

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

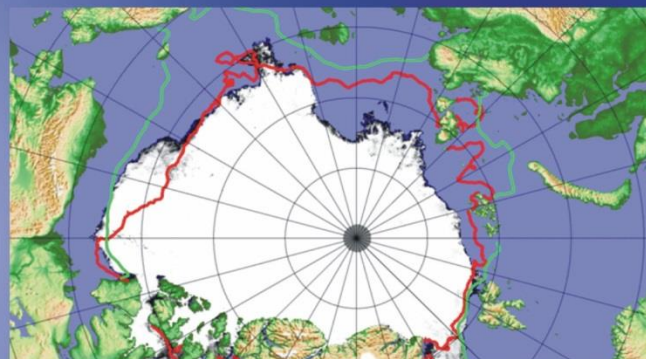


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2016



СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1 Метеорологические условия в Северной полярной области в июле - сентябре 2016 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 2016 года.....	27
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2016 г.....	40
3.1 Термохалинные условия	40
3.2 Уровень арктических морей	42
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей	47
ВЫВОДЫ	52

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в третьем квартале (июль-сентябрь) 2016 г. Фактическая информация для составления обзора получена по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, ледовой базы «Мыс Баранова», проектов ВМО и экспедиционных исследований, проводимых в рамках национальных программ и международных проектов российскими и зарубежными организациями. Обзор продолжает серию ежеквартальных обзоров, описывающих развитие метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане в прошедшем квартале текущего года. В составлении обзора принимали участие ведущие специалисты 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. лабораторией к.г.н. Радионов В.Ф.) и долгосрочных метеорологических прогнозов (ответственный – зав. лабораторией к.г.н. Иванов В.В.).

Ледовый раздел посвящен описанию развития ледяного покрова и особенностям ледовых явлений в океане, арктических морях и устьевых областях основных арктических рек. Основой для такого анализа послужили данные спутникового мониторинга, полярных станций системы Росгидромета, экспедиционные наблюдения на судах и дрейфующих станциях и архивные климатические данные. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела ледового режима и прогнозов (ответственный - зав. лабораторией к.г.н. Юлин А.В., зав. лабораторией к.г.н. Смоляницкий В.М.).

Гидрологический раздел посвящен описанию гидрологических и гидрохимических условия в Северном Ледовитом океане и его морях. В составлении раздела принимали участие специалисты отдела океанологии (ответственный – зав. отделом к.г.н. Ашик И.М.).

Общее руководство и редакция обзора была выполнена директором ГУ «ААНИИ» д.г.н., профессором Фроловым И.Е. Подготовку и оформление обзора осуществляли вед. инженеры отдела ледового режима и прогнозов Сороко С.О и Павлова Е.А. Обзор предназначен для широкого круга специалистов, занимающихся изучением природной среды Арктики и осуществляющих хозяйственную деятельность в этом регионе.

1 Метеорологические условия в Северной полярной области в июле - сентябре 2016 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 период с июля по сентябрь 2016 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов в первом квартале проводился с учетом процессов за предшествующий период январь – июль 2016 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 односторонним 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 2016 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за третий квартал 2016 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).

Таблица. 1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период июль – сентябрь 2016 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	M1	M2
Число дней	34	15	43	17	40	35
Аномалия	-1	-11	12	-22	0	22

В период июль – сентябрь 2016 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (Е) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 12 дней и составили 43 дня.

Во втором секторе наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов. Процессы типа M1. были в норме и отмечались 40 дней. Процессы типа M2 составили 36 дней, что выше нормы на 22 дня.

Анализ процессов показал, что в июле-сентябре 2016 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с июля по сентябрь 2016 г. представлен на рис. 1.1

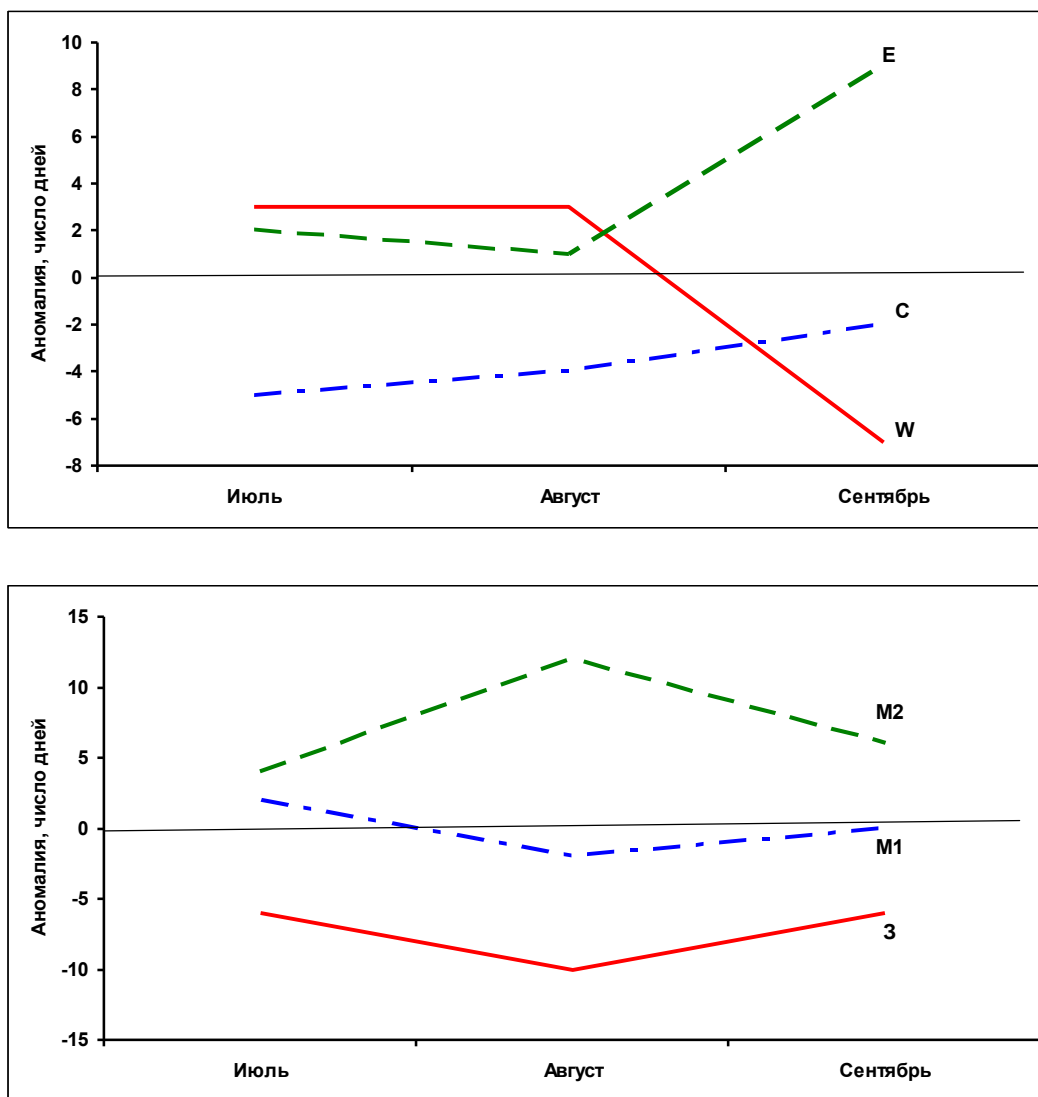


Рис. 1.1. Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период июль – сентябрь 2016 г.

W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма, 3 – зональный тип,
M1 – первый меридиональный тип, M2 – второй меридиональный тип

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с июля по сентябрь 2016 г. выглядит следующим образом:

Июль – (W+E)M1 CM1 → Август - (W+E)M2 → Сентябрь - E M2

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

Тенденции изменения давления от месяца к месяцу в полярном районе представлены на рис. 1.2 отдельно для европейского и американского секторов Арктики.

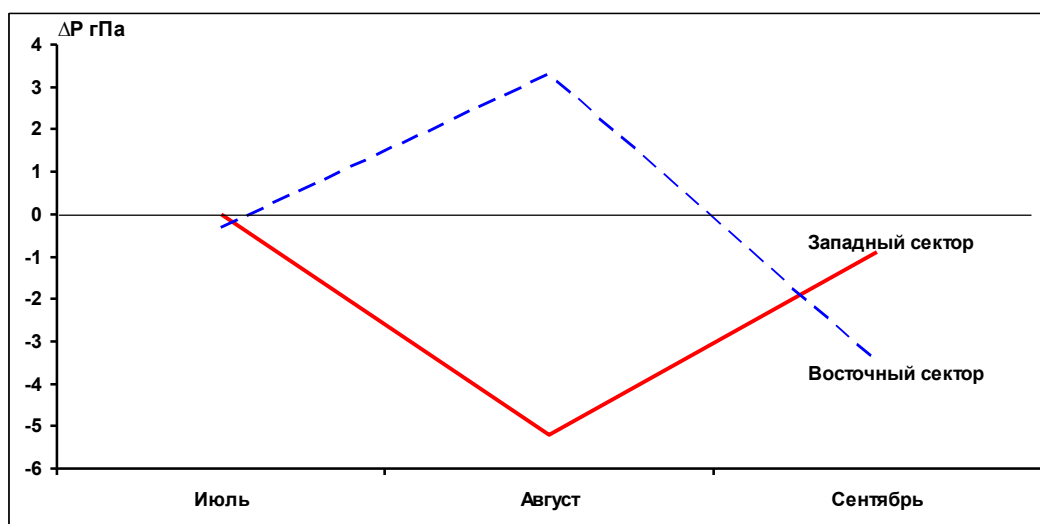


Рис. 1.2. Значения аномалий давления (гПа) в июле-сентябре 2016 г. европейском (запад) и американском (восток) секторах полярного района Арктики

В первом европейском секторе Арктики под влиянием циклонов Северной Атлантики отмечалась устойчивый фон давления с отрицательными аномалиями давления. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в августе.

Во втором американском секторе Арктики от месяца к месяцу происходила резкая смена знака аномалий давления. В июле и сентябре преобладал циклональный режим циркуляции и отрицательные аномалии давления. В августе под влиянием гребня гавайского антициклона фон давления сменился от отрицательных аномалий к положительным.

Изменения в июле – сентябре 2016 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.3.

Во все месяцы третьего квартала фон температуры в целом над полярным районом оставался аномально высоким и в среднем за квартал был выше, чем в 2015 г., на 0,7°C.

Резкое понижение температурного фона в августе, как было показано выше, сопряжено с тенденцией перестройки крупномасштабные атмосферных процессов и в интенсивности адвекции теплых воздушных масс в полярный район Арктики. В августе в тылу проходящих циклонов в центральном полярном районе возросла повторяемость потоков северных направлений и формирование отрицательных аномалий температуры.

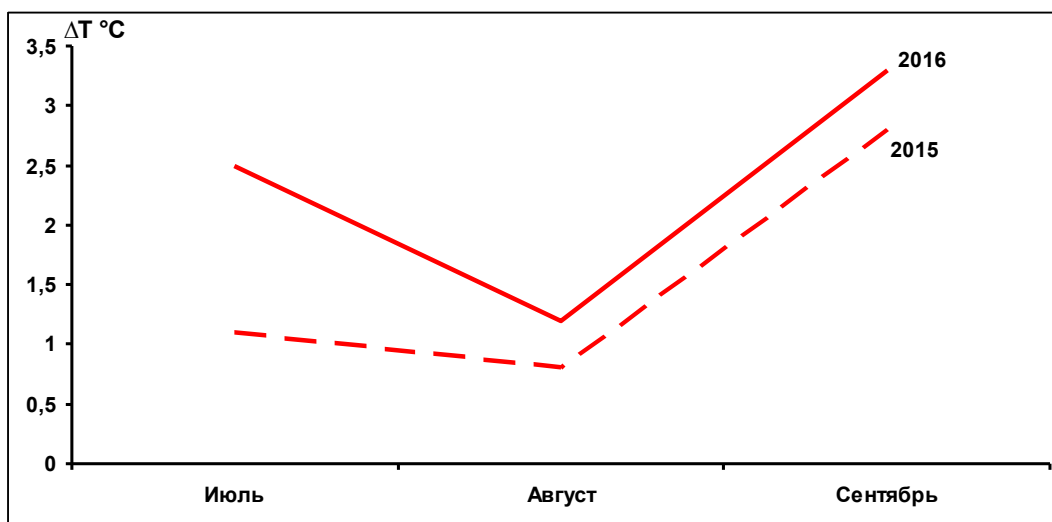


Рис. 1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в июле – сентябре 2015 и 2016 гг.

Структурные особенности развития атмосферных процессов в третьем квартале 2016 г. 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 2016 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

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

В июле 2016 г. основной центр циркумполярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сохранил свое положение. Две его высотные ложбины были ориентированы на район Исландии и Канады (рис.1.4).

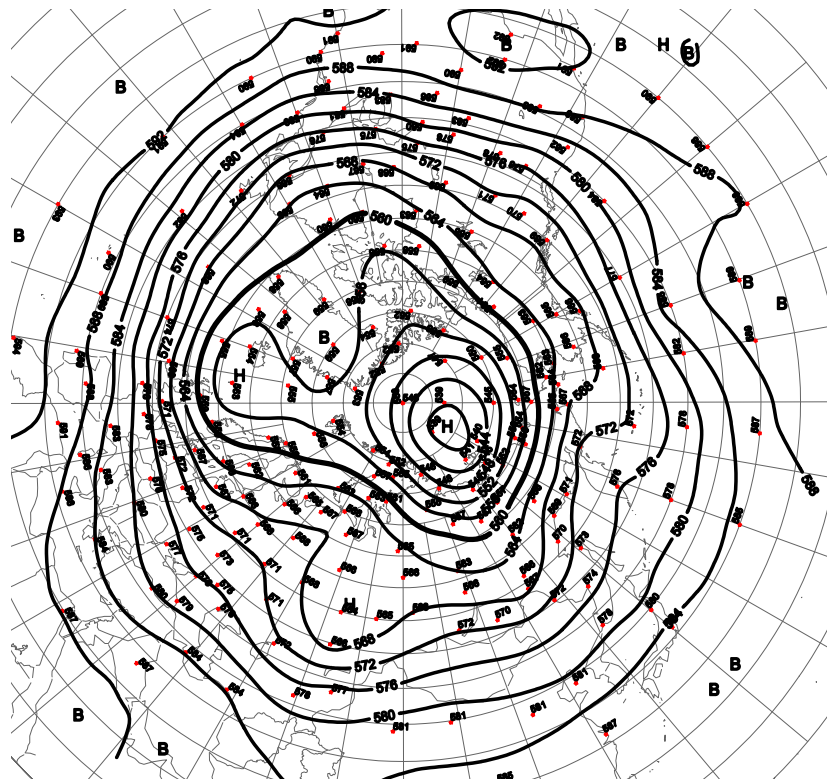
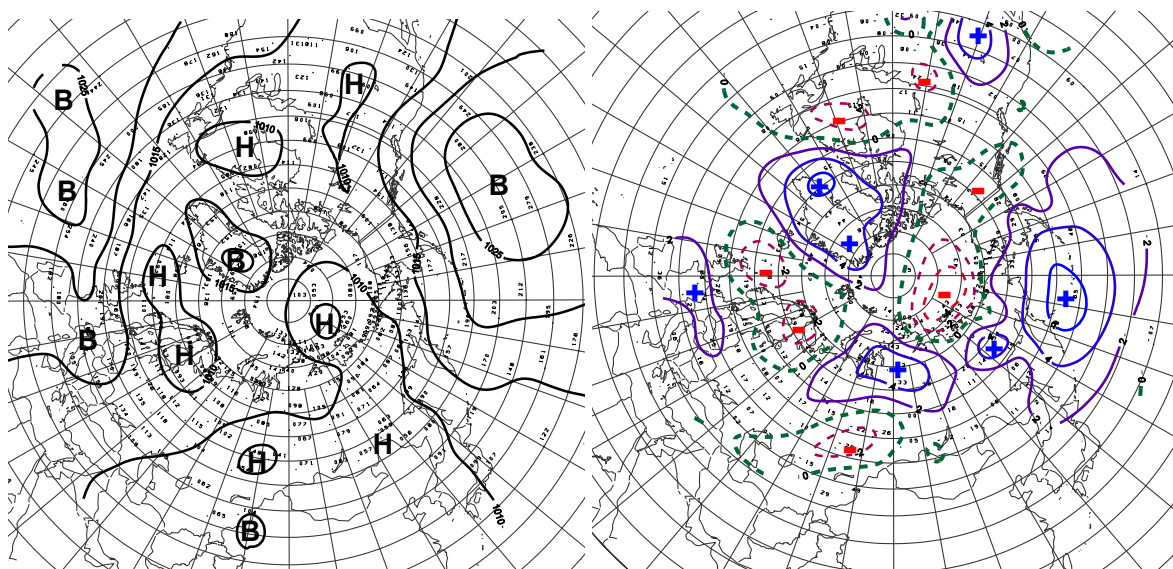


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июле 2016 г.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов западной и восточной форм циркуляции.

Под влиянием над континентальной частью Евразии гребней азорского и континентального антициклонов циклоны в системе исландского минимума смещались по высокоширотным траекториям в полярный район Арктики. Фон давления в приатлантическом и в приполюсном районах был ниже нормы (рис. 1.5).



**Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа)
в июле 2016 г. (гПа)**

При устойчивых во времени воздушных потоках юго-восточных и юго-западных направлений сформировался фон температуры выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 8-10°C) отмечались в районе юго-западной части Карского моря.

Во втором (*тихоокеано-американском*) секторе аномально повышенную повторяемость сохранили крупномасштабные процессы типа М₁. Особенностью процессов данного месяца явилось усиление антициклона над Тихим океаном.

Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям в полярный район. Фон давления в данном секторе Арктики был ниже нормы на 3-4 гПа.

