

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

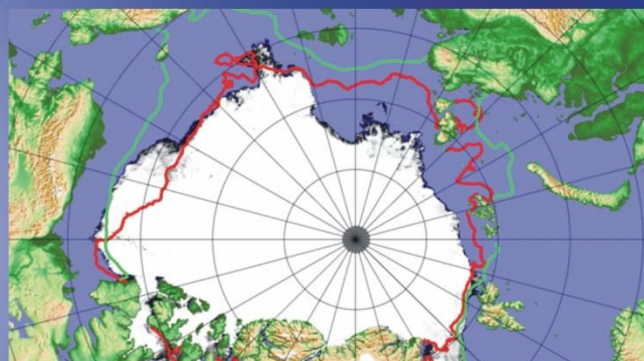


Государственный научный центр РФ  
Арктический и антарктический научно-  
исследовательский институт

# ОБЗОР

## гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

III квартал 2017



**СОДЕРЖАНИЕ**

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Метеорологические условия в Северной полярной области в июле - сентябре 2017 г. ....	4
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария .....	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области.....	22
2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2017 года.....	32
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в июле-сентябре 2017 г. ....	47
3.1 Термохалинные условия .....	47
3.2 Уровень арктических морей .....	51
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей .....	57



## ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в третьем квартале (июль-сентябрь) 2017 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 «АНИИ».

Метеорологический раздел, посвящен описанию особенностей развития крупномасштабных метеорологических процессов и изменчивости различных метеорологических элементов. В составлении раздела принимали участие специалисты лабораторий метеорологии (ответственный – зав. 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 (ответственные - 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.ф.-м.н. Фильчук К.В.).

Общее руководство и редакция обзора была выполнена научным руководителем ФГБУ «АНИИ» чл.-кор. РАН, д.г.н., Фроловым И.Е.

Подготовку и оформление обзора осуществляла научный сотрудник отдела ледового режима и прогнозов Павлова Е.А.

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



## 1. Метеорологические условия в Северной полярной области в июле - сентябре 2017 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 2017 г.

При анализе и диагностике 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.

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 2017 г. были выявлены следующие особенности.

**Фоновые особенности** развития крупномасштабных атмосферных процессов за третий квартал 2017 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 (табл. 1.1).

**Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период июль – сентябрь 2017 г.**

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Число дней	14	26	52	19	38	35
Аномалия	-21	0	21	-20	-2	22

В период июль – сентябрь 2017 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов восточной (E) формы циркуляции. Процессы данной формы превысили норму на 21 день и составили 52 дня.

Во втором секторе наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов. Процессы типа M<sub>1</sub> были близки к норме и отмечались 38 дней. Процессы типа M<sub>2</sub> составили 35 дней, что выше нормы на 22 дня.

Анализ процессов показал, что в июле-сентябре 2017 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 2017 г. представлен на рис. 1.1

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с июля по сентябрь 2017 г. выглядит следующим образом:

**Июль – (E+C)<sub>M1+M2</sub> → Август E<sub>M2+M1</sub> → Сентябрь – E<sub>M2</sub>**

Отмеченные тенденции в перестройках крупномасштабные 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.

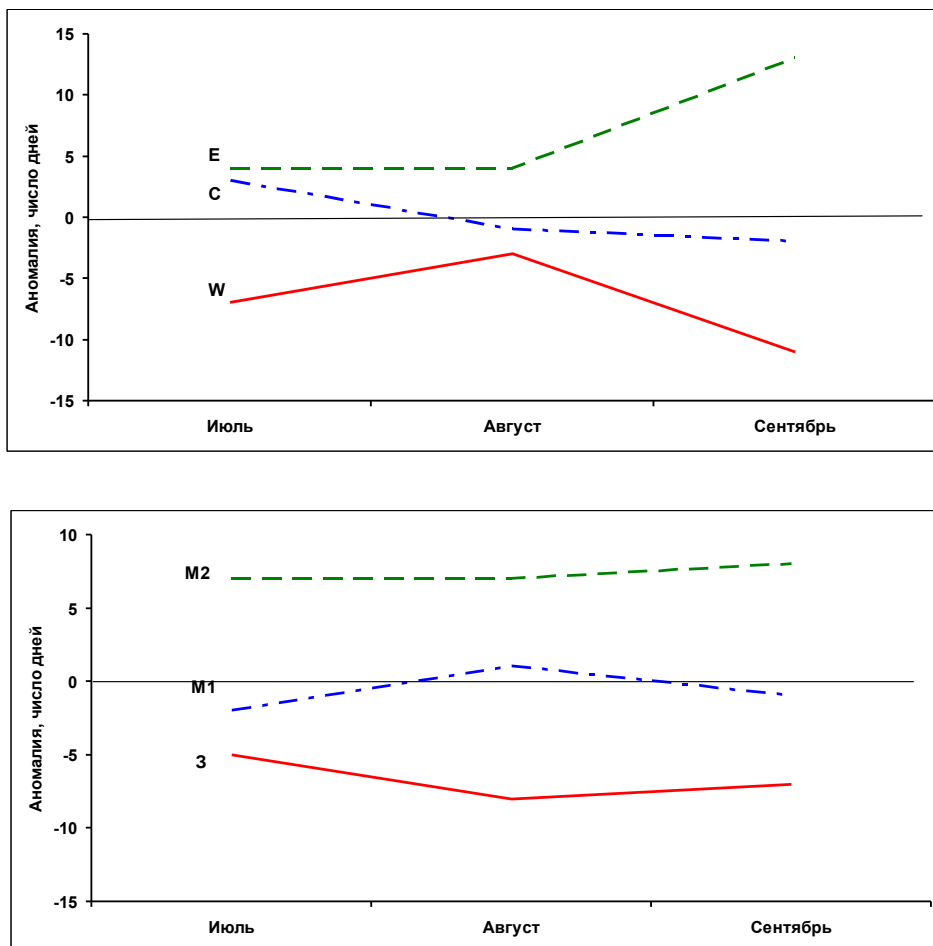


Рис. 1.1 Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период июль – сентябрь 2017 г.

