

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

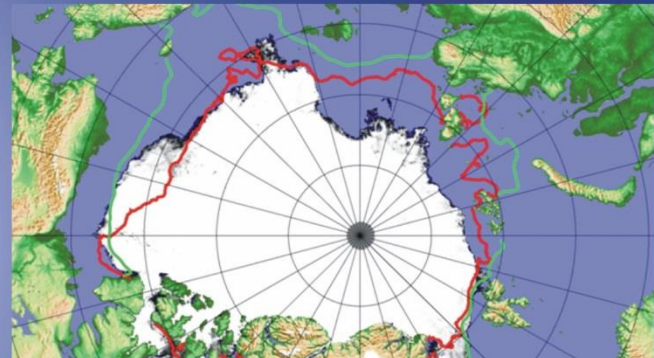


Государственный научный центр РФ  
Арктический и антарктический научно-  
исследовательский институт

# ОБЗОР

## гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2014





## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 Метеорологические условия Северной полярной области в июле – сентябре 2014 г. ....	4
1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария.....	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области.....	17
2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2014 года .....	27
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2014 г. ....	39
3.1 Термохалинные условия .....	39
3.1.1 Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО .....	40
3.2 Гидрохимические наблюдения.....	46
3.3 Уровень арктических морей .....	52
3.4 Ветровое волнение на акватории арктических морей .....	58



## ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в третьем квартале (июле-сентябре) 2014 года. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, проектов Всемирной Метеорологической Организации и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и 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 «ААНИИ».

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 «ААНИИ» д.г.н., профессором Фроловым И.Е.

Подготовку и оформление обзора осуществлял вед. инженер отдела ледового режима и прогнозов Сороко С.О., м.н.с. Усольцева Е.А.

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 2014 г.**

### **1.1 Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария**

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба и метеорологических условий в полярном районе северного полушария за третий квартал с июля по сентябрь 2014 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период, начиная с января 2014 г., особенности которого более подробно были представлены ранее.

При анализе и диагнозе крупномасштабных процессов 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.

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. Формы (атлантико-евразийский сектор) и типы (тихоокеано-американском сектор) отражают основные состояния атмосферы в двух секторах северного полушария.

Каждая из форм и типов имеет ряд разновидностей, отражающих возможные варианты перестроек от одного макропроцесса к другому. Разновидности макропроцессов на полушарии имеют значимые различия в направленности крупномасштабных атмосферных процессов, состоянии и пространственной локализации 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 Арктику в системах исландского и алеутского минимумов.

Реальное состояние крупномасштабной циркуляции в атмосфере и метеорологические условия в полярном районе Арктики каждого конкретного года существенно отличаются друг от друга и от среднего многолетнего состояния (нормы), что указывает на существование большого числа вариантов конкретных реализаций ОЦА в отдельных локальных районах Арктики. 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 2014 г. были выявлены следующие особенности их развития.

**Фоновые особенности** развития крупномасштабных атмосферных процессов за третий 2014 г. представлены в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма и А.А. Гирса и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 ГПа, приземного давления и температуры воздуха и их аномалий.

Таблица. 1.1

**Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы  
в период июль - сентябрь 2014 г.**

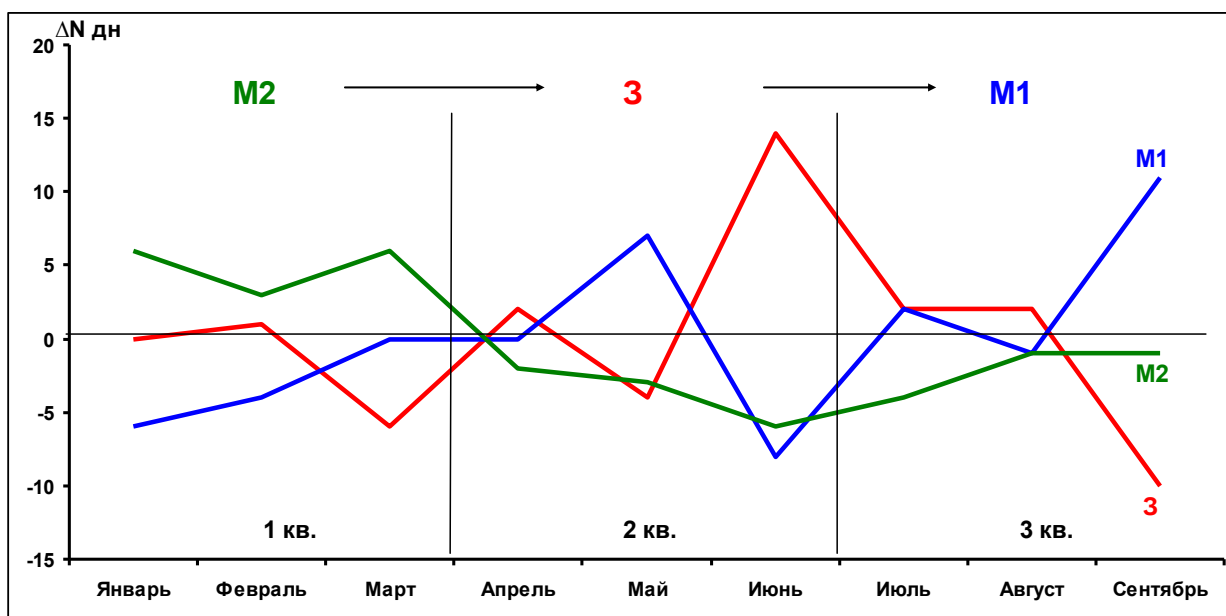
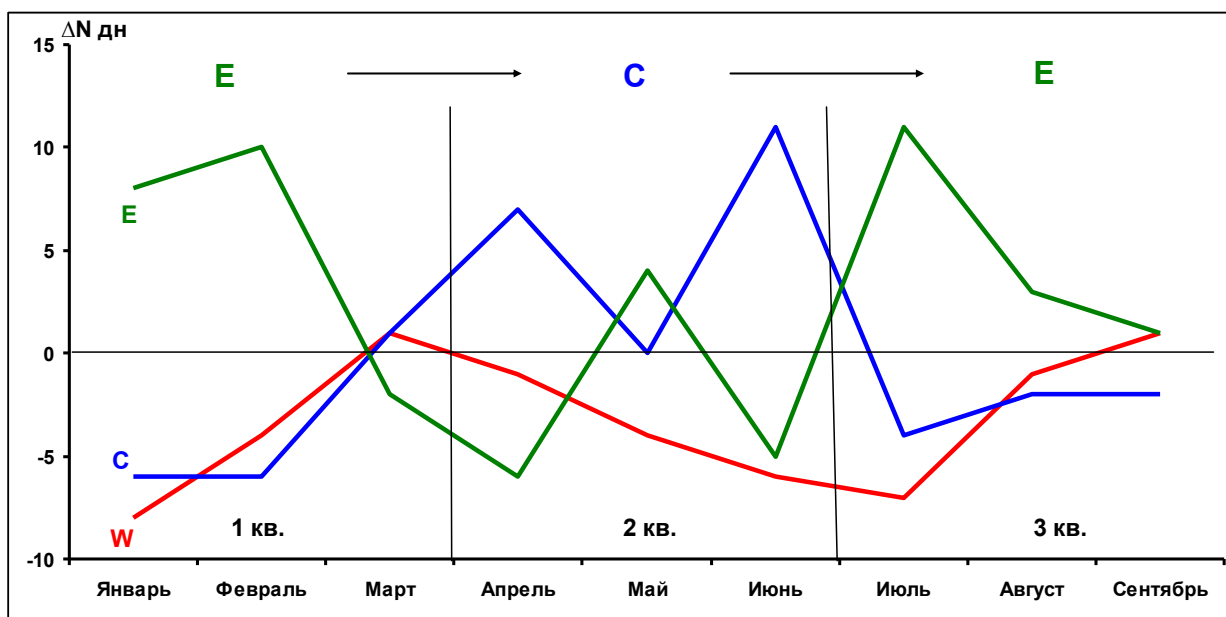
Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Число дней	28	18	46	26	52	14
Аномалия	-7	-8	15	-6	12	-6

В первом (западном) секторе Северной полярной области в период июль – сентябрь 2014 г. атмосферные процессы развивались на аномально повышенной повторяемости процессов восточной (E) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 15 дней и составили 46 дней.

Во втором (восточном) секторе более аномально высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M<sub>1</sub>. Данные процессы отмечались 52 дня, что выше нормы на 12 дней.

Анализ процессов показал, что в июле – сентябре 2014 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы за третий квартал с июля по сентябрь 2014 г. представлен на рисунке 1.



**Рис. 1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период июль – сентябрь 2014 г.**

*W* – западная форма, *E* – восточная форма, *C* – меридиональная форма, *3* – зональный тип, *M<sub>1</sub>* – первый меридиональный тип, *M<sub>2</sub>* – второй меридиональный тип

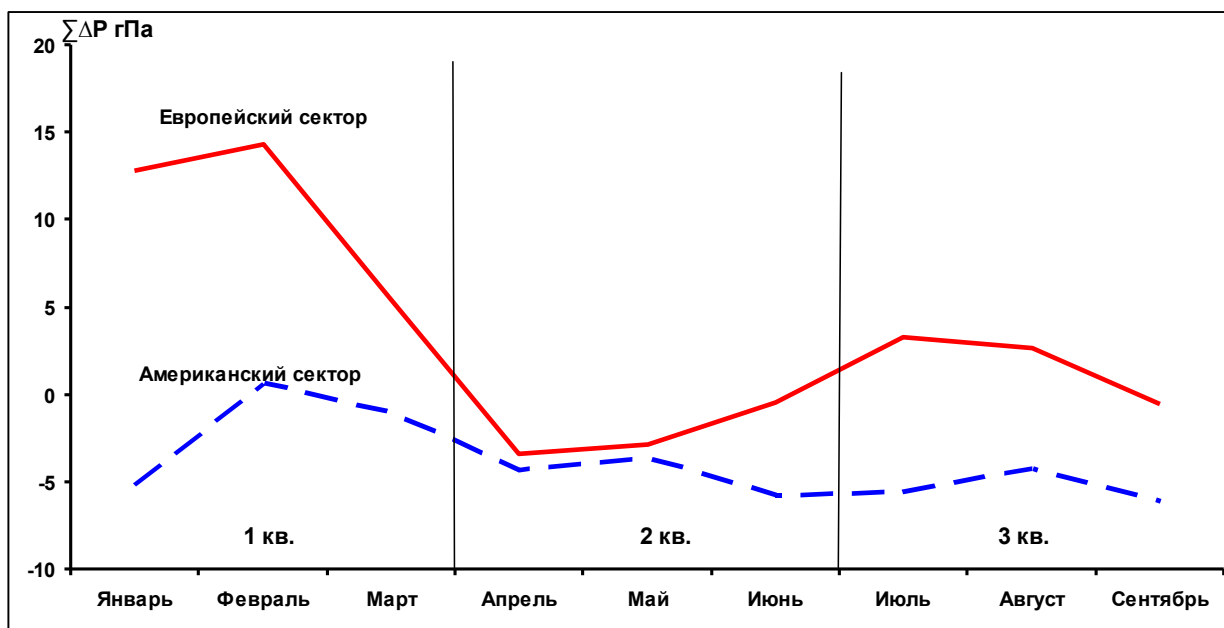
Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с июля по сентябрь 2014 г. выглядит следующим образом:

$$\text{Июль} - E_{M1+3} \rightarrow \text{Август} - E_3 \rightarrow \text{Сентябрь} - (W+E)_{M1}$$

Отмеченные тенденции в перестройках крупномасштабные атмосферных процессов нашли свое отражение в изменении метеорологических условий каждого месяца в полярном районе Арктики.

Тенденции изменения давления в полярном районе от месяца к месяцу в третьем квартале представлены на рис. 2 в виде кривых накопленных (интегральных) аномалий давления отдельно для европейского и американского секторов Арктики.

При положительных значениях аномалий давления интегральная кривая идет вверх, при отрицательных – вниз.

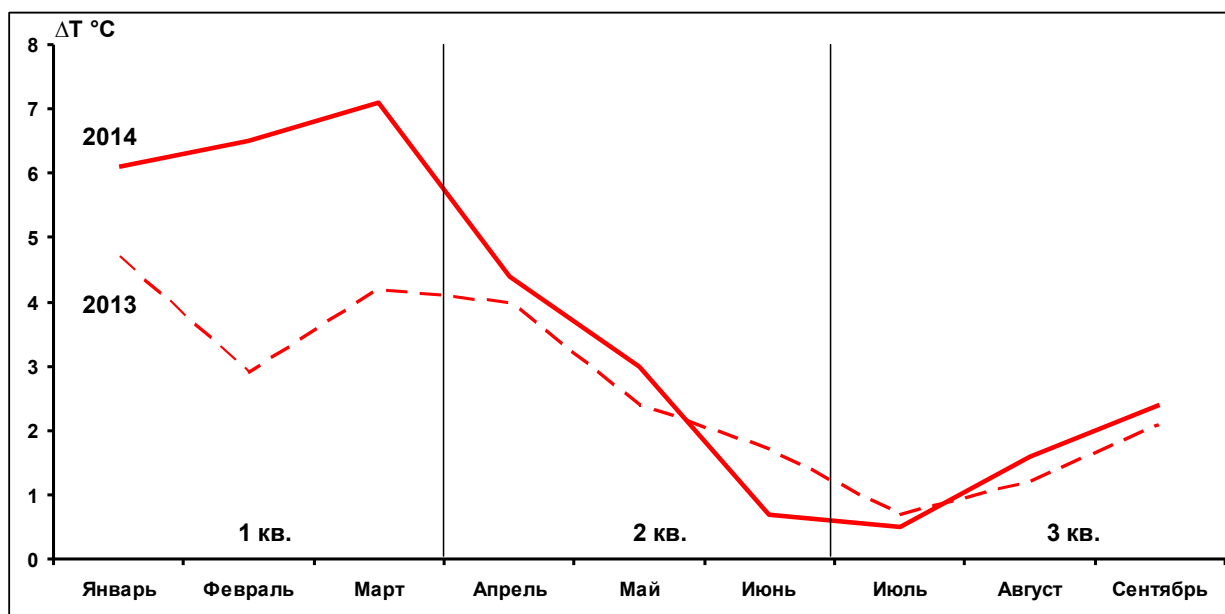


**Рис. 2** Интегральные кривые среднемесячных значений аномалий давления (ГПа) в январе - сентябре 2014 г. европейском и американском секторах полярного района Арктики.

В первом (атлантико-евразийском) секторе Арктики под влиянием циклонов Северной Атлантики от июля к сентябрю отмечалась устойчивая тенденция к понижению фона давления.

Во втором (тихоокеано-американском) секторе Арктики перестройка от антициклонального режима циркуляции в июле и августе к циклональному произошла в сентябре. Понижение фона давления в сентябре от положительных к отрицательным аномалиям обусловлено высокоширотными траекториями циклонов в системе алеутского минимума.

Изменения среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району в третьем квартале (июль – сентябрь) 2014 г. представлены на рисунке 3.



**Рис.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в январе – сентябре 2013 и 2014 гг.**

В третьем квартале преобладала адвекция теплых воздушных масс. При положительных аномалиях средних месячных температур от июля к сентябрю отмечалась устойчивая тенденция к повышению фона температуры в полярном районе. В среднем за третий квартал фон температуры в целом над полярным районом оставался аномально высоким и выше, чем в третьем квартале прошлого года.

В среднем за все месяцы (с января по сентябрь) 2014 г. фон температуры над полярным районом оставался аномально высоким и выше, чем в прошлом году. В 2014 г. наибольший вклад в формирование положительных аномалий полярного района внесли процессы первого квартала, когда отмечались крайне высокие и устойчивые положительные средние месячные аномалии.

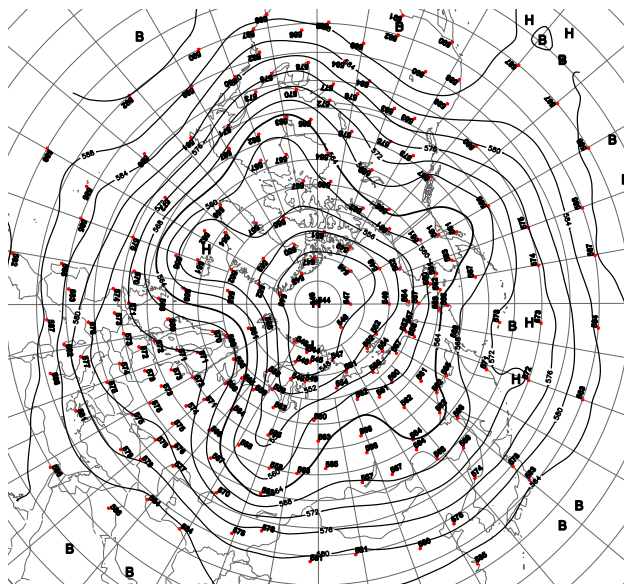
*Анализ структурных особенностей* развития и перестроек атмосферных процессов во третьем квартале проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуры воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

Более подробно основные особенности развития атмосферных процессов в июле – сентябре 2014 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

Значения приземного давления и температуры в июле - сентябре представлены в виде полей среднего месячного давления и температуры и их аномалий.



В июле произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от меридиональной формы циркуляции в июне к восточной. Основной центр циркумпольного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 ГПа располагался в приполюсном районе Арктики. Блокирующий гребень над Северной Атлантикой сместился на ЕТР, под которым в приземном поле сформировался устойчивый антициклон.

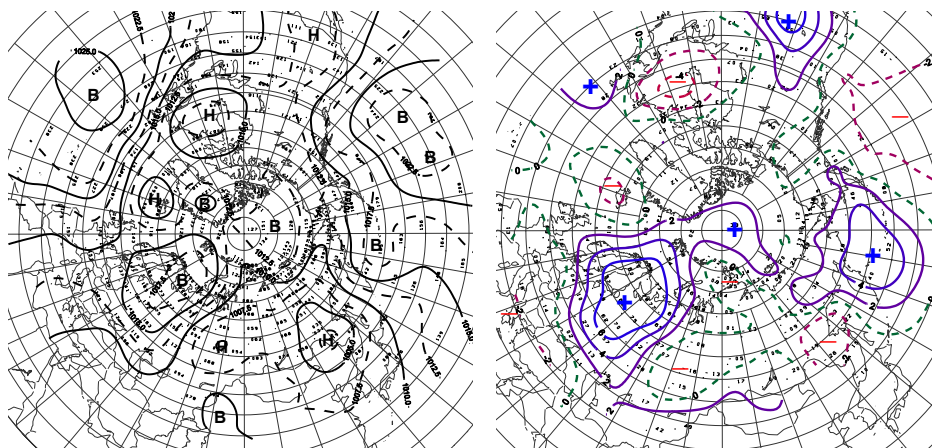


**Рис. 4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 ГПа в июле 2014 г.**

В первом секторе полярного района на фоне высокой повторяемости процессов восточной формы циркуляции выход циклонов Северной Атлантики в Арктику был блокирован гребнями арктического и континентального антициклонов.

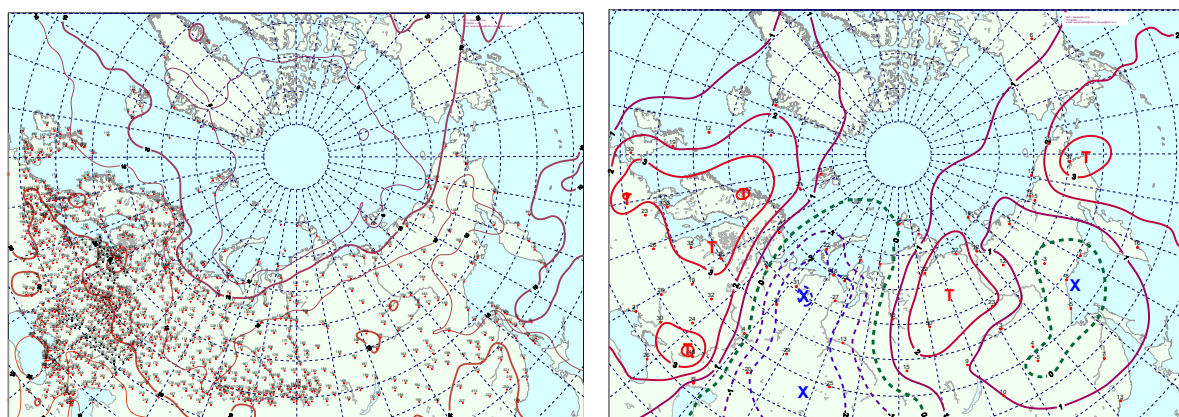
Фон давления выше нормы и составил в среднем за месяц аномалию от 2 до 6 ГПа. Воздушные потоки неустойчивые по направлению. По сравнению с июнем фон температуры понизился особенно в районе юго-западной части Карского моря до отрицательных аномалий.

На рисунке 5 представлено поле среднего приземного давления и его аномалии в июле 2014 г.



**Рисунок 5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июле 2014 г.(ГПа)**

Во втором (тихоокеано-американском) секторе характер в направленности атмосферных процессов сохранился. Отличием по сравнению с июнем явилось усиление адвекции теплых воздушных масс. Фона температуры повысился от отрицательных до положительным аномалиям температуры воздуха в этом секторе Арктики.



**Рис. 6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2014 г., (°C)**

В августе основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 ГПа сместился из приполюсного района в район севера Карского моря. Под влиянием циклонов в толще тропосферы блокирующий гребень континентального антициклона в Арктике разрушился и сместился на южные районы Европы.

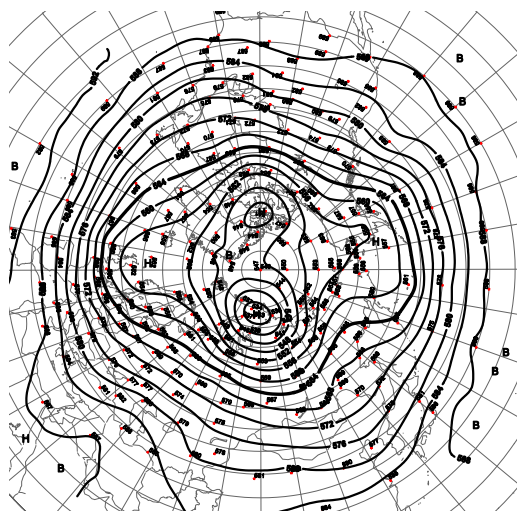


Рис. 7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 ГПа в августе 2014 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе на фоне ослабления атмосферных процессов восточной формы циркуляции отмечалось усиление процессов западной формы. Циклоны из системы исландского минимума по ВФЗ смещались над акваторией западных морей Арктики. Фон давления понизился от положительных до отрицательных аномалий.

Над большей частью данного сектора фон температуры выше нормы. За исключением района Карского, где под влиянием тыловой части циклонов сохранились отрицательные аномалии температуры.