Под частым влиянием тыловой части проходящих циклонов и отходах воздушных потоков к северо-западным направлениям температурный фон по сравнению с июнем понизился. В районах морей Лаптевых и Восточно-Сибирском фон температуры в июле понизился до отрицательных аномалий (рис. 1.6).

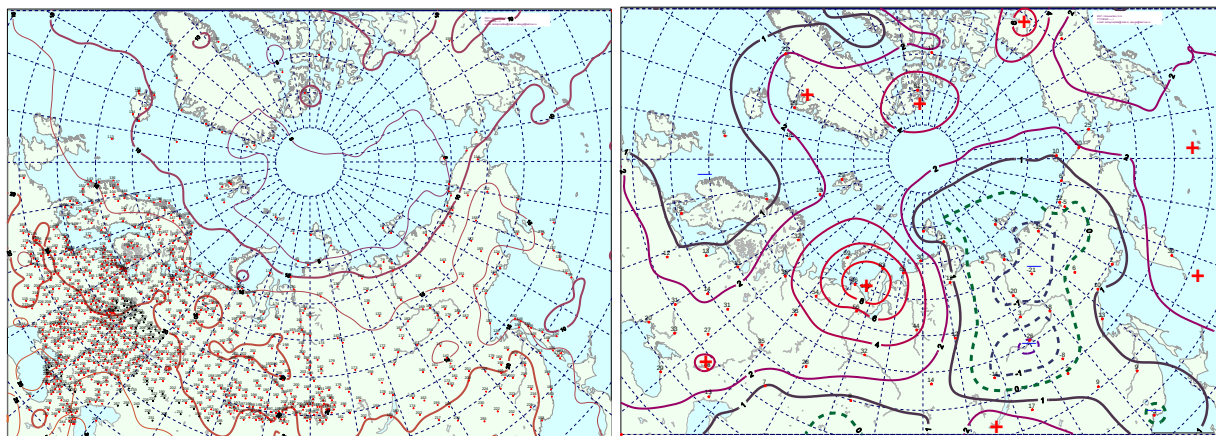


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2016 г., (°С)

В августе 2016 г. характер в направленности крупномасштабных атмосферных процессов сохранился. Основной центр ЦПВ находился над полюсом, под которым в приземном поле сформировался обширный циклон. Отличием по сравнению с предыдущим месяцем явилось влияние высотного гребня гавайского антициклона на Аляску и море Бофорта (рис.1.7).

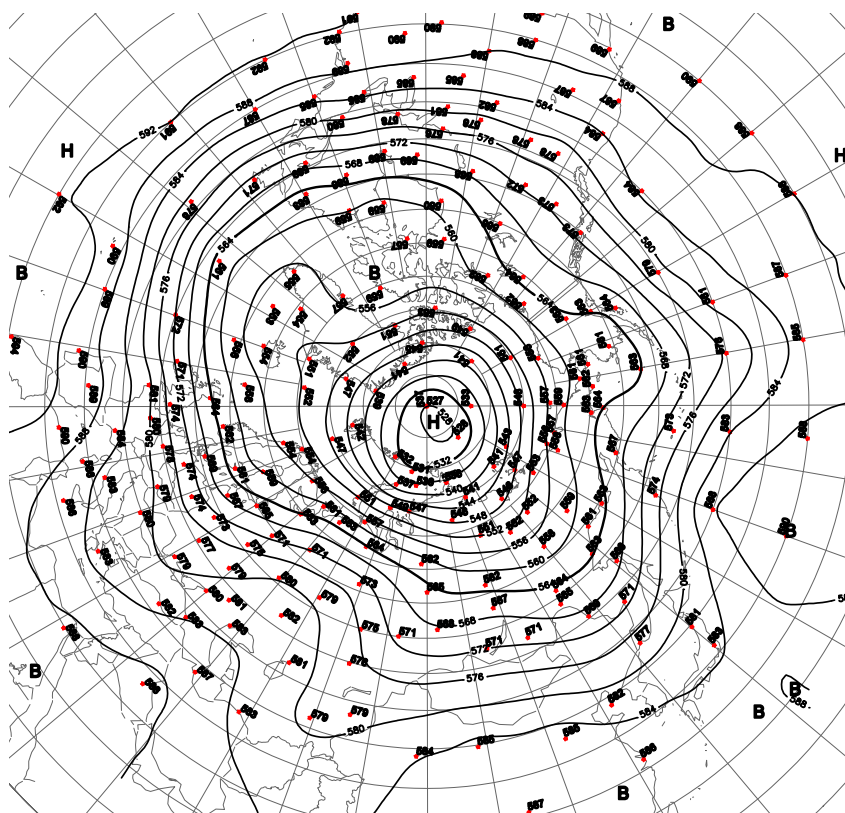


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в августе 2016 г.

В первом секторе сохранилась повышенная повторяемость процессов западной и восточной форм циркуляции. Гребень азорского антициклона был ориентирован на континентальную часть Евразии. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в западных морях Арктики и в районе полюса.

Фон давления в этих районах был устойчиво ниже нормы с максимальными аномалиями до 10-11 гПа (рис.1.8).

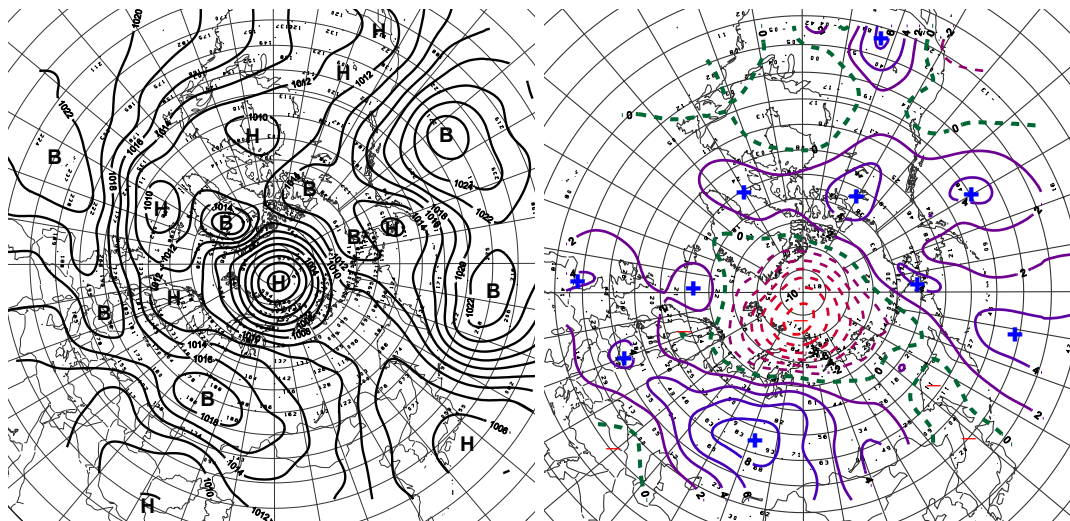


Рис. 1. 8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в августе 2016 г. (гПа)

Фон температуры во всех районах этого сектора Арктики под частым влиянием тыловой части проходящих циклонов понизился, а в районе полюса и Норвежском море до отрицательных аномалий. Высокие значения положительных аномалий температуры (4-5°C) сохранились только в юго-западной части Карского моря.

Во втором секторе произошла перестройка в направленности процессов от меридиональной циркуляции типа М1 к типу М2.

Особенностью перестройки процессов данного месяца явилось усиление гребня гавайского антициклона и влияние его на восточный сектор Арктики. Вследствие этого произошло ослабление циклонической деятельности и повышение фона давления от отрицательных к положительным аномалиям.

При воздушных потоках южных направлений сформировался температурный фон, который был выше нормы на 2-4°C (рис.1.9).

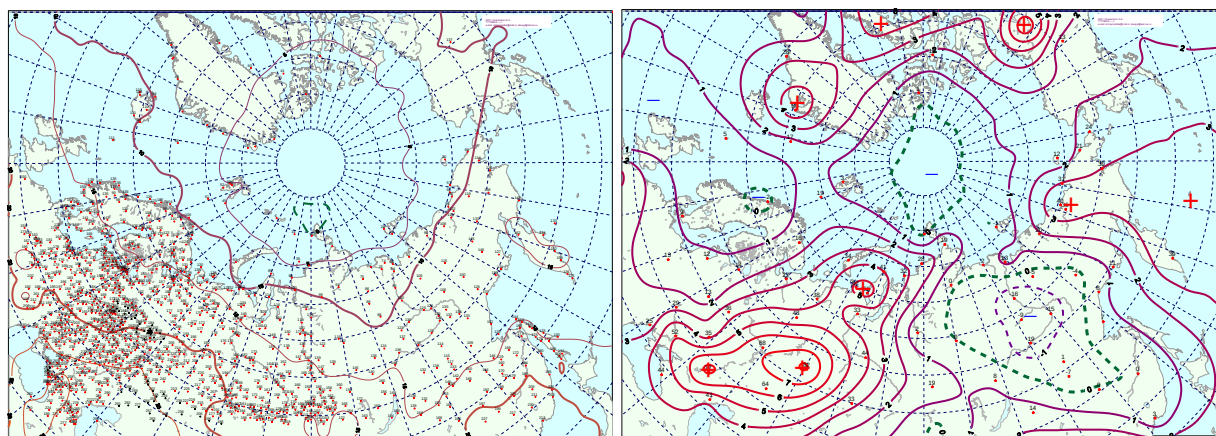


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2016 г., (°C)

В *сентябре 2016 г.* основной центр циркулярного вихря сместился из приполюсного район в канадо-американский сектор Арктики, где в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность. Оси гребне блокирующих западный перенос воздушных масс в толще тропосферы Северного полушария располагались над Европой, Западной Сибирью и Канадой (рис.1.10).

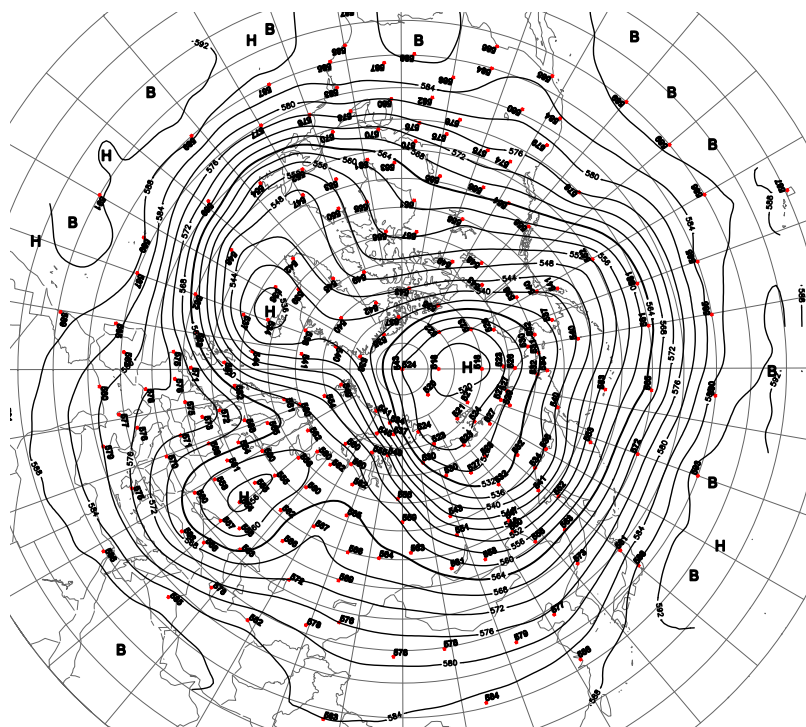


Рис. 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в сентябре 2016 г.

В *первом секторе* наибольшую повторяемость имели процессов восточной (Е) формы циркуляции. Число дней с этими формами составило 18. Под влиянием

блокирующих гребней над Евразией фон давления в Баренцевом и Карском морях повысился до положительных аномалий со значениями 6-8 гПа.

Циклоны Северной Атлантики смещались по высокоширотным траекториям через приполюсный район в восточный сектор Арктики (рис.1.11).

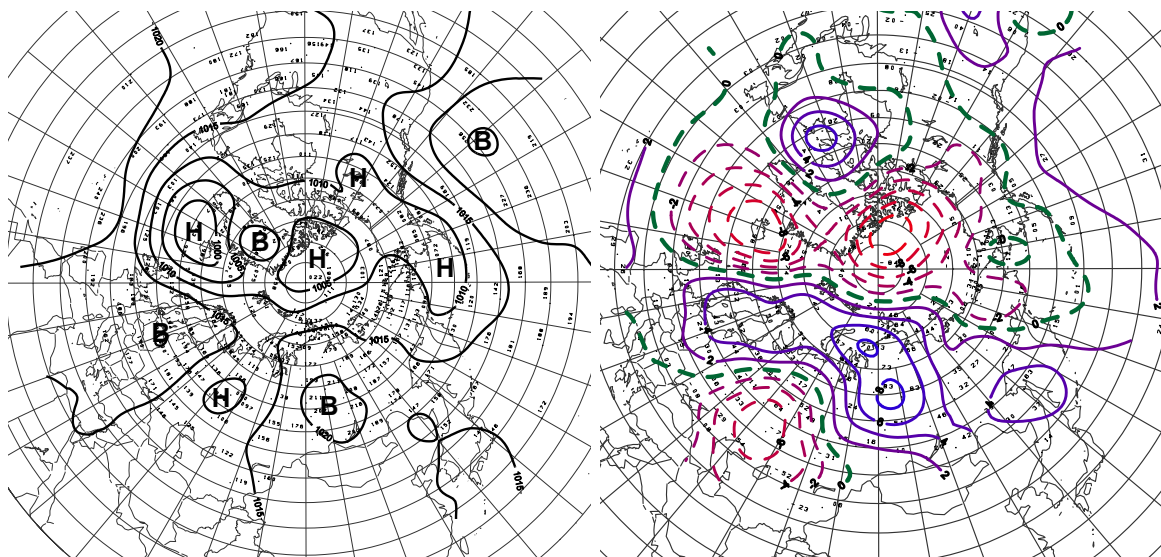


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в сентябре 2016 г. (гПа)

При устойчивых потоках с западной составляющей фон температуры повысился и во всех районах превысил норму. Наиболее крупными значениями положительных аномалий среднемесячной температуры отмечались в Карском море со значениями 4-6°C.

Во *втором секторе* наблюдалось преобладание меридиональных процессов типов М2. Под влиянием гребня гавайского антициклона на Америку циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям в восточный сектор полярного района Арктики. Фон давления понизился от положительных до отрицательных аномалий. Воздушные потоки преимущественно юго-западных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры (рис.1.12).

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 III квартале 2016 г. сохранился. Основным отличием от III квартала прошлого 2015 г., явилось повышение температурного фона в целом по полярному району Арктики на 0,7°C (рис. 1.3). Наибольший вклад в повышение температуры внесли процессы Баренцева и Карского морей.

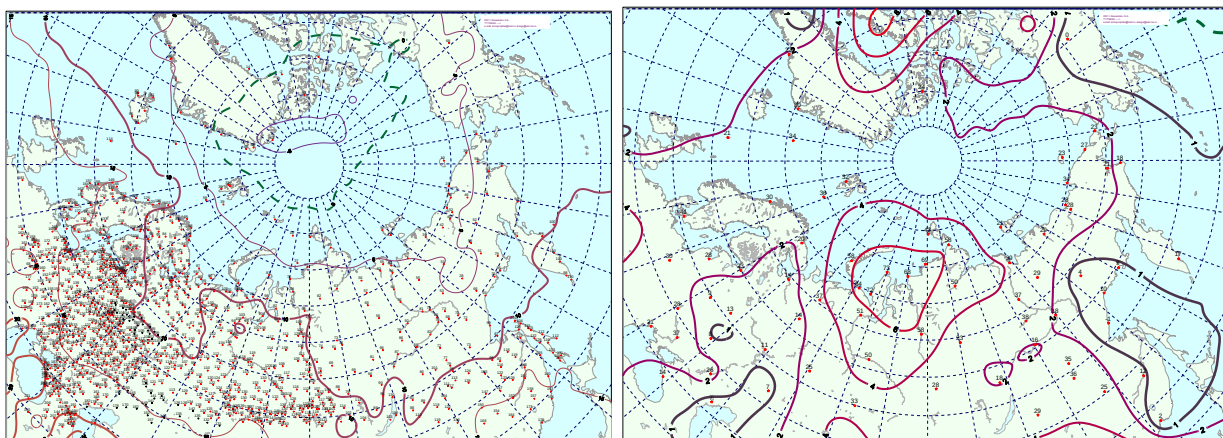


Рис. 1. 12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2016 г., (°C)

На рисунке 1.13 приводятся фоновые средние за третий квартал значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с данными за прошлый 2015 г. Наиболее значительные повышения температурного фона на 2-4°C отмечались в Баренцевом и Карском морях. В Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском морях значения аномалий температуры оказались близки к прошлому году.

