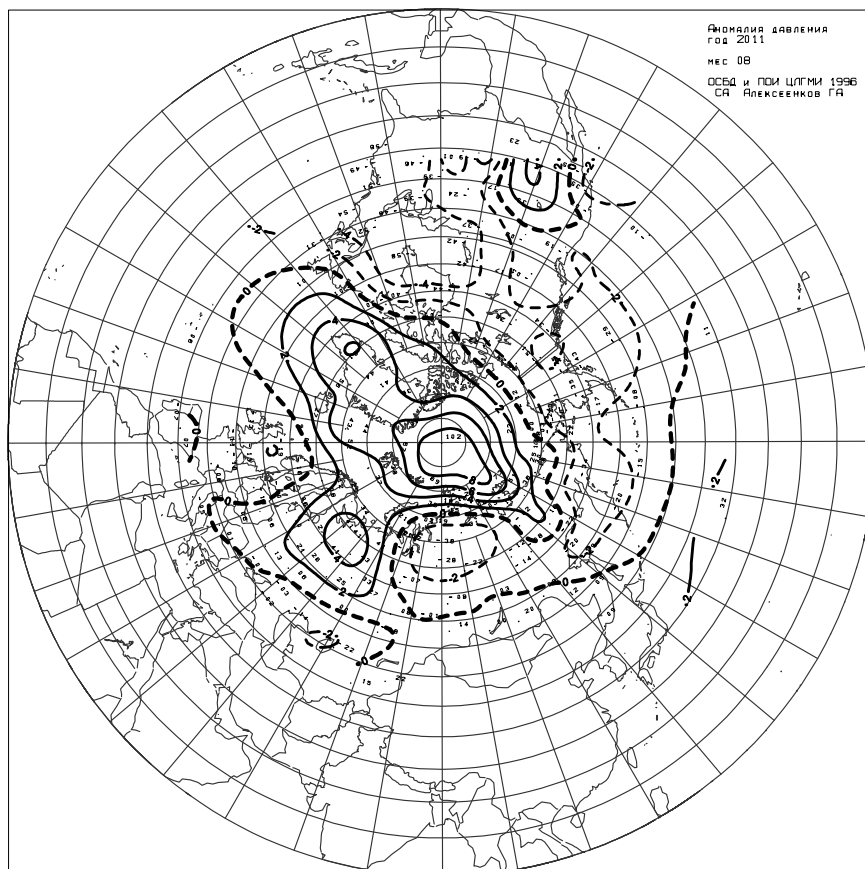


Рисунок 1.10 – Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за август 2011 г.

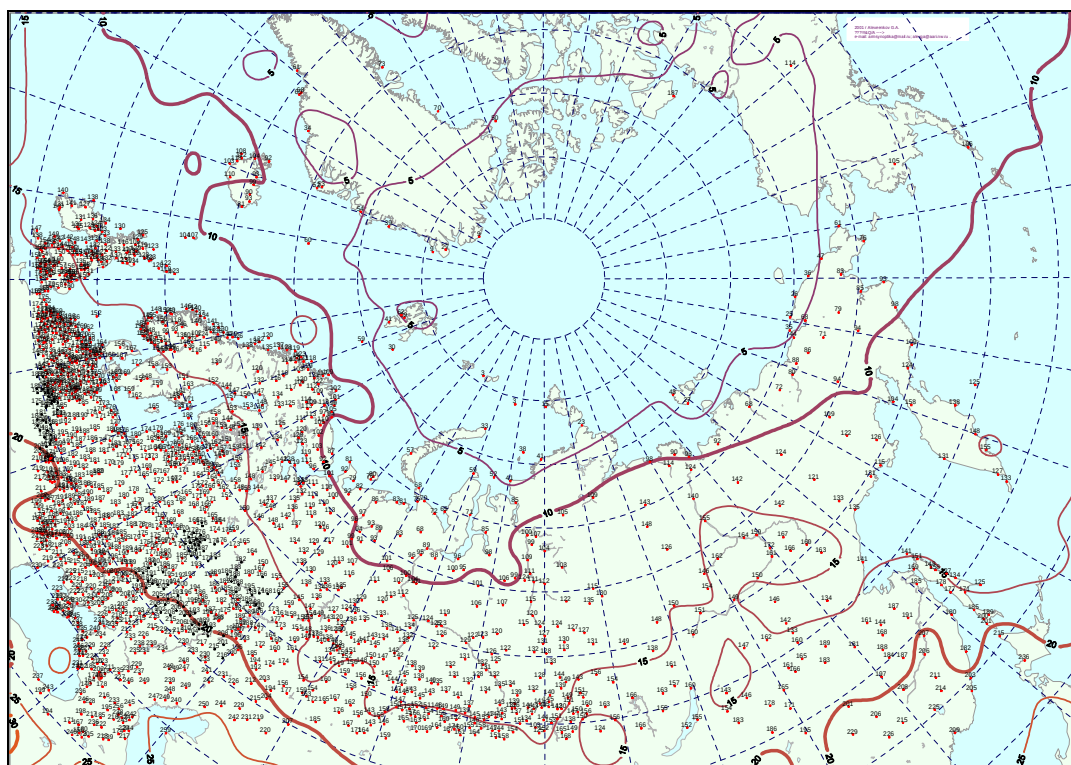


Рисунок 1.11 – Поле средней приземной температуры воздуха (°C) за август 2011 г.

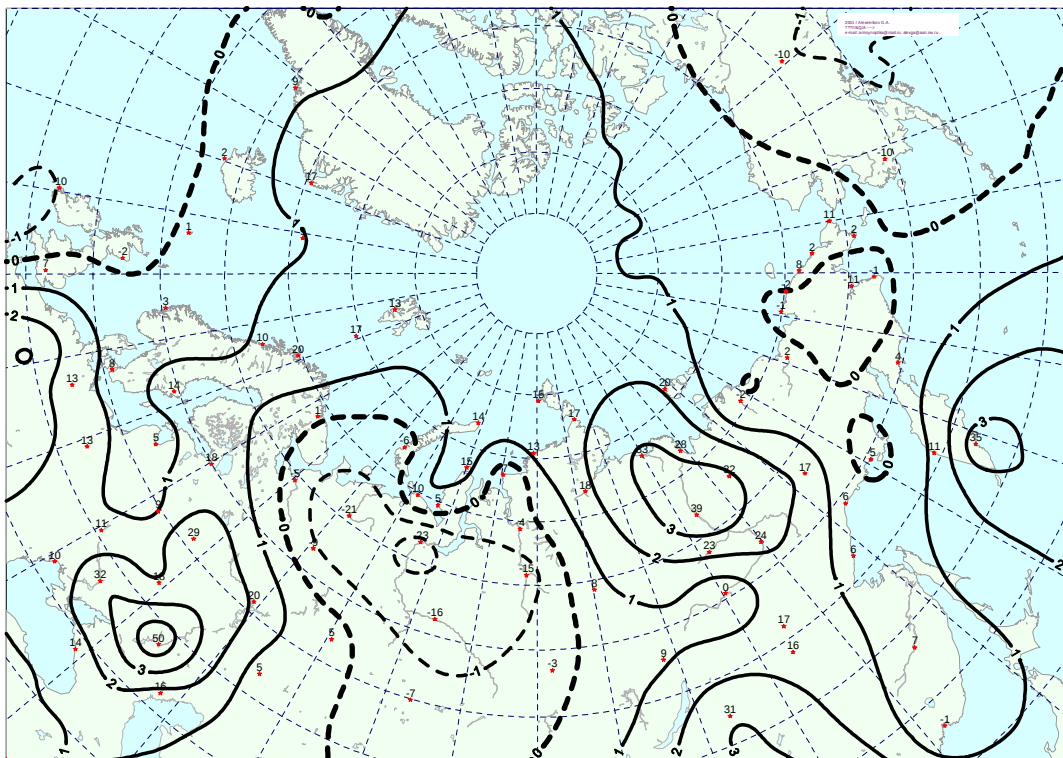


Рисунок 1.12 – Поле средней аномалии приземной температуры воздуха (°C) за август 2011 г.

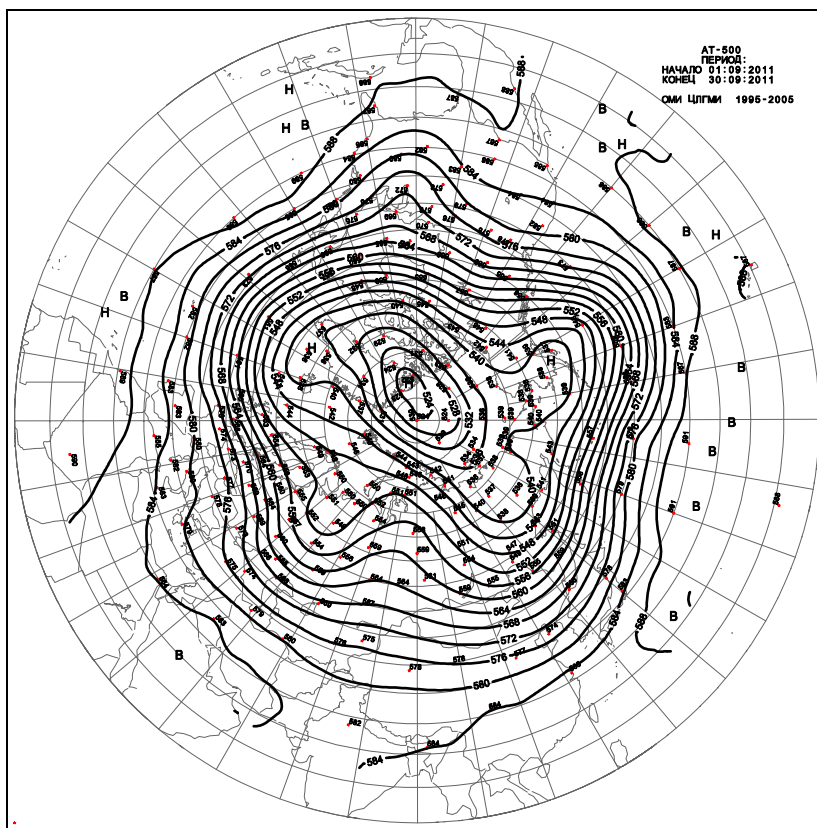


Рисунок 1.13 – Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа за сентябрь 2011 г.

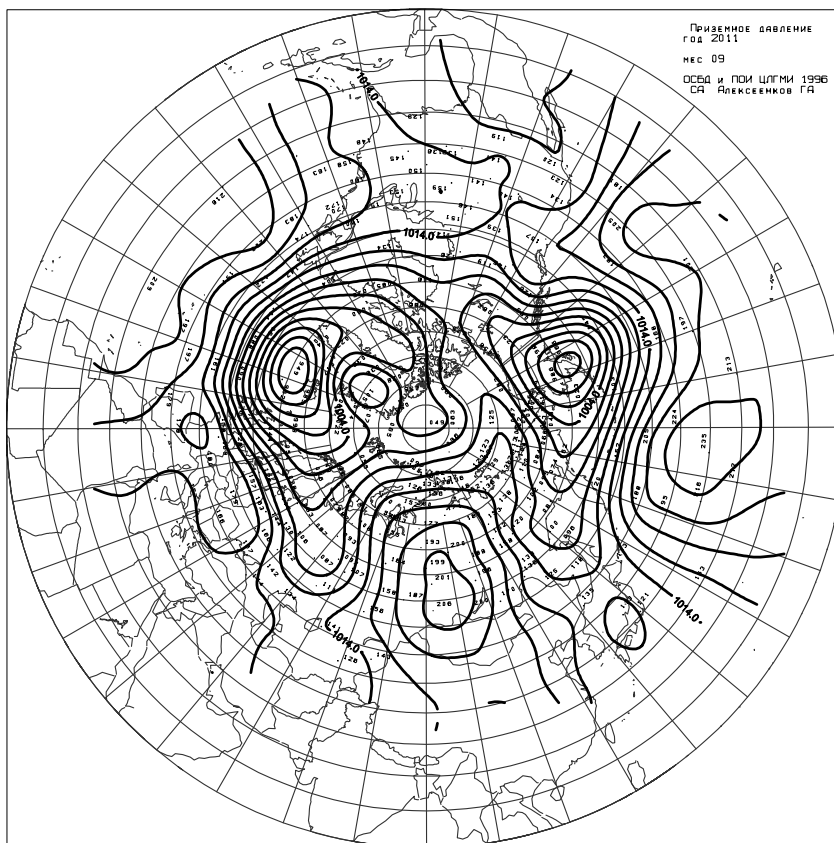


Рисунок 1.14 – Поле среднего приземного давления (гПа) за сентябрь 2011 г.

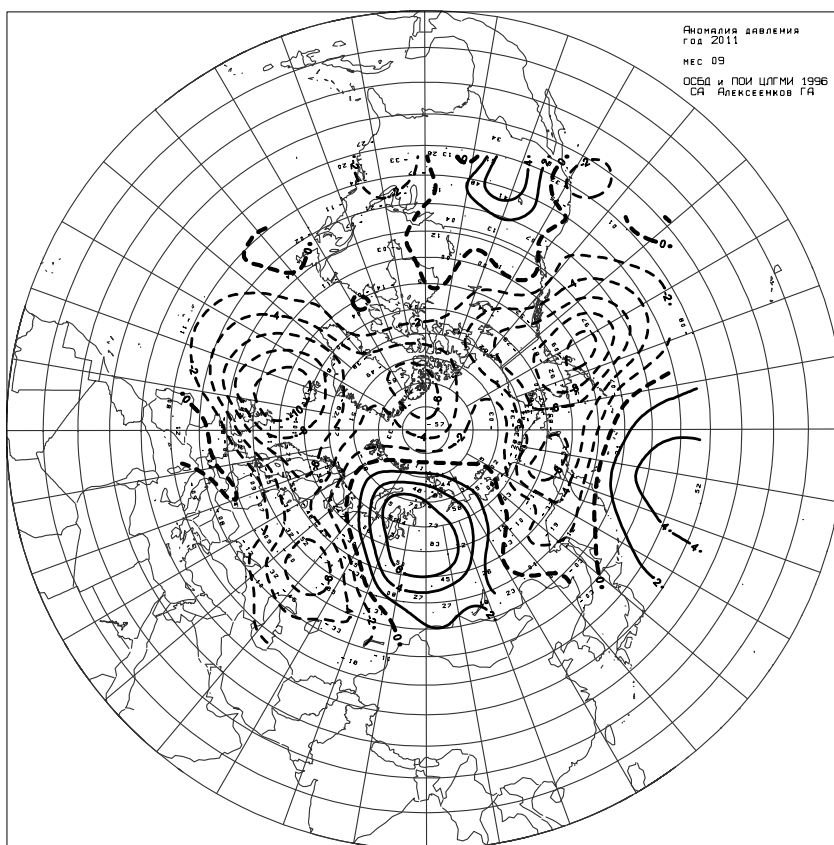


Рисунок 1.15 – Поле средней аномалии приземного давления (гПа) за сентябрь 2011 г.

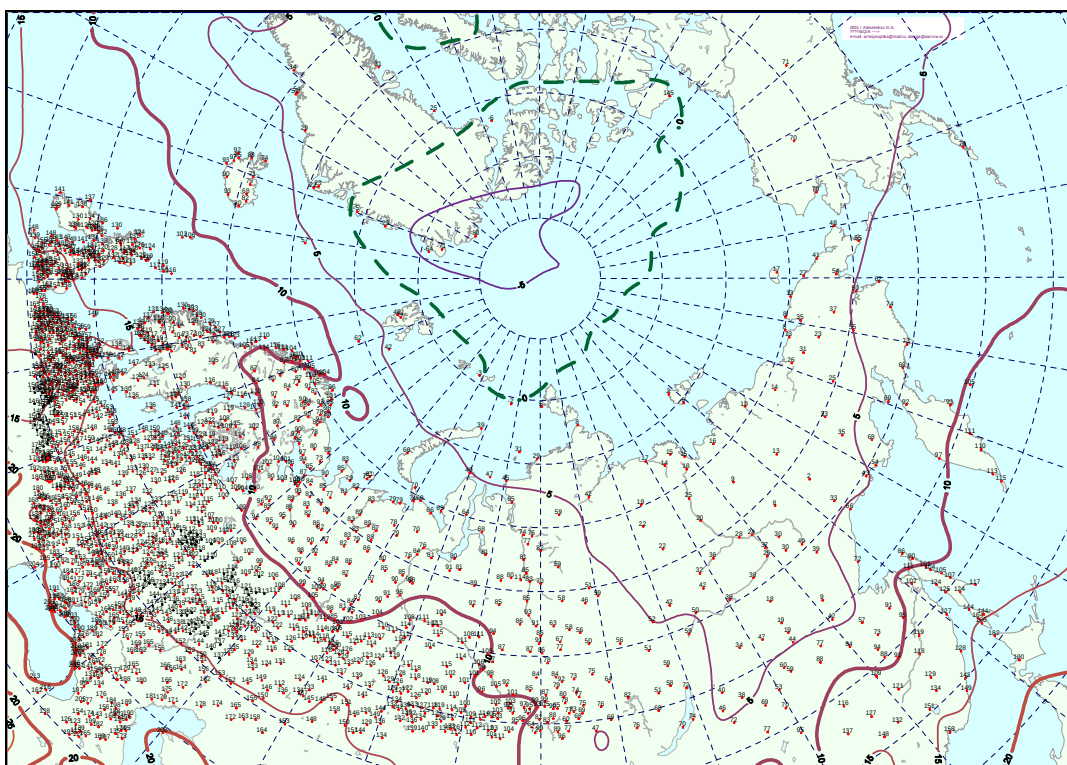


Рисунок 1.16 – Поле средней приземной температуры воздуха (°C) за сентябрь 2011 г.

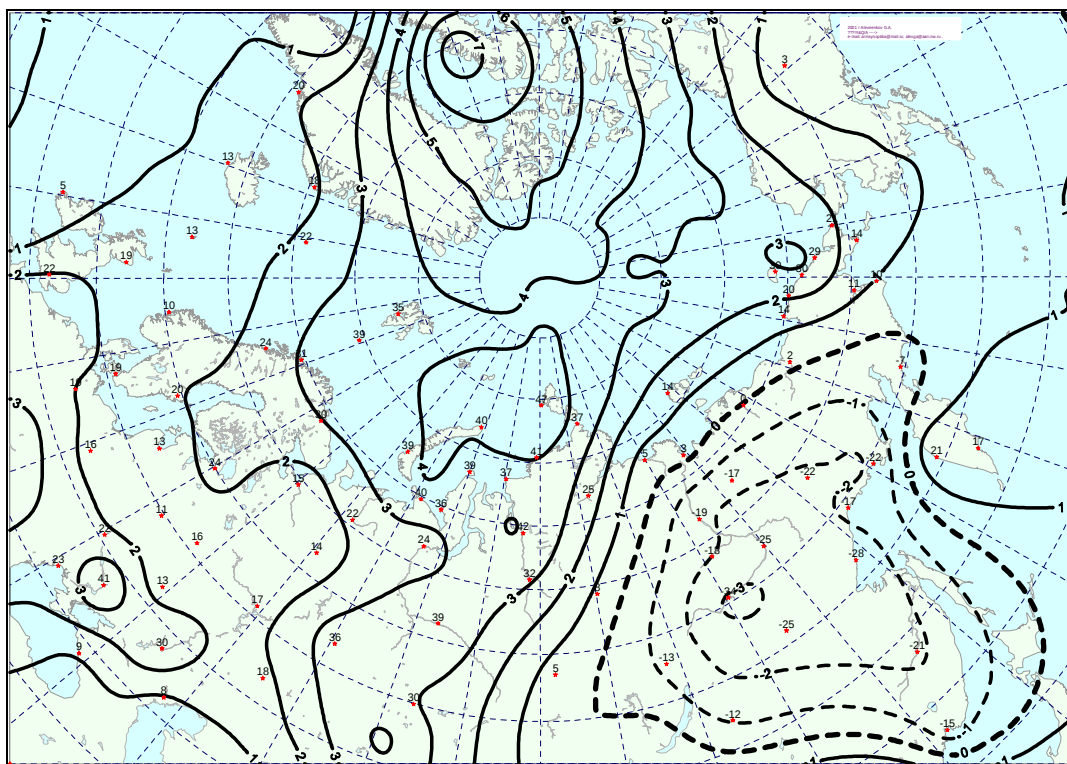


Рисунок 1.17 – Поле средней аномалии приземной температуры воздуха (°C) за сентябрь 2011 г.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в северной полярной области июль–сентябрь

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха и атмосферных осадков по районам северной полярной области (СПО) и арктическим морям (рис.1.18). Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев МПАБ.

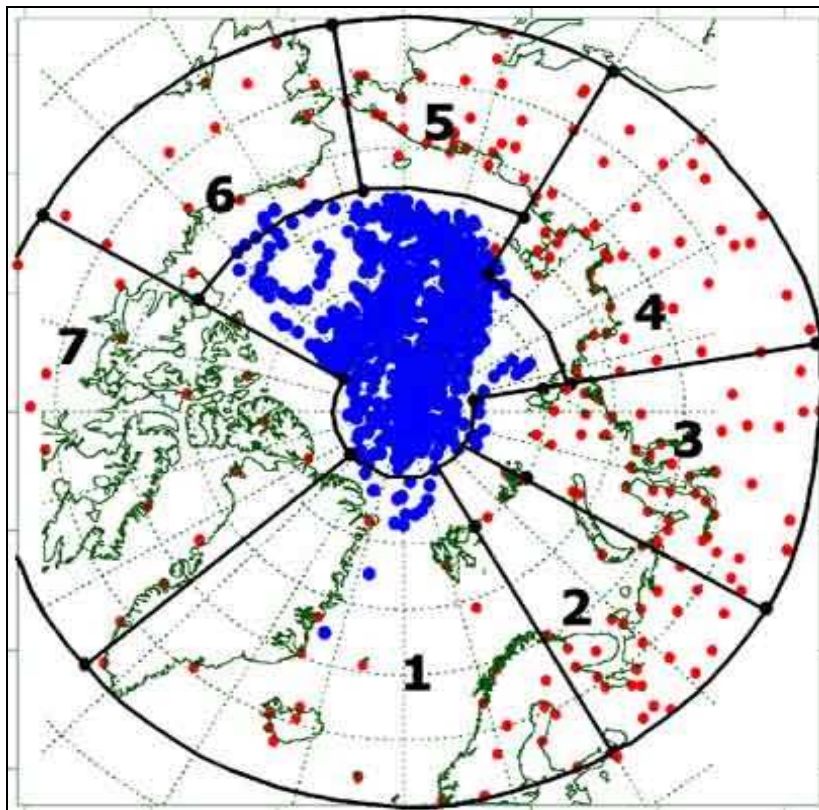


Рисунок 1.18 – Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

Температура воздуха

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



Оценка аномалий средней температуры воздуха за летний сезон 2011 года по отдельным широтным зонам (60–85, 60–70 и 70–85° с.ш.) представлена в таблице 1.3. В летнем сезоне 2011 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 1,2 °С. Лето 2011 г. по рангу теплых лет оказалось третьим теплым летом за период с 1936 г. Аномалия температуры для широтной зоны 70–85° с.ш. составила 1,5 °С, а для широтной зоны 60–70° с.ш. – 0,9 °С. Прошедший летний сезон для этих широтных зон оказался соответственно вторым и двенадцатым по рангу теплых лет за период с 1936 г.

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

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)
70–85	1,5	2	2007 (1,7)
60–70	0,9	7	2003 (1,3)
60–85	1,2	3	2005, 2007, 2011 (1,2)

Сопоставление значений аномалий летней температуры воздуха в 2011 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в восточной части азиатского сектора, а также в канадском секторе (рис. 1.19, табл. 1.4). Аномалия температуры в Канадском районе составила 2,0 °С, в Восточносибирском 1,9 °С. Лето 2011 г. в этих районах соответственно оказалось первым и четвертым теплым летом по рангу теплых лет. Небольшие отрицательные аномалии температуры воздуха имели место на станциях в южных частях Атлантического и Аляскинского районов.

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

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)
Атлантический	1,0	14	2003 (1,9)
Североевропейский	1,1	18	1972 (1,9)
Западносибирский	0,9	21	1957 (1,6)
Восточносибирский	1,9	4	2001 (1,9)
Чукотский	1,1	11	2007 (2,9)
Аляскинский	0,2	33	2004 (2,9)
Канадский	2,0	1	2011 (2,0)

В районах арктических морей и на территории СПО выше 70° с.ш. наблюдались только положительные аномалии температуры. Наиболее высокие значения аномалий обнаруживались в районе моря Лаптевых и в северной части Канадского района. Здесь значения осредненных для этих районов аномалий составили 1,9 и 2,7 °С соответственно (табл. 1.5). Для района моря

Лаптевых лето 2011 г. оказалось четвертым, а для северной части Канадского района наиболее теплым за весь период наблюдений.

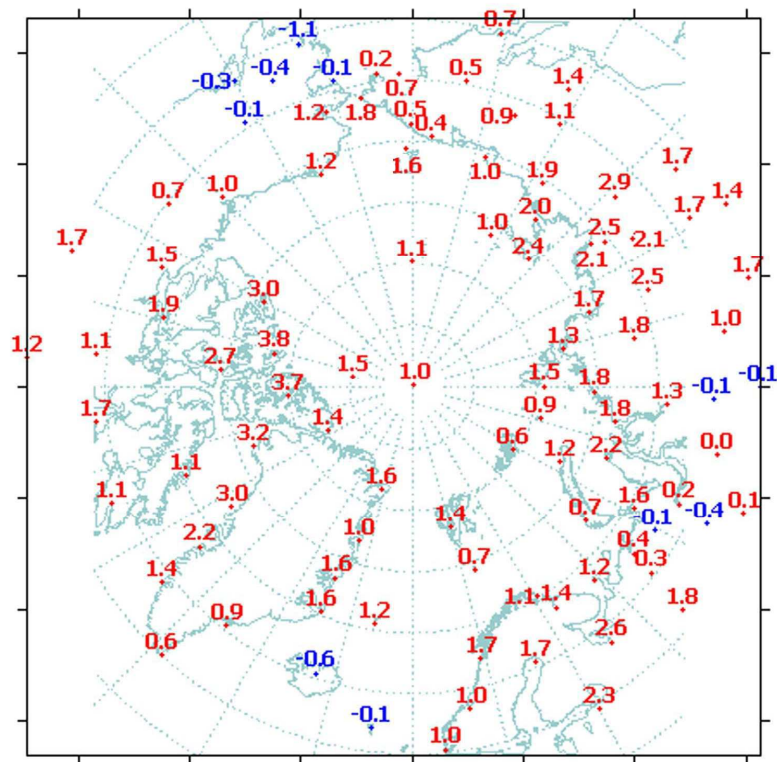


Рисунок 1.19 – Значения аномалий средней температуры воздуха летнего сезона на станциях северной полярной области, °С

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

Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	1,3	11	2002 (2,3)
Баренцево море	0,9	19	2004 (2,0)
Карское море	1,6	5	1959 (2,2)
Море Лаптевых	1,9	4	2010 (2,5)
Восточно–Сибирское море	1,3	11	2007 (3,7)
Чукотское море	1,1	11	2007 (3,9)
Море Бофорта	1,8	3	2007 (2,3)
Северная часть Канадского района	2,7	1	2011 (2,7)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за летний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85° с.ш. представлены на рис. 1.20, а для районов арктических морей на рис. 1.21.