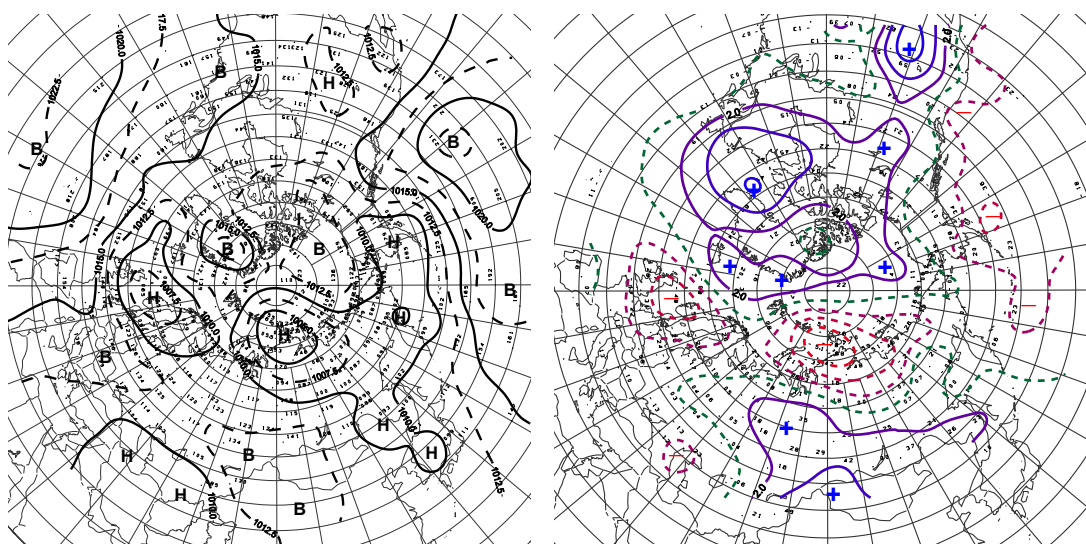
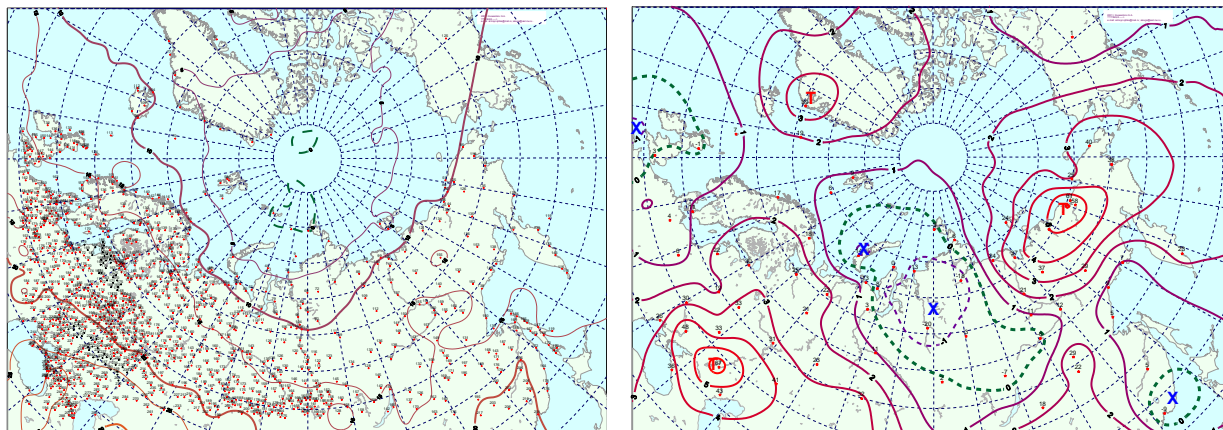


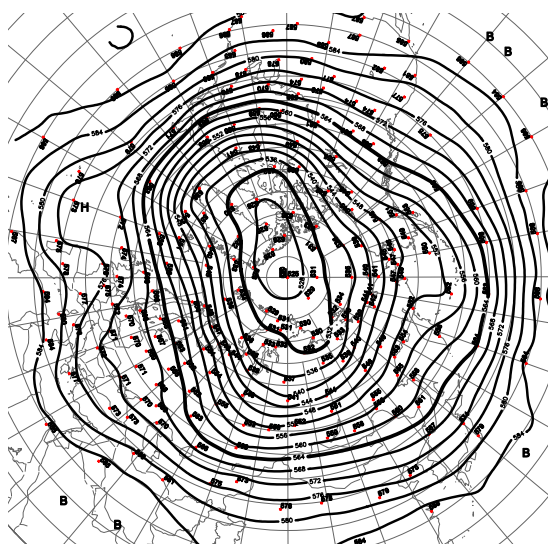
Рисунок 8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в августе 2014 г.(ГПа)

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* отмечалось усиление зональных процессов с более высокоширотным смещением циклонов в Арктику. Фон давления повысился. Усилилась адвекция теплых воздушных масс и повышение температурного фона на 1-2 °С.



**Рис. 9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2014 г., (°С)**

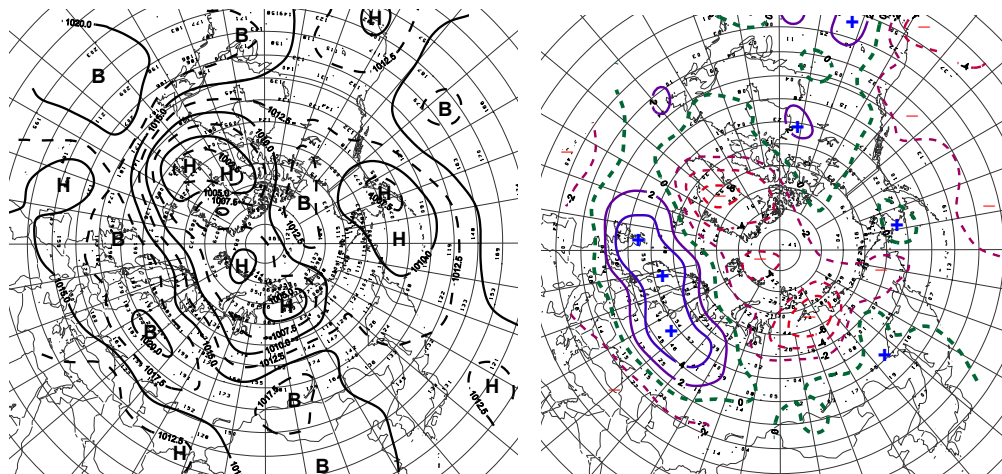
В **сентябре** произошло смещение основного центра ЦПВ на изобарической поверхности 500 ГПа из европейского района в гренландский, где приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность.



**Рис. 10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 ГПа в сентябре 2014 г.**

В первом (атлантико-евразийском) секторе наблюдалась усиление процессов западной формы циркуляции разновидностей с высокоширотными траекториями циклонов. Преобладали отрицательные аномалии давления.

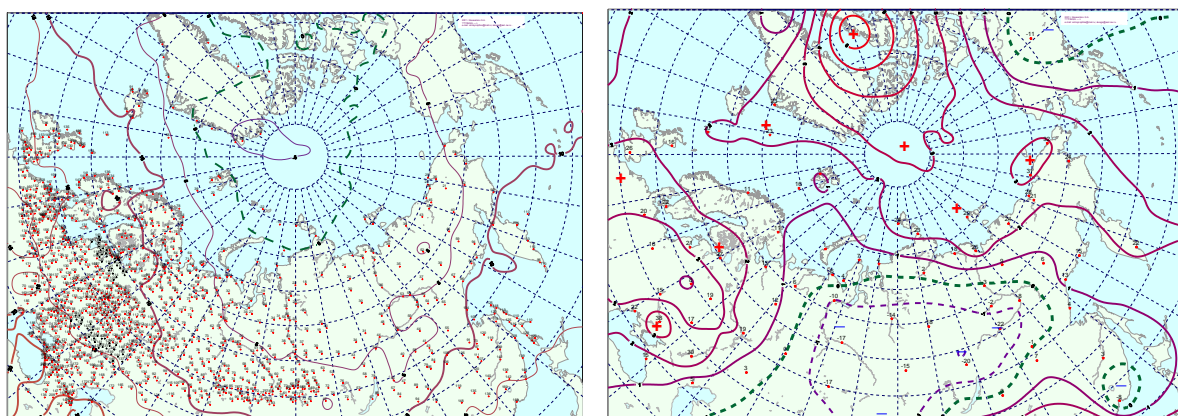
Усилилась адвекция теплых воздушных масс и повышение фона температуры на 1-3 °С.



**Рисунок 11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в сентябре 2014 г.(ГПа)**

Во втором (тихоокеано-американском) секторе наибольшую повторяемость имели процессы типа  $M_1$  при высокоширотных траекториях циклонов в системе алеутского минимума, что отразилось понижением фона давления от положительных к отрицательным аномалиям.

При усилении адвекции теплых воздушных масс произошло повышение температурного фона от 2 до 4 °С.



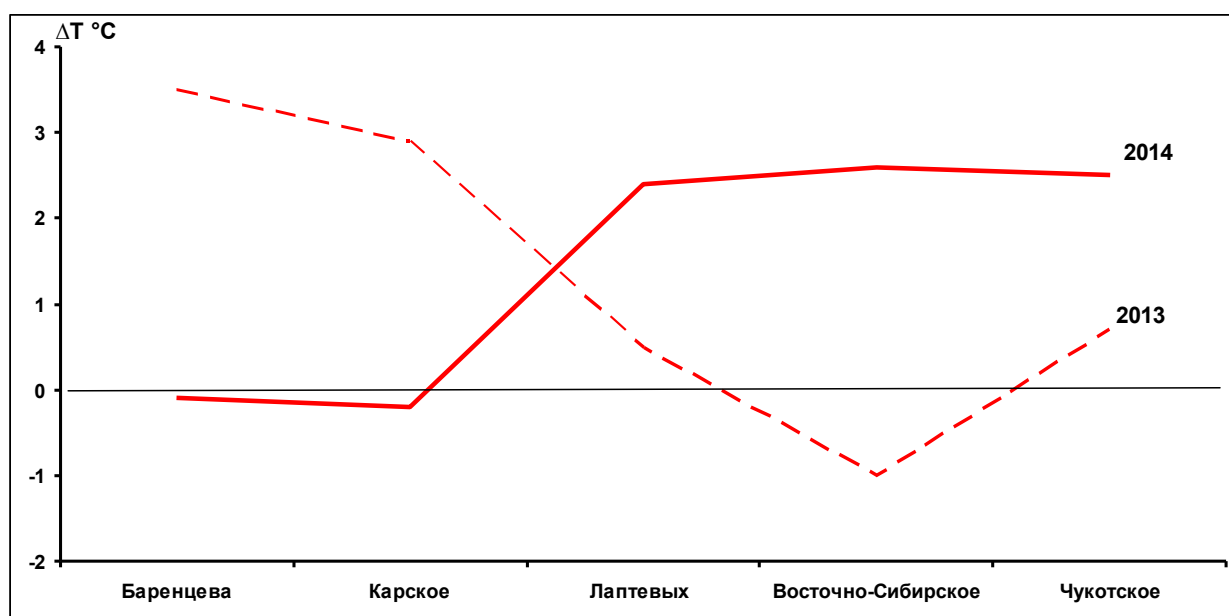
**Рис. 12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2014 г., (°С)**

Проведенный анализ развития и перестроек атмосферных процессов показал, что характерный для текущей циркуляционной стадии развития атмосферных процессов высокий температурный фон с

преобладанием положительных аномалий температуры в 2014 г. сохранился. Как было показано, основным отличием в 2014 г., по сравнению с прошлым 2013 г., явилось значительное повышение температурного фона как в целом по полярному району Арктики, так и по отдельным его районам в первом квартале. На фоне роста процессов с высокоширотными траекториями циклонов в системе исландского минимума отмечалось усиление адвекции теплых воздушных масс из района Северной Атлантики в полярный район Арктики.

Во третьем квартале при усилении арктического антициклона температурный фон ниже, чем в первом и втором кварталах. Наиболее низкие аномалии температуры преобладали в июле и достигали в ряде районов отрицательных значений аномалий.

На рис. 13 приводятся фоновые средние за третий квартал (июль – сентябрь) 2014 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с предшествующим 2013 г.



**Рис. 13. Средние за теплый период июль – сентябрь значения аномалий температуры воздуха (°C) по акватории арктических морей Евразии в 2013 и 2014 гг.**

Наиболее высокие положительные аномалии температуры средние за период июль – сентябрь 2014 г. отмечались в Восточно-Сибирском море, а наиболее низкие в Карском море.

По сравнению с третьим кварталом 2013 г. в этом году отмечалось повышение температурного фона в восточных морях и понижение до отрицательных аномалий в Баренцевом и Карском морях.

*Структурные внутри месячные* особенности развития и перестроек атмосферных процессов в июле-сентябре 2014 г. по элементарным синоптическим процессам (ЭСР)



представлены в табл. 2. для каждого ЭСП характерна одна форма и тип циркуляции на полушарии с определенной для каждой из них разновидностью барического поля. Эти разновидности отражают географическая ориентация основных блокирующих гребней антициклонов, с которыми сопряжены более высокоширотные или более низкоширотные по сравнению с нормой траектории циклонов в системах исландского и алеутского минимумов.

Изменения от одного ЭСП к другому сопровождаются сменой знака барических полей и направлением преобладающих воздушных потоков в масштабе естественного синоптического района при крупномасштабных перестройках циркуляции атмосферы.

Таблица 2

**Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса  
с июля по сентябрь 2014 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов  
по элементарным синоптическим процессам**

Июль			Август			Сентябрь		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-4	Е	М2	1-4	Е	М1	1-4	W	3
5-8	Е	М2	5-7	Е	3	5-7	W	М1
9-12	Е	3	8-12	Е	3	8-10	Е	М1
13-15	С	М1	13-15	W	3	11-14	W	М1
16-18	Е	М1	16-20	W	М1	15-19	С	М1
19-21	Е	М1	21-23	W	М1	20-22	W	М1
22-25	С	М1	24-26	Е	М2	23-24	Е	М1
26-28	Е	М1	27-31	С	3	25-26	Е	М2
29-31	W	М1				27-29	Е	М2
						30	С	М2
Итого	W 3 (-7) С 7 (-4) Е 21 (11)	3 4 (-6) М1 19 (1) М2 8 (-5)	Итого	W 11(-1) С 5 (-2) Е 15 (3)	3 16 (2) М1 12 (-1) М2 3 (-1)	Итого	W 14 (1) С 6 (-2) Е 10 (1)	3 4 (-11) М1 20 (11) М2 6 (0)

**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.

*Выводы*

1 Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за третий квартал 2014 г., можно сделать следующие выводы.

2 В третьем квартале по сравнению со вторым кварталом произошла крупномасштабная перестройка в направленности атмосферных процессов. Атмосферные процессы в Северной полярной области в июле - сентябре 2014 г. развивались на аномально повышенной повторяемости в



первом секторе процессов восточной (Е) формы циркуляции. Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа  $M_1$ .

3 В средней тропосфере на изобарической поверхности  $H_{500}$  центр планетарного циркумполярного вихря в июле наиболее часто находился в приполюсном районе. В августе его основной центр сместился в район Карского моря. В течение сентября произошло смещение центра ЦПВ в гренландский район Арктики.

4 Под влиянием блокирующих гребней азорского и гавайского антициклонов высотная фронтальная зона часто располагалась севернее по сравнению с нормой.

Циклоны в системе исландского и алеутского минимумов смещались в Арктику по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям.

5. В июле под влиянием устойчивых гребней антициклонов выход циклонов в системе исландского минимума в полярный район Арктики был часто блокирован. Фон давления над полярным районом имел положительные аномалии.

6. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в августе и сентябре в западном секторе Арктики, где отмечалась тенденция к интенсивному понижению давления.

7. Температурный фон над полярным районом в третьем квартале под влиянием циклонов имел тенденцию к повышению. Наиболее низкие аномалии температуры преобладали в июле и достигали в ряде районов западного сектора отрицательных значений аномалий.

8. В среднем за все месяцы (с января по сентябрь) 2014 г. фон температуры над полярным районом оставался аномально высоким и выше, чем в прошлом году. В 2014 г. наибольший вклад в формирование положительных аномалий полярного района внесли процессы первого квартала, когда отмечались крайне высокие и устойчивые положительные средние месячные аномалии.

9. Наиболее высокие положительные аномалии температуры средние за период июль – сентябрь 2014 г. отмечались в Восточно-Сибирском море, а наиболее низкие в Карском море. По сравнению с третьим кварталом 2013 г. в этом году отмечалось повышение температурного фона в восточных морях и понижение до отрицательных аномалий в Баренцевом и Карском морях.

**В заключение.** На данный момент 2014 г. можно сделать основной вывод о сохранении аномально высокого фона температуры воздуха в полярном районе и с тенденцией к его у повышению по сравнению с 2013 г..

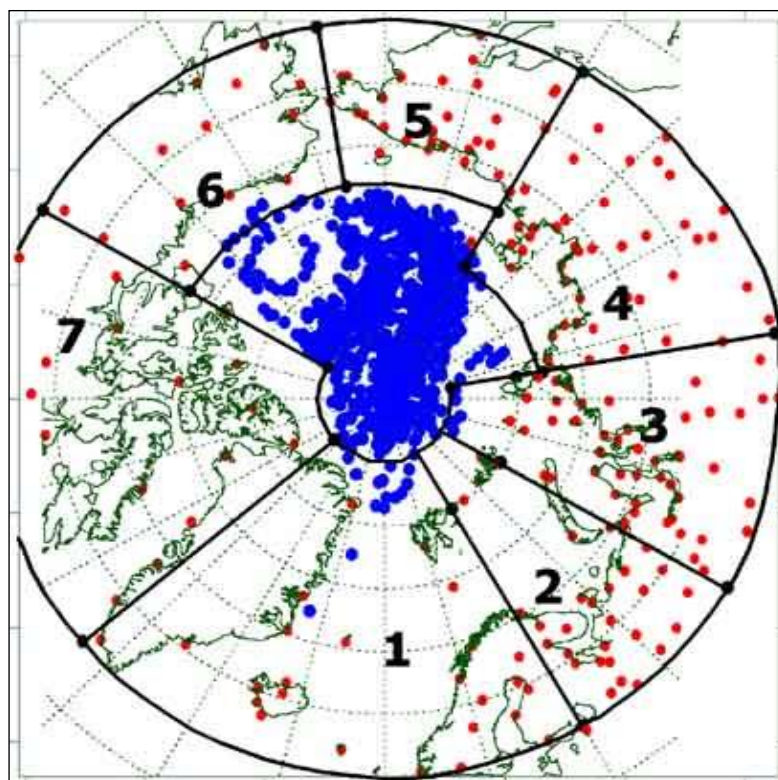
Наибольший вклад в повышение температурного фона 2014 г. внесли процессы в первом квартале (январь – март), когда преобладали устойчивые крупные положительные аномалии температуры со среднемесячными значениями от 6,1 до 7,1 °С. Температурный фон в целом по полярному району Арктики в первом квартале 2014 г. оказался экстремально высоким за весь ряд наблюдений и превзошел значения аномалий за первый квартал 2012 г. на 0,3 °С.



Во втором и третьем кварталах температурный фон был незначительно выше, чем в прошлом 2013 г.

## 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 (рис.1.9) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев МПАБ.



**Рис. 1.9. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области (1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)**

### *Температура воздуха*

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



Оценка аномалий средней температуры воздуха за летний сезон 2014 года по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в табл.1.3. В летнем сезоне 2014 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 0,9 °С. Лето 2014 г. по рангу теплых лет оказалось тринадцатым теплым летом за период с 1936 г. Наиболее теплое лето было в 2012 г. (1,5 °С). Аномалия температуры для широтной зоны 70-85° с.ш. составила 0,7 °С, а для широтной зоны 60-70° с.ш. – 1,1 °С. Прошедший летний сезон для этих широтных зон оказался соответственно двадцать третьим и седьмым 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 2014 г.**

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	0,7	23	2012 (2,0)	1963 (-0,7)
60-70	1,1	7	2003 (1,3)	1949 (-0,8)
60-85	0,9	13	2012 (1,5)	1949 (-0,8)

Сопоставление значений аномалий летней температуры воздуха в 2014 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в Северной Атлантике и в восточной части азиатского сектора (рис.1.10, табл.1.4). Аномалия температуры в районах Атлантическом, Восточносибирском и Чукотском составила 1,8, 1,6 и 1,5 °С соответственно. Лето 2014 г. оказалось третьим теплым летом в Атлантическом районе, а в Восточносибирском и Чукотском шестым по рангу теплых лет.

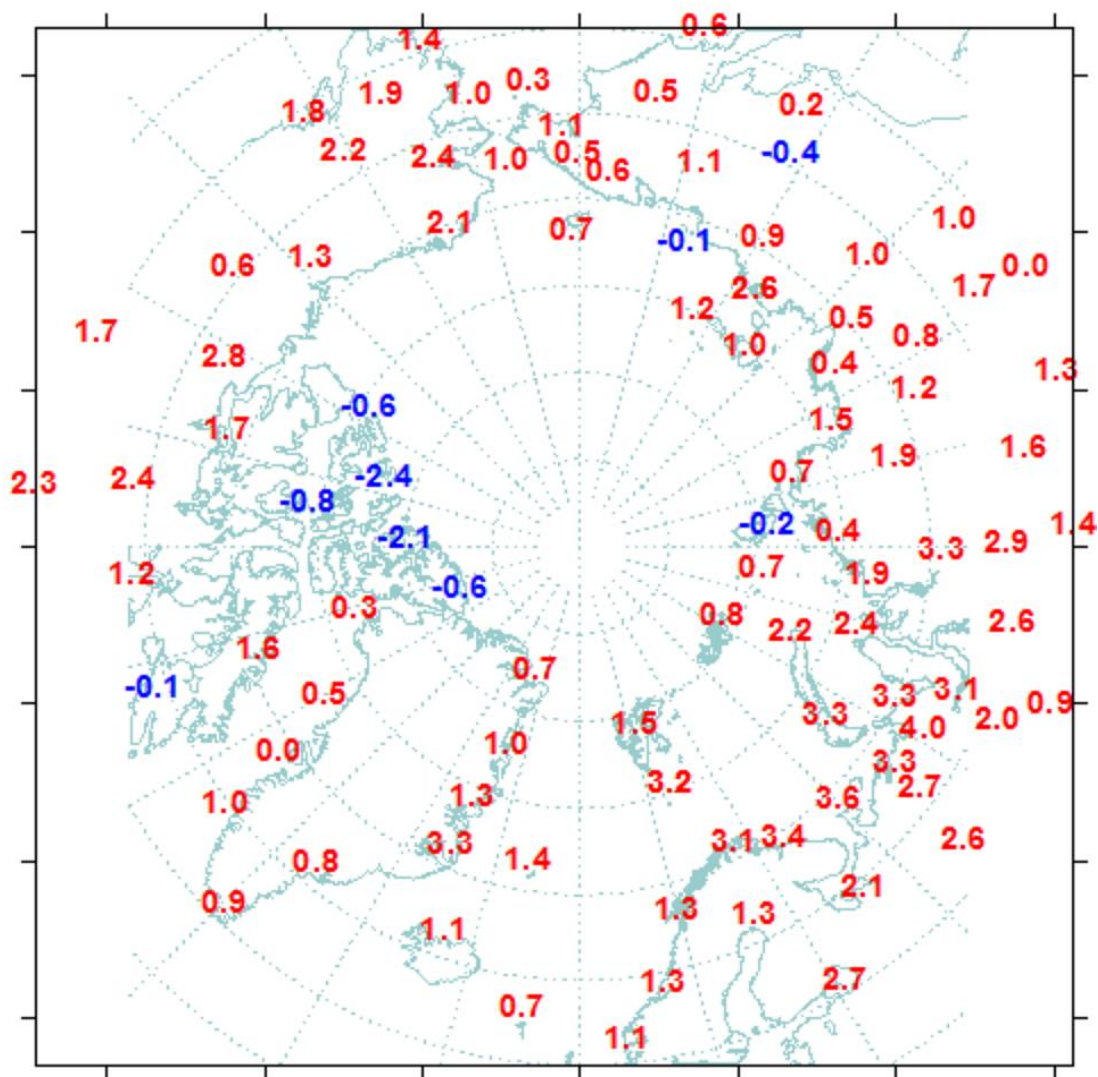


Рис. 1.10. Значения аномалий средней температуры воздуха летнего сезона 2014 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.4

Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в летнем сезоне 2014 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	1,8	3	2003 (1,9)	1965 (-0,7)
Североевропейский	0,2	44	2013 (2,8)	1969 (-1,6)
Западносибирский	-0,1	54	1912 (2,7)	1968 (-1,6)
Восточносибирский	1,6	6	2012 (2,0)	1989 (-1,2)
Чукотский	1,5	6	2007 (2,9)	1949 (-1,3)
Аляскинский	0,6	22	2004 (2,9)	1945, 1955 (-1,3)
Канадский	0,9	13	2012 (2,3)	1972 (-1,6)

В районах арктических морей наблюдались преимущественно положительные аномалии температуры. Отрицательные аномалии температуры воздуха имели место на станциях в северной



части Канадского района. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в районе северной части Гренландского и Норвежского морей, и в районах морей Восточного сектора Российской Арктики. В районе северной части Гренландского и Норвежского морей осредненная аномалия составила 1,8 °С (табл.1.5).