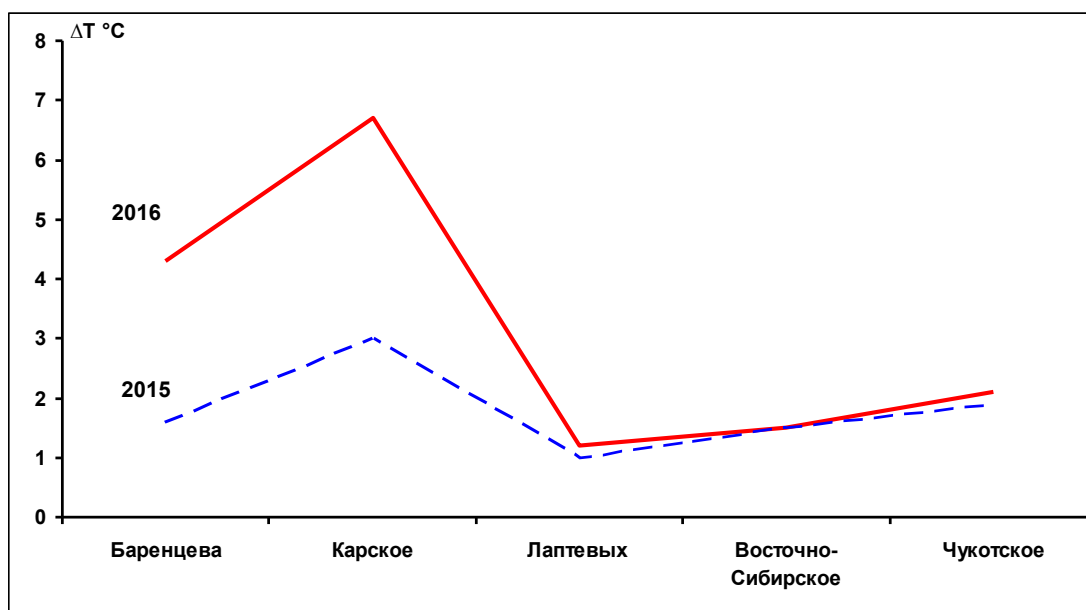


Рис. 1.13. Средние за третий квартал значения аномалий температуры воздуха (°C) по акваториям морей российской Арктики в 2015 и 2016 гг.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в апреле - июне 2016 г. проводился по естественным стадиям однонаправленного развития процессов – по 26 разновидностям элементарных синоптических процессов (ЭСП)

атлантико-евразийского сектора Северного полушария, процессы которого являются определяющими для перестройки циркуляции атмосферы в полярном районе Арктики.

Анализ показал, что для каждого месяца характерна большая повторяемость перестройки процессов. Переходы от одного ЭСП к другому сопровождались сменой знака барических полей и направления преобладающих воздушных потоков в полярном районе Арктики и были обусловлены крупномасштабной перестройкой разновидностей атмосферных процессов в двух секторах Северного полушария. Основные разновидности основных форм циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария с типами циркуляции в тихоокеано-американском секторе полушария для каждого ЭСП с июля по сентябрь 2016 г. представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с июля по сентябрь 2016 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	М ₁				1-4	Е	М ₁
5-8	W	М ₁	1-7	W	М ₁	5-7	W	3
9-12	W	М ₁	8-10	С	М ₁	8-10	С	М ₁
13-15	С	М ₂	11-13	W	М ₂	11-13	Е	М ₂
16-17	W	М ₂	14-17	Е	М ₂	14-16	С	3
18-20	С	М ₁	18-22	Е	3	17-19	Е	М ₂
21-24	Е	3	23-26	Е	М ₂	20-22	Е	М ₁
25-27	W	М ₂	27-31	W	М ₂	23-25	Е	М ₂
28-31	Е	М ₁				26-27	Е	М ₂
						28-30	W	3
Итого	W 13 (3) С 6 (-5) Е 12 (2)	3 4 (-6) М ₁ 19 (1) М ₂ 8 (5)	Итого	W 18 (3) С 3 (-4) Е 13 (1)	3 5 (-9) М ₁ 10 (-3) М ₂ 16 (12)	Итого	W 6 (-7) С 6 (-2) Е 18 (9)	3 9 (-6) М ₁ 10 (1) М ₂ 11 (5)

Примечания:

- 1 ЭСП – элементарный синоптический процесс;
- 2 А-Е – атлантико-европейский сектор полушария;
- 3 Т-А – тихоокеано-американский сектор полушария.
- 4 В скобках среднемесячные аномалии числа дней с формами (W, С, Е) и типами (3, М₁, М₂) атмосферной циркуляции.

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.1.14) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступавшие с дрейфующих буев МПАБ.

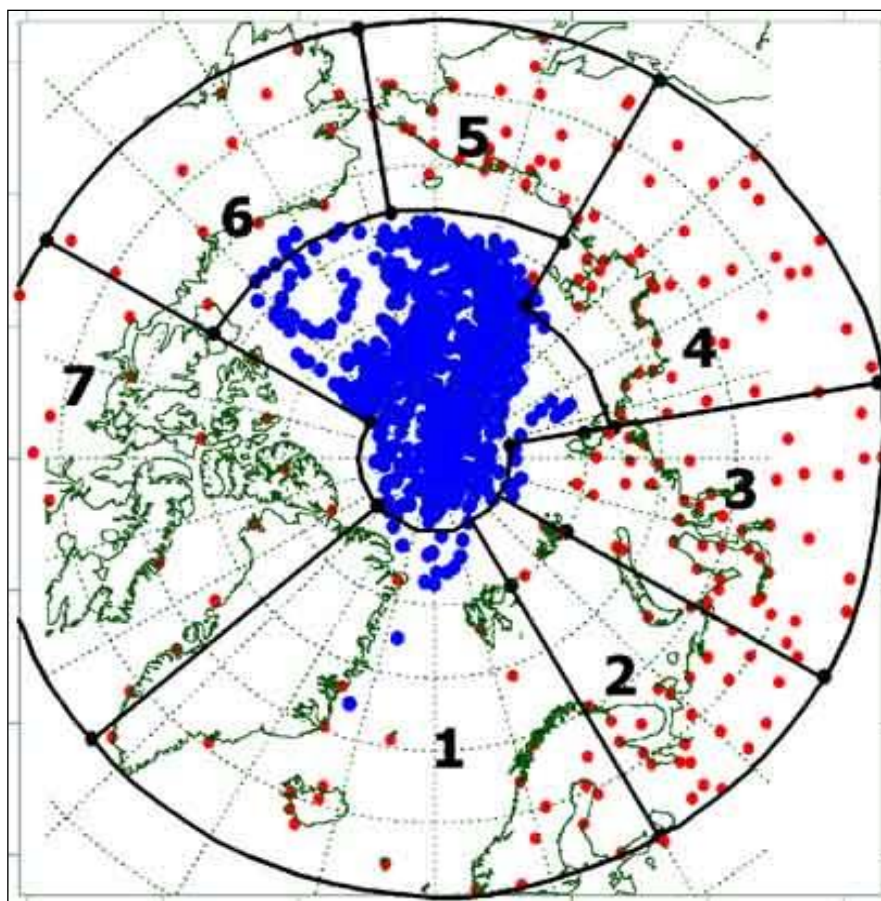


Рис. 1.14. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

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 2016 года по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в табл.1.3. В летнем сезоне 2016 году аномалия температуры воздуха СПО составила 2,0 °С. Лето 2016 г. по рангу теплых лет оказалось наиболее тёплым летом за период с 1936 г. Аномалия температуры для широтной зоны 70-85° с.ш. составила 1,9 °С, а для широтной зоны 60-70°

с.ш. – 2,0 °С. Прошедший летний сезон для этих широтных зон оказался соответственно вторым и первым по рангу тёплых лет за период с 1936 года.

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 2016 г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	1,9	2	2012 (2,0)	1963 (-0,7)
60-70	2,0	1	2016 (2,0)	1949 (-0,8)
60-85	2,0	1	2016 (2,0)	1949 (-0,8)

Сопоставление значений аномалий летней температуры воздуха в 2016 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в азиатском секторе (рис.1.15, табл.1.4). Аномалия температуры в Западносибирском районе составила 3,6 °С и оказалось наиболее теплым летом по рангу теплых лет с 1936 г. В южной части Восточносибирского района наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры.

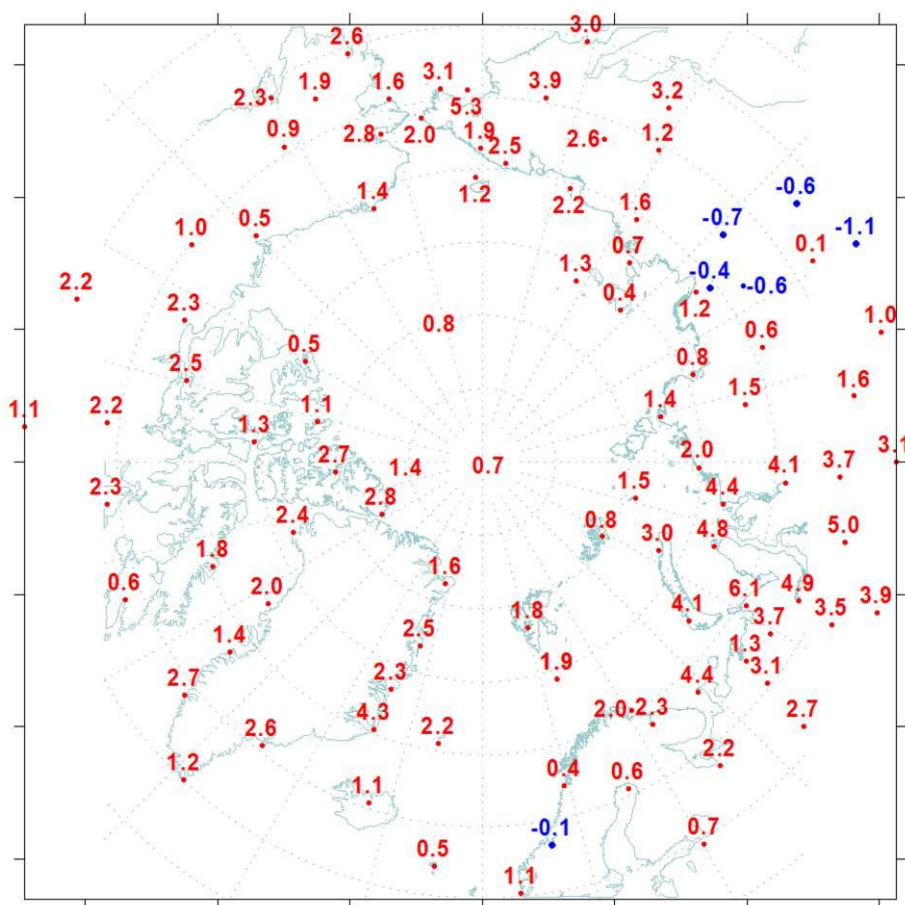


Рис. 1.15. Значения аномалий средней температуры воздуха летнего сезона 2016 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.4

Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в летнем сезоне 2016 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	1,7	2	2003 (1,9)	1965 (-0,7)
Североевропейский	2,3	2	2013 (2,8)	1969 (-1,6)
Западносибирский	3,6	1	2016 (3,6)	1968 (-1,6)
Восточносибирский	0,4	13	2012 (2,0)	1989 (-1,2)
Чукотский	2,4	2	2007 (2,9)	1949 (-1,3)
Аляскинский	1,5	4	2004 (2,9)	1945, 1955 (-1,3)
Канадский	1,8	3	2012 (2,3)	1972 (-1,6)

В районах арктических морей наблюдались преимущественно положительные аномалии температуры. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в районах северной части Гренландского и Норвежского морей, Баренцева и Карского морей. В районе Карского моря осредненная аномалия составила 3,1 °С (табл.1.5).

Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в летнем сезоне 2016 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	2,4	1	2016 (2,4)	1965 (-0,7)
Баренцево море	2,6	2	2013 (2,8)	1949 (-1,2)
Карское море	3,1	1	2016 (3,1)	1968 (-1,2)
Море Лаптевых	0,9	12	2010 (2,5)	1962 (-1,5)
Восточно-Сибирское море	1,5	5	2007 (3,7)	1949 (-1,6)
Чукотское море	1,7	4	2007 (3,9)	1965 (-1,6)
Море Бофорта	0,8	15	2012 (2,5)	1947 (-1,5)
Северная часть Канадского района	1,8	4	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. 1.16, а для районов арктических морей на рис. 1.17.

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха СПО и отдельных широтных зон за летний сезон 1936-2016 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 1,05 °С за 81 год.



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	1936-2016		1987-2016		2007-2016	
	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,12	44,5	0,50	72,5	0,25	23,0
Североевропейский	0,09	23,7	0,39	41,4	0,90	30,0
Западносибирский	0,12	30,9	0,51	46,9	2,32	58,1
Восточносибирский	0,12	34,6	0,53	51,9	-0,18	10,0
Чукотский	0,19	54,5	0,44	48,1	0,35	12,2
Аляскинский	0,17	50,8	0,06	07,2	0,62	28,9
Канадский	0,12	40,2	0,51	62,2	-0,30	16,0
70-85° с.ш.	0,13	51,8	0,48	71,3	0,12	08,3
60-70° с.ш.	0,13	57,0	0,36	60,3	0,64	45,6
60-85° с.ш.	0,13	56,4	0,43	69,5	0,75	57,8

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

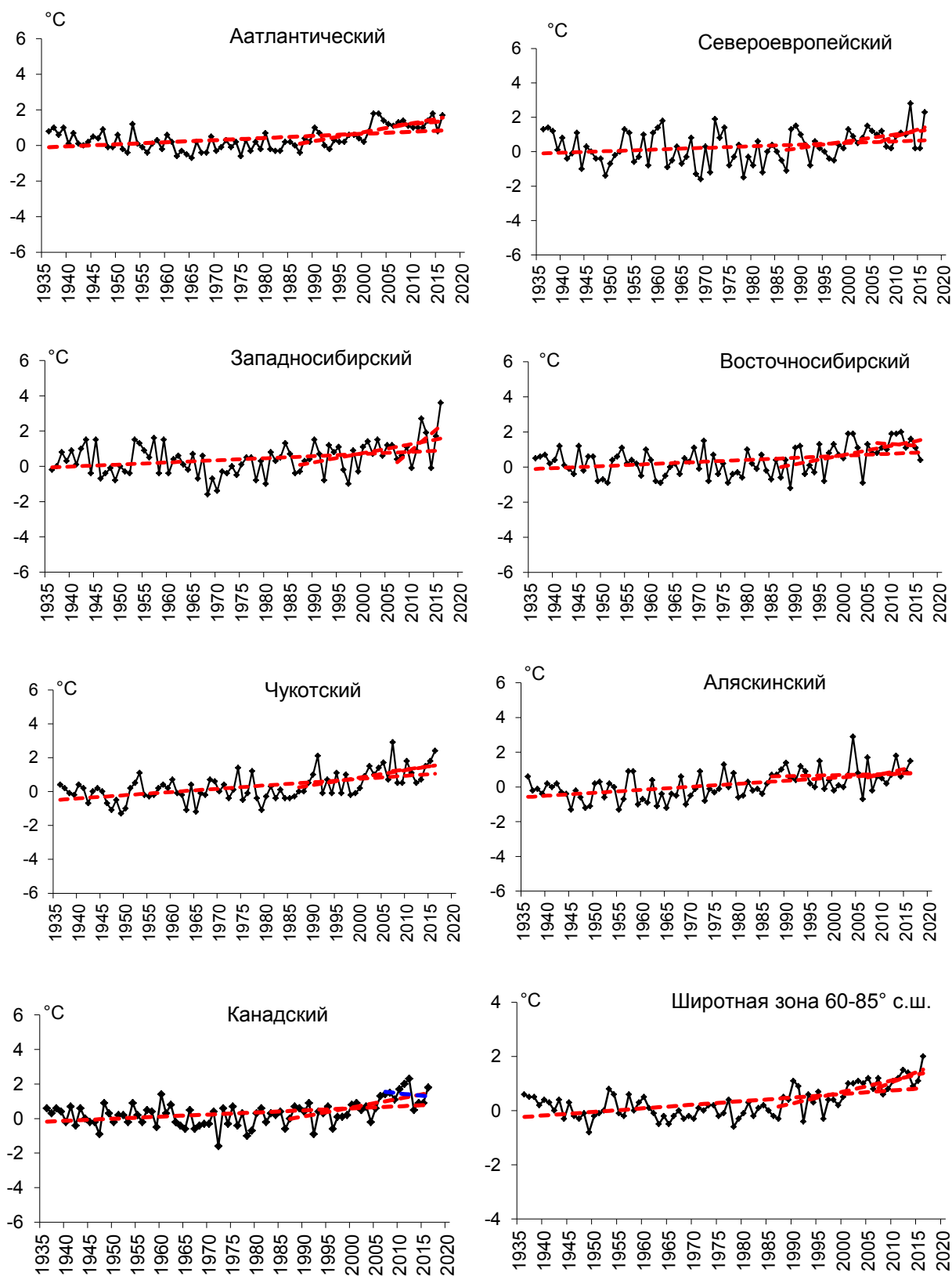


Рис. 1.16. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °C

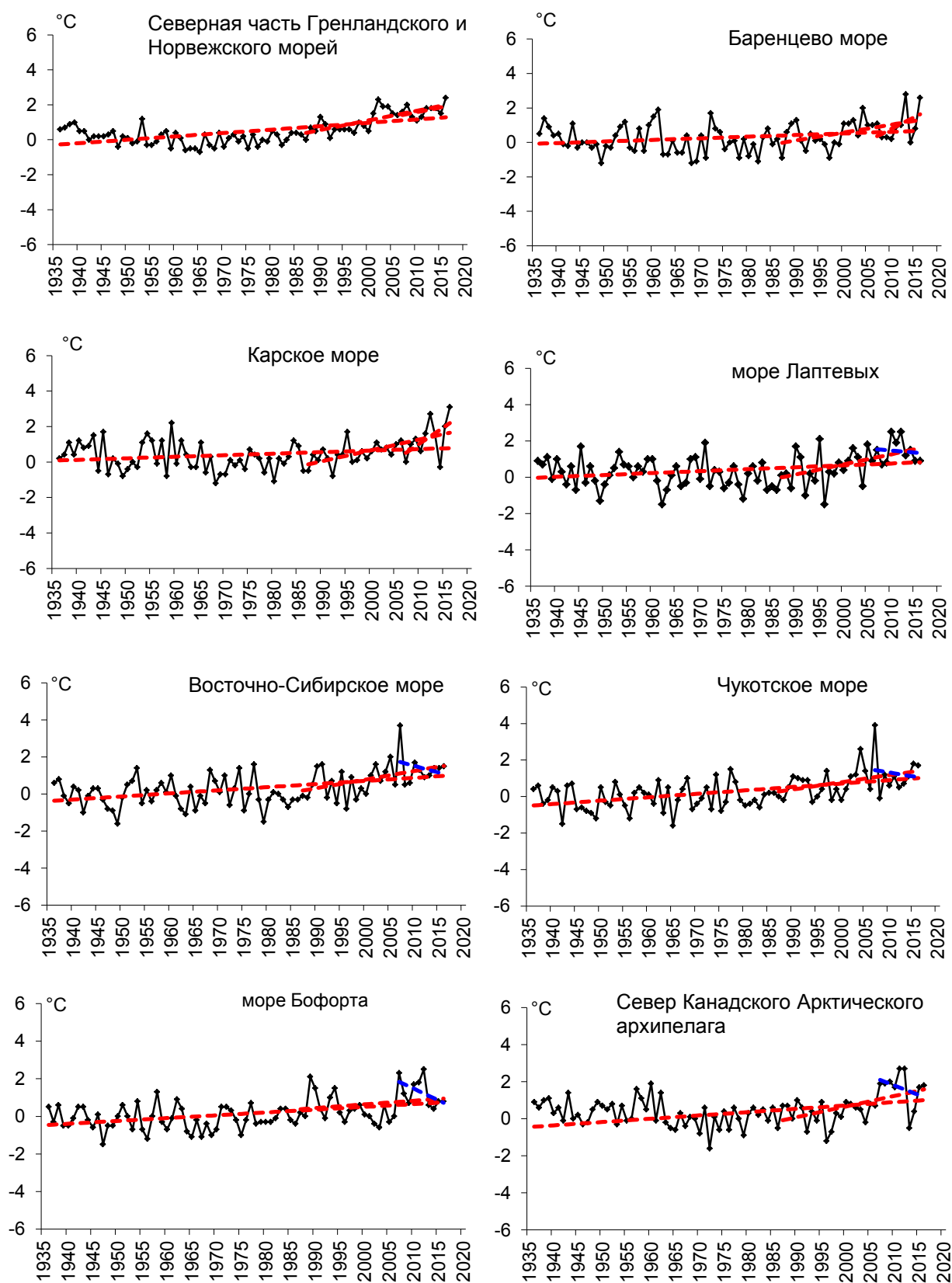


Рис. 1.17. Временные ряды аномалий средней за летний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °C

