

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

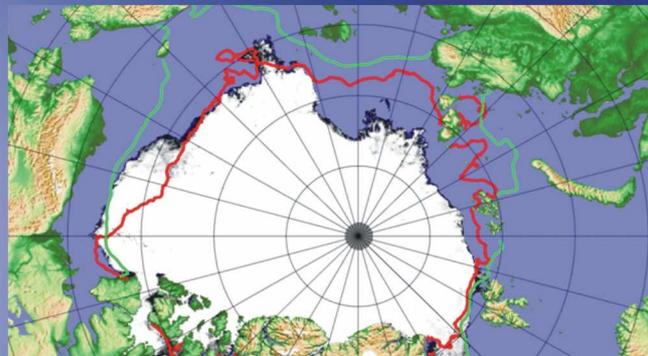


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2012





СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в июле-сентябре 2012 г.	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области.....	16
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2012 года	26
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в июле-сентябре 2012 г.	38
3.1 Термохалинные условия арктических морей	38
3.2 Гидрохимические условия.....	49
3.3 Уровень арктических морей	55
3.4 Ветровое волнение на акватории арктических морей.....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в третьем квартале (июле-сентябре) 2012 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, дрейфующей станции «Северный-Полус-39», проектов Всемирной Метеорологической Организации и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и международных проектов российскими и зарубежными организациями.

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

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

Метеорологический раздел, посвящен описанию особенностей развития крупномасштабных метеорологических процессов и изменчивости различных метеорологических элементов. В составлении раздела принимали участие специалисты лабораторий метеорологии (ответственный - зав. лаборатории к.г.н. Радионов В.Ф.) и долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный - зав. лаборатории 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 и Центра ледовой и гидрометеорологической информации (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 «АНИИ» д.г.н., профессором Фроловым И.Е.

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

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



1 Метеорологические условия Северной полярной области в июле-сентябре 2012 г.

1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария

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 2012 г.

Полярный район является крайне сложным по метеорологическим условиям. Процессы данного района тесно взаимосвязаны с развитием и перестройкой 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, – алеутский минимум и гавайский максимум.

При анализе и диагнозе крупномасштабных процессов в третьем квартале 2012 г. учитывались основные элементы ОЦА: местоположение центра планетарного циркумполярного вихря изобарической поверхности 500 гПа, географическая ориентация планетарной фронтальной зоны, 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 перестройки атмосферных процессов внутри года и оценке метеорологических процессов в отдельных 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 выделяются три основных состояния атмосферы: зональные процессы с термобарическими волнами малой амплитуды – *W* (западная) форма циркуляции, а также два типа меридиональных процессов с волнами большой амплитуды – *C* (меридиональная) и *E* (восточная) формы циркуляции.



Соответственно во втором, тихоокеано-американском секторе, выделяются также три типа процессов: З – западный и два меридиональных M_1 и M_2 .

Каждая из форм и типов имеет ряд разновидностей, отражающих варианты перестроек от одного макропроцесса к другому. Разновидности макропроцессов на полушарии имеют значимые различия 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 более высокоширотные или более низкоширотные по сравнению с нормой траектории циклонов в системах исландского и алеутского минимумов.

Для анализа макросиноптических процессов межгодовой изменчивости и их влияния на развитие гидрологических процессов в океане также использовался индекс арктической осцилляции. Индекс отражает состояние циркумполярного вихря (ЦПВ) и связанных с ним преобладающих зональных потоков воздушных масс. Поскольку индекс характеризует интенсивность воздушных потоков, осредненных по большому району, то в ряде случаев он не отражает географическую ориентацию центра ЦПВ и положение высотной фронтальной зоны (ВФЗ), по которой смещаются фронтальные циклоны и антициклоны. В связи с этим в данном обзоре применение индекса ограничено использованием его в анализе межгодовой изменчивости атмосферных и гидрологических условий в Арктике.

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 2012 г. были выявлены следующие особенности их развития.

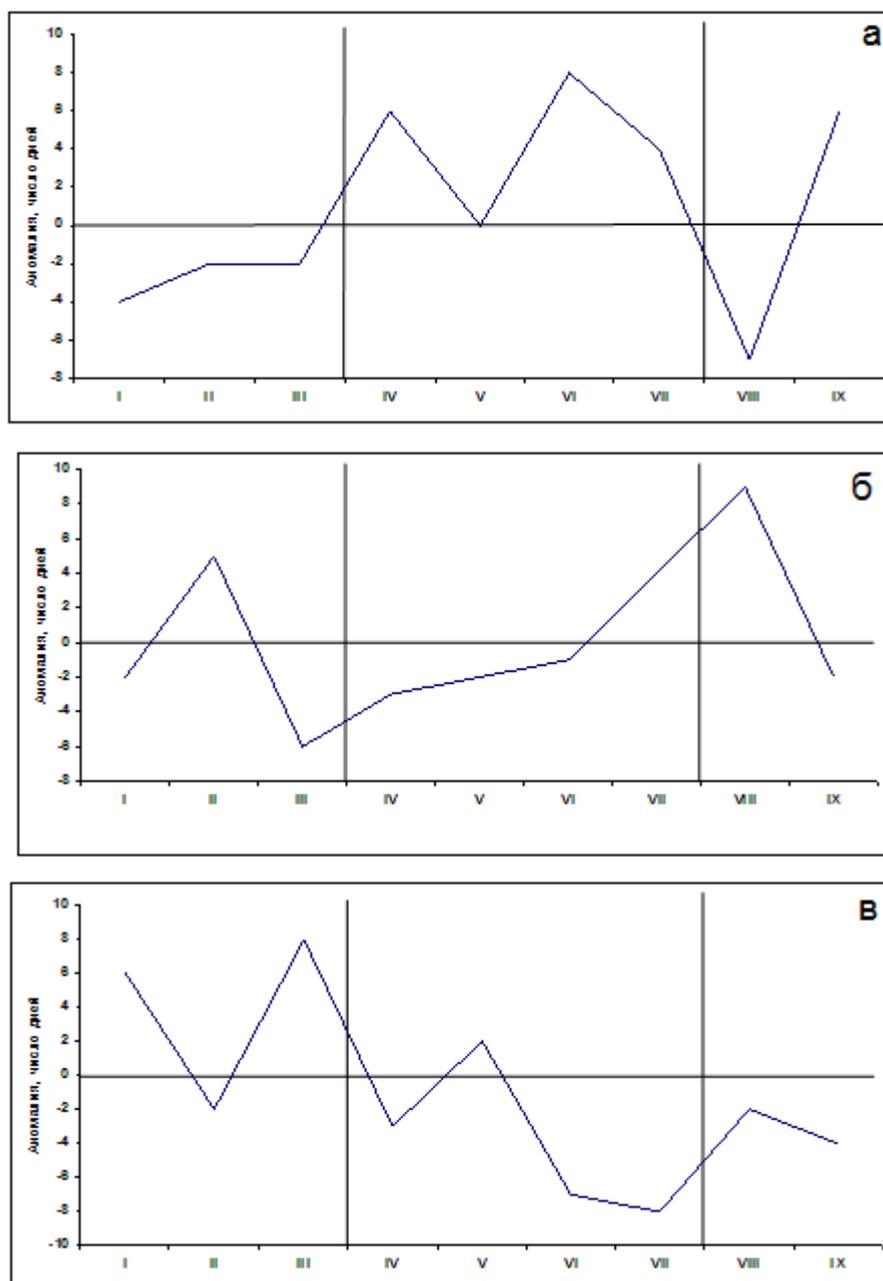
Фоновые особенности развития атмосферных процессов в третьем квартале 2012 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса (табл. 1.1 и рис. 1.1), а также карт среднегодовых полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа (рис. 1.2), приземного давления (рис. 1.3) и температуры воздуха и их аномалий (рис. 1.6 – 1.8).



Таблица 1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период
июль – сентябрь 2012 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	С	Е	З	M ₁	M ₂
Число дней	38	12	42	34	51	7
Аномалия	3	-14	11	-5	11	-6



а – западная форма, б – восточная форма, в – меридиональная форма

Рис. 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами циркуляции в период июль - сентябрь 2012 г.



В период июль – сентябрь 2012 г. от месяца к месяцу отмечались частые перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии. В первой половине июля и сентябре преобладали процессы западной формы циркуляции. Во второй половине июля и августе отмечалась повышенная повторяемость процессов восточной формы циркуляции.

В средней тропосфере на изобарической поверхности H_{500} от месяца к месяцу отмечались значительные смещения центра планетарного циркумполярного вихря. В июле центр ЦПВ находился в приполюсном районе Арктики. В августе основной его центр сместился из приполюсного района в район Карского моря. Центральный полярный район находился преимущественно под влиянием высотных гребней. В сентябре произошла крупномасштабная перестройка в циркуляции атмосферы и центр ЦПВ сместился из евразийского сектора в канадо-гренландский сектор Арктики. Среднемесячные значения геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа представлены на рис. 1.2

Под влиянием длинных термобарических волн на периферии высотного полярного вихря от месяца к месяцу происходило изменение его структуры, системы тропосферных ПВФЗ и траекторий циклонов в системе исландского и алеутского минимумов. Так, в евразийском и американском секторах под влиянием с юга блокирующих гребней антициклонов ВФЗ располагались чаще севернее своего многолетнего положения.

Вследствие этого в приземном поле циклоны в системе исландского и алеутского минимумов смещались в Арктику по сравнению с нормой высокоширотными траекториями. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в июле и августе над арктическими морями евразийского сектора Арктики. В сентябре наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над приатлантическим сектором Арктики – над Норвежским, Гренландским и Баренцевым морями, а также в море Бофорта (рис. 1.3).

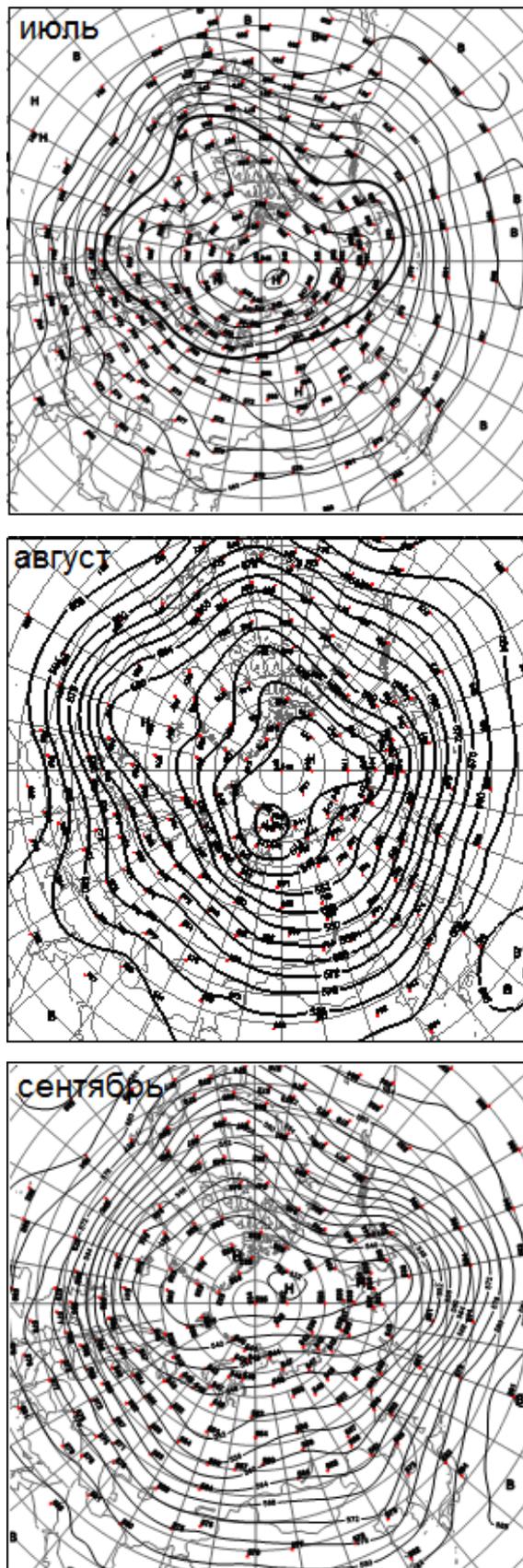


Рис. 1.2. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июле – сентябре 2012 г.

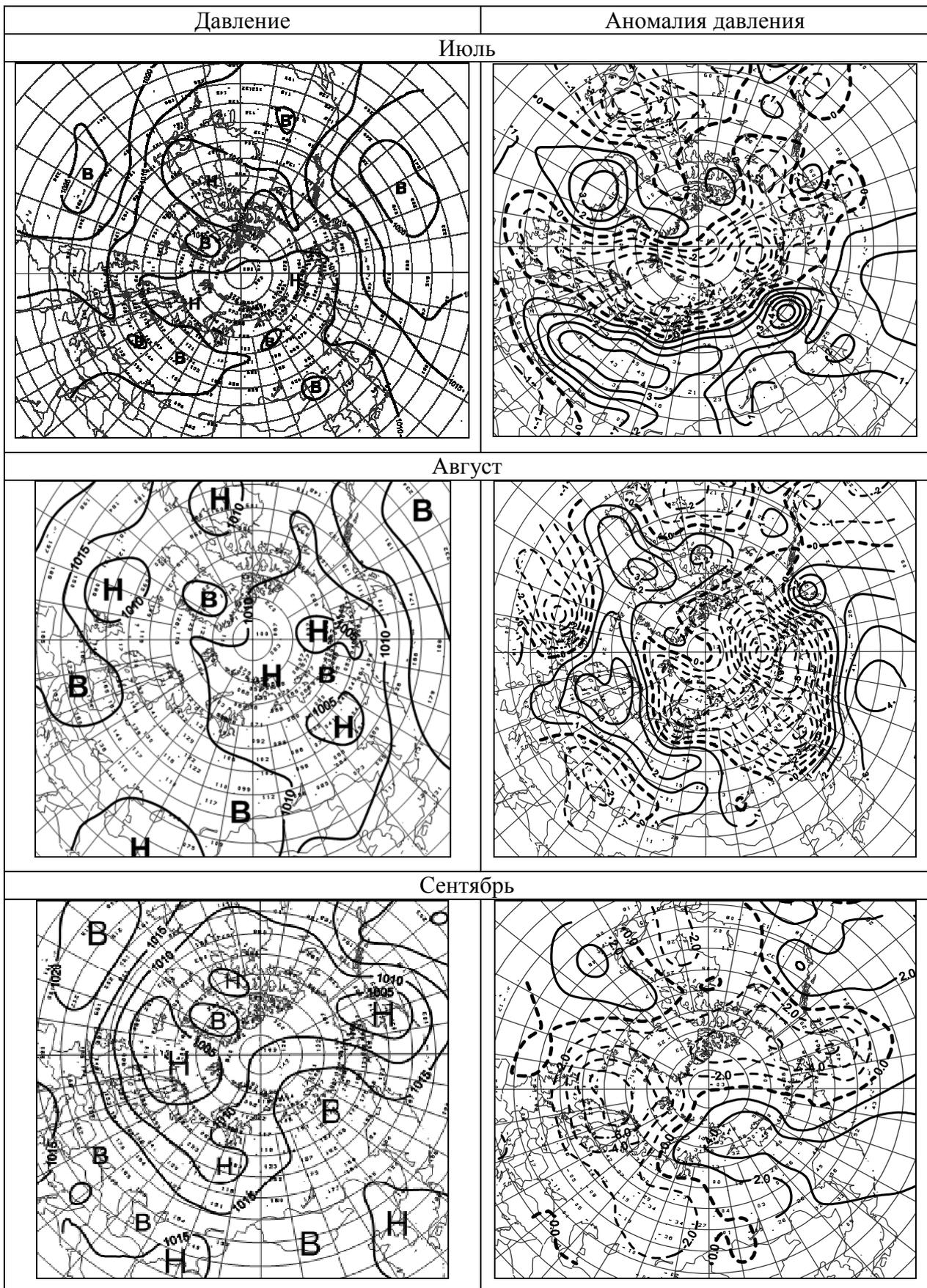


Рис. 1.3. Поля среднего приземного давления и аномалии давления (гПа) за период июль – сентябрь 2012 г.



Повышенная повторяемость разновидностей процессов с более высокоширотными по сравнению с нормой траекториями циклонов обусловила в среднем за период июль – сентябрь 2012 г. устойчивую адвекцию теплых воздушных масс с южной составляющей и формирование положительного фона аномалий температуры воздуха в полярном районе Арктики. Наиболее крупные среднемесячные значения аномалий температуры воздуха отмечались в районах Карского и Лаптевых морей (рис. 1.6 – 1.8).

Эти районы Арктики внесли наибольший вклад в формирование высокого температурного фона полярного района. В среднем за период июль – сентябрь 2012 г по полярному району аномалия температуры воздуха составила 1,9 °С, что на 0,2 °С выше значения, отмеченного за тот же период года в 2011 г. Отрицательные аномалии температуры во втором квартале преобладали в районе Норвежского моря.

Структурный анализ внутригодовых и внутримесячных особенностей развития атмосферных процессов проводился по комплексу метеорологических характеристик (форма и тип циркуляции, направление воздушных потоков, давление и температура воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Анализ развития процессов показал, что в июле – сентябре 2012 г. в атлантико-евразийском секторе Северном полушарии отмечались более частые, чем в тихоокеано-американском секторе, перестройки крупномасштабных атмосферных процессов. В рассматриваемый период выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов (табл. 1.2). Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с июля по сентябрь 2012 г. выглядит следующим образом:

Июль – $(E+W)_{M1} \rightarrow$ Август – $E_{M1} \rightarrow$ Сентябрь – W_{M1}

Тенденции изменений давления в третьем квартале в полярном районе представлены в виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления отдельно для европейского, азиатского, американского и приполюсного секторов Арктики на рис. 1.4. При положительных значениях аномалий давления интегральная кривая идет вверх, при отрицательных – вниз.

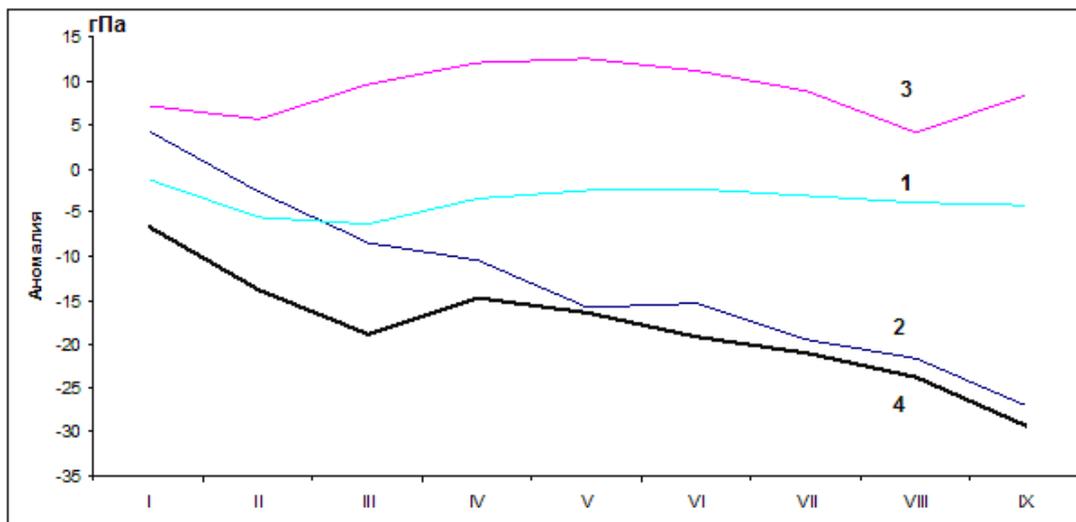


Рис. 1.4. Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления в январе–сентябре 2012 г. в приполюсном (1), европейском (2), азиатском(3) и американском (4) секторах полярного района Арктики

В третьем квартале в полярном районе преобладал отрицательный фон давления. Под влиянием глубоких циклонов в системе исландского и алеутского минимумом наиболее устойчивые тенденции к его понижению отмечались в европейском и американском секторах полярного района Арктики.

Изменения среднемесячных значений аномалий температуры в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – сентябре 2012 г. представлены на рис. 1.5. Во все месяцы 2012 г. фон температуры оставался выше нормы, но имел устойчивую тенденцию к его понижению в период апрель – июль.

В третьем квартале (июль-сентябрь) фон температуры имел устойчивую тенденцию к его повышению.

Отмеченные тенденции изменения температуры в целом согласуется с тенденциями колебания крупномасштабных процессов. Так при аномально повышенной повторяемости в апреле - июле разновидностей зональных процессов отмечалось ослабление межширотного воздухообмена. Ослабление адвекция теплых воздушных масс способствовало уменьшение положительные аномалии температуры воздуха в этот период. При повышенной повторяемости меридиональных процессов E и C форм циркуляции, особенно в период январь – март, при усилении межширотного воздухообмена имело место наиболее устойчивая адвекция теплых воздушных масс в Арктику и формирование крайне устойчивых высоких среднемесячных значений аномалий температуры в полярном районе (рис. 1.5.)

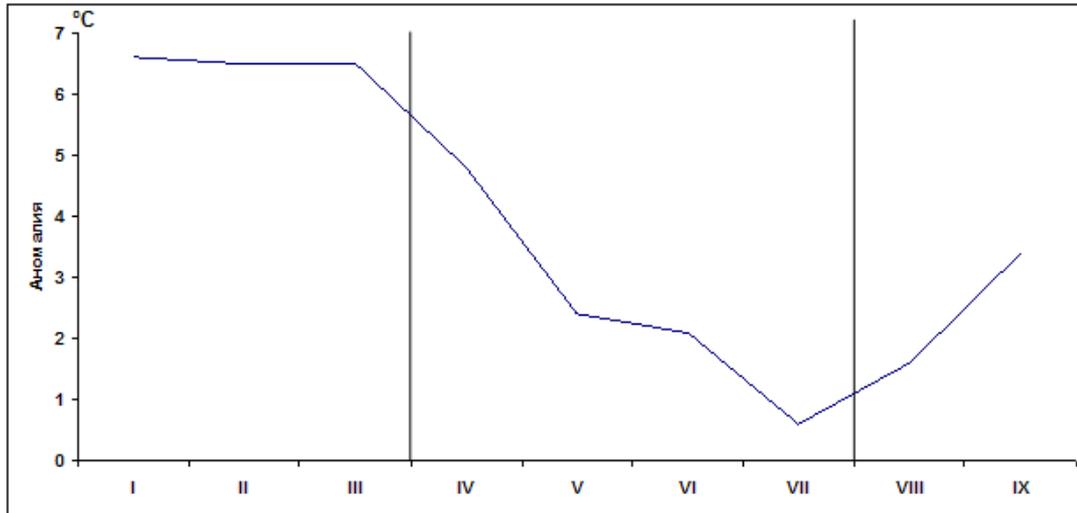


Рис. 1.5. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – сентябре 2012 г.

Основные особенности развития синоптических процессов в каждом месяце за период июль - сентябрь 2012 г. описаны ниже.

В июле в целом характер в направленности процессов в средней тропосфере сохранился. Отличительной особенностью высотного поля явилось разрушение в толще тропосферы блокирующего гребня над районом Западной Сибири. Вследствие этого ВФЗ сместилась в западном секторе Арктики к югу.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалось сочетание атмосферных процессов западной и восточной форм циркуляции. Особенностью барического поля явилось то, что блокирующий гребень континентального антициклона сместился с Западной Сибири на южные районы Евразии. Вследствие этого под влиянием циклонов фон давления в районе арктических морей понизился на 2-6 гПа. Воздушные потоки преимущественно юго-западных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс. Фон температуры был выше нормы, а в Норвежском море – ниже нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 6 °C) отмечались в районе юго-западной части Карского моря.

Во втором (тихоокеано-американском) секторе направленность крупномасштабных процессов в средней тропосфере сохранилась. Основной отличительной особенностью по сравнению с июнем явилось ослабление адвекции теплых воздушных масс и понижение температурного фона на 1-2 °C.