*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

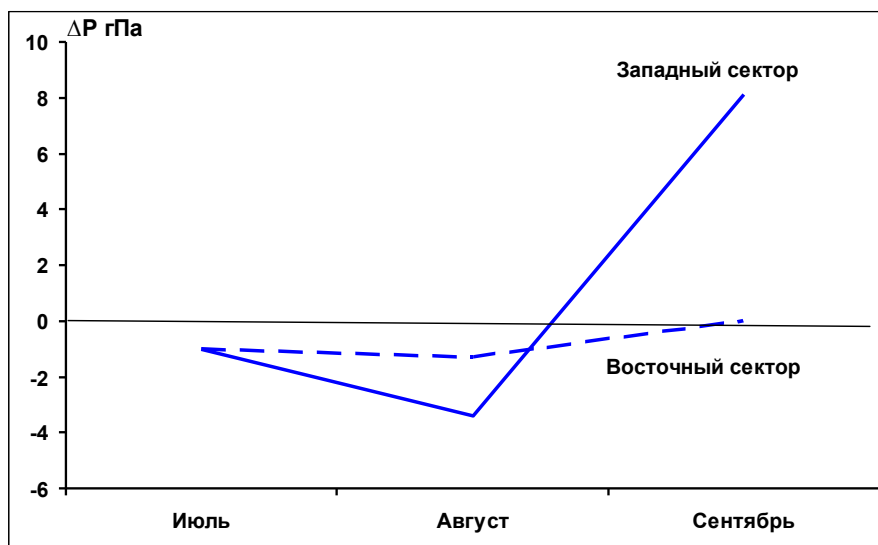


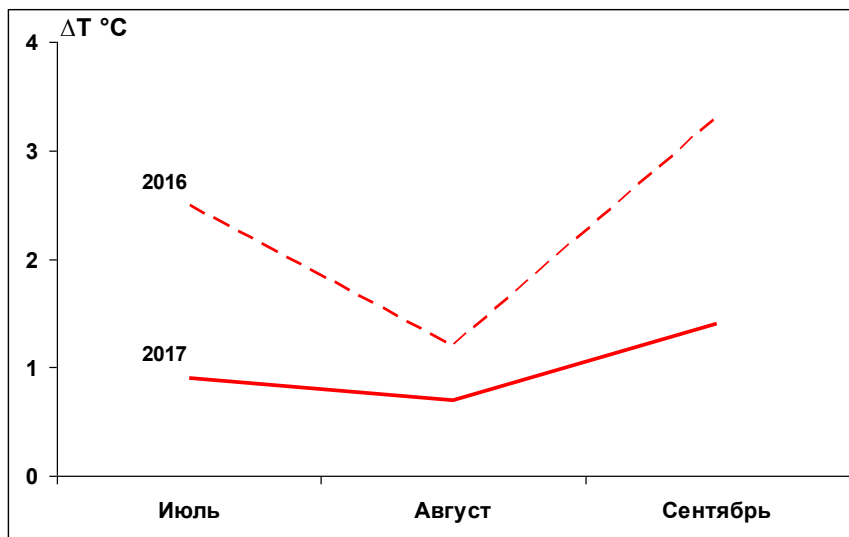
Рис. 1.2. Значения аномалий давления (гПа) в июле-сентябре 2017 г. европейском (запад) и американском (восток) секторах полярного района Арктики

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

В сентябре западный сектор находился под устойчивым влиянием гребня континентального антициклона. Фон давления резко повысился от отрицательных до крупных положительных значений аномалий.

Во втором американском секторе Арктики от месяца к месяцу происходили незначительные колебания отрицательных значений аномалий давления.

Изменения в июле – сентябре 2017 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.3.



**Рис. 1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 – 85° с.ш. в июле – сентябре 2016 и 2017 гг.**

В третьем квартале во всех месяца фон температуры в целом над полярным районом был выше нормы, но значительно ниже, чем в прошлом году. В среднем за квартал фон температуры понизился на 1,3 °C.

Резкое понижение температурного фона этого года было сопряжено с крупномасштабной перестройкой крупномасштабных атмосферных процессов и ослаблением интенсивности адвекции теплых воздушных масс в полярный район Арктики. В третьем квартале года в тылу проходящих циклонов в центральном полярном районе возросла повторяемость потоков северных направлений и формирование в ряде месяцев в локальных районах Арктики часто отрицательных аномалий температуры (см. рис. 1.6, 1.9 и 1.12).

*Структурные особенности* развития атмосферных процессов в третьем квартале 2017 г. проводился по комплексу метеорологических характеристик (основных форм и типов циркуляции и их разновидностей, направлению воздушных потоков, давлению и температуре воздуха и их аномалии) за различные периоды осреднения, как календарные, так и по естественным стадиям перестройки процессов различного временного масштаба.

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

В *июле 2017 г.* основной центр циркулярного вихря на изобарической поверхности 500 гПа сместился к приполюсному району. Высотная его ложбина была ориентирована на район Канады. Существенным отличием по сравнению с предыдущим месяцем явилось смещение высотного гребня с Северной Атлантики на район Урала и Западной Сибири, а Гавайского антициклона на Аляску и море Бофорта (рис. 1.4).