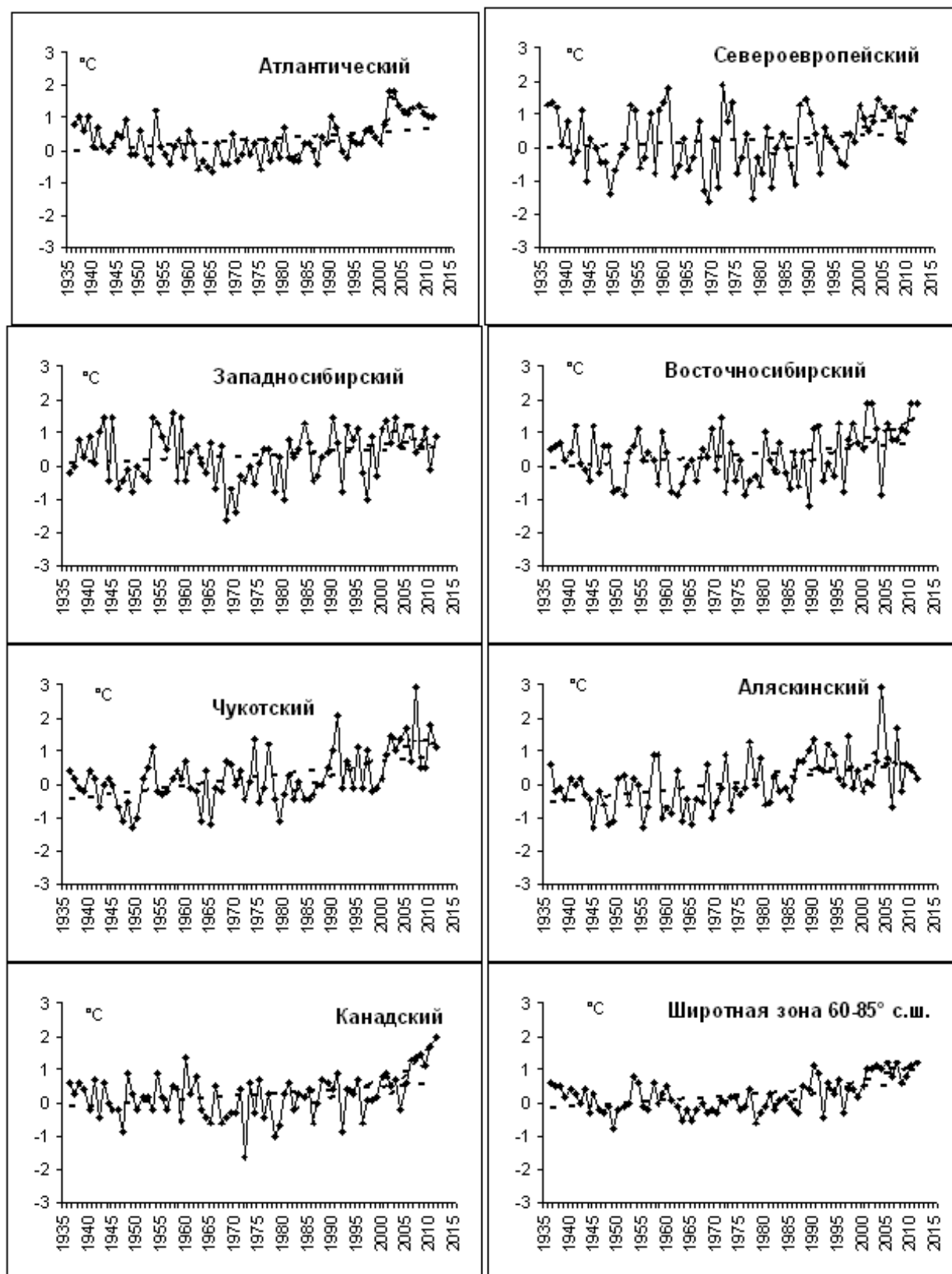


Рисунок 1.20 – Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха, °C

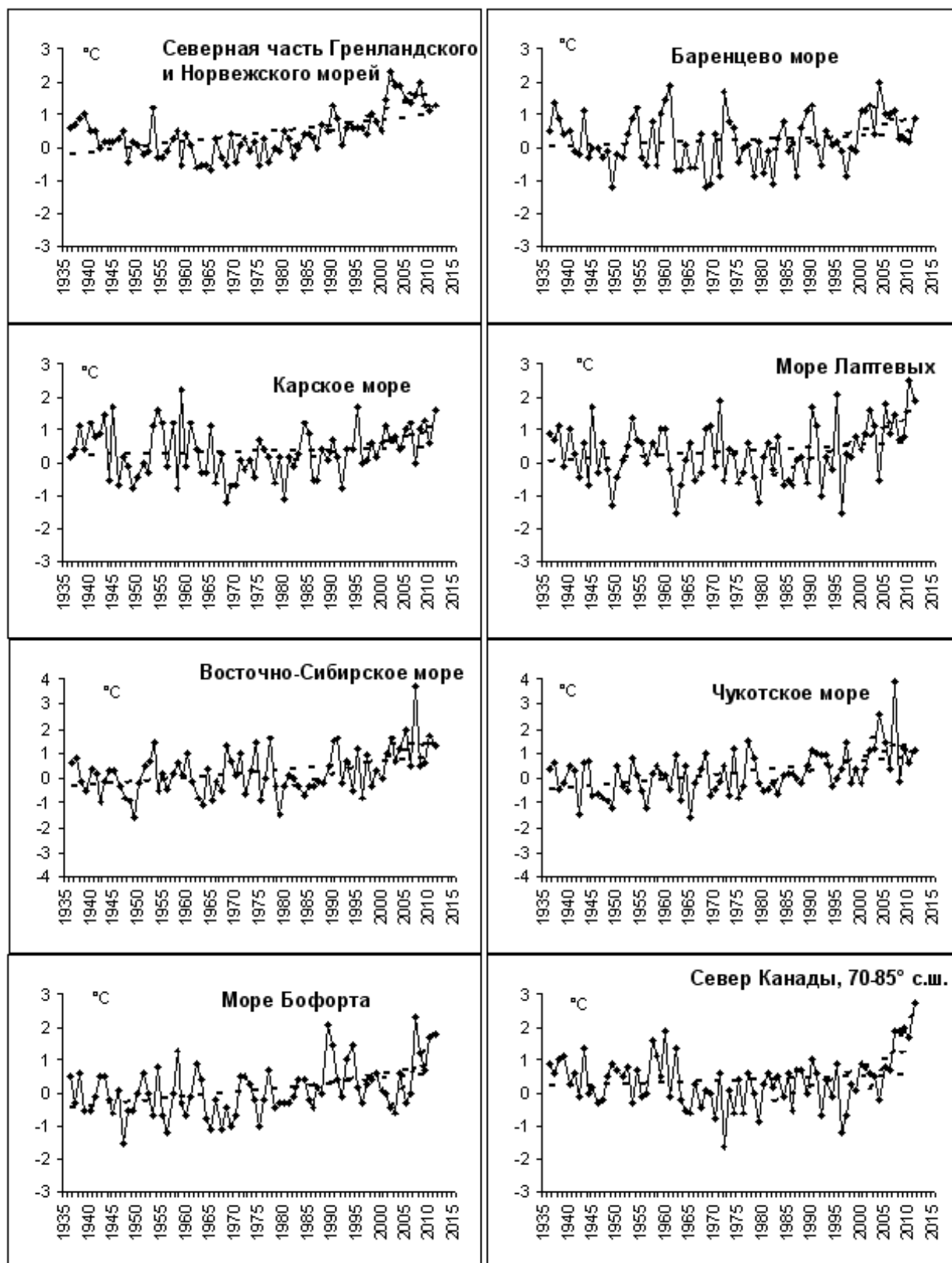


Рисунок 1.21 – Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха, °C



Оценка линейного тренда средней температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за летний сезон 1936–2011 гг. показала наличие статистически значимого (на 5% уровне значимости) положительного линейного тренда как для широтных зон к северу и югу от 70° с.ш., так и для СПО в целом (табл. 1.6). Повышение температуры летнего сезона составило соответственно 0,76, 0,84 и 0,76°C за 76 лет.

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

Район, широтная зона	1936–2011		1982–2011		2002–2011	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Атлантический	0,09	33,7	0,54	77,4	–0,82	83,7
Североевропейский	0,06	14,4	0,42	48,7	–0,18	12,6
Западносибирский	0,06	16,5	0,16	20,1	–0,58	37,3
Восточносибирский	0,09	26,8	0,57	55,4	0,88	32,2
Чукотский	0,17	48,1	0,56	58,9	–0,24	9,8
Аляскинский	0,15	44,1	0,10	11,8	–0,71	21,0
Канадский	0,09	30,8	0,49	63,5	1,81	83,0
70–85° с.ш.	0,10	41,8	0,47	75,3	0,53	50,1
60–70° с.ш.	0,11	47,8	0,36	63,4	–0,27	35,6
60–85° с.ш.	0,10	45,9	0,40	69,7	–0,04	5,4

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1982–2011 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах в летней температуре характерны статистически значимые (на 5% уровне значимости) положительные тренды. Повышение температуры в целом по региону составляет 1,2 °C за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Атлантического, Восточносибирского и Чукотского районов. Значение линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха в этих районах составляет около 1,62, 1,71 и 1,68 °C/30 лет соответственно.

В последнем десятилетнем периоде отмечается появление отрицательного знака в изменениях температуры воздуха в широтных зонах 60–70 и 60–85° с.ш., но сами значения линейного тренда в этих широтных зонах статистически не значимы. Положительный знак тренда в температуре летнего сезона сохраняется для широтной зоны 70–85° с.ш.

В районах всех арктических морей статистически значимое (на 5% уровне значимости) повышение температуры летнего сезона прослеживается с последнего 30-ти летнего периода (табл. 1.5). Исключение составляет район моря Бофорта, где значение линейного тренда незначимо. Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха наблюдается в районах морей Лаптевых и Восточно–Сибирского. За 1982–2011 гг. летняя температура воздуха в районах этих морей повысилась на 1,9 °C/30 лет.



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

Море, часть моря	1936–2010		1981–2010		2001–2010	
	Bx	D	Bx	D	Bx	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,16	52,6	0,58	77,2	–0,96	76,7
Баренцево море	0,05	14,1	0,32	39,5	–0,94	50,4
Карское море	0,03	8,7	0,31	45,6	0,61	39,5
Море Лаптевых	0,07	18,7	0,62	54,7	0,99	36,1
Восточно–Сибирское море	0,15	37,6	0,63	56,6	0,00	0,0
Чукотское море	0,18	44,4	0,51	48,6	–0,74	19,5
Море Бофорта	0,13	38,4	0,25	27,3	2,62	77,5
Северная часть Канадского района	0,05	12,8	0,55	55,8	2,59	87,2
Примечание: первый столбец – значение линейного тренда в °C/10 лет; второй столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%; жирным шрифтом выделены статистически значимые значения						

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО проводится по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха теплого сезона. За теплый сезон принят период с июня по сентябрь (преимущественно выпадают жидкие осадки).

В целом для СПО осадков в теплом сезоне 2011 г. выпало выше нормы на 3,7 %. К югу от 70 °с.ш. осадков выпало больше, чем к северу, соответственно 106,6 и 94,9 % от нормы. Ниже нормы осадков выпало в Атлантическом, Североевропейском, Западносибирском и Канадском районах (табл. 1.8). Выше нормы осадков выпало в Восточносибирском и Аляскинском районах, а наибольшее количество осадков летом 2011 г. наблюдалось в Чукотском районе (на 22,1 % выше нормы).

Таблица 1.8 – Относительные аномалии сумм осадков в теплом сезоне 2011 г., %

Клим. район, широтная зона	Относительная аномалия	Ранг аномалии	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	98,6	33	1964 (120,5)	1968 (75,2)
Североевропейский	99,1	33	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	97,9	45	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	110,9	20	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	122,1	6	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	106,2	40	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	97,0	42	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60–70°с.ш.	106,6	12	1954 (115%)	1968 (88%)
70–85°с.ш.	94,9	50	1989 (127%)	1998 (84%)
60–85°с.ш.	103,7	21	1954 (117%)	1980 (90%)

В таблице 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков теплого сезона за весь период (с 1936 по 2011 гг.) по северным (70–85°с.ш.) и южным (60–70°с.ш.) частям климатических районов



и для районов в целом. На рис. 1.22 временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70°с.ш.

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

Район, широтная зона	Вх	% от нормы	D	Вх	% от нормы	D
	1936–2011			1982–2011		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	–0,73	–1,5	4,6	–10,12	–8,2	25,5
Скандинавия и север ЕТР	2,57	7,9	17,6	–2,41	–2,9	7,5
Западная Сибирь	–2,56	–7,9	17,5	4,17	5,1	11,9
Восточная Сибирь	0,64	2,8	6,9	7,19	12,4	28,9
Чукотка	–0,91	–4,2	6,9	1,81	3,3	5,1
Аляскинский (южная часть)	–2,54	–9,9	12,8	–1,43	–2,2	3,4
Канадский (южная часть)	3,31	17,0	37,0	–0,41	–0,8	1,9
60–70° с.ш.	0,02	0,1	0,4	0,11	0,1	0,7
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,43	2,7	3,9	0,35	0,9	1,5
Баренцево море	–0,31	–1,5	2,6	–2,25	–4,4	10,0
Карское море	–1,77	–10,9	18,0	–5,94	–14,4	20,9
Море Лаптевых	–2,73	–16,4	25,7	1,91	4,5	9,1
Восточно–Сибирское море	–4,38	–28,5	36,2	–4,65	–11,9	14,7
Чукотское море	–3,67	–21,5	23,9	–1,18	–2,7	3,6
Море Бофорта	0,67	5,7	7,9	–2,67	–9,0	13,8
Канадский (северная часть)	0,74	8,5	12,2	–4,91	–22,3	28,8
70–85° с.ш.	–0,90	–6,0	18,8	–1,02	–2,7	9,1
Атлантический	–0,35	–0,9	3,0	–6,64	–6,9	24,8
Североевропейский	1,52	5,5	14,2	–1,98	–2,8	8,9
Западносибирский	–2,23	–8,7	22,8	–0,06	–0,1	0,2
Восточносибирский	–0,65	–3,2	8,0	5,17	9,9	26,3
Чукотский	–2,60	–13,2	23,0	–0,07	–0,1	0,3
Аляскинский	–1,84	–8,0	10,7	–0,84	–1,4	2,3
Канадский	2,35	15,2	38,3	–2,08	–5,3	14,7
60–85° с.ш.	–0,51	–2,1	11,2	–0,75	–1,2	6,7
Примечание: первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет; второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднесезонного значения за 76 лет; третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию D%; жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды						

Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков теплого сезона за период 1936–2011 гг. является тенденция уменьшения жидких осадков в целом по региону (на 1,2 % от нормы 1961–1990 гг.) и к северу от 70°с.ш. (на 6,0 % от нормы). Статистически значимый (на 5–% уровне значимости) рост осадков теплого сезона обнаруживается только в Канадском районе (на 15,2 % от нормы).

В арктических морях в теплом сезоне за весь период преимущественно преобладает тенденция уменьшения осадков. Более всего уменьшилось выпадение осадков в морях евразийского сектора. Уменьшение сумм осадков составило здесь от 2 до 28% от нормы.

В последнем 30–летнем периоде в отдельных широтных зонах сохраняются те же тенденции, что и за весь период, статистически значимых трендов также не обнаружено.

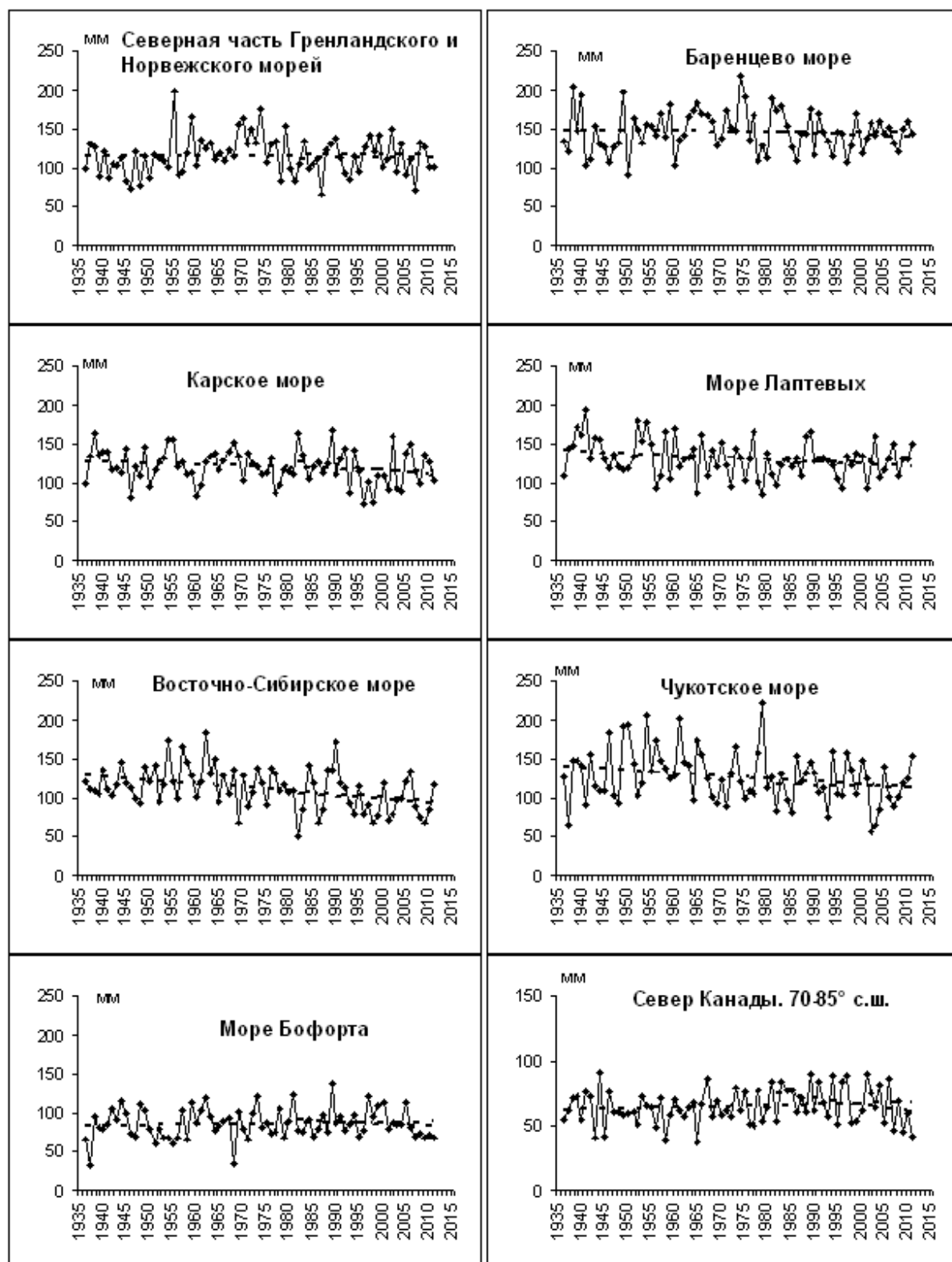


Рисунок 1.22 – Временные ряды сумм осадков теплого сезона, мм



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле–сентябре 2011 г.

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

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

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



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

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

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

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

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

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5% и 50% (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945–2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945–1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960–1979 гг., Национального ледового центра США за 1972–2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968–1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970–2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 2011 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду (<http://nsidc.org>).

На рис. 2.1 показаны границы и положение квазиоднородных районов, по которым проводится описание развития ледовых условий.

К началу летнего периода в Северном Ледовитом океане и его окраинных морях сложились следующие гидрометеорологические и ледовые условия: положительные аномалии температуры воздуха в Арктике, преобладание однолетних льдов в западном и восточном районах российского сектора Арктики, смещение массива старых льдов в канадский и гренландский сектора Арктики и приполюсный район.

В структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды, которые составляли около 60% от общего количества льда. Около 40% от общего количества льда составляли старые льды. Однолетние льды занимали западный и

восточный районы российского сектора Арктики (районы 1, 2) и западную половину аляскинского сектора Арктики (район 3). Старые льды наблюдались преимущественно в канадском и гренландском секторах Арктики (районы 4 и 6) и приполюсном районе (район 5). От основного массива старых льдов в северную часть Восточно-Сибирского протянулся отрог с преобладанием старых льдов, который сохранялся в этом районе с весеннего периода.

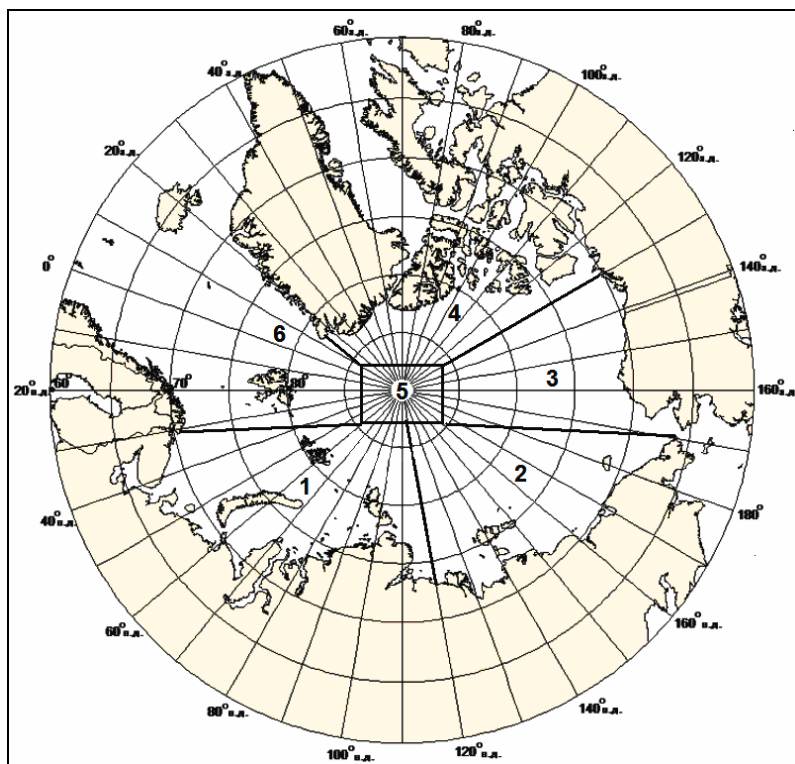


Рисунок 2.1 – Районы Северного Ледовитого океана (1–западный район российского сектора; 2–восточный район российского сектора; 3–аляскинский сектор; 4 канадский сектор; 5–приполюсный район; 6– гренландский сектор)

Сформировались обширные разряжения и заприпайные полыньи в западных морях российской Арктики (Карском и Лаптевых) и обширное разряжение в Чукотском море.

Распределения льда по сплоченности по бассейну Северного Ледовитого океана в конце июня приведено на рисунке 2.2.

На начало июля, в результате выносного дрейфа льда и сформировавшихся обширных разряжений и заприпайных полыней, в ряде морей российского сектора Арктики сформировались отрицательные аномалии ледовитости. В Баренцевом, западной части Карского, восточной части Лаптевых и Чукотском морях сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости, превышающие среднемноголетнюю ледовитость на 20–45%. Освободившиеся ото льда большие пространства чистой воды в этих морях послужили очагами теплонакопления и дальнейшего интенсивного таяния ледяного покрова. Более ранние сроки начала таяния льда были отмечены на

всех полярных станциях морей российского сектора Арктики. Наблюдалось очень интенсивное разряжение льда и очищение акваторий морей ото льда в морях западного сектора российской Арктики – Баренцевом и Карском.