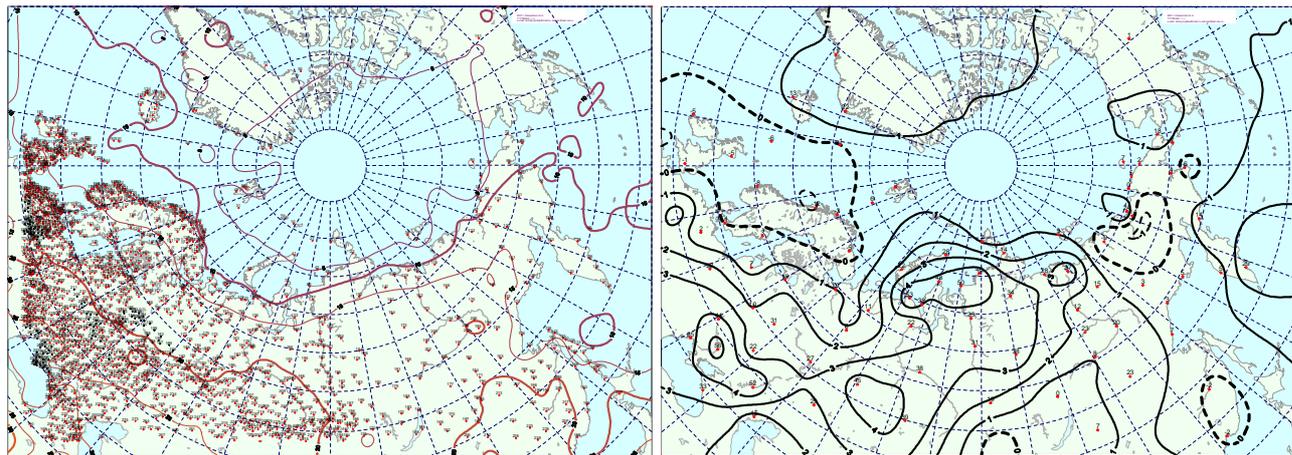


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2012 г., (°С)

В августе основной центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа сместился из приполюсного района в район Карское море. Центральный полярный район находился преимущественно под влиянием высотных гребней, под которыми в приземном поле часто формировалась антициклоническая циркуляция.

В первом секторе аномально повышенную повторяемость имели крупномасштабные процессы восточной формы циркуляции. Гребень азорского антициклона был ориентирован над континентальной частью Евразии. Вследствие этого циклоны Северной Атлантики смещались высокоширотными траекториями до Карского моря. Далее их движение было блокировано гребнем арктического антициклона. Фон давления в западных морях был ниже нормы за исключением Норвежского и Гренландского морей. Воздушные потоки преимущественно западных направлений. В море Лаптевых преобладали потоки южных направлений. Положительные аномалии среднемесячной температуры (до 3-4 °С) отмечались в районе северо-восточной части Карского моря. В районах Норвежского и Восточно-Сибирского морей фон температуры был около нормы.

Во втором секторе направленность крупномасштабных процессов в средней тропосфере сохранилась. Циклоны под влиянием гребня гавайского антициклона продолжали смещаться в Арктику высокоширотными траекториями. Основной отличительной особенностью по сравнению с июлем явилось ослабление адвекции теплых воздушных масс.

В сентябре по сравнению с предыдущим месяцем произошла перестройка направленности крупномасштабных атмосферных процессов в атлантико-евразийском секторе полушария от восточной к западной форме циркуляции.

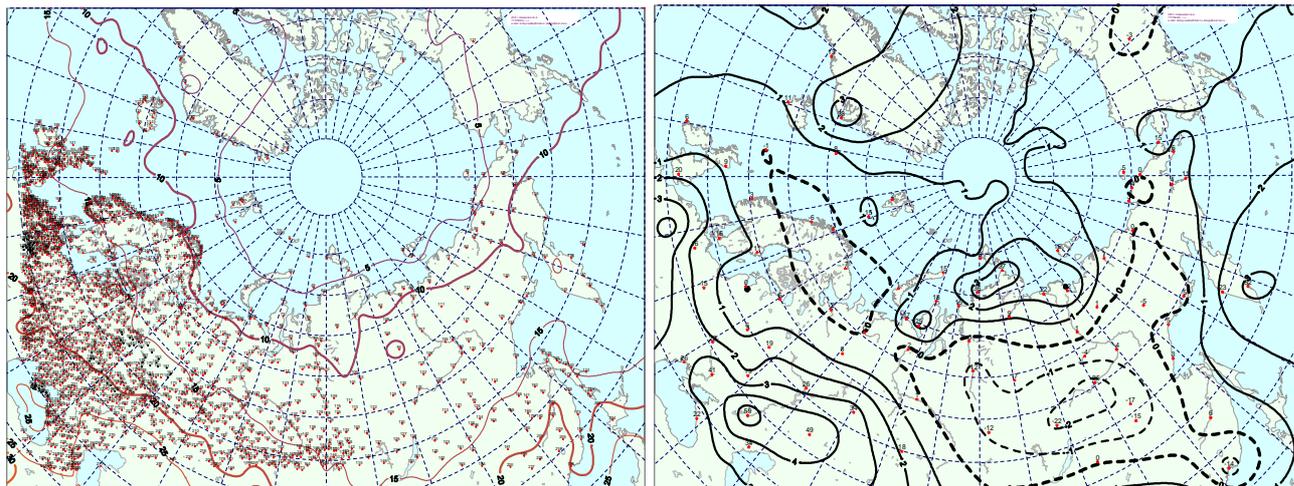


Рис. 1.7. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2012 г., (°С)

В полярном районе Арктики центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа сместился из района Карского моря к северному побережью Канады. Азиатский сектор Арктики находился под влиянием с юга высотного гребня, под которым в приземном поле сформировался обширный антициклон с центром в районе моря Лаптевых.

В первом секторе аномально высокую повторяемость имели крупномасштабные процессы разновидностей западной формы циркуляции. Циклоны Северной Атлантики смещались в Арктику высокоширотными траекториями до района Баренцева моря. Далее их движение было блокировано гребнем обширного антициклона.

Фон давления в приатлантическом районе был ниже нормы. Положительные аномалии давления выше нормы в Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском море. Воздушные потоки преимущественно с южной составляющей. Положительные аномалии среднемесячной температуры (до 4-5 °С) отмечались в районе северо-восточной части Карского моря. В районах Норвежского и Восточно-Сибирского морей под влиянием тыловой части циклонов фон температуры был ниже нормы.

Во втором секторе направленность крупномасштабных процессов в средней тропосфере сохранилась. Циклоны под влиянием гребня гавайского антициклона продолжали смещаться в Арктику высокоширотными траекториями. Основной отличительной особенностью по сравнению с августом явилось усиление адвекции теплых воздушных масс с Тихого океана в Арктику. Средние месячные положительные аномалии температуры достигали значений 4-6 °С.

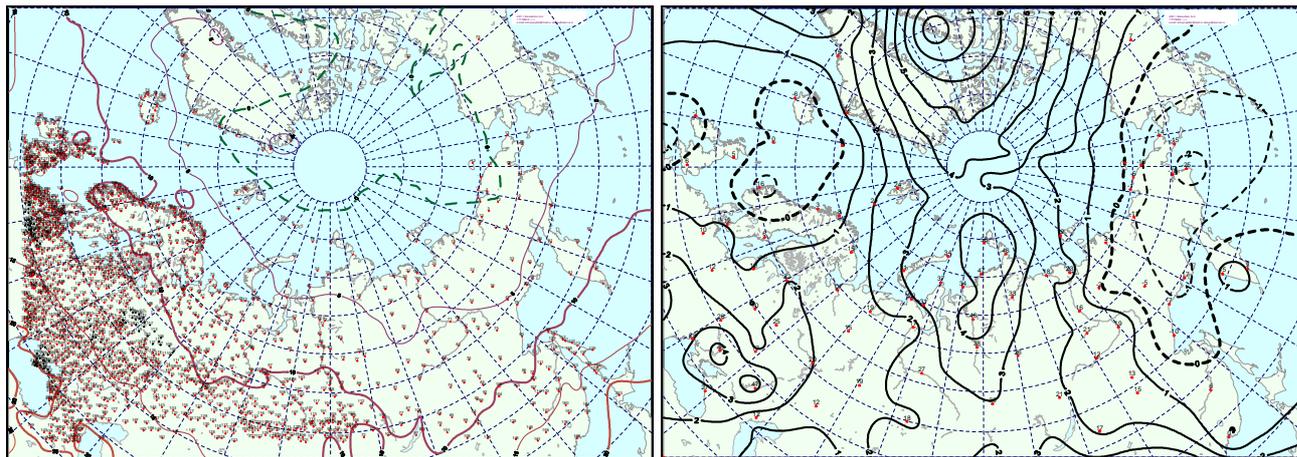


Рис. 1.8. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2012 г., (°С)

Структурные особенности развития процессов внутри каждого месяца в 2012 г. по элементарным синоптическим процессам (ЭСП) представлены в табл. 1.2. Каждый ЭСП отражает одну из 26 разновидностей процессов при сочетании на полушарии трех основных форм (атлантико-европейский сектор) и трех типов (тихоокеано-американский сектор) циркуляции атмосферы по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса.

Таблица 1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с июля по сентябрь 2012 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по ЭСП

Июль			Август			Сентябрь		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-3	W	3	1-2	E	3	1	E	3
4-7	E	3	3-5	E	3	2-4	E	3
8-11	E	M1	6-8	E	3	5-8	W	M1
12-15	W	M1	9-10	C	M2	9-12	C	M1
16-18	W	M1	11-13	E	M1	13-16	W	3
19-21	C	M1	14-15	E	M1	17-19	W	M2
22-25	W	3	16-18	E	M1	20-22	W	M1
26-28	E	M1	19-21	C	3	23-25	W	M1
29-30	E	M1	22-24	W	3	26-28	E	M1
31	E	3	25-26	W	M1	29-30	W	3
			27-28	E	M1			
			29-31	E	M1			
Итого	W 14(4) C 3 (-8) E 14 (4)	3 12 (2) M1 19 (1) M2 0 (-3)	Итого	W 5 (-7) C 5 (-2) E 21 (9)	3 14 (0) M1 15 (2) M2 2 (-2)	Итого	W 19 (6) C 4 (-4) E 7 (-2)	3 10 (-5) M1 17 (8) M2 3 (-3)

Примечания:

1. ЭСП – элементарный синоптический процесс;
- 2 А-Е – атлантико-европейский сектор полушария;
- 3 Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария;
- 4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, C, E) и типами (3, M1, M2) атмосферной циркуляции

В заключение можно отметить, что результаты мониторинга состояния приземной атмосферы в Северной полярной области за период январь-сентябрь 2012 г. позволяют сделать основной вывод о сохраняющейся в последние годы тенденции к потеплению в высоких широтах. При этом очаг наиболее значимой положительных аномалий температуры в Арктике имеет в 2012 г. явно выраженную тенденцию к смещению из района Канадского Арктического архипелага и Гренландии в район Карского, Лаптевых и Баренцева морей. Данные изменения деформационного термобарического поля в полярном районе Арктики были обусловлены перестройкой в направленности крупномасштабных атмосферных процессов северного полушария.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха и атмосферных осадков по районам северной полярной области (СПО) и арктическим морям (рис.1.9). Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующей станции «СП-39», «СП-40» и с дрейфующих буев МПАБ.

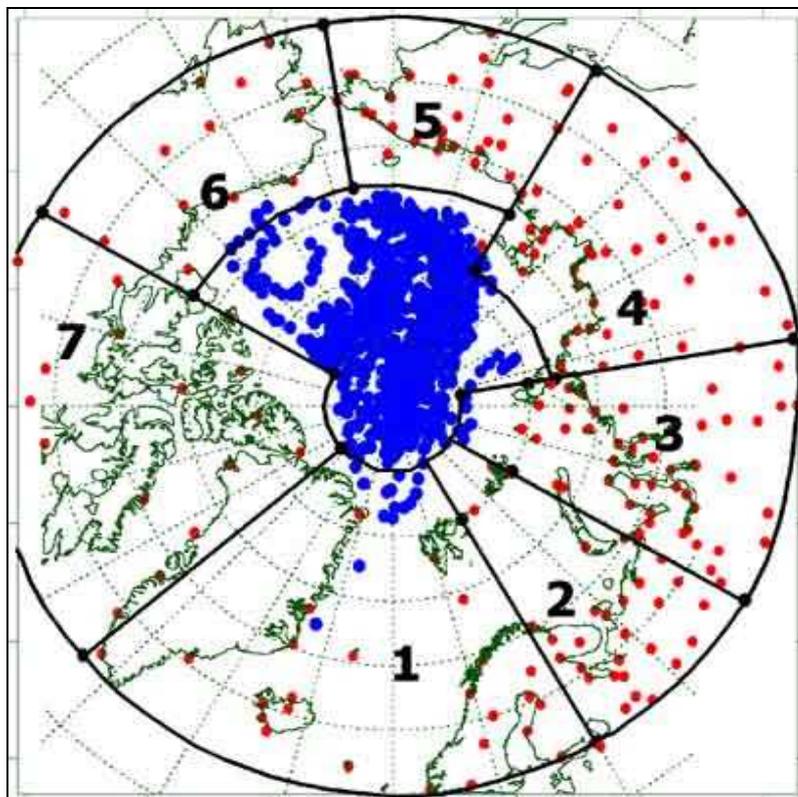


Рис. 1.9. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – североευропейский; 3 – западносибирский; 4 – восточносибирский; 5 – чукотский; 6 – аляскинский; 7 – канадский)



Температура воздуха

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

Оценка аномалий средней температуры воздуха за летний сезон 2012 года по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в табл.1.3. В летнем сезоне 2012 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 1,5 °С. Лето 2012 г. по рангу теплых лет оказалось наиболее теплым летом за период с 1936 г. Предыдущее наиболее теплое лето было в 2011 г. (1,2 °С). Аномалия температуры для широтной зоны 70-85° с.ш. составила 2,0 °С, а для широтной зоны 60-70° с.ш. – 1,2 °С. Прошедший летний сезон для этих широтных зон оказался соответственно первым и четвертым 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 2012 г., °С

Широтная зона, ° с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	2,0	1	2012 (2,0)	1963 (-0,7)
60-70	1,2	4	2003 (1,3)	1949 (-0,8)
60-85	1,5	1	2012 (1,5)	1949 (-0,8)

Сопоставление значений аномалий летней температуры воздуха в 2012 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в азиатском и канадском секторах (рис. 1.10, табл. 1.4).

Аномалия температуры в районах Западносибирском и Восточносибирском составила 2,7 °С и 2,0 °С соответственно, а в Канадском – 2,3 °С. Лето 2012 г. в этих районах оказалось наиболее теплым летом по рангу теплых лет. Небольшие отрицательные аномалии температуры воздуха имели место на станциях в южных частях Атлантического и Аляскинского районов.

В районах арктических морей и на территории СПО выше 70° с.ш. наблюдались только положительные аномалии температуры.

Наиболее высокие значения аномалий обнаруживались в районе морей Карского, Лаптевых, Бофорта и в северной части Канадского района. Здесь значения осредненных для этих районов аномалий превышали 2,5 °С. Для районов морей Карского и Бофорта, а также для северной части Канадского района лето 2012 г. оказалось наиболее теплым за весь период наблюдений с 1936 г.

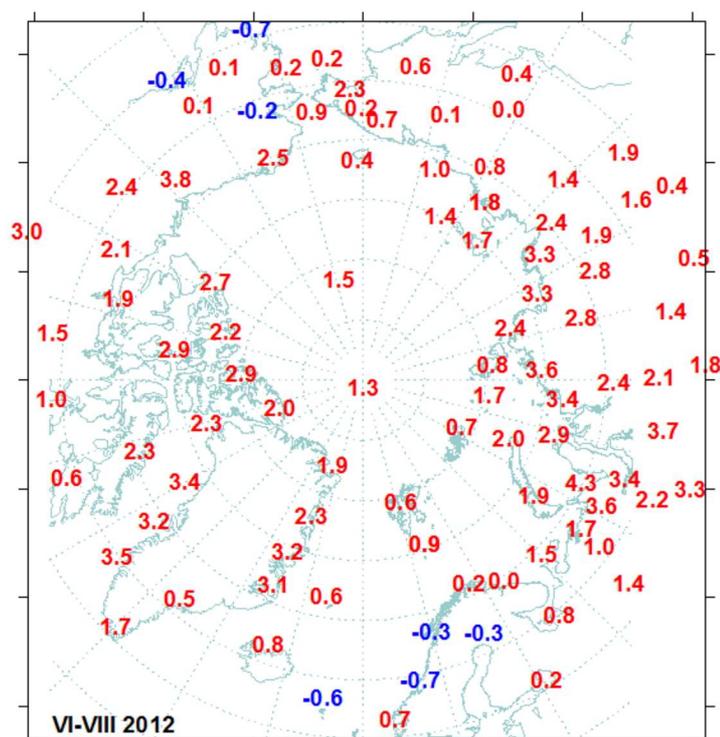


Рис. 1.10. Значения аномалий средней температуры воздуха летнего сезона 2012 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.4

Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в летний сезон 2012 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	1,0	15	2003 (1,9)	1965 (-0,7)
Североевропейский	1,0	22	1972 (1,9)	1969 (-1,6)
Западносибирский	2,7	1	1912 (2,7)	1968 (-1,6)
Восточносибирский	2,0	1	2012 (2,0)	1989 (-1,2)
Чукотский	0,5	25	2007 (2,9)	1949 (-1,3)
Аляскинский	0,7	17	2004 (2,9)	1945, 1955 (-1,3)
Канадский	2,3	1	2012 (2,3)	1972 (-1,6)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за летний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60–85° с.ш. представлены на рис. 1.11, а для районов арктических морей на рис. 1.12.

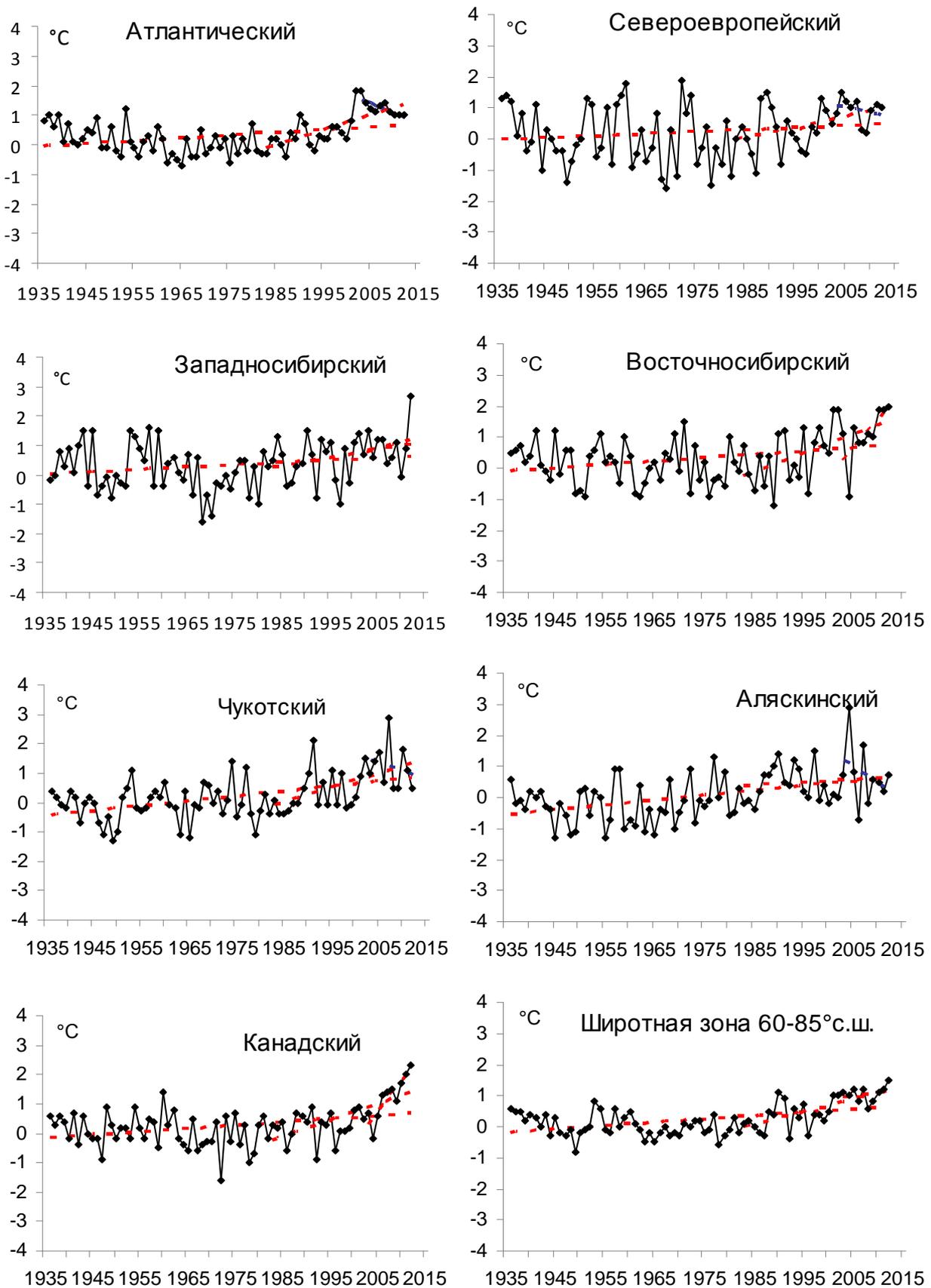


Рис. 1.11. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °C

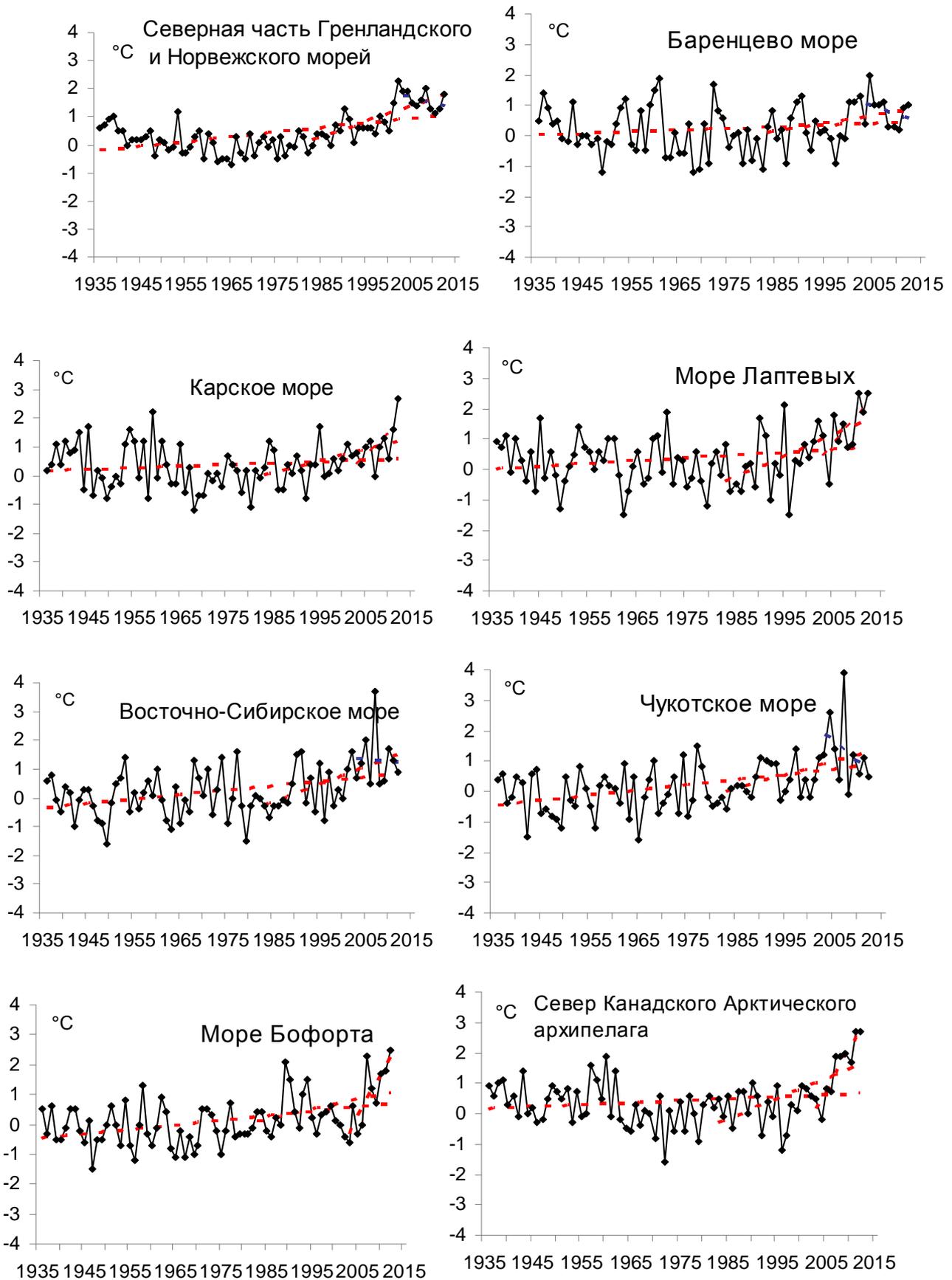


Рис. 1.12. Временные ряды аномалий температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом в весенний сезон, °C



Оценка линейного тренда средней температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за летний сезон 1936-2012 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. 1.5). Повышение температуры летнего сезона в этих широтных зонах составило 0,85 °С за 77 лет.