Для последнего тридцатилетнего периода 1987-2016 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 1,29°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 1,59°C/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде отмечается появление отрицательного тренда в изменениях температуры воздуха Восточносибирского и Канадского районов. 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 районе Карского моря, а также в северной части Канадского района значения линейного тренда соответственно составили 1,83 и 1,71 °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	1936-2016		1987-2016		2007-2016	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,19	61,6	0,55	75,2	0,53	42,1
Баренцево море	0,09	25,9	0,45	46,2	1,42	44,2
Карское море	0,09	23,9	0,61	62,0	1,86	51,8
Море Лаптевых	0,11	27,9	0,55	50,0	-0,23	10,4
Восточно-Сибирское море	0,17	44,1	0,46	45,0	-0,73	24,5
Чукотское море	0,19	49,6	0,39	38,3	-0,44	12,3
Море Бофорта	0,15	44,0	0,19	20,7	-1,24	50,1
Северная часть Канадского района	0,07	20,7	0,57	51,6	-1,02	31,6

Примечание: Bx – 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 2016 г. выпало около нормы (99,7 %). К югу от 70 °с.ш. осадков выпало чуть больше, чем к северу, соответственно 101,7 и 99,3 % от нормы. Ниже нормы осадков выпало в Атлантическом, Западносибирском и Чукотском

районах (табл.1.8). Наибольшее количество осадков летом 2016 г. наблюдалось в Североевропейском районе (на 26 % выше нормы).

Таблица 1.8

**Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков
теплого сезона 2016 г.**

Клим. район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	94,2	1964 (120,5)	1968 (75,2)
Североевропейский	126,1	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	84,7	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	84,2	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	83,0	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	107,2	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	117,0	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	101,7	1954 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	99,3	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	99,7	1954 (117%)	1980 (90%)

В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков теплого сезона за весь период (с 1936 по 2016 гг.) по северным (70-85° с.ш.) и южным (60-70° с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. Главной особенностью в межгодовых изменениях осадков теплого сезона за период 1936-2016 гг. является тенденция уменьшения жидких осадков в целом по региону (на 1,5 % от нормы 1961-1990 гг.) и к северу от 70°с.ш. (на 6,1 % от нормы). Статистически значимый (на 5-% уровне значимости) тренд осадков теплого сезона обнаруживается только в Канадском районе (15,4 мм за 81 год).

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 35% от нормы. На рис. 1.18 временные ряды сумм осадков теплого сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

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>Bx</i>	% от нормы	<i>D</i>	<i>Bx</i>	% от нормы	<i>D</i>
	1936-2016			1987-2016		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	-0,74	-1,6	5,0	-4,84	-3,9	12,3
Скандинавия и север ЕТР	3,36	11,1	23,0	6,34	7,7	15,7
Западная Сибирь	-2,24	-7,3	15,5	8,32	10,1	21,3
Восточная Сибирь	0,07	,3	0,8	-1,77	-3,0	7,7
Чукотка	-0,51	-2,5	4,1	2,85	5,2	9,4
Аляскинский (южная часть)	-0,08	-,3	0,4	14,19	21,8	32,2
Канадский (южная часть)	3,17	17,3	38,0	-0,03	-,1	0,2
60-70° с.ш.	0,48	1,8	8,6	3,72	5,1	24,2
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,39	2,6	3,7	0,95	2,3	3,6
Баренцево море	-0,61	-3,2	5,5	-0,81	-1,6	3,8
Карское море	-0,98	-6,4	10,4	2,68	6,5	8,9
Море Лаптевых	-3,02	-19,3	30,3	-4,39	-10,4	19,9
Восточно-Сибирское море	-5,04	-34,9	43,5	-13,47	-34,6	45,8
Чукотское море	-4,12	-25,7	28,9	-7,76	-17,9	25,3
Море Бофорта	1,07	9,8	13,4	-2,80	-9,4	14,0
Канадский (северная часть)	0,65	7,9	11,4	-4,25	-19,3	24,1
70-85° с.ш.	-0,85	-6,1	19,3	-1,19	-3,2	10,7
Атлантический	-0,36	-1,0	3,5	-2,92	-3,0	10,9
Североевропейский	1,87	7,2	17,6	3,75	5,4	13,3
Западносибирский	-1,71	-7,1	17,8	5,95	9,1	22,1
Восточносибирский	-1,11	-5,8	14,6	-2,76	-5,3	13,7
Чукотский	-2,54	-13,7	24,3	-1,54	-3,1	6,3
Аляскинский	-1,09	-5,1	6,9	3,02	5,2	8,8
Канадский	2,23	15,4	38,5	-1,61	-4,1	10,9
60-85° с.ш.	-0,35	-1,5	8,3	0,72	1,2	6,1
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						

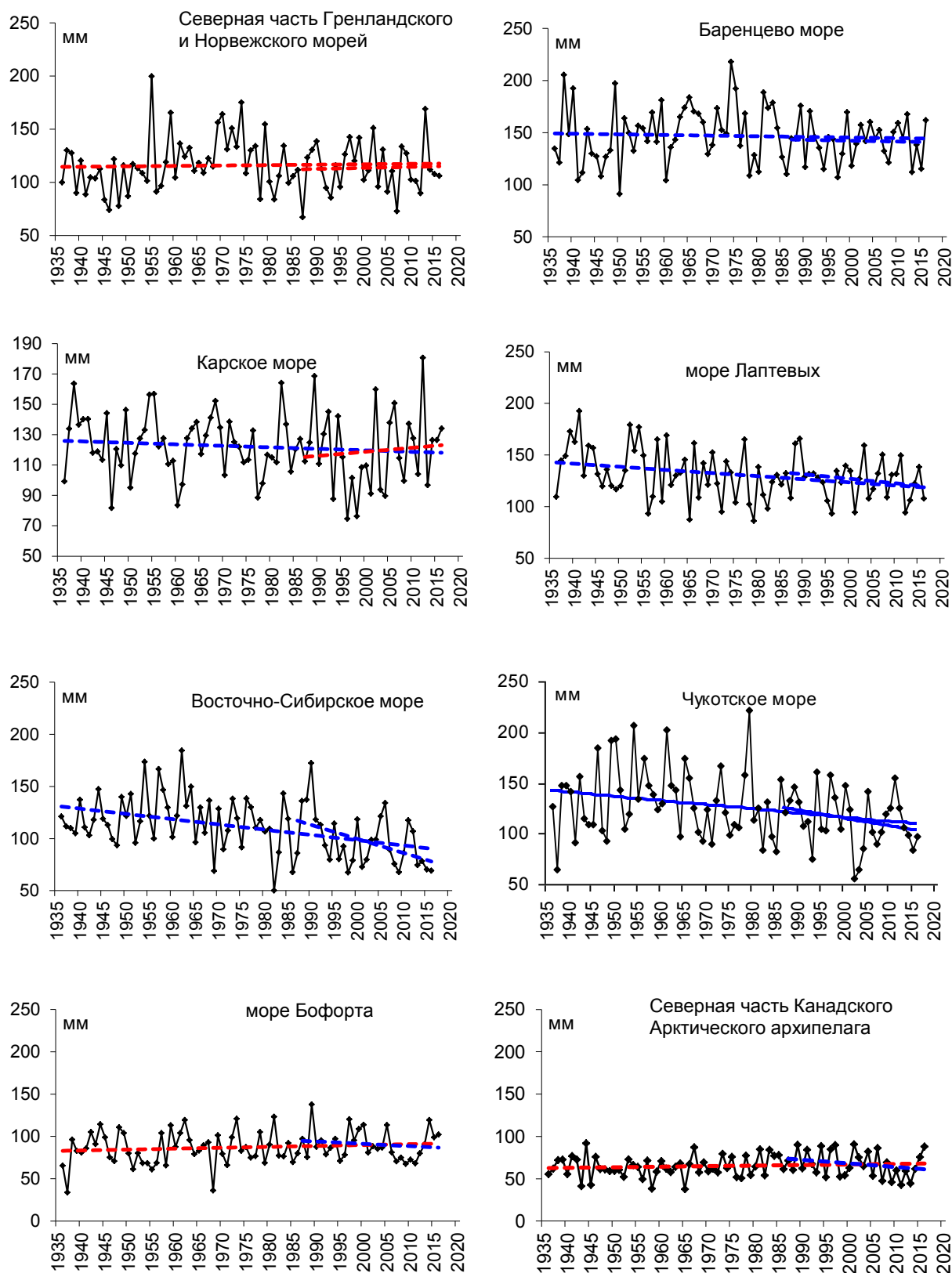


Рис. 1.18. Временные ряды сумм осадков теплого сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2016 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле-сентябре 2016 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 Североамериканской ледовой службы). Однако, данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная информация в формате ВМО СИГРИД-3 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 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 2016 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.

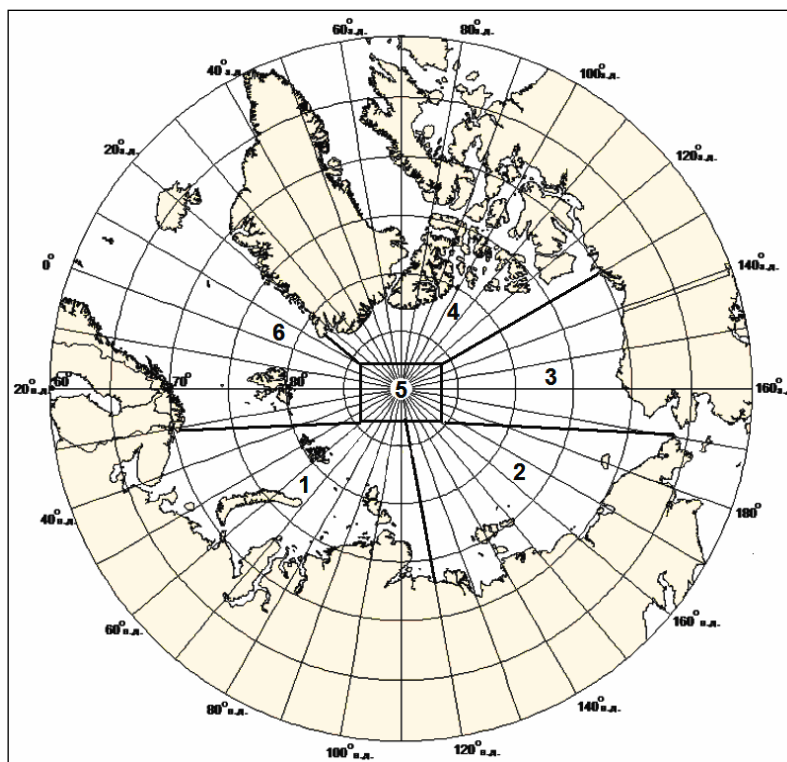


Рис. 2.1. Квазиоднородные районы, выделенные в Северном Ледовитом океане

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

В конце июня в СЛО сложились следующие гидрометеорологические и ледовые условия: сохранялись положительные аномалии температуры воздуха в Арктике, сохранялось преобладание однолетних льдов в западном и восточном районах российского сектора Арктики, сохранялся небольшой язык двухлетних льдов в северо-восточной части Восточно-Сибирского моря, основной массив старых льдов был смещен в гринландский и канадский сектора сектора Арктики.

В структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океане преобладали однолетние льды, которые составляли около 55-60% от общего количества льда. Около 40-45% от общего количества льда составляли старые льды.

Однолетние льды занимали западный и восточный районы российского сектора Арктики (районы 1, 2) и прибрежную часть алюсского сектора Арктики (район 3). Старые льды наблюдались преимущественно в гринландском, канадском и частично в алюсском секторах Арктики (районы 4 и 6), а также в части приполюсного района (район 5).

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение окраинных морей западного района российского сектора Арктики – Баренцева и Карского. В этих морях

сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В Баренцевом море аномалия ледовитости в третьей декаде июня составила -35%, в Карском море -40%,. Очищение морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом выносного характера из этих морей, адвекции тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда. Большие разряжения сформировались также в Чукотском море и море Бофорта.

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

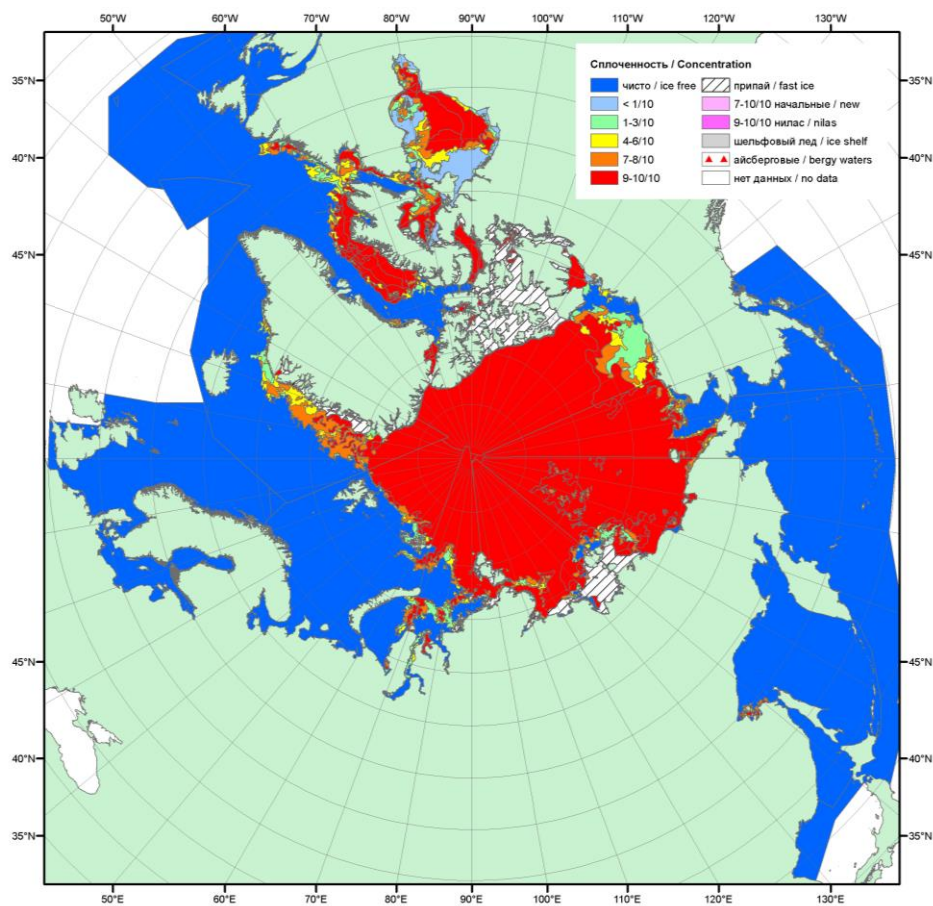


Рис. 2.2. Распределение льда по сплоченности в конце июня 2016г.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль-сентябрь 2015 г. приведены на рисунках 2.3–2.11.

В июле продолжалось интенсивное очищение западных морей Арктики (Гренландского, Баренцева и Карского) и Чукотского морей. К концу июля значительная

часть акватории этих морей очистилась от дрейфующих льдов, аномалии ледовитости составили -50...-65%.

Припай в российских арктических морях в первой половине июля полностью разрушился, что произошло в среднем на 5-10 суток раньше среднемноголетних сроков. Припай сохранялся только среди островов Канадского арктического архипелага.

Большое количество льдов сохранялось в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском. Развитие ледовых условий в этих районах было близким к среднемноголетнему значению. Продолжилось формирование обширных разрежений в районе Новосибирских островов и в море Бофорта. Интенсивный вынос льдов из СЛО наблюдался через пролив Фрама и далее вдоль побережья Гренландии (рис. 2.3).