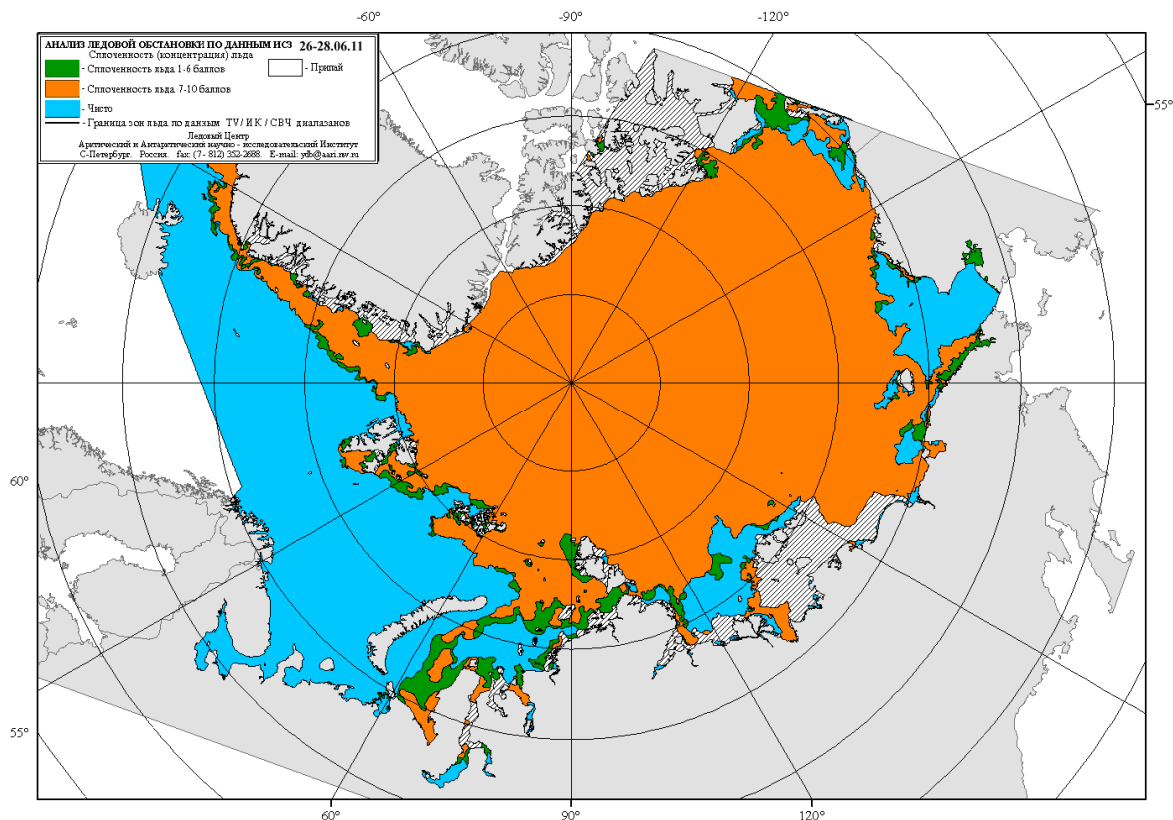


Рисунок 2.2 – Распределение льда по сплоченности в конце июня 2011 г.

На таком благоприятном фоне, который сформировался в начале летнего периода и особенно хорошо проявился в окраинных морях российского и аляскинского секторов Арктики, начались летние процессы.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль–сентябрь 2011 г. приведены на рисунках 2.3–2.4, 2.6–2.7, 2.9–2.10.

В июле продолжалось интенсивное очищение крайних западных (Баренцева, Карского и западной части Лаптевых) и восточных морей (частично моря Бофорта и Чукотского). К концу июля акватории этих морей значительно очистились от дрейфующих льдов, аномалии ледовитости составили 30–50%. Большое количество льда сохранялось в западной части моря Лаптевых и Восточно–Сибирском море (рисунок 2.3).

Дрейф ледяного покрова приведен на рисунке 2.5. В поле дрейфа льда наблюдалось хорошо выраженное развитие основных структур – трансарктического выноса льда и канадского антициклонального круговорота.

Центр канадского антициклонального круговорота был смещен в канадский сектор Арктики. Вдоль аляскинского побережья наблюдался интенсивный перенос льда в северную часть Чукотского моря и далее в Восточно–Сибирское море.

Стрежень трансарктического выноса льда был смещен в российский сектор Арктики и был близок к своему традиционному положению.

Общая ледовитость Северного Ледовитого океана в июле была меньше нормы (рисунок 2.12, а). Основной вклад в формирование отрицательной аномалии ледовитости, вносили окраинные западные и восточные моря (рисунок 2.4, б – темно–синие зоны, отражающие отрицательную аномалию).

Припай в российских арктических морях в июле полностью разрушился, что произошло в среднем на 5–15 суток раньше среднемноголетних сроков.

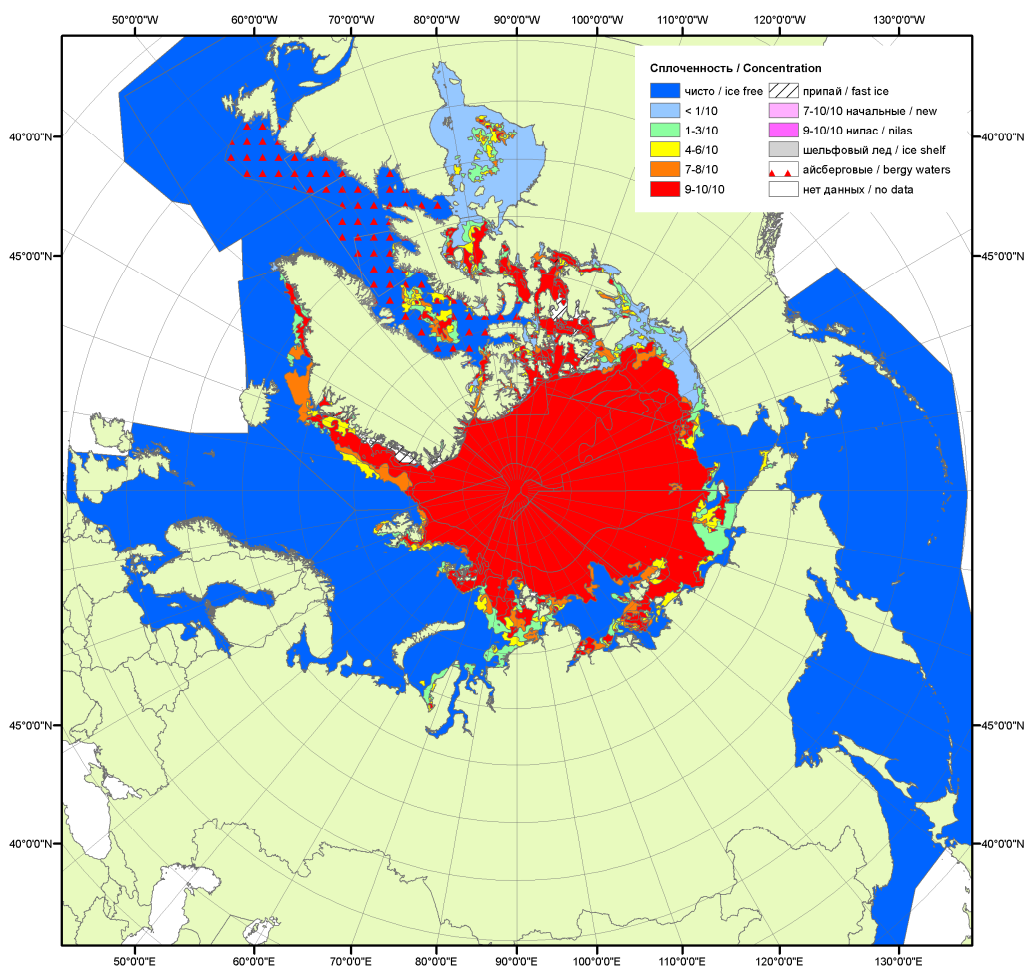


Рисунок 2.3 – Обзорная ледовая карта СЛО за 18–19.07.2011 г. на основе ледового анализа ААНИИ (19.07), Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США (18.07)

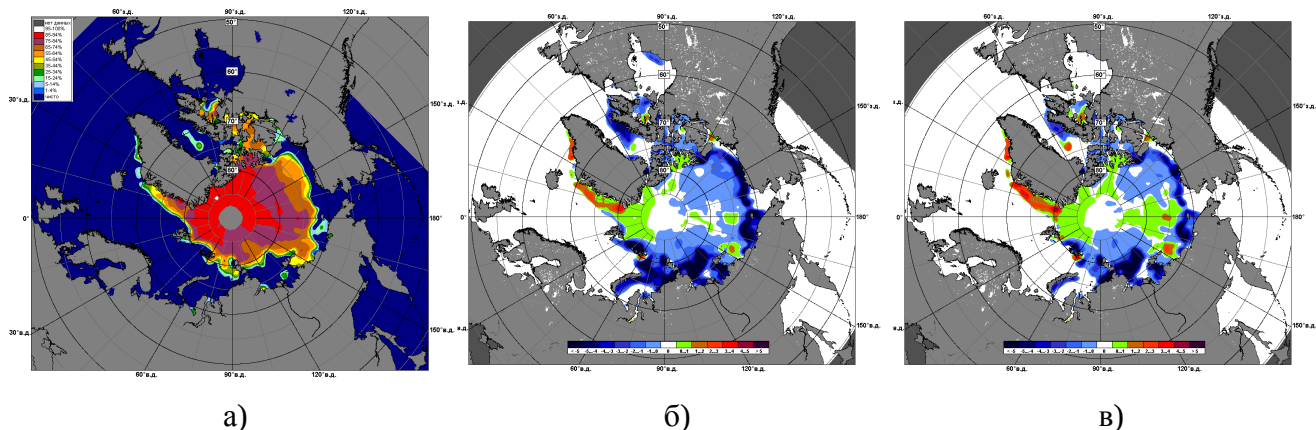


Рисунок 2.4 – Медианное распределение сплоченности льда в июле 2011 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2011 (б) и 2001–2011 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM ААНИИ (19.07), Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США (18.07)

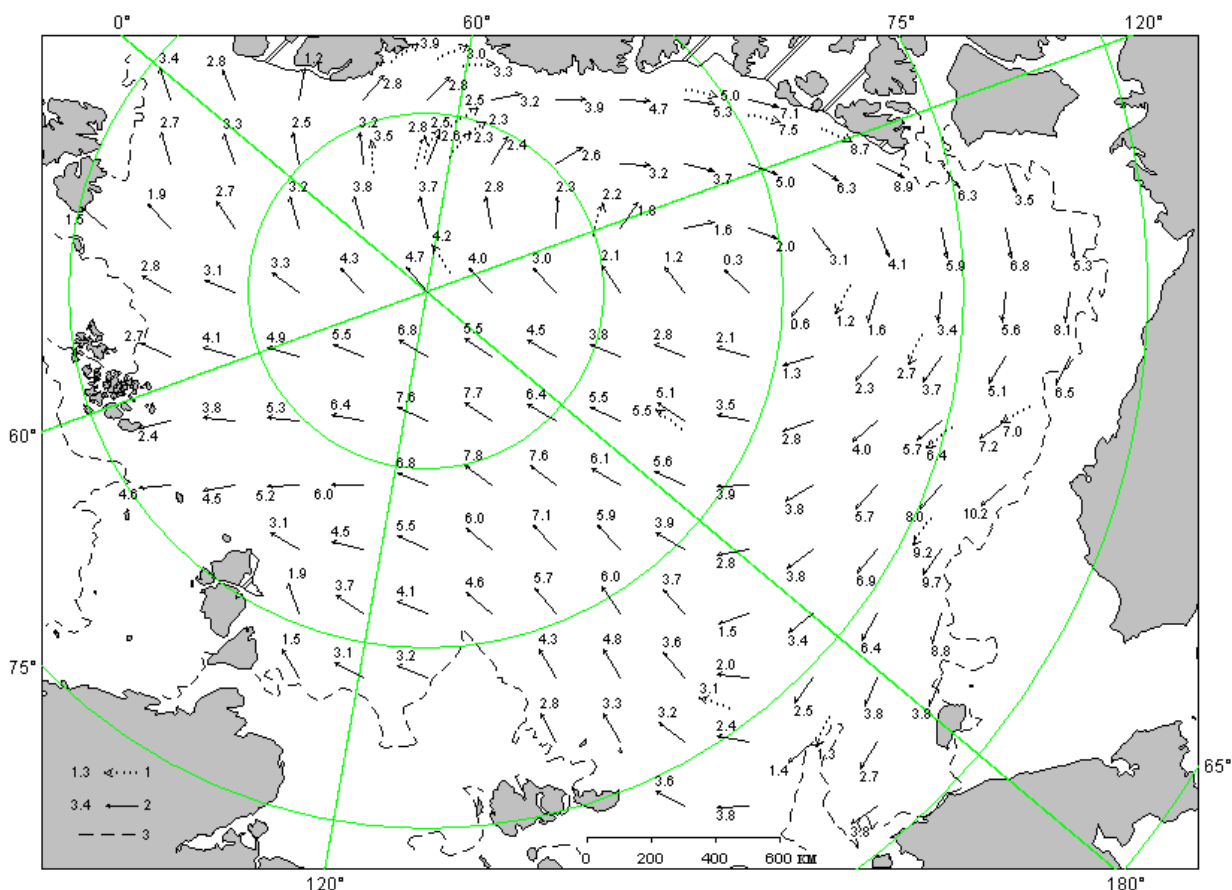


Рисунок 2.5 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за июль 2011 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (2.5 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка дрейфующего льда)

В течение августа продолжалось таяние и сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом океане. Уменьшение ледовитости, как следует из рисунка 2.6, происходило в основном

за счет разрушения льда в западном районе российского сектора Арктики (Баренцево, Карское моря) и западной части восточного района российского сектора Арктики (море Лаптевых).

В августе, в поле дрейфа льда произошли существенные изменения. Центр Канадского антициклонального круговорота сместился к островам Канадского арктического архипелага и вдоль всего аляскинского побережья наблюдалась широкая периферийная прибрежная ветвь дрейфа, с выносом льдов в северную часть морей восточного района российского сектора Арктики.

Был хорошо развит трансарктический вынос льдов. Его стрежень был значительно смещен к востоку, что привело к выносу льдов из российских арктических морей к северному побережью Гренландии и островам Канадского арктического архипелага.

В результате смещения массива арктических льдов к побережью Гренландии и островам Канадского арктического архипелага и интенсивного таяния и разрушения в морях российского и аляскинского секторов Арктики в поле сплоченности льда сформировались отрицательные (темно-синие зоны) и положительные аномалии (зеленые зоны) сплоченности льда в этих областях (рисунок 2.7).

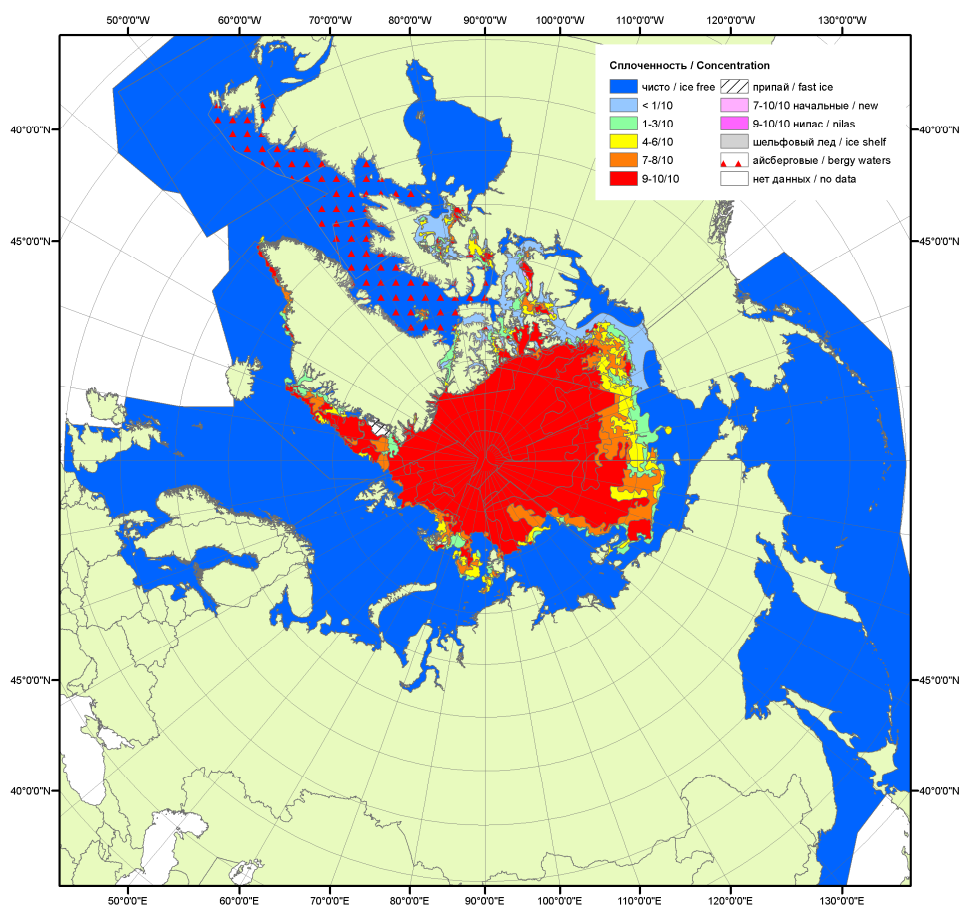


Рисунок 2.6 – Обзорная ледовая карта СЛО за 15–16.08.2011 г. на основе ледового анализа ААНИИ (16.08), Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США (15.08)

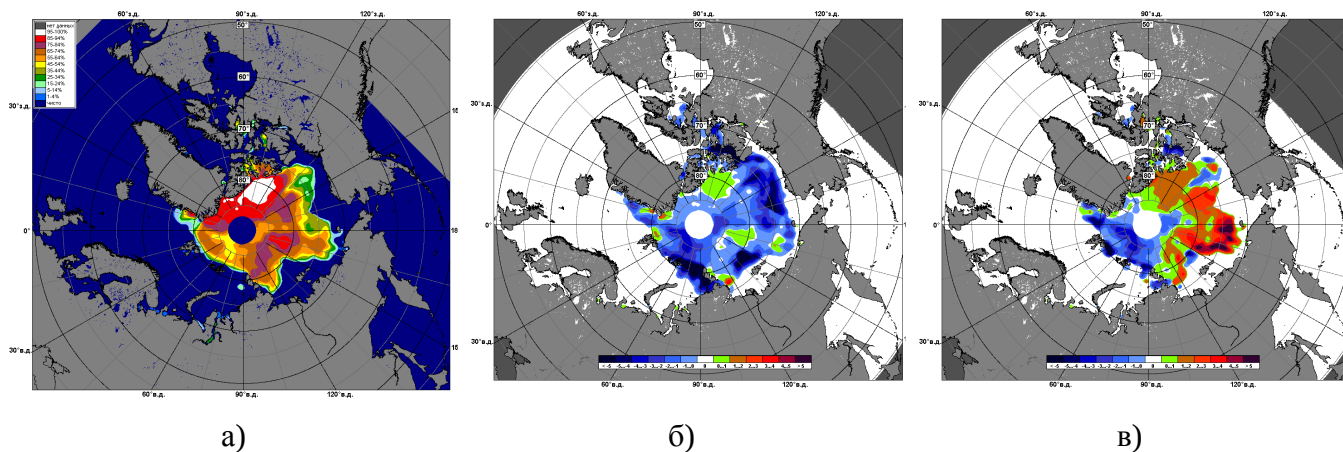


Рисунок 2.7 – Медианное распределение сплоченности льда в августе 2011 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979–2010 (б) и 2007–2010 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I, алгоритм NASATEAM

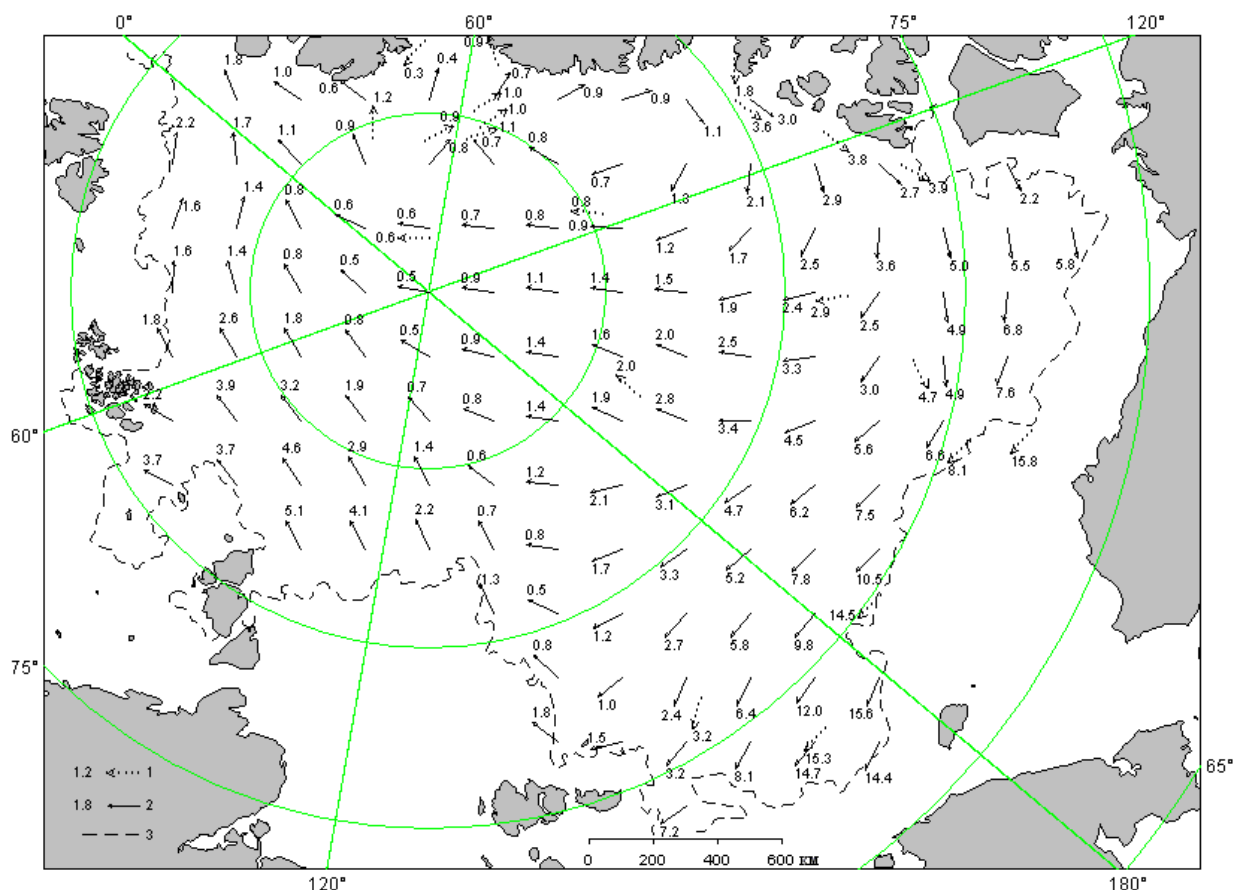


Рисунок 2.8 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за август 2011 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (0.6 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка дрейфующего льда)

В целом в СЛО сохранялась отрицательная аномалия ледовитости, по окраинным арктическим морям сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости (порядка $-30\div-50\%$), кроме Восточно-Сибирского моря.

В течение сентября происходило дальнейшее очищение российских арктических морей, но уже более медленными темпами. К концу периода летнего разрушения, льды сохранились только в северной части морей Карском, Восточно–Сибирском и Бофорта.

Полностью очистились ото льда моря Баренцево, Карское, Лаптевых и Чукотское. Большое количество льда, по сравнению с предшествующим периодом 2007–2010 гг., сохранялось в морях Восточно–Сибирском и Бофорта. Основная масса льдов, сохранившихся после периода летнего таяния в Северном Ледовитом океане, была смещена в приполюсный район, гренландский и канадский сектора Арктики (рисунок 2.9).

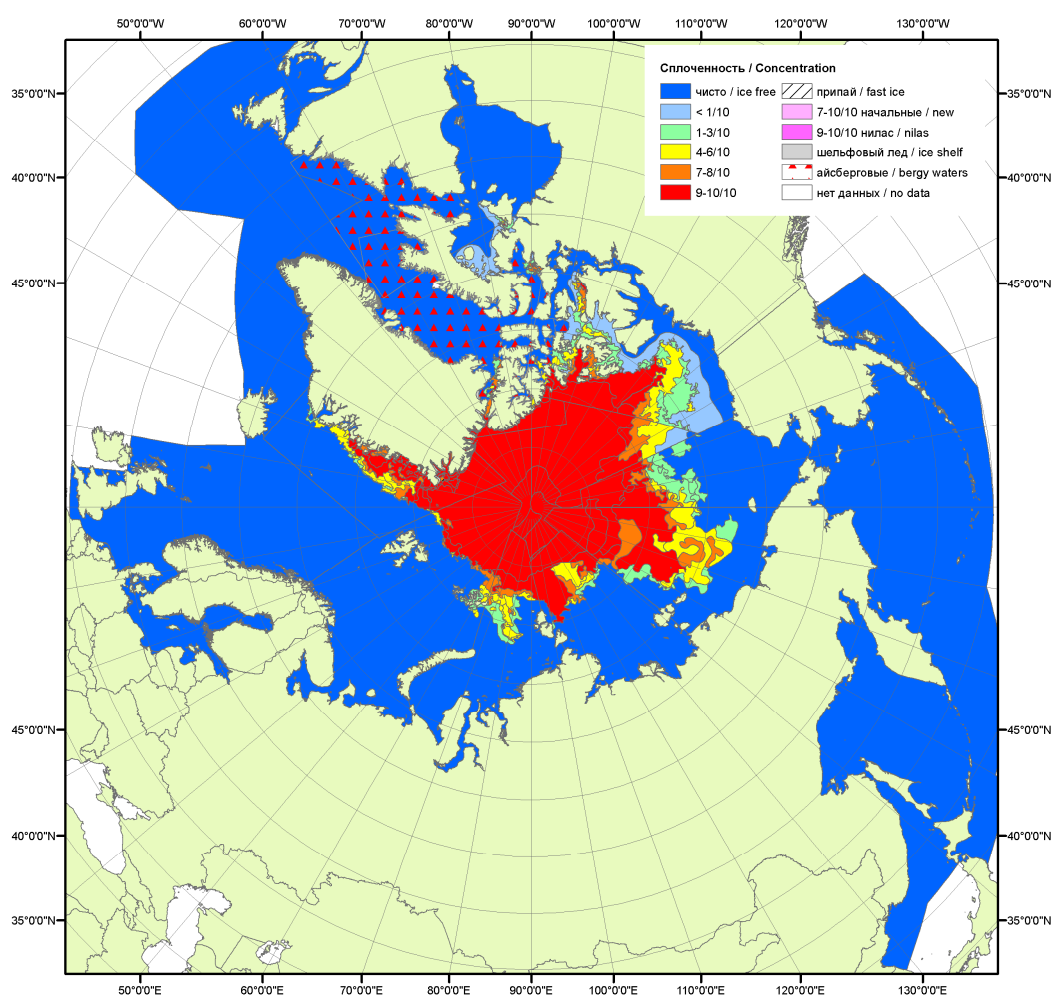


Рисунок 2.9 – Обзорная ледовая карта СЛО за 12–13.09.2011 г. на основе ледового анализа ААНИИ (13.09), Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США (12.09)

Дрейф ледяного покрова приведен на рисунке 2.11. Сформировавшееся в сентябре поле дрейфа льда имело чрезвычайно необычную структуру. В поле дрейфа льда образовалась хорошо выраженная обширная циклоническая циркуляция, центр которого находился в приполюсном районе. Преобладание циклонального вихря, столь необычно развитого для этого периода года,

привело к замедлению выноса льдов и некоторому затоку льдов в восточные моря Российской Арктики (Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) и в Аляскинский сектор Арктики. Основные структуры дрейфа – Трансарктический вынос льда и Канадский антициклональный круговорот были выражены крайне слабо.