Таблица 1.5

Коэффициенты линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха отдельных районов за весь период наблюдений и за последние 30 и 10 лет

Район, широтная зона	1936-2012		1983-2012		2003-2012	
	Vx	D	Vx	D	Vx	D
Атлантический	0,09	35,4	0,51	74,6	-0,66	78,7
Североевропейский	0,06	16,1	0,34	43,4	-0,35	26,5
Западносибирский	0,08	21,8	0,27	30,9	0,38	15,3
Восточносибирский	0,11	30,3	0,61	58,2	1,92	69,2
Чукотский	0,17	47,9	0,48	52,1	-0,55	21,7
Аляскинский	0,15	44,9	0,10	11,7	-1,12	33,9
Канадский	0,11	35,1	0,55	66,2	2,11	87,4
60-70°с.ш.	0,11	45,3	0,50	75,8	0,93	67,1
70-85°с.ш.	0,11	50,0	0,35	62,7	-0,18	22,4
60-85°с.ш.	0,11	48,7	0,41	70,4	0,24	27,6

Примечание: Vx – значение линейного тренда в °С/10 лет; D – вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды

Для последнего тридцатилетнего периода 1983-2012 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 1,23 °С за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Восточносибирского и Канадского районов. Значение линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха в этих районах составляет около 1,83 и 1,65 °С/30 лет соответственно.

В последнем десятилетнем периоде отмечается появление статистически значимого (на 5% уровне значимости) положительного тренда в изменениях температуры воздуха к северу от 70° с.ш. Значение тренда составило 0,93 °С за 10 лет. К югу от 70° с.ш. сохраняется отрицательный знак тренда, но само значение линейного тренда здесь статистически не значимо. В целом по региону знак тренда в температуре летнего сезона положителен.

В районах арктических морей наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха наблюдается с последнего 30-ти летнего периода. В районах морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и в северной части Канадского района значения линейного тренда соответственно составили 2,1, 1,8 и 2,0 °С/30 лет (табл. 1.6).



Таблица 1.6

Коэффициенты линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха районов арктических морей за весь период наблюдений, за 30 и 10 лет

Море, часть моря, территория суши	1936-2012		1983-2012		2003-2012	
	Вх	D	Вх	D	Вх	D
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,17	54,7	0,56	76,3	-0,42	41,6
Баренцево море	0,05	16,0	0,26	33,9	-0,56	31,0
Карское море	0,05	14,7	0,41	50,8	1,50	61,6
Море Лаптевых	0,09	23,1	0,70	58,5	1,93	63,6
Восточно-Сибирское море	0,15	38,4	0,61	54,9	-0,12	3,5
Чукотское море	0,17	44,3	0,44	42,8	-1,36	35,0
Море Бофорта	0,15	42,1	0,33	34,0	2,87	79,9
Северная часть Канадского района	0,07	18,2	0,66	61,5	2,94	91,6

Примечание: Вх – значение линейного тренда в °С/10 лет; D – вклад тренда в полную дисперсию, %; жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5 % уровне тренды

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 2012 г. выпало выше нормы на 8,7 %. К югу от 70° с.ш. осадков выпало больше, чем к северу, соответственно 113,6 и 100,8 % от нормы. Ниже нормы осадков выпало в Атлантическом и Восточносибирском районах (табл. 1.7). Выше нормы осадков выпало в районах – Западносибирском, Чукотском, Канадском, а наибольшее количество осадков летом 2012 г. наблюдалось в Североевропейском и Аляскинском районах (на 26 % выше нормы).

Таблица 1.7

Относительные аномалии в % сумм осадков летнего сезона 2012 гг. и годы с экстремальными аномалиями осадков, %

Район, широтная зона	Холодный период	Год (наибольшее значение)	Год (наименьшее значение)
Атлантический	98,8	1964 (120,5)	1968 (75,2)
Североевропейский	126,0	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	110,6	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	84,4	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	107,0	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	126,0	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	107,3	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70° с.ш.	113,6	1954 (115%)	1968 (88%)
70-85° с.ш.	100,8	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85° с.ш.	108,7	1954 (117%)	1980 (90%)



В табл. 1.8 приведены оценки изменения сумм осадков теплого сезона за весь период (с 1936 по 2012 гг.) и за последние 30 лет по северным (70-85°с.ш.) и южным (60-70°с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рис. 1.13 временные ряды сумм осадков холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70°с.ш.

Таблица 1.8

Параметры линейного тренда сумм осадков теплого сезона за весь период и за последнее 30-тилетие

Район, широтная зона	Вх	% от нормы	D	Вх	% от нормы	D
	1936-2012			1983-2012		
	Южная часть Гренландского и Норвежского морей	-0,50	-1,0	3,2	-6,95	-5,6
Скандинавия и север ЕТР	3,29	10,3	22,1	1,69	2,1	4,7
Западная Сибирь	-2,52	-7,8	17,5	5,82	7,1	16,8
Восточная Сибирь	0,39	1,7	4,3	7,15	12,3	28,7
Чукотка	-0,70	-3,3	5,4	-0,87	-1,6	2,6
Аляскинский (южная часть)	-1,53	-6,0	7,6	7,58	11,6	16,9
Канадский (южная часть)	3,39	17,6	38,3	0,29	0,6	1,3
60-70° с.ш.	0,31	1,1	5,3	2,35	3,2	15,1
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,15	0,9	1,4	-1,60	-3,9	6,7
Баренцево море	-0,09	-0,4	0,8	1,37	2,7	6,2
Карское море	-1,10	-6,8	11,0	1,16	2,8	3,9
Море Лаптевых	-3,00	-18,2	28,4	-2,28	-5,4	10,7
Восточно-Сибирское море	-4,27	-28,1	36,0	-7,64	-19,6	25,6
Чукотское море	-3,55	-21,1	23,6	-2,73	-6,3	8,6
Море Бофорта	0,58	5,0	6,9	-3,86	-13,0	20,0
Канадский (северная часть)	0,65	7,6	10,9	-6,49	-29,4	38,5
70-85° с.ш.	-0,84	-5,7	17,8	-1,01	-2,7	9,0
Атлантический	-0,29	-0,8	2,6	-5,17	-5,4	19,5
Североевропейский	2,04	7,5	18,8	1,90	2,7	7,6
Западносибирский	-1,93	-7,6	20,0	3,88	6,0	15,7
Восточносибирский	-0,91	-4,5	11,2	3,55	6,8	17,4
Чукотский	-2,38	-12,3	21,5	-2,31	-4,6	8,7
Аляскинский	-1,46	-6,4	8,6	3,49	6,0	9,6
Канадский	2,36	15,5	39,1	-2,24	-5,7	15,8
60-85° с.ш.	-0,33	-1,4	7,4	0,60	1,0	5,1

Примечание. Первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет;
Второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднего за сезон значения за 77 лет;
Третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию D, %;
Жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5 % уровне значимости тренды.

Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков теплого сезона за период 1936-2012 гг. является тенденция уменьшения жидких осадков в целом по региону (на 1,4 % от нормы 1961-1990 гг.) и к северу от 70°с.ш. (на 5,7 % от нормы). Статистически значимый (на 5-% уровне значимости) рост осадков теплого сезона обнаруживается только в Канадском районе (на 15,5 % от нормы).

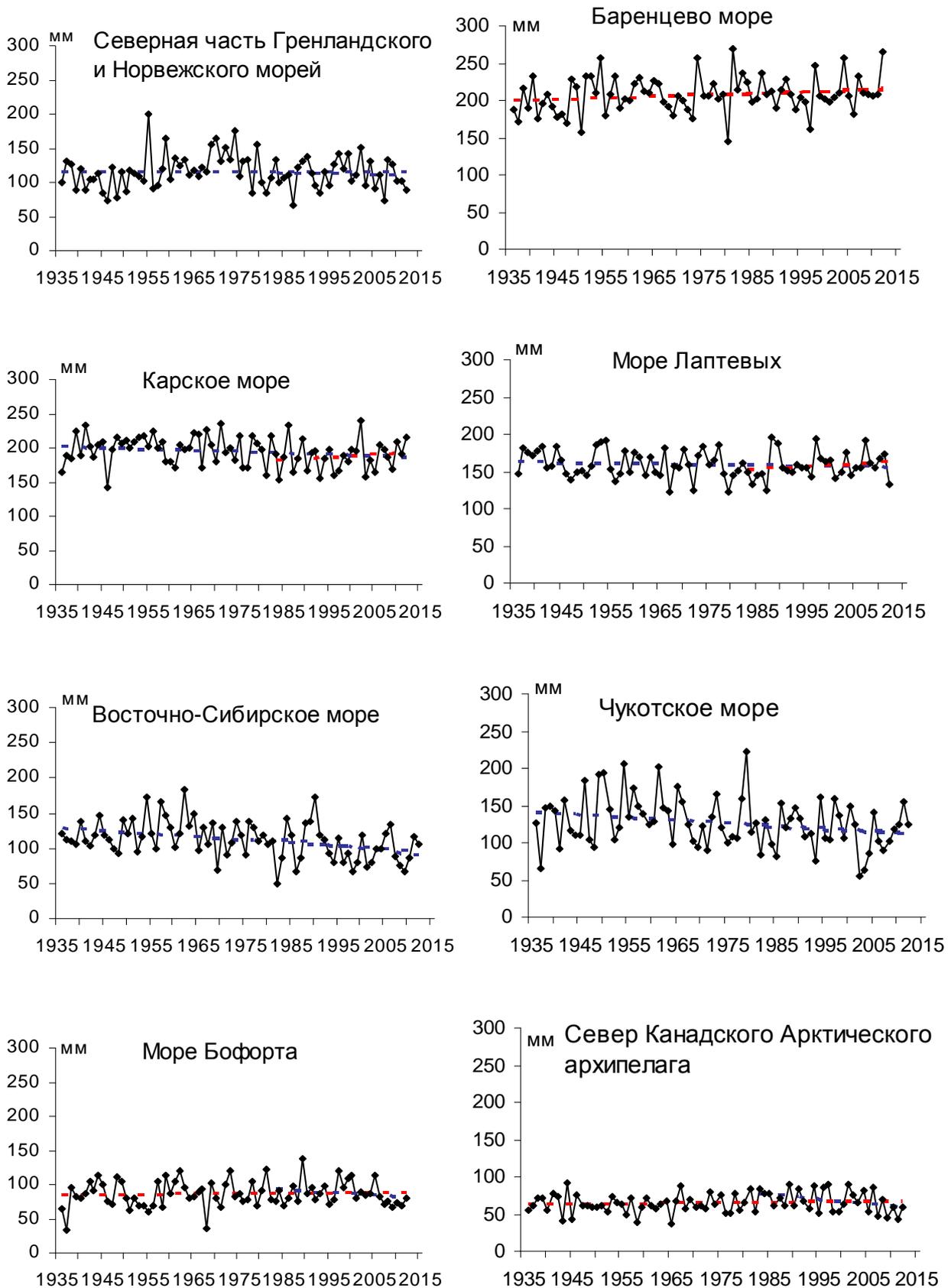


Рис. 1.13. Временные ряды сумм осадков теплого сезона, мм



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 1 до 28% от нормы.

В последнем 30-летнем периоде в отдельных широтных зонах сохраняются те же тенденции, что и за весь период. В целом же по региону отмечается рост осадков теплого периода за счет их увеличения в широтной зоне к югу от 70° с.ш.



2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2012 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле-сентябре 2012 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» на дрейфующей станции «СП-39» 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 Североамериканкой 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;

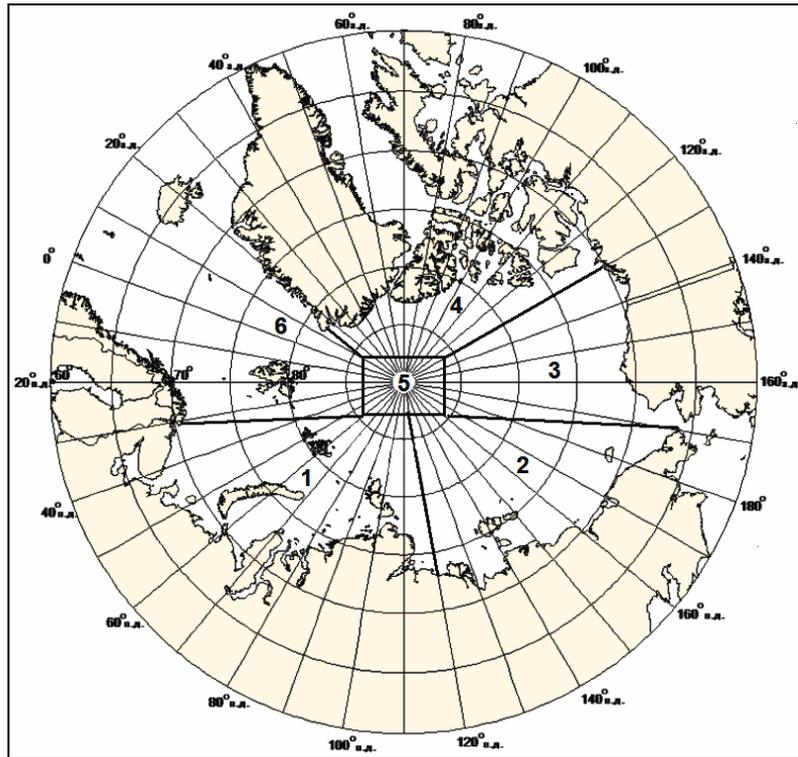
- вычислительные особенности расчета – авторское программное обеспечение ААНИИ с сохранением точности расчетов и оценке статистических параметров по гистограмме распределения

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 2012 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.



1-западный район российского сектора; 2-восточный район российского сектора; 3-альяскинский сектор; 4 канадский сектор; 5-приполюсный район; 6- гренландский сектор

Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана

В структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды, которые составляли около 65% от общего количества льда. Около 35% 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 вдоль побережья Аляски протянулся отрог с преобладанием старых льдов, который сохранялся в этом районе с весеннего периода.

Сформировались обширные разряжения и заприпайные полыньи в западных морях российской Арктики (Баренцевом и Карском).

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

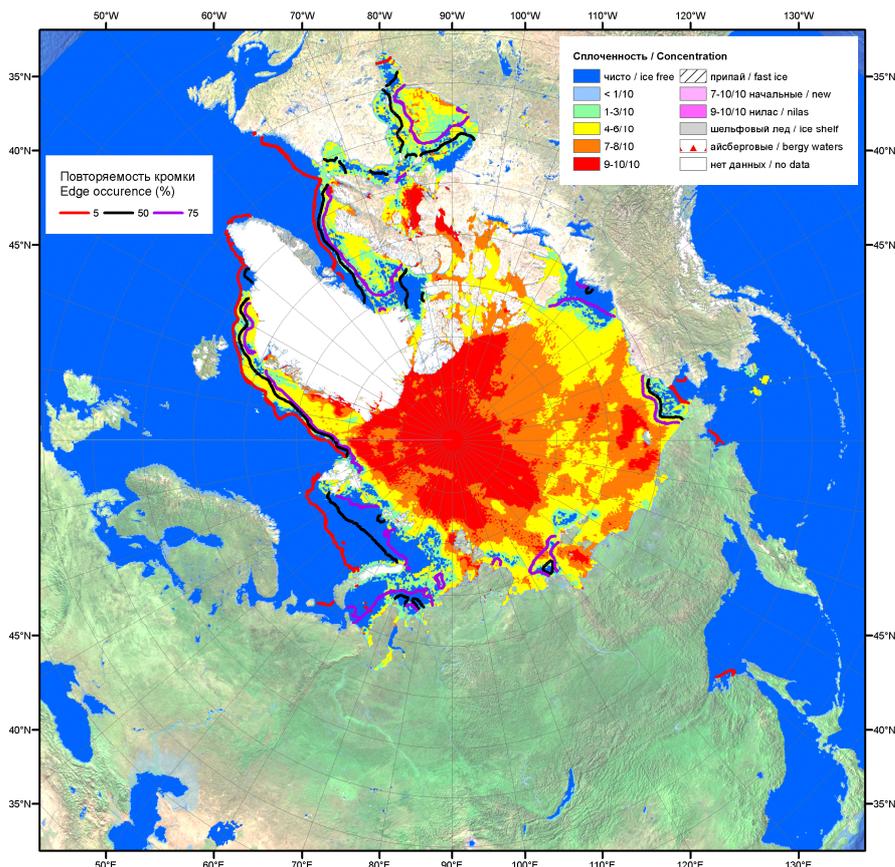


Рис. 2.2. Распределение льда по сплоченности в конце июня 2012 г.

На начало июля, в результате выносного характера дрейфа и интенсивного разрушения льда в морях западного района российского сектора Арктики сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости. Они оказались меньше среднеголетних значений ледовитости – на 25% в Баренцевом и на 60% в Карском морях. Эти величины оказались первыми по рангу аномально малой ледовитости в ряду наблюдений.

В других морях российского сектора Арктики и в море Бофорта также сформировались отрицательные аномалии ледовитости, но они были незначительно меньше нормы, не более 4-8%.

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

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль-сентябрь 2012 г. приведены на рисунках 2.3–2.11.

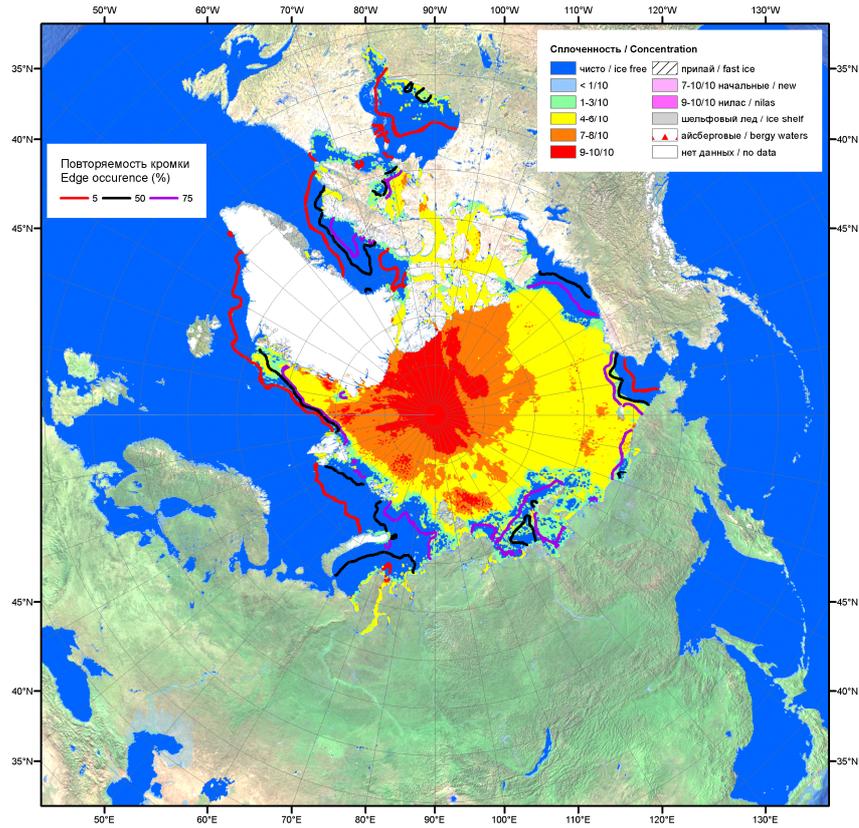
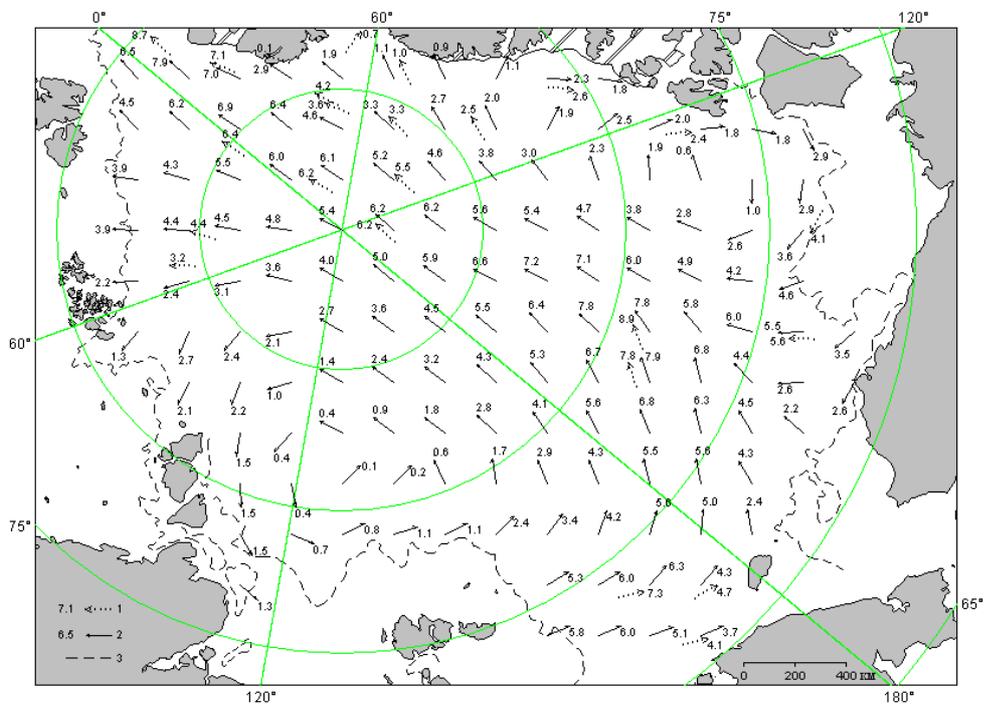
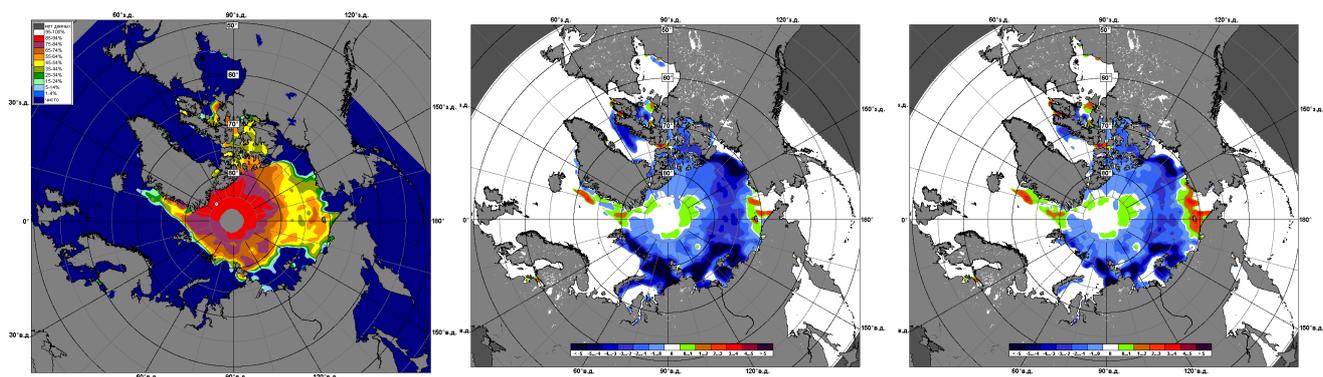


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта за 16–24.07.2012 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США



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

Рис. 2.4. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июль 2012 г.



а)

б)

в)

Рис. 2.5. Медианное распределение сплоченности льда в июле 2012 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2012 (б) и 2002-2012 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

В июле продолжалось интенсивное очищение крайних западных (Баренцева, Карского и Лаптевых) и восточных морей (частично моря Бофорта и Чукотского). К концу июля акватории этих морей значительно очистились от дрейфующих льдов, аномалии ледовитости составили -60...-70%. Большое количество льда сохранялось в восточной части Восточно-Сибирского и в юго-западной части Чукотского морях. В этих районах наблюдалась небольшая (4-5%), но положительная аномалия ледовитости (рис. 2.3).

Дрейф ледяного покрова приведен на рис. 2.4. В поле дрейфа льда наблюдалось хорошо выраженное развитие только одной из основных структур – трансарктического переноса льда. Стрежень трансарктического переноса располагался строго по линии меридианов 0-180° и был близок к своему традиционному положению. Необычно мощное развитие трансарктического переноса льда обусловило в свою очередь устойчивый и значительный вынос льда из всех окраинных арктических морей.

Канадского антициклонального круговорот был развит незначительно, а его центр был смещен в канадский сектор Арктики. Его роль в формировании общего поля дрейфа льда в июле была крайне незначительна.

Общая ледовитость Северного Ледовитого океана в июле была меньше нормы (рис. 2.13, а). Основной вклад в формирование отрицательной аномалии ледовитости и сплоченности льда, вносили окраинные западные моря и море Бофорта (темно-синие зоны, отражающие отрицательную аномалию). Положительные аномалии ледовитости и сплоченности льда наблюдались в Восточно-Сибирском и Чукотском морях, в районе Гренландии и в проливе Фрама,



куда был направлен основной вынос льдов (зоны зеленого и красного цветов, отражающие положительные аномалии) (рис. 2.5 б).