Дрейф ледяного покрова приведен на рис. 2.4. В поле дрейфа льда наблюдалось формирование необычной картины. Вместо выраженных основных структур дрейфа – Трансарктического переноса льда и Канадского антициклонического круговорота, в поле дрейфа сформировалось 2 гигантских вихря. Один из них, циклонический вихрь, сформировался с центром на 82°с.ш. по меридиану архипелага Новосибирских островов. Он обусловил вынос льдов из западной части Восточно-Сибирского и Чукотского морей и одновременно поступление льдов в восточную часть моря Лаптевых и в Гренландский сектор Арктики.

Вторым сформировавшимся вихрем был Канадский антициклонический круговорот, центр который был смещен к побережью Аляски. Его развитие оказалось намного слабее обычного, и он обусловил незначительно поступление льдов в море Бофорта, слабый прибрежный перенос льдов вдоль побережья Аляски и поступление этих льдов в северные части морей Чукотского и Восточно-Сибирского.

Общая ледовитость Северного Ледовитого океана в июле была значительно меньше нормы. Она оказалась аномально низкой за весь ряд наблюдений (рис. 2.13, а).

Основной вклад в формирование отрицательной аномалии ледовитости и поля сплоченности льда, вносили все без исключения арктические моря (зоны выделенные синим цветом). Положительные аномалии сплоченности льда наблюдались в приполюсном районе и в гренландском секторе Арктики, куда был направлен основной вынос льдов (рис. 2.5 б, зоны, выделенные зеленым цветом).

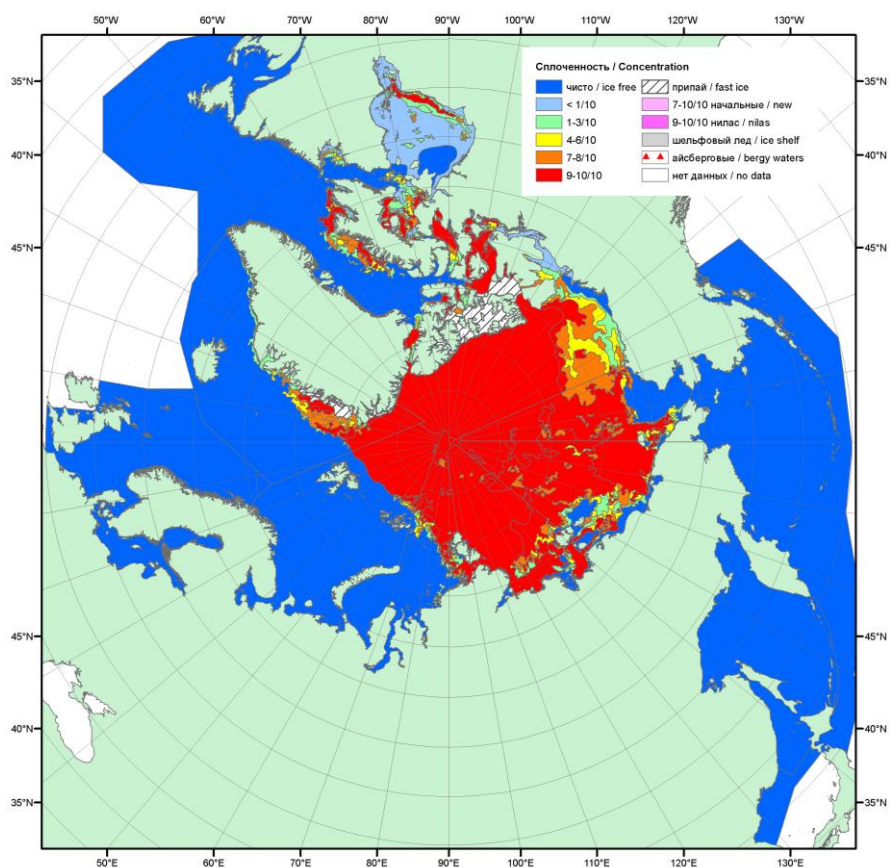


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта за 18–19.07.2016 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

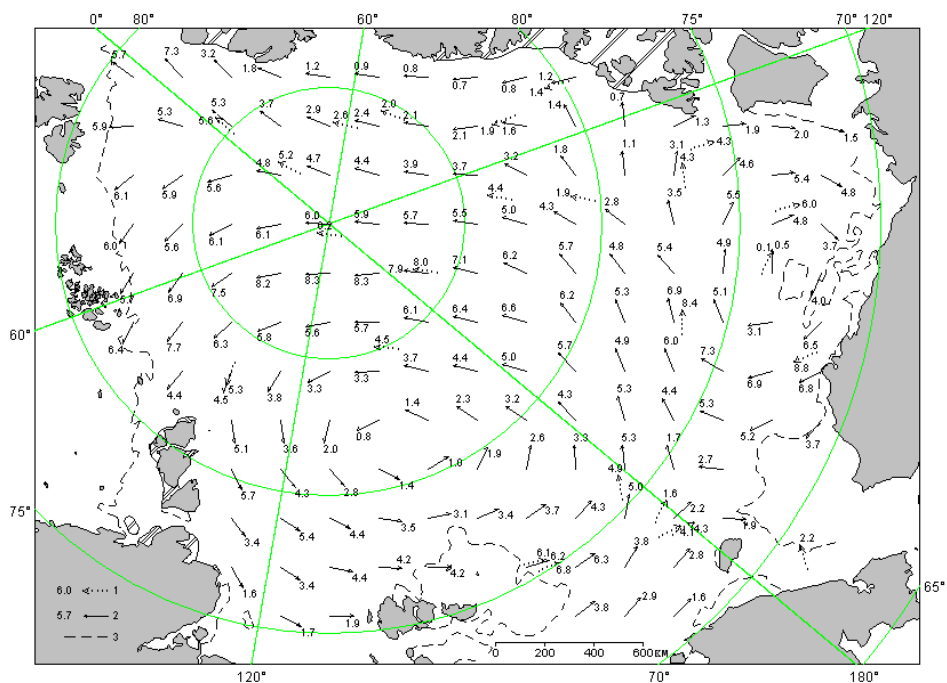


Рис. 2.4. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июль 2016 г.

1 – направление (стрелка) и скорость (2.5 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка дрейфующего льда

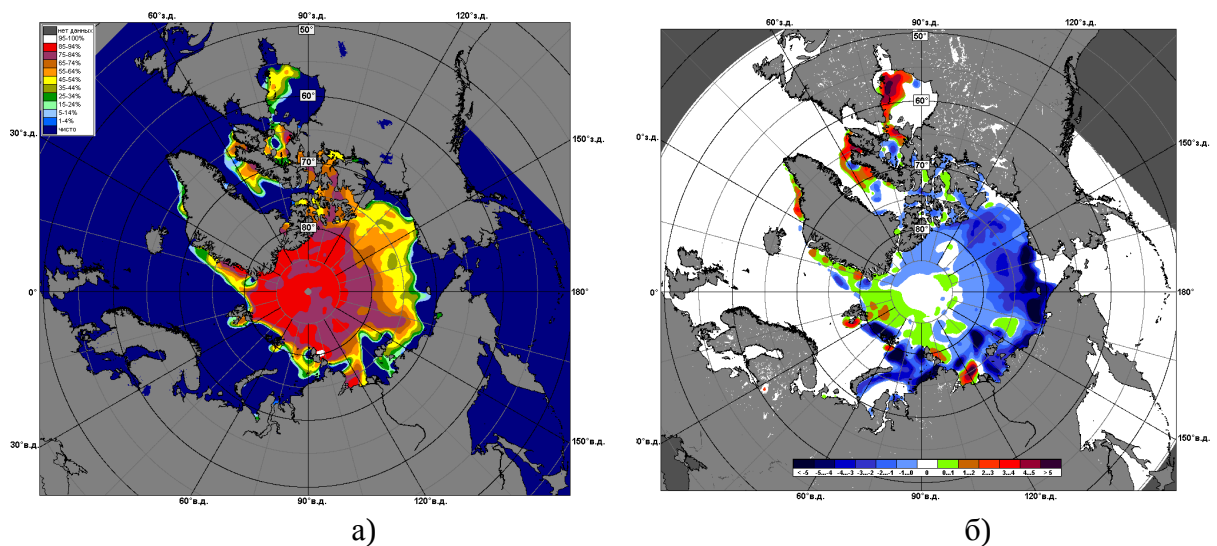


Рис. 2.5. Медианное распределение сплоченности льда в июле 2016 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2016 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

В течение августа продолжалось сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом океане. Уменьшение ледовитости происходило в основном за счет разрушения льда во всех морях российского сектора Арктики и в море Бофорта. Большая часть всех окраинных арктических морей российского сектора Арктики (за исключением западной части моря Лаптевых) и прибрежная часть моря Бофорта полностью очистилась ото льда. Сформировалась крупная отрицательная аномалия ледовитости, составляющая по морям от -20 до -50%.

Граница отступления дрейфующих льдов на север в Восточно-Сибирском море в августе 2016 г. была аномально высокой и приближалась к наблюдавшемуся историческому минимуму развития ледяного покрова в 2007 г. (рис. 2.6).

В августе, в поле дрейфа льда произошли существенные изменения. Традиционных структур дрейфа в СЛО не наблюдалось. Сохранялся один гигантский циклонический вихрь, который сформировался еще в июне. Это вихрь существенно увеличился в размерах и занимал практически весь бассейн СЛО. Сформировавшийся и расширившийся вихрь поддерживал вынос льдов из морей Бофорта, Восточно-Сибирского и Чукотского в гренландский сектор Арктики и в западную часть моря Лаптевых (рис. 2.7).

В результате смещения массива арктических льдов к побережью Гренландии и островам Канадского арктического архипелага в результате выноса сюда льдов из морей Бофорта, Чукотского и Восточно-Сибирское, в этих районах сформировались

положительные аномалии сплоченности льда. Положительная аномалия сплоченности наблюдалась также в западной части моря Лаптевых (рис. 2.8., зоны зеленого и красного цветов). В результате интенсивного таяния и разрушения и выноса льдов в морях Гренландском, Баренцевом, Карском, Восточно-Сибирском и Бофорта в поле сплоченности льда сформировались отрицательные аномалии (рис. 2.8, зоны синего цвета).

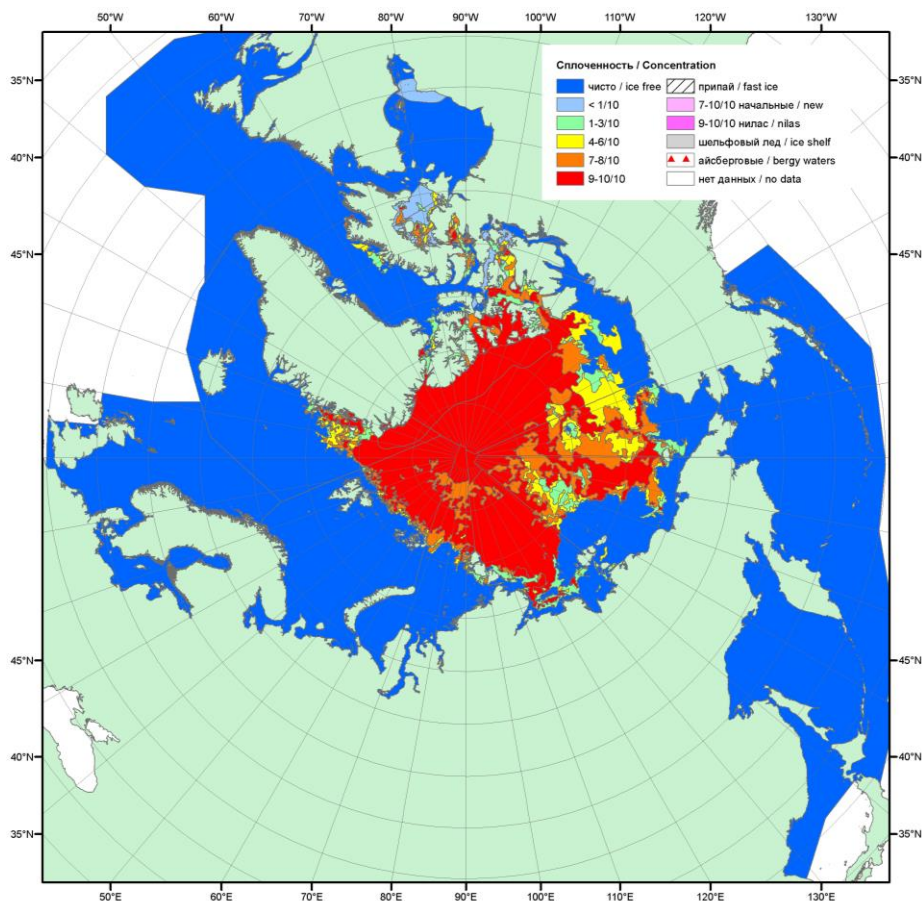


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта за 15-16.08.2016 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

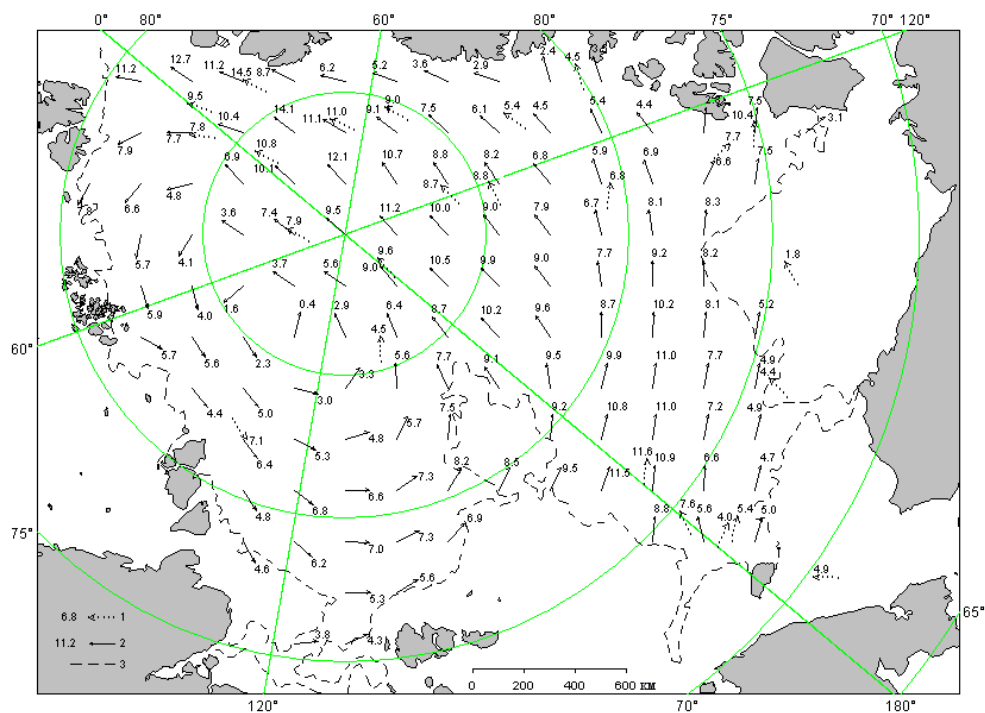


Рис. 2.7. Поле скорости результирующего дрейфа льда за август 2016 г.

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

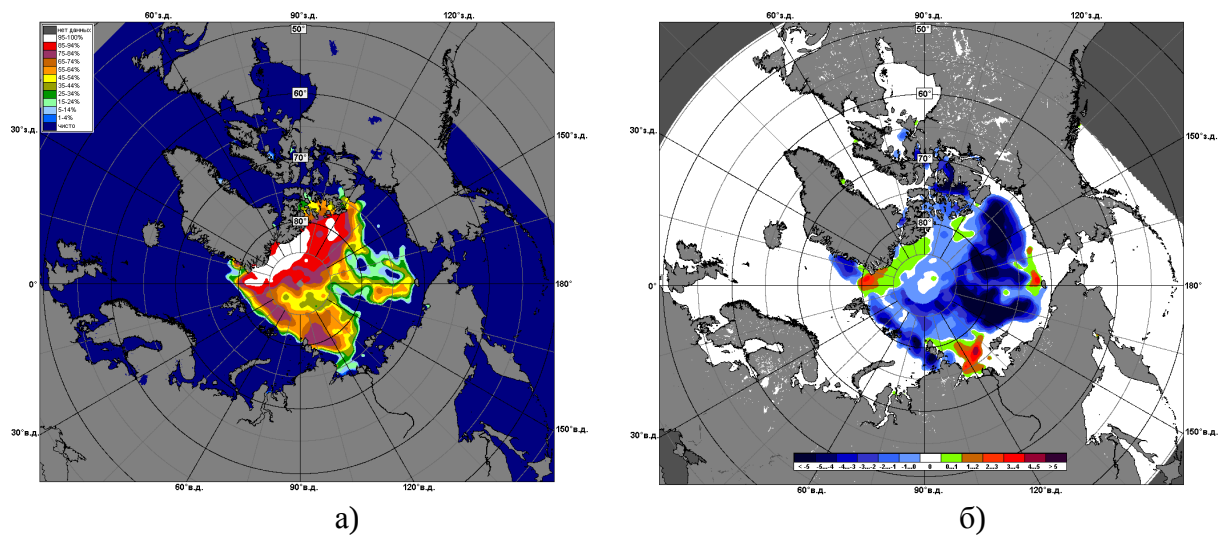


Рис. 2.8. Медианное распределение сплоченности льда в августе 2016 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2016 (б) 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 отроги ледяных массивов – в западной части моря Лаптевых и восточной части Восточно-Сибирское морей.

В середине сентября в прикромочной зоне по меридиану 180° к северу от широты 82 °с.ш. началось ледообразование, что в среднем на 15-20 суток позже среднемноголетних сроков. Ледообразование развивалось очень медленно. В конце сентября ледообразование начало отмечаться повсеместно только в границах остаточных льдов, практически не выходя из этой границы на чистую воду.

Основная масса льдов, сохранившихся после периода летнего таяния в Северном Ледовитом океане, была смещена в приполюсный район, гренландский и канадский сектора Арктики. Небольшое количество остаточных льдов наблюдались в западных частях морей Лаптевых и восточной части Восточно-Сибирского. (рис. 2.9).