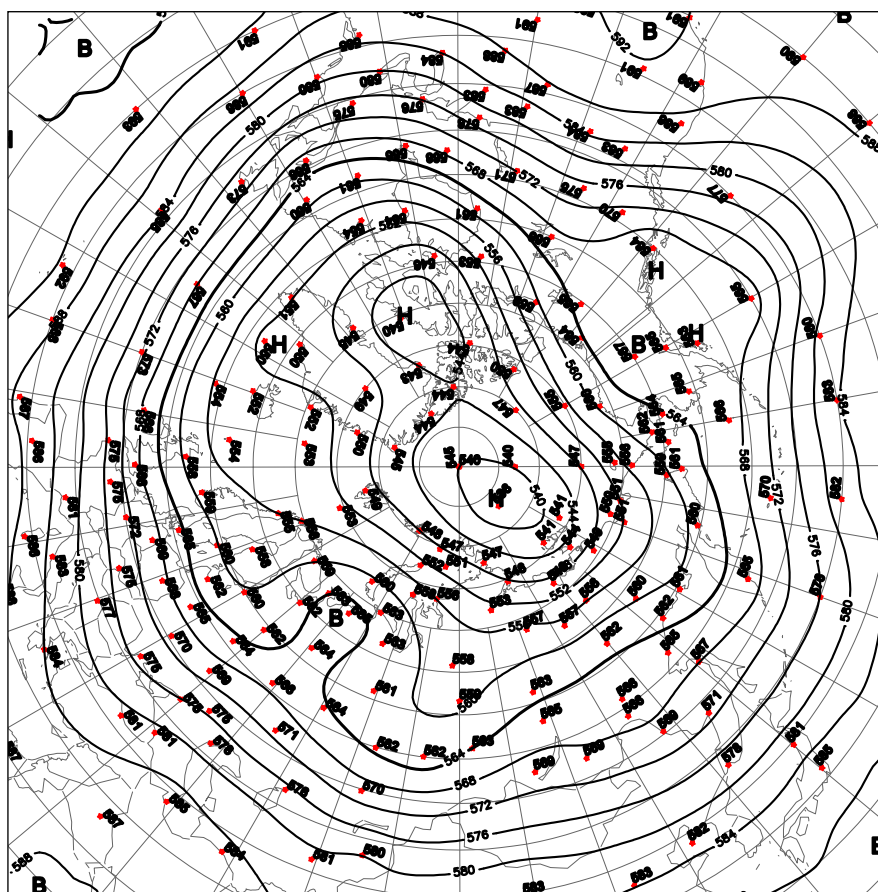


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июле 2017 г.





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

Под влиянием блокирующего гребня антициклона над Карским морем и Уралом основная циклоническая деятельность отмечалась на севере Европы и полярным районом. Фон давления в приатлантическом и в приполюсном районах был ниже нормы, за исключением района Карского моря, где устойчивый антициклон сформировал положительные аномалии давления со значениями 2-5 гПа (рис. 1.5).

Фон температуры воздуха был выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 5-6 °С) отмечались в районе юго-западной части Карского и юго-восточной части Баренцева морей.

Во *втором (тихоокеано-американском) секторе* аномально повышенную повторяемость сохранили крупномасштабные процессы меридиональных типов циркуляции  $M_1$  и  $M_2$ . Особенностью процессов данного месяца явилось усиление антициклона над Тихим океаном и частое влияние его гребня на район западной части Америки, где отмечалось повышение фона давления от отрицательных до положительных аномалий.

Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям в полярный район. Фон давления в данном секторе Арктики был ниже нормы на 2-5 гПа.

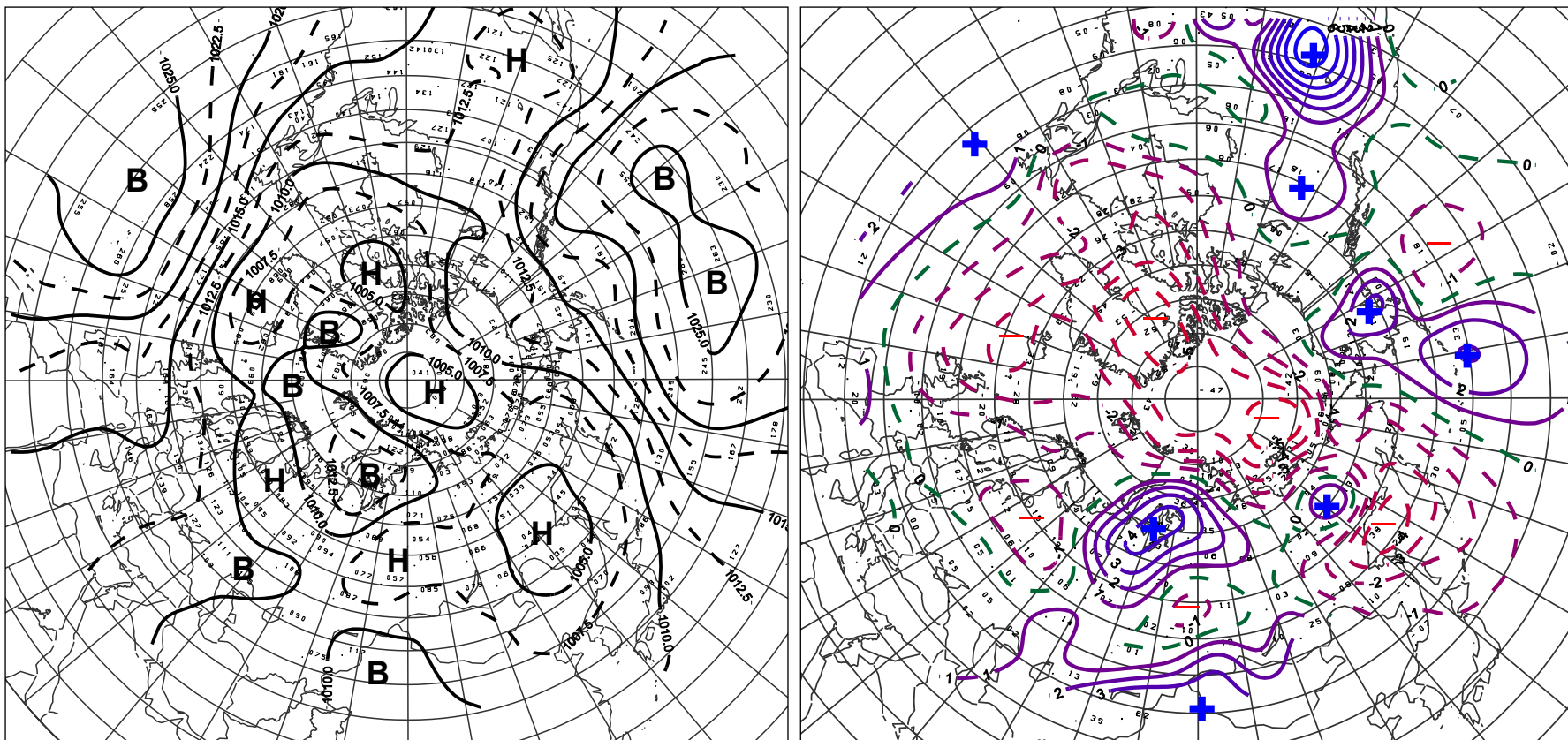


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июле 2017 г. (гПа)



Под частым влиянием тыловой части проходящих циклонов и отходах воздушных потоков к северо-западным направлениям температурный фон по сравнению с июнем понизился. Наиболее значимое понижение температуры отмечалось в районах моря Лаптевых и в западной части Восточно-Сибирском моря, где фон температуры в июле понизился до отрицательных значений аномалий (рис. 1.6).