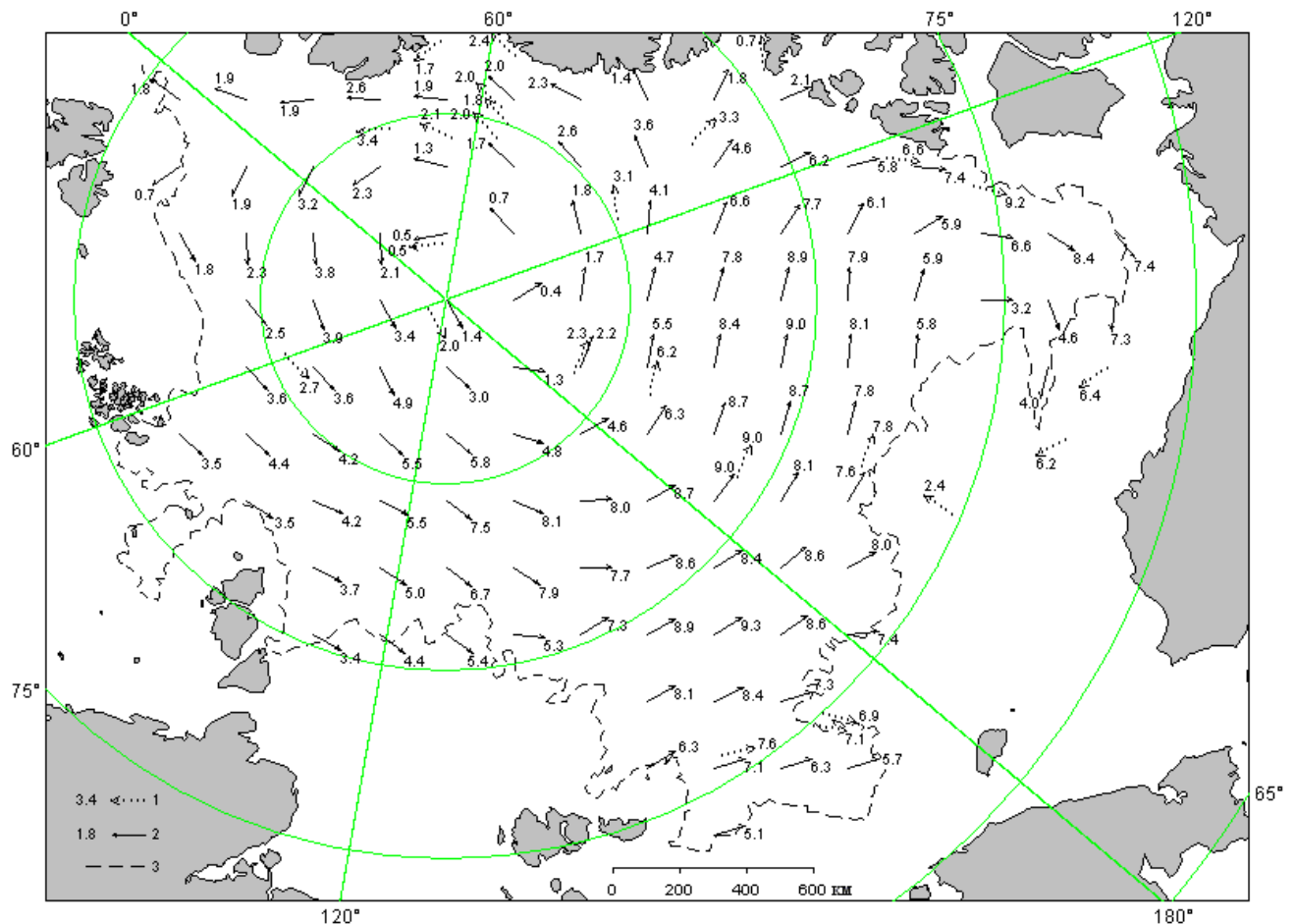


Рисунок 2.11 – Поле скорости результирующего дрейфа льда за сентябрь 2011 г. (1 – направление (стрелка) и скорость (4.8 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка дрейфующего льда)

В поле сплоченности льда, приведенном на рисунке 2.10 д, е наблюдалось формирование значительных отрицательных аномалий сплоченности (темно-синие зоны) в российском и аляскинском секторах Арктики. Положительные аномалии сплоченности льда сохранялись в гренландском, приполюсном и канадском секторах Арктики (зеленая зона).

Количество и распределение льда в конце летнего периода было аномально легким и приближалось к распределению льда повторяемости 5% квантили (рисунок 2.10, б).

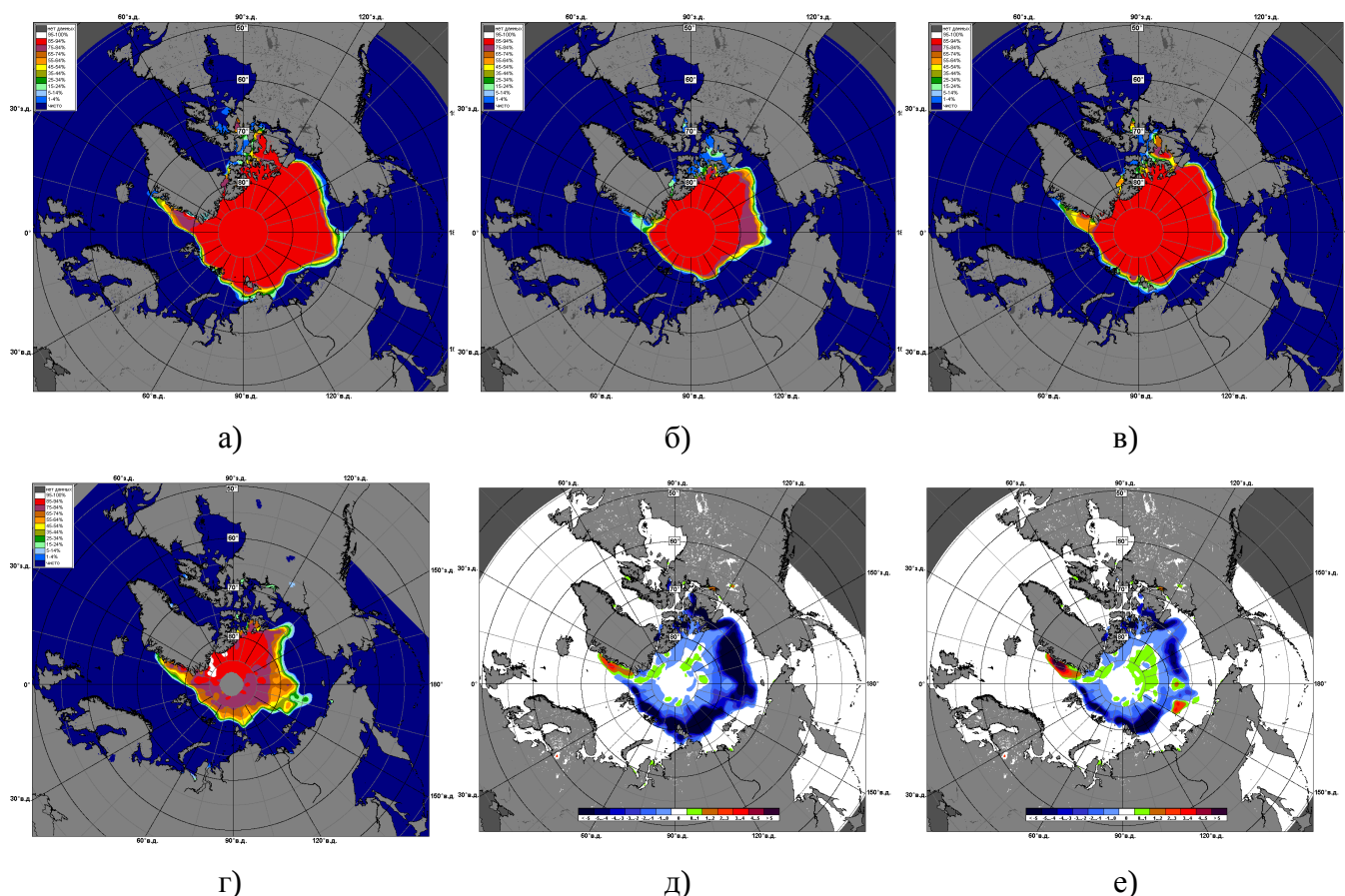


Рисунок 2.10 – Климатические распределения сплоченности льда в сентябре на основе ледовых карт за ряд наблюдений 1933–2007: (а) – медиана, (б) – 5%-квантиль, (в) – 25%-квантиль и на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM: (г) – медиана за 2011 г. и её разности относительно медианного распределения за сентябрь 1979–2011 гг (д) и 2001–2011 гг. (е)

По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий ААНИИ, под руководством В.М. Смоляницкого, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2011 года составила 4,36 млн. кв. км при норме 6,36 млн. кв. км, что на 31% меньше среднееголетних значений. Необходимо отметить, что значение общей ледовитости СЛО не превзошло исторического максимума 2007 г., и таким образом нет оснований утверждать, что был установлен новый исторический минимум, хотя такие утверждения со ссылками на заявления некоторых научных центров (в частности Германии) появлялись в печати.

Вместе с тем, необходимо отметить, что общее количество льда, сохранившееся у к концу летнего периода таяния было меньше чем за все годы, начиная с 2008 по 2010 гг., в которые устойчиво наблюдалось увеличение остаточной ледовитости.

Данные по ледовитости Северного ледовитого океана на сентябрь и ее аномалии, а также сравнение с ледовитостями ряда лет начиная с 2007 г. приведены в таблице 2.1.



Таблица 2.1 – Медианные значения ледовитости за 1 – 30 сентября 2011 г. и её аномалии от значений 2007–2010 гг. и периодов 2001–2011 гг. и 1979–2011 гг. по данным наблюдений SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM

Месяц	S, тыс. км ²	Северная полярная область					
		Аномалии, тыс. км ²					
		2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2001–2011 гг.	1979–2011 гг.
1–30.2011	4564,9	237,1	–119,5	–697,3	–310,1	–895,6	–1847,3
12–18.2011	4351,9	21,6	–288,5	–809,2	–451,5	–1057,4	–2009,0
Сектор 45°W–95°E (Гренландское – Карское моря)							
		Аномалии, тыс. км ²					
		2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2001–2011 гг.	1979–2011 гг.
1–30.2011	1208,2	–173,8	–18,8	–139,5	–106,4	–125,1	–300,8
12–18.2011	1182,7	–178,7	–26,0	–182,8	–134,5	–123,4	–305,6
Сектор 95°E–170°W (моря Лаптевых – Чукотское, Берингово, Охотское)							
		Аномалии, тыс. км ²					
		2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2001–2011 гг.	1979–2011 гг.
1–30.2011	1373,5	592,3	–39,6	–176,9	–127,7	–300,4	–740,0
12–18.2011	1312,9	501,3	–123,7	–218,0	–209,3	–369,6	–803,7
Сектор 170°W–45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)							
		Аномалии, тыс. км ²					
		2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2001–2011 гг.	1979–2011 гг.
1–30.2011	1983,1	–181,4	–61,1	–380,9	–76,0	–470,1	–806,5
12–18.2011	1856,3	–301,0	–138,9	–408,5	–107,7	–564,4	–899,6

На рисунке 2.12 приведены ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северной полярной области и ее отдельных секторов за период с 26.10.1978 по 30.09.2011 по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM. Ход общей ледовитости в бассейне Северного Ледовитого океана показывает, что практически весь зимний, весенний и летний периоды количество льда в 2011 году было намного меньше среднесноголетней ледовитости и развивалось близко к показателя 2007 и 2010 гг.

Как видно из рисунка 2.12, основной вклад в формировании легких ледовых условий в зимний и весенний периоды года внесли моря российского и аляскинского секторов Арктики и 170°W–45°W), а в летние месяцы (июнь–август) моря российского сектора (меридиональные сектора 95°E–170°W 95°E–170°W).

В целом, во все сезоны 2011 года общее увеличение количества льда в Северном Ледовитом океане было значительно меньше нормы, но превышало исторический минимум 2007 года.

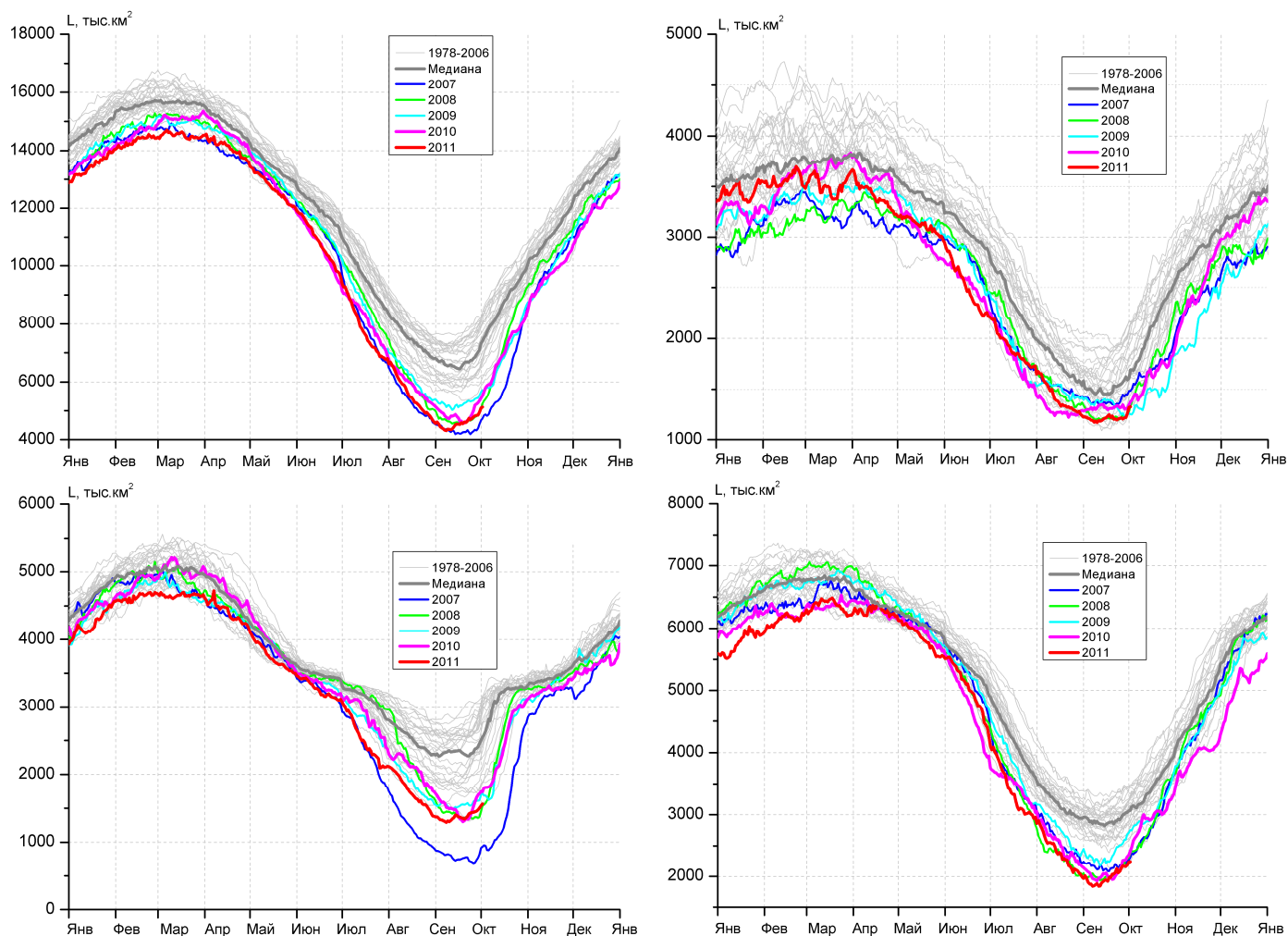


Рисунок 2.12 – Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) – для Северной полярной области и меридиональных секторов б) – 45°W–95°E (Гренландское – Карское моря), в) – 95°E–170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) – 170°W–45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период с 26.10.1978 по 30.09.2011 по годам на основе расчетов по данным SSMR–SSM/I–SSMIS, алгоритм NASATEAM



3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в июле–сентябре 2011 г.

3.1 Термохалинные условия в Арктическом бассейне и арктических морях

В третьем квартале 2011 г. информация о термохалинном состоянии вод Северного Ледовитого океана была доступна из пяти основных источников: с российской дрейфующей станции «Северный Полюс 38» (СП–38), с автономных дрейфующих ИТР (Ice–Tethered Profiler) буев и трех морских научно–исследовательских экспедиций, проводившихся на борту НЭС «Академик Федоров», НИС «Профессор Молчанов» и ГС «Яков Смирницкий» (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Сведения о наблюдениях в третьем квартале 2011 г., загруженных в базу данных термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

№ п/п	Экспедиция, судно, измерительная платформа	Период		Количество станций
1	СП–38	01.07.2011	31.09.2011	69
2	ИТР*–41	01.01.2011	31.03.2011	185
3	ИТР*–47	01.01.2011	31.03.2011	368
4	ИТР*–48	10.09.2011	31.03.2011	84
5	ИТР*–49	12.09.2011	31.09.2011	39
6	ИТР*–51	17.09.2011	31.09.2011	29
7	ИТР*–52	06.08.2011	31.09.2011	220
8	ИТР*–53	04.08.2011	31.09.2011	115
9	ИТР*–54	06.08.2011	31.09.2011	69
10	ИТР*–55	09.08.2011	31.09.2011	105
11	НИС «Профессор Молчанов»	24.08.2011	11.10.2011	21
12	«Шельф–2011», НЭС «Академик Федоров»	08.07.2011	07.09.2011	59
13	«ЛАПЭКС–2011», ГС «Яков Смирницкий»	26.08.2011	05.09.2011	30
ВСЕГО				1393
* Примечание: данные буев ИТР, доступные с сайта Океанографического института в Вудсхоле, США (http://www.whoi.edu/itp)				

В рассматриваемый период времени в глубоководной части Амеразийского суббассейна дрейфовало в общей сложности 9 работающих ИТР буев, оснащенных профилографами, с помощью которых обеспечивалось непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760–метрового слоя вод. При этом 7 буев были установлены в августе–сентябре 2011 г. во время проведения экспедиционных исследований на борту германского ледокола «Полярштерн» в западной и центральной части Арктического бассейна (буи №№ 48, 49 и

50) и на борту канадского ледокола «Луи Сан-Лоран» в центральной части Канадской котловины (буи №№ 52–55).

Положение всех выполненных океанографических станций, использованных в рамках настоящего обзора, показано на рисунке 3.1.

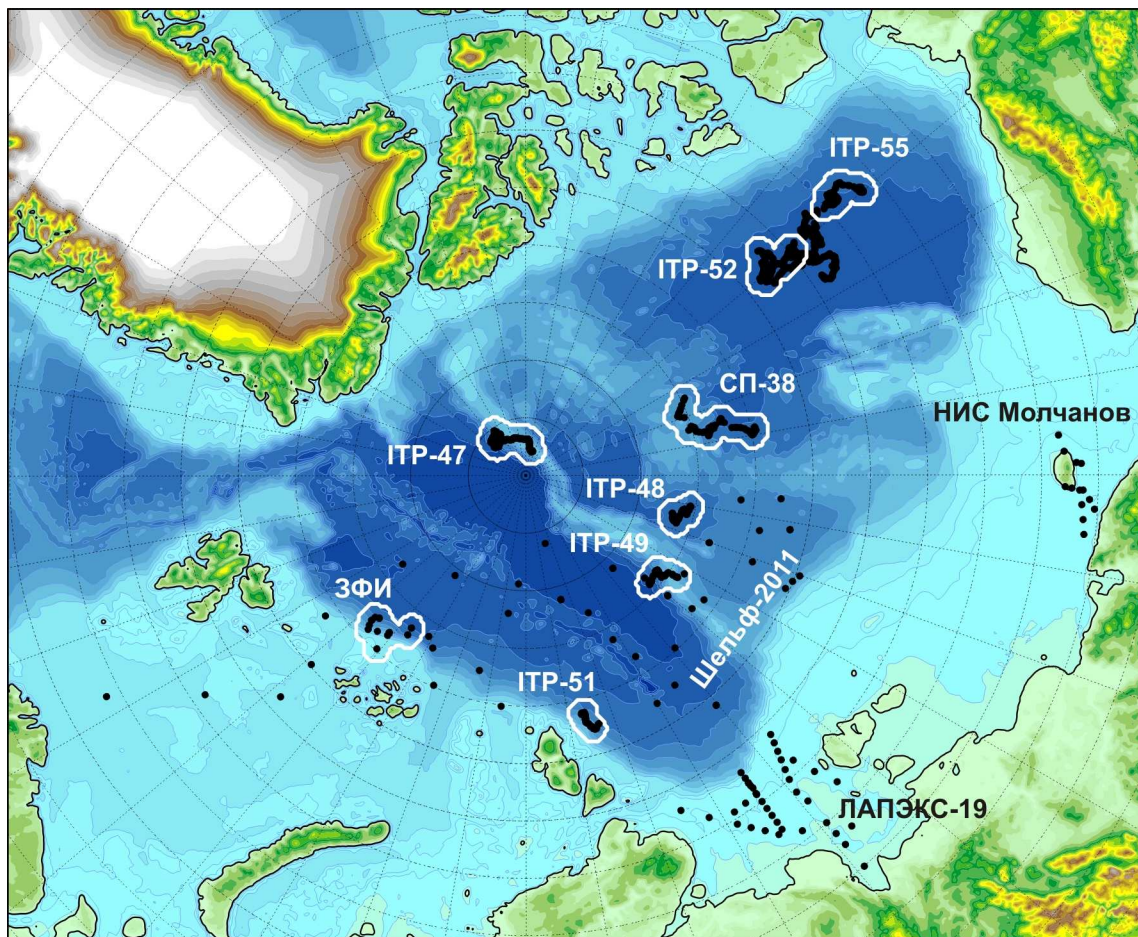


Рисунок 3.1 – Положение океанографических станций, выполненных в третьем квартале 2011 г. и занесенных в БД отдела океанологии ФГБУ «АНИИ»

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для анализа особенностей вертикальной термохалинной структуры по данным наблюдений в третьем квартале 2011 г. был осуществлен расчет основных статистических характеристик (среднее, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения) вертикальных профилей температуры и солености. При этом было проведено предварительное объединение исходных данных по географическому признаку. В качестве таких географических зон использовались:

1) район расположения станций, выполненных с борта НЭС «Академик Федоров» к северу от ЗФИ;



- 2) район дрейфа ИТР буя № 51 для описания вертикальной структуры в районе континентального склона к северо–востоку от арх.Северная Земля;
- 3) район дрейфа ИТР буя № 49 для описания вертикальной структуры центральной над хр.Ломоносова в районе параллели 80° с.ш.;
- 4) район дрейфа ИТР буя № 48 для описания вертикальной структуры в северной части котловины Подводников;
- 5) район дрейфа станции СП–38 над восточным склоном в центральной части хребта Менделеева;
- 6) район дрейфа ИТР буюв № 52 и № 55 для описания вертикальной структуры центральной части Амеразийского суббассейна в области ядра круговорота Бофорта;
- 7) район дрейфа ИТР буя № 47 для описания вертикальной структуры в приполюсном районе.

Сравнительный анализ выполнялся путем сопоставления вертикальных профилей основных статистических характеристик температуры и солёности, полученных для каждой из выделенных групп, с аналогами, определяемыми на стандартных горизонтах за весь исторический период наблюдений до 2003 г. в пределах полосы шириной 50 км в стороны от группы выбранных станций, показанной на рис. 3.1 в виде замкнутых контуров. В связи с тем, что на большей части глубоководной области СЛО достаточное количество исторических наблюдений в летние месяцы отсутствует, для построения вертикальных климатических профилей использовались все доступные данные, что могло привести к некоторым искажениям в верхней части профиля, связанными с отсутствием учета сезонной изменчивости.

Вертикальная структура вод Евразийского бассейна и котловины Подводников

Поверхностный слой

В направлении с запада на восток происходит постепенное уменьшение солёности и увеличение температуры слоя поверхностных вод. Так к северу от ЗФИ значения солёности на поверхности варьируются от 31,5 до 33,8 ‰, при среднем значении около 32,5 ‰ (рис. 3.2). К северу от м. Арктический средняя солёность составляет уже 32,0 ‰ (при разбросе от 31,7 до 32,3 ‰), т.е. примерно на 0,5 ‰ преснее (рис. 3.3). В районе хребта Ломоносова средняя поверхностная солёность падает до 28,8 ‰ (при разбросе значений от 28,2 до 30,0 ‰, рис. 3.4), а немного восточнее – в северной части котловины Подводников – 28,6 ‰ (от 28,0 до 29,2 ‰, рис. 3.5).