Таблица 1.5

**Аномалии температуры воздуха в летнем сезоне 2014 г. на территории севернее 70° с.ш.**

Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	1,8	7	2002 (2,3)	1965 (-0,7)
Баренцево море	0,0	50	2013 (2,8)	1949 (-1,2)
Карское море	-0,3	64	2012 (2,7)	1968 (-1,2)
Море Лаптевых	1,5	11	2010 (2,5)	1962 (-1,5)
Восточно-Сибирское море	1,4	10	2007 (3,7)	1949 (-1,6)
Чукотское море	1,1	12	2007 (3,9)	1965 (-1,6)
Море Бофорта	0,4	30	2012 (2,5)	1947 (-1,5)
Северная часть Канадского района	0,4	42	2011, 2012 (2,7)	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.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за летний сезон 1936-2014 гг. показала наличие статистически значимого (на 5% уровне значимости) положительного линейного тренда как для широтных зон к северу и югу от 70° с.ш., так и для СПО в целом (табл.1.6). Повышение температуры летнего сезона в этих широтных зонах составило 0,95 °С за 79 лет.

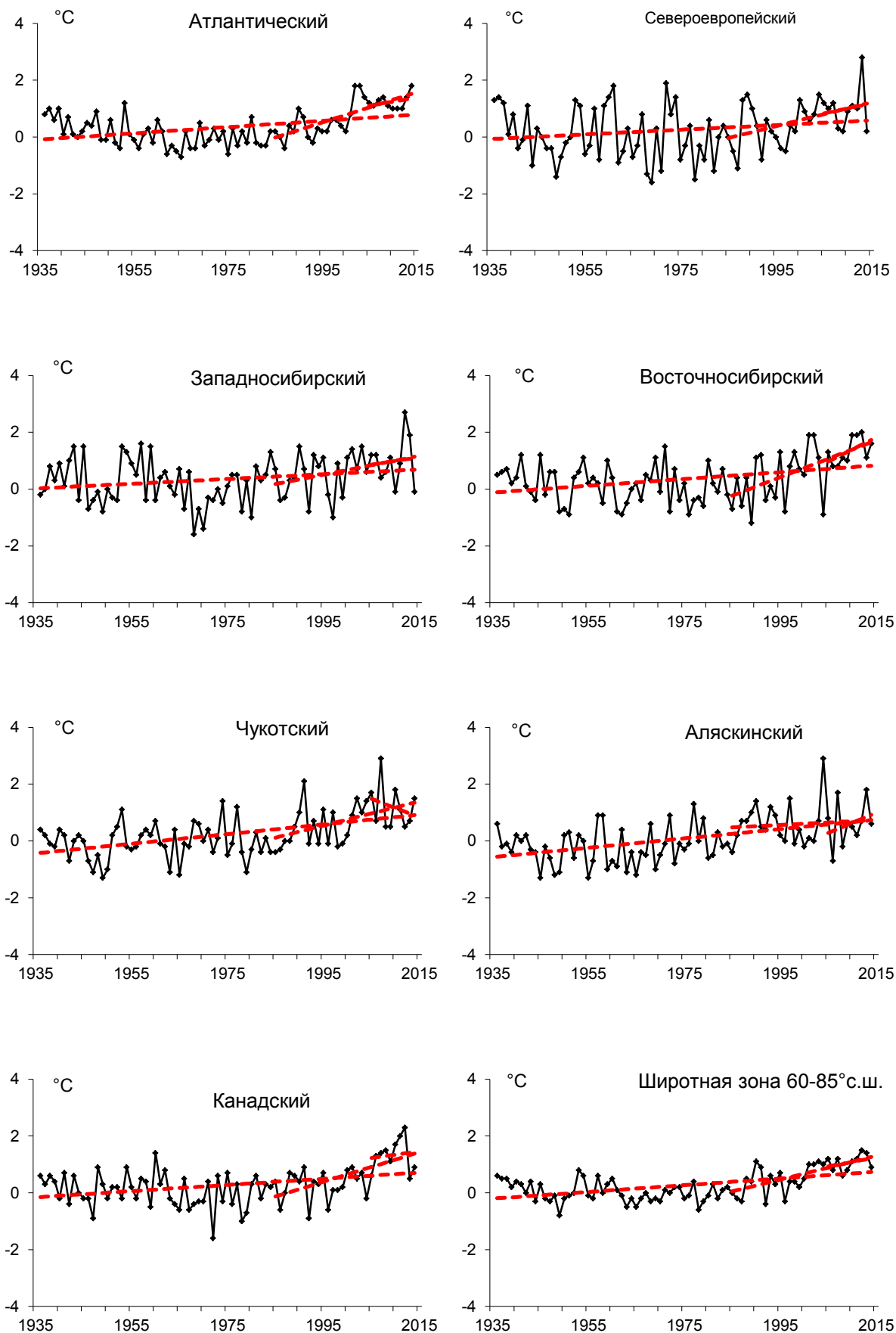


Рис. 1.11. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °C

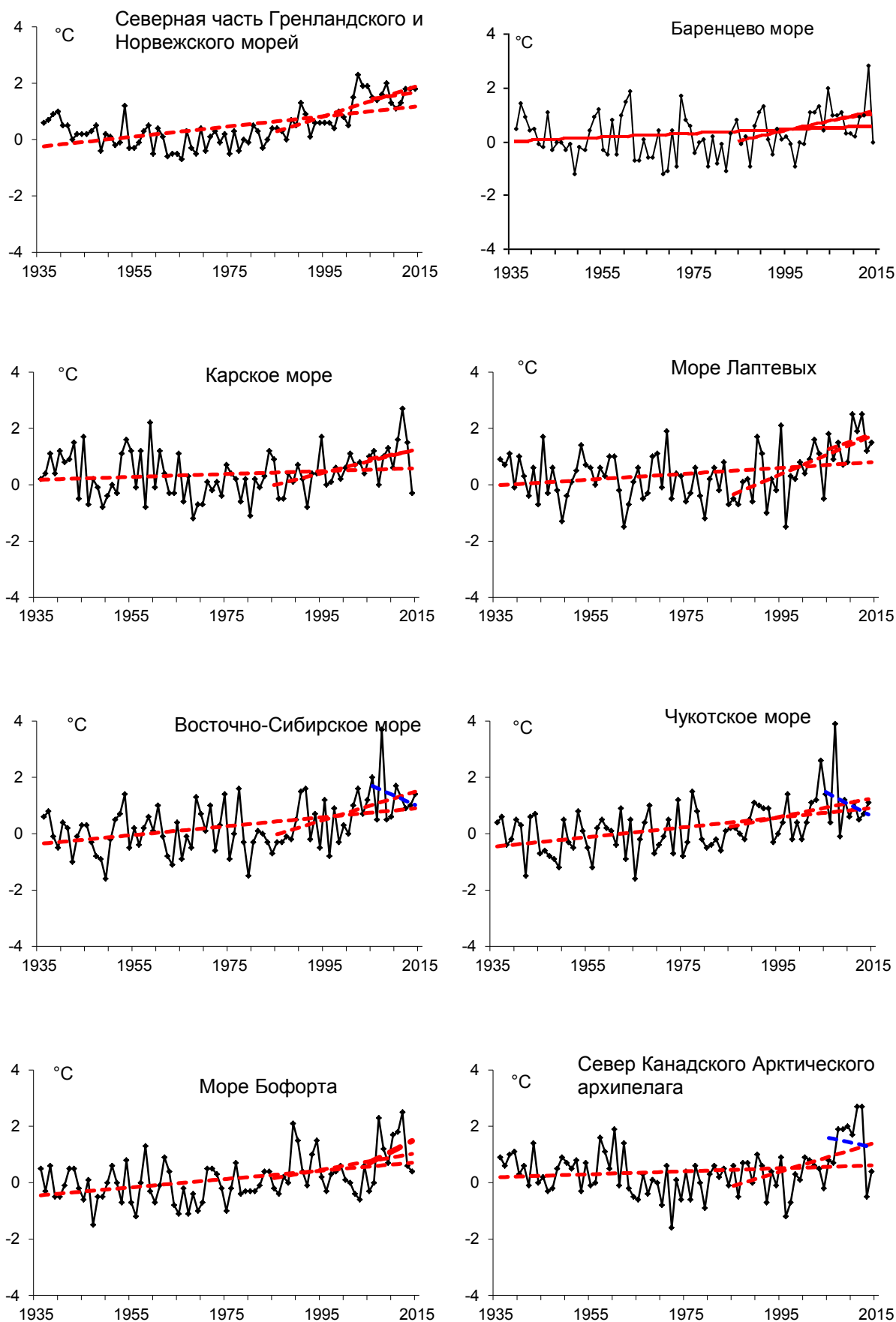


Рис. 1.12. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °С

Таблица 1.6

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

Район, широтная зона	1936-2014		1985-2014		2005-2014	
	<b>Vx</b>	<b>D</b>	<b>Vx</b>	<b>D</b>	<b>Vx</b>	<b>D</b>
Атлантический	0,11	14,9	<b>0,53</b>	76,0	0,28	33,9
Североевропейский	0,08	14,2	<b>0,42</b>	45,9	0,35	13,9
Западносибирский	0,08	5,4	0,33	35,8	0,27	9,3
Восточносибирский	0,12	69,3	<b>0,65</b>	61,3	0,85	55,7
Чукотский	<b>0,17</b>	16,2	<b>0,43</b>	47,2	-0,65	25,0
Аляскинский	<b>0,16</b>	25,1	0,09	10,1	0,72	28,5
Канадский	<b>0,11</b>	34,0	<b>0,52</b>	62,4	0,22	11,7
70-85° с.ш.	<b>0,12</b>	47,8	<b>0,47</b>	71,7	0,15	10,9
60-70° с.ш.	<b>0,12</b>	54,2	<b>0,39</b>	65,8	0,33	34,0
60-85° с.ш.	<b>0,12</b>	34,0	<b>0,42</b>	70,5	0,31	32,6

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1985-2014 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 1,26 °C за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Восточносибирского района. Значение линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха в здесь составляет около 1,95 °C/30 лет. В последнем десятилетнем периоде отмечается появление отрицательного тренда в изменениях температуры воздуха Чукотского района. Однако значения тренда статистически незначимы. 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 северной части Гренландского и Норвежского морей и в районе моря Лаптевых значения линейного тренда соответственно составили 1,65 и 2,13 °C/30 лет (табл.1.7).

Таблица 1.7

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

Море, часть моря	1936-2014		1985-2014		2005-2014	
	<b>Vx</b>	<b>D</b>	<b>Vx</b>	<b>D</b>	<b>Vx</b>	<b>D</b>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	<b>0,18</b>	58,4	<b>0,55</b>	76,0	0,25	26,8
Баренцево море	0,07	20,4	<b>0,38</b>	41,5	0,29	11,1
Карское море	0,05	15,1	<b>0,42</b>	50,3	0,30	10,8
Море Лаптевых	<b>0,10</b>	26,6	<b>0,71</b>	60,6	0,59	27,3
Восточно-Сибирское море	<b>0,16</b>	41,0	<b>0,52</b>	49,2	-0,75	23,5
Чукотское море	<b>0,17</b>	45,7	0,34	34,4	-0,88	24,6
Море Бофорта	<b>0,15</b>	42,4	0,30	30,1	0,87	27,3
Северная часть Канадского района	0,05	14,9	<b>0,51</b>	47,0	-0,36	10,4

Примечание: Vx – значение линейного тренда в °C/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 2014 г. выпало выше нормы на 3,1 %. К югу от 70 °с.ш. осадков выпало больше, чем к северу, соответственно 107,4 и 99,3 % от нормы. Ниже нормы осадков выпало в Атлантическом и Чукотском районах (табл.1.8). Около нормы осадков выпало в районах – Североевропейском и Восточносибирском, а наибольшее количество осадков летом 2014 г. наблюдалось в Западносибирском и Аляскинском районах (на 16 и 18 % выше нормы).

Таблица 1.8

#### Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков теплого сезона 2014 г.

Клим. район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	89,5	1964 (120,5)	1968 (75,2)
Североевропейский	100,4	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	115,5	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	101,4	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	91,4	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	117,6	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	108,9	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	107,4	1954 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	99,3	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	103,1	1954 (117%)	1980 (90%)

В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков теплого сезона за весь период (с 1936 по 2014 гг.) 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 теплого сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков теплого сезона за период 1936-2014 гг. является тенденция уменьшения жидких осадков в целом по региону (на 1,6 % от нормы 1961-1990 гг.) и к северу от 70°с.ш. (на 6,0 % от нормы). Статистически значимый (на 5-% уровне значимости) рост осадков теплого сезона обнаруживается только в Канадском районе (на 14,4 % от нормы).

В арктических морях в теплом сезоне за весь период преимущественно преобладает тенденция уменьшения осадков. Более всего уменьшилось количество осадков в морях евразийского сектора. Уменьшение сумм осадков составило здесь от 3 до 31% 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 тенденция изменения осадков теплого периода близка к нулю.

Таблица 1.9

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

Район, широтная зона	<i>Vx</i>	% от нормы	<i>D</i>	<i>Vx</i>	% от нормы	<i>D</i>
	1936-2014			1985-2014		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	-0,65	-1,4	4,3	-5,10	-4,1	13,0
Скандинавия и север ЕТР	2,72	8,7	18,7	1,04	1,3	2,8
Западная Сибирь	-2,47	-7,9	17,1	2,63	3,2	7,1
Восточная Сибирь	0,42	1,9	4,7	3,65	6,3	16,0
Чукотка	-0,27	-1,3	2,1	2,77	5,1	8,9
Аляскинский (южная часть)	-0,72	-2,9	3,7	6,40	9,8	14,4
Канадский (южная часть)	<b>3,19</b>	17,0	37,1	-1,22	-2,5	5,6
60-70° с.ш.	0,37	1,3	6,4	1,65	2,2	10,5
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,60	3,9	5,5	2,54	6,2	9,7
Баренцево море	-0,50	-2,6	4,4	2,50	4,9	11,6
Карское море	-1,22	-7,8	12,5	0,56	1,4	1,9
Море Лаптевых	<b>-3,10</b>	-19,3	30,2	-3,92	-9,3	18,1
Восточно-Сибирское море	<b>-4,63</b>	-31,3	39,6	-9,06	-23,3	31,0
Чукотское море	<b>-3,75</b>	-22,8	25,7	-4,77	-11,0	15,1
Море Бофорта	0,89	7,9	10,8	-2,18	-7,4	10,8
Канадский (северная часть)	0,38	4,5	6,5	<b>-6,62</b>	-30,0	38,7
70-85° с.ш.	-0,86	-6,0	19,0	-0,58	-1,5	5,2
Атлантический	-0,23	-0,6	2,2	-2,55	-2,7	9,6
Североевропейский	1,53	5,8	14,3	1,88	2,7	7,3
Западносибирский	-1,95	-7,9	20,0	1,78	2,7	6,7
Восточносибирский	-0,93	-4,7	11,9	0,78	1,5	4,0
Чукотский	-2,24	-11,8	20,9	-0,55	-1,1	2,2
Аляскинский	-1,23	-5,6	7,5	-0,69	-1,2	2,0
Канадский	<b>2,14</b>	14,4	36,2	-3,24	-8,3	22,2
60-85° с.ш.	-0,37	-1,6	8,5	-0,17	-0,3	1,4

Примечание: Первый столбец – значение линейного тренда в мм/10 лет;

Второй столбец – изменение сумм осадков в % от среднесезонного значения за 1961-90 гг.;

Третий столбец – вклад тренда в полную дисперсию  $D\%$ ;

Жирным шрифтом выделены статистически значимые на 5% уровне тренды

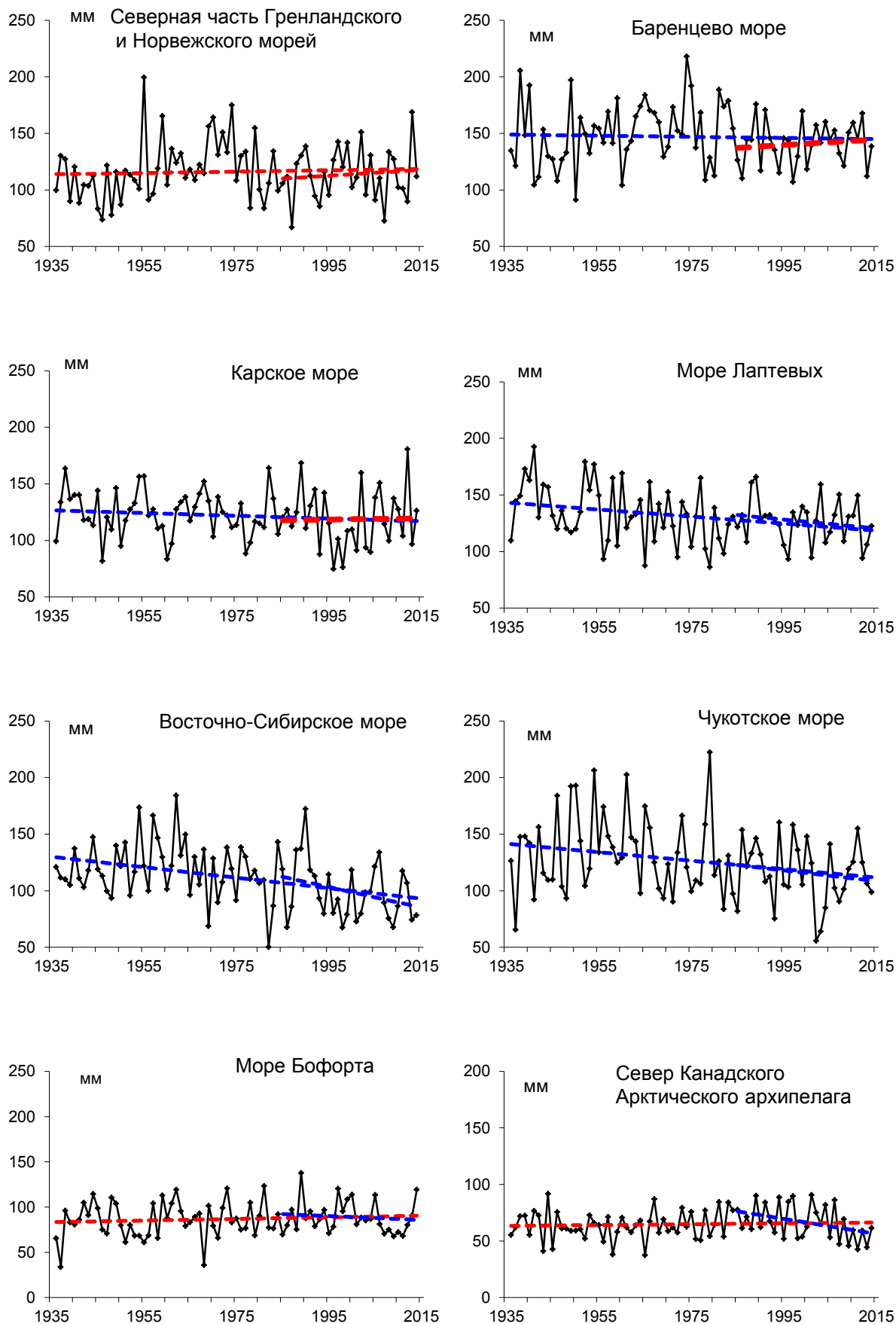


Рис. 1.13. Временные ряды сумм осадков теплого сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

## 2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2014 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле-сентябре 2014 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ», и ряде 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).

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

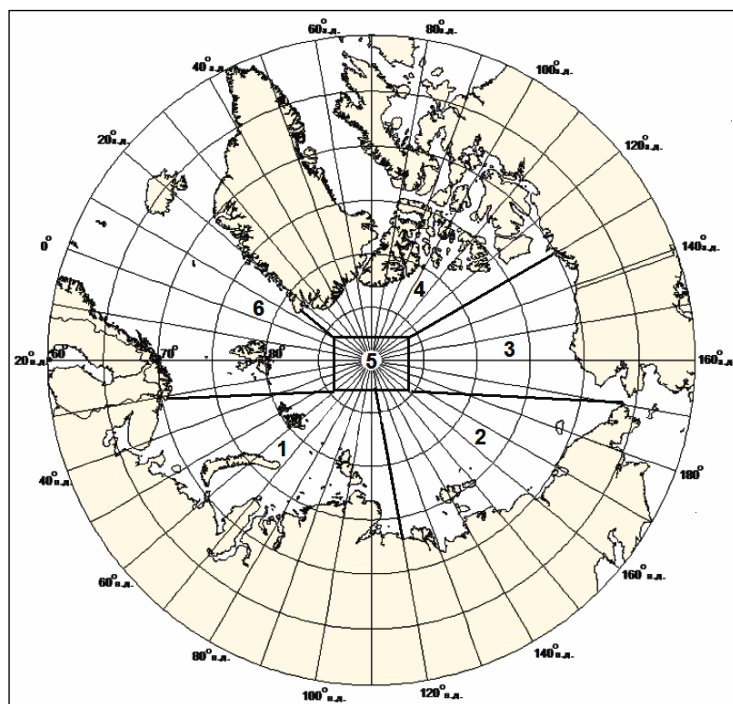
области по алгоритму NASATEAM за период с 26.10.1978 г. по настоящий момент времени, копируемые с сервера ИЦДСЛ;

- область расчета – Северная полярная область и ее регионы с использованием масок океан/суша ИЦДСЛ ([http://nsidc.org/data/polar\\_stereo/tools\\_masks.html](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 2014 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.



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

**Рис. 2.1. Квазиоднородные районы, выделенные в Северном Ледовитом океане**



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, сохранение значительного количества двухлетних льдов в северной части Восточно-Сибирского моря, смещение основного массива старых льдов в гренландский и канадский сектора Арктики.

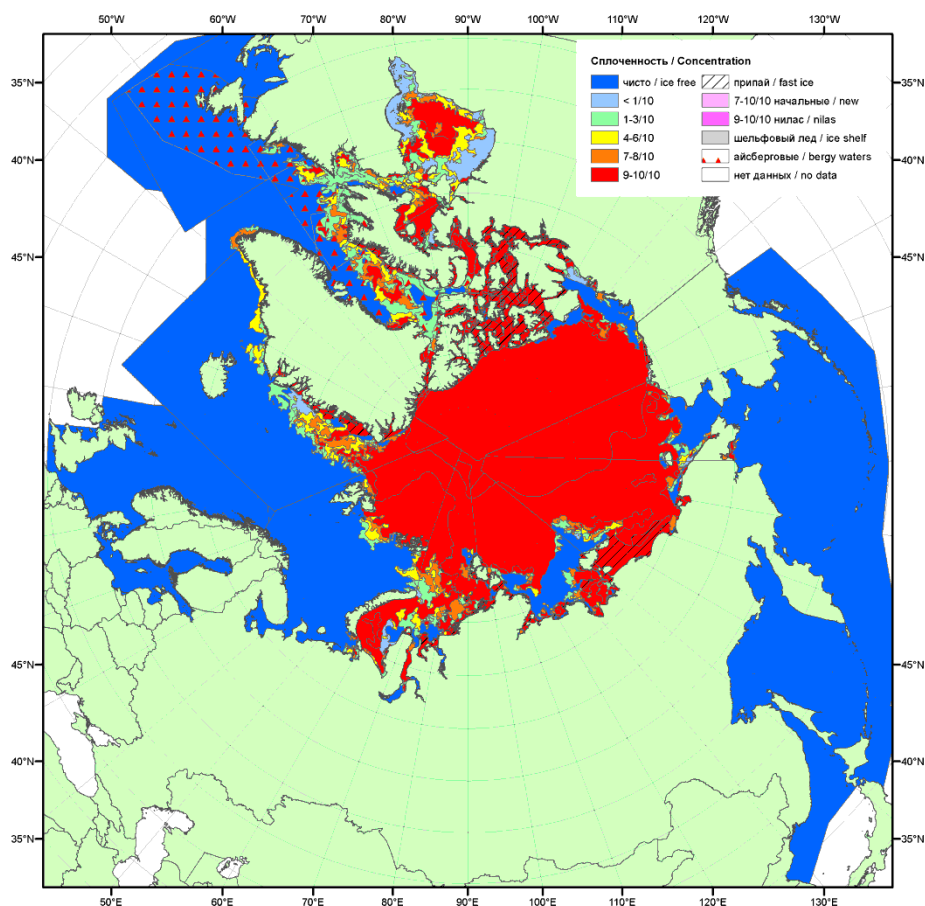
В структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды, которые составляли около 60-65% от общего количества льда. Около 35-40% от общего количества льда составляли старые льды. Однолетние льды занимали западный и восточный районы российского сектора Арктики (районы 1, 2) и прибрежную часть аляскинского сектора Арктики (район 3). Старые льды наблюдались преимущественно в канадском и гренландском секторах Арктики (районы 4 и 6), в части приполюсного района (район 5) и в мористой части аляскинского сектора Арктики (район 3).