В *августе 2017 г.* 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 континентальную часть Америки (рис. 1.7).

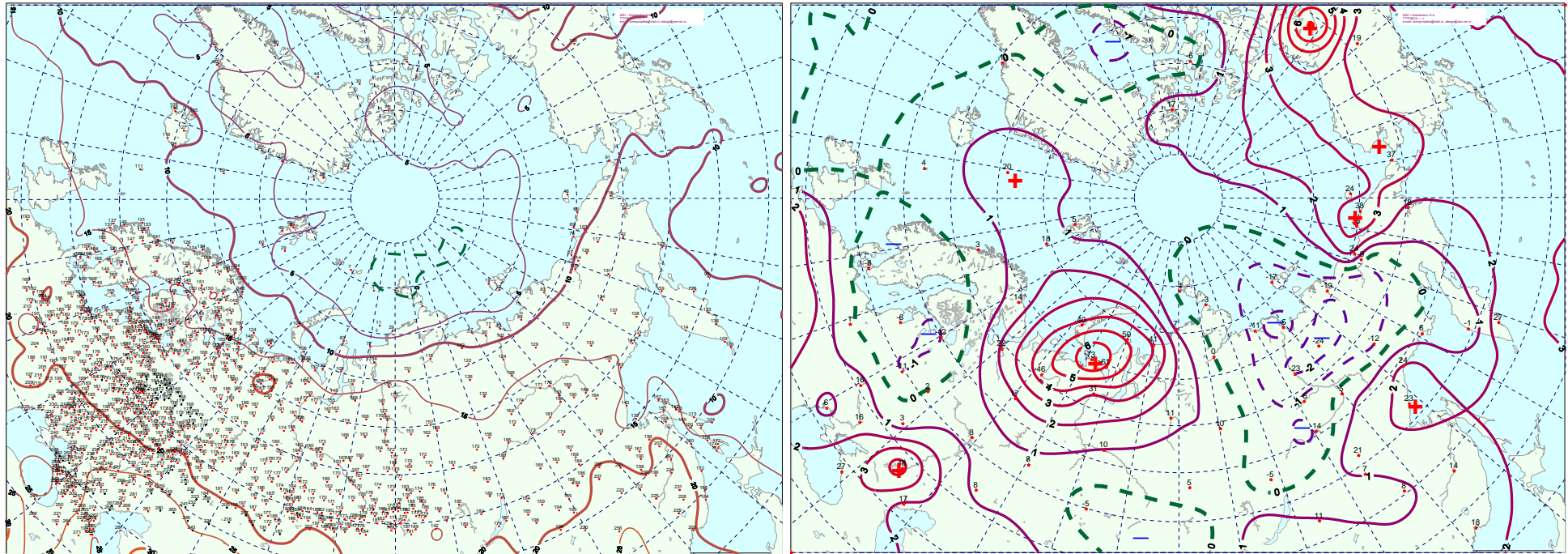
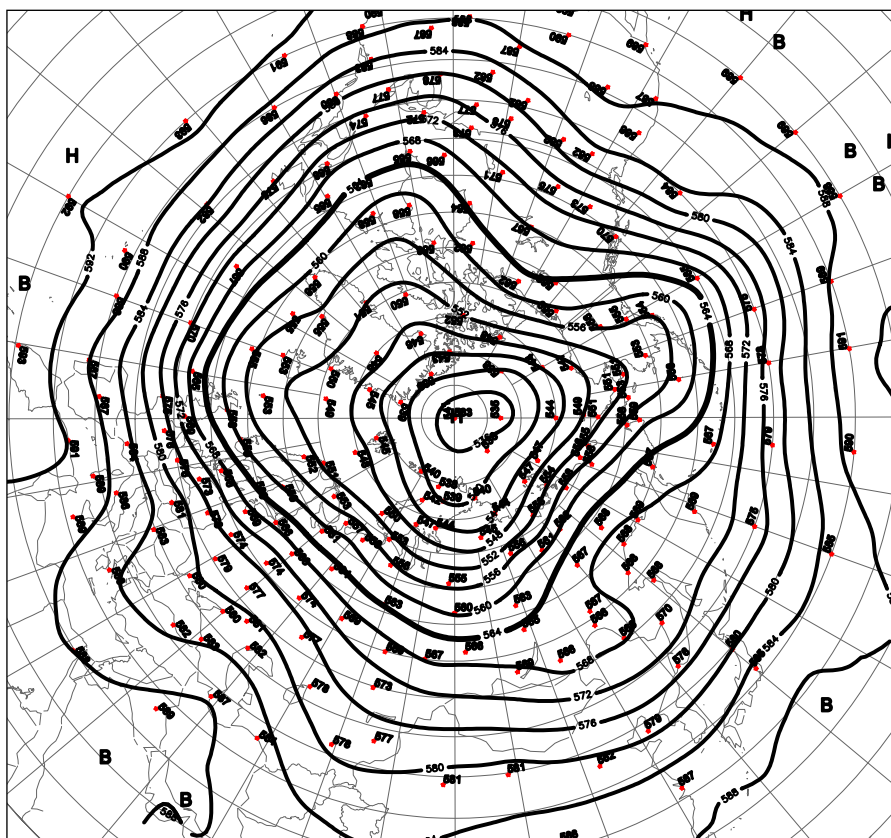


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июле 2017 г., (°C)



**Рис. 1.7.** Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в августе 2017 г.

В первом секторе отмечалась повышенная повторяемость процессов восточной формы циркуляции. Гребень азорского антициклона был ориентирован на континентальную часть Евразии. Циклоны Северной Атлантики смещались по сравнению с нормой по высокоширотным траекториям. Наиболее активная циклоническая деятельность отмечалась в районе полюса. Фон давления в этом секторе Арктики был устойчиво ниже нормы. Максимальные отрицательные аномалии давления до 5-6 гПа отмечались в приполюсном районе (рис. 1.8).