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

В течение августа продолжалось таяние и сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом океане. Уменьшение ледовитости происходило в основном за счет разрушения льда в западном районе российского сектора Арктики (Баренцево, Карское моря), западной части восточного района российского сектора Арктики (море Лаптевых) и моря Бофорта. Граница отступления дрейфующих льдов в августе 2012 г. превзошла, наблюдавшийся абсолютный исторический минимум развития ледяного покрова в 2007 г. и практически для всех окраинных арктических морей появился новый минимум развития ледяного покрова в августе (рис. 2.6).

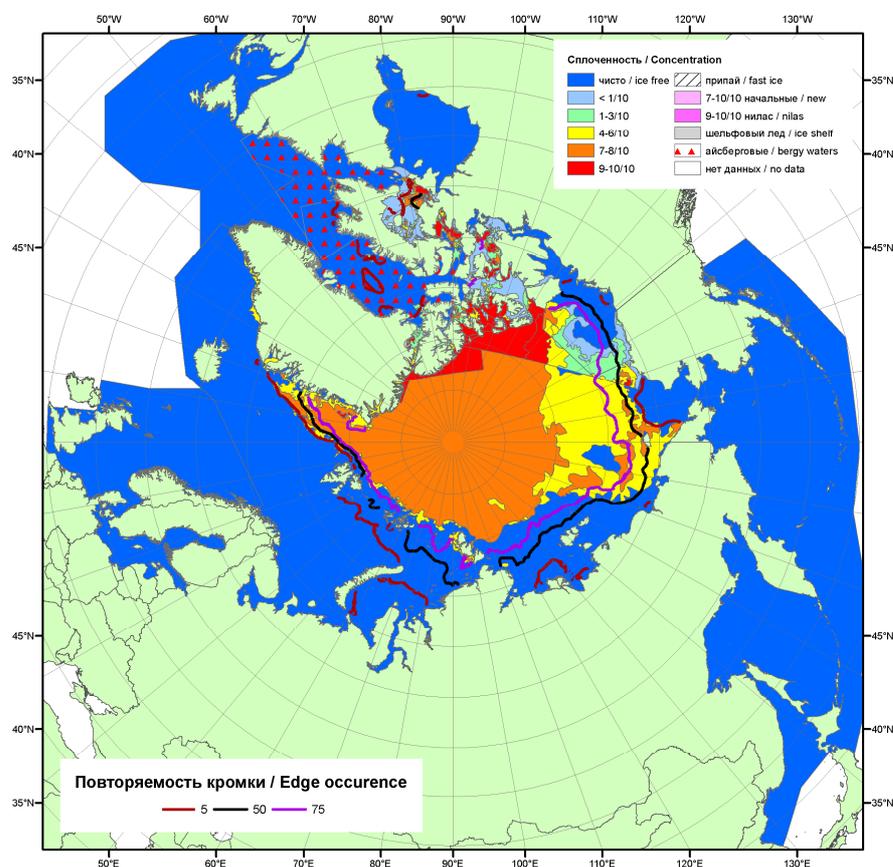
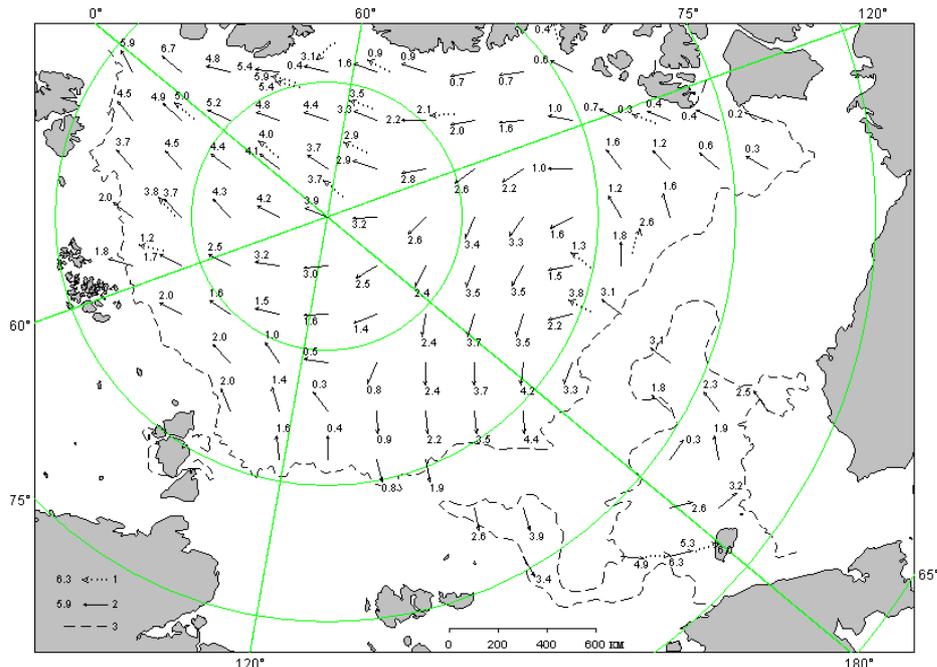


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта за 13-21.08.2012 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

В августе, в поле дрейфа льда наблюдались существенные изменения. Канадский антициклональный круговорот был практически не развит. Был хорошо развит трансарктический вынос льдов. Его стрежень был значительно смещен к североамериканскому побережью и в приполюсном районе поток распадался на две ветви. Одна из которых продолжала движение к

проливу Фрама, а вторая ветвь поворачивала к азиатскому побережью вынося дрейфующие льды к северной границе Восточно-Сибирского и Чукотского морей, поддерживая в них высокую ледовитость (рис. 2.7).

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 (рис. 2.8).



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

Рис. 2.7. Поле скорости результирующего дрейфа льда за август 2012 г.

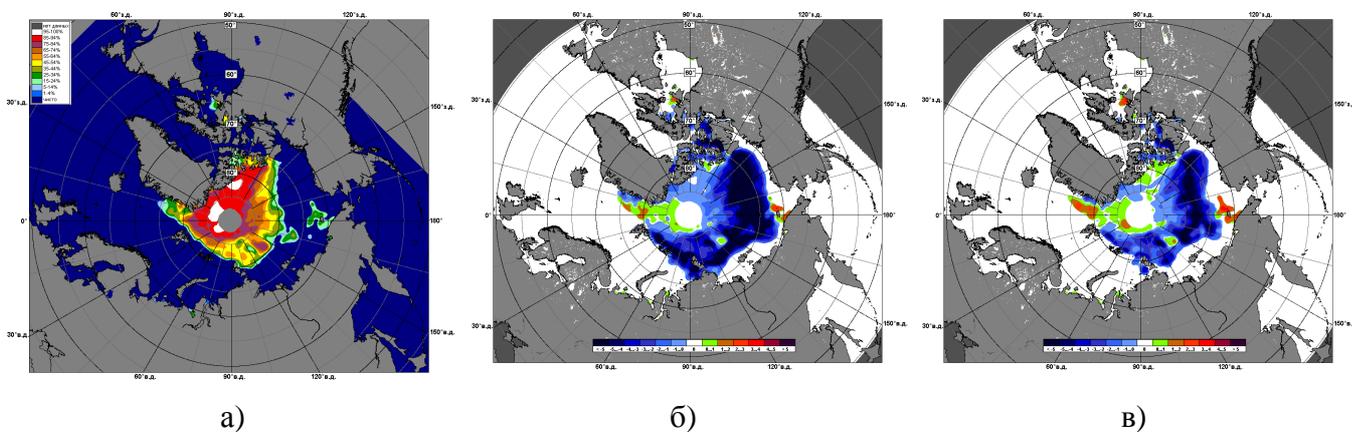


Рис. 2.8. Медианное распределение сплоченности льда в августе 2012 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2012 (б) и 2002-2012 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM



В целом в августе в СЛО сформировалась крупная отрицательная аномалия ледовитости, а во всех окраинных арктических морях сформировались экстремальные отрицательные аномалии ледовитости (порядка -50÷-55%), кроме Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

В течение сентября происходило дальнейшее очищение российских арктических морей. В процесс очищения были вовлечены и восточные моря – Восточно-Сибирское и Чукотское. В течение сентября эти моря, так же как и остальные окраинные моря СЛО, полностью очистились ото льда.

Основная масса льдов, сохранившихся после периода летнего таяния в Северном Ледовитом океане, была смещена в приполюсный район, гренландский и канадский сектора Арктики (рис. 2.9).

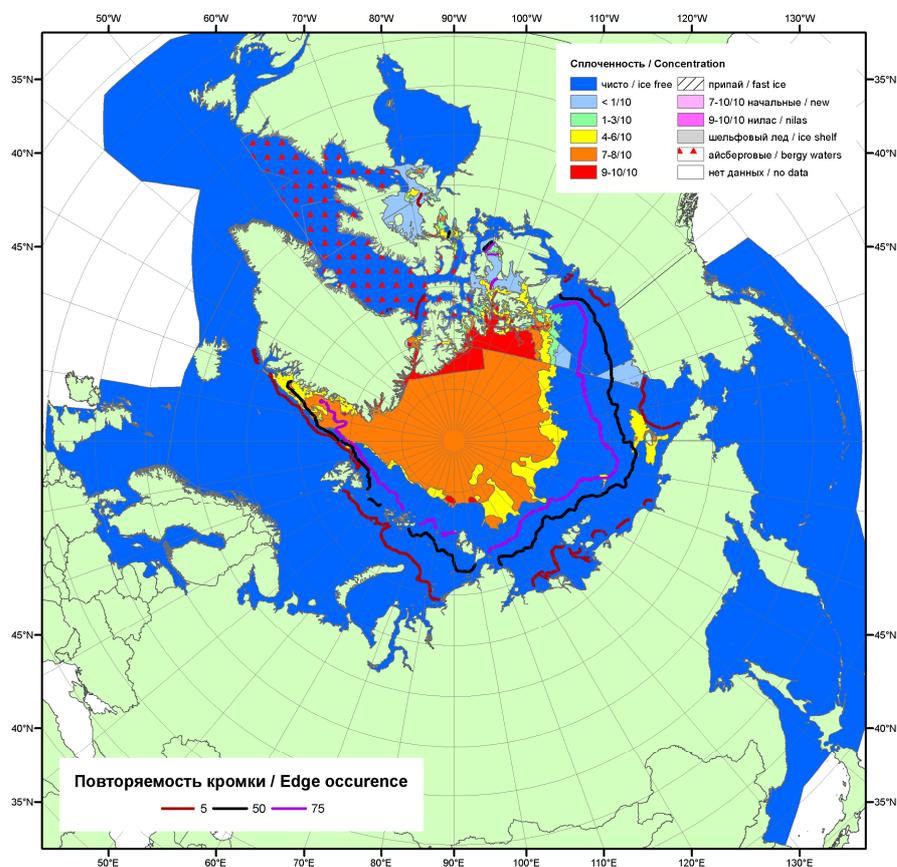


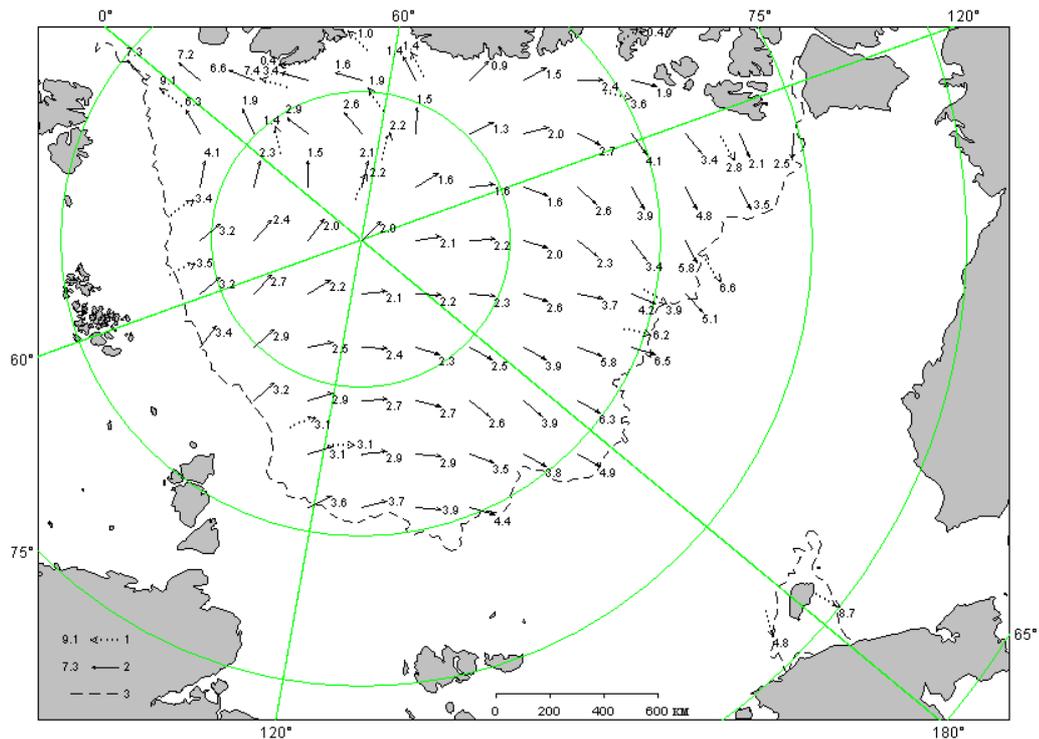
Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта за 10-18.09.2012 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

Дрейф ледяного покрова приведен на рисунке 2.12. Сформировавшееся в сентябре поле дрейфа льда имело чрезвычайно необычную структуру. В поле дрейфа льда образовался хорошо выраженный обширный перенос, направленный от евроазиатского побережья к североамериканскому. Выносимые на чистую воду льды быстро разрушались, сокращая тем



самым общее количество льдов в СЛО. Основные структуры дрейфа – Трансарктический вынос льда и Канадский антициклональный круговорот были не развиты.

Наблюдалось формирование значительных отрицательных аномалий сплоченности льда (темно-синие зоны) в российском и аляскинском секторах Арктики. Положительные аномалии сплоченности льда сохранялись только в гренландском, и канадском секторах Арктики (зеленая зона (рис. 2.11 б)).



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

Рис. 2.10. Поле скорости результирующего дрейфа льда за сентябрь 2012 г.

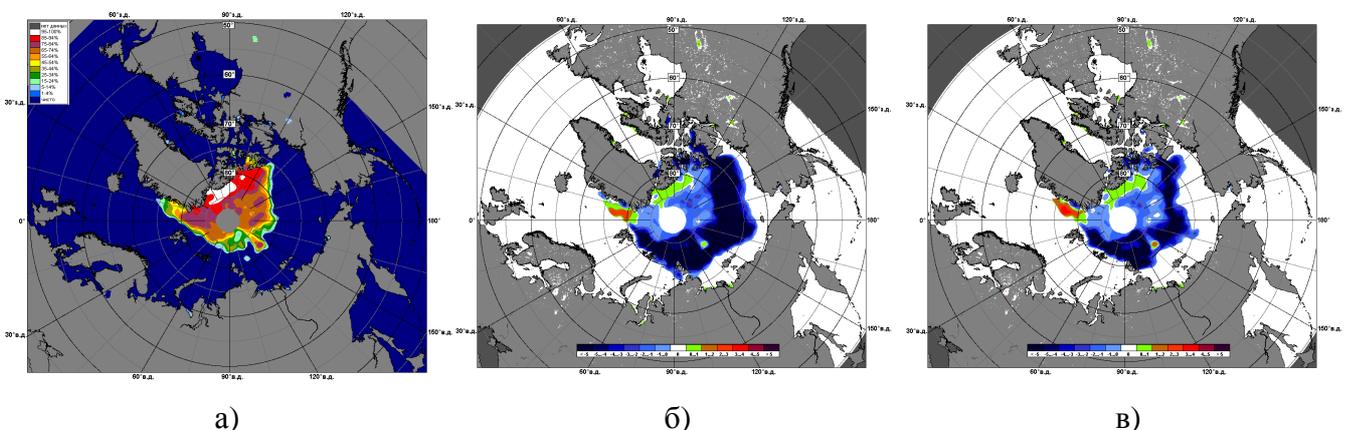


Рис. 2.11. Медианное распределение сплоченности льда в сентябре 2012 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2012 (б) и 2002-2012 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM



По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий ААНИИ, под руководством В.М. Смоляницкого, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2012 г. составила 3,44 млн. кв. км при норме 6,36 млн. кв. км, что на 46% меньше среднемноголетних значений. Необходимо отметить, что значение общей ледовитости СЛО превзошло исторический минимум ледовитости 2007 г. (почти на 800 тыс. кв. км) и стало первым по рангу в ряду минимумов. Таким образом, в 2012 г. был установлен новый исторический минимум ледовитости Северного Ледовитого океана.

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 10 – 16 сентября 2012 г. и её аномалии от значений 2007-2010 гг. и периодов 2002-2012 гг. и 1978-2012 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM

Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс км ² /%						
		2007 г	2008 г	2009 г	2010 г	2011 г	2002-2012гг	1978-2012гг
10-16.09	3437.3	-825.8	-1154.2	-1690.5	-1365.7	-1006.2	-1640.2	-2822.5
		-19.4	-25.1	-33.0	-28.4	-22.6	-32.3	-45.1
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс км ² /%						
		2007 г	2008 г	2009 г	2010 г	2011 г	2002-2012гг	1978-2012гг
10-16.09	1076.8	-289.2	-130.7	-308.2	-255.1	-117.3	-232.2	-395.2
		-21.2	-10.8	-22.3	-19.2	-9.8	-17.7	-26.8
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс км ² /%						
		2007 г	2008 г	2009 г	2010 г	2011 г	2002-2012гг	1978-2012гг
10-16.09	733.2	-32.1	-688.2	-769.9	-735.1	-622.3	-756.8	-1345.9
		-4.2	-48.4	-51.2	-50.1	-45.9	-50.8	-64.7
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс км ² /%						
		2007 г	2008 г	2009 г	2010 г	2011 г	2002-2012гг	1978-2012гг
10-16.09	1627.3	-504.5	-335.3	-612.4	-375.5	-266.6	-651.3	-1081.4
		-23.7	-17.1	-27.3	-18.7	-14.1	-28.6	-39.9

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 30.09.2012 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 2012 году было намного меньше среднемноголетней ледовитости и развивалось близко к показателям 2007 и 2010 гг. Начиная с середины августа ледовитость в СЛО превзошла показатели этих лет и стала рекордно малой.

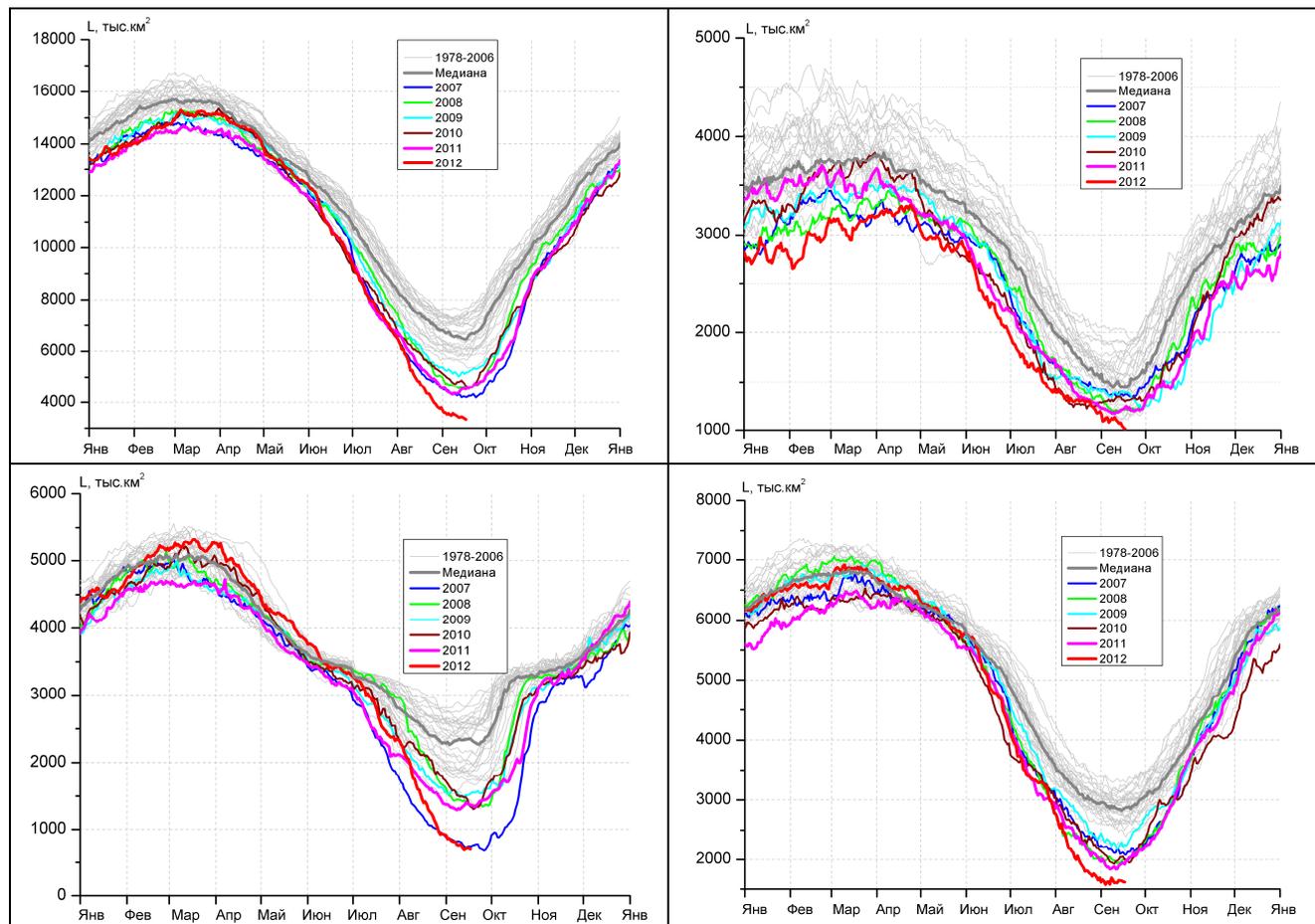


Рис. 2.12. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) - для Северной полярной области и меридиональных секторов б) - $45^{\circ}\text{W}-95^{\circ}\text{E}$ (Гренландское – Карское моря), в) - $95^{\circ}\text{E}-170^{\circ}\text{W}$ (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) - $170^{\circ}\text{W}-45^{\circ}\text{W}$ (море Бофорта и Канадская Арктика) за период с 26.10.1978 по 16.09.2012 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM

Как видно из рисунка 12, основной вклад в формировании легких ледовых условий в зимний и весенний периоды года внесли моря российского и аляскинского секторов Арктики меридиональные сектора $95^{\circ}\text{E}-170^{\circ}\text{W}$ и $170^{\circ}\text{W}-45^{\circ}\text{W}$., а в летние месяцы (июнь-август) моря российского сектора (меридиональные сектора $45^{\circ}\text{W}-95^{\circ}\text{E}$ и $95^{\circ}\text{E}-170^{\circ}\text{W}$).

В целом, во все сезоны 2012 г. общее увеличение количества льда в Северном Ледовитом океане было значительно меньше нормы, и в августе-сентябре превзошло исторический минимум 2007 г.



3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в июле-сентябре 2012 г.

3.1 Термохалинные условия арктических морей

В третьем квартале 2012 г. в Арктическом регионе было выполнено несколько экспедиций, информация из которых пополнила базу данных термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ и позволила оценить особенности текущего состояния вод СЛО. К числу этих экспедиций относятся:

- морская высокоширотная экспедиция «Арктика-2012» на борту ледокола «Россия», в рамках которой, помимо задачи высадки дрейфующей станции СП-40, была выполнена попутная океанографическая съемка в районах центральной Арктики;

- экспедиция «Ямал-Арктика-2012» на борту НИС «Профессор Молчанов», выполнявшаяся в рамках задач, поставленных правительством Ямало-Ненецкого автономного округа, в результате которой была проведена подробная съемка южной и центральной части Карского моря, а также разрез в желобе Св.Анны;

- работы на российской дрейфующей станции «Северный Полюс 39», в результате которых были получены данные наблюдений в одном из наиболее труднодоступных районов СЛО – области к северу от Канадского арктического архипелага.

Кроме указанных выше источников поступления информации о термохалинном состоянии вод СЛО, для выполнения обзора были привлечены данные, полученные при помощи автономных дрейфующих ИТР (Ice-Tethered Profiler) буев (таблица 3.1).