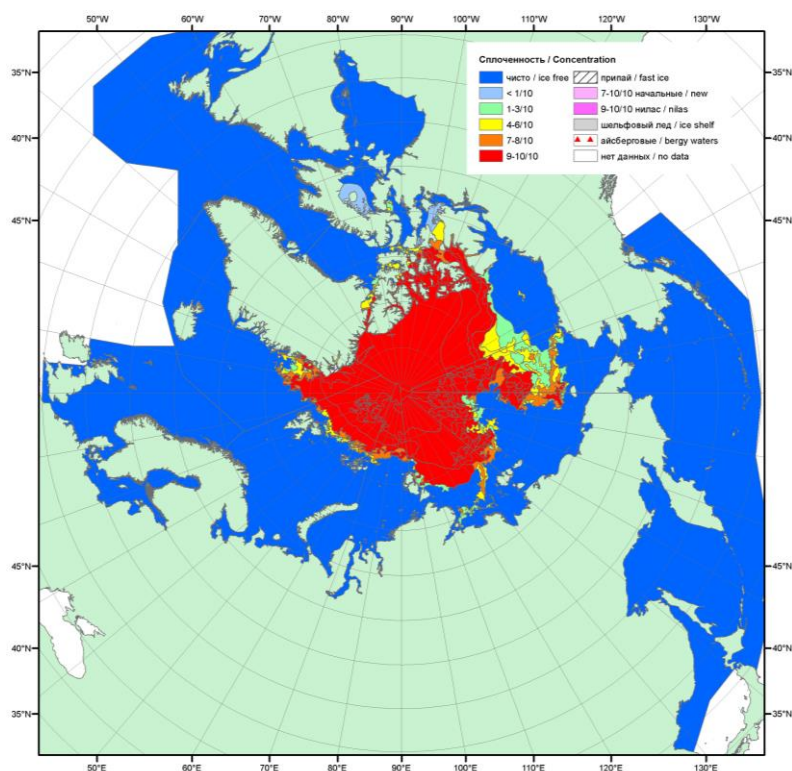


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта за 12-13.09.2015 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

Дрейф ледяного покрова приведен на рисунке 2.10. В сентябре, в поле дрейфа льда существенных изменений не наблюдалось. Устойчиво сохранялся обширный циклонический вихрь, который способствовал выносу льдов из окраинных морей и накоплению их в приполюсном районе и Гренландском и канадском секторах Арктики.

Трансарктического перенос льда и Канадский антициклонический круговорот как обычно наблюдаемые структуры дрейфа полностью отсутствовали.

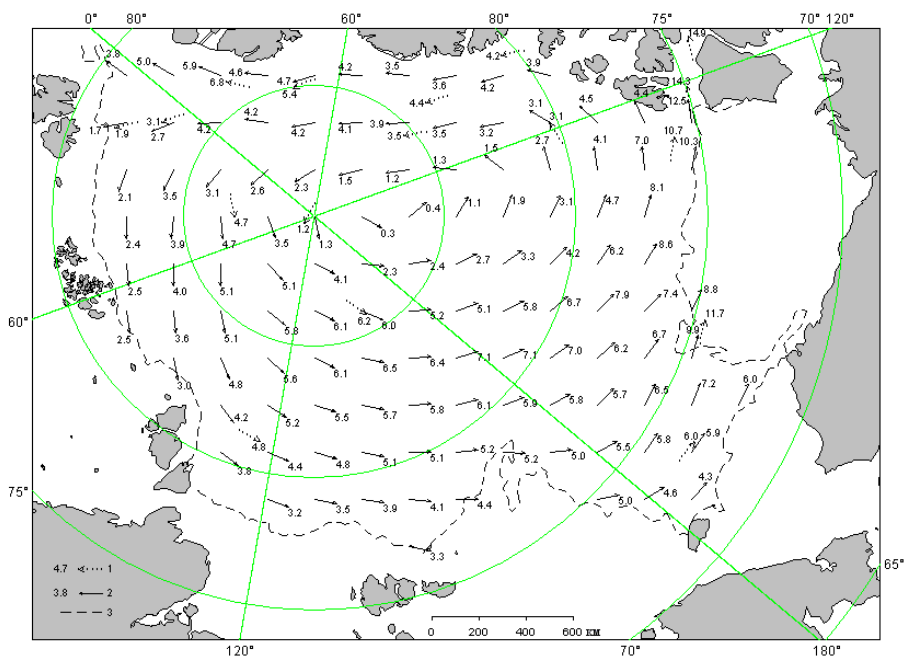


Рис. 2.10. Поле скорости результирующего дрейфа льда за сентябрь 2016 г.

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

В сентябре сохранились значительные отрицательные аномалии сплоченности льда у северных границ всех арктических морей, в результате его выноса ветвью циклонического вихря (рис. 2.11, зоны темно-синего цвета). Положительные аномалии сплоченности сохранялись в приполюсном районе и гренландском секторе Арктики (рис. 2.11 б, зоны зеленого цвета).

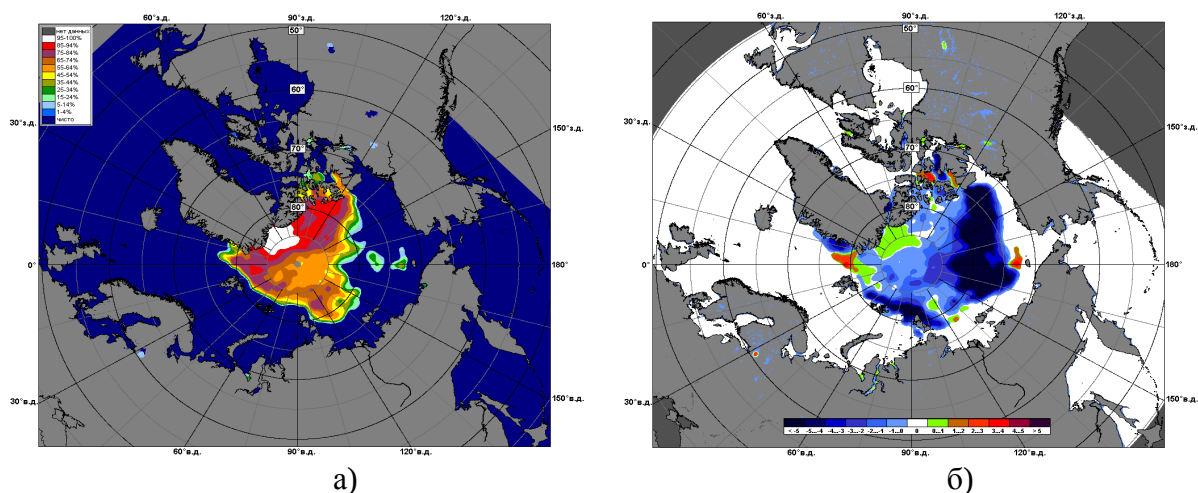


Рис. 2.11. Медианное распределение сплоченности льда в сентябре 2016 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2016 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий ААНИИ общая

площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2016 г. составила 4,3 млн. км² при норме 6,1 млн. км², что на 29,5% меньше среднееголетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО и во всех его секторах оказались меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978-2015 гг.), а также меньше чем за последнее «теплое» десятилетие (с 2006-2016 гг.). Но вместе с тем. общая площадь льдов существенно (на 0,5-1,0 млн. км²) превышала ледовитость, наблюдавшуюся в аномально легких 2007 и 2012 гг, став, таким образом, третьей по рангу в группе легких лет.

Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на сентябрь, а также сравнение со значениями ледовитости ряда лет, начиная с 2011 г., приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Значения ледовитости за 12 – 20 сентября 2016 г. и её аномалии от значений периодов 2006-2016 гг. и 1978-2016 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS

Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс км ² /%						
		2011 г	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г.	2006-2016гг	1978-2016гг
12-20.09	4324,2	-178,1	918,1	-746,2	-719,9	-153,5	-362,1	-1779,1
		-4,0	27,0	-14,7	-14,3	-3,4	-7,7	-29,2
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс км ² /%						
		2011 г	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г.	2006-2016гг	1978-2016гг
12-20.09	1148,3	-63,7	107,2	287,2	-248,4	-69,8	-90,7	-291,7
		-5,3	10,3	33,3	-17,8	-5,7	-7,3	-20,3
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс км ² /%						
		2011 г	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г.	2006-2016гг	1978-2016гг
12-20.09	1257,2	-113,5	533,0	-296,4	13,5	93,4	-31,3	-740,0
		-8,3	73,6	-19,1	1,1	8,0	-2,4	-37,1
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс км ² /%						
		2011 г	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г.	2006-2016гг	1978-2016гг
12-20.09	1918,7	-0,9	277,9	-737,0	-485,0	-177,1	-240,0	-747,4
		0,0	16,9	-27,8	-20,2	-8,4	-11,1	-28,0

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 20.09.2016 по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM. Ход общей ледовитости показывает, что практически весь летний период количество льда в целом по СЛО было меньше среднееголетнего значения (нормы за 1978-2016 гг.), но не опускалась ниже крайнего экстремального значения, которое наблюдалось в 2012 г.

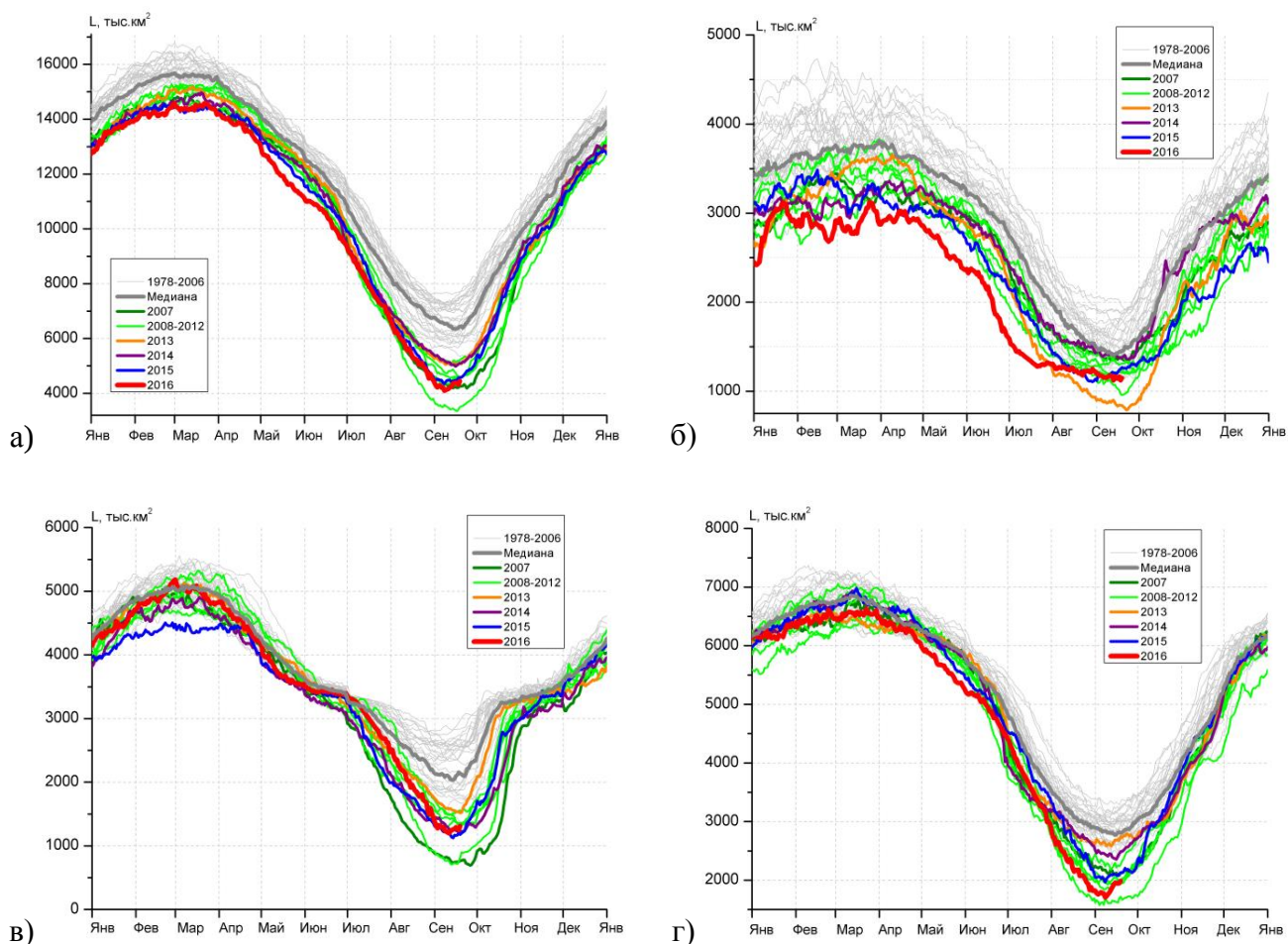


Рис. 2.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости

- а) - для Северной полярной области и меридиональных секторов
б) - 45°W-95°E (Гренландское – Карское моря),
в) - 95°E-170°W (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское)
г) - 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика) за период с 26.10.1978 по 20.09.2016 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 2016 г.

3.1 Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в третьем квартале 2016 г. выполнен на основании данных автономного дрейфующего комплекса ИТР (Ice-Tethered Profiler) № 93, оснащенного профилографом, обеспечивающим непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1, рис. 3.1).

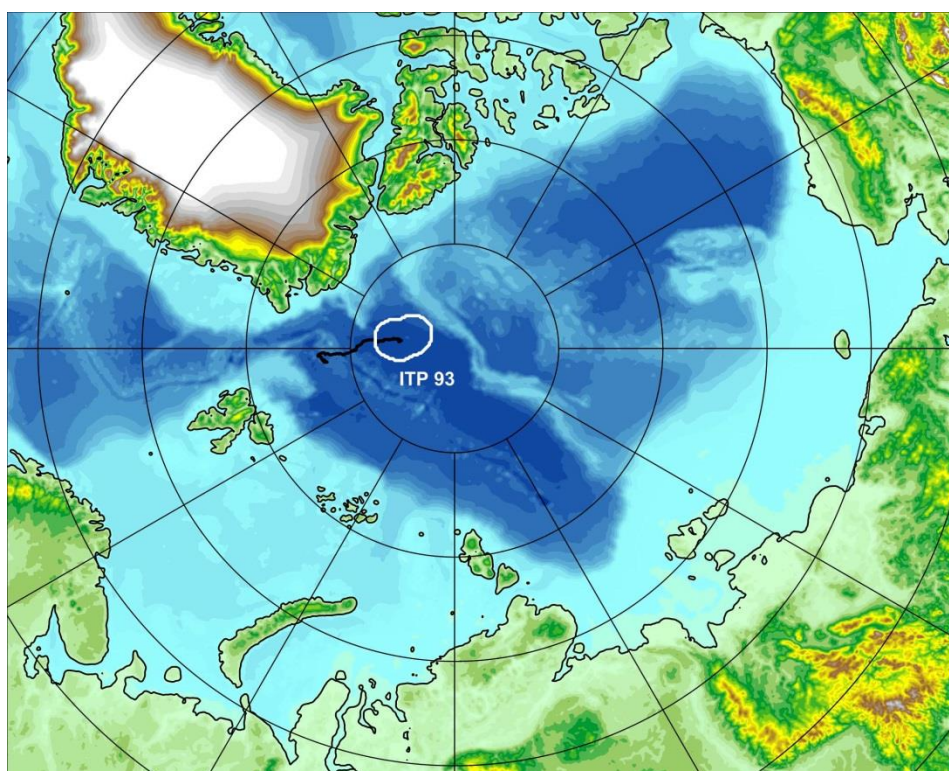


Рис. 3.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2016 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии АНИИ

Таблица 3.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2016 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии АНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТ-93	02.07.2016	27.07.2016	100

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в третьем квартале 2016 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солёности в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР–93 в глубоководной котловине Амундсена (рис. 3.2). В группе станций были рассчитаны основные статистические характеристики (среднее, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения) вертикальных профилей температуры и солёности. При дальнейшем анализе полученные статистические характеристики сравнивались с климатическим средним и его стандартным отклонением, рассчитанным в период с 1900 по 2000 гг. для этого же района. Область поиска исторических данных (рис. 3.1, белый контур) был на 50–100 км шире по сравнению с анализируемой группой станций.