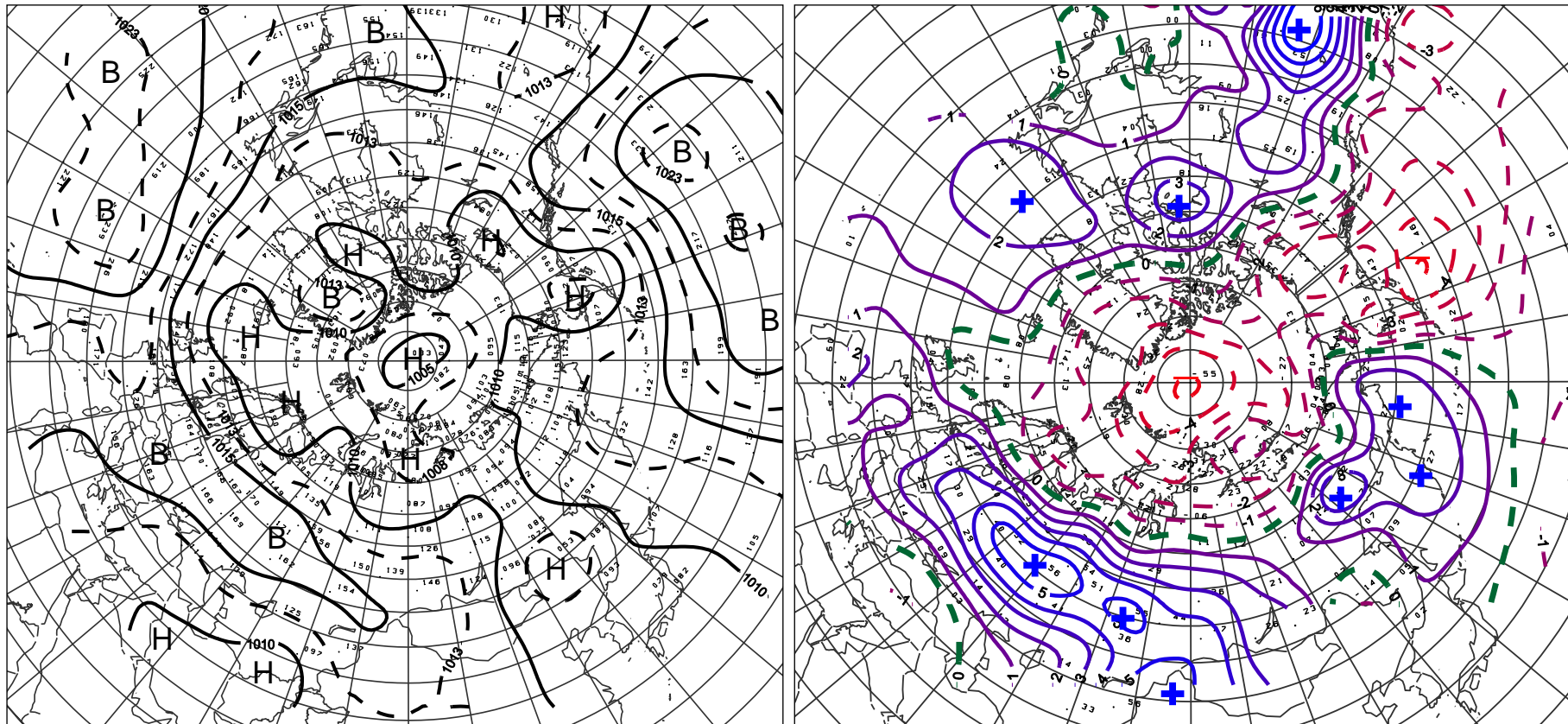


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в августе 2017 г. (гПа)

Под частым влиянием тыловой части проходящих циклонов фон температуры во всех районах данного сектора Арктики понизился. В районах полюса, моря Лаптевых и северо-восточной части Карского моря преобладали незначительные отрицательные аномалии температуры воздуха. В остальных районах сохранились положительные аномалии температуры.

Во *втором секторе* преобладали разновидности меридиональных процессов типов  $M_1$  и  $M_2$ . Особенностью процессов данного месяца усиление гавайского антициклона и влияние его гребней на районы Охотского, Берингова морей и на континентальную часть Америки. Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались по высокоширотным траекториям в полярный район. Фон давления был ниже нормы.

При воздушных потоках южных направлений сформировался температурный фон выше нормы (рис. 1.9).

В *сентябре 2017 г.* основной центр циркумполярного вихря сместился из приполюсного район в канадский сектор Арктики. Ось высотного гребня на изобарической поверхности 500 гПа, блокирующего западный перенос воздушных масс в толще тропосферы Северного полушария, располагалась над Европой и западным сектором Арктики, где в приземном поле наблюдался устойчивый обширный антициклон (рис.1.10).

В *первом секторе* наибольшую повторяемость имели процессы восточной (E) формы циркуляции. Число дней с данной формой составило 22 дня. Под влиянием блокирующего гребня антициклона над Европой давление во всех морях западного сектора Арктики повысилось от отрицательных до крупных положительных аномалий со значениями до 10-12 гПа.

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

При устойчивых потоках с западной составляющей фон температуры воздуха повысился и во всех районах превысил норму. Наиболее крупные положительные аномалий среднемесячной температуры отмечались в Гренландском, Норвежском и Баренцевом морями со значениями 3-4 гПа.

Во *втором секторе* преобладание получили меридиональные процессы типа  $M_2$ . 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 был ниже нормы