В июне наблюдалось чрезвычайно быстрое очищение морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева и Лаптевых. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. Очищение в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом выносного характера из этих морей, адвекции тепла в эти районы, постоянного наличия запримайных полыней и последующего развития тепловых процессов таяния и разрушения льда.

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 среднемноголетних значений ледовитости – на 20-25% в морях Баренцевом и Лаптевых. В этих морях в начале летнего периода сформировались крупные зоны чистой воды, которые способствовали дальнейшему теплонакоплению и очищению этих районов.

В морях восточного района российского сектора Арктики и в море Бофорта также сформировались отрицательные аномалии ледовитости, но они были незначительно меньше нормы, не более 5-10%.

На таком благоприятном фоне, который сформировался в начале летнего периода и особенно хорошо проявился в западных окраинных морях российского сектора Арктики, начались летние процессы (рис.2.2).



**Рис. 2.2. Распределение льда по сплоченности в конце июня 2014 г.**

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градам на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль-сентябрь 2014 г. приведены на рисунках 2.3–2.11.

В июле продолжалось интенсивное очищение западных Арктики (Баренцева, юго-западной части Карского и Лаптевых) и Чукотского морей. К концу июля значительная часть акватории этих морей очистилась от дрейфующих льдов, аномалии ледовитости составили  $-35\ldots-60\%$ . Большое количество льда сохранялось в северо-западной части Карского, Восточно-Сибирском морях и море Бофорта. Развитие ледовых условий в этих районах наблюдалась близко к среднемноголетнему значению (рис. 2.3).

Дрейф ледяного покрова приведен на рис. 2.4. В поле дрейфа льда наблюдалось хорошо выраженное развитие всех основных структур дрейфа – Трансарктического переноса льда и Канадского антициклонического круговорота.

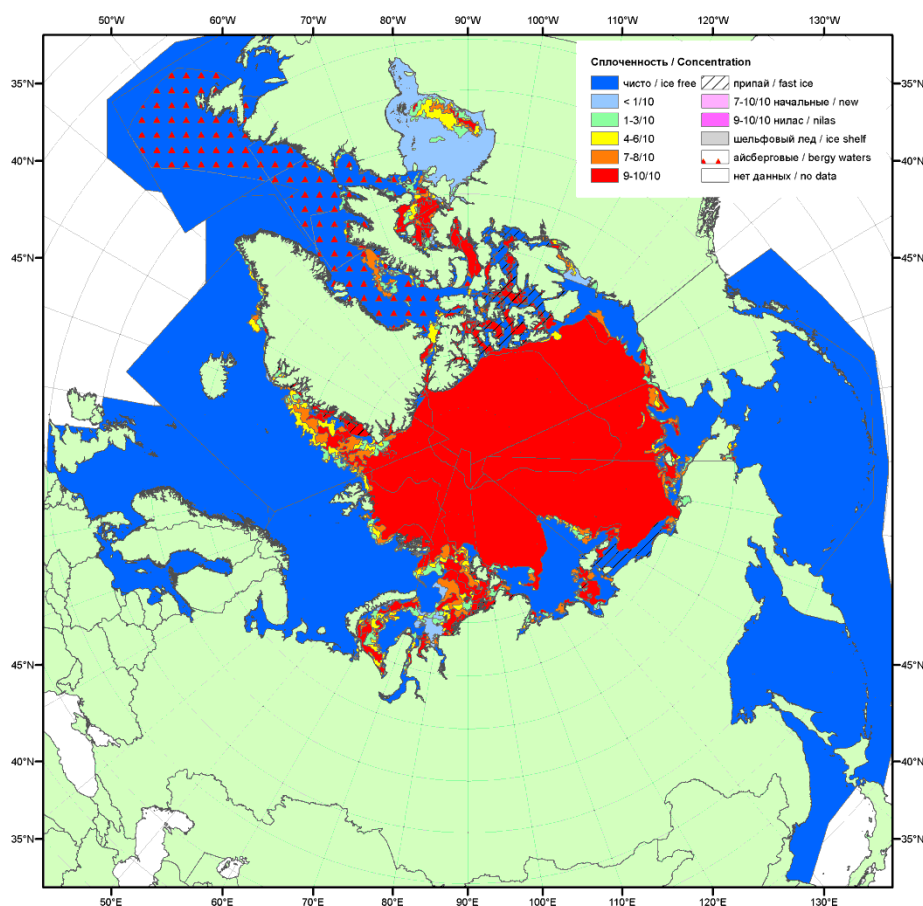
Стрежень Трансарктического переноса льда располагался на линии северная часть моря Лаптевых – северное побережье Гренландии. Наблюдался интенсивный вынос льда из моря Лаптевых.

Центр Канадского антициклонического круговорота был смещен к полюсу и располагался на 80 параллели, в северной части моря Бофорта. Его развитие обусловило поступление старых

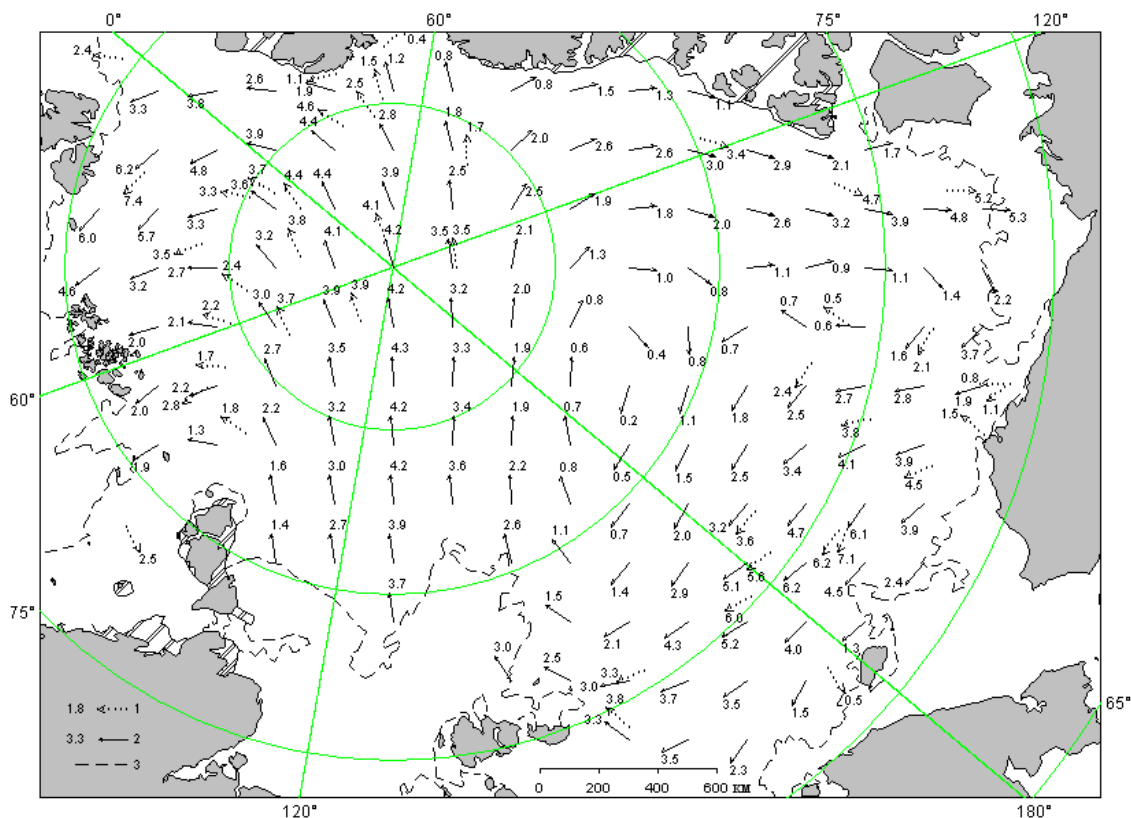
льдов в море Бофорта, интенсивный прибрежный перенос старых льдов вдоль побережья Аляски и поступление этих льдов в северные части морей Чукотского и Восточно-Сибирского. Канадского антициклонического круговорот поддерживал поступление льдов в моря восточного района российского сектора Арктики, и обеспечил сохранение в них значений ледовитости, близких к норме.

Общая ледовитость Северного Ледовитого океана в июле была меньше нормы (рис. 2.13, а). Основной вклад в формирование отрицательной аномалии ледовитости и поля сплоченности льда, вносили окраинные западные моря и море Лаптевых (зоны выделенные синим цветом). Положительные аномалии сплоченности льда наблюдались в морях Восточно-Сибирском и Бофорта, а также в приполюсном районе и районе Гренландии, куда был направлен основной вынос льдов (рис. 2.5 б, зоны, выделенные зеленым и красным цветами).

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

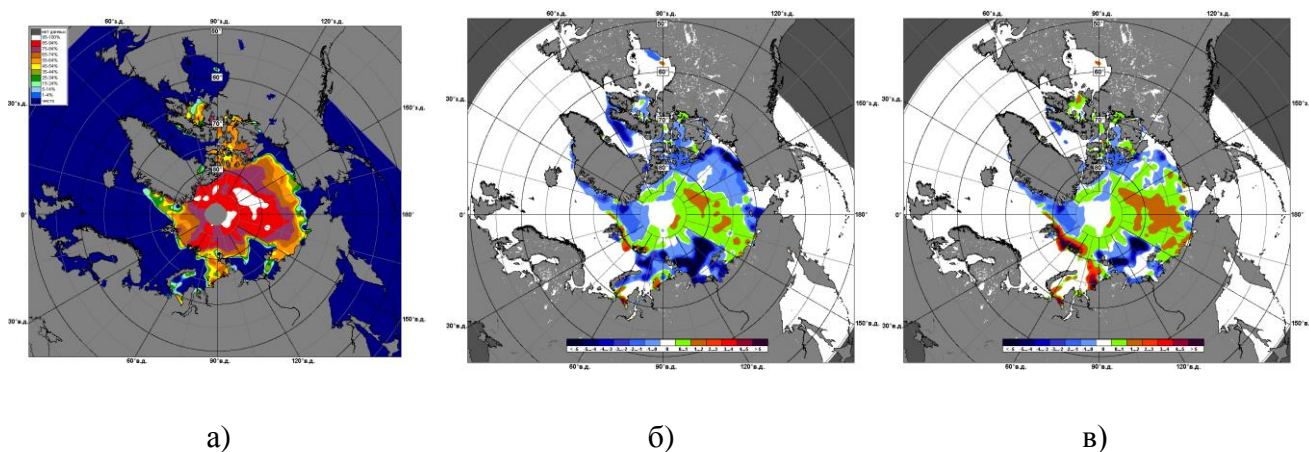


**Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта за 14–22.07.2014 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США**



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 2014 г.**



**Рис. 2.5. Медианное распределение сплоченности льда в июле 2014 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2014 (б) и 2002-2014 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM**

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, Лаптевых). Вместе с

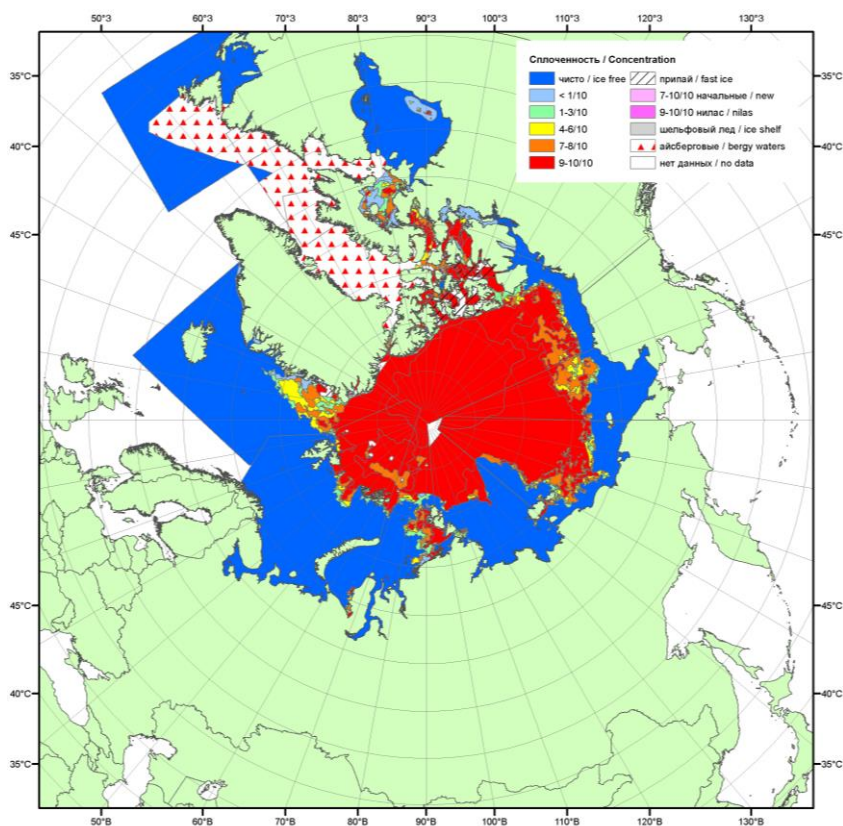


тем очень быстро очистилось также вся прибрежная часть моря Бофорта и значительная часть Чукотского морей.

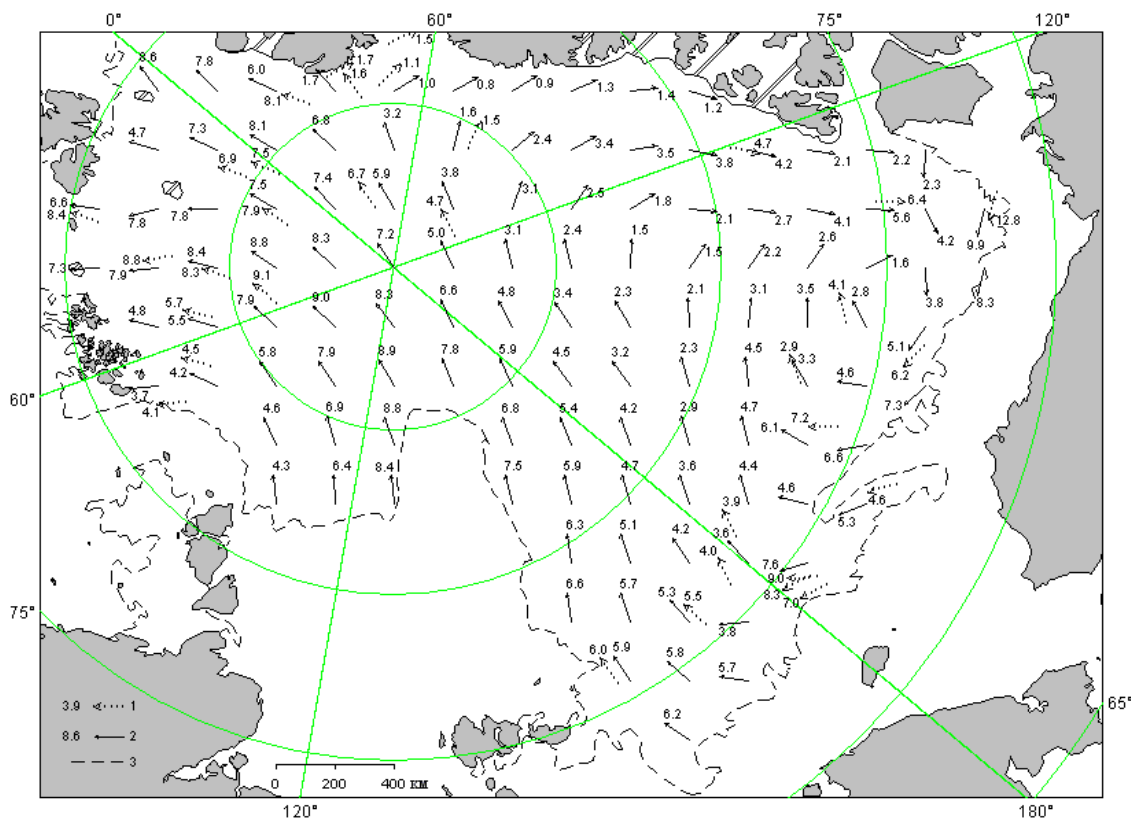
Граница отступления дрейфующих льдов на север в море Лаптевых в августе 2014 г. превзошла, наблюдавшиеся исторические минимумы развития ледяного покрова в 2007 и 20012 гг. Сохранялось большое количество льда, среди которых наблюдались двухлетние льды в северо-восточной части Карского моря и Восточно-Сибирского морях (рис. 2.6).

В августе, в поле дрейфа льда существенных изменений не наблюдалось. Трансарктического перенос льда сохранил свое положение и обусловил экстремальный отход границы дрейфующих льдов к северу в море Лаптевых. Канадский антициклонический круговорот также был развит и поддерживал поступление льдов в морях Бофорта, Восточно-Сибирском и Чукотском (рис. 2.7).

В результате смещения массива арктических льдов к побережью Гренландии и островам Канадского арктического архипелага, принося льда в моря Бофорта и Восточно-Сибирское, в этих районах сформировались положительные аномалии сплоченности льда (рис. 2.8., зоны зеленого и красного цветов). В результате интенсивного таяния и разрушения льда в морях Гренландском, Баренцевом, Карском и Лаптевых в поле сплоченности льда сформировались отрицательные аномалии (рис. 2.8, зоны синего цвета).

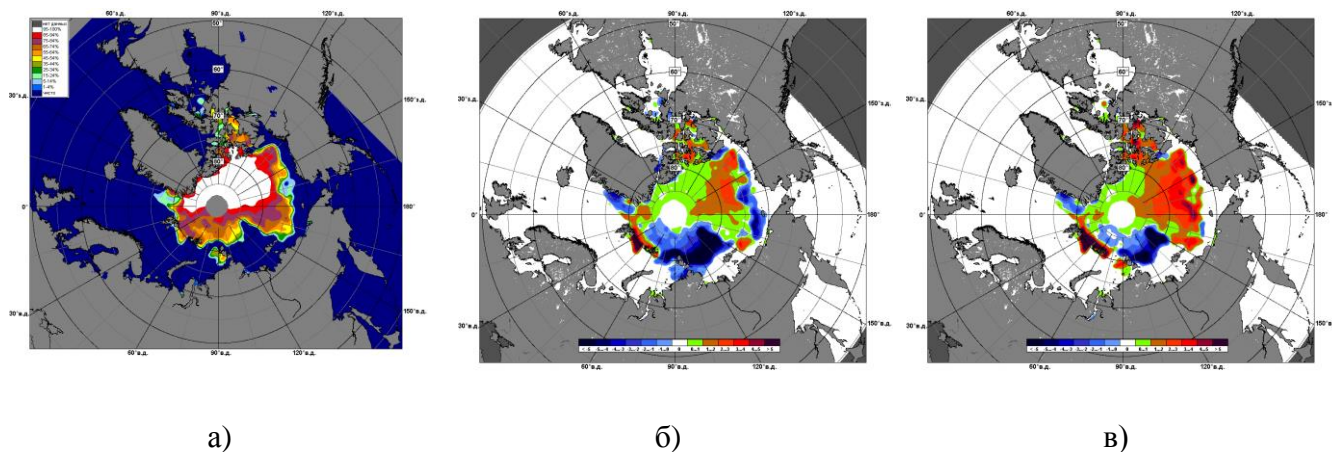


**Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта за 11-19.08.2014 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США**



1 – направление (стрелка) и скорость (3.9 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 2014 г.**



**Рис. 2.8. Медианное распределение сплоченности льда в августе 2014 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2014 (б) и 2002-2014 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM**

В течение первой половины сентября продолжалось сокращение площади ледяного покрова в СЛО. Уменьшение ледовитости отмечалось в окраинных морях, в которых сохранились остаточные льды – северо-восток Карского, Восточно-Сибирское, Бофорта.

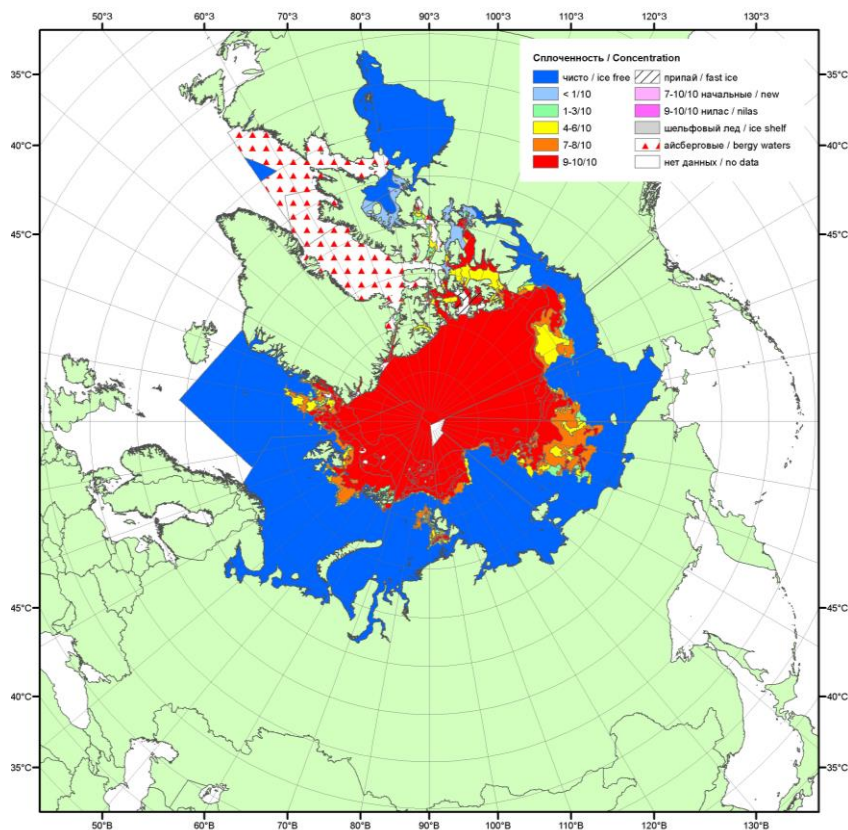
В середине сентября в прикромочной зоне к северу от широты 80 °с.ш. началось ледообразование. В конце сентября волна ледообразования подошла к северным границам

арктических морей. Ледообразование также начало отмечаться в зонах остаточных льдов в морях Карском, Восточно-Сибирском, Бофорта.

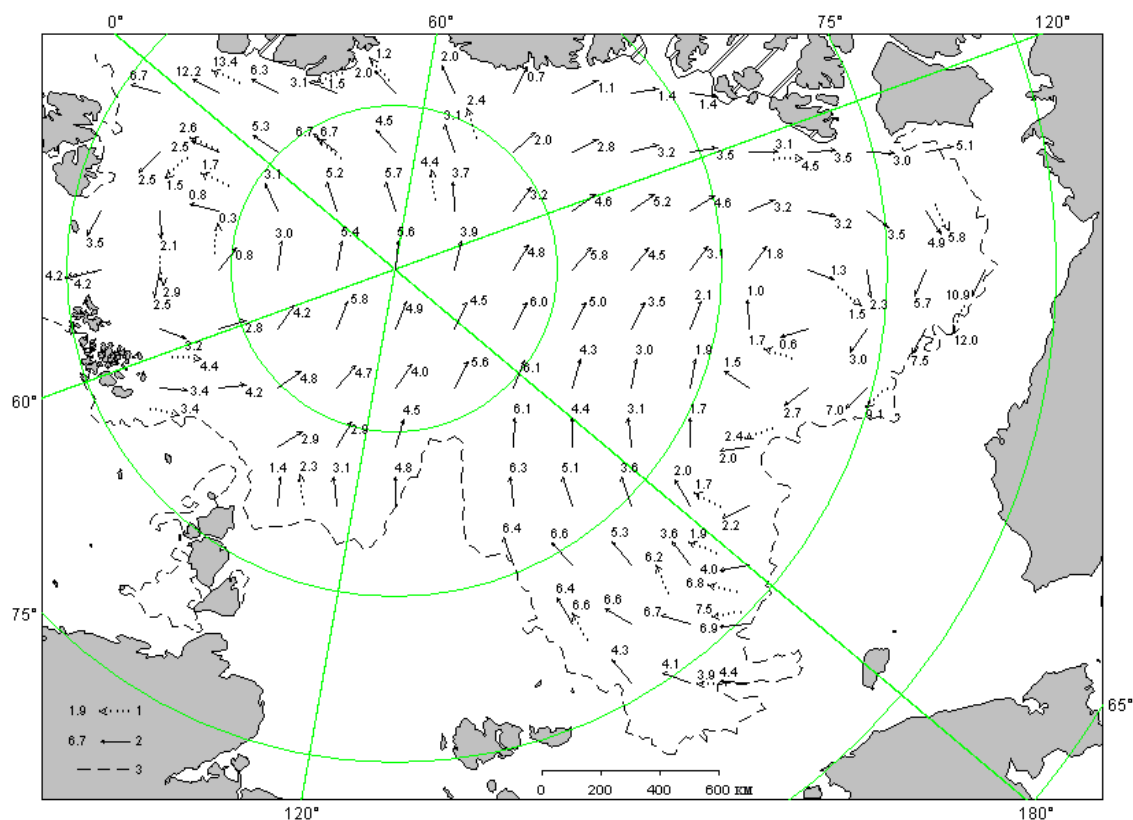
Основная масса льдов, сохранившихся после периода летнего таяния в Северном Ледовитом океане, была смещена в приполюсный район, гренландский и канадский сектора Арктики. Большие массивы остаточных льдов наблюдались в морях Карском, Восточно-Сибирском и Бофорта (рис. 2.9).