– Таблица 3.1

– **Сведения о наблюдениях в третьем квартале 2012 г., загруженных в базу данных термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ**

№ п/п	Экспедиция, судно, измерительная платформа	Период		Количество станций
		Начало	Конец	
1	СП-39	01.07.2012	11.09.2012	59
2	ИТР*-41	02.07.2012	04.10.2012	143
3	ИТР-48	01.07.2012	04.10.2012	371
4	ИТР-53	02.07.2012	13.08.2012	82
5	ИТР-56	01.07.2012	03.10.2012	375
6	ИТР-57	05.09.2012	03.10.2012	57
7	ИТР-58	21.08.2012	03.10.2012	87
8	ИТР-60	08.09.2012	03.10.2012	77
9	ИТР-62	04.09.2012	04.10.2012	40
10	ИТР-63	01.07.2012	04.10.2012	380



№ п/п	Экспедиция, судно, измерительная платформа	Период		Количество станций
		Начало	Конец	
11	ИТР-64	28.08.2012	03.10.2012	146
12	ИТР-65	27.08.2012	03.10.2012	151
13	«Арктика-2012»	10.09.2012	05.10.2012	47
14	НИС «Профессор Молчанов»	01.07.2012	09.07.2012	41
15	Ямал-Арктика-2012	05.08.2012	28.09.2012	131
16	Полярштерн	03.08.2012	29.09.2012	163
ВСЕГО				2441

– * *Примечание: данные буев ИТР, доступные с сайта Океанографического института в Вудсхоле, США (<http://www.whoi.edu/itp>)*

Всего в течение третьего квартала в глубоководной части СЛО было выставлено семь новых ИТР буев и продолжили работу четыре из числа установленных ранее. Все ИТР буи оснащены профилографами, с помощью которых обеспечивалось непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод. Из перечисленных новых ИТР буев три были выставлены в восточной части Евразийского бассейна СЛО с борта германского ледокола «Полярштерн», а четыре других – в центральной и северной части Канадской глубоководной котловины (рис. 3.1).

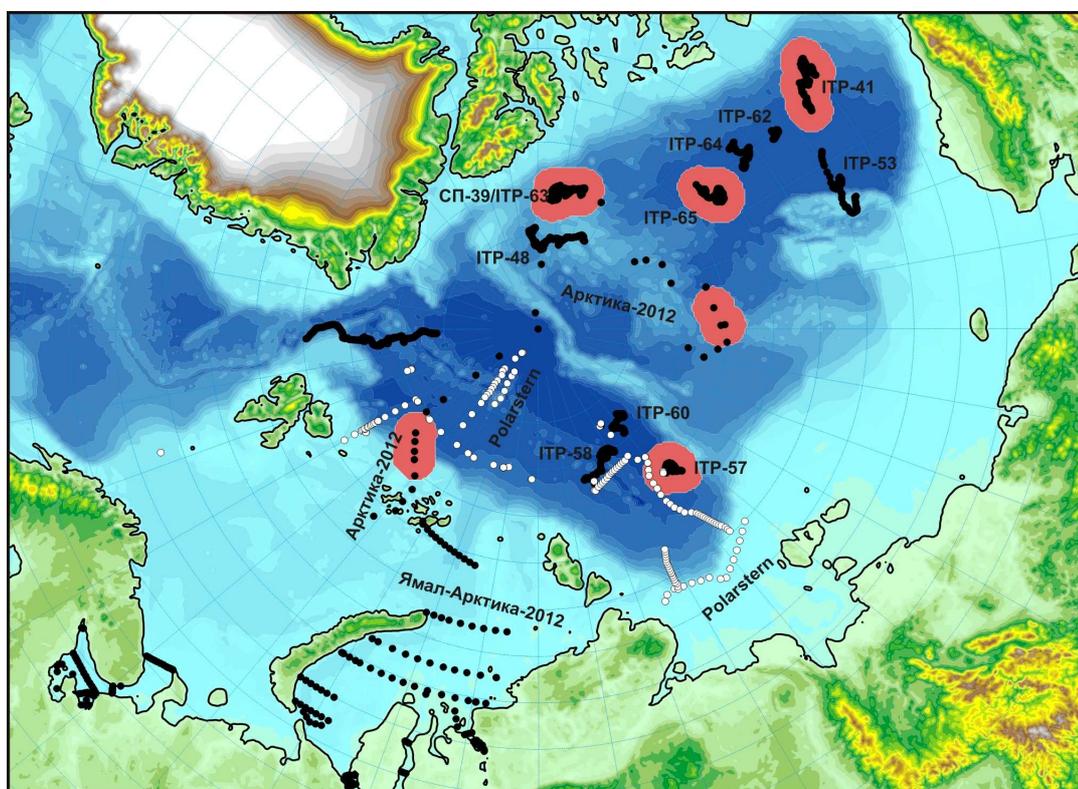


Рис. 3.1. Положение океанографических станций, занесенных в БД (красным цветом выделены области, в которых проводился поиск исторических аналогов)



Четыре буя, из установленных в предыдущие годы, продолжали работать в проливе Фрама (ИТР-56), в районе поднятия Альфа (ИТР-48), около восточного склона Чукотского поднятия (ИТР-53) и в южной части Канадской котловины (ИТР-41). Положение точек дрейфа перечисленных буев, а также станций, выполненных в рамках экспедиционных исследований, показано на рисунке 3.1.

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для рассмотрения особенностей вертикальной термохалинной структуры по данным наблюдений в третьем квартале 2012 г. были выбраны несколько характерных регионов, в которых проводился анализ профилей температуры и солёности и их сравнение с климатическими значениями. Последние определялись как средние значения за весь исторический период наблюдений (до 2000 года), выполненных в июле-сентябре в каждом из рассматриваемых районов в пределах полосы шириной 100 км от выбранных групп станций (рис. 3.1). К числу таких групп относятся станции, выполненные с ледокола «Россия» к северу от Земли Франца-Иосифа (ЗФИ); массив измерений ИТР-57 у западного склона хр. Ломоносова; станции в районе хр. Менделеева; измерения с ИТР-41 и ИТР-65 в Канадской котловине и со станции СП-39 к северу от Канадского арктического архипелага (рис. 3.1). В ряде случаев для районов с недостаточным покрытием данных наблюдениями, временной интервал поиска исторических аналогов был увеличен до июня-октября.

Вертикальная структура вод в Евразийского бассейна

Поверхностный слой

По результатам наблюдений за вертикальной термохалинной структурой на станциях, расположенных к северу от Земли Франца-Иосифа (ЗФИ), поверхностный слой в этом районе характеризовался низкими от 30,0 до 32,0 ‰ солёностями, которые по сравнению с климатической нормой оказались примерно на 2 ‰ меньше. Температуры воды на поверхности также продемонстрировали аномально высокие значения: от $-1,5$ до $+0,8$ °C или в среднем на один градус выше нормы (рис. 3.2). Указанные аномалии, как в случае солёности, так и для температуры воды, сохраняли свой знак, постепенно уменьшаясь до нуля на глубине 20-30 метров. При этом в слое от 20 до 50 метров наблюдалась небольшая положительная аномалия солёности, образование которой, по всей видимости, связано с сильным распреснением поверхностного слоя и подавлением вертикального обмена, который в обычном случае приводит к опреснению подповерхностного слоя за счет обмена с поверхностными менее солёными водами.

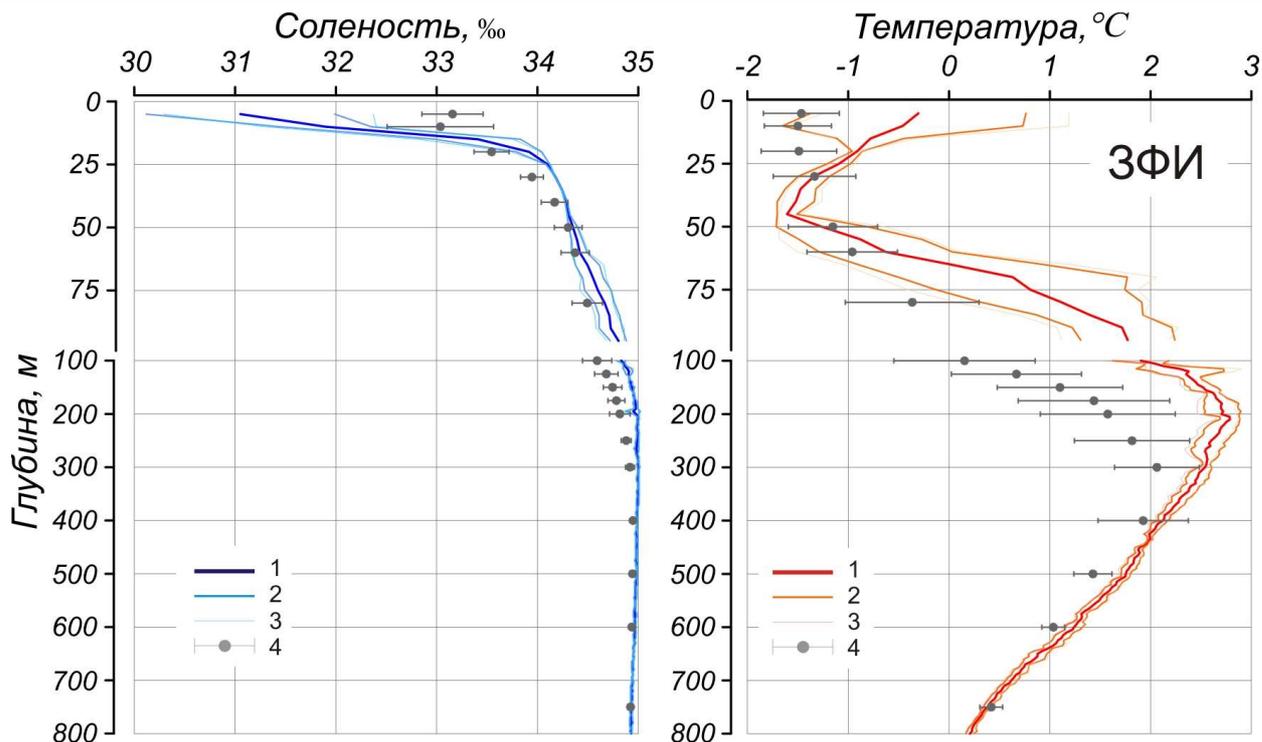


Рис. 3.2. Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам выполненных CTD-измерений экспедиции «Арктика-2012» к северу от ЗФИ в третьем квартале 2012 г. (1 – профиль средних значений, 2 – область стандартного отклонения, 3 – минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 – средние климатические значения и стандартные отклонения соответствующих характеристик по историческим данным базы океанографических данных СЛО отдела океанологии ААНИИ до 2000 г.)

Причину появления сильно распресненного слоя воды на поверхности к северу от ЗФИ следует искать в особенностях развития ледовых процессов летом 2012 г. Значительные акватории воды, свободные ото льда являлись следствием аномальных термических процессов в атмосфере, которые привели к вытаиванию льда, формированию распресненного верхнего слоя и его дальнейшему радиационному прогреву. В частности, кромка дрейфующих льдов в сентябре 2012 г. на траверзе ЗФИ оказалась примерно на 200 км северней ее климатического положения (рис. 3.3).

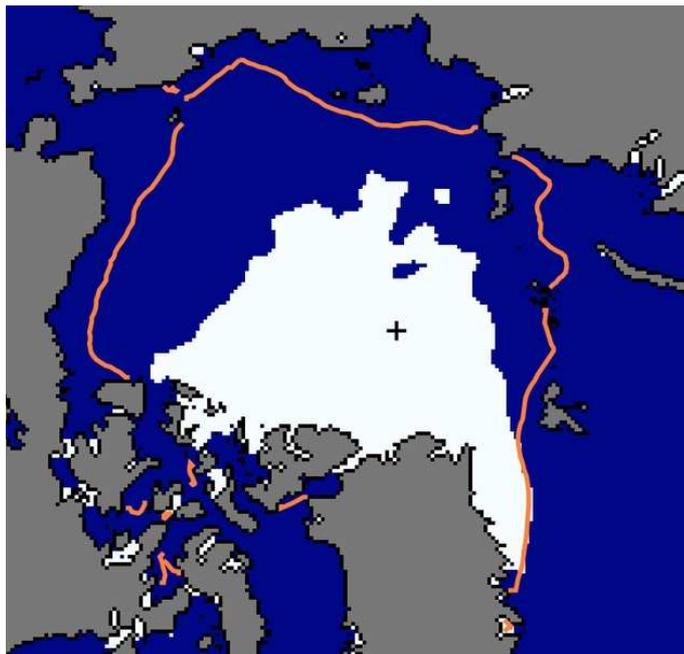


Рис. 3.3. Распространение ледяного покрова по состоянию на 15 сентября 2012 г. (розовая линия отображает среднее положение кромки дрейфующих льдов за период с 1979 по 2000 гг. по данным сайта National Snow and Ice Data Center)

Согласно измерениям на ИТР-57 в районе хр. Менделеева поверхностный слой наоборот демонстрирует положительную аномалию солености. Однако величина аномалии находится в пределах изменчивости, которая характерна для этого региона согласно климатическим данным (+1,2 ‰ против $\pm 2,4$ ‰ стандартного отклонения, см. рис. 3.4). Температура воды в рассматриваемом районе находится в окрестностях точки замерзания.

Промежуточный слой холодного галоклина

Слой вод холодного галоклина у ЗФИ выражен слабо в связи с тем, что ниже поверхностного прогретого слоя практически сразу начинается рост температур, определяемый расположенными близко к поверхности атлантическими водами. Хорошо выраженным холодный галоклин становится в районах расположенных восточнее, т.е. там, где за счет теплоотдачи к поверхности происходит уменьшение температур в подповерхностном слое при сохранении начального сигнала повышенной солености в водах североатлантического происхождения. Так, данные наблюдений на ИТР-57 показали существование достаточно однородного по вертикали слоя температур, близких к температуре замерзания с соленостями, изменяющимися от 33 ‰ на 50 метрах до 34 ‰ на 80-85 метрах (рис. 3.4). По сравнению с климатической нормой можно отметить более мелководное положение нижней границы холодного галоклина, связанное с подъемом промежуточного слоя атлантических вод ближе к поверхности.

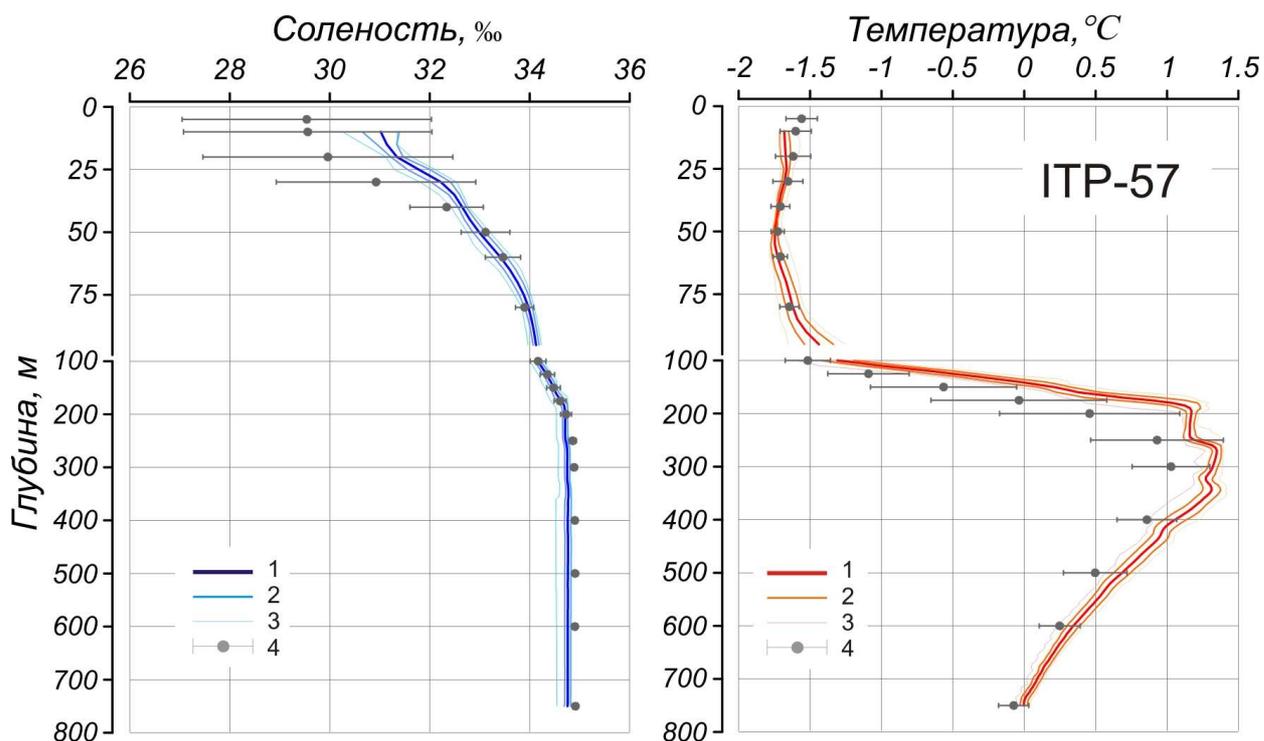


Рис. 3.4. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа ИТР-57 в районе западного склона хребта Ломоносова в третьем квартале 2012 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2)

Атлантическая водная масса

Атлантические воды (АВ) в пределах Евразийского бассейна СЛО характеризуются достаточно высокими положительными аномалиями температуры, а также аномалией положения их верхней границы и глубины расположения ядра АВ, смещенных к поверхности на величину от 20 до 60 метров в различных районах бассейна. Так, наблюдения, выполненные к северу от ЗФИ показали значения температур в ядре АВ изменяющиеся в пределах от +2,5 до +2,9 °С, что на 0,8 °С выше нормы. При этом ядро атлантических вод, расположенное на 200 метрах было смещено к поверхности на 100 метров относительно климата. Аналогично этому наблюдалось смещение к поверхности верхней границы АВ: около 65 метров по сравнению с 95–100 метрами согласно климатическим данным (рис. 3.2). В целом картина повторяется в районе хр. Ломоносова, где по данным ИТР-57 температура АВ была на 0,4 °С теплее нормы, а верхняя их граница смещена на 40–50 метров к поверхности до глубины 140 метров (рис. 3.5).

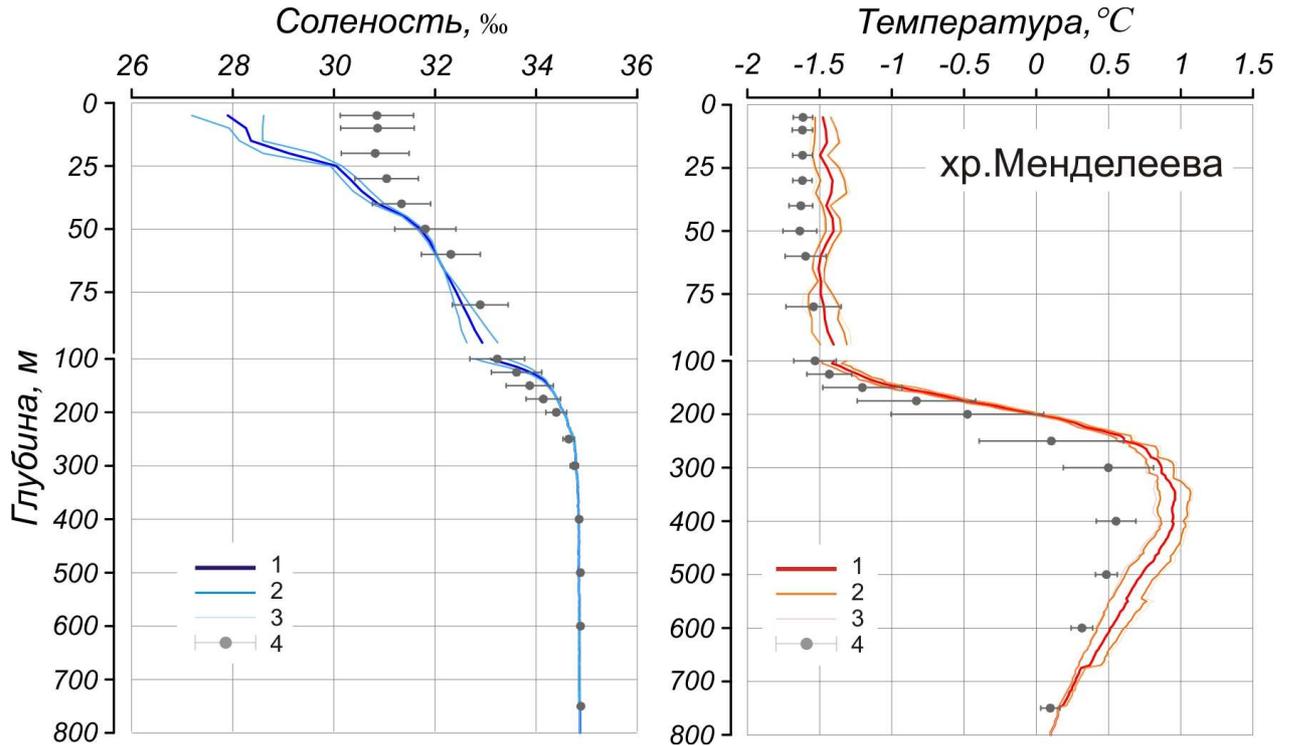


Рис. 3.5. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа ГТР-53 к востоку от Чукотского поднятия в третьем квартале 2012 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2)

Вертикальная структура вод Американо-Азиатского суббассейна

Поверхностный слой

Согласно измерениям поверхностный слой Американо-Азиатского суббассейна по сравнению с климатом характеризовался существенным распреснением, величина которого в терминах солености составляла около 1,5-2,0 ‰ по данным наблюдений во всех четырех районах, используемых для оценки состояния вертикальной термохалинной структуры (рис. 3.6 – 3.9). Температура поверхностного слоя на большинстве станций была выше температуры замерзания, за исключением района дрейфа станции СП-39. На станции ГТР-41, расположенной в самой южной части акватории Канадской котловины, поверхностные температуры, находясь на уровне от $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, достигали отметки $+0,75\text{ }^{\circ}\text{C}$, что в среднем на $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше климатической нормы.

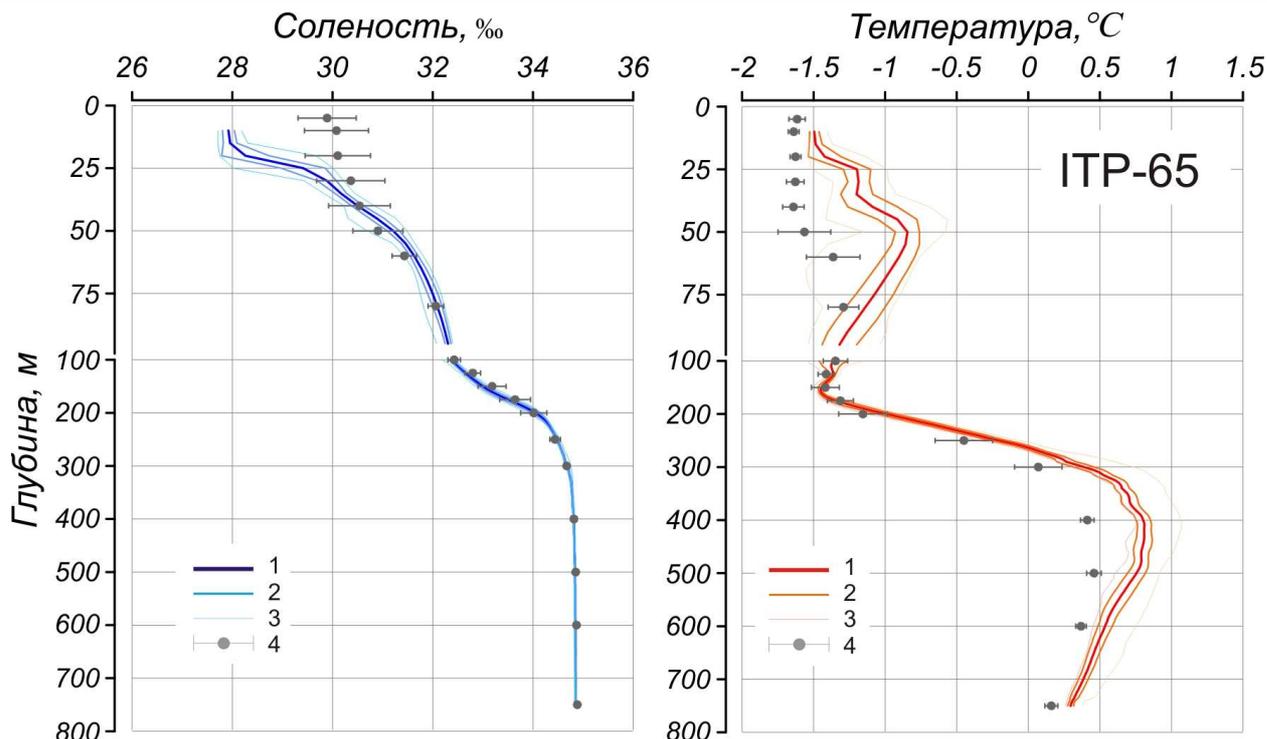


Рис. 3.6. Вертикальное распределение солености и температуры по результатам измерений профилографа ИТР-65 в центральном районе канадской глубоководной котловины в третьем квартале 2012 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2)

Тихоокеанские воды

Ниже поверхностных вод в Амеразийском секторе Арктического бассейна располагается слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), поступающих на шельф Чукотского моря через Берингов пролив в летний период. Наиболее отчетливо этот слой выражен в данных наблюдений буев ИТР-41 и ИТР-65 в виде подповерхностного максимума температур, изменяющихся в диапазоне от $-0,9$ до $-0,5$ °С с большими значениями в районе западной части моря Бофорта (рис. 3.6). По сравнению с климатической нормой, характерной для рассматриваемого сезона, значения температур в ядре ЛТВ превышают первую на величину $0,7-0,8$ °С. По данным на ИТР-65 отчетливо прослеживается смещение максимума температур к поверхности на расстояние в 20–25 метров. При этом можно отметить, что нижняя граница ЛТВ также смещена, но в направлении больших глубин (рис. 3.6, 3.7), что говорит об аномально теплом затоке этих вод в момент их поступления в СЛО через Берингов пролив.