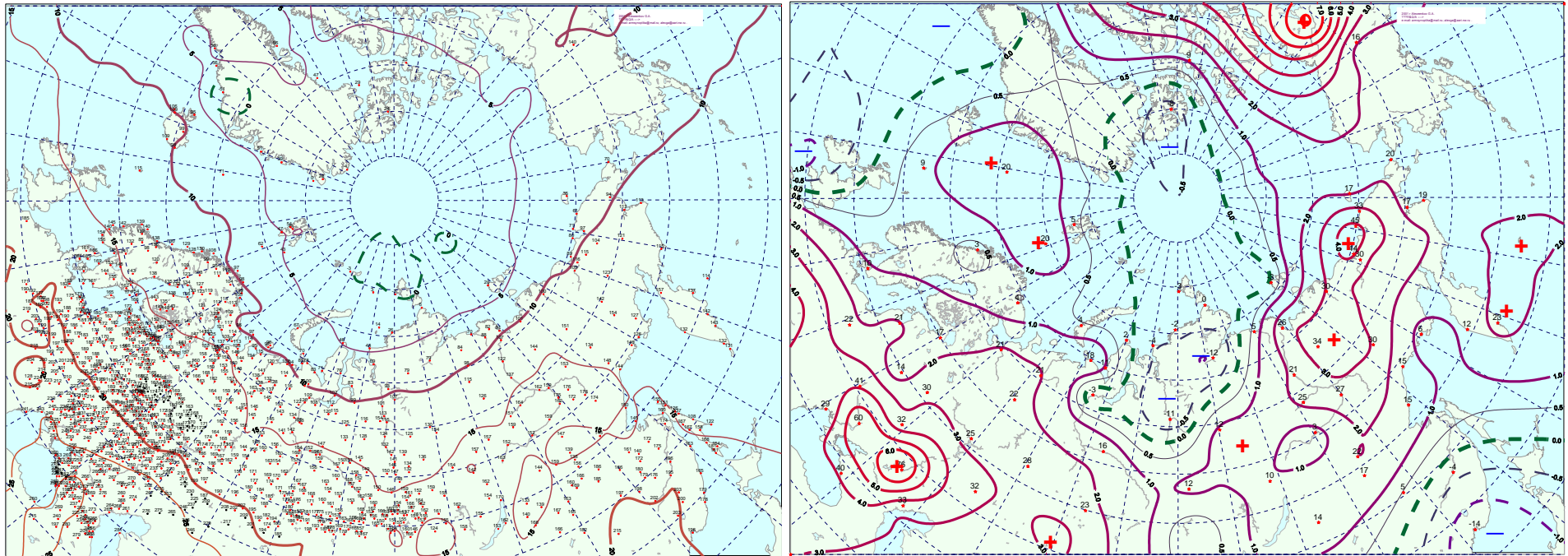
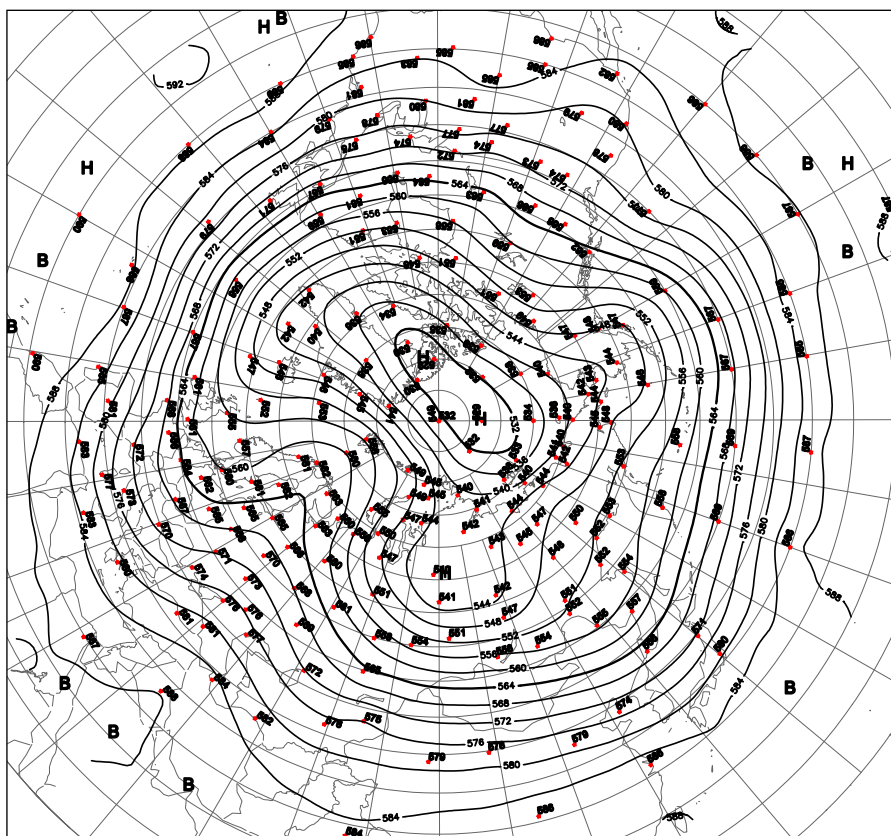


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в августе 2017 г., (°C)





**Рис. 1.10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в сентябре 2017 г.**

Воздушные потоки преимущественно юго-восточных направлений с частыми отходами к северо-востоку обусловили адвекцию теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха в Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта морях (рис. 1.12).