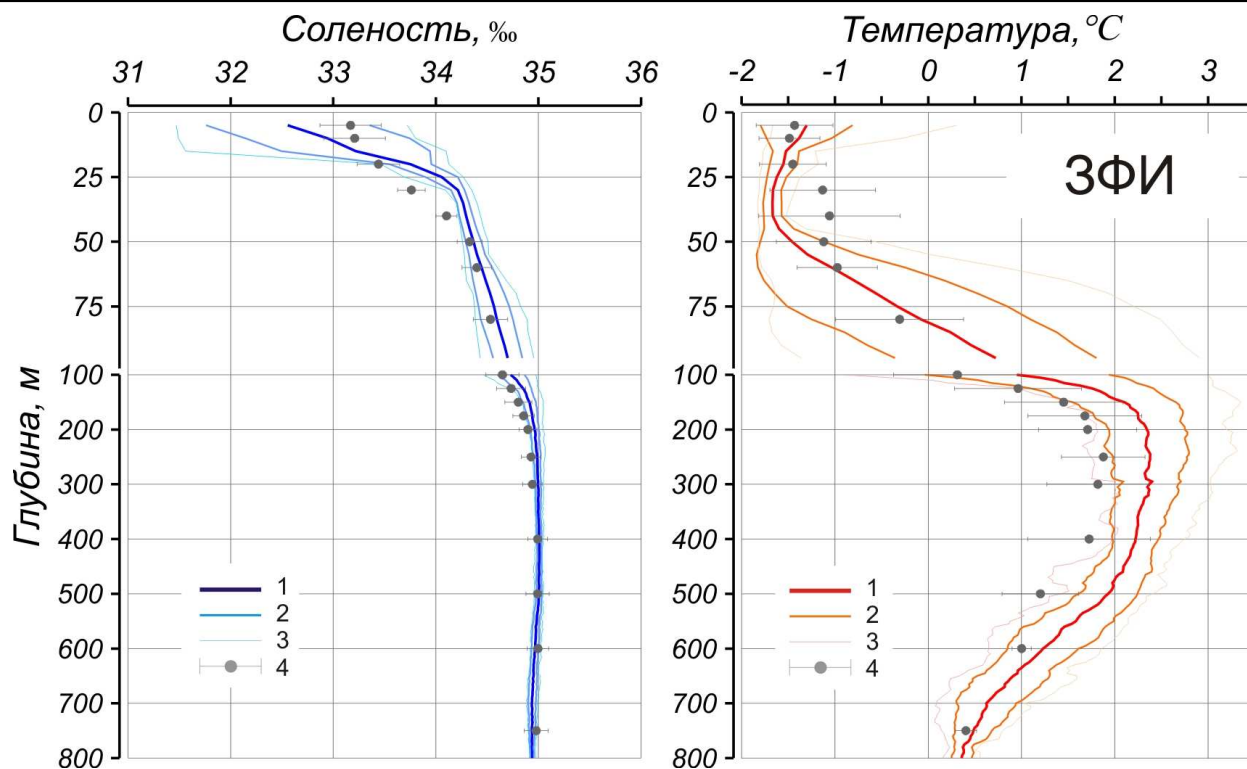


Рисунок 3.2 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений к северу от ЗФИ данным рейса НЭС «Академик Федоров» в третьем квартале 2011 г. (1 – профиль средних значений, 2 – область стандартного отклонения, 3 – минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 – средние климатические значения и стандартные отклонения соответствующих характеристик по историческим данным базы океанографических данных СЛО отдела океанологии ФГБУ «АНИИ» до 2003 г.)

Аномальное содержание пресных вод в поверхностном слое продолжает оставаться отличительным свойством текущего состояния поверхностного слоя на протяжении последних нескольких лет. Однако, если в предшествующие годы это состояние характеризовалось осолонением поверхностных вод Евразийского суббассейна, то данные текущего года показали противоположную картину. По результатам измерений во всех четырех перечисленных выше районах соленость на поверхности и до глубины 20–30 метров оказалась преснее климатических значений. Причем отрицательная аномалия солености постепенно увеличивается, начиная примерно от 0,5–0,6 ‰ к северу от ЗФИ и до 2,5 ‰ в котловине Подводников.

Характерно, что в приполюсном районе по данным ГТР №47 отрицательные аномалии солености в поверхностном слое отсутствовали. Наблюдаемые солености были, в целом, в пределах климатической нормы, лишь незначительно превышая последнюю (рис.3.6). При этом разброс значений солености соответствует стандартному отклонению по историческим данным.

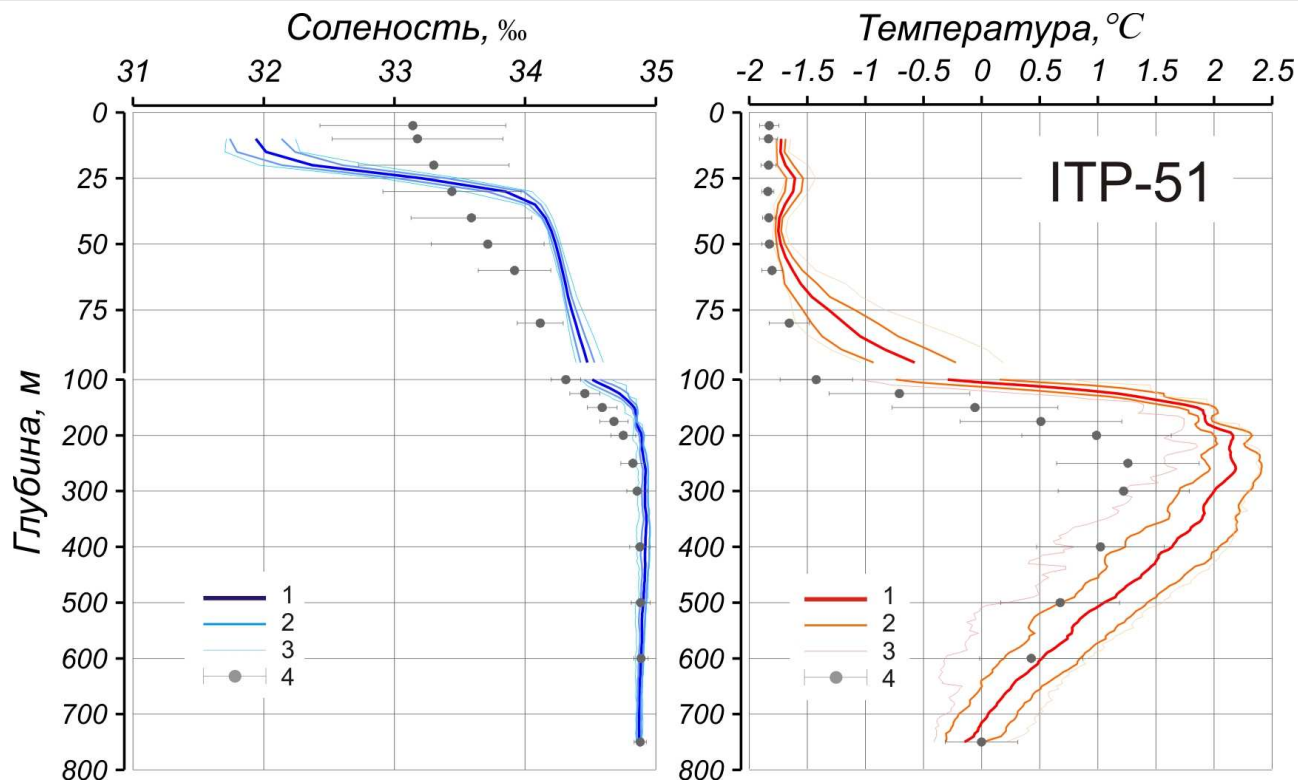


Рисунок 3.3 – Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам измерений к северу от архипелага Северная Земля в третьем квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис. 3.2)

Температура поверхностного слоя, находясь на уровне температуры замерзания, характеризовалась постепенным увеличением в направлении с запада на восток. Толщина верхнего перемешанного слоя слабо менялась в пространстве, и составляло около 20 метров.

Промежуточный слой холодного галоклина

Ниже верхнего однородного слоя, начиная от глубины 20–30 метров и до верхней границы термоклина, образованного водами атлантического происхождения, расположен слой холодного галоклина. Этот слой наиболее хорошо выражен в восточной части Евразийского суббассейна (рис. 3.3 – 3.5), тогда как на станциях, расположенных в районе ЗФИ, он прослеживается слабо (рис. 3.2). Характерно, что в пределах этого слоя, как и в предыдущие годы отмечается положительная аномалия солёности, достигающая значений от примерно +0,5 ‰ на группе станций к северу от м. Арктический и до 1,2–1,4 ‰ на восточной периферии суббассейна и в котловине Подводников. В приполюсном районе аномалии солёности в слое галоклина составляют около +0,8..0,9 ‰. Слой с положительными аномалиями солёности простирается до глубин 200–300 метров, захватывая диапазон глубин слоя атлантических вод во всех выделенных районах. Однако даже выше слоя АВ, определяемому по положению нулевой изотермы,

положительные аномалии солёности сопровождаются положительными аномалиями температуры величиной 0,4–0,6 °C (рис. 1.3 – 1.6).

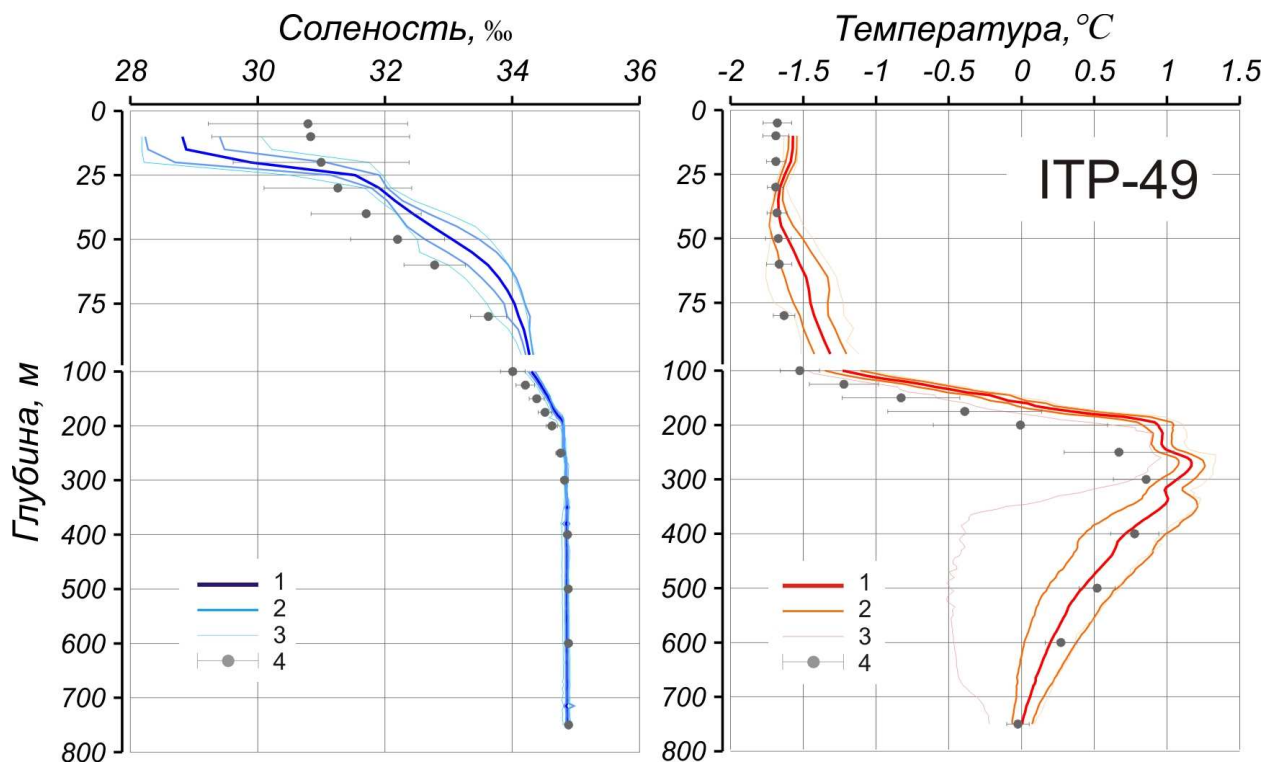


Рисунок 3.4 – Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам измерений над хр.Ломоносова в третьем квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис.3.2)

Атлантическая водная масса

Аномальное термическое состояние атлантических вод (АВ) проявляется как в виде положительных аномалий температур с одной стороны, так и изменением топологии границ этой водной массы. По данным измерений, выполненным у ЗФИ (рис. 3.2), температура в ядре АВ в третьем квартале 2011 г. варьировалась в широких пределах от +2,0 до +3,4 °C, характеризую наличие зоны фронтального раздела поперек основной струи вдольсклонового пограничного течения. Тем не менее, наблюдаемый разброс значений температур, а также средние полученные их значения, существенно выше аналогов, полученных по историческим данным. Среднее значение температуры в ядре АВ, составлявшее +2,3..2,4 °C превышало климатическое значение на +0,5..0,6 °C, что несколько превышает уровень стандартного отклонения.

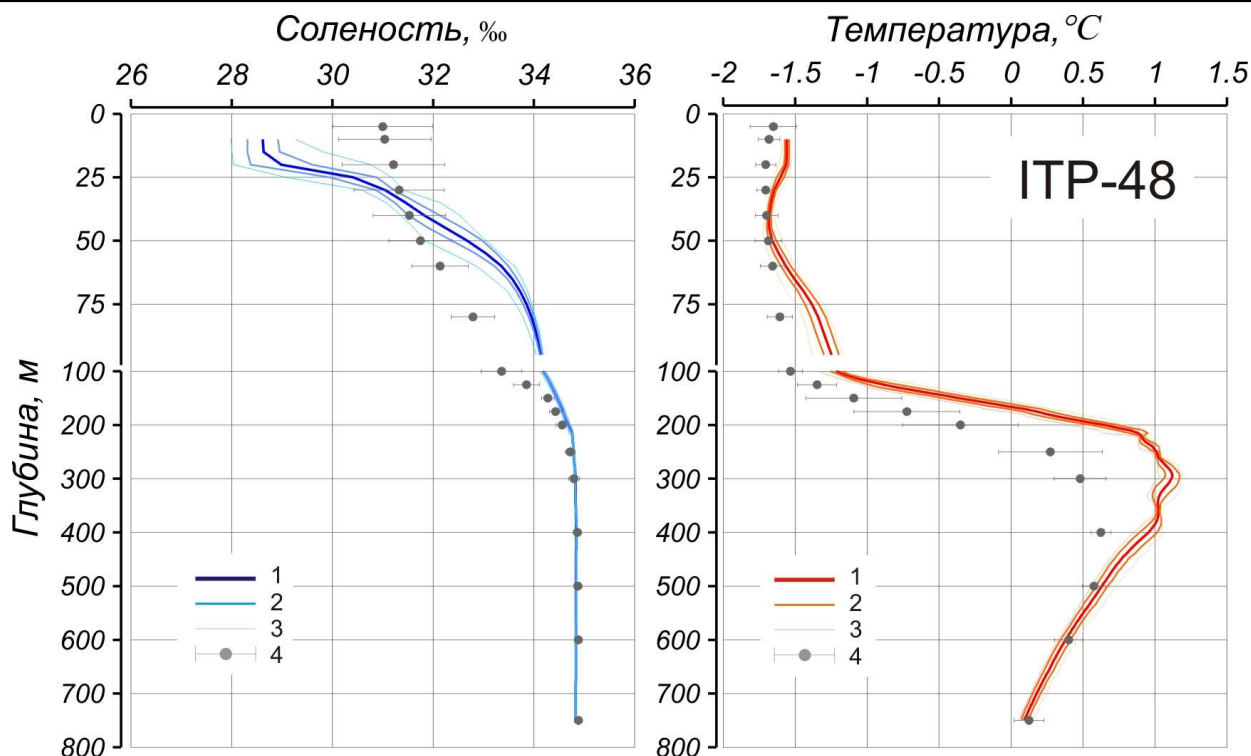


Рисунок 3.5 – Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам измерений в северной части котловины Подводников в третьем квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис.3.2)

Верхняя граница атлантических вод располагалась на глубине 80 метров, что мало отличается от климатического ее положения. Однако при дальнейшем продвижении на восток отмечается постепенное приближение верхней границы АВ в направлении поверхности относительно климатического уровня. Так, у Северной Земли верхняя граница смещена вверх на 60 метров и находится на глубине 100–110 м (рис.3.3). Несколько меньшие смещения наблюдаются в центральной части СЛО: по данным, полученным на дрейфующих буях ИТР–49 и ИТР–48, положение верхней границы атлантики всего лишь на 40 метров выше климатической нормы. При этом аномалия температур в ядре АВ меняется от +0,9 °С у Северной Земли до +0,4..0,5 °С в центральной части СЛО. На всех станциях без исключения также наблюдается смещение горизонта с максимальной температурой воды в слое к поверхности. Учитывая высокую степень изрезанности профилей мезомасштабными аномалиями вертикальной структуры, определение точной глубины ядра атлантической водной массы представляется невозможным. Однако совокупность осредненных профилей позволяет делать вывод о величине смещения порядка 50–100 метров.

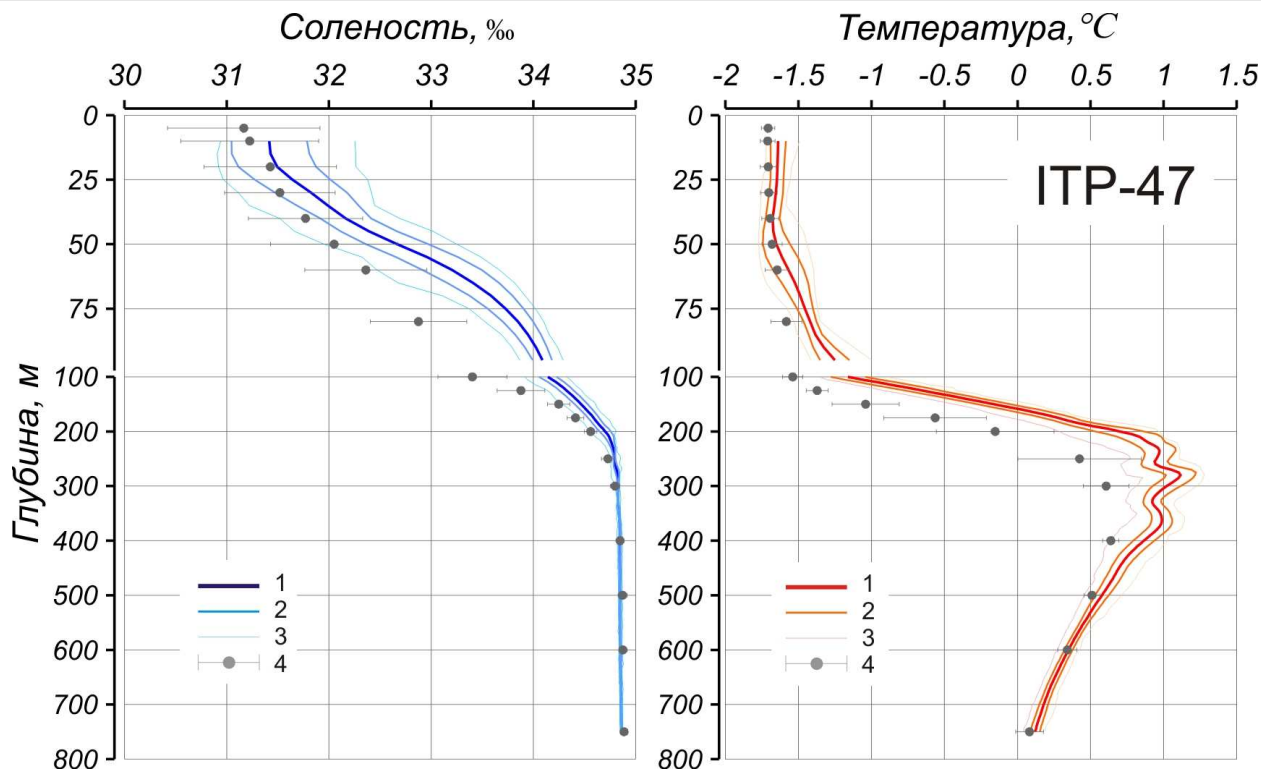


Рисунок 3.6 – Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений в приполюсном районе в третьем квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис.3.2)

Вертикальная структура вод Американо-Азиатского суббассейна

Поверхностный слой

По данным за 3 квартал 2011 года поверхностный слой характеризовался большими значениями стандартного отклонения температуры и солености. Температура в районе хребта Менделеева изменялась в пределах от $-1,6$ до $-0,4$ °C, а соленость от 27,5 до 29,5 ‰. Средние значения солености были меньше климатических, в то время как температура превышала климатические значения почти на $0,5$ °C (рис. 3.7). По сравнению со вторым кварталом 2011 г. поверхностный слой стал более распресненным и теплым, что связано с процессами таяния ледяного покрова и радиационного прогрева. Поверхностный слой в центральной части Канадской котловины характеризуется наличием локального максимума температуры на глубине 15–25 м, образованный процессами радиационного прогрева в летний период, а затем сменившим его выхолаживанием вследствие уменьшения температуры воздуха у поверхности. Температура поверхностного слоя, расположившегося до глубин 40 м, превышает климатические значения в среднем на $0,8$ °C (рис. 3.8 – 3.9).

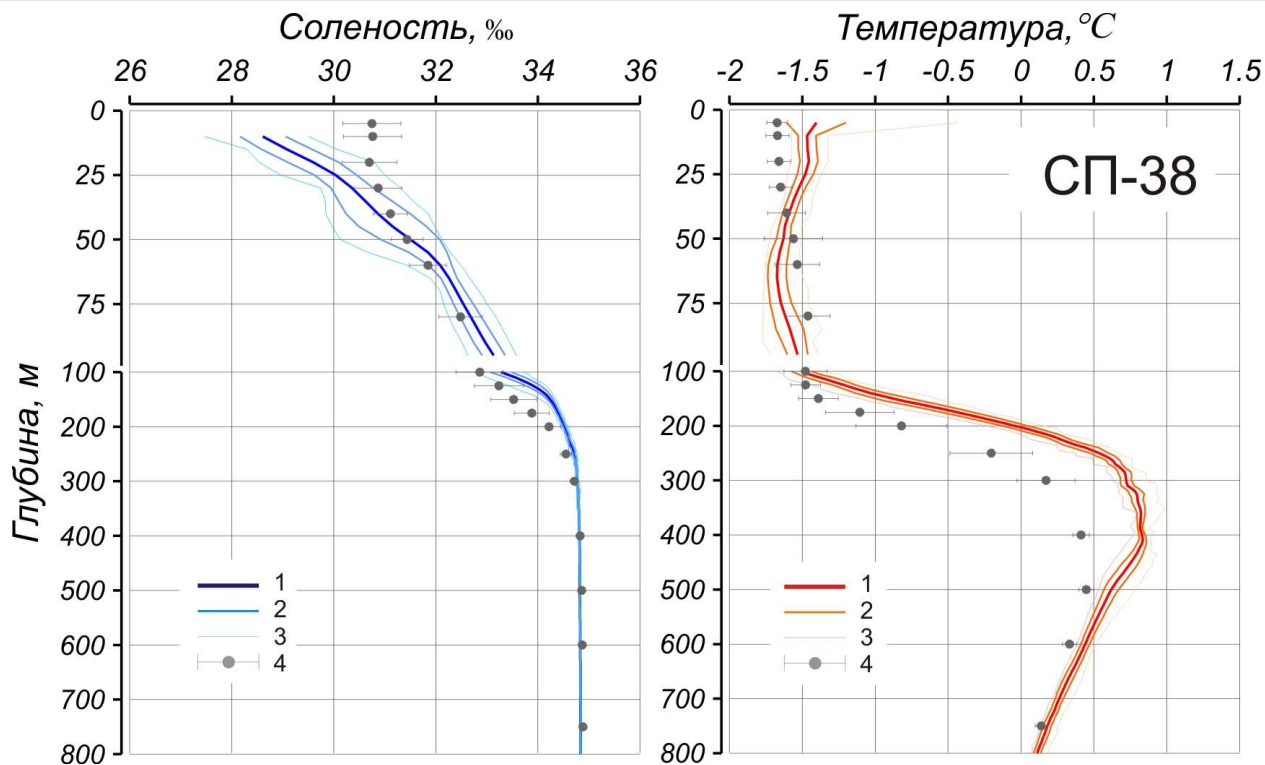


Рисунок 3.7 – Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам измерений на дрейфующей станции СП–38 над восточным склоном в центральной части хребта Менделеева в третьем квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис.3.2)

Тихоокеанские воды

Траектория дрейфа СП–38 была расположена в Канадской котловине восточнее хребта Менделеева (см. рис. 3.1), вдоль которого располагается медиана распространения летних тихоокеанских вод. На вертикальных профилях температуры и солёности станции СП–38 в третьем квартале 2011 года ЛТВ не выделяются, а значения температуры в слое от 40 до 90 м глубины за рассматриваемый период были ниже климатических значений на 0,2 °C (рис. 3.7). Отсутствие ЛТВ говорит о смещении их границы в восточном направлении в сторону Канадской котловины.

По данным дрейфующих буев ИТР № 52 и № 55 максимальная температура ЛТВ увеличивалась при продвижении от центральной части Канадской котловины (–0,8 °C) в сторону моря Бофорта (–0,4 °C), куда проникает наиболее теплая Аляскинская ветвь вод тихоокеанского происхождения. В целом слой ЛТВ, располагающейся в Канадской котловине на глубинах от 40 до 90 м, был на 1°C теплее климатических значений (рис. 3.8 – 3.9). При этом максимальные значения температуры слоя достигли 0 °C, что на 0,5 °C выше по сравнению с данными за второй квартал 2011 г.

Ядро зимних тихоокеанских вод залегало в слое с глубиной 140–180 м, а значения температуры были на 0,1°С ниже климатической нормы.