Дрейф ледяного покрова приведен на рисунке 2.10. В сентябре, в поле дрейфа льда существенных изменений не наблюдалось. Трансарктического перенос льда сохранил свое положение и поддерживал вынос льдов из моря Лаптевых. Канадский антициклонический круговорот также был развит и поддерживал поступление льдов в моря Бофорта и Восточно-Сибирское.

В сентябре сохранились значительные отрицательные аномалии сплоченности льда в морях западного района российского секторов Арктики (рис. 2.11, зоны темно-синего цвета). Положительные аномалии сплоченности сохранялись в целом во всей восточной части СЛО – в канадском и восточном районе российского секторов Арктики (рис. 2.11 б, зоны зеленого и красного цветов).

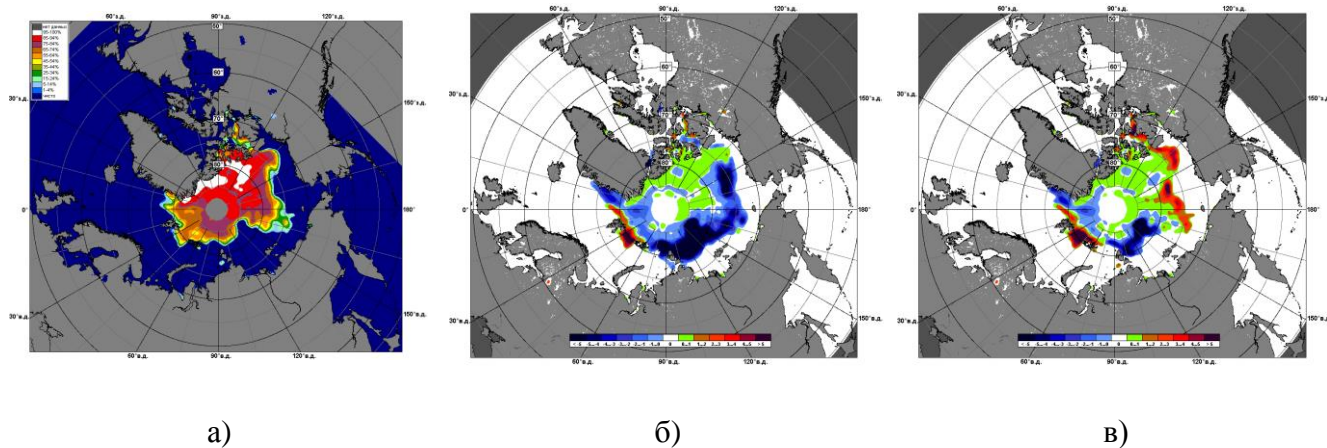


**Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта за 15-16.09.2014 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США**



1 – направление (стрелка) и скорость (1.9 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 2014 г.**



**Рис. 2.11. Медианное распределение сплоченности льда в сентябре 2014 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2014 (б) и 2002-2014 гг. (в) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM**

По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий АНИИ, под руководством В.М. Смоляницкого, общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2014 г. составила 5,1 млн. км<sup>2</sup> при норме 6,3 млн. км<sup>2</sup>, что на 19% меньше среднемноголетних значений. Вместе с тем нужно отметить, что значение общей ледовитости СЛО и в одном из его крупных секторов превзошли среднее значение ледовитости за последнее десятилетие (с 2004-2014 гг.).



Ледовитость в СЛО и в западном секторе 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря) в 2014 г. в среднем оказалась выше на 145-150 тыс. км<sup>2</sup>, чем средняя ледовитость, наблюдавшаяся в этих районах за последние десять лет. В двух других крупных секторах – секторе 95°E-170°W (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское) и секторе 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) ледовитость в середине сентября 2014 года оказалась на 90-140 тыс. км<sup>2</sup> меньше среднемноголетней ледовитости последнего десятилетия (с 2004-2014 гг.).

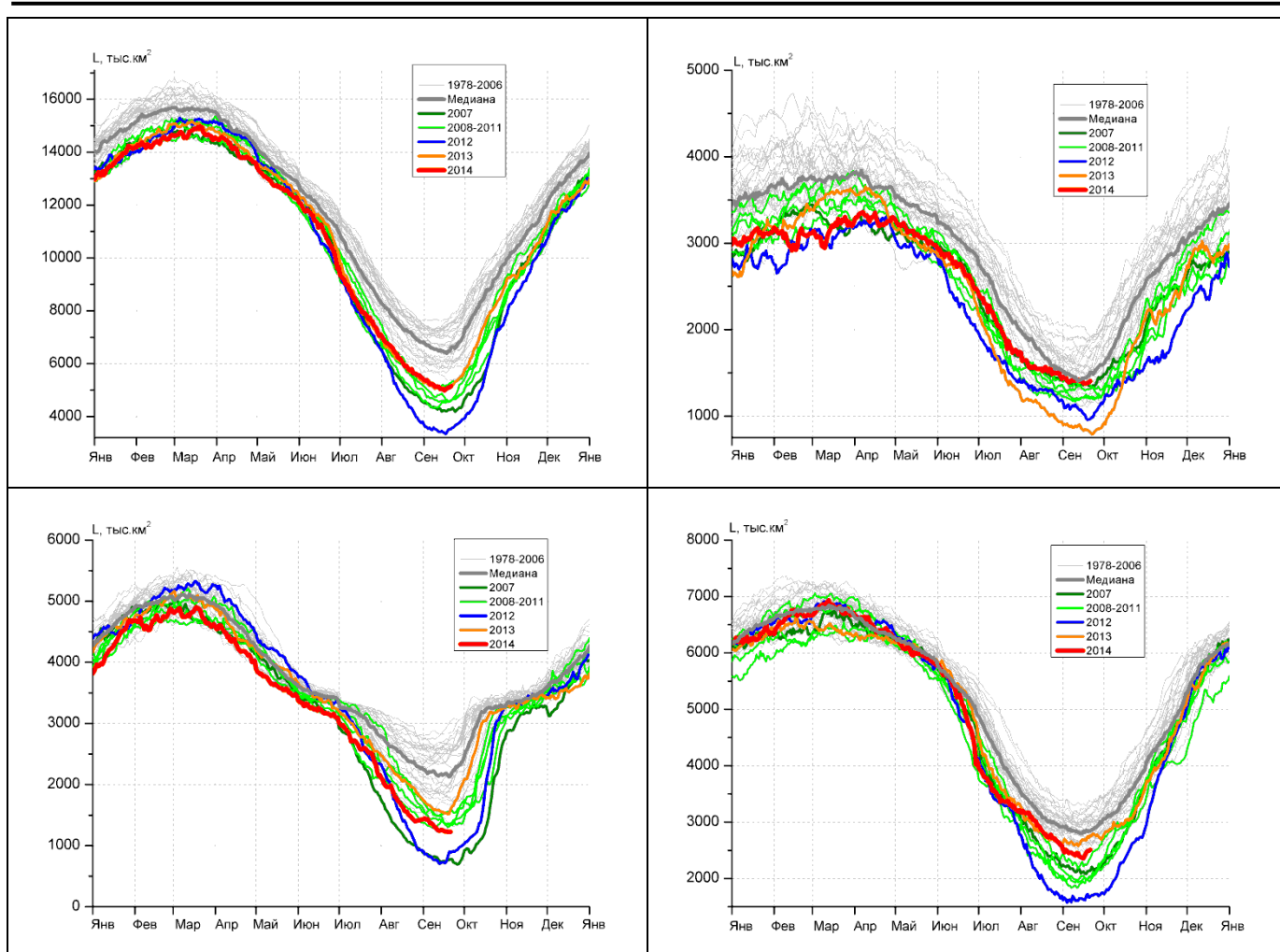
Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на сентябрь, а также сравнение с ледовитостями ряда лет, начиная с 2009 г., приведены в таблице 3.1.

На рисунке 2.13 приведены ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северной полярной области и ее отдельных секторов за период с 26.10.1978 по 21.09.2014 по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM. Ход общей ледовитости показывает, что практически весь зимний, весенний и летний периоды количество льда в целом по СЛО было меньше среднемноголетнего значения (нормы за 1978-2014 гг.), но превышала значения ледовитости за последнее пятилетие.

Таблица 3.1

**Значения ледовитости за 15 – 21 сентября 2014 г. и её аномалии от значений периодов 2004-2014 гг. и 1978-2014 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS**

Месяц	S, тыс. км <sup>2</sup>	Аномалии, тыс км <sup>2</sup> /%						
		2009 г	2010 г	2011 г	2012 г	2013 г	2004-2014гг	1978-2014гг
15-21.09	5065.1	-192.9	373.4	502.8	1619.5	-23.6	144.7	-1168.6
		-3.7	8.0	11.0	47.0	-0.5	2.9	-18.7
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)								
Месяц	S, тыс. км <sup>2</sup>	Аномалии, тыс км <sup>2</sup> /%						
		2009 г	2010 г	2011 г	2012 г	2013 г	2004-2014гг	1978-2014гг
15-21.09	1388.4	-6.4	67.3	165.3	396.4	553.3	147.6	-74.9
		-0.5	5.1	13.5	40.0	66.3	11.9	-5.1
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское)								
Месяц	S, тыс. км <sup>2</sup>	Аномалии, тыс км <sup>2</sup> /%						
		2009 г	2010 г	2011 г	2012 г	2013 г	2004-2014гг	1978-2014гг
15-21.09	1233.9	-308.0	-92.8	-128.6	444.7	-308.2	-139.6	-815.4
		-20.0	-7.0	-9.4	56.4	-20.0	-10.2	-39.8
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)								
Месяц	S, тыс. км <sup>2</sup>	Аномалии, тыс км <sup>2</sup> /%						
		2009 г	2010 г	2011 г	2012 г	2013 г	2004-2014гг	1978-2014гг
15-21.09	2442.8	-39.8	-91.5	31.9	193.4	-132.6	-86.7	-703.0
		-15.2	-29.2	16.8	688.5	-37.5	-28.1	-76.0



**Рис. 2.13. 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 21.09.2014 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM.**



### 3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2014 г.

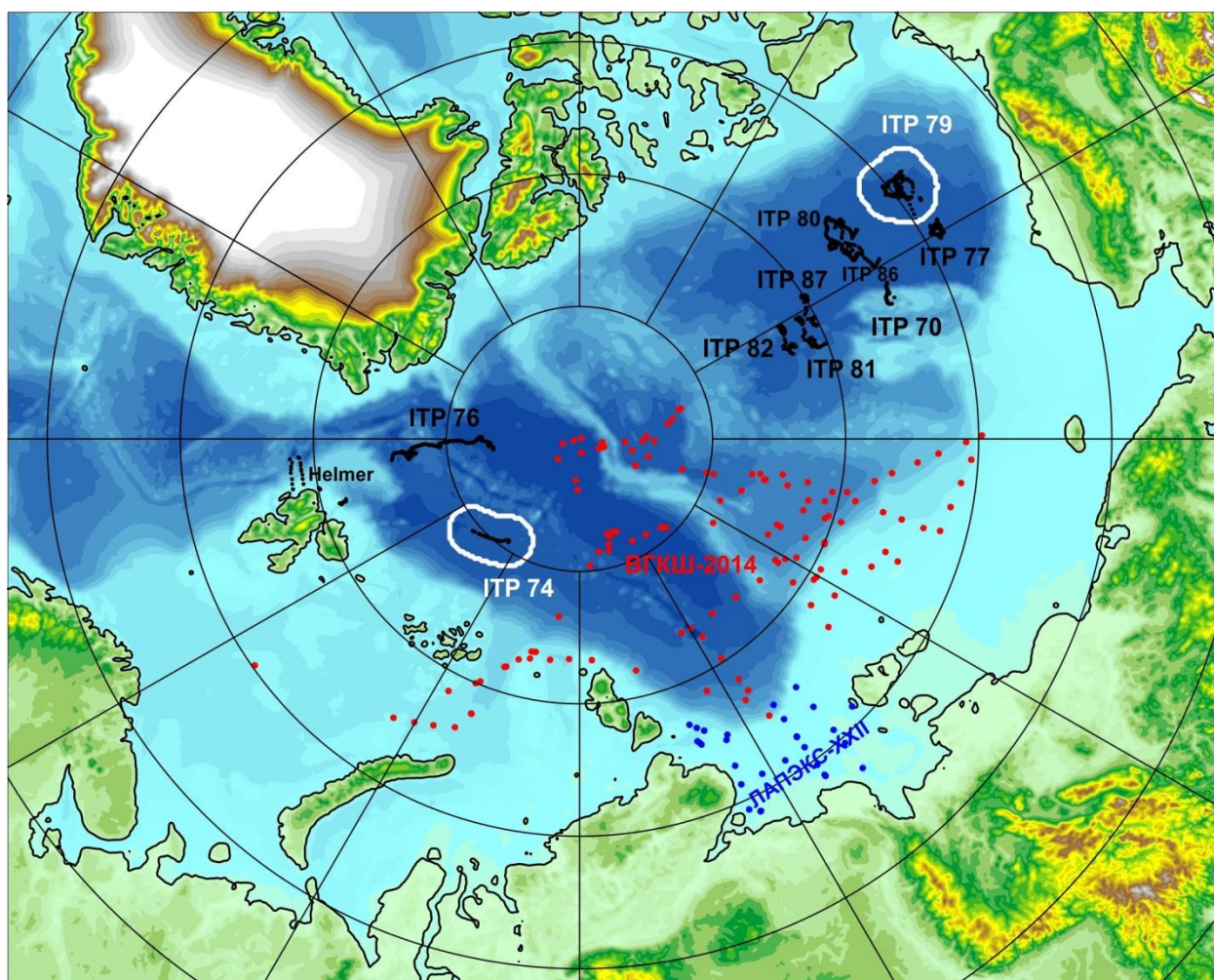
#### 3.1 Термохалинные условия

Океанографическая информация, пополнившая базу данных термохалинных характеристик (БДТХ) отдела океанологии ААНИИ и использованная для анализа термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в третьем квартале 2014 г., получена по данным 11 ИТР (Ice-Tethered Profiler) буев, оснащенных профилографами для измерения температуры и солености верхнего 760-метрового слоя вод, рейса научно-исследовательского судна «Хелмер Ханссен» (порт приписки: г. Тромсе, Норвегия), экспедиции по определению и обоснованию внешней границы континентального шельфа РФ (ВГКШ) на НЭС «Академик Федоров», российско-германской экспедиции ЛАПЭКС/TRANSDRIFT XXII на НИС «Виктор Буйницкий» (таблица 3.1.1, рисунок 3.1.1).

Таблица 3.1.1

**Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2014 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ**

№п/п	Источник	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 70	01.07.2014	15.07.2014	157
2	ИТР 74	01.07.2014	21.07.2014	34
3	ИТР 76	01.07.2014	30.09.2014	366
4	ИТР 77	01.07.2014	05.08.2014	373
5	ИТР 78	01.07.2014	02.07.2014	19
6	ИТР 79	01.07.2014	26.09.2014	474
7	ИТР 80	13.08.2014	30.09.2014	541
8	ИТР 81	16.08.2014	30.09.2014	91
9	ИТР 82	22.08.2014	30.09.2014	79
10	ИТР 86	15.08.2014	30.09.2014	93
11	ИТР 87	28.08.2014	30.09.2014	67
12	НИС «Helmer Hanssen»	07.08.2014	17.08.2014	67
13	ВГКШ на НЭС «Академик Федоров»	19.07.2014	30.09.2014	129
14	ЛАПЭКС/TRANSDRIFT XXII на НИС «Виктор Буйницкий»	14.09.2014	27.09.2014	29



**Рисунок 3.1.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2014 г. и занесенных в БД термohалинных характеристик отдела океанологии АНИИ**

### **3.1.1 Особенности вертикальной термohалинной структуры СЛО**

Для изучения особенностей термohалинной структуры СЛО в третьем квартале 2014 года был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенных группах океанографических станций. В качестве таковых использовались станции ITR 74 в котловине Нансена и ITR 79 в Канадской глубоководной котловине (рисунок 3.1.1). В каждой группе станций рассчитывались основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солености. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическими средними и их стандартными отклонениями, рассчитанными в период с 1900 по 2000 гг. для этих же районов. Область поиска исторических данных (рисунок 3.1.1, белые контуры) была на 50–100 км шире по сравнению с анализируемой группой станций.



Для анализа состояния термического режима атлантической водной массы (АВ) в северной части моря Лаптевых использовались данные, полученные экспедицией ВГКШ на НЭС «Академик Федоров».

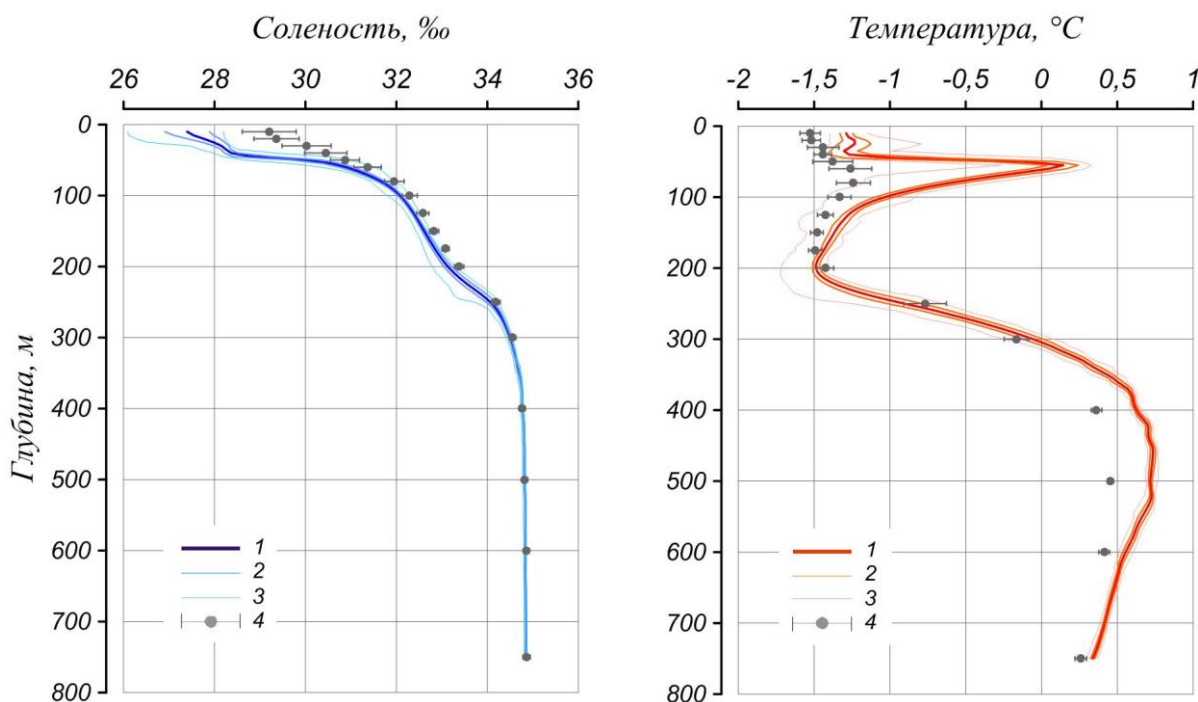
### *Амеразийский суббассейн*

В третьем квартале 2014 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в южной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 79 соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Соленость поверхностного слоя (27,4 ‰) по-прежнему демонстрирует существенное распреснение в сравнении с климатической нормой (29,2 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило чуть менее  $-2$  ‰ (рисунок 3.1.2). Температура верхнего перемешанного слоя была незначительно выше климатических значений и варьировалась около  $-1,3$  °С.

Под верхним перемешанным слоем глубже 30 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33 ‰. Наиболее высокие значения температуры слоя ЛТВ по данным ИТР 79 достигли  $0,3$  °С, а средние значения варьировались около  $0,1$  °С, что на  $1,4$  °С выше климатической нормы. Так же, как и в предыдущие несколько лет, глубина залегания нижней границы ЛТВ (170 м) больше по сравнению со средними значениями (120 м согласно климатическим данным).

На глубинах от 170 до 210 м в Канадской глубоководной котловине залегают так называемые зимние тихоокеанские воды, затекающие через Берингов пролив и смешивающиеся с водами Чукотского моря в холодный период. Эти воды в Арктическом бассейне характеризуются низкими значениями температуры и соленостью равной  $33,1$  ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет является заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 79 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 210 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на горизонте 180 м.

Глубже 210 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы. Верхняя граница слоя данной прослойки ( $0$  °С) по данным третьего квартала 2014 года располагалась на глубине 300–310 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило  $0,7$  °С, что на  $0,3$  °С выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры в третьем квартале 2014 г. практически полностью соответствуют значениям предшествующего 2013 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в СЛО.



**Рисунок 3.1.2 – Вертикальное распределение солености и температуры воды в южной части Канадской глубоководной котловины в июле – сентябре 2014 г. по результатам измерений профилографа ИТР 79**

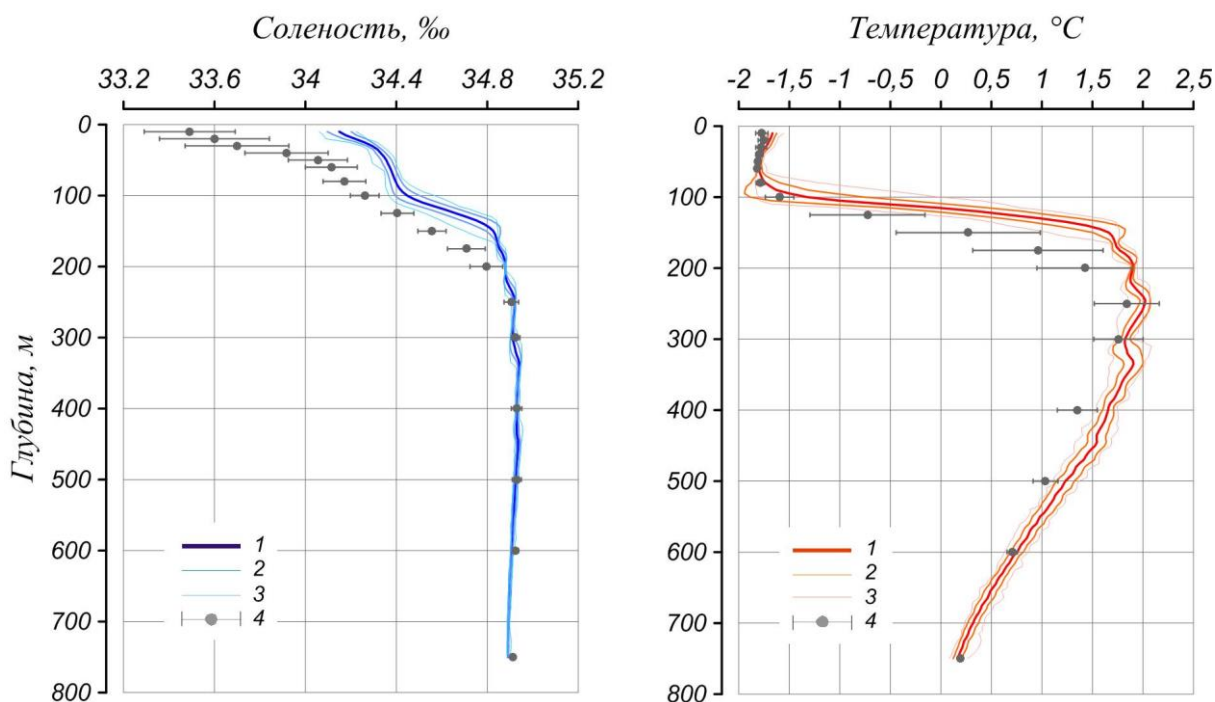
1 – профиль средних значений, 2 – область стандартного отклонения, 3 – минимальные и максимальные значения наблюдаемых характеристик, 4 – средние климатические значения и их стандартные отклонения, рассчитанные по историческим данным базы термохалинных характеристик СЛО отдела океанологии ААНИИ за июль – сентябрь в период с 1900 по 2000 гг.