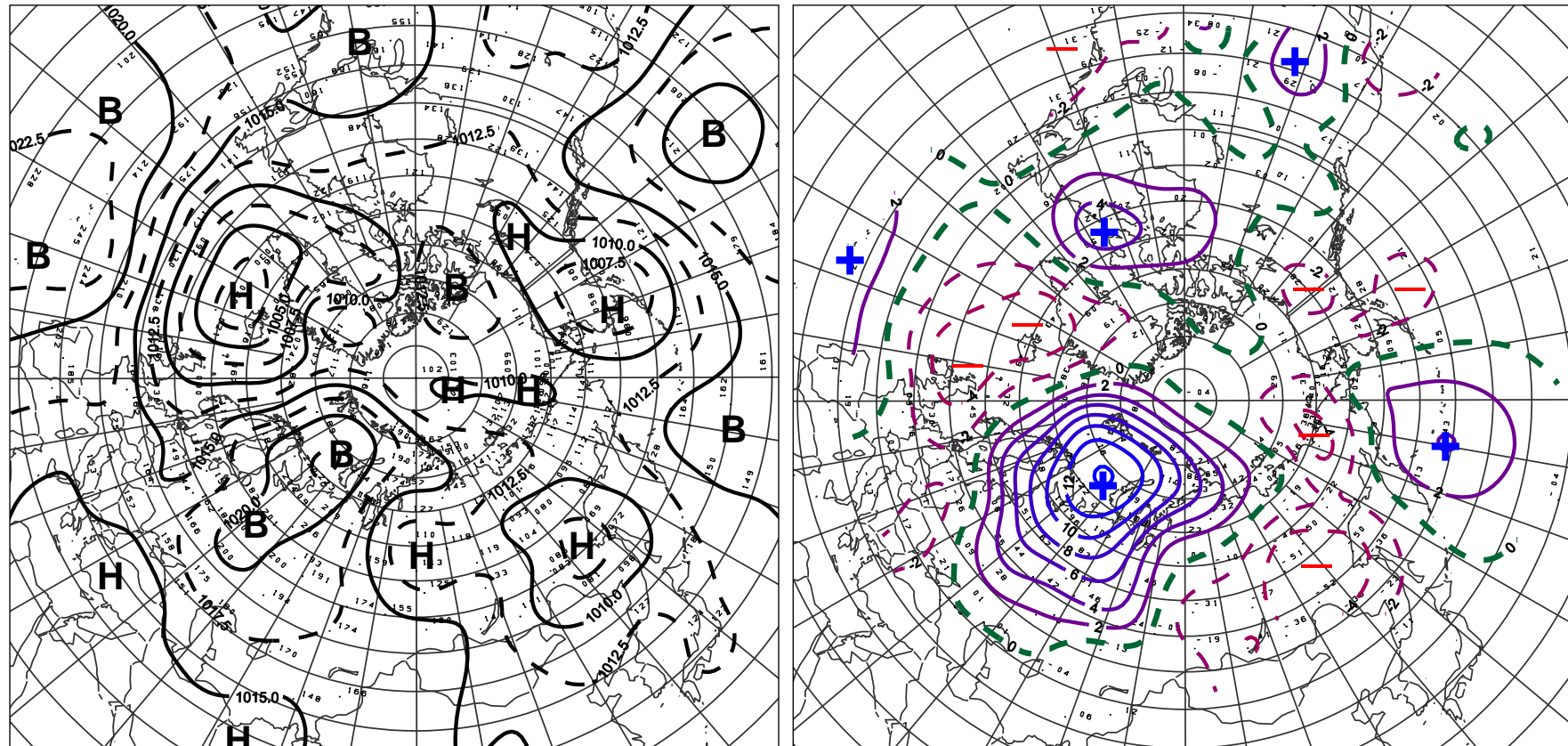


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в сентябре 2017 г. (гПа)

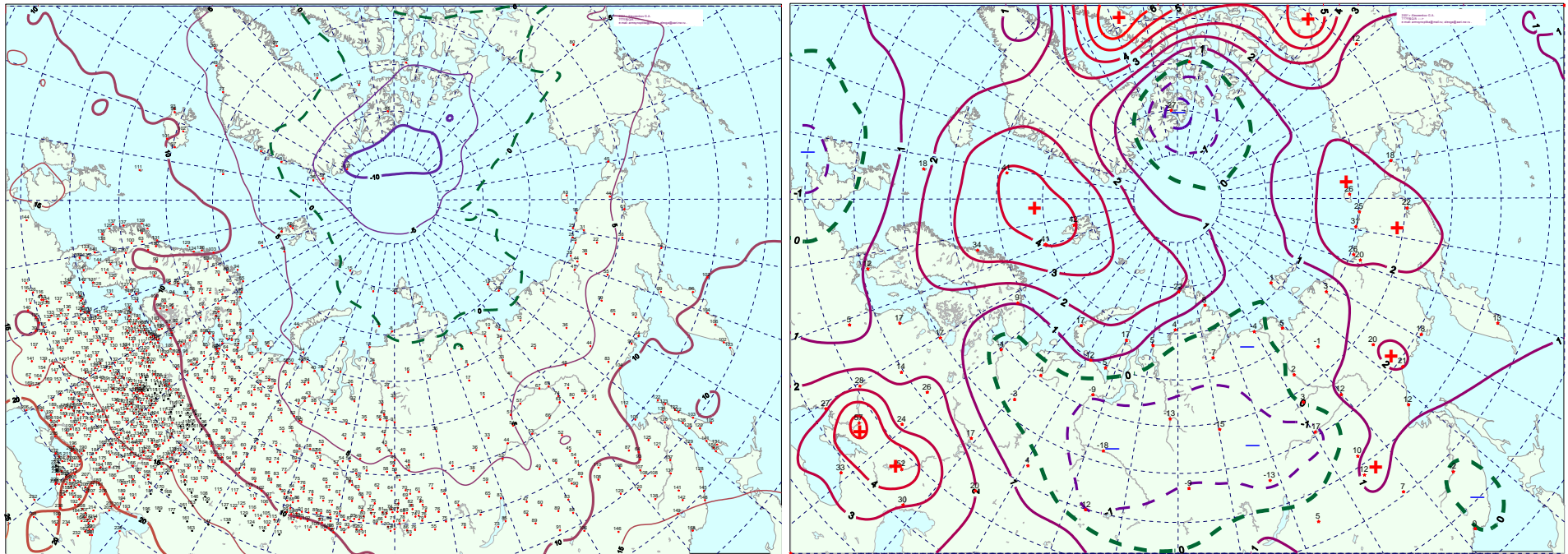
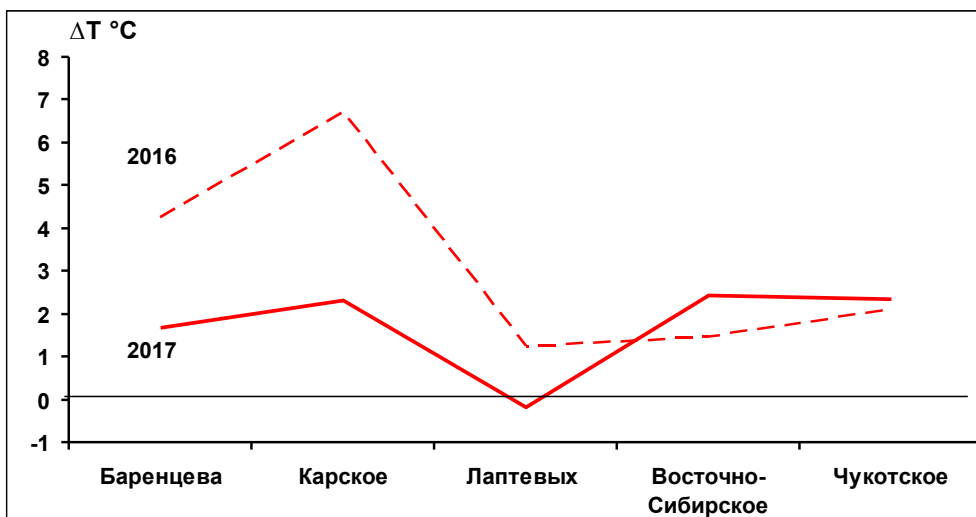


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в сентябре 2017 г., (°C)

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 третьем квартале 2017 г. сохранился. Как было показано, основным отличием рассматриваемого периода по сравнению с третьим кварталом прошлого 2016 г., явилось понижение температурного фона в целом по полярному району Арктики на 1,3 °С (см. рис. 1.3). Наибольший вклад в понижение температуры внесли процессы над районами моря Лаптевых и севернее Гренландии, над которыми в третьем квартале чаще всего формировались отрицательные аномалии температуры.