Значительно трансформированные ЛТВ наблюдались также и на станции СП-39, т.е. в районе в котором, согласно климатическим данным, эти воды не наблюдаются, по крайней мере, в этот период года. Температура ЛТВ здесь составила $-1,25..-1,30$ °С что на $0,4$ °С выше нормы, а сам слой занимал диапазон глубин от примерно 35 до 70 метров.

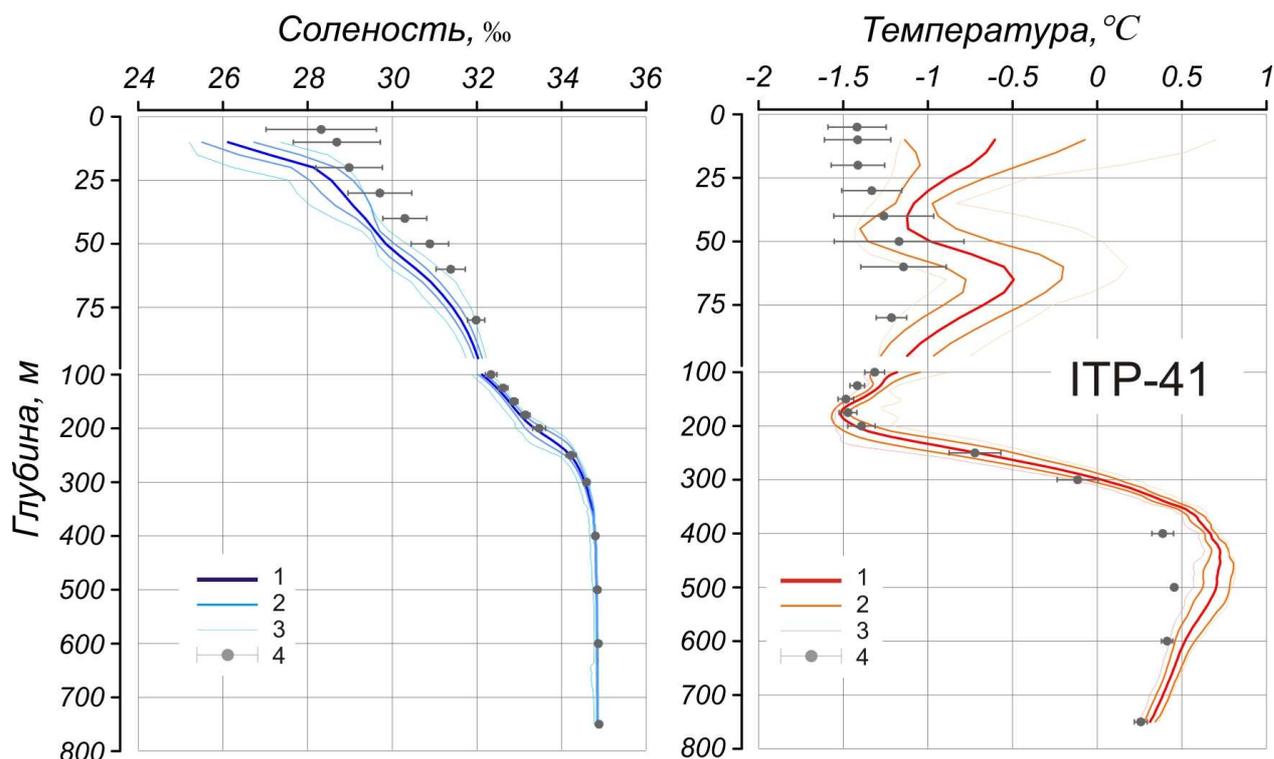


Рисунок 3.7. Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам измерений профилографа ИТР-41 в южной части Канадской глубоководной котловины в третьем квартале 2012 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2)

Атлантическая водная масса

Слой вод атлантического происхождения в Американо-Азиатском суббассейне располагался на глубинах от 200 метров в районе хр. Менделеева (рис. 3.5) до 300 метров в южной части Канадской глубоководной котловины (рис. 3.7). При этом наблюдалось смещение на 20–50 метров с максимумом в районе хр. Менделеева. Исключение составляет южная часть Канадской глубоководной котловины, где смещение АВ к поверхности было незначительным или не наблюдалось совсем. Аналогично ведут себя аномалии положения ядра АВ (область максимальных температур), максимальные смещения которого к поверхности происходят в районе хр. Менделеева и поднятия Альфа. В этих районах, согласно данным с отдельных станций рейса «Арктика-2012» типичная глубина ядра смещена на 100–120 метров по сравнению с климатом. В остальных районах смещение более умерено и составляет от 40 до 80 метров (рис. 3.5–3.8) с минимальными значениями к востоку от Чукотского поднятия.

Температуры в ядре атлантических вод изменяются от +0,85..+1,05 °С в районе хр. Менделеева (рис. 3.5) до +0,70..+0,85 °С в Канадской глубоководной котловине (рис. 3.6, 3.7); и до 0,5 °С в районе дрейфа СП-39 (рис. 3.8). В единицах отклонения от климатических значений это



соответствует $+0,3..+0,4$ °С, за исключением района дрейфа станции СП-39, где аномалия практически не прослеживается.

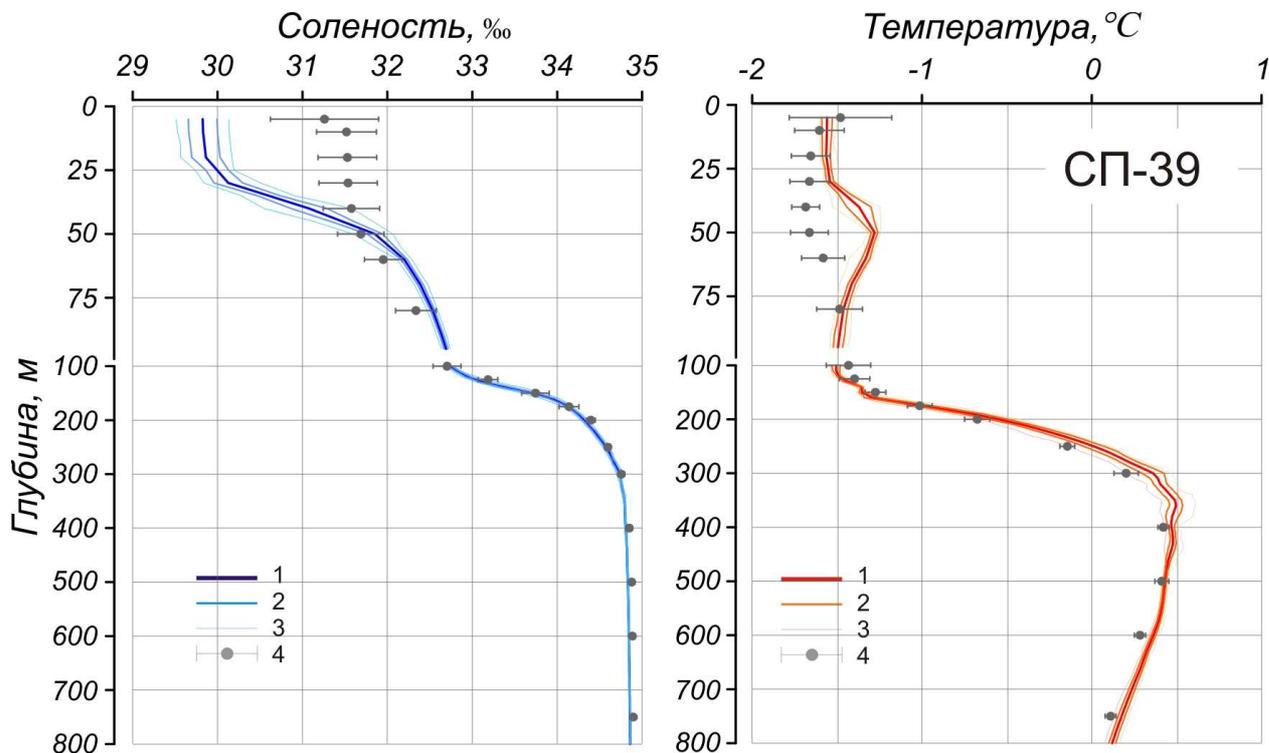


Рис. 3.8. Вертикальное распределение солёности и температуры по результатам измерений на дрейфующей станции СП-39 к северу от Канадского арктического архипелага в третьем квартале 2012 г. (усл. обозначения см. рис. 3.2)

Особенности термохалинной структуры Карского моря по результатам экспедиции «Ямал-Арктика 2012».

Полученные в рейсе «Ямал-Арктика 2012» данные о распределении поверхностной температуры и солёности в Карском море демонстрируют смещение фронтальной зоны распресненных речным стоком и морских вод в восточном направлении (рис. 3.9).

С запада зона влияния распресненных вод ограничена 70° в.д., с севера 74° – 75° с.ш. Подобное распределение является не совсем типичным, так как концу летнего периода речные воды, как правило, распространяются севернее, достигая широты мыса Желания (77° с.ш.), как это наблюдалась по съемкам 2007 и 2008 гг.

Наблюдаемое в летний период 2012 года термохалинное состояние поверхностных вод Карского моря обусловлено влиянием атмосферной циркуляции над данным регионом. На рисунке 3.10 показано распределение приземного давления воздуха в летний период (июнь–



август), демонстрирующее преобладание ветров западного, северо-западного направлений, приведших к смещению распресненных поверхностных вод в восточном направлении.

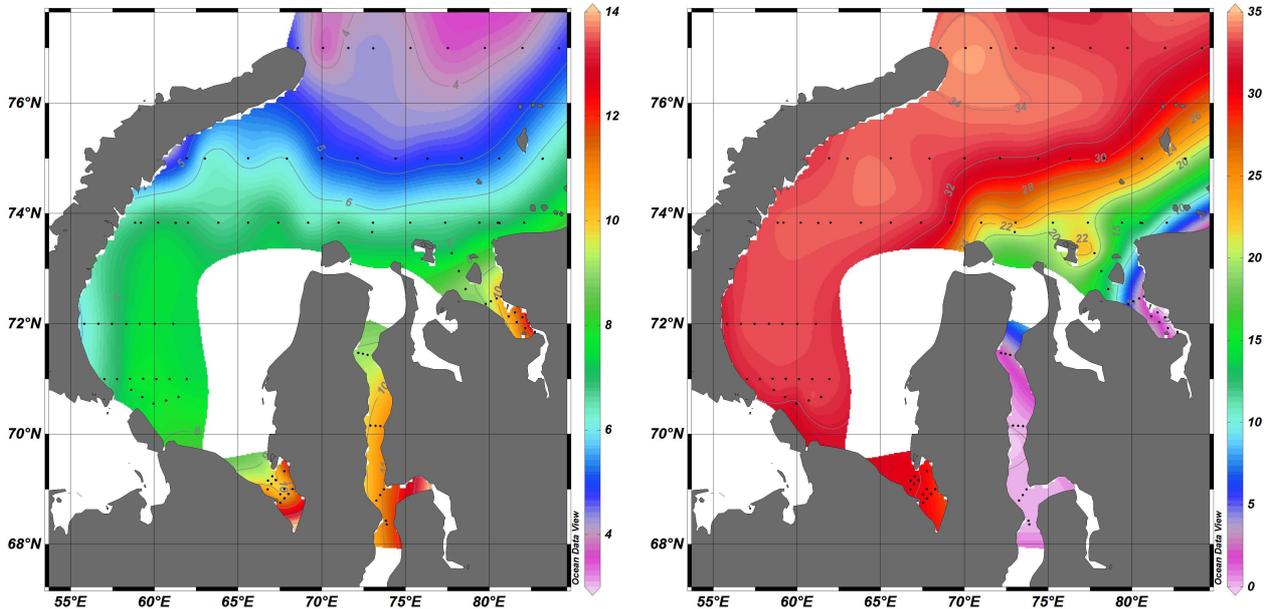


Рис. 3.9. Распределение поверхностной температуры и солености в Карском море

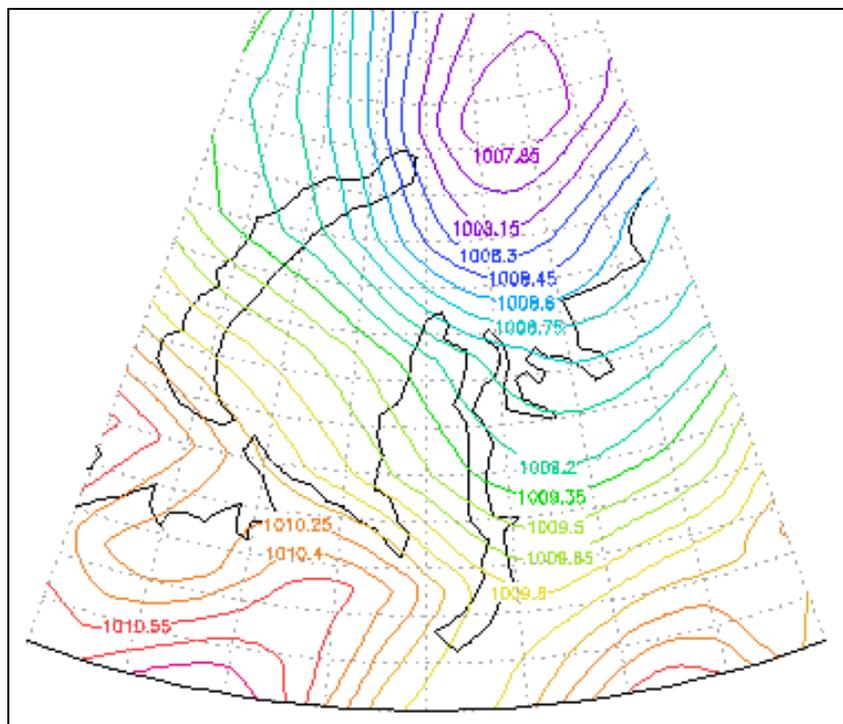


Рис. 3.10. Карта приземного давления воздуха, осредненное за летний период (июнь-август) по данным NCEP Reanalysis (NOAA)

3.2 Гидрохимические условия

В августе-сентябре 2012 г. в Карском море состоялась экспедиция «Ямал-Арктика-2012» (рисунок 3.11).

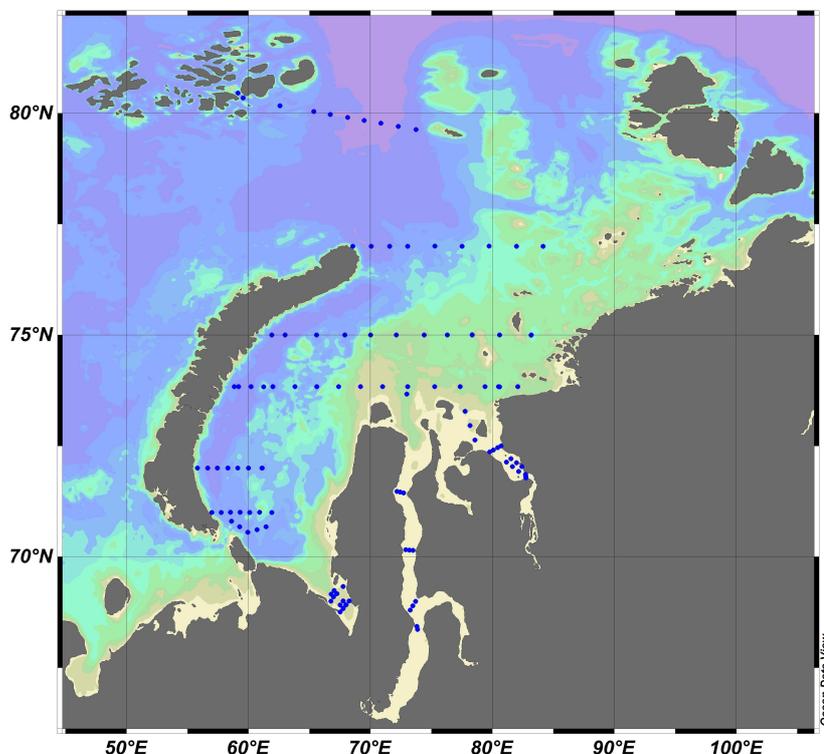


Рис. 3.11. Схема станций, выполненных в экспедиции «Ямал-Арктика-2012»

По полученным данным в районе работ влияния речного стока насыщенность поверхностных вод кислородом составляет 97–99 %, содержание растворенного кислорода снижается здесь за счет расхода его на окисление органических веществ, выносимых с речным стоком. Абсолютные значения растворенного кислорода в поверхностном слое в районе влияния материкового стока составляют 7,30–7,78 мл/л. Баренцевоморские воды, поступающие в Карское море через проливы Карские ворота и Югорский шар, обеспечивают аэрацию поверхностного слоя воды юго-западной части Карского моря. Насыщенность вод кислородом составляет здесь 100–104 %. Хотя абсолютные значения кислорода в поверхностном слое – 6,85–7,07 мл/л, что меньше по сравнению со значениями кислорода в районе влияния материкового стока.

Характерной особенностью распределения растворенного кислорода по глубине в летний период в Карском море является наличие максимума кислорода в промежуточном слое воды (рис. 3.12). Скачок содержания растворенного кислорода в воде достигает 1,14 мл/л. Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое в среднем составило 7,5 мл/л, насыщение воды

кислородом – около 100 %, насыщение воды поверхностного слоя Байдарацкой губы около 98 – 100 %. В промежуточном слое воды содержание кислорода увеличивается до 8,3 мл/л, насыщение воды кислородом возрастает до 105 %, далее с глубиной содержание кислорода меняется незначительно и насыщение воды кислородом в придонном слое падает до 88 %.

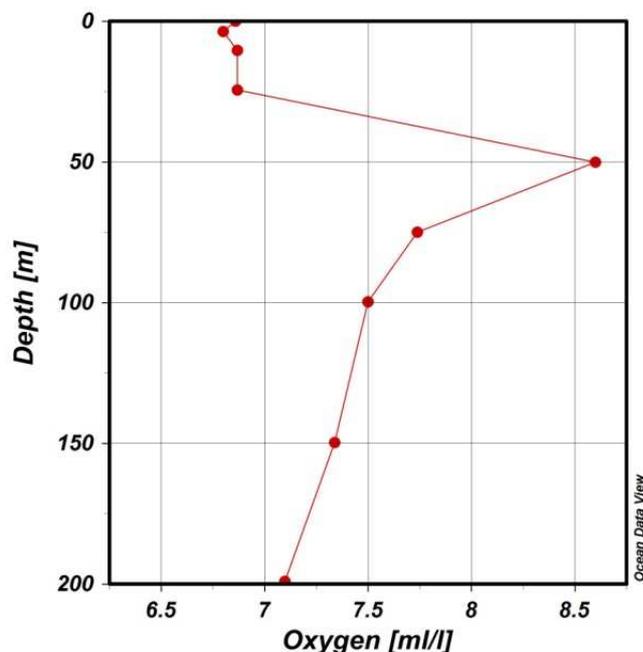


Рис. 3.12. Вертикальное распределение растворенного кислорода на станции YA6912.

В Байдарацкой губе было обнаружено пониженное содержание кислорода в придонном слое – 3,45 – 3,54 мл/л, что соответствует 50,0–53,6 % насыщению воды кислородом. В целом для сентября характерно однородное содержание кислорода по всей водной толще, которое колеблется в пределах 6,5 – 7,7 мл/л, относительное содержание кислорода изменяется в пределах 85,9 – 105,6 %.

Низкое значение кислорода в придонном слое можно объяснить наличием нефтяных углеводородов в морской воде, на окисление которых расходуется кислород. Концентрация нефтяных углеводородов в донных отложениях была в пределах 0,03 – 0,04 мг/л сухого грунта. Поскольку донные осадки Байдарацкой губы характеризуются повышенным содержанием растворимых соединений железа и органического вещества растительного происхождения, можно предположить, что в результате их интенсивного взмучивания придонный слой воды также обогащен железом и органическим веществом, на окисление которых расходуется растворенный в воде кислород.

В Карское море теплые воды атлантического происхождения поступают по желобу Св. Анны на западе и желобу Воронина на востоке. Ядро атлантической водной массы в желобе Св.



Анны по данным экспедиции характеризуется слегка пониженным содержанием кислорода – 7,10 мл/л, насыщение воды кислородом в трансформированной атлантической воде составляет – 90 % (рис. 3.13). Концентрации растворенного кислорода, наблюдаемые в настоящем рейсе, согласуются с данными, полученными в сентябре 2004 г. в 23 рейсе НЭС "Академик Федоров".

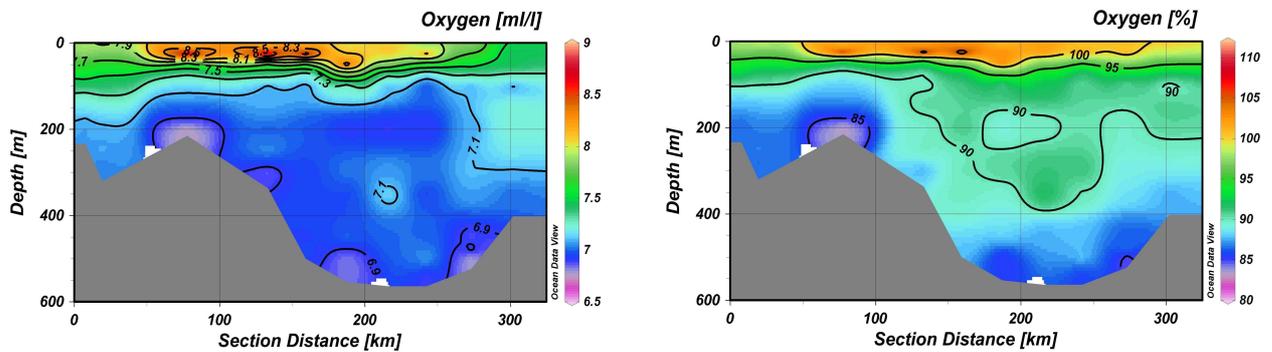


Рис. 3.13. Распределение растворенного кислорода и относительного содержания растворенного кислорода на разрезе через желоб Святой Анны от о. Визе до архипелага Земля Франца Иосифа.

Морская экспедиция ("AREX-2012") проводилась на судне «Океания» Польской Академии Наук с 19 июня по 22 июля 2012 (рис. 3.14).

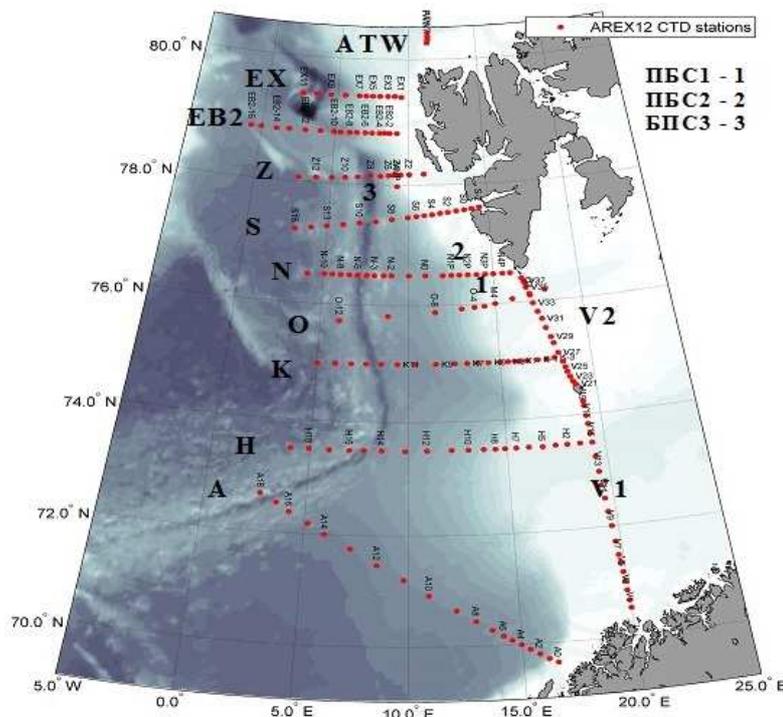


Рис. 3.14. Положение океанографических станций, выполненных в экспедиции AREX-2012.