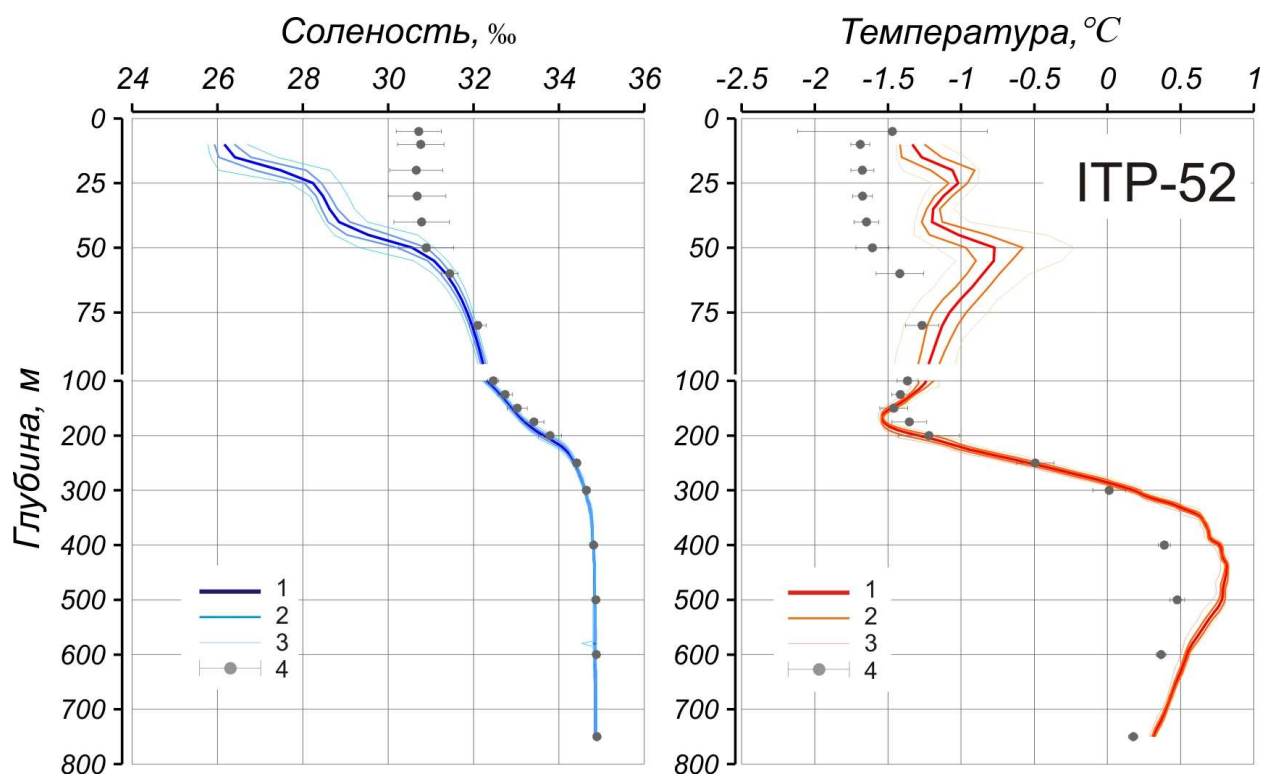


Рисунок 3.8 – Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам измерений в центральной части Американо-Азиатского суббассейна в области ядра круговорота Бофорта в третьем квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис.3.2)

Атлантическая водная масса

Начиная с глубины 100 м в районе хребта Менделеева, температура воды начинает возрастать под влиянием теплой атлантической водной массы. Верхняя граница АВ располагалась на глубине 200 м (рис. 3.7). Средние значения температуры АВ значительно превышают климатические, достигая максимума +0,8 °С на глубине 400 м. Увеличение температуры слоя АВ, наблюдаемое в последние годы, сопровождается увеличением толщины слоя. Так верхняя граница слоя АВ располагается на 50 м ближе к поверхности по сравнению с климатическими значениями. Положительные аномалии солёности наблюдаются в верхнем слое АВ до глубины 400 м.

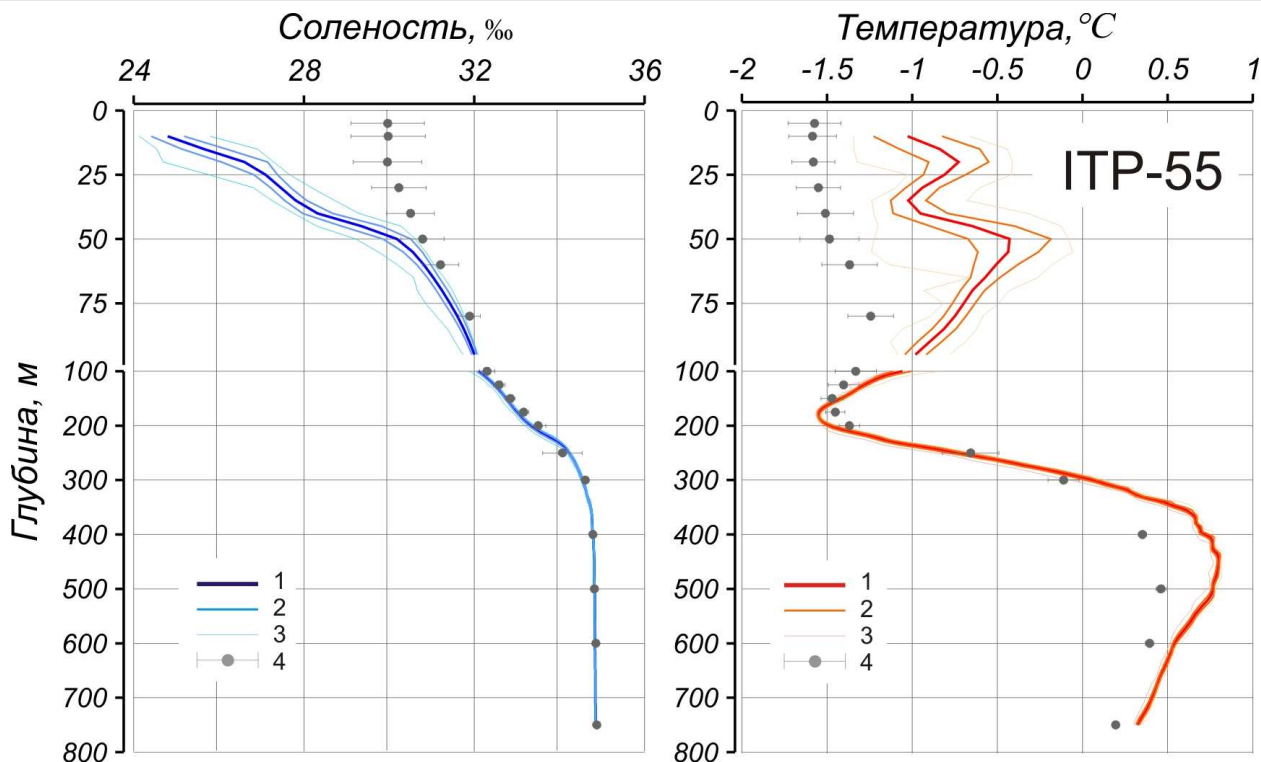


Рисунок 3.9 – Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам измерений в центральной части Американо-Европейского суббассейна в области ядра круговорота Бофорта в третьем квартале 2011 г. (условные обозначения см. рис.3.2)

В Канадской котловине глубины залегания слоя АВ имеют наибольшие значения по сравнению с другими районами СЛО. Температура начинает повышаться с глубин 180 м и пересекает нулевую изотерму на горизонте 280–300 м. Температура в ядре АВ на глубинах 450 м превышает климатические значения на 0,3 °С, в то время как солёность не превышает диапазон стандартных отклонений климатических значений (рис. 3.9).

Горизонтальное распределение аномалий температуры и солёности в слое атлантических вод

Для определения более точной пространственной структуры поля аномалий температуры и солёности относительно климатических значений в слое атлантических вод на акватории СЛО были построены карты распределения соответствующих характеристик на глубине 300 метров (рис. 3.10 и 3.11). Как следует из этих карт, большая часть акватории Арктического бассейна находится под влиянием положительной аномалии термического состояния слоя АВ за исключением отдельных регионов, два из которых расположены в районах глубоководных желобов Баренцева и Карского морей. Также зона отрицательных аномалий на глубине 300 метров наблюдается в западной части Канадского глубоководной котловины.

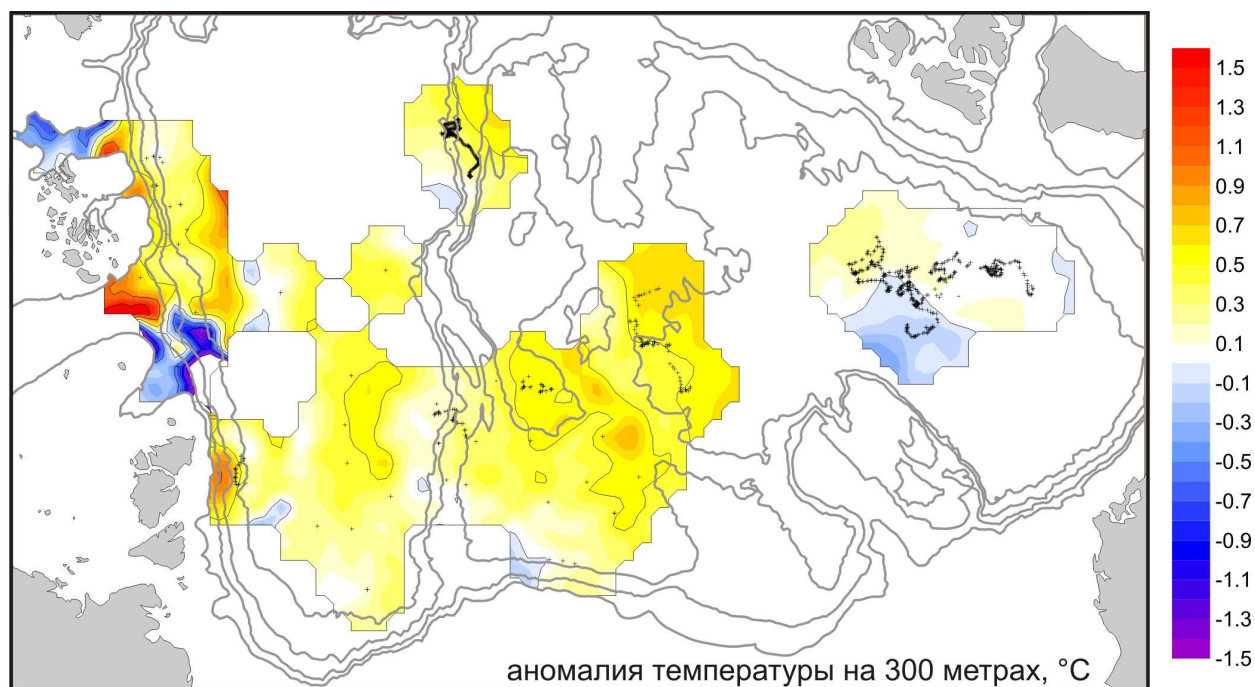


Рисунок 3.10 – Горизонтальное распределение аномалий температуры воды на глубине 300 метров по данным измерений в третьем квартале 2011 г.

Горизонтальное распределение аномалий солености на этой глубине также демонстрирует вполне устойчивую картину преобладания положительного знака аномалий на акватории Евразийского суббасейна и отрицательных аномалий в приполюсном районе и в районе круговорота Бофорта (рис.3.11).

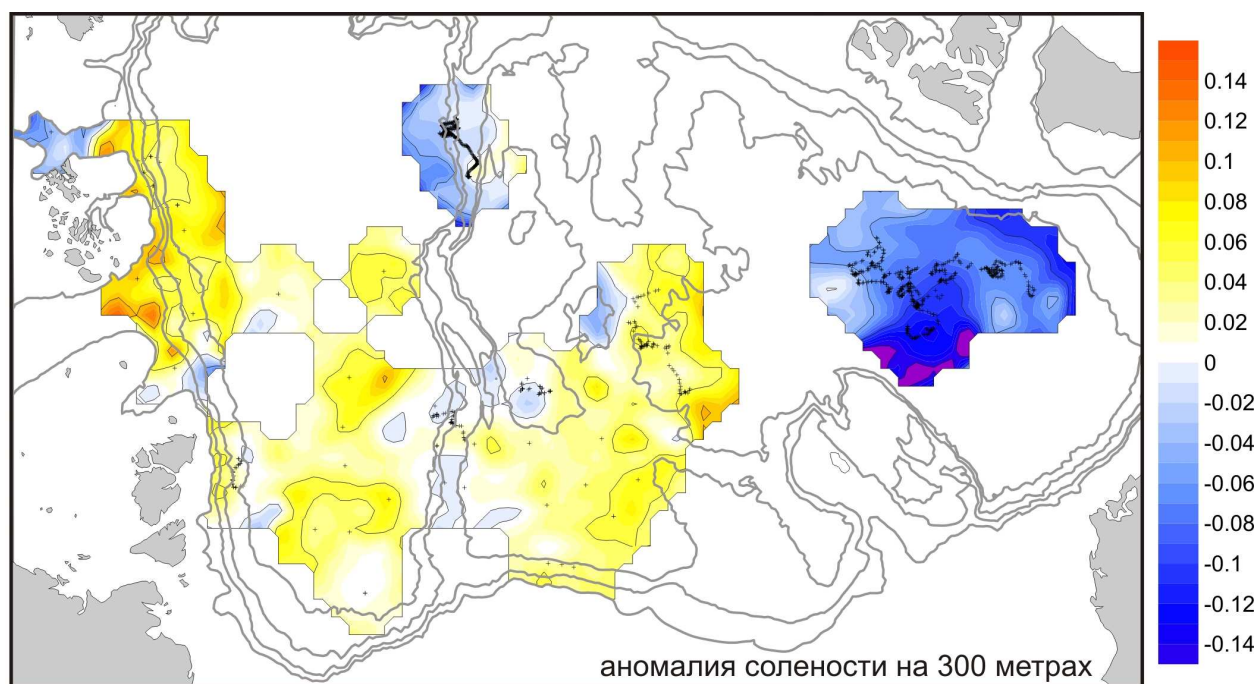


Рисунок 3.11 – Горизонтальное распределение аномалий солености на глубине 300 метров по данным измерений в третьем квартале 2011 г.



Выводы:

Согласно результатам наблюдений, выполненным в течение третьего квартала 2011 г., акватория глубоководной части СЛО продолжает представлять собой зону повышенных аномалий термохалинных свойств водных масс от поверхности и до промежуточного слоя вод атлантического происхождения. Существенное распреснение поверхностного слоя наблюдается на протяженности всего бассейна за исключением приполюсных районов и района ЗФИ. Это отличает текущий сезон от такого же сезона прошлого года, когда на большей части Евразийского суббассейна отмечались положительные аномалии солености в поверхностном слое. В отличие от поверхностного слоя слой холодного галоклина демонстрирует дипольную картину аномалий солености, характеризующуюся положительной аномалией на акватории Евразийского суббассейна и отрицательной – в Американо-Азиатской части СЛО, что соответствует наблюдаемой структуре аномалий в 2010 г. В более глубоководном слое атлантических вод положительные аномалии солености и температуры наблюдаются на акватории почти всего Арктического бассейна, за исключением Канадской котловины, где присутствуют небольшие отрицательные аномалии солености. Кроме этого, аномально высокие температуры слоя летних тихоокеанских вод, зарегистрированных в Американо-Азиатском секторе СЛО, также подчеркивают, что состояние морской природной среды Арктики все еще смещено относительно нормы.

3.2 Гидрохимические условия арктических морей

В августе–сентябре 2011 в рейсе ЛАПЭКС–2011/TRANSDRIFT–XIX были получены и обработаны данные о гидрохимических параметрах моря Лаптевых. В результате проведенных работ в экспедиции ЛАПЭКС–2011 удалось получить новые комплексные данные о состоянии природной среды моря Лаптевых, термохалинной и гидрохимической структуре водной толщи, гидробиологическом состоянии природной среды шельфа. Данный рейс продолжил серию экспедиций, проводимых в рамках проекта «Система моря Лаптевых», а так же рейсов БАКАЛАВ–2007/2008, ПОЛЫНЯ–2008/2009, ЛАПЭКС–2009/2010, выполнявших работы в том же районе. Непрерывные наблюдения в одних и тех же точках на протяжении последних пяти лет совместно с данными двух зимних экспедиций дают достаточное количество информации для качественной оценки современного состояния водной толщи шельфовой части моря.

Всего за время экспедиции было выполнено 30 океанографических станций в шельфовой части моря Лаптевых. Общая схема расположения океанографических станций представлена на рисунке 3.12. На 29 станциях проводился параллельный отбор проб воды пластиковыми батометрами Нискена объемом 5 л с использованием зондирующего комплекса SBE 32с.

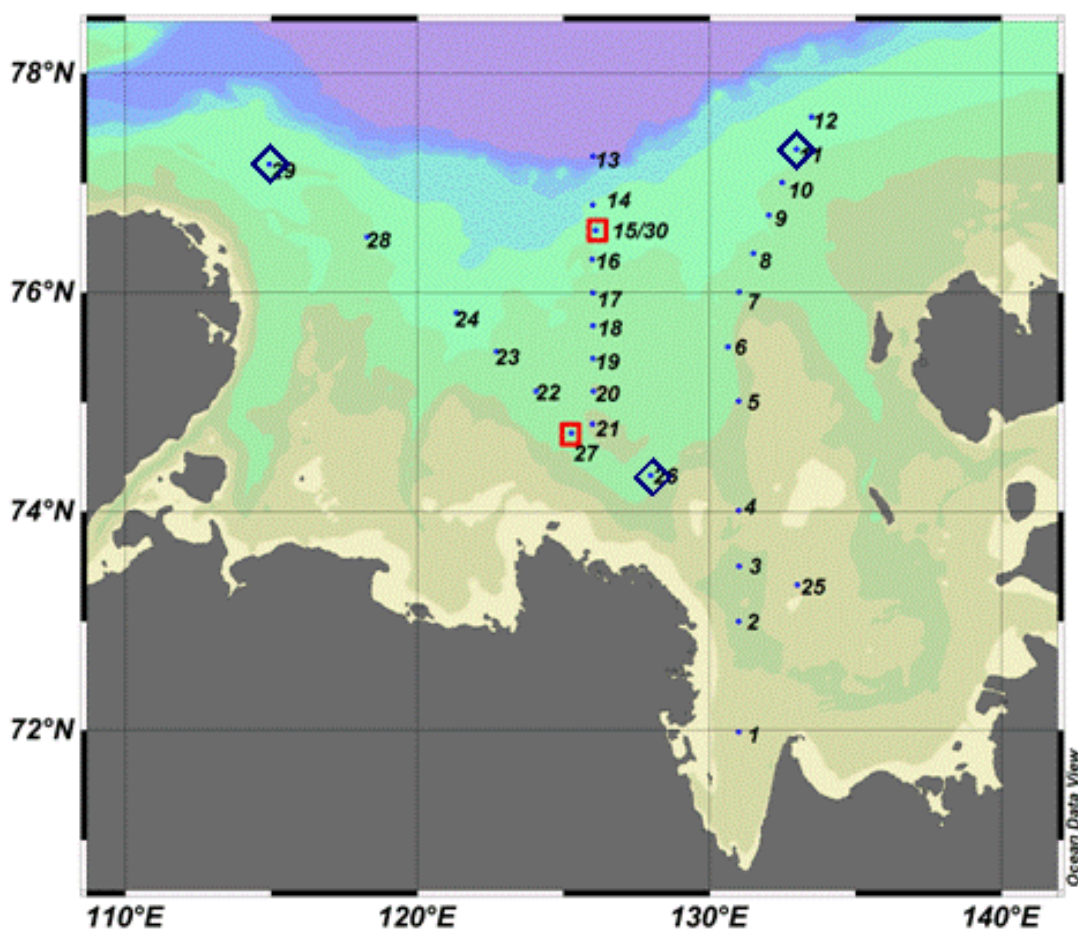


Рисунок 3.12 – Схема расположения океанографических станций в море Лаптевых

Всего было отобрано 226 проб на биогенные элементы (фосфаты, силикаты, нитраты, нитриты), произведено 221 определение растворенного кислорода. На основе полученных данных можно рассмотреть три разреза: вдоль 131° в.д., вдоль 126° в.д. и на северо-западном разрезе. На всей исследуемой акватории хорошо прослеживается взаимодействие речных и морских вод, что позволяет проследить изменение гидрохимических параметров при взаимных трансформациях. Фактически, на выполненных разрезах наблюдалось три основные водные массы:

- поверхностная речная водная масса, образованная выносом вод реки Лена и характеризовавшаяся более высокими температурами и более низкими величинами солёности;
- зимняя водная масса шельфа моря Лаптевых, располагавшаяся ниже слоя 10–20 м и характеризовавшаяся низкими температурами и высокими значениями солёности;
- поверхностная водная масса Арктического бассейна.

Величины температуры и солёности и других гидрохимических параметров, для вышеуказанных водных масс, на рассматриваемых разрезах, представлены в табл. 3.2–3.4.



Таблица 3.2 – Величины температуры и солености и других гидрохимических параметров на разрезе по 131° в.д. в 2010 и 2011 гг.

Показатель	Поверхностная речная водная масса		Зимняя водная масса шельфа моря Лаптевых		Поверхностная водная масса Арктического бассейна	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Температура (°C)	4,2 – 7,8	6,0 – 7,0	–1,6	–1,5 – –1,6	0 – –1	6,5 – 7,0
Соленость (‰)	7–17	15 – 18	34,6	33 – 34	28 – 30	21 – 25
Хлорофилл «а» (мг/м ³)	1,5–2,2	5,0 – 9,0	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0	2,2 – 6,6	1 – 3
Мутность (ЕМФ)		1 – 3		1 – 5 (10)		1 – 2
O ₂ (мл/л)	7,5– 8,0	7,5 – 7,7	6,0–7,0(5,5)	6,0 – 7,0 (5,75)	8,5 – 9,0	7,25 – 7,50
O ₂ (%)	95 – 100	96 – 100	75 – 90 (70)	70 – 80 (68)	100 – 105	98 – 101
P–PO ₄ (мкмоль/л)	1,0 – 2,2	0,2 – 0,4	0,6–0,7 (0,75)	0,6 – 1,0	0,5 – 2,5	0,1 – 0,2
Si–SiO ₂ (мкмоль/л)	35– 40	16 – 24	10 – 12 (13)	6,0 – 12 (20)	2,5 – 5,0	6,0 – 8,0
N–NO ₂ (мкмоль/л)	0,2 – 0,4	0 – 0,15	0 – 0,2 (0,2)	0,15–0,30 (0,45)	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2
N–NO ₃ (мкмоль/л)	0 – 2,0	2,0 – 3,5	2,5 – 4,0 (4,0)	0,5 – 2,5 (2,5)	0,5 – 1,5	3,0 – 3,5
Примечание: в скобках указаны значения в застойных водах						

Таблица 3.3 – Величины температуры и солености и других гидрохимических параметров на разрезе по 126° в.д. в 2010 и 2011 гг.

Показатель	Поверхностная речная водная масса		Зимняя водная масса шельфа моря Лаптевых		Поверхностная водная масса Арктического бассейна	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Температура (°C)	2,0 – 3,5	5,5 – 6,0	–1,6	–1,5 – –1,6	0 – –1	5,5 – 6,0
Соленость (‰)	22,5–25,0	18 – 22	34,6	33 – 34	28 – 30	22 – 24
Хлорофилл «а» (мг/м ³)	1,0 – 1,5	3,0 – 5,5	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0	2,2 – 6,6	2–3
Мутность (ЕМФ)		3–4		1 – 5 (10)		2–10
O ₂ (мл/л)	8,0 – 8,5	7,6 – 7,8	6,0–7,0(5,5)	6,0 – 7,0 (5,75)	8,5 – 9,0	7,2 – 7,4
O ₂ (%)	100 – 102	94 – 98	75 – 90 (70)	70 – 80 (68)	100 – 105	99–103
P–PO ₄ (мкмоль/л)	0,0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,6–0,7 (0,75)	0,6 – 1,0	0,5 – 2,5	0,1– 0,2
Si–SiO ₂ (мкмоль/л)	10 – 12	16–28	10 – 12 (13)	6,0 – 12 (20)	2,5–5,0	10 –12
N–NO ₂ (мкмоль/л)	0,1 – 0,2	0,1 – 0,3	0 – 0,2 (0,2)	0,15– 0,30 (0,45)	0,2 – 0,3	0,10 – 0,15
N–NO ₃ (мкмоль/л)	0,5 – 1,0	0,5 – 2,5	2,5 – 4,0 (4,0)	0,5 – 2,5 (2,5)	0,5 – 1,5	1,5 – 2,5
Примечание: в скобках в графе «Зимняя водная масса шельфа моря Лаптевых» указаны значения в застойных водах						

Водные массы разделялись как вертикальными, так и горизонтальными фронтальными зонами. На разрезах (рис. 3.13–3.15) хорошо видны две фронтальные зоны смешения морских и речных вод. Самая южная в слое 0–10 м практически вертикальная, отделяет распресненные воды с соленостью 15 – 22 ‰. Эта зона контакта проявляется по всем гидрохимическим показателям, особенно по концентрациям кремния и хлорофиллу–«а».

Вторая зона – это так называемый горизонтальный фронт смешения, характерный для зон выноса большинства крупных рек. Фронтальная зона располагалась в слое 15–20 м в южной части



разреза постепенно поднимаясь до 5 м на широте 77 ° с.ш. Для этой зоны характерны резкие градиенты содержания гидрохимических параметров по глубине.

Таблица 3.4 – Величины температуры и солёности и других гидрохимических параметров на разрезе северо – западном в 2010 и 2011 гг.