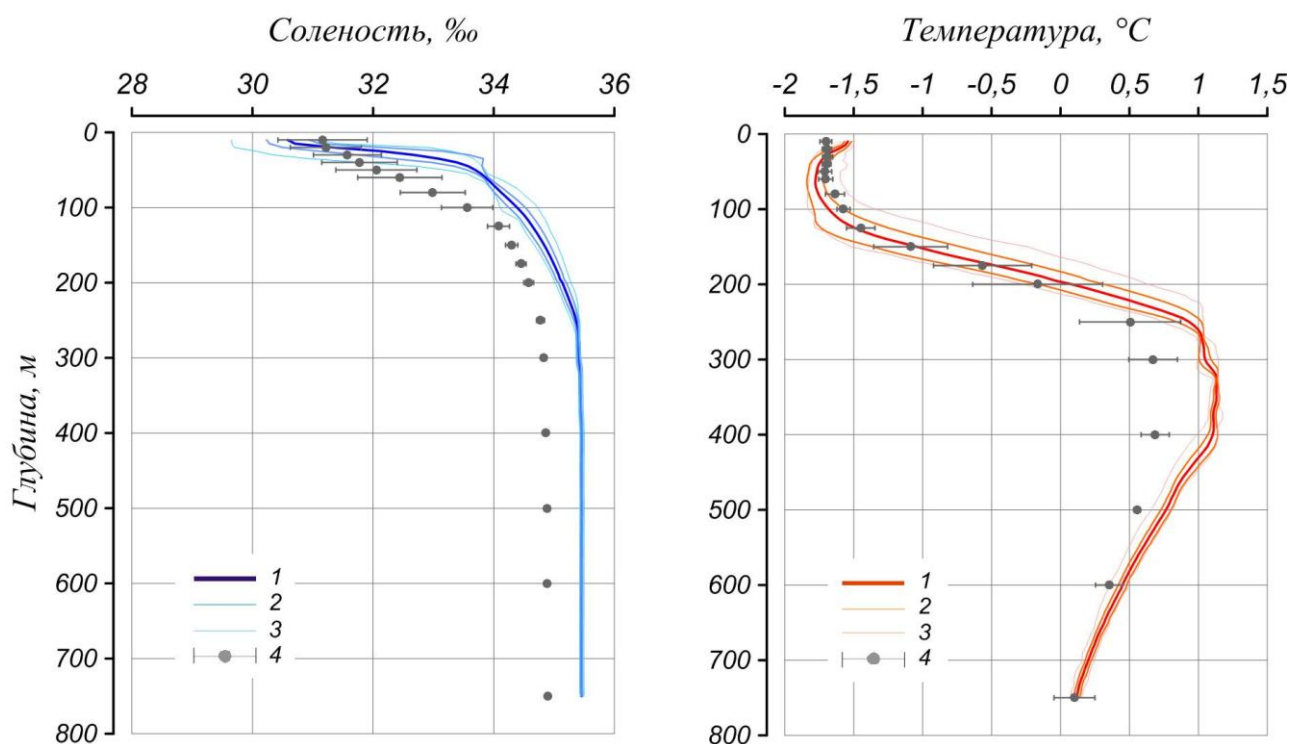


Рис. 3.2 – Вертикальное распределение солёности и температуры воды в котловине Амундсена в июле 2016 г. по результатам измерений профилографа ИТР–93

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 АНИИ за июль – сентябрь в период с 1900 по 2000 гг.

Евразийский суббассейн

Анализ вертикального распределения солёности в котловине Амундсена Евразийского суббассейна в третьем квартале 2016 г. не может быть выполнен вследствие недостоверности данных, полученных датчиком электропроводности профилографа ИТР–93. Так по данным ИТР–93 максимальная солёность в слое теплых атлантических вод (АВ) составила 35,45 ‰, что не соответствует принятым представлениям о распределении термохалинных характеристик в СЛО.

Поверхностная температура воды ($-1,53\text{ }^{\circ}\text{C}$) в котловине Амундсена по данным ИТР–93, как и во втором квартале 2016 г., незначительно превышала климатическую норму ($-1,71\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Максимальная температура в ядре АВ достигла $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (380 м), превышая климатическую норму на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом аномалия в локализации ядра АВ по сравнению с предыдущими годами была крайне незначительна. Так верхняя граница АВ (200 м), определяемая по изотерме $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, расположена всего на 15 м выше ее климатического положения.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 2016 г. составлена по данным четырехсрочных наблюдений на десяти станциях, расположенных в Карском море, и четырех станциях в море Лаптевых (таблица 3.2).

Таблица 3.2

**Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня
в период июль – сентябрь 2016 г.**

№	Станция	Широта	Долгота
	Карское море		
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	им. Попова (о. Белый)	73 20 N	70 03 E
5	Новый Порт	67 41 N	72 53 E
6	Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
7	Диксон	73 30 N	80 24 E
8	о-ва Известий ЦИК	75 57 N	82 57 E
9	м. Стерлегова	75 25 N	88 54 E
10	ГМО им.Е.К. Фёдорова (м. Челюскина)	77 43 N	104 17 E
	море Лаптевых		
11	Анабар	73 13 N	113 30 E
12	м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
13	пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
14	о. Котельный	76 00 N	137 52 E

В Восточно-Сибирском море и Чукотском море наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.3) на станциях им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Усть-Кара и Амдерма колебания уровня в течение всего третьего квартала 2016 года происходили на значительно повышенном фоне (от +8 до +38 см). В августе – сентябре на станциях Амдерма и Усть-Кара среднемесячный уровень был выше среднемноголетнего значения на 26 – 38 см. На станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) среднемесячный уровень повышался от июля (+8 см) и августа (+13 см) к сентябрю (+18 см).

Наиболее значительные подъемы уровня в юго-западной части Карского моря наблюдались 29 августа, когда уровень на станции Амдерма поднялся на 93 см выше среднего значения, и 22 августа, когда на станции Усть Кара уровень на 91 см превысил среднюю величину. Понижения уровня были менее значительными: 18 августа и 19 сентября на станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) уровень опустился ниже среднего на 34 см и 32 см соответственно.

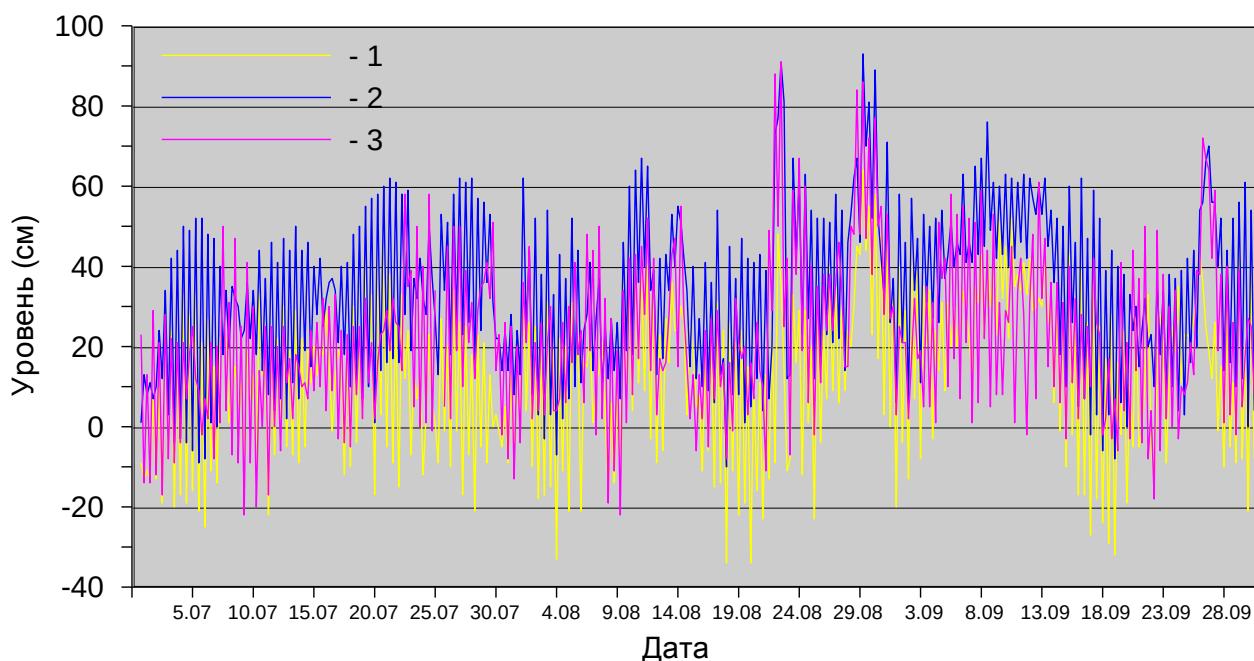


Рис. 3.3 – Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2016 г.

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

В восточной части Карского моря (рис. 3.4) на станциях Сопочная Карга и Диксон в июле колебания уровня происходили на слабо пониженном фоне (–2 –3 см). В это же время на станциях о-ва Известий ЦИК, мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Фёдорова (м.

Челюскина) фон колебаний уровня был повышенный (+5 см +20 см). В августе и сентябре на всех станциях восточной части Карского моря отмечался повышенный фон колебаний уровня моря, однако в августе он был более значительный (+17 +38 см), чем в сентябре (+8 +21 см). Наиболее значительные подъемы уровня, были отмечены на станции Сопочная Карга 14 августа (+106 см) и 23 сентября (+94 см). Существенные подъемы уровня, отмечавшиеся на всех станциях восточной части Карского моря наблюдались 21–23 июля, 30 августа и 1–2 сентября. Существенных сгонов в восточной части Карского моря, также как и в юго-западной части моря не наблюдалось. Наиболее заметное понижение уровня отмечалось 5 июля, когда на станции Диксон уровень опустился на 57 см ниже среднемноголетнего значения.

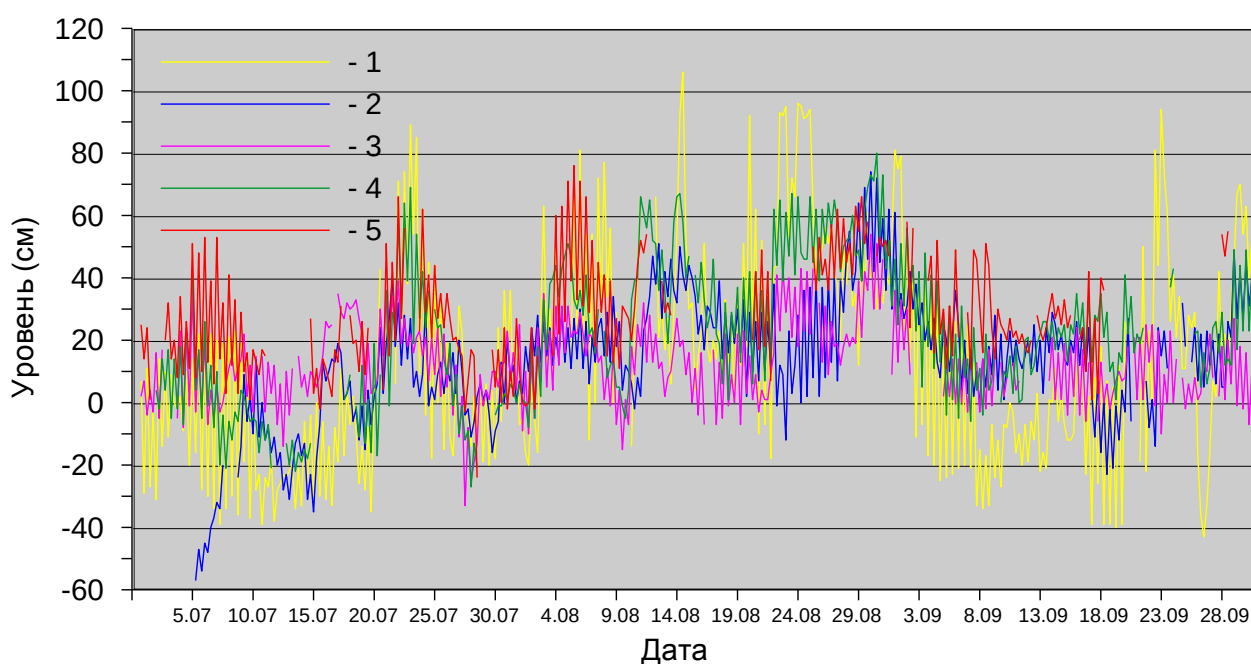


Рис. 3.4 – Колебания уровня на станциях восточной части Карского моря в июле – сентябре 2016 г.

1 – Сопочная Карга, 2 – Диксон, 3 – о-ва Известий ЦИК, 4 – м. Стерлегова, 5 – ГМО им.Е.К. Фёдорова (мыс Челюскина)

В Обско-Тазовском районе Карского моря (рис. 3.5) на станции им. Попова (о. Белый) в июле и августе колебания уровня происходили на пониженном фоне: от – 30 см в июле до – 8 см в августе. В это же время на станции Новый Порт фон колебаний уровня был существенно повышен (+23 см +26 см). Наибольший подъем уровня в этой части Карского моря отмечался 25 августа, когда уровень на станции Новый Порт поднялся на 84 см выше среднемноголетнего значения. Наиболее значительное понижение уровня

отмечалось 11 июля, минимальный уровень при этом наблюдался на станции им. Попова (о. Белый) и составил -76 см.

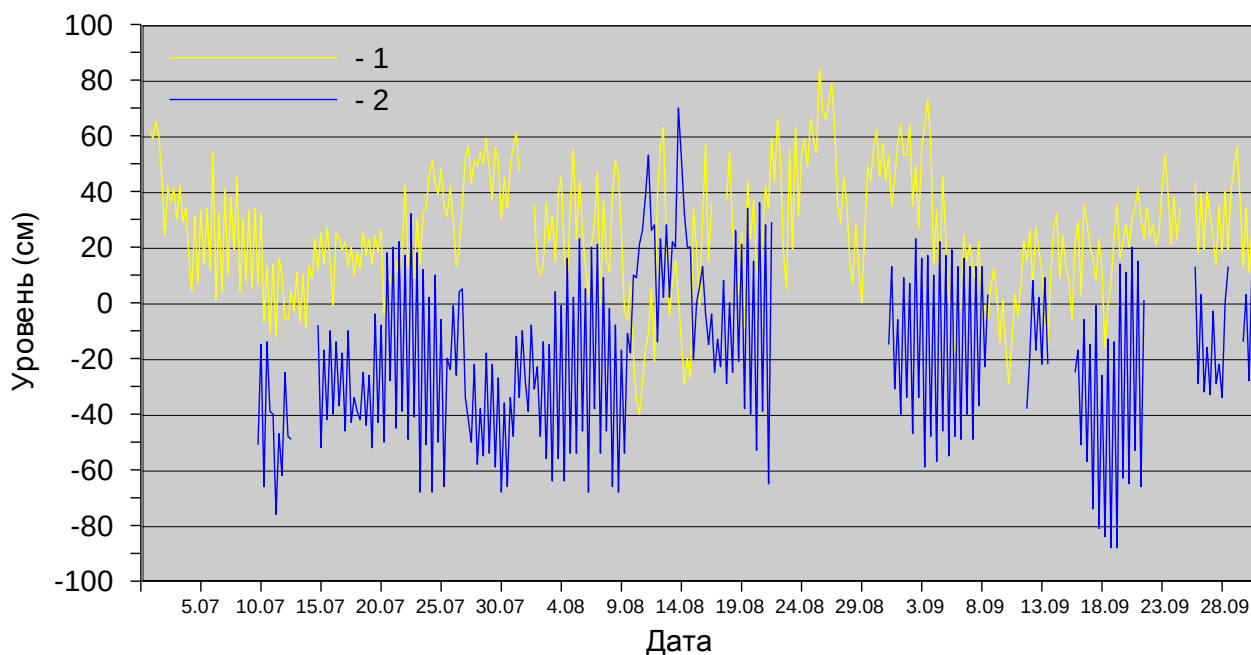


Рис. 3.5 – Колебания уровня на станциях Обско-Тазовского района Карского моря в июле – сентябре 2016 г.

1 – Новый Порт; 2 – им. Попова (о. Белый)

В юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар колебания уровня в июле – сентябре происходили на существенно повышенном фоне ($+22$ см $+52$ см).

Максимальное значение уровня в юго-западной части моря Лаптевых на станции Анабар наблюдалось 25 сентября, когда уровень поднялся на 122 см выше среднегогодового значения, а наиболее значительное понижение уровня, отмечавшееся 17 июля и 30 августа, составило -54 см (рис. 3.6).

В восточной части колебания уровня происходили также на повышенном фоне: на станции м. Кигилях средний уровень был выше среднего на 32–47 см, на станции пр. Санникова на 17–27 см и на станции о. Котельный на 18–30 см.

Наибольший подъем уровня в восточной части моря Лаптевых (рис. 3.7) отмечался 27 августа и 23 сентября, когда уровень на станции м. Кигилях поднялся соответственно на 101 см и 102 см выше среднегогодового значения. Наиболее значительное понижение уровня отмечалось также на станции м. Кигилях 30 июля, минимальный уровень при этом составил -51 см.

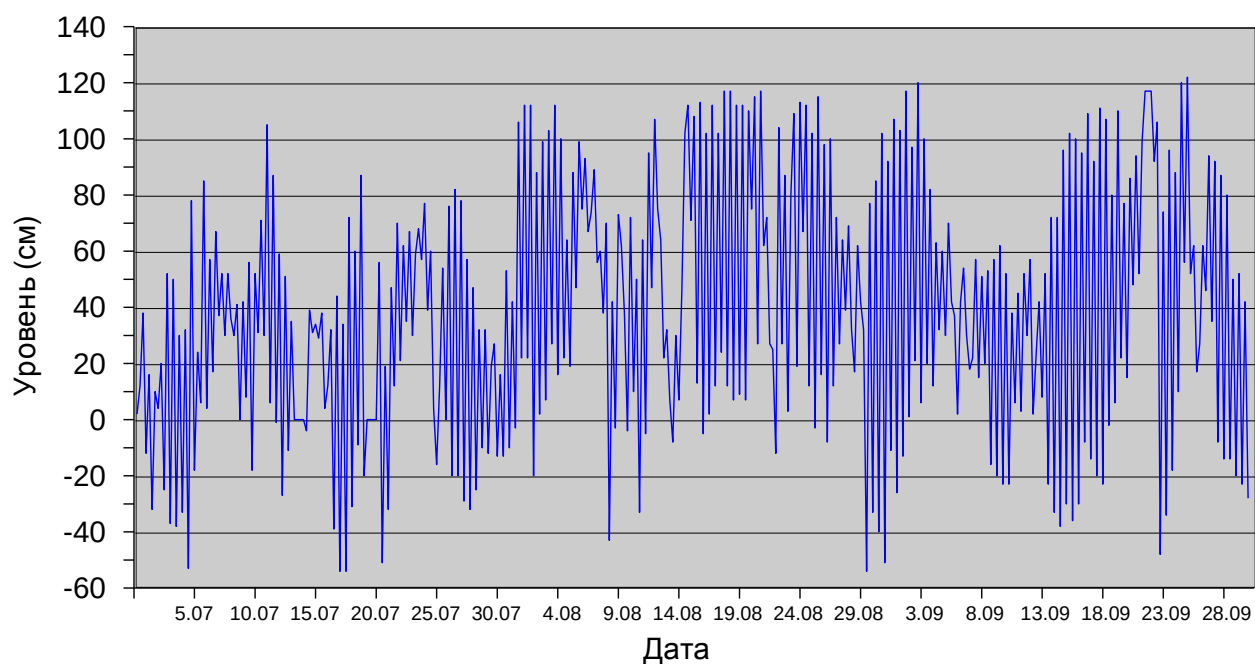


Рис. 3.6 – Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в июле – сентябре 2016 г.