### *Евразийский суббассейн*

Поверхностный слой котловины Нансена в районе дрейфа ИТР 74 в третьем квартале 2014 года характеризовался положительной аномалией солености и отсутствием аномалии в распределении температуры воды (рисунок 3.1.3). Значения поверхностной солености составили 34,1 ‰, что на 0,65 ‰ выше средних значений. Поверхностная температура превышала климатическое среднее всего на 0,1 °С.

По мере увеличения глубины, аномалии солености уменьшаются, пропадая на горизонте 250 м, а аномалии температуры воды увеличиваются, достигая максимума (+1 °С) в слое атлантической водной массы на горизонтах 150–200 м.

Максимальные значения температуры в ядре АВ на глубине 250 м достигли 2 °С, превышая климатическую норму на 0,2–0,3 °С. Помимо аномалии термического состояния продолжает прослеживаться аномалия в локализации ядра АВ и его границ. Верхняя граница АВ, определяемая по изотерме 0 °С, была расположена на глубине 110 м, что примерно на 40 м выше ее климатического положения.

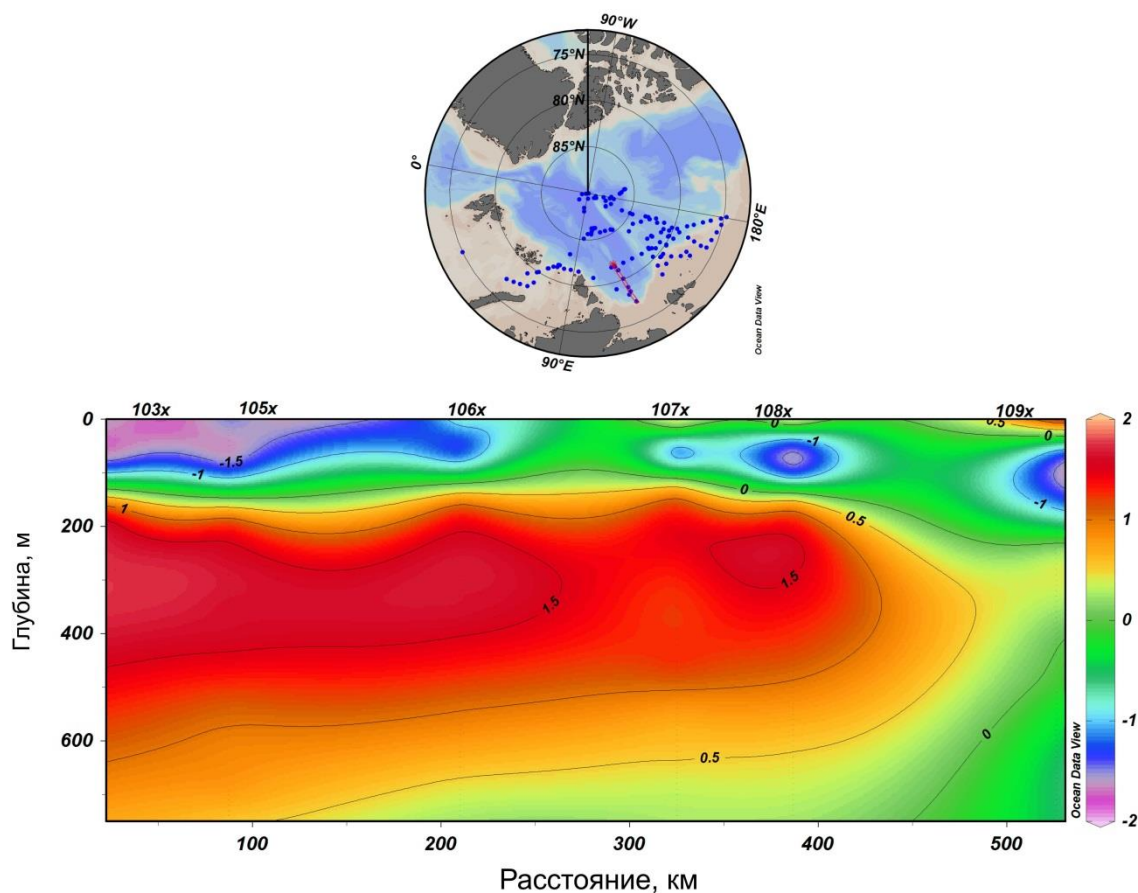


**Рисунок 3.1.3 – Вертикальное распределение солености и температуры воды в котловине Нансена в июле – сентябре 2014 г. по результатам измерений профилографа ИТР 74. Условные обозначения см. рисунок 3.1.2.**

#### *Результаты океанографических наблюдений экспедиции ВГКШ–2014 на НЭС*

##### *«Академик Федоров»*

Для исследования термического состояния атлантической водной массы (АВ) в экспедиции ВГКШ–2014 на НЭС «Академик Федоров» был выполнен меридиональный океанографический разрез, условно вдоль  $122^{\circ}$  в.д., в северной части моря Лаптевых. Верхняя граница слоя АВ расположена на глубине 130 м. Максимальная температура ( $+1,78^{\circ}\text{C}$ ) в слое АВ наблюдалась в северной части разреза на горизонте 260 м (рисунок 3.1.4). В южной части разреза на станции № 108х максимальная температура в ядре АВ составила  $+1,63^{\circ}\text{C}$  на глубине 230 м. Полученные значения температуры в ядре АВ превышают климатическую норму на  $0,6\text{--}0,8^{\circ}\text{C}$  и соответствуют значениям летнего периода 2013 г., когда максимальная температура в ядре АВ в рассматриваемом районе (разрез вдоль  $126^{\circ}$  в.д.) составляла  $1,7\text{--}1,8^{\circ}\text{C}$  по данным экспедиции НАБОС-2013.



**Рисунок 3.1.4 – Распределение температуры воды на меридиональном разрезе условно вдоль 122° в.д.**

На разрезе вдоль 144° в.д. максимальная температура АВ составила 1,56 °С на горизонте 270 м, что на 0,9 °С выше климатической нормы (рисунок 3.1.5). Для сравнения в аналогичный период 2013 г. ядро АВ имело температуру 1,3–1,4 °С на разрезе вдоль 142° в.д.

Разрез, представленный на рисунке 3.1.6, выполнен от района Северного полюса через котловины Макарова и Подводников до внешнего шельфа Восточно-Сибирского моря. На всем протяжении разреза прослеживается слой атлантической водной массы с верхней границей в пределах 160–220 м с четко выраженными струями повышенных температур воды. Максимальная температура в слое АВ наблюдалась в районе Северного Полюса и составила 1,30 °С на горизонте 300 м (станция № 37х). Более высокие значения температуры в северной части разреза связаны, по всей видимости, с влиянием струи АВ,двигающейся в северном направлении вдоль хребта Ломоносова от границы морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

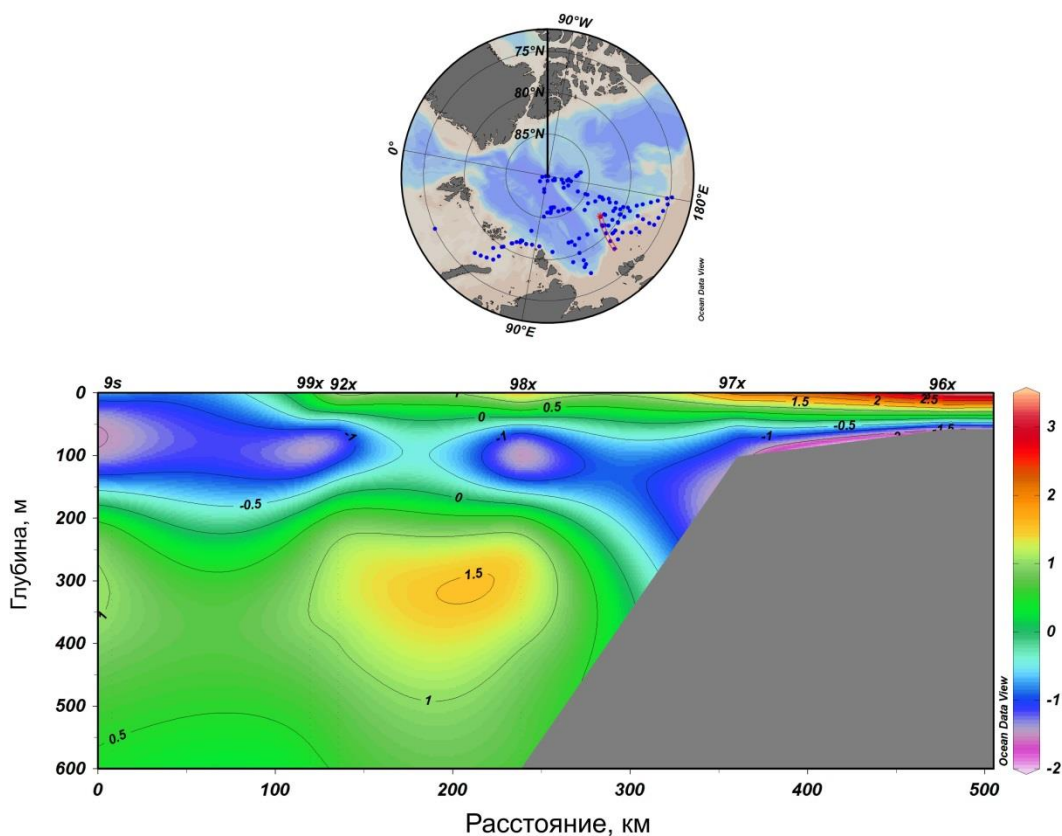


Рисунок 3.1.5 – Распределение температуры воды на разрезе условно вдоль 144° в.д.

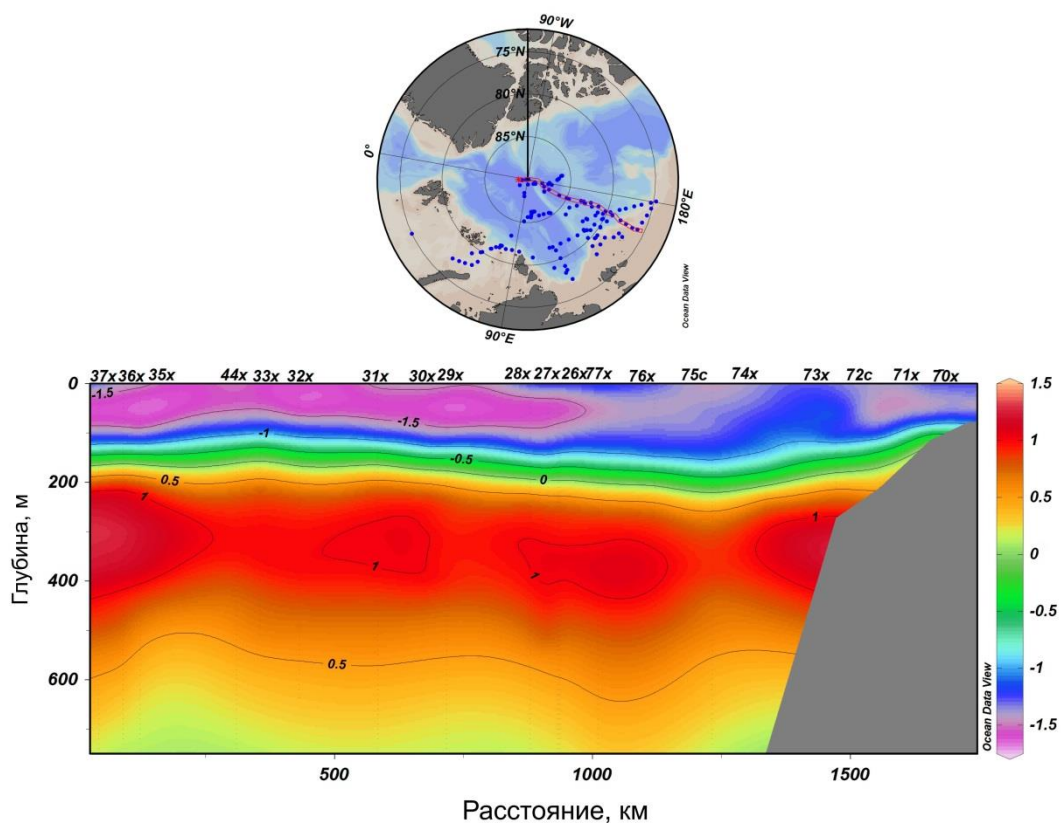


Рисунок 3.1.6 – Распределение температуры воды на разрезе от Северного Полюса до шельфовой части Восточно-Сибирского моря условно вдоль 167° в.д.

### **Основные выводы**

Согласно результатам наблюдений, выполненных в третьем квартале 2014 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Поверхностная соленость в Американо-Азиатском суббассейне в среднем на 1,8 ‰ меньше по сравнению с климатическими значениями. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра АВ, значение которой варьируется от +0,3 °С в Канадской котловине до +1,0 °С в котловине Нансена. Температура ядра АВ в районе континентального склона моря Лаптевых превышает климатическую норму на 0,7 °С. Помимо аномалии термического состояния АВ продолжает прослеживаться аномалия в положении ее границ. Так верхняя граница АВ залегает на 40 м выше по сравнению с климатическим положением. Так же, как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенными значениями температуры, превышающими климатическую норму на 1,4 °С.

В заключение можно отметить, что термохалинное состояние вод СЛО в третьем квартале 2014 года почти полностью соответствует аналогичному периоду 2013 года.

### **3.2 Гидрохимические наблюдения**

Сведения о гидрохимических условиях отдельных акваторий арктических морей в третьем квартале 2014 года базировались на результатах исследований, выполненных в экспедиции «ЛАПЭКС-2014» в сентябре 2014 г. в шельфовой части моря Лаптевых. В экспедиции выполнялась расширенная программа гидрохимических определений, включавшая в себя полное определение параметров цикла азота, определения растворенного кислорода, общего и неорганического фосфора, силикатов, элементов карбонатной системы (щелочности и водородного показателя рН).

Всего в рейсе выполнено более 240 определений растворенного кислорода, в 240 пробах определено содержание кремния, органического и неорганического фосфора, рН, выполнено 250 определений комплекса параметров цикла азота (общего азота, аммония, нитратов и нитритов). В результате чего был собран обширный материал для исследования гидрохимического режима моря Лаптевых.

По данным рейса зона влияния речного стока распространялась на центральную и юго-восточную часть моря (рисунок 3.2.1). Концентрации кремния в поверхностном слое составляли 13–18 мкмоль/л в юго-восточной и 13–22 мкмоль/л в центральной части моря. Содержание фосфатов 0,50–0,62 мкмоль/л в центральной части и 0,36–0,54 мкмоль/л в юго-восточной части моря Лаптевых. Распространение речного стока осенью 2014 года в море Лаптевых было характерным для среднемноголетнего распределения речных вод по акватории моря Лаптевых (рисунок 3.2.1).



Несмотря на то, что содержание биогенных элементов в центральной части моря несколько выше, чем в юго-восточной части моря, распределение солености и общей щелочности в поверхностном слое моря свидетельствуют о том, что юго-восточная часть моря в большей степени занята водами речного происхождения, чем центральный район. При допущении, что щелочность поверхностного слоя моря Лаптевых определяется главным образом смешением речных вод и поверхностных арктических вод, так как при таянии и образовании морского льда общая щелочность морской воды остается практически постоянной, можно оценить долю речных вод для разных районов моря.

По результатам расчетов доля речных и морских вод в юго-восточной части моря в поверхностном слое составляет соответственно 0,22 и 0,78, тогда как для центрального района – 0,10 и 0,90. Несмотря на то, что доля речных вод в центральной части моря меньше, чем в юго-восточной части моря, мощность толщины слоя речных вод в центральной, юго-восточной и в юго-западных частях моря одинаковая и не превышает 15 м, исключение составляет район возле о. Столбовой, где квазиоднородный слой воды, вызванный мощным материковым стоком составляет 0–25 м, при глубине 30 м (рисунок 3.2.2).

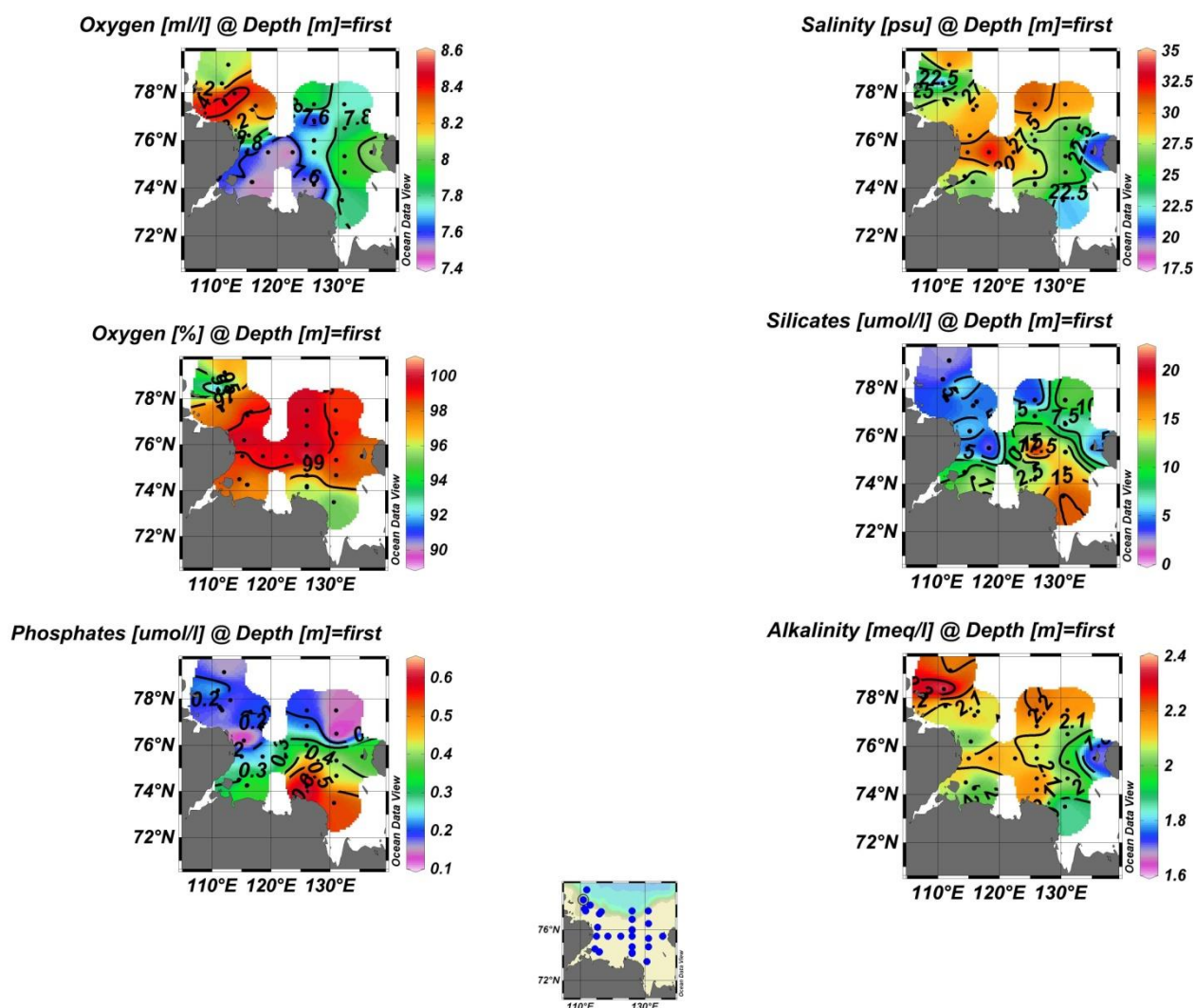


Рисунок 3.2.1 – Распределение гидрохимических параметров в поверхностном слое моря Лаптевых в сентябре 2014 г.

Ядро атлантической трансформированной водной массы, залегающее на глубине 200 м на станции № 17, характеризуется относительно пониженным содержанием кислорода – 6,98 мл/л (89,1%), высоким содержанием кремния – 6,44 мкмоль/л, фосфатов – 0,87 мкмоль/л. Значение абсолютного значения щелочности в ядре атлантической водной массы составляет 2,376 мгэкв/л, значение щелочно-соленостного коэффициента  $((Alk / S \text{ ‰}) \times 10^4)$  равно 681,6, который не выходит за пределы средних значений величин щелочно-соленостного коэффициента в слое атлантических вод во всем Арктическом бассейне (680–684) (Тр. ААНИИ, т. 355, В.П. Русанов, Н.И. Яковлев, А.Г. Буйневич, Гидрохимический режим СЛО).



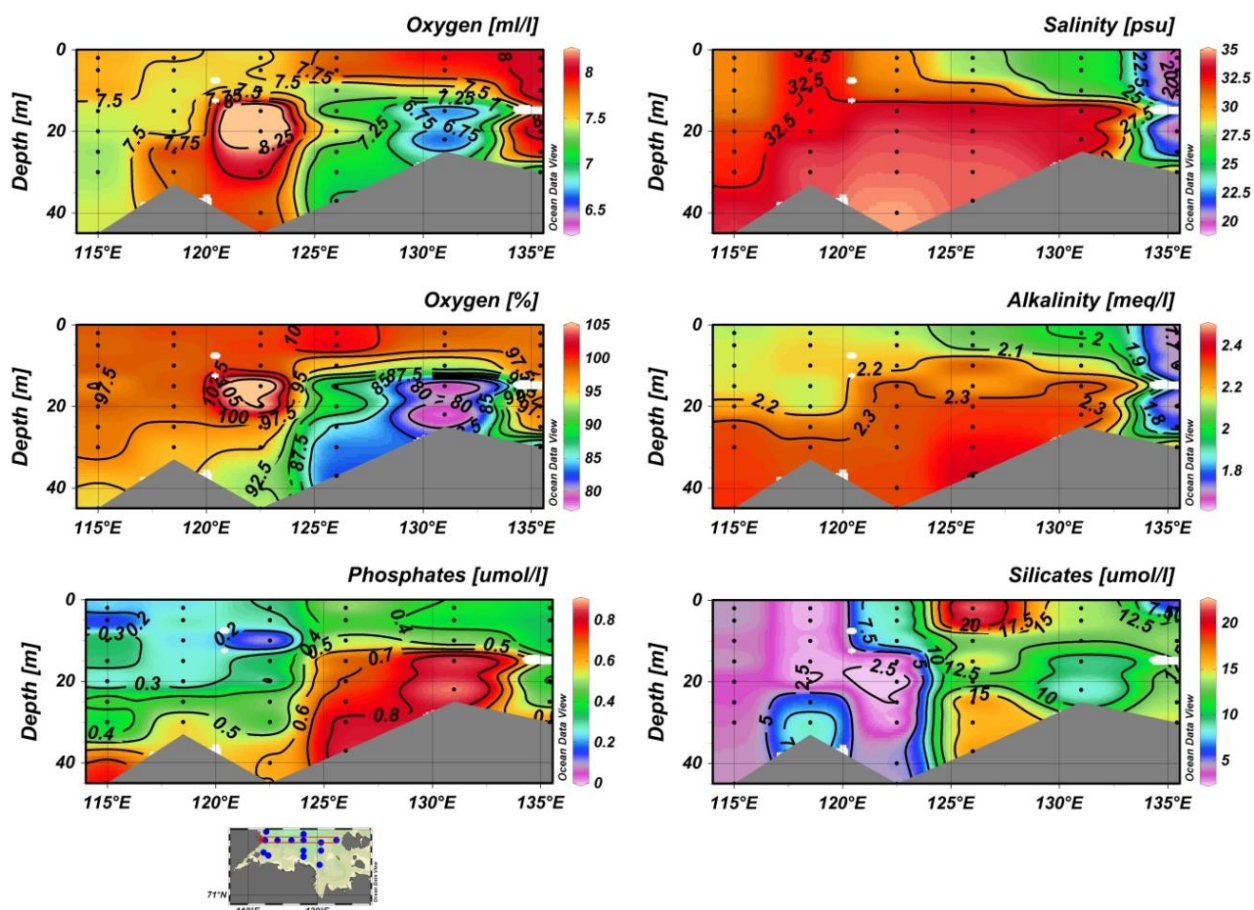


Рисунок 3.2.2 – Вертикальное распределение гидрохимических параметров по разрезу на  $75,5^{\circ}$  с.ш. в сентябре 2014 г.