Целью исследований экспедиции AREX-2012 (Arctic Experiment) являлась оценка процессов трансформации Атлантических вод в районе пролива Фрама и на шельфе Баренцева моря, где происходит интенсивное взаимодействие с шельфовыми водами и наблюдается наибольшая отдача тепла атлантических вод в атмосферу.

Целью работы гидрохимического отряда экспедиции являлось получение новых данных о распределении основных гидрохимических характеристик в водной толще для мониторинга, для исследования процессов взаимодействия и трансформации водных масс. В рамках экспедиции было выполнено 24 океанографические станции с отбором проб на содержание биогенных элементов и 53 станции с отбором проб на содержание изотопа кислорода ^{18}O .

Теплые и соленые воды Северо-Атлантического течения попадают в Северный Ледовитый океан как часть Норвежского течения, которое состоит из восточного и западного потоков. Значение температуры и солености для ядер западного и восточного течений составляют $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $35.2\text{ }‰$ и $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $35,2\text{ }‰$ на глубине 100 м и 200 м соответственно (рис. 3.15).

Температурно-соленостные характеристики Западно-Шпицбергенского течения вдоль разреза V изменяются незначительно в поверхностном слое, в тоже время локальные максимумы температуры и солености со значениями $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $35.1\text{ }‰$ и $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $34,9\text{ }‰$ наблюдаются недалеко от мыса Южный и острова Медвежий соответственно (рис. 3.16).

Западно-Шпицбергенское течение и западная ветвь Норвежского течения смешиваются в проливе Фрама между 77°с.ш. и $77^{\circ}30'\text{с.ш.}$, в результате чего вертикальное распределение температуры и солености в поверхностном слое не имеет ярко выраженных максимумов и может считаться относительно однородным. Исключением является западная часть разреза N, где опреснение и понижение температуры вод в поверхностном слое, возможно, вызвано, смешением с водными массами Восточно-Гренландского течения (рис. 3.17).

По мере продвижения на север воды Северо-Атлантического течения подвергаются трансформации в результате процессов перемешивания водных масс, взаимодействия океана и атмосферы и опреснения за счет речного стока. Температура вод изменяется от 8°C на глубине 100 м для восточной ветви Норвежского течения в районе $70^{\circ}15'\text{в.д.}$ до $5,5^{\circ}\text{C}$ на глубине 50 м для Западно-Шпицбергенского течения недалеко от мыса Южный и 5°C на глубине 50 м в проливе Фрама в районе $79^{\circ}30'\text{с.ш.}$

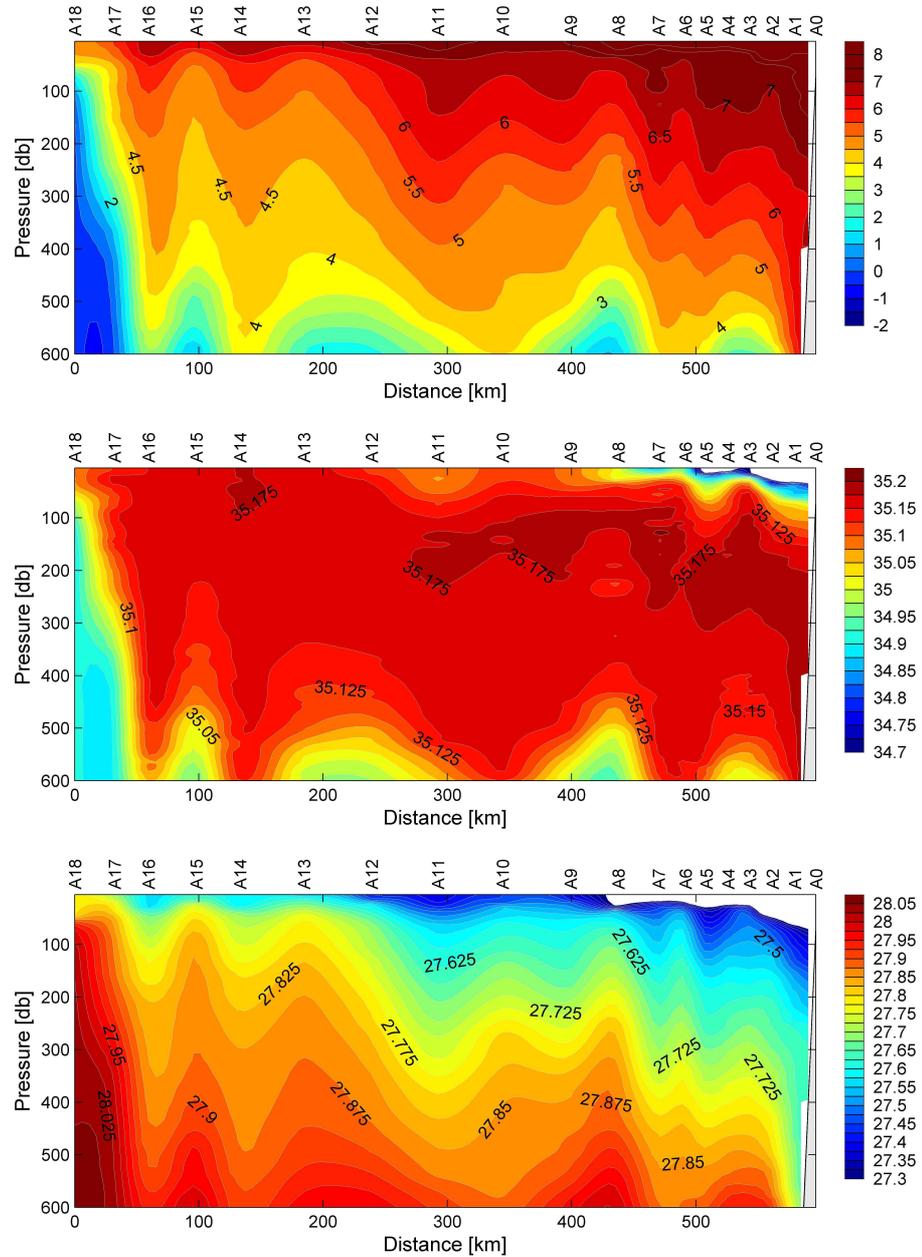


Рис. 3.15. Пространственное распределение температуры ($^{\circ}\text{C}$), солёности (PSU) и плотности ($\text{кг}/\text{м}^3$) для разреза А.

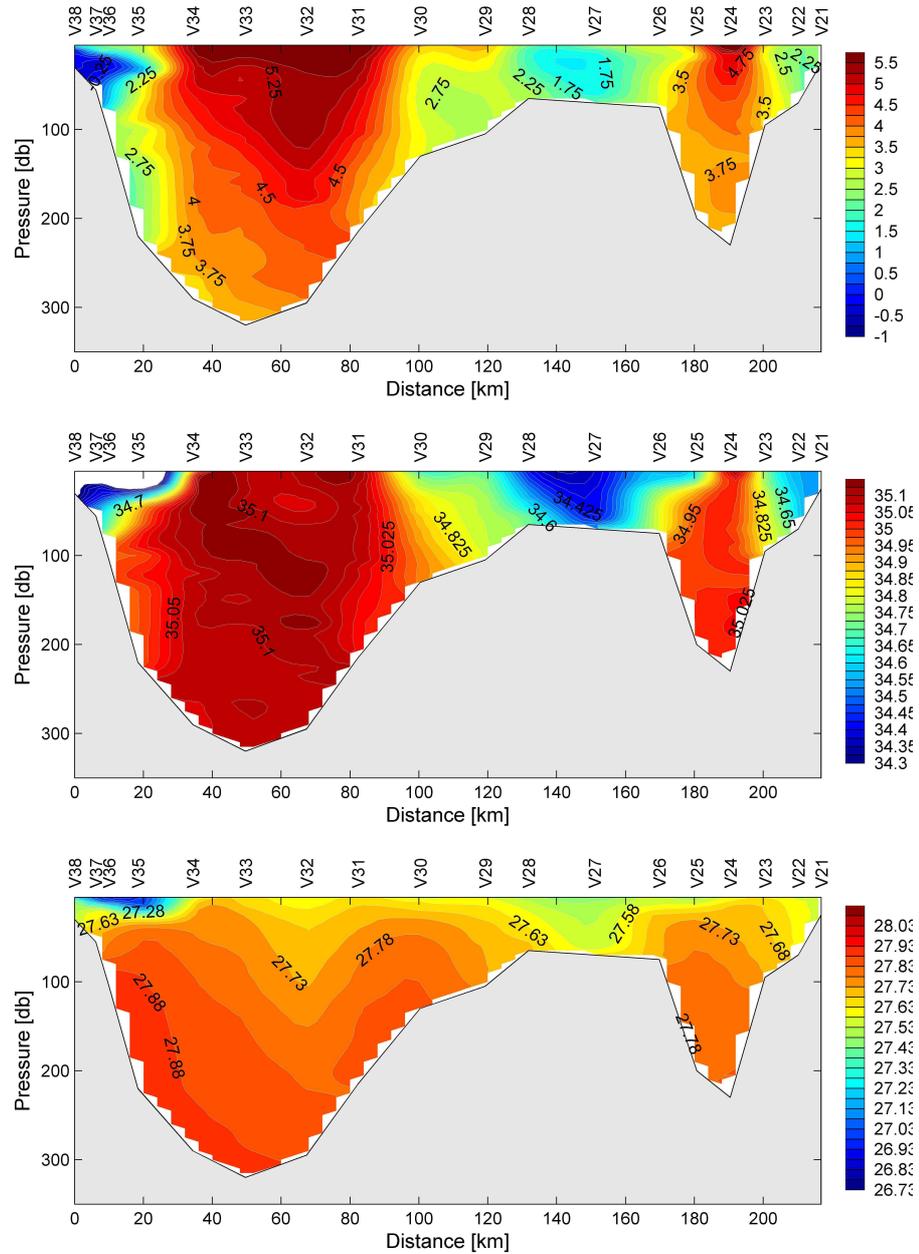


Рис. 3.16. Пространственное распределение температуры ($^{\circ}\text{C}$), солёности (PSU) и плотности ($\text{кг}/\text{м}^3$) для разреза V1.

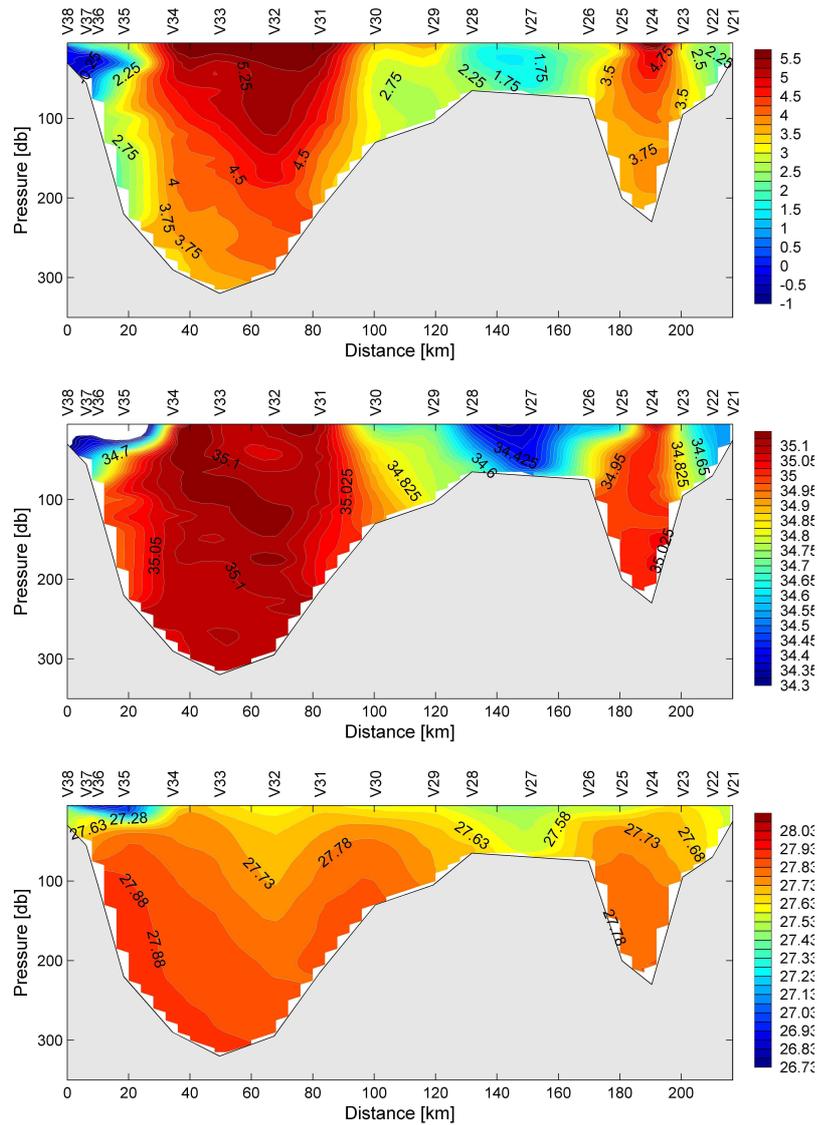


Рис. 3.17. Пространственное распределение температуры ($^{\circ}\text{C}$), солёности (PSU) и плотности (кг/м^3) для разреза V2.

3.3 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июль по сентябрь 2012 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 13-ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском (таблица 3.2). В Чукотском море наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.



Таблица 3.2.

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период июль-сентябрь 2012 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
Амдерма	69 45 N	61 42 E
Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
им.Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
о. Диксон	73 30 N	80 24 E
о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
о. Голомянный	79 33 N	90 37 E
м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
море Лаптевых		
Анабар	73 13 N	113 30 E
пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
о. Котельный	76 00 N	137 52 E
Восточно-Сибирское море		
Амбарчик	69 64 N	162 18 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.18) колебания уровня происходили на повышенном фоне (+6 +23 см). Наиболее значительный подъем уровня в юго-западной части Карского моря отмечался 6 июля, когда уровень на станциях Усть-Кара и Амдерма поднялся на 78 см и 61 см выше среднееголетних значений соответственно. 21 августа уровень на станции Усть-Кара поднялся почти на такую же величину – на 77 см выше среднееголетнего значения.

В конце сентября (29 сентября) отмечался существенный подъем уровня на станциях Амдерма и им. Федорова, когда уровень поднялся на 67 см и 70 см выше среднееголетнего значения соответственно. Наиболее существенные понижения уровня –39 см и –47 см, относительно среднееголетних значений, были зарегистрированы на станции им. Федорова (м. Болванский Нос) 31 августа и на станции Амдерма 1 сентября 2012 г. соответственно.

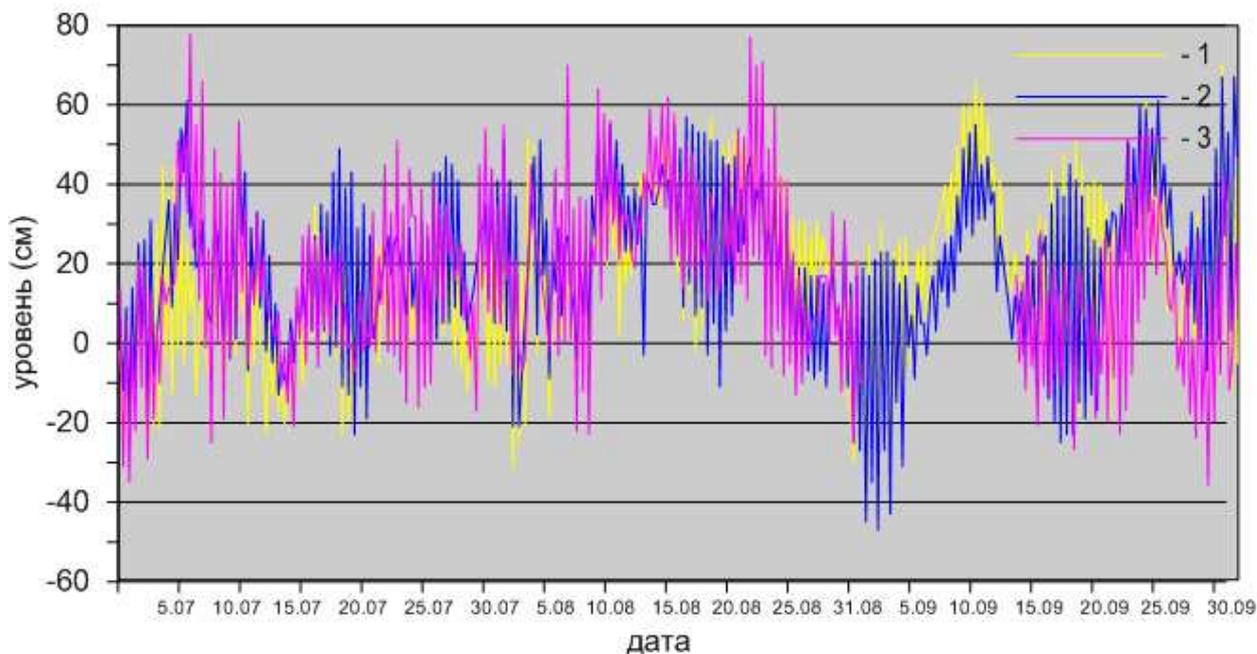


Рис. 3.18. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле-сентябре 2012 г. (1 – им. Федорова-Болванский Нос, 2 – Амдерма, 3 – Усть-Кара)

На станциях, расположенных в северо-восточной части Карского моря (о. Визе, о. Голомянный, ГМО им. Федорова (м. Челюскина), наблюдения носили отрывочный несистематический характер. В связи с этим проанализировать характер колебаний уровня в этом районе представляется затруднительным.

На большинстве станций северо-восточной части Карского моря (Сопочная Карга, о. Диксон, м. Стерлегова) в июле и августе колебания уровня происходили на повышенном фоне (+19... +31 см). В сентябре средний уровень на этих станциях опустился до –2... +14 см. На станции о-ва Известий ЦИК колебания уровня в течение всего третьего квартала происходили на слабо повышенном фоне (–1... +7 см). Наиболее значительные подъемы уровня в этом районе отмечались 11–12 июля, когда уровень поднялся на станции Сопочная Карга на 93 см выше среднемноголетнего значения, на станции м. Стерлегова на 87 см, на станции о. Диксон на 74 см и на станции о-ва Известий ЦИК на 26 см.

В течение 9–10 августа на станциях Сопочная Карга и о. Диксон уровень поднялся на +105 см и +78 см выше среднемноголетних величин соответственно. На станциях м. Стерлегова и о-ва Известий ЦИК максимальный уровень в августе был зарегистрирован 15 числа – +80 см и +37 см соответственно. В сентябре наиболее значительный нагон в восточной части моря отмечался 22–23 числа, когда уровень поднялся на станциях м. Стерлегова, о. Диксон и о-ва Известий ЦИК на +87 см, +70 см и +34 см выше среднемноголетних значений соответственно.



Наиболее значительное понижение уровня в восточной части Карского моря наблюдалось 30–31 августа, когда сгон отмечался практически на всех станциях, а величина сгона составила – 53 см на станции о. Диксон, –48 см на станции Сопочная Карга и –38 см на станции м. Стерлегова. Максимальный сгон в третьем квартале был зафиксирован на станции Сопочная Карга 14 сентября, когда уровень опустился на 58 см ниже среднемноголетней величины (рис. 3.19).

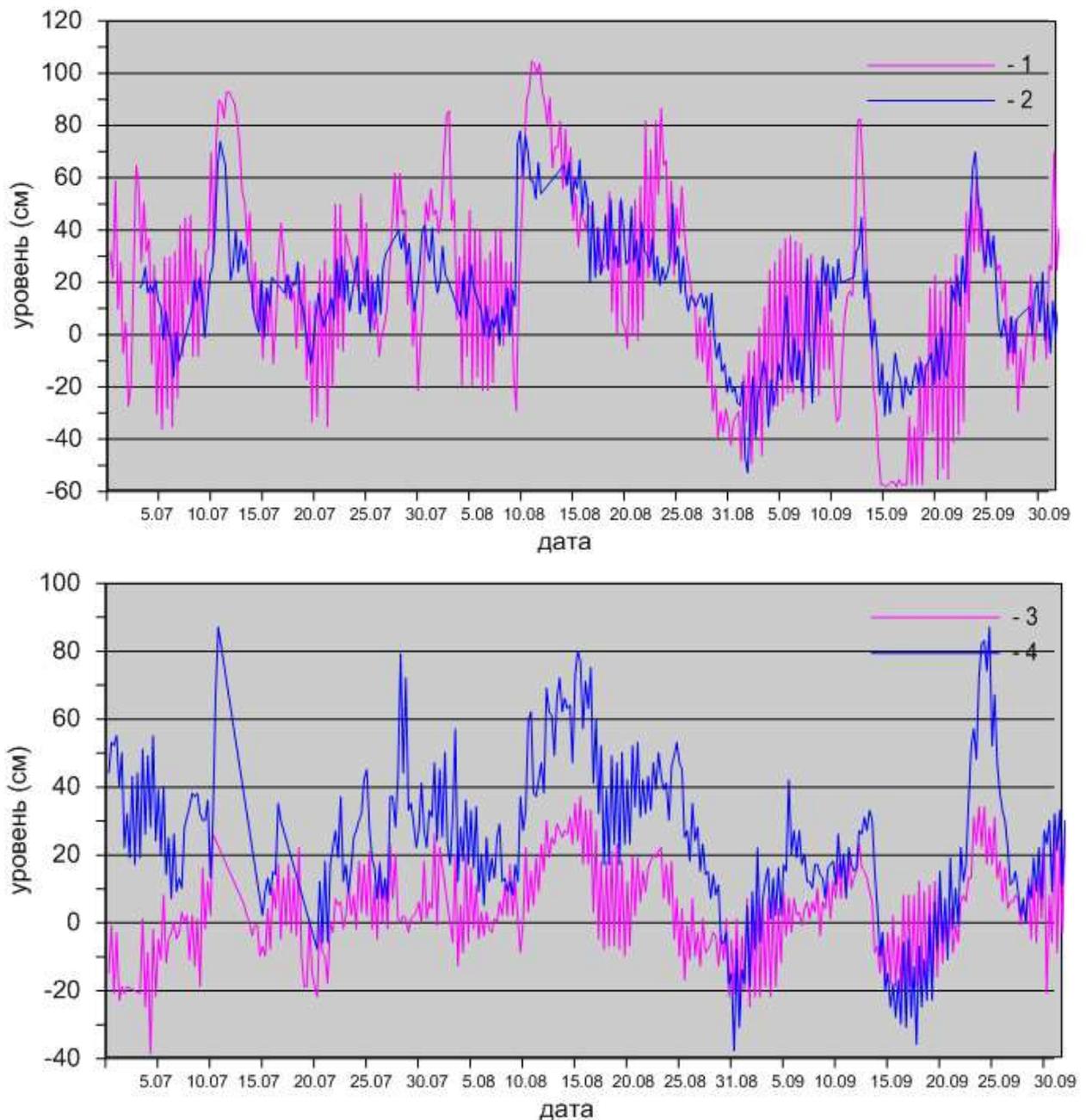


Рис. 3.19. Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в июле-сентябре 2012 г. (1 – Сопочная Карга, 2 – о. Диксон, 3 – о-ва Известий ЦИК, 4 – м. Стерлегова)



В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар (рис. 3.20) колебания уровня в июле, августе и сентябре происходили на повышенном фоне (+11... +19 см). Наибольший подъем уровня наблюдался 27 сентября (+57 см). Максимальные повышения уровня при этом были сравнительно невелики – от +45 до +57 см относительно среднегодового уровня. Наибольшее понижение уровня отмечалось 11 сентября, когда значение уровня понизилось на 35 см, относительно среднегодовых значений.

В восточной части моря Лаптевых (рис. 3.21) в июле и августе фоновые колебания уровня носили повышенный характер (от +16 до +27 см). В сентябре средний уровень опустился до значений от +6 до +12 см. Наибольшие подъемы уровня в этом районе отмечались 6 и 8 августа, когда уровень на станциях м. Кигилях и о. Котельный поднялся на 82 см и 74 см выше среднегодового значения соответственно. Наиболее значительное понижение уровня наблюдалось 12–13 сентября, когда уровень опустился на станции м. Кигилях, на 66 см ниже среднегодовых значений.

По данным наблюдений на станции Амбарчик (рис. 3.22) в Восточно-Сибирском море в июле – сентябре колебания уровня происходили на повышенном фоне (+22... +31 см). Наиболее значительный подъем уровня на станции Амбарчик отмечался 6 августа (+112 см). Наибольшее понижение уровня на станции Амбарчик наблюдалось 10 июля и составило –46 см.