Показатель	Поверхностная речная водная масса		Зимняя водная масса шельфа моря Лаптевых		Поверхностная водная масса Арктического бассейна	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Температура (°C)	2,0 – 3,0	5,0 – 6,0	–1,5 – –1,6	–1,5 – –1,6	0 – 0,5	4,0 – 4,5
Солёность (‰)	22,5–27,0	16 – 22	32,5 – 33,0	33 – 34	28 – 30	28 – 30
Хлорофилл «а» (мг/м ³)	1,0 – 1,5	4,0 – 6,5	0,0 – 0,5	0,0 – 0,5	0,5 – 0,75	1 – 2
Мутность (ЕМФ)		3–4		0 – 1 (11)		0 – 1
O ₂ (мл/л)	8,0 – 8,5	7,4 – 7,6	6,5–8,0 (5,5)	6,8 – 7,0 (5,2)	8,0 – 8,5	7,0 – 7,4
O ₂ (%)	100 – 102	94 – 98	75 – 85 (65)	80 – 86 (64)	100 – 102	98 – 104
P–PO ₄ (мкмоль/л)	0,2 – 0,3	0,2 – 0,4	0,5–0,7 (0,8)	0,5 – 0,9 (1,2)	0,2 – 0,3	0,20 – 0,40
Si–SiO ₂ (мкмоль/л)	10 – 15	12–27	5,0 – 12,5 (20)	6,0 – 9,0 (25)	6,0 – 7,5	3,0 – 5,0
N–NO ₂ (мкмоль/л)	0,10 – 0,25	0,1 – 0,3	0 – 0,2 (0,2)	0,0–0,05 (0,25)	0,0 – 0,1	0,4 – 0,6
N–NO ₃ (мкмоль/л)	1,0 – 2,0	1,5 – 3,5	2,0 – 4,0 (4,5)	1,5 – 2,0 (2,5)	0,0 – 1,0	2,0 – 3,5
Примечание: в скобках в графе «Зимняя водная масса шельфа моря Лаптевых» указаны значения в застойных водах						

Поверхностная речная водная масса

Если принять за границу распространения речных вод концентрацию кремния 250 мкг/л (8.9 $\mu\text{M}/\text{л}$), то на разрезах по 131° и по 126° в.д. она распространялась до 77.5° с.ш., а на Северо–Западном разрезе примерно до 76° с.ш., на 122° в.д. Фронтальная зона располагалась в слое 15–20 м в южной части разреза постепенно поднимаясь до 5 м на широте 77° с.ш. Основные характеристики данной водной массы в 2011 г. составляли: температура –5 –7°C; солёность – 15–22‰; хлорофилл – 3–9 мг/м³ ; мутность – 1–4 ЕМФ; концентрации растворенного кислорода – 7.4–7.8 мл/л; относительное содержание растворенного кислорода – 94–100 %; фосфаты – 0.2–0.4 мкмоль/л; кремний – 12–28 мкмоль/л; нитриты – 0–0.3 мкмоль/л; нитраты – 0.5–3.5 мкмоль/л. По сравнению с 2010 г распространение речных вод на север (изолиния 8.9 $\mu\text{M}/\text{л}$) прослеживалась на 2° севернее (до широты 75.5° с.ш. в 2010 г). На северо–западном разрезе граница распространения речных вод осталась практически неизменной. В 2011 г. температура воды в пределах исследуемой акватории была примерно на 2–3 °C выше, в связи с чем, концентрации растворенного кислорода были на 0.2 – 0.9 мл/л ниже. Относительные величины концентраций растворенного кислорода были также на 4–6 % ниже. Концентрации кремния на разрезе по 131° в.д. в 2011 г. были ниже, чем в 2010 г., на остальных разрезах ситуация была обратная.



Диапазоны изменения других гидрохимических параметров данной водной массы в 2010 и 2011 гг. фактически не отличались.

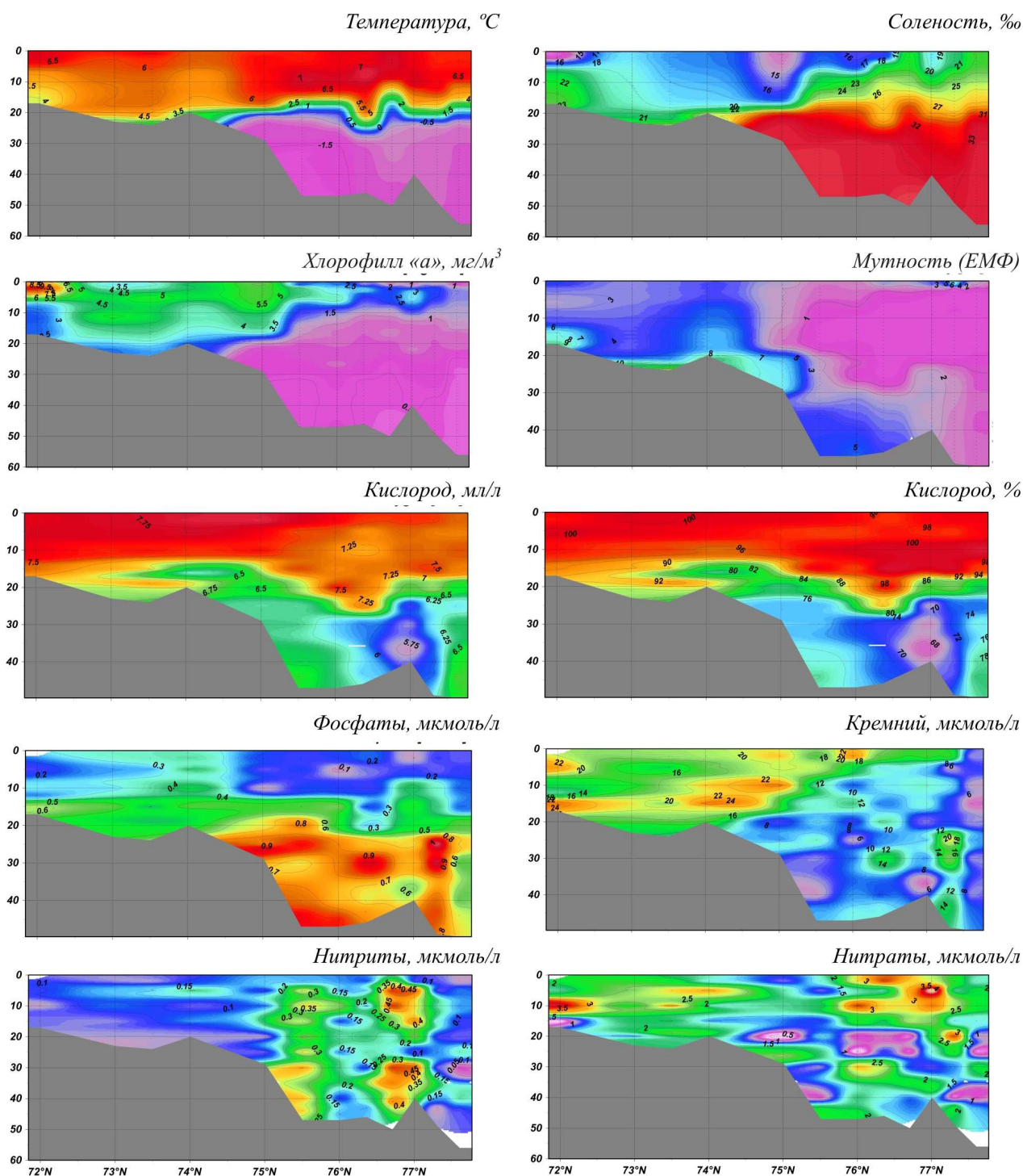


Рисунок 3.13 – Распределение основных гидрохимических характеристик на разрезе по 131° в.д.



Зимняя водная масса шельфа моря Лаптевых

Данная водная масса располагается ниже слоя 10–20 м и характеризуется низкими температурами ($-1,5$ – $-1,6$ °C) и высокими значениями солености (33–34‰). В данной водной массе происходит окисление осевшего органического вещества, что приводит к уменьшению концентраций растворенного кислорода и увеличению концентраций биогенных элементов – фосфатов и нитратов. Наблюдавшееся уменьшение концентраций кремния (по сравнению с поверхностными водами) связано с уменьшением влияния речных вод. В 2011 г., в данной водной массе, концентрации хлорофилла-«а» были фактически нулевыми; величины мутности – 1–5 ЕМФ; концентрации растворенного кислорода – 6,0–7,0 мл/л; относительное содержание растворенного кислорода – 70–86 %; фосфаты – 0,5–0,7 мкмоль/л; кремний – 6–12 мкмоль/л; нитриты – 0–0,3 мкмоль/л; нитраты – 0,5–2,5 мкмоль/л. Отличительной особенностью данной водной массы в море Лаптевых является наличие в ней «застойных» вод. В отличие от Карского моря, где застойные воды наблюдаются в устьях рек, в море Лаптевых они наблюдаются непосредственно на открытых участках морской акватории. Очевидно, это связано с особенностями гидрологического режима и рельефа дна. Концентрации растворенного кислорода в «застойных» водах уменьшаются еще примерно на 2 мл/л (до 5,2 мл/л), а величины относительного содержания растворенного кислорода примерно на 20 % (до 65 %). Концентрации нитритов могут увеличиваться в разы, что говорит о незавершенности процессов минерализации органического вещества. Концентрации кремния увеличиваются в 2 – 2,5 раза. Увеличение концентраций фосфатов и нитратов не такое значительное – около 30 %. В застойных водах наблюдается увеличение мутности до 11 ЕМФ.

Межгодовая изменчивость всех гидрохимических параметров, в данной водной массе, в течение 2010–2011 гг. была незначительна.

Поверхностная водная масса Арктического бассейна

Это модифицированные летние воды, которые образованы в результате прогрева и распреснение поверхностных вод вследствие смешения с материковым стоком. На рассматриваемых разрезах температура этих вод изменялась в диапазоне 4,0–7,0 °C; соленость – 21–30 ‰; хлорофилл-«а» – 1–3 мг/м³; мутность – до 10 ЕМФ; концентрации растворенного кислорода – 7,0–7,5 мл/л; относительное содержание растворенного кислорода – 98–104 %; фосфаты – 0,1–0,4 мкмоль/л; кремний – 3–12 мкмоль/л; нитриты – 0,1–0,6 мкмоль/л; нитраты – 1,5–3,5 мкмоль/л. По сравнению с 2010 г. в 2011 г., в пределах рассматриваемой акватории, температура данной водной массы была на 5–6° выше, вследствие чего концентрации растворенного кислорода были на 1,5–2,0 мл/л ниже. Межгодовая изменчивость других



гидрохимических параметров, в данной водной массе, в течение 2010–2011 гг. была не такой значительной и зависела от степени модификации (распреснения) данной водной массы.

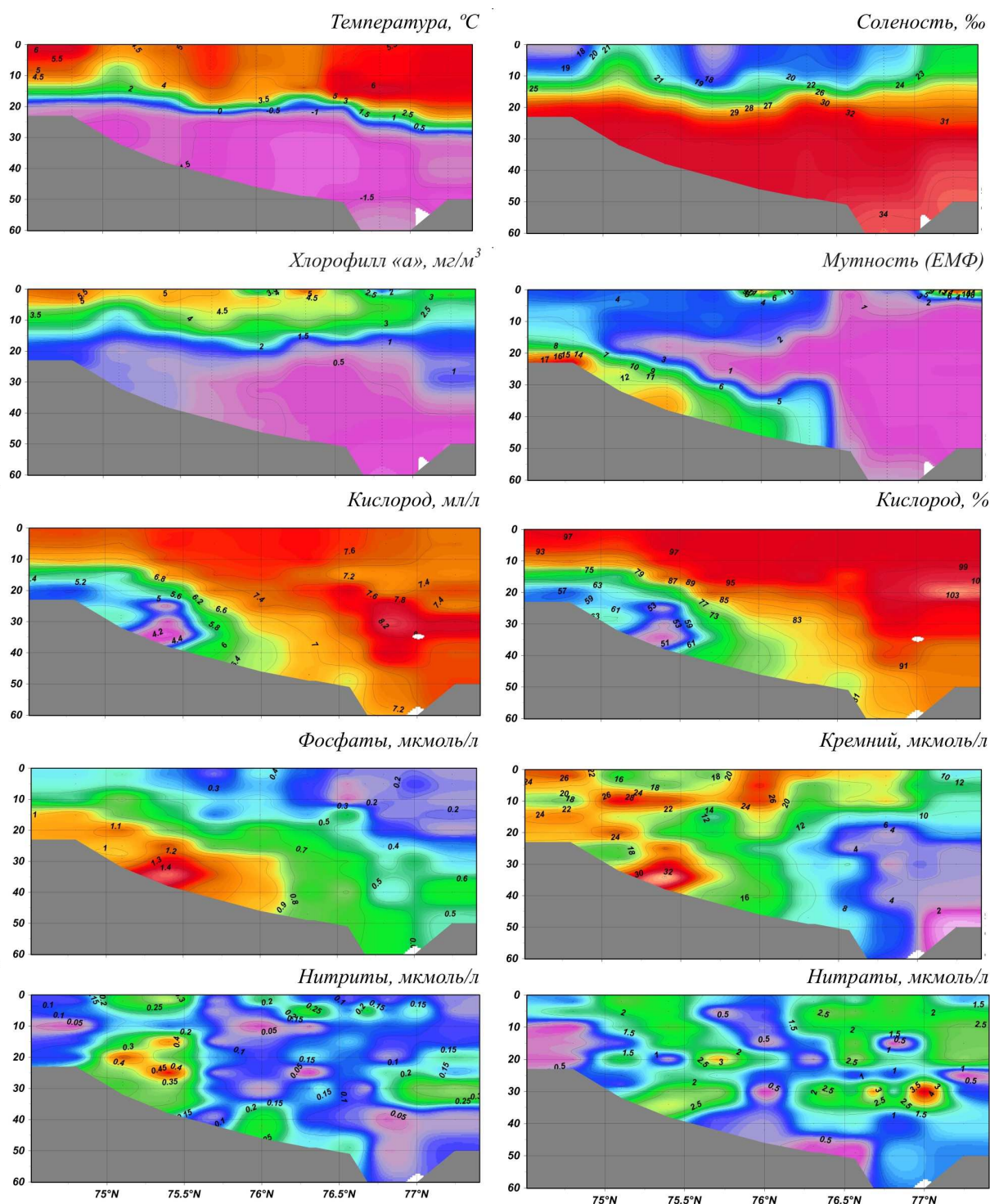


Рисунок 3.14 – Распределение основных гидрохимических характеристик на разрезе по 126° в.д.

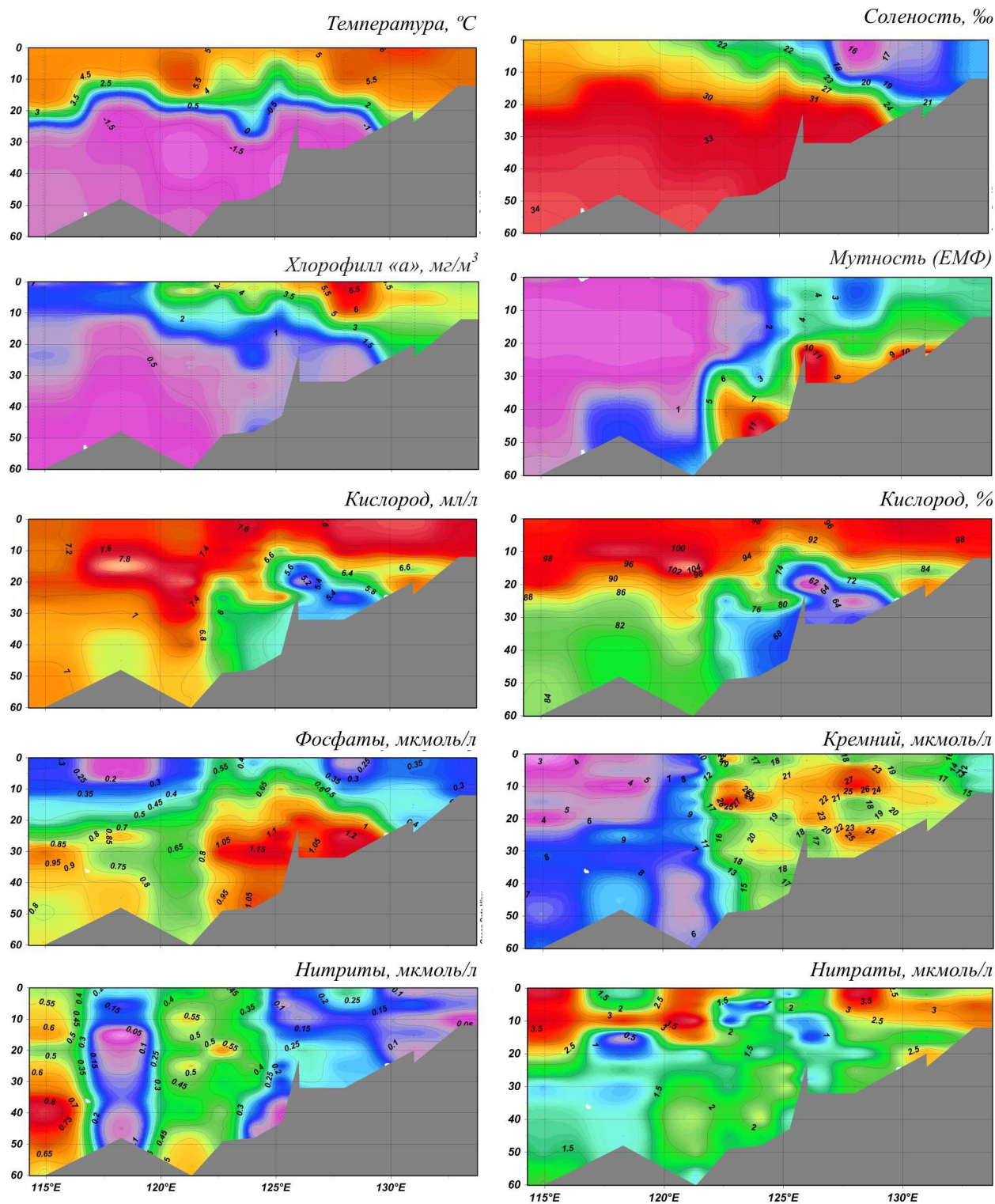


Рисунок 3.15 – Распределение основных гидрохимических характеристик на северо-западном разрезе



Выводы:

- В море Лаптевых на исследуемой акватории было обнаружено три водные массы – поверхностная речная водная масса и поверхностная водная масса Арктического бассейна, а также зимняя водная масса шельфа моря Лаптевых;
- По сравнению с 2010 г., распространение речных вод на север (изолиния 8,9 мкмоль/л по концентрациям кремния) прослеживалась на 2° севернее (до широты 75,5 ° с.ш. в 2010 г). На северо–западном разрезе граница распространения речных вод осталась практически неизменной;
- Температура воды поверхностной речной водной массы, в пределах исследуемой акватории, в 2011 г. была выше, чем в 2010 г. на 2–3°, а поверхностной водной массы Арктического бассейна на 5–6°, вследствие чего концентрации растворенного кислорода были ниже на 0,2 – 0,9 и 1,5–2,0 мл/л соответственно. Диапазоны изменения других гидрохимических параметров данных водных масс в 2010 и 2011 гг. фактически не отличались;
- В зимней водной массе шельфа моря Лаптевых межгодовая изменчивость всех гидрохимических параметров, в течение 2010–2011 гг., была незначительна. В данной водной массе происходит окисление осевшего органического вещества, что приводит к уменьшению концентраций растворенного кислорода и увеличению концентраций фосфатов и нитратов. Уменьшение концентраций кремния происходит за счет уменьшения влияния речного стока;
- Отличительной особенностью зимней водной массы шельфа моря Лаптевых является наличие в ней «застойных» вод. В отличие от Карского моря, где застойные воды наблюдаются в устьях рек, в море Лаптевых они наблюдаются непосредственно на открытых участках морской акватории. Концентрации растворенного кислорода в «застойных» водах уменьшаются еще примерно на 2 мл/л (до 5,2 мл/л), а величины относительного содержания растворенного кислорода примерно на 20 % (до 65 %). Концентрации нитритов могут увеличиваться в разы, а концентрации кремния в 2,0 – 2,5 раза. В застойных водах наблюдается увеличение мутности до 11 ЕМФ.

3.3 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 2011 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 15-ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно–Сибирском (табл. 3.5). В Чукотском море, к сожалению, наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.



Таблица 3.5 – Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период июль–сентябрь 2011 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
1 Амдерма	69 45 N	61 42 E
2 Усть–Кара	69 15 N	64 31 E
3 Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
4 о. Диксон	73 30 N	80 24 E
5 о–ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
6 м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
7 о. Визе	79 30 N	76 59 E
море Лаптевых		
8 Анабар	73 13 N	113 30 E
9 о–ва Дунай	73 56 N	124 30 E
10 пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
11 м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
12 о. Котельный	76 00 N	137 52 E
Восточно–Сибирское море		
13 Амбарчик	69 42 N	170 15 E
14 Певек	69 70 N	170 31 E
15 Рау–Чуа	69 30 N	166 35 E

В июле и августе колебания уровня в юго–западной части Карского моря (рис. 3.16) происходили на повышенном фоне (+11 +14 см), но в сентябре средний фон колебаний уровня опустился до нормы (–2 +4 см).

Наибольший подъем уровня в юго–западной части Карского моря отмечался 3 июля, когда уровень на станции Усть–Кара поднялся на 69 см, а на станции Амдерма на 55 см выше среднеемноголетнего значения. Наиболее существенное понижения уровня –45 см было зарегистрировано на станции Усть–Кара 4 сентября.

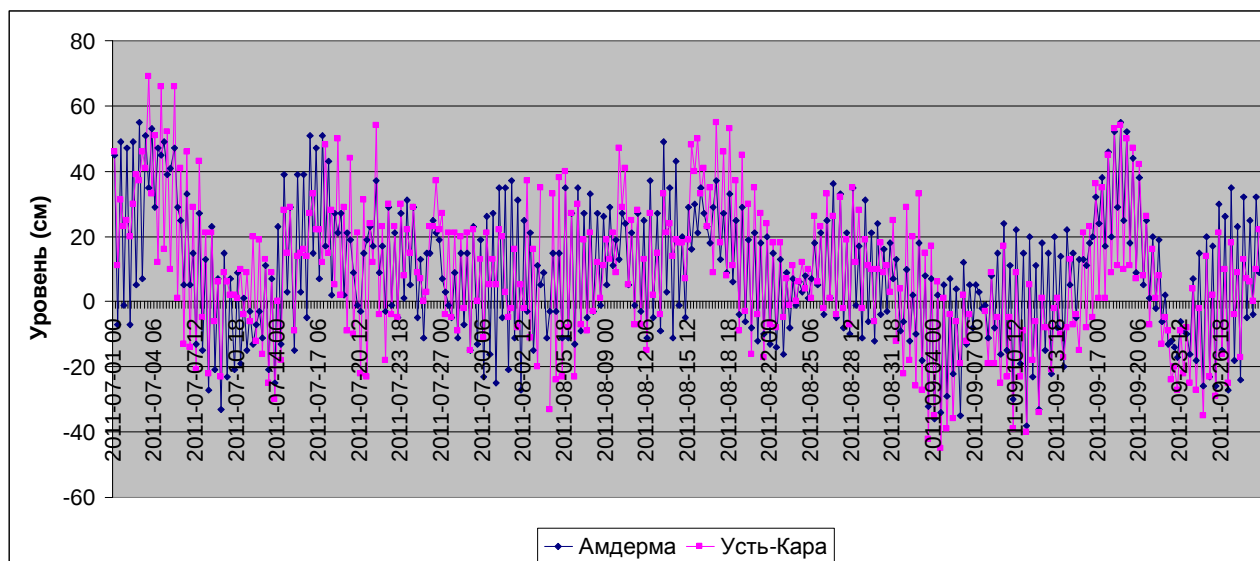


Рисунок 3.16 – Колебания уровня на станциях юго–западной части Карского моря в июле–сентябре 2011 г.

В северной части Карского моря (рис. 3.17) колебания уровня за этот период представлены только данными со станции о. Визе, на которой колебания уровня происходили на слабо повышенном фоне (+2 см +6 см).

Наиболее значительный подъем уровня в этом районе отмечался 16 июля, когда на станции о. Визе уровень поднялся на 46 см выше среднееголетнего значения. Наиболее существенное понижение уровня наблюдалось 18 августа (–40 см).

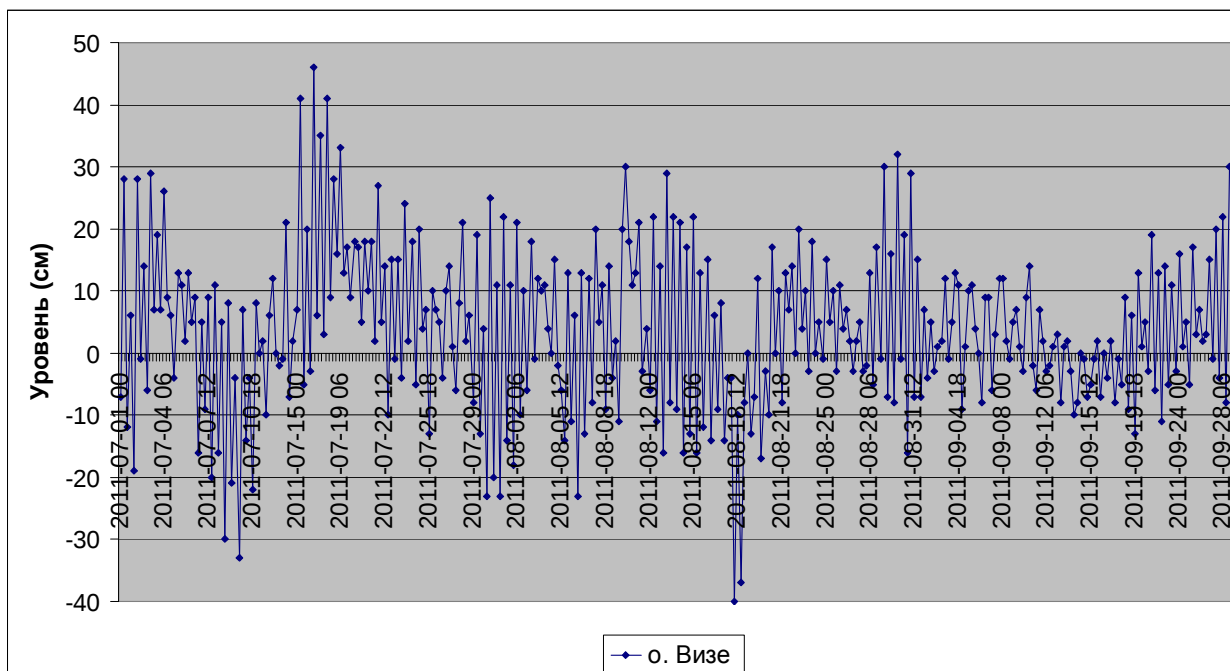


Рисунок 3.17 – Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в июле–сентябре 2011 г.