Характерной особенностью гидрохимического режима моря Лаптевых, является максимум кислорода в слое температурного скачка (рисунок 3.2.3). В сентябре 2014 г. наблюдался кислородный максимум в промежуточном слое воды, но по сравнению с сентябрем 2013 г. вертикальные градиенты содержания кислорода в воде были менее выражены, хотя интенсивного конвективного перемешивания морской воды в период исследований не наблюдалось. В основном кислородный максимум в промежуточном слое воды наблюдается в северном районе моря, которое в наименьшей степени находится под воздействием речного стока, чем южная часть моря Лаптевых. Глубина залегания кислородного максимума для северной части моря в сентябре 2014 г. – 10–25 м, для южной части – 5–15 м.

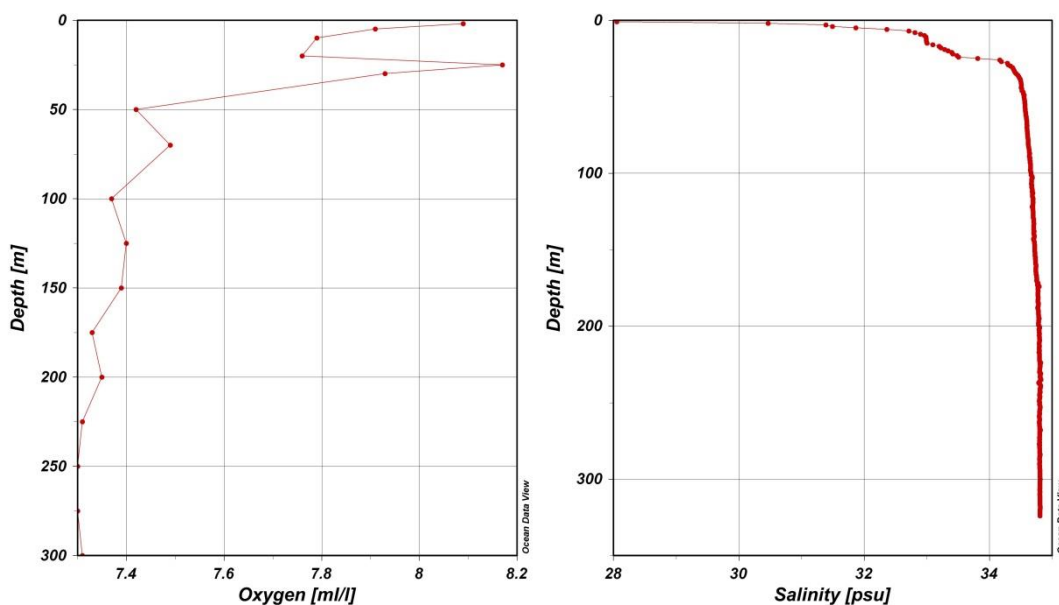


Рисунок 3.2.3 – Вертикальное распределение насыщения морской воды кислородом, (%) и температуры, (°C) на станции № 4

В сентябре 2013 г. в юго-восточной части моря Лаптевых наблюдался значительный дефицит кислорода в придонном слое воды, вызванный поступлением речных вод р. Лена (рисунок 3.2.4). В сентябре 2014 года дефицит кислорода в придонном слое воды был менее выражен, максимальная величина дефицита кислорода достигала 30 %.

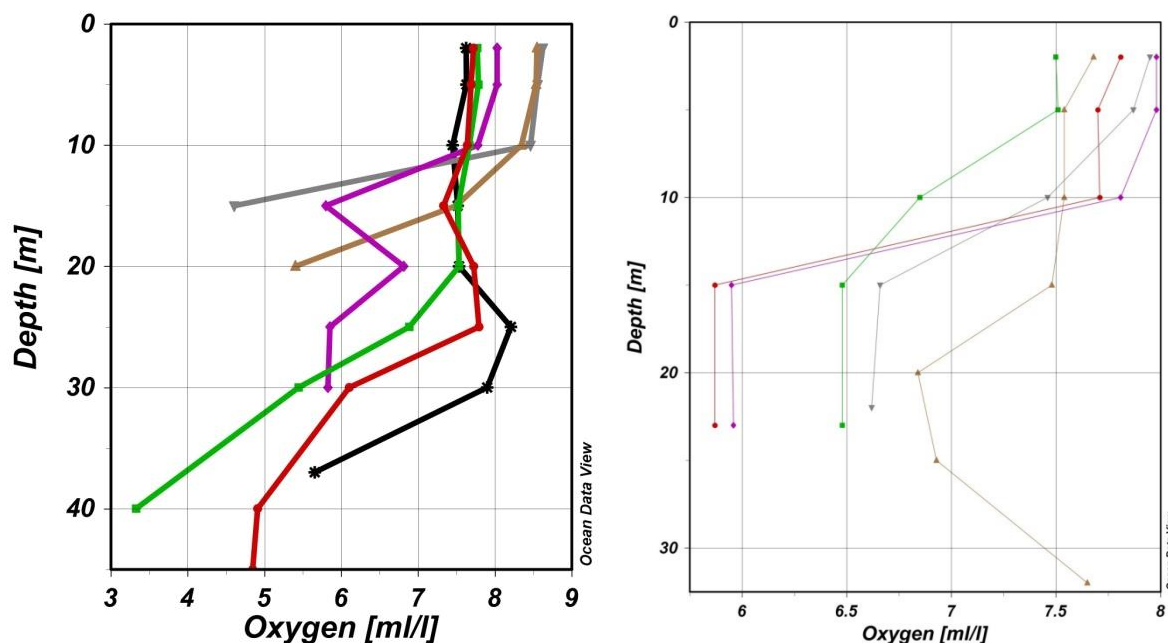
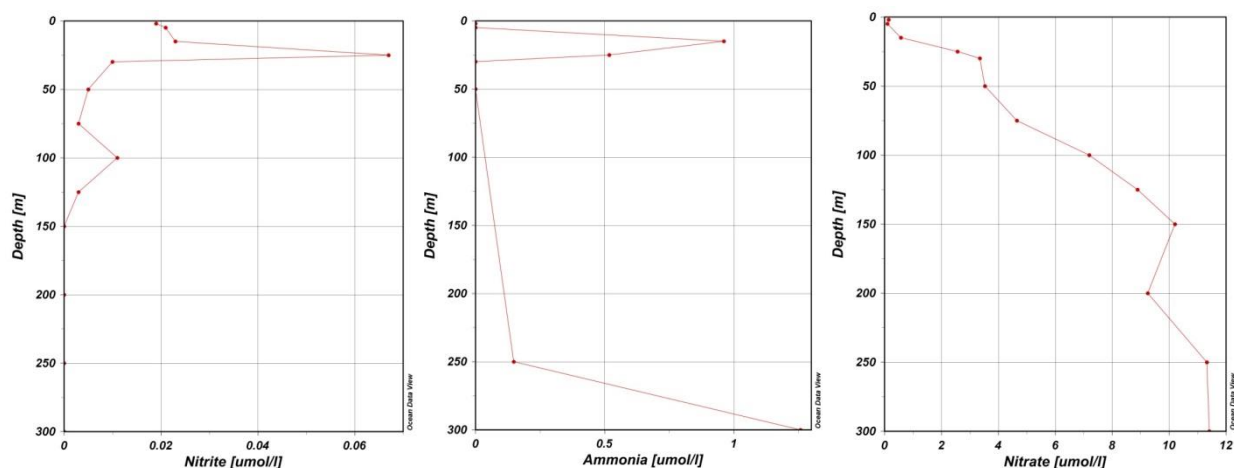


Рисунок 3.2.4 – Вертикальное распределение растворенного кислорода в юго-восточной части моря Лаптевых летом 2013г. (левый рисунок) и 2014 г. (правый рисунок)

### Неорганический и общий азот

Основной формой неорганического азота в экосистеме моря Лаптевых являются нитраты. Вертикальный профиль распределения нитратов в море Лаптевых (рисунок 3.2.5) имеет классический характер. Концентрации увеличиваются с глубиной. В поверхностном слое не зафиксировано нулевых значений нитратов, что свидетельствует о низком уровне первичной продуктивности в период исследований. Горизонтальное распределение нитратов (рисунок 3.2.6) на разрезе вдоль 126° в.д. отражает бедный нитратами поверхностный слой и их повышенное содержание в придонных горизонтах.



**Рисунок 3.2.5 – Вертикальное распределение нитритов, аммония и нитратов на самой северной станции разреза по 126° в.д. (станция 17)**

Вертикальное распределение аммония и нитритов (рисунок 3.2.5) имеет сходный характер для глубоководных и мелководных станций. Наблюдается существенный локальный максимум этих параметров в слое пикноклина, что отражает повышенную биологическую активность в аккумулированном органическом веществе. В поверхностном слое и в слое ниже пикноклина концентрации аммония и нитритов существенно ниже. На некоторых мелководных станциях после шторма отмечается повышенное содержание нитритов и аммония по всей глубине, что связано с ветровым перемешиванием слоев водной толщи и взаимодействием с донными осадками. Абсолютные концентрации общего азота примерно в 10 раз выше, чем нитратов, что говорит о низком уровне реминерализации азота в море Лаптевых.

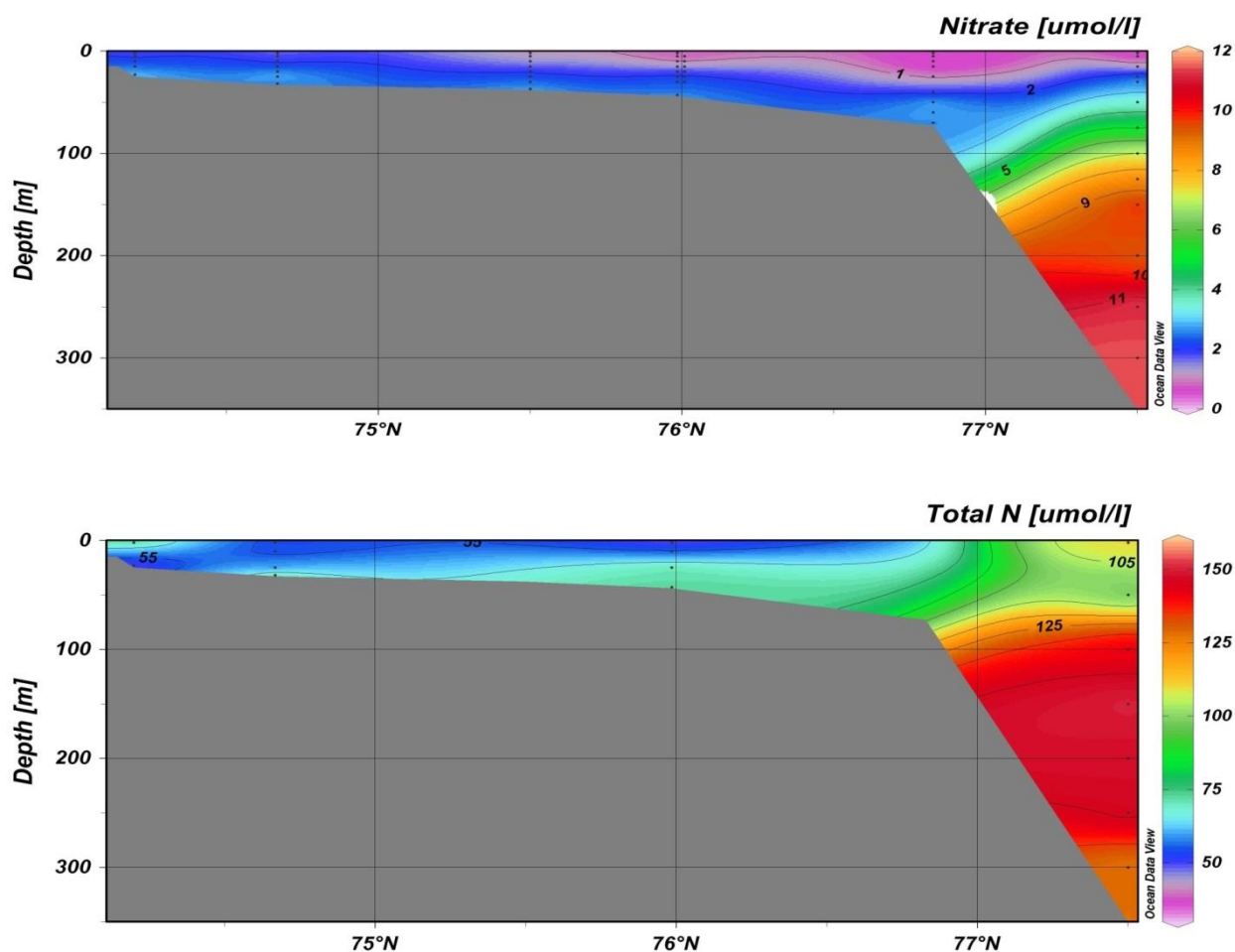


Рисунок 3.2.6 – Распределение нитратов и общего азота на разрезе по 126° в.д. в сентябре 2014 г.

### 3.3 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 2014 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 15-ти станциях, расположенных в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском (таблица 3.3.1). В Чукотском море наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

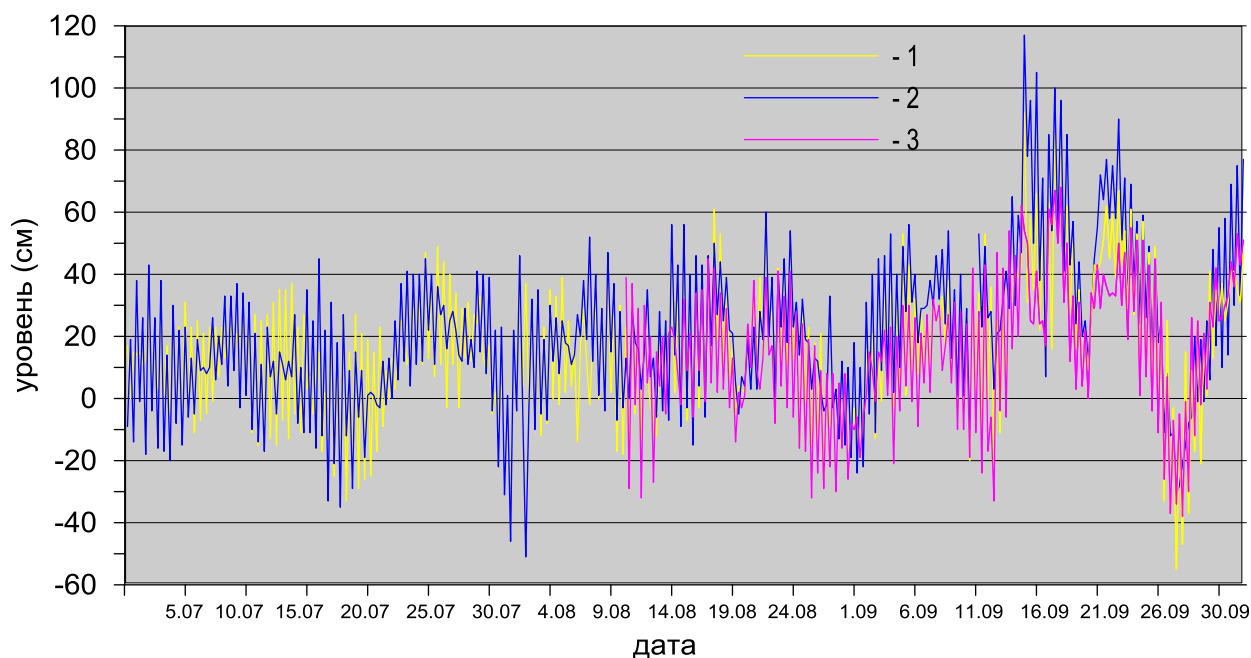
В юго-западной части Карского моря (рисунок 3.3.1) на станциях Амдерма, Усть-Кара и им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) колебания уровня в течение всего периода происходили на повышенном фоне, в июле и августе значения уровня были выше среднемесячных значений на 8–15 см, в сентябре они повысились до +26, см +36 см и +21 см соответственно. Наибольший подъем уровня в юго-западной части Карского моря отмечался 12 сентября на станциях Амдерма и Усть-Кара, когда уровень поднялся соответственно на 92 и 117 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее значительное понижение уровня было зарегистрировано 25 сентября на станции Амдерма (–55 см).



Таблица 3.3.1

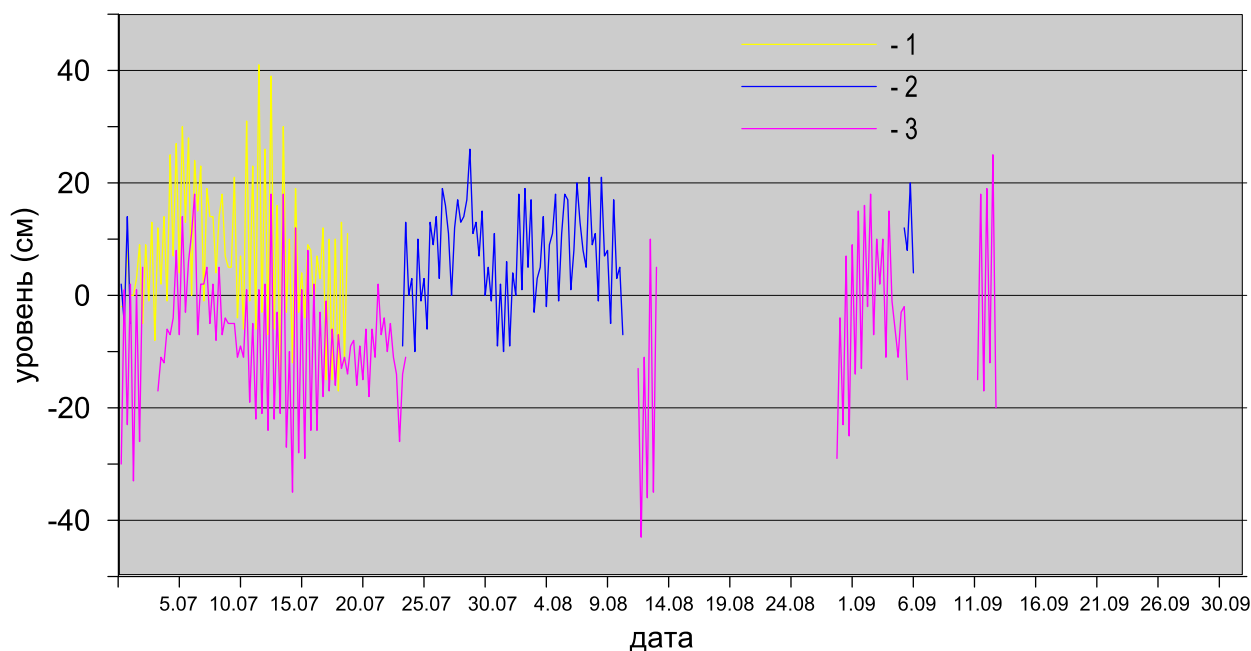
**Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период июль – сентябрь 2014 г.**

Станция	Широта	Долгота
<b>Карское море</b>		
1 им.Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
2 Амдерма	69 45 N	61 42 E
3 Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
4 о. Диксон	73 30 N	80 24 E
5 Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
6 о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
7 о. Визе	79 30 N	76 59 E
8 ГМО им.Е.К. Фёдорова (м. Челюскина)	77 43 N	104 17 E
<b>море Лаптевых</b>		
9 Анабар	73 13 N	113 30 E
10 м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
11 пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
12 о. Котельный	76 00 N	137 52 E
<b>Восточно-Сибирское море</b>		
13 Амбарчик	69 62 N	162 30 E
14 Рау-Чуа	72 16 N	147 06 E
15 Певек	69 42 N	170 15 E



**Рисунок 3.3.1 – Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле - сентябре 2014 г**

(1 – Амдерма; 2 – Усть-Кара; 3 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос))

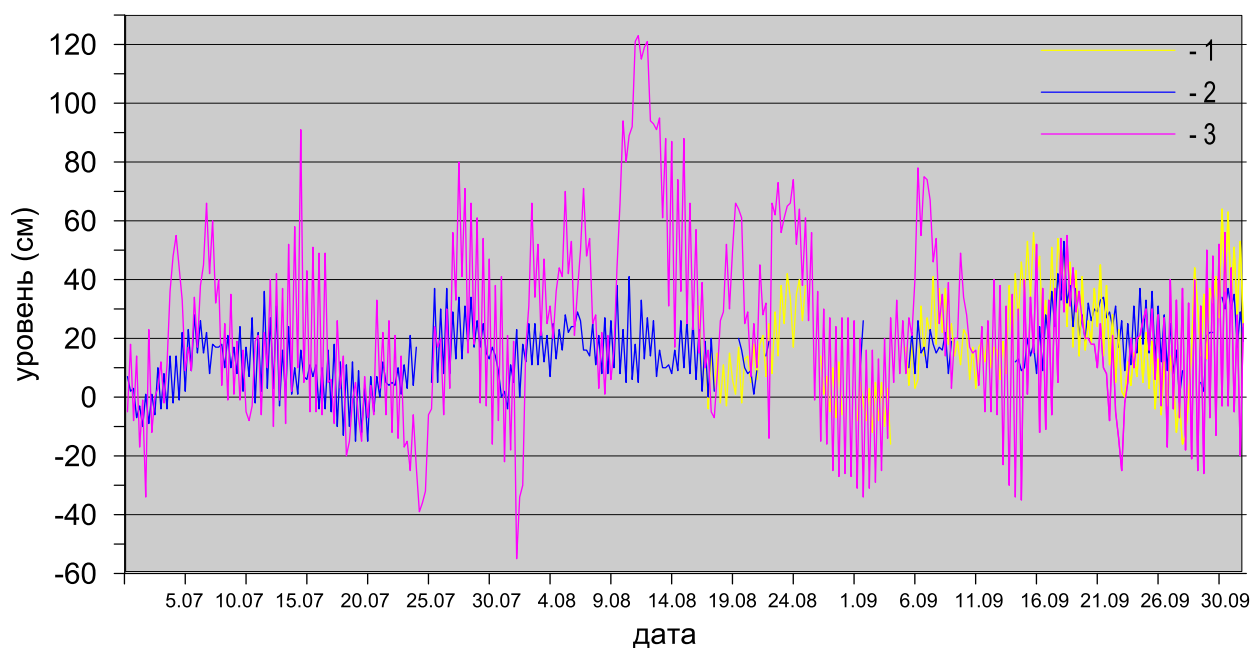


**Рисунок 3.3.2 – Колебания уровня на станциях северной части Карского моря в июле – сентябре 2014 г.**

(1 – о. Визе; 2 – о. Голомянный; 3 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина))

В августе и сентябре наблюдения за колебаниями уровня в северной части Карского моря (рисунок 3.3.2) проводились нерегулярно. В июле этом районе на станции о. Визе отмечался повышенный фон колебаний уровня (+8 см), в тоже время на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина) средний уровень был ниже среднемноголетних значений на 8 см. Наиболее существенное понижение уровня наблюдалось 15 июля, когда уровень опустился на 35 см ниже среднего значения на станции ГМО им. Е.К. Фёдорова (м. Челюскина), а наиболее существенный подъем уровня был зафиксирован 12 июля, на станции о. Визе, когда уровень поднялся соответственно на 41 см выше среднемноголетнего значения.

Такая же тенденция повышения среднемесячных значений от июля к сентябрю наблюдалась в восточной части Карского моря (рисунок 3.3.3). В июле на станциях Сопочная Карга и о-ва Известий ЦИК отмечался повышенный фон колебаний (+10 +15 см), в августе среднемесячный уровень поднялся до +36 и +16 см, соответственно. В сентябре среднемесячный уровень на станции Сопочная Карга опустился до 19 см, а на станции о-ва Известий ЦИК поднялся до +22 см. Наблюдений за колебаниями уровня на станции о. Диксон в июле и сентябре не проводилось, а в сентябре среднемесячный уровень был выше среднемноголетних значений на 22 см.