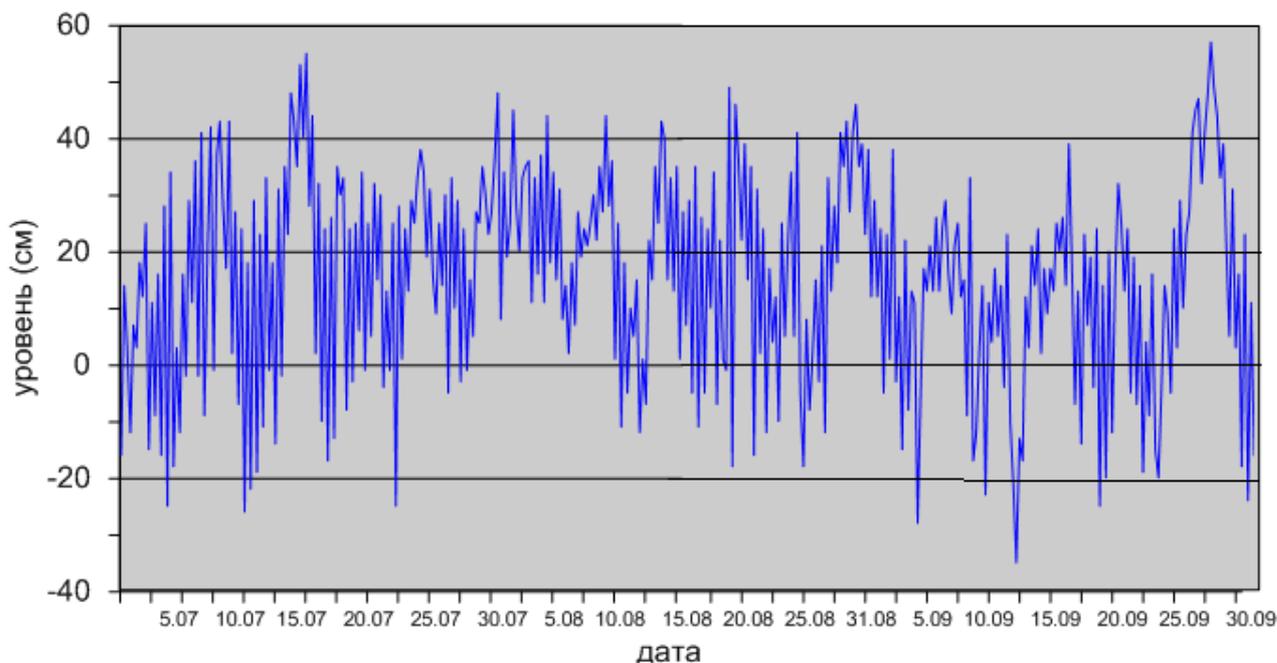


Рис. 3.20. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в июле-сентябре 2012 г.

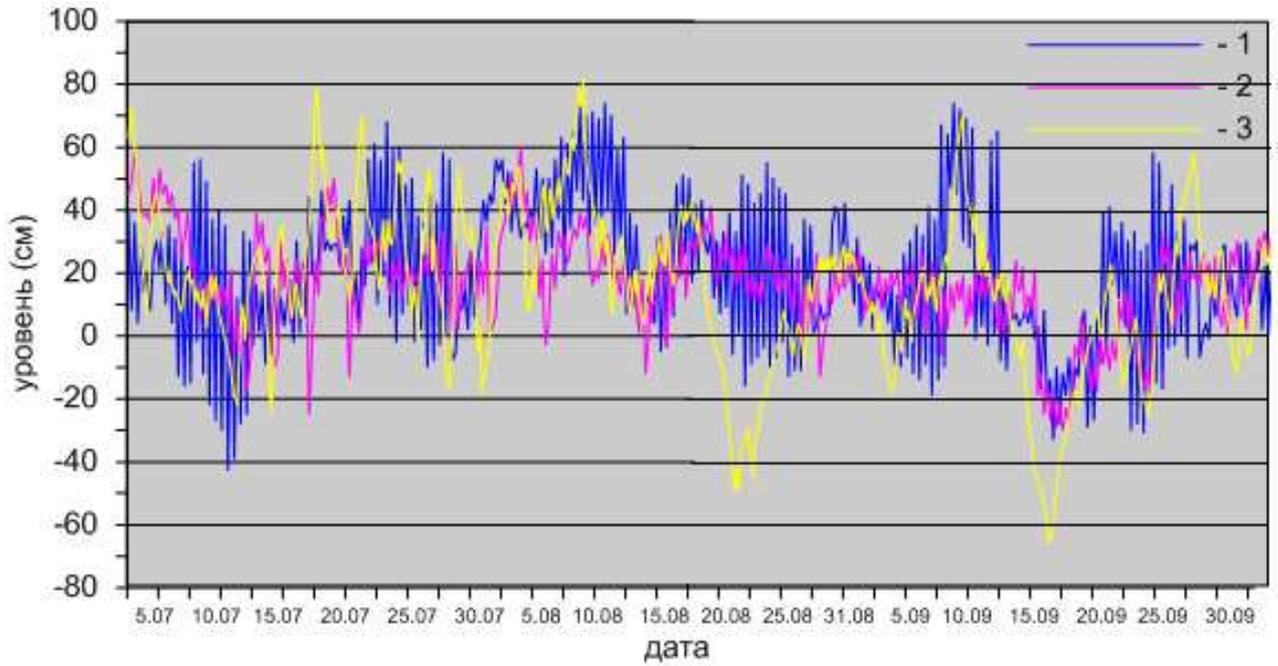


Рис. 3.21. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле-сентябре 2012 г. (1 – о. Котельный, 2 – пр. Санникова, 3 – м. Кигилях)

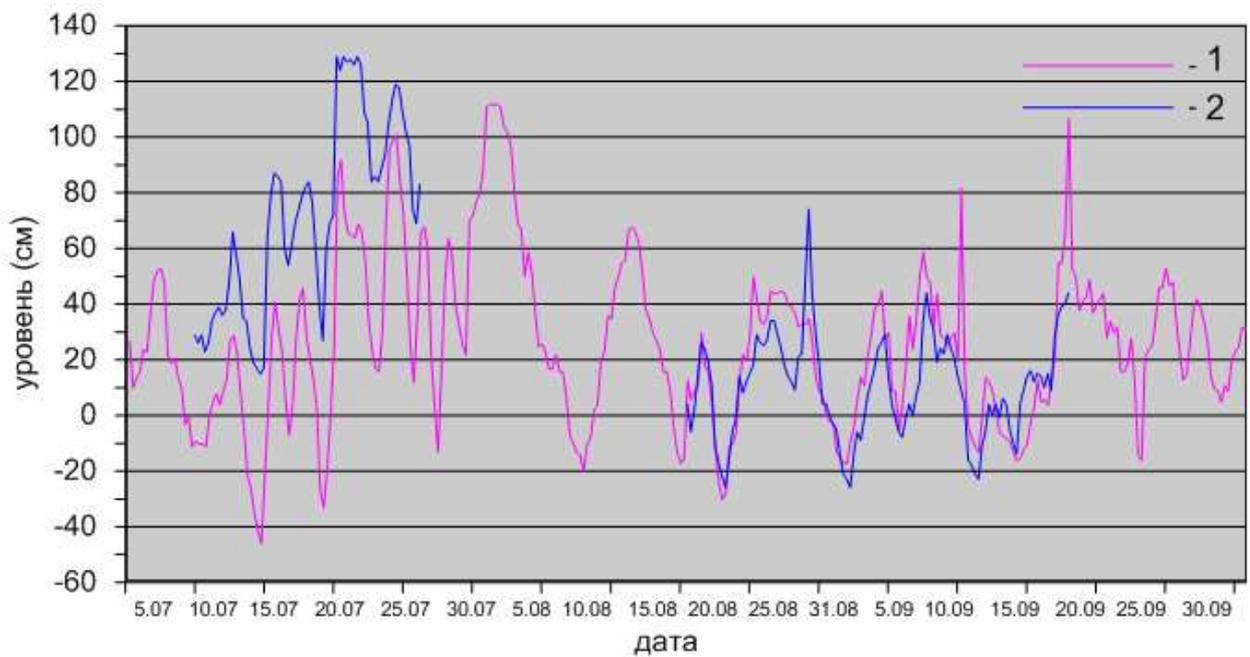


Рис. 3.22. Колебания уровня в Восточно-Сибирском море (1 – Амбарчик; 2 - Рау-Чуа) в июле-сентябре 2012 г.



Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море в третьем квартале 2012 г. не производилось, в связи с чем, дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

3.4 Ветровое волнение на акватории арктических морей

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 2012 г.

Расчеты и прогнозы ветрового волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели ААНИИ (AARI-PD2) по полям ветра Британского метеоцентра (EGRR, Брекнелл), которые оперативно поступали в ААНИИ (центр коммутации сообщений (ЦКС) автоматизированной системы передачи данных (АСПД Росгидромета) в формате GRIB1.

Положение кромки льда при расчетах задается по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I). Расчеты проводились для морей Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Сведения о распределении высот волн H_s для этих морей приведены в таблицах 3.3 – 3.7.

Как видно из таблицы 3.3, в третьем квартале 2012 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 3 м. Максимальная высота волн в этот период составила 3,5–4 м. Волнения с высотой волн более 4 м не рассчитано. Самым штормовым месяцем стал сентябрь. На рисунке 3.23, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря по состоянию на 18 час 16 сентября 2012 г.

Таблица 3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Баренцевом море в третьем квартале 2012 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	–	6	21	4
Август	–	7	17	7
Сентябрь	–	2	12	16
Итого	–	15	50	27

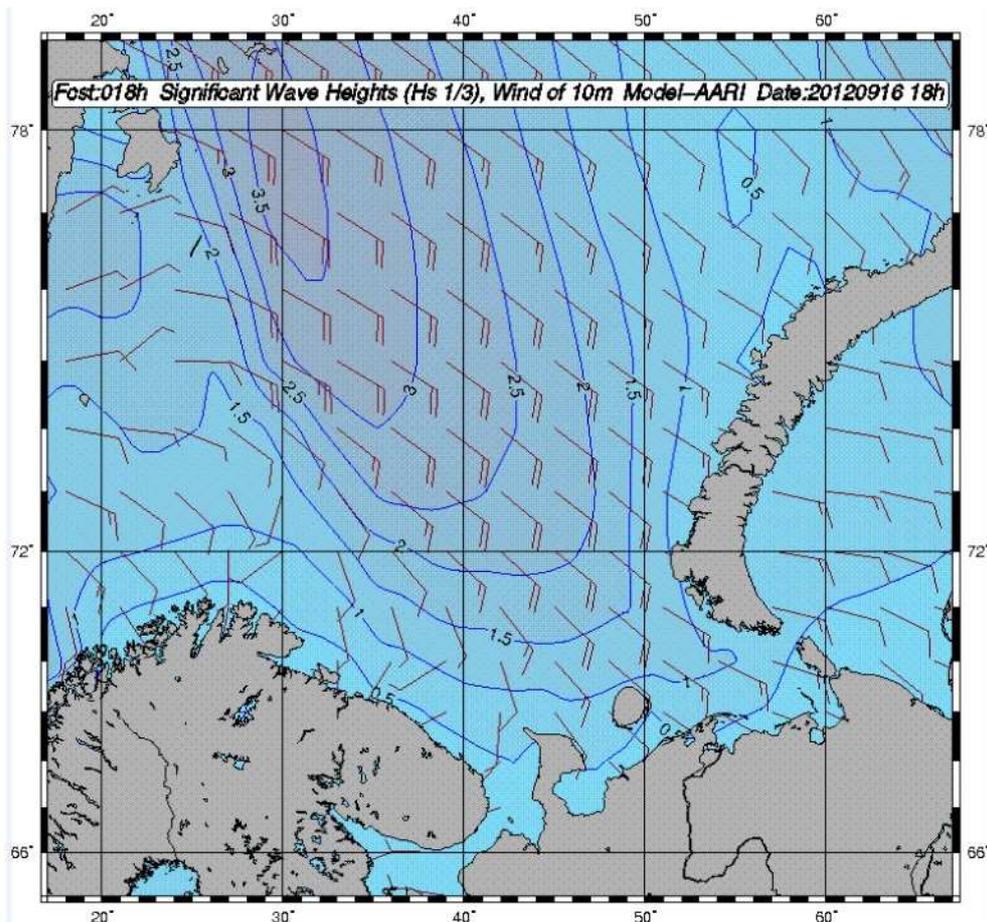


Рис. 3.23. Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 16 сентября 2012 г.

В Карском море (табл. 3.4) в третьем квартале 2012 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Максимальная высота волн в этот период составила 3,5–4 м. Волнения с высотой волн более 4 м не рассчитано. Море полностью очистилось ото льда к началу августа, а концу сентября область чистой воды доходила до 83° с.ш. Наиболее штормовыми месяцами были июль и сентябрь. На рисунке 3.24, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Карского моря по состоянию на 6 час 22 сентября 2012 г.

Таблица 3.4.

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море в третьем квартале 2012 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	4	20	4	3
Август	3	18	9	1
Сентябрь	–	15	12	3
Итого	7	53	25	7

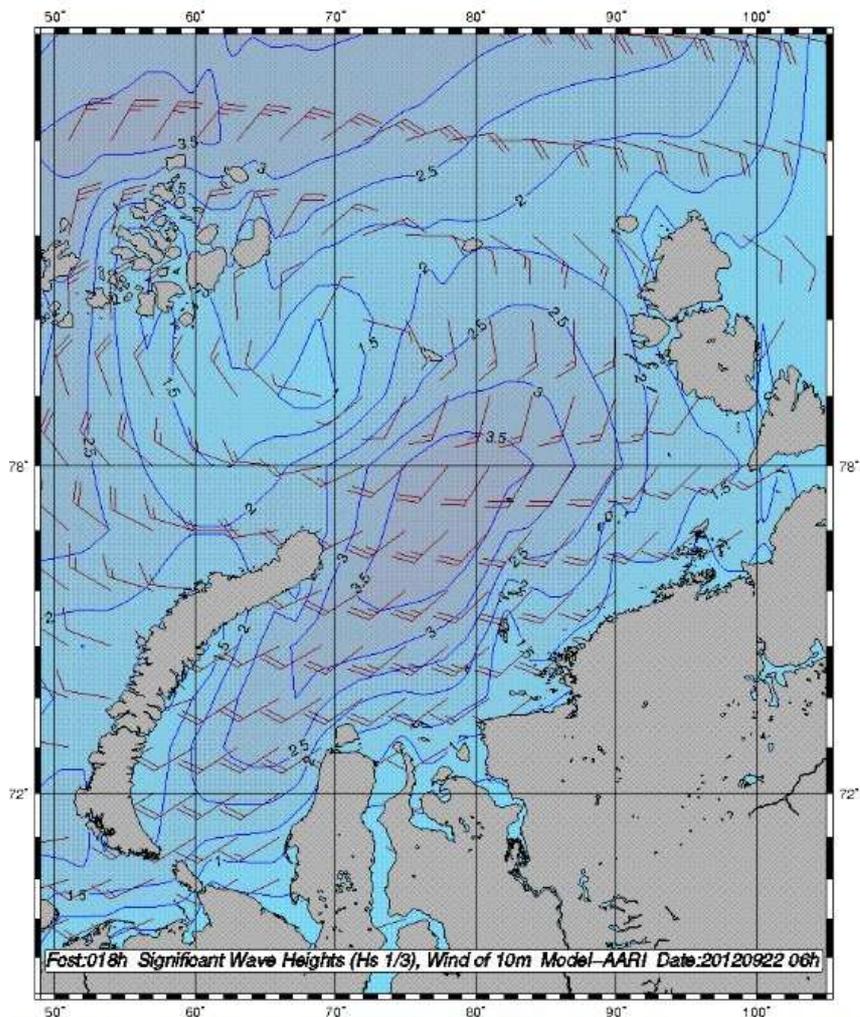


Рис. 3.24. Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Карском море на 6ч UTC 22 сентября 2012 г.

Как видно из таблиц 3.5 – 3.7, и в море Лаптевых преобладало волнение с высотами от 1 до 2 м, в Восточно-Сибирском от 1 до 3 м, а в Чукотском морях от 1 до 4 м. Наибольшая расчетная высота волны в Чукотском море составила 5 – 5,5 м (06 ч 18 сентября 2012 года).

Таблица 3.5.

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в море Лаптевых в третьем квартале 2012 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	9	17	4	1	–
Август	6	19	5	1	–
Сентябрь	1	19	7	1	2
Итого	16	55	16	3	2



Таблица 3.6

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (Hs) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2012 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0-1	1-2	2-3	3-4
Июль	10	15	6	–
Август	–	17	10	4
Сентябрь	–	10	16	4
Итого	10	42	32	8

Таблица 3.7.

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (Hs) в Чукотском море в третьем квартале 2012 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Июль	6	21	4	–	–	–
Август	2	7	15	6	1	–
Сентябрь	–	7	6	15	1	1
Итого	8	35	25	21	2	1

Следует отметить, что ледовые условия в СЛО с начала 2012 г. характеризовались экстремально малой ледовитостью. Согласно обзорным ледовым картам СЛО (<http://www.aari.ru/main.php> - раздел оперативные данные), составленным по спутниковым данным, ледовитость в 2012 г. оказалась ниже, чем в 2007 г. Это привело к тому, что арктические моря стали открываться раньше обычного, а к концу сентября область чистой воды достигла 80° с.ш. для морей восточной Арктики и 83° с.ш. для Карского моря. Однако, таких максимумов развития ветрового волнения, как в 2007 году, в 2012 году рассчитано не было, что обусловлено особенностями атмосферной циркуляции над акваторией СЛО в этот период.

На рисунке 3.25, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs на акватории морей восточной Арктики по состоянию на 0 час 25 сентября 2012 г.

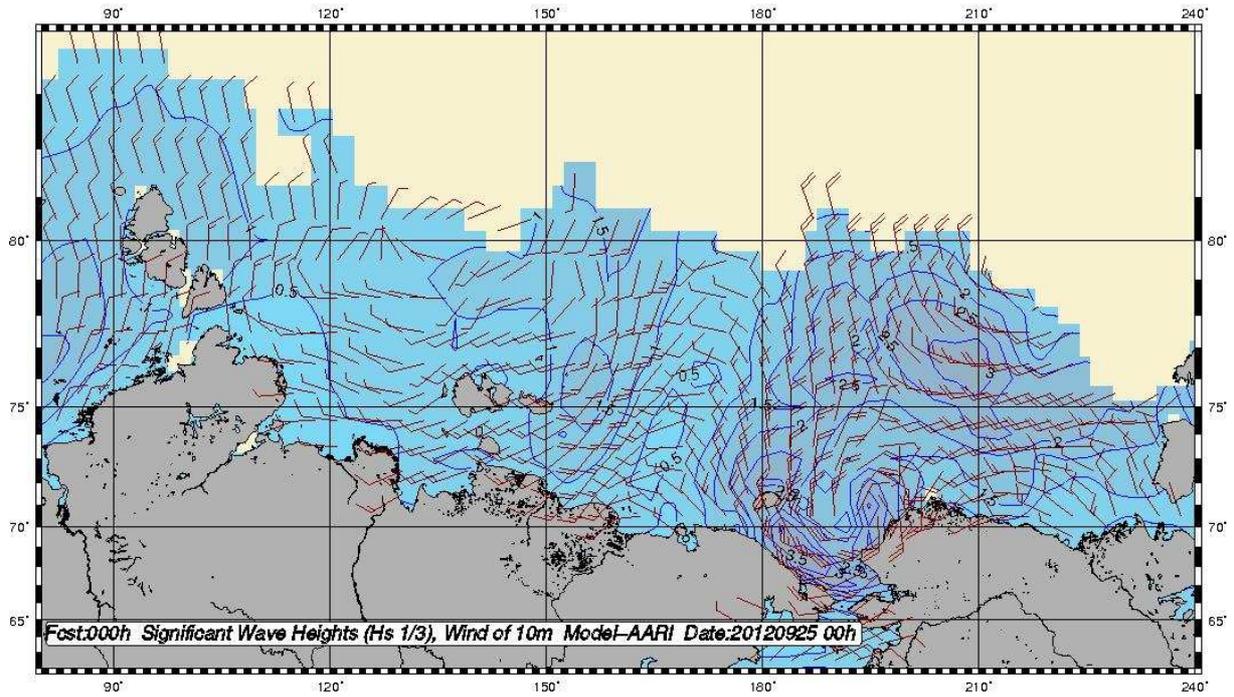


Рис. 3.25. Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях восточной Арктики на 0ч UTC 25 сентября 2012 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая результаты мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных, ледовых и гидрологических процессов и характера их проявления в полярном районе Арктики за период июль - сентябрь 2012 г., можно сделать следующие выводы.

По метеорологическим условиям.

В целом, несмотря на сохранение в апреле - июне 2012 г. положительных аномалий температуры воздуха в Арктике, направленность в развитие крупномасштабных атмосферных процессов имела существенное отличие от направленности процессов в период январь – июнь 2012 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе от месяца к месяцу отмечались частые перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии. В первой половине июля и сентябре преобладали процессы западной формы циркуляции. Во второй половине июля и августе отмечалась повышенная повторяемость процессов восточной формы циркуляции.

Во втором (тихоокеано-американском) секторе отмечалась устойчивость в направленности крупномасштабных атмосферных процессов. Наибольшую повторяемость имели меридиональные процессы типа M_1 .

В полярном районе Арктики в средней тропосфере на изобарической поверхности H_{500} в третьем квартале отмечались значительные смещения центр планетарного циркумполярного вихря. В июле центр ЦПВ находился в приполюсном районе Арктики. В августе основной его центр сместился из приполюсного района в район Карское море. В сентябре произошла крупномасштабная перестройка в циркуляции атмосферы и центр ЦПВ сместился из евразийского в канадо-американский сектор Арктики.

Циклоны в системе исландского и алеутского минимумов смещались в Арктику по сравнению с нормой северными траекториями. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась над морями Баренцева и Бофорта. Усиление циклонической деятельности способствовало ослаблению арктического антициклона, что обусловило преобладание над полярным районом Арктики отрицательных аномалий давления.

Повышенная повторяемость разновидностей процессов с высокоширотными по сравнению с нормой траекториями циклонов обусловила устойчивую адвекцию теплых воздушных масс с южной составляющей и формирование в среднем период июль-сентябрь положительного фона аномалии температуры воздуха в полярном районе Арктики. Во все месяцы фон температуры оставался выше нормы и имел устойчивую тенденцию к его повышению.



Наиболее часто крупные значения аномалий температуры воздуха отмечались в районах Карского и Лаптевых морей, которые внесли наибольший вклад в формирование высокого температурного фона полярного района. В среднем по полярному району в июле-сентябре 2012 г. аномалия температуры воздуха составила $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше, чем в 2011 г.

По ледовым условиям.

Ледовые условия в летний период 2012 г. развивались по крайне благоприятному сценарию, наблюдалось интенсивное разрушение льдов и вынос их из Арктического бассейна через пролив Фрама.

Во всех окраинных арктических морях сформировалась крупная отрицательная аномалия ледовитости. Прибрежная судоходная часть всех морей была свободна ото льда.

Общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2012 г. составила 3,44 млн. кв. км при норме 6,36 млн. кв. км, что на 46% меньше среднемноголетних значений. Значение общей ледовитости СЛО превзошло исторический минимум ледовитости 2007 г. (почти на 800 тыс. кв. км) и стало первым по рангу в ряду минимумов. Таким образом, в 2012 г. был установлен новый исторический минимум ледовитости Северного Ледовитого океана.

По гидрологическим условиям.

Согласно результатам наблюдений, выполненным в третьем квартале 2012 г., гидрологический режим СЛО продолжает существовать в условиях резко аномального состояния по отношению к климатическому среднему.

В поверхностном слое дипольная структура поля аномалий поверхностной солености, наблюдаемая с 2007 г. и выраженная в отрицательных аномалиях солености в Амеразийском суббассейне и положительных аномалиях в Евразийском, претерпела некоторые изменения. Абсолютная величина аномалии в Амеразийском секторе сохранила знак, но уменьшилась по величине максимальных значений с 3-4 ‰ до 2-3 ‰. Области положительных значений аномалий в Евразийском суббассейне существенно сократились по протяженности, сохранив максимальные значения аномалий на уровне 2 ‰. Большая часть пространств открытой воды в районе континентального склона Евразийского бассейна характеризовалась в третьем квартале 2012 г. пониженной соленостью с аномалиями до $-1\text{ }^{\circ}\text{‰}$ по отношению к климатической норме, что связано с интенсивным таянием ледяного покрова в летний период.

Продолжала сохраняться положительная аномалия температуры ядра атлантических вод, которая варьировалась от $+0,8^{\circ}\text{C}$ в западном до $+0,1..+0,4^{\circ}\text{C}$ в восточной части СЛО. Верхняя граница АВ смещена к поверхности на расстояния до 60 метров.



Летние тихоокеанские воды демонстрируют аномально высокую температуру, превышающую климатическую норму на величину до $+0,8$ °С в ряде районов не имеющую исторических аналогов в период до 2000 года.