Колебания уровня в восточной части Карского моря (рис. 3.18) отмечались около среднееголетних значений (–13 +10 см), при этом на станциях Сопочная Карга и о. Диксон в июле и августе преобладал слабо повышенный фон колебаний (+10 см +1 см), а сентябре слабо пониженный (–10 + 4 см), то на станциях о-ва Известий ЦИК и м. Стерлегова практически на протяжении всего третьего квартала колебания уровня происходили на слабо пониженном фоне (–13 см +1 см).

Наиболее значительный подъем уровня наблюдался 3 августа 2011 г., когда на станции Сопочная Карга уровень моря был на +94 см выше среднееголетнего значения. Наиболее существенное понижение уровня наблюдалось 18 августа на станции о. Диксон (–72 см). В этот же день на станции Сопочная Карга уровень опустился на 63 см ниже среднееголетнего значения,



на станции о-ва Известий ЦИК на 38 см, а на станции м. Стерлегова минимум был зафиксирован 19 августа и составил –61 см.

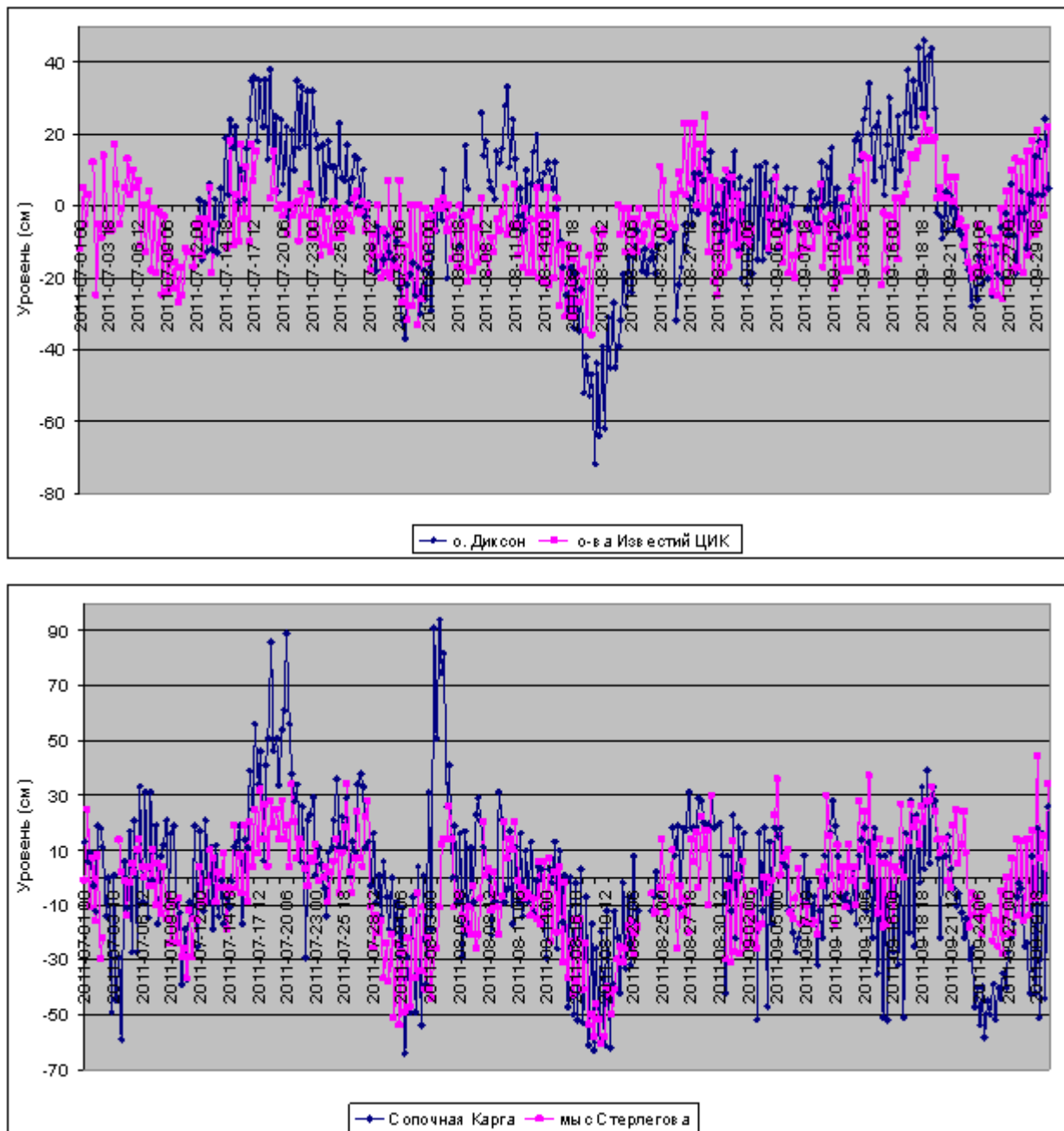


Рисунок 3.18 – Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в июле–сентябре 2011 г.

Колебания уровня на станции Анабар в юго–западной части моря Лаптевых (рис. 3.19) на протяжении июля и августа происходили на слабо пониженном (–3 –7 см) фоне, а в сентябре среднемесячное значение поднялось до +8 см.

Наибольший подъем уровня наблюдался 20 июля (+39 см). Наибольшее понижение уровня отмечалось 28 сентября (–72м).

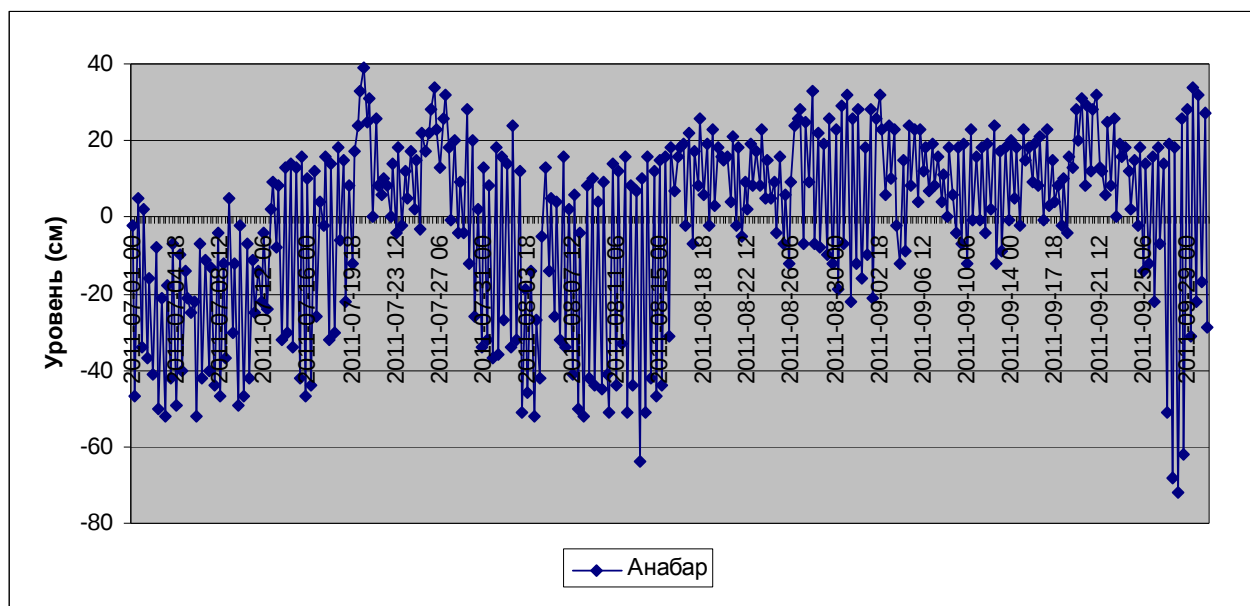


Рисунок 3.19 – Колебания уровня в западной части моря Лаптевых в июне–сентябре 2011 г.

В восточной части моря Лаптевых (рис. 3.20) на станции о. Котельный фон колебаний уровня на протяжении всех трех месяцев был существенно положительным (+24 см +38 см), тогда как на станциях м. Кигилях и пр. Санникова в июле средний уровень был –1 см и –4 см соответственно, то есть слабопониженный, в августе –34 см и –23 см соответственно, то есть пониженным, а в сентябре +15 и –3 см.

Наибольшие подъемы уровня в этом районе отмечались на станции о. Котельный, так 19 июля, 1 августа и 29 сентября уровень поднялся на 77, 74 и 79 см выше среднемноголетнего значения соответственно. Наибольшие понижения уровня составляли –90 см и отмечались в августе на станциях м. Кигилях и пр. Санникова.

Анализ колебаний уровня Восточно–Сибирского моря (рис. 3.21) показал, что в течение июля–сентября 2011 года колебания уровня на станциях Рау–Чуа и Певек происходило на повышенном фоне, при этом если в июле и августе средний уровень на этих станциях превышал среднемноголетние значения на +5 см +16 см, то в сентябре фон был существенно повышенным от +25 см на станции Певек до +46 см на станции Рау–Чуа.

На станции Амбарчик колебания уровня в июле и августе 2011 г. происходили на пониженном фоне (–4 см –18 см), но в сентябре уровень поднялся и его среднемесячное значение на +12 см превысило среднемноголетнее значение.

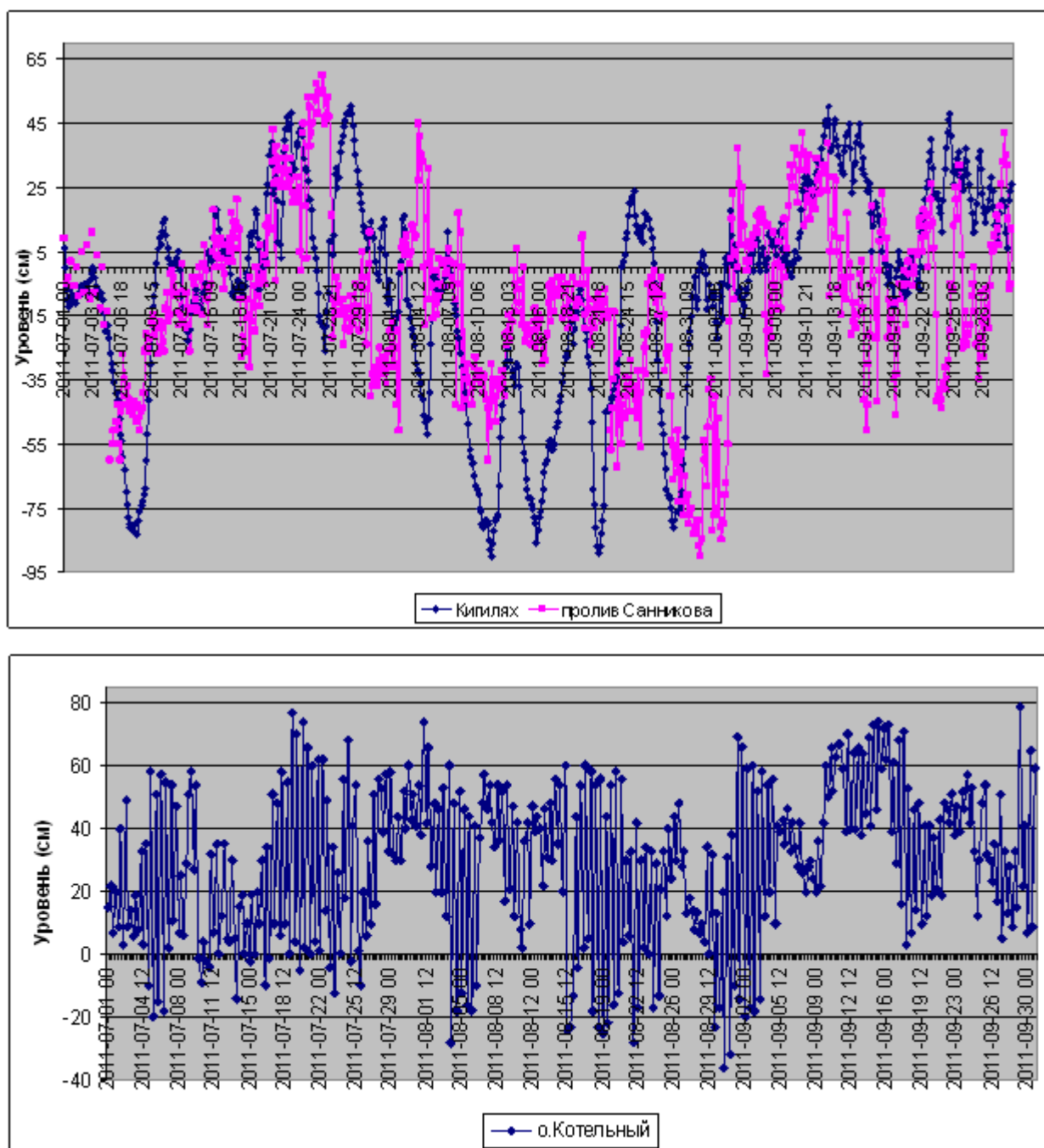


Рисунок 3.20 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июне–сентябре 2011 г.

Наиболее значительные нагоны на побережье Восточно-Сибирского моря (рис. 3.21) наблюдались в сентябре: 12 сентября уровень моря на станции Амбарчик поднялся на 103 см выше среднего, а 30 сентября на станции Рау-Чуа уровень на 106 см превысил среднемноголетнее значение. Наиболее значительные сгоны отмечались на станции Амбарчик 16 июля (–93 см) и 18 августа (–92 см).

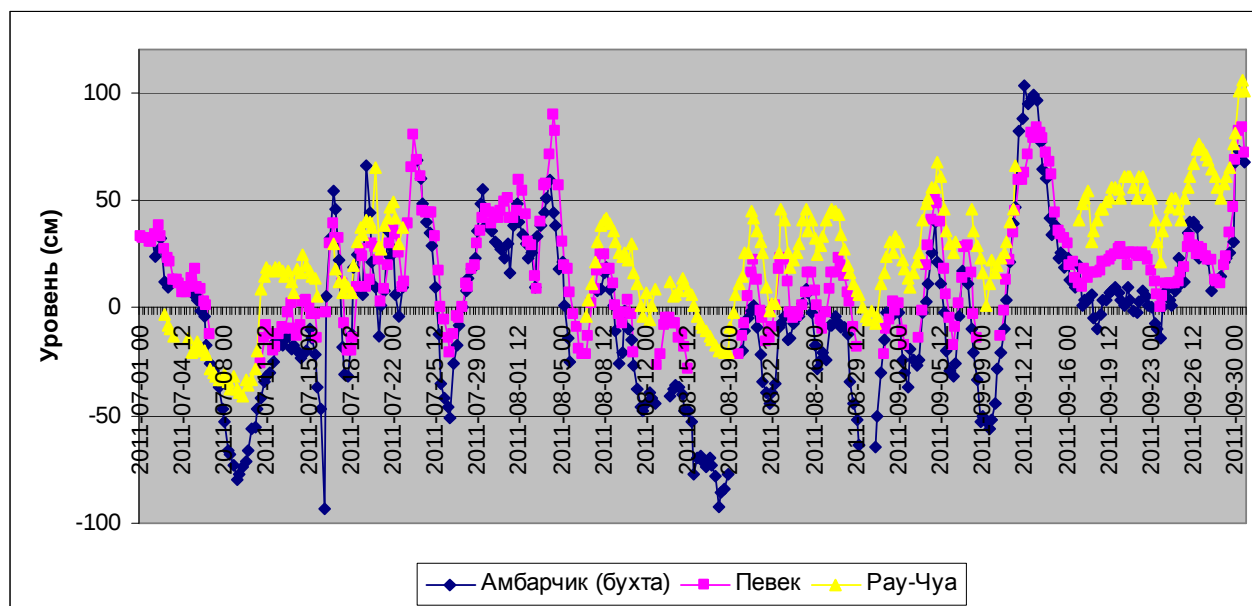


Рисунок 3.21 – Колебания уровня на станциях Восточно-Сибирского моря в июле–сентябре 2011 г.

3.4 Ветровое волнение

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

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

Расчеты проводились для морей Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Сведения о распределении высот волн H_s для этих морей приведены в таблицах 3.6 – 3.10.

Как видно из таблицы 3.6, в 3 квартале 2011 года на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Случаев, когда высота волн на акватории Баренцева моря превышала 5м, не имело места.

Таблица 3.6 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Баренцевом море в третьем квартале 2011 г.

Месяц	Градации высот волн, м					Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	
Июль	2	15	7	6	1	31
Август	–	16	12	3	–	31
Сентябрь	–	15	12	3	–	30
Итого	2	46	31	12	1	92

Сведения из таблицы 3.6 показывают, что наиболее штормовым месяцем в третьем квартале 2011 г. стал июль (5 июля 2011г., $H_s > 4$ м), а август и сентябрь были более спокойными месяцами.

На рис. 3.22, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на 00 ч 05 июля 2011 г.

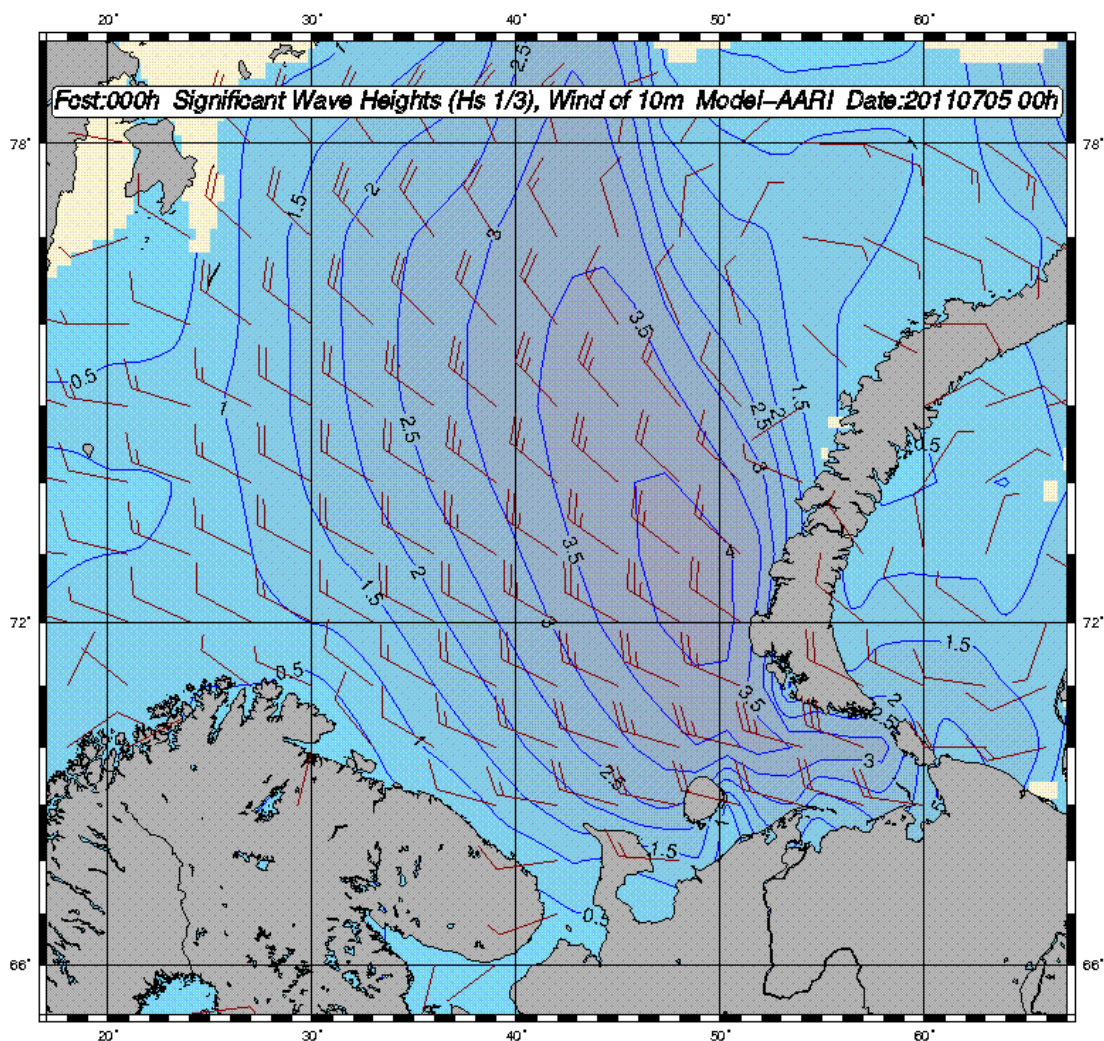


Рисунок 3.22 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 05 июля 2011 г.



Карское море очистилось полностью ото льда к середине августа. Сведения о распределении высот волн H_s на акватории Карского моря приведены в таблице 3.7. Из таблицы видно, что в Карском море в большинстве случаев развивалось волнение с высотами волн 1–2 м, наиболее штормовым месяцем стал август, наиболее спокойным – сентябрь.

Таблица 3.7 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море в третьем квартале 2011 г.

Месяц	Градации высот волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	Дни
Июль	6	19	6	–	31
Август	1	15	11	4	31
Сентябрь	5	22	3	–	30
Итого	12	56	20	4	92

Сведения о распределении высот волн H_s на открытых участках морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского даны в таблицах 3.8 – 3.10. Как видно из данных, приведенных в этих таблицах, в восточных морях преобладало волнение с высотами 1–2 м. Максимальные значения волнения (> 4 м) наблюдались в море Лаптевых в августе (10, 21, 28 и 29.08.2011) и сентябре (15 и 18.09.2011), а в Чукотском море в сентябре (6, 7 и 11.09.2011). Время наиболее открытой воды на всех акваториях морей восточной Арктики – первая и вторая декады сентября.

Таблица 3.8 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в море Лаптевых в третьем квартале 2011 г.

Месяц	Градации высот волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	Дни
Июль	5	16	8	2	–	31
Август	1	10	10	6	4	31
Сентябрь	–	13	9	6	2	30
Итого	6	39	27	14	6	92

Таблица 3.9 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2011 г.

Месяц	Градации высот волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	Дни
Июль (с 15 июля)	6	10	1	–	17
Август	2	18	11	–	31
Сентябрь	–	13	11	6	30
Итого	8	41	23	6	78



Таблица 3.10 – Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море в третьем квартале 2011 г.

Месяц	Градации высот волн, м					Дни
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	
Июль	1	23	6	1	–	31
Август	–	18	10	3	–	31
Сентябрь	–	6	10	11	3	30
Итого	1	47	26	15	3	92

Море Лаптевых почти полностью очистилось ото льда к середине августа, а к концу августа и в начале сентября область чистой воды распространилась к северу до 85° с.ш., что значительно дальше, чем в 2010 году (82° с.ш.). В качестве примера на рисунке 3.23 приведено расчетное поле значительных высот волн для моря на 09 сентября 2011 года для моря Лаптевых. В середине сентября область чистой воды стала сокращаться и граница чистой воды к концу месяца находилась уже около 81° с.ш.

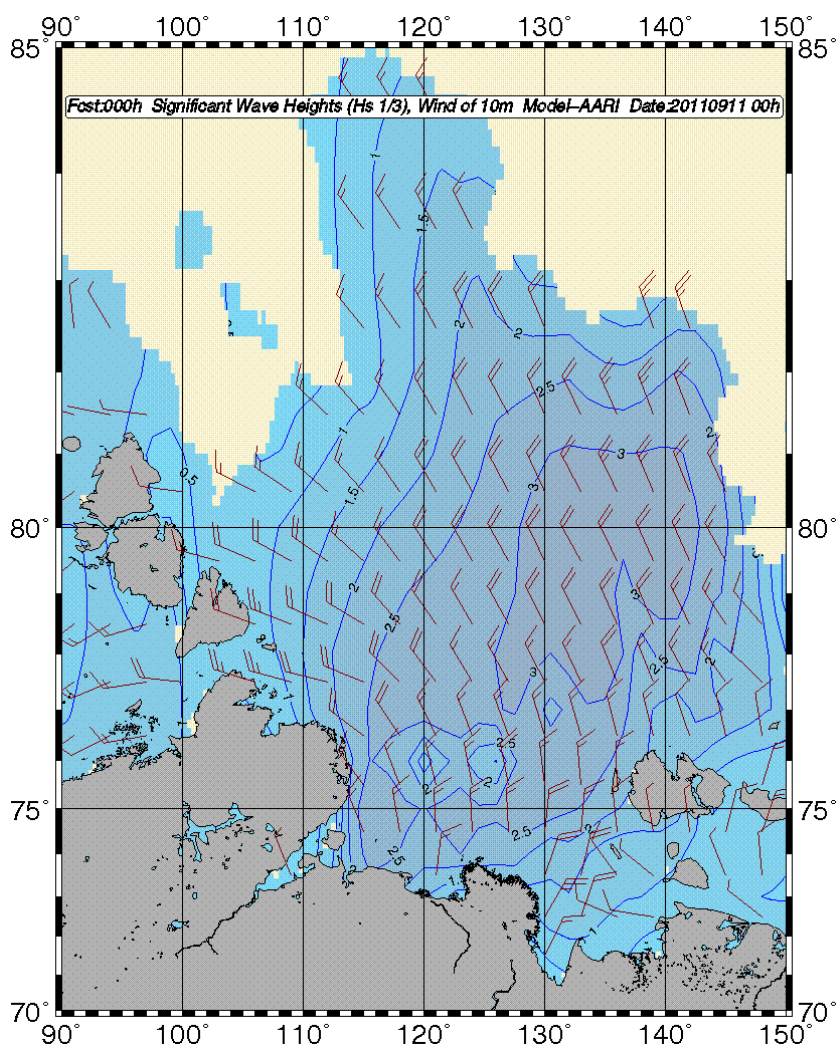


Рисунок 3.23 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в море Лаптевых на 18 ч UTC 09 сентября 2011 г.



Восточно–Сибирское море стало открываться с середины июля к западу от о. Врангеля и почти полностью освободилось ото льда в начале сентября. Наиболее открыто оно было в первой декаде сентября (до 78°с.ш.) В 2010 г. область чистой воды доходила до 80° с.ш. в третьей декаде сентября.

Акватория Чукотского моря освободилась ото льда к концу августа. Во второй декаде сентября граница чистой воды в Чукотском море достигала 81° с.ш., а в третьей декаде сентября область чистой воды стала сокращаться.