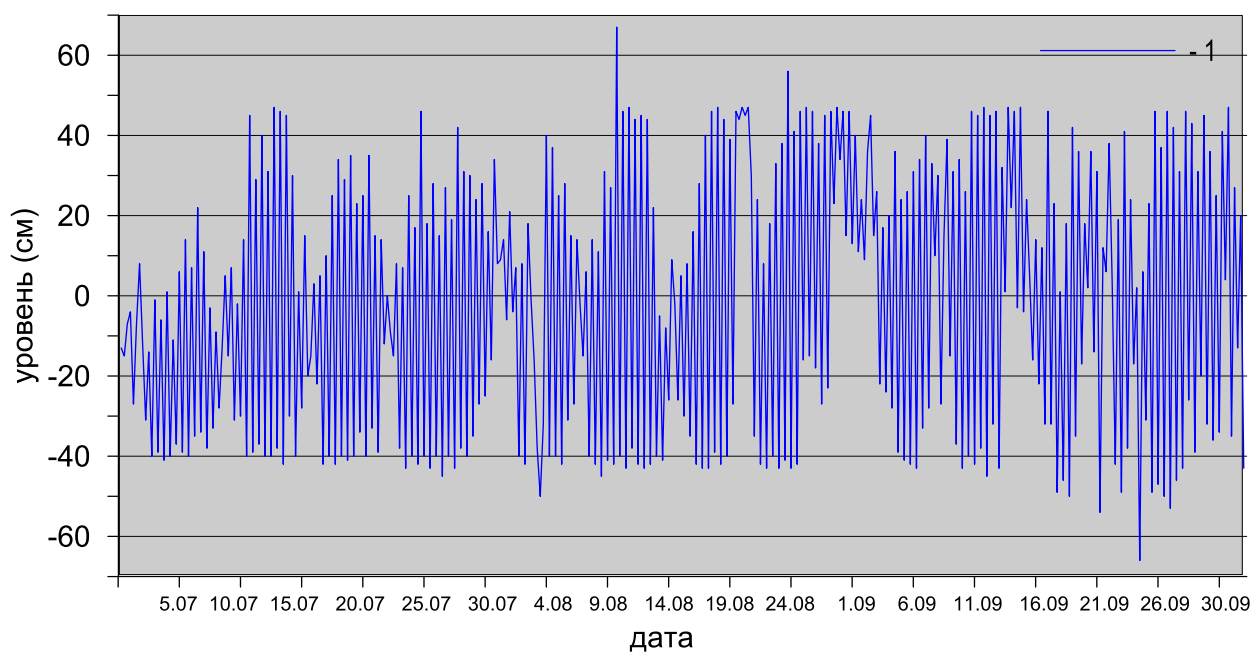


**Рисунок 3.3.3 – Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в июле – сентябре 2014 г.**

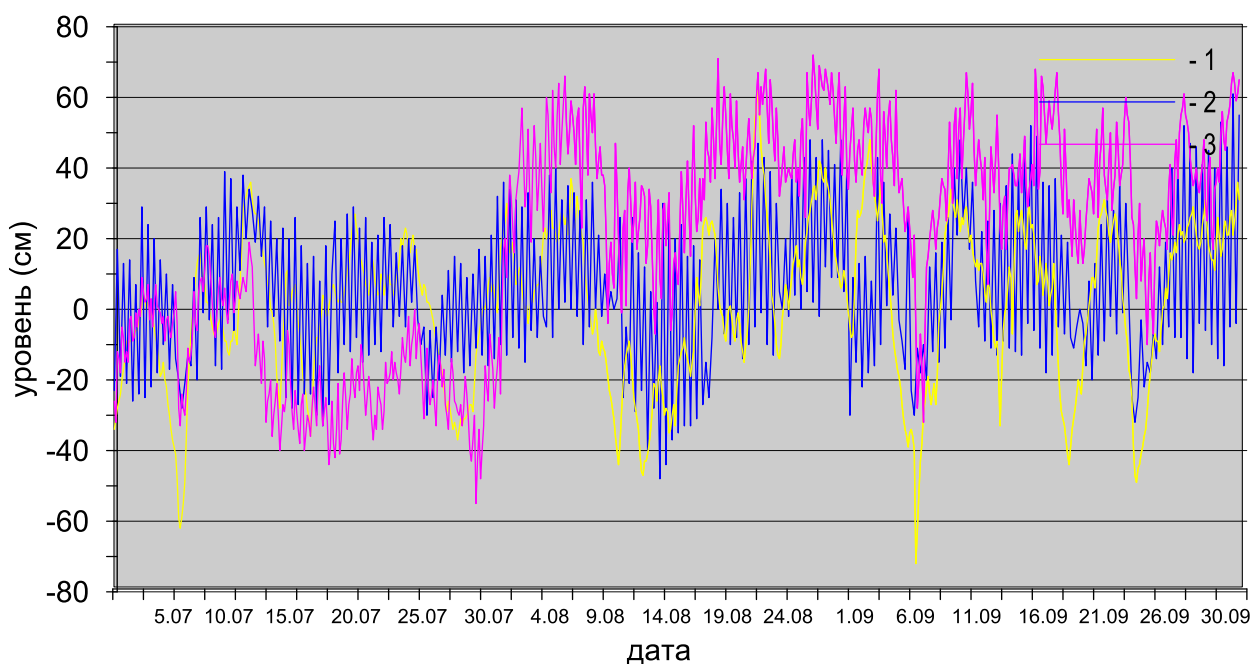
(1 – Диксон; 2 – о-ва Известий ЦИК; 3 – Сопочная Карга)

Наиболее значительные подъемы уровня в этом районе отмечались 11–12 августа: на станции о-ва Известий ЦИК уровень поднялся на 41 см, а на станции Сопочная Карга на 123 см выше среднего. Наиболее существенное понижение уровня наблюдалось 2 августа, когда на станции Сопочная Карга значение уровня понизилось на 55 см относительно среднемноголетних значений.

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар в июле (рисунок 3.3.4) наблюдался слабо пониженный фон колебаний уровня (–8 см), в августе и сентябре колебания уровня незначительно превышали среднемноголетние значения (+1 +2 см). Наибольший подъем уровня в этом районе наблюдался 10 августа (+67 см), а наибольшее понижение уровня отмечалось 22 сентября (–66 см).



**Рисунок 3.3.4 – Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в июле – сентябре 2014 г.**



**Рисунок 3.3.5 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле – сентябре 2014 г.**

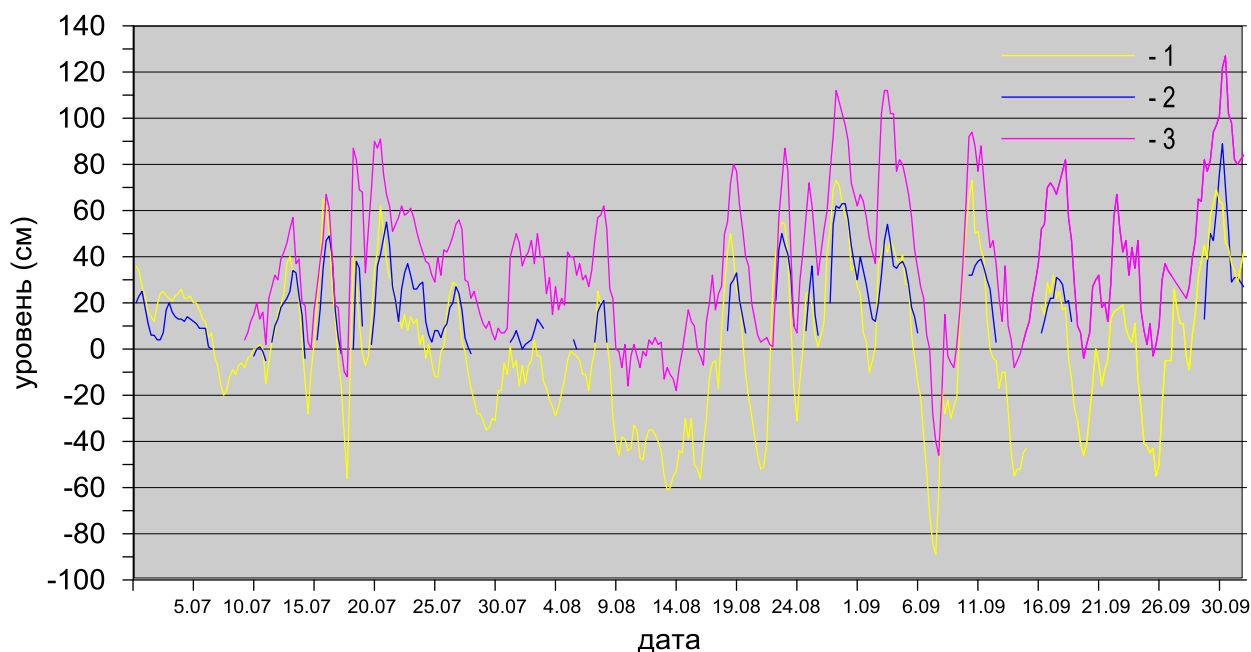
(1 – м. Кигилях; 2 – о. Котельный; 3 – пр. Санникова)

В восточной части моря Лаптевых (рисунок 3.3.5) на станциях м. Кигилях и о. Котельный значения уровня в июле были близки к среднеголетним значениям (-4 +2 см). В августе – сентябре наблюдалось незначительное повышение среднего уровня (+3 +9 см). В тоже время на



станции пр. Санникова на протяжении июля наблюдался пониженный фон уровня, среднемесячное значение составило  $-16$  см, а в августе и сентябре фон колебаний существенно изменился, значение уровня повысилось на 39 см и 36 см, соответственно, относительно среднеголетних значений. Наибольший подъем уровня в этом районе отмечался 27 августа, когда уровень на станции пр. Санникова поднялся на 72 см выше среднеголетнего значения. Наибольшее понижение уровня происходило в период 4 сентября и достигло отметки  $-72$  см на станции м. Кигилях.

В Восточно-Сибирском море (рисунок 3.3.6) колебания уровня в июле происходили на повышенном фоне: среднемесячный уровень на станции Амбарчик составил  $+8$  см, на станции Певек  $+17$  см, а на станции Рау-Чуа  $+36$  см. В августе и сентябре средний уровень на станции Амбарчик колебался около средних значений,  $-6$  см и  $+3$  см соответственно, а на станции Рау-Чуа в течение всего периода сохранял повышенный фон:  $+34$  см в августе и  $+43$  см в сентябре.



**Рисунок 3.3.6 – Колебания уровня в Восточно-Сибирском море в июле – сентябре 2014 г.**

(1 – Амбарчик, 2 – Певек; 3 – Рау-Чуа)

Наиболее значительный подъем уровня в этом районе отмечался на станции Рау-Чуа 29 сентября, когда уровень поднялся на 127 см выше среднеголетнего значения. Значительный нагон отмечался также и 28 августа, в этот день уровень на станции Рау-Чуа поднялся на 112 см выше среднего значения, а на станции Амбарчик на 73 см. Наиболее значительное понижение уровня наблюдалось 5 сентября на станции Амбарчик и составило  $-89$  см.

Необходимо отметить, что данные по станции Певек получены с большими перерывами и не позволяют дать точную оценку поведения колебаний уровня по этому пункту.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Чукотском море за данный период 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 2014 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИНе и модифицированной в ААНИИ. Основными исходными данными модели являлись поля атмосферного давления на уровне моря (или составляющие скорости ветра на 10-ти метровой высоте) и температура воздуха на высоте 2 м центра Брекнелл (Великобритания, EGRR), оперативно поступающие в ААНИИ в центр коммутации сообщений (ЦКС UNIMAS) автоматизированной системы передачи данных (АСПД) Росгидромета (формат данных GRIB1). Положение кромки льда задавалось путем ежедневного усвоения спутниковых многоканальных микроволновых данных (SSM/I) по сплоченности морского льда. Расчеты проводились для морей Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Сведения о распределении высот волн  $H_s$  для этих морей приведены в таблицах 3.4.1–3.4.5.

Таблица 3.4.1

#### Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн ( $H_s$ ) в Баренцевом море в третьем квартале 2014 г.

Месяц	Высота волн, м							
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8
Июль	1	19	11	–	–	–	–	–
Август	–	14	16	1	–	–	–	–
Сентябрь	–	3	7	6	11	1	–	2
Итого	1	36	34	7	11	1	–	2

Как видно из таблицы 3.4.1, в третьем квартале 2014 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Самым штормовым месяцем стал сентябрь. Максимальная высота волн в этот период составила 7,0–7,5 м (18 ч 14 сентября 2014 г. и 00, 06 ч 15 сентября 2014 г.). На рисунке 3.4.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн  $H_s$  на акватории Баренцева моря на 06 ч 15 сентября 2014 г.

В Карском море (таблица 3.4.2) в третьем квартале 2014 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Максимальная высота волн в этот период составила 3,0–3,5 м. Волнения с высотой волн более 4 м не рассчитано. Море почти полностью очистилось ото льда к середине августа. Наиболее штормовым месяцем был сентябрь. На рисунке

3.4.2, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн  $H_s$  на акватории Карского моря на 12 ч 29 сентября 2014 г.

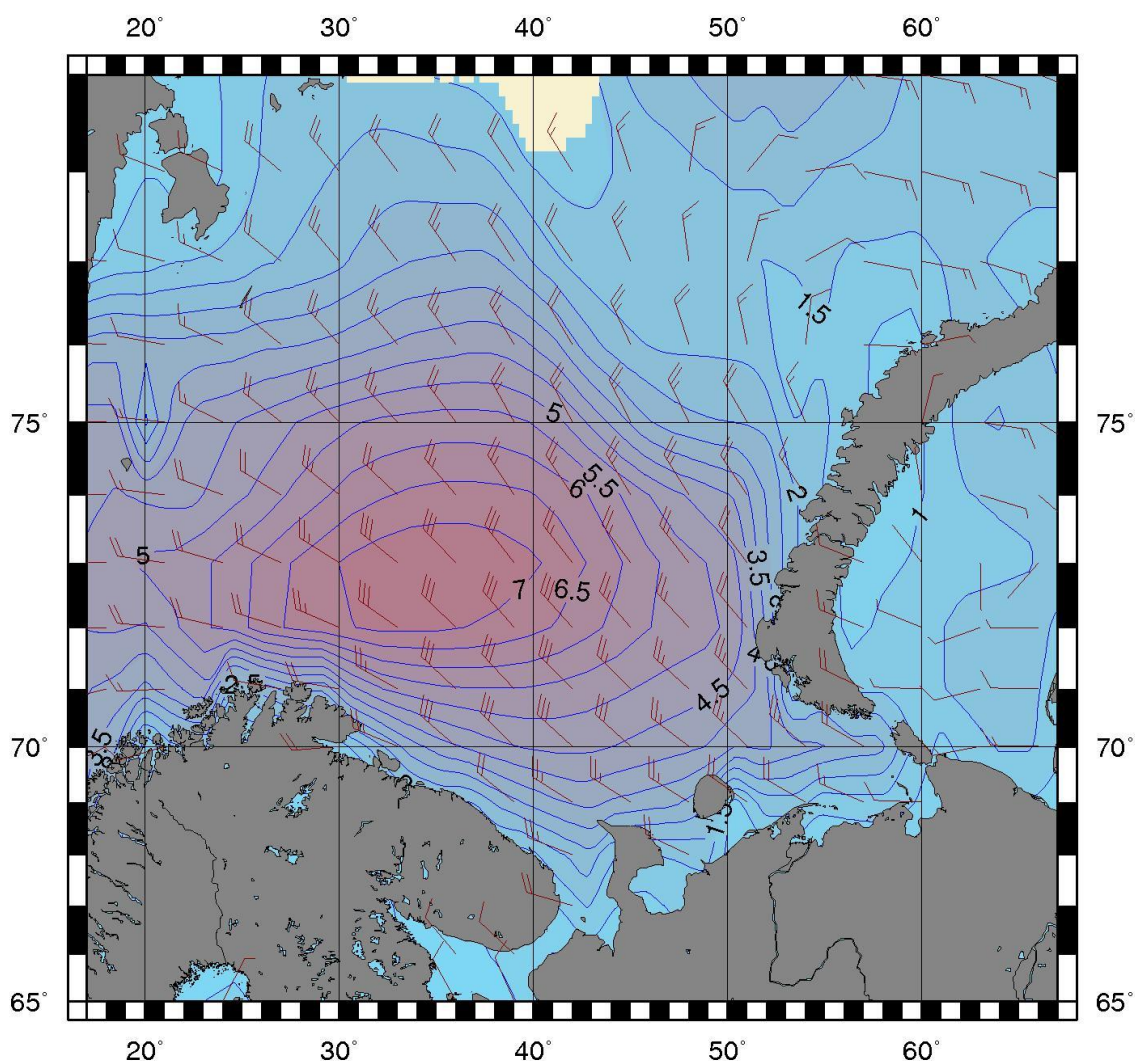
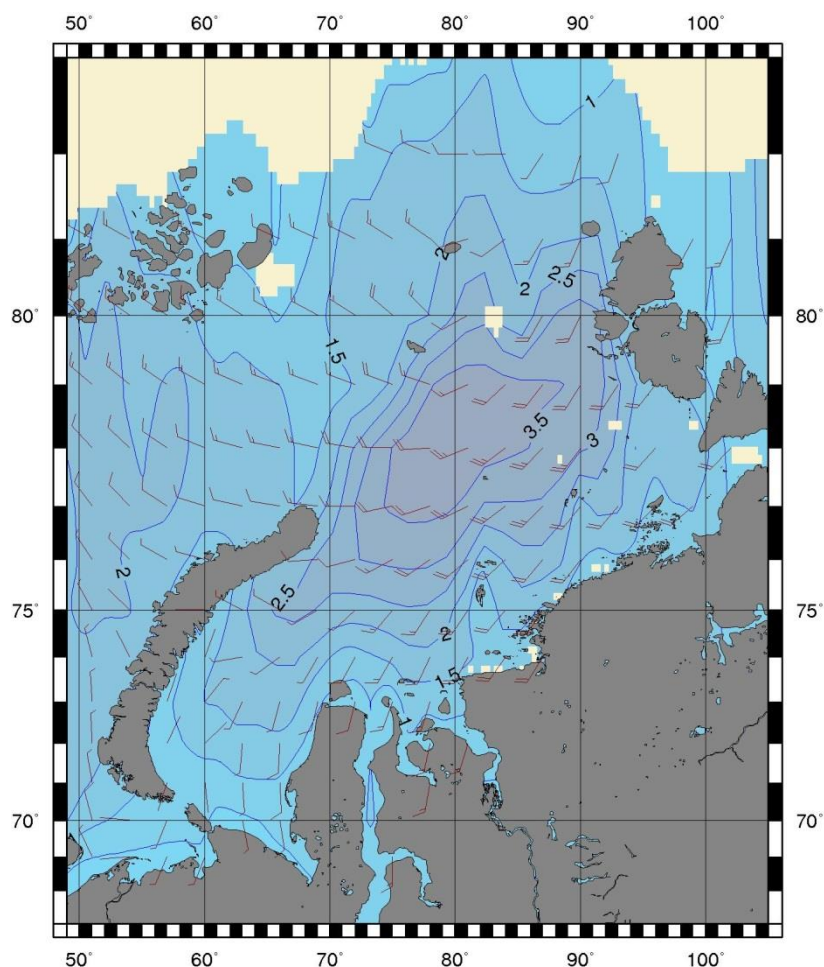


Рисунок 3.4.1 – Поле ветра и высот волн ( $H_s$ , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 15 сентября 2014 г.

Таблица 3.4.2

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн ( $H_s$ ) в Карском море в третьем квартале 2014 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	10	17	4	–
Август	4	14	12	1
Сентябрь	–	8	14	8
Итого	14	39	30	9



**Рисунок 3.4.2 – Поле ветра и высот волн ( $H_s$ , м) в Карском море на 12ч UTC 29 сентября 2014 г.**

Сведения о распределении высот волн  $H_s$  в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском даны в таблицах 3.4.3 – 3.4.5. Как видно из таблиц 3.4.3 – 3.4.4, в море Лаптевых, преобладало волнение с высотами от 1 до 3 м, в Восточно-Сибирском и Чукотском морях – от 1 до 2 м. Во всех морях восточной Арктики наиболее штормовым месяцем был сентябрь.

Наибольшая расчетная высота волн в море Лаптевых составила 5,0–5,5 м (4, 5 и 22 сентября), в Восточно-Сибирском море 5,0–5,5 м (30 сентября 00 ч), в Чукотском море 4,0–4,5 м (29 сентября 18 ч, 30 сентября 00 и 06 ч).

*Таблица 3.4.3*

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн ( $H_s$ ) в море Лаптевых в третьем квартале 2014 г.**

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	6	19	6	–	–	–
Август	–	9	17	4	1	–
Сентябрь	–	7	12	5	3	3
Итого	6	35	35	9	4	3

Таблица 3.4.4

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн ( $H_s$ ) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2014 г.**

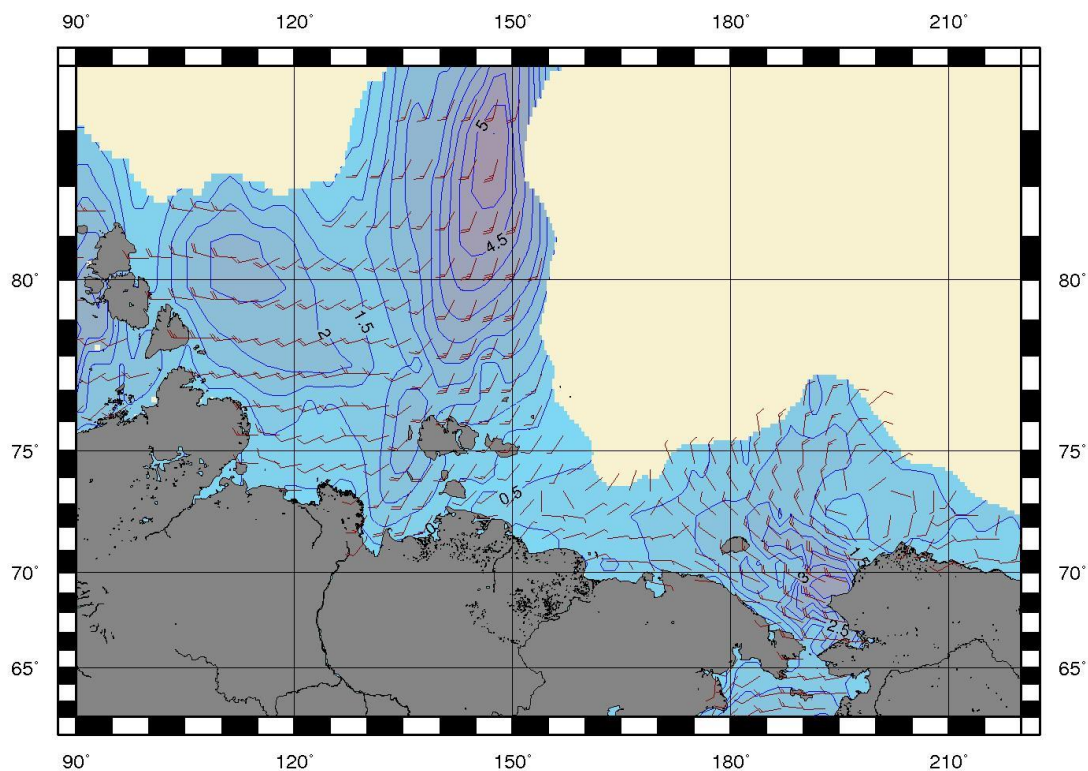
Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	13	15	3	–	–	–
Август	1	16	11	2	1	–
Сентябрь	–	10	16	2	1	1
Итого	14	41	30	4	2	1

Таблица 3.4.5

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн ( $H_s$ ) в Чукотском море в третьем квартале 2014 г.**

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	4	20	5	2	–
Август	4	13	11	3	–
Сентябрь	–	6	12	10	2
Итого	8	39	28	15	2

На рисунке 3.4.3, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн  $H_s$  на акватории морей восточной Арктики на 00 ч 30 сентября 2014 г.



**Рисунок 3.4.3 – Поле ветра и высот волн ( $H_s$ , м) в морях восточной Арктики на 00 ч UTC 30 сентября 2014 г.**