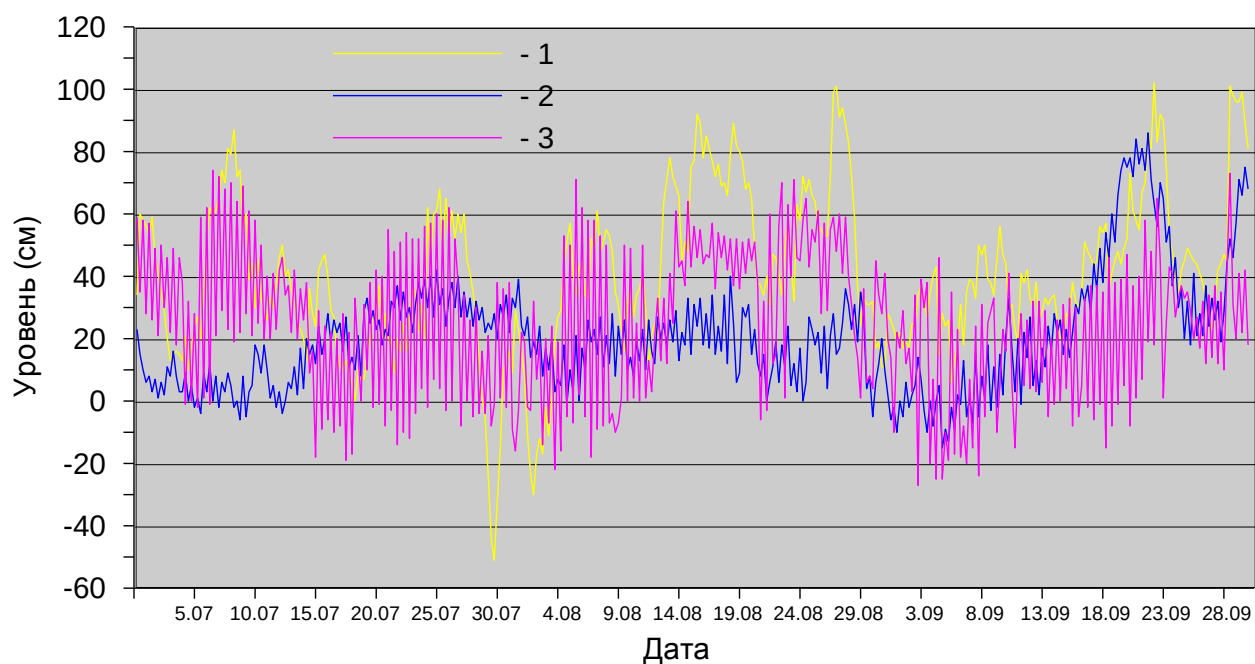


Рис. 3.7 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле – сентябре 2015 г.

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

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в третьем квартале 2016 г. не производилось, в связи с чем,

дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этого моря не представляется возможным.

3.3 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 2016 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 метровом горизонте) 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 (и/или данные реанализа сплоченности льда NOAA, ААНИИ). 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.

Таблица 3.3

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море в третьем квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	–	14	13	3	1	–
Август	–	6	15	6	2	2
Сентябрь	–	9	11	7	3	–
Итого	–	29	39	16	6	2

Как видно из таблицы 3.3, в третьем квартале 2016 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Самым штормовым месяцем стал август. Максимальная высота волн в этот период составила 5,0–5,5 м (29 августа (6, 12 и 18 ч) и 30 августа на 0 ч), что почти в два раза ниже, чем в третьем квартале 2015 г.

На рисунке 3.8, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря 29 августа 2016 г на 18 ч.

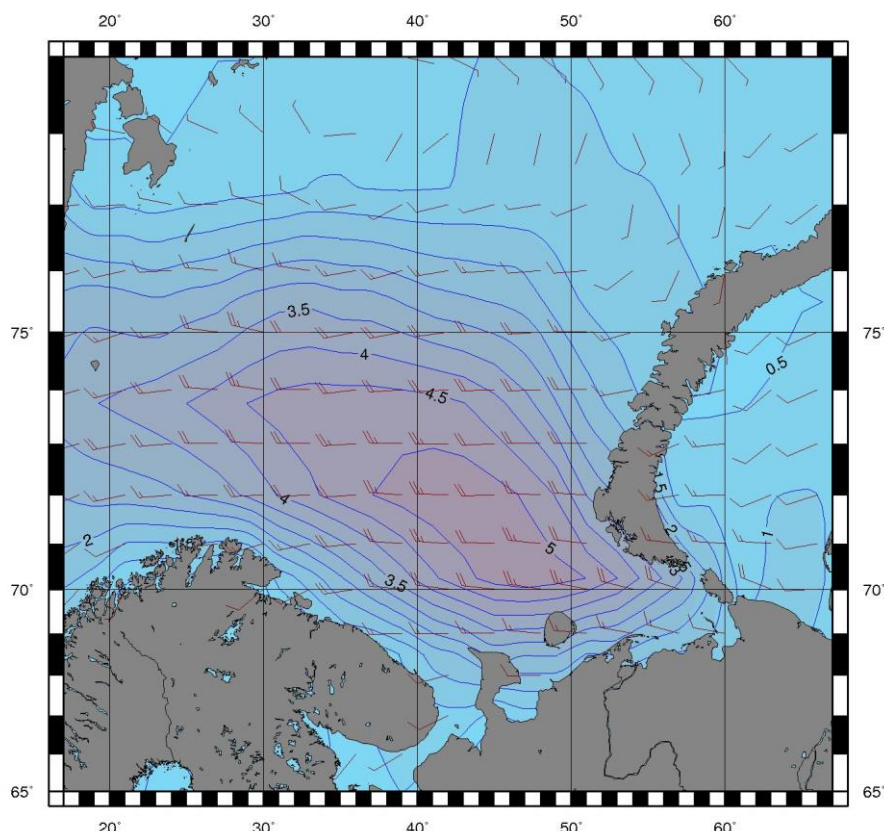


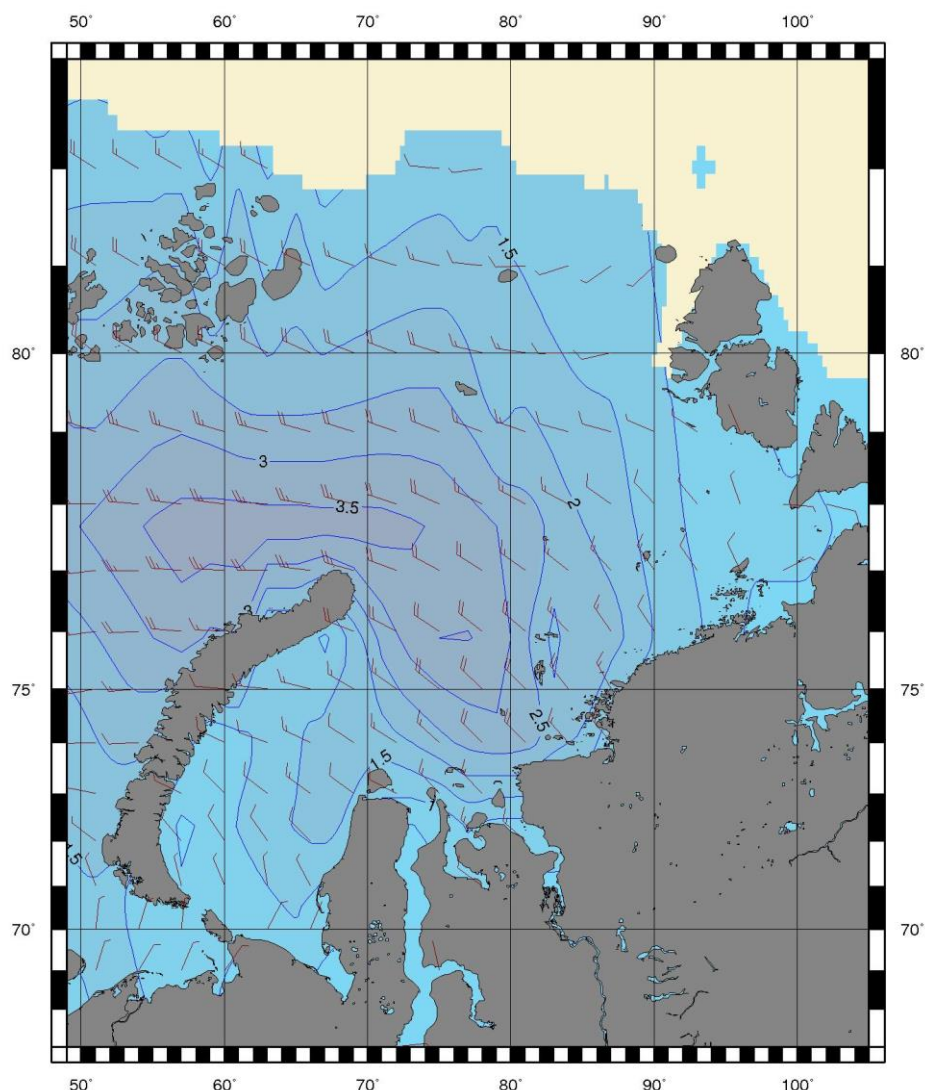
Рис. 3.8 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 29 августа 2016 г.

В Карском море (табл. 3.4) в третьем квартале 2016 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 2 м. Максимальная высота волн в этот период составила 3,5–4,0 м, что в два раза ниже, чем в третьем квартале 2015 г. Море полностью очистилось ото льда во второй половине августа. Наиболее штормовым месяцем был август, когда высота волны в Карском море шесть раз превысила 3,5 м (4, 5, 22–25 августа). На рисунке 3.9, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Карского моря на 0 ч 25 августа 2016 г.

Таблица 3.4

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Карском море в третьем квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	1	22	5	3
Август	—	10	11	10
Сентябрь	1	10	15	4
Итого	2	42	31	17



**Рис. 3.9 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Карском море на 0 ч UTC
25 августа 2016 г.**

Сведения о распределении высот волн H_s в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском даны в таблицах 3.5 – 3.7.

Таблица 3.5

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в море
Лаптевых в третьем квартале 2016 г.**

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль (с 15.07)	12	5	–	–	–
Август	4	11	12	2	2
Сентябрь	1	12	7	8	2
Итого	17	28	19	10	4

Таблица 3.6

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	11	17	3	–	–	–
Август	–	5	18	4	3	1
Сентябрь	–	8	13	6	1	2
Итого	11	30	34	10	4	3

Таблица 3.7

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Чукотском море в третьем квартале 2016 г.

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	6	20	5	–	–
Август	2	15	11	2	1
Сентябрь	1	7	12	9	1
Итого	9	42	28	11	2

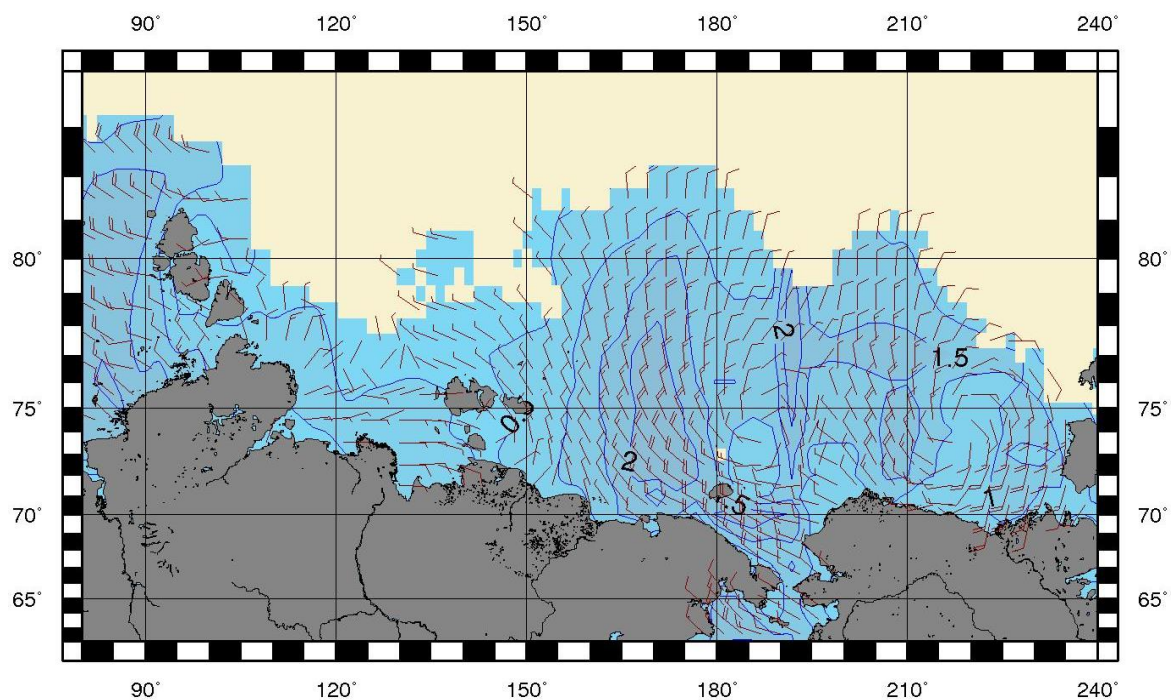
Как видно из приведенных данных в море Лаптевых и в Чукотском море преобладало волнение с высотами от 1 до 2 м, а в Восточно-Сибирском от 1 до 3 м. Наиболее штормовыми месяцами для всех морей стали август и сентябрь.

Наибольшая расчетная высота волн в море Лаптевых составила 4,0–4,5 м (28 августа (12 и 18 ч), 29 августа (00, 06, 12 ч), 15 сентября (06, 12 и 18 ч) и 18 сентября на 12 и 18 ч). Наибольшая расчетная высота волн в Восточно-Сибирском море составила 5,0–5,5 м (28 августа (00 и 12 ч), 27 сентября (18 ч) и 29 сентября на 00 ч). Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море 4,0–4,5 м (22 августа (12 и 18 ч) и 13 сентября на 12 и 18 ч).

Акватории морей восточной Арктики значительно освободились ото льда в конце августа – начале сентября, причем область чистой воды в море Лаптевых распространилась в начале сентября до 77–80° с.ш., в Восточно-Сибирском море до 84° с.ш., а в Чукотском море до 73–75° с.ш.

На рисунке 3.10, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs для морей восточной Арктики на 00 ч UTC 24 сентября 2016 г.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что в Баренцевом и Карском морях расчетные высоты волн в третьем квартале 2016 г. в два раза ниже по сравнению с третьим кварталом 2015 г.



**Рис. 3.10 – Поле ветра и высот волн (H_s , м) в морях восточной Арктики на 00 ч UTC
24 сентября 2016 г.**

ВЫВОДЫ

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях полярного района Арктики за период июль-сентябрь 2016 г., можно сделать следующие выводы.

По метеорологии:

1. Атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (Е) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 12 дней и составили 43 дня. Во втором секторе наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов. Процессы типа М1. были в норме и отмечались 40 дней. Процессы типа М2 составили 36 дней, что выше нормы на 22 дня.

2. В средней тропосфере на изобарической поверхности Н500 в июне и июле основной центр циркумполярного вихря располагался вблизи приполюсного района. В сентябре центр циркумполярного вихря сместился в канадо-американский район Арктики.

3. Циклоны в системе исландского и алеутского минимумов смещались преимущественно в третьем квартале по высокоширотным траекториям. Фон давления преобладал ниже нормы. Исключением явились процессы в августе в тихоокеано-американском секторе, когда под влиянием устойчивого гребня гавайского антициклона циклоны Тихого океана не оказывали влияние на полярный район.

4. В среднем за период июль-сентябрь 2016 г. над центральным полярным районом преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха. За исключением августа, когда смена в вариантах адвекцию воздушных масс обусловила тенденцию к понижению температурного фона в центральном полярном районе Арктики.

5. В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха в третьем квартале выше на 0,7 °С, чем в третьем квартале прошлого года. В морях российской Арктики по сравнению с прошлым годом наиболее значительные повышения температурного фона на 2-4 °С отмечались в Баренцевом и Карском морях. В Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском морях значения аномалий температуры близки к прошлому году.

По гидрологии:

1. К сожалению, практически полное отсутствие измерений в третьем квартале 2016 г. не позволяет провести оценку состояния термохалинного режима СЛО. Согласно результатам наблюдений, полученных ИТР–93, можно лишь заключить, что атлантические воды в котловине Амундсена по-прежнему продолжают характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Значение положительной аномалии температуры в ядре АВ составило $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По ледяному покрову:

1. Ледовые условия во всех арктических морях СЛО развивались по легкому типу. наблюдались отрицательные аномалии ледовитости, произошел ранний взлом припая, произошло раннее очищение прибрежных судоходных участков морей ото льда.

2. По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий ААНИИ общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2016 г. составила 4,3 млн. км² при норме 6,1 млн. км², что на 29,5% меньше среднееголетних значений.

3. Значения общей ледовитости в СЛО и во всех его секторах оказались меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978-2015 гг.), а также меньше чем за последнее «теплое» десятилетие (с 2006-2016 гг.). Но вместе с тем, общая площадь льдов существенно (на 0,5-1,0 млн. км²) превышала ледовитость, наблюдавшуюся в аномально легких 2007 и 2012 гг.. Таким образом 2016 г. стал третьим по рангу в группе легких лет.

4. Ход общей ледовитости показывает, что практически весь летний период количество льда в целом по СЛО было меньше среднееголетнего значения (нормы за 1978-2016 гг.), но не опускалась ниже крайнего экстремального значения, которое наблюдалось в 2012 г.