На рисунке 1.13 приводятся фоновые средние за третий квартал 2017 г. значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с данными за третий квартал прошлого 2016 г.



**Рис. 1.13.** Средние за третий квартал значения аномалий температуры воздуха (°С) по акваториям морей российской Арктики в 2016 и 2017 гг.

В 2017 г. в море Лаптевых фон температуры оказался ниже нормы на 0,2 °С и ниже, чем в остальных морях. По сравнению с прошлым годом фон температуры понизился в Баренцевом, Карском и Лаптевых морях. Наиболее значительное понижение температурного фона на 4 °С отмечалось в Карском море. В морях Восточно-Сибирском и Чукотском значения аномалий температуры воздуха за третий квартал оказались выше, чем в прошлом году.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в июле-сентябре 2017 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 2017 г. представлены в таблице 1.2.

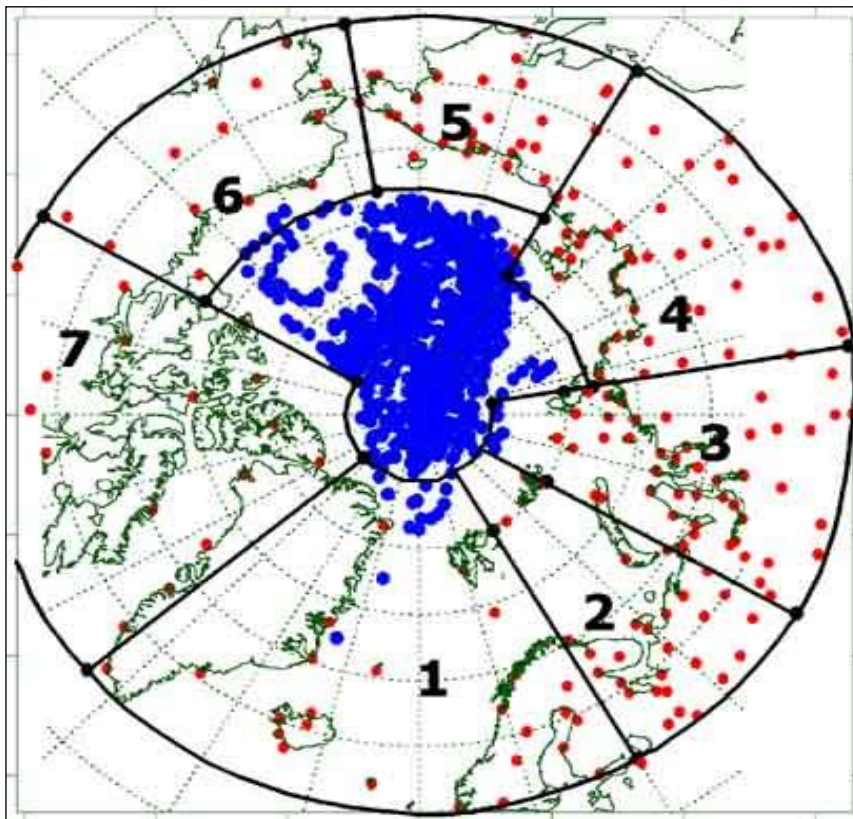
Таблица 1.2

**Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с июля по сентябрь 2017 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам**

Июль 2017			Август 2017			Сентябрь 2017		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1	Е	3	1-3	W	M <sub>2</sub>			
2-4	W	M <sub>1</sub>	4-6	W	M <sub>2</sub>	1-3	С	3
5-9	С	M <sub>2</sub>	7-9	Е	M <sub>2</sub>	4-6	Е	M <sub>2</sub>
10-11	Е	M <sub>1</sub>	10-11	Е	M <sub>1</sub>	7-9	Е	3
12-17	Е	M <sub>1</sub>	12-14	Е	M <sub>1</sub>	10-12	Е	3
18-21	С	3	15-17	Е	M <sub>1</sub>	13-15	Е	M <sub>2</sub>
22-23	Е	M <sub>2</sub>	18-20	Е	3	16-18	С	M <sub>2</sub>
24-25	С	M <sub>1</sub>	21-23	W	M <sub>1</sub>	19-20	W	M <sub>1</sub>
26-28	Е	M <sub>1</sub>	24-26	С	M <sub>1</sub>	21-25	Е	M <sub>1</sub>
29-31	С	M <sub>2</sub>	27-29	С	3	26-30	Е	M <sub>2</sub>
			30-31	Е	M <sub>2</sub>			
Итого	W - 3 (-7) С - 14 (4) Е - 14 (4)	3 - 5 (-5) M <sub>1</sub> - 16 (-2) M <sub>2</sub> - 10 (7)	Итого	W - 9 (16) С - 6 (-1) Е - 16 (4)	3 - 6 (-8) M <sub>1</sub> - 14 (1) M <sub>2</sub> - 11 (7)	Итого	W - 2 (-11) С - 6 (-2) Е - 22 (13)	3 - 9 (-6) M <sub>1</sub> - 7 (-2) M <sub>2</sub> - 14 (8)
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, M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> ) 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.



**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 2017 года по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в табл.1.3.



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 2017 г.**

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	0,8	10	2012 (2,0)	1963 (-0,7)
60-70	1,2	4	2016 (2,0)	1949 (-0,8)
60-85	1,0	6	2016 (2,0)	1949 (-0,8)

В летнем сезоне 2017 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 1,0 °С. Лето 2017 г. по рангу теплых лет оказалось шестым теплым летом за период с 1936 г. Аномалия температуры для широтной зоны 70-85° с.ш. составила 0,8 °С, а для широтной зоны 60-70° с.ш. – 1,2 °С. Прошедший летний сезон для этих широтных зон оказался соответственно десятым и четвертым по рангу теплых лет за период с 1936 г.

Сопоставление значений аномалий летней температуры воздуха в 2017 г. в отдельных климатических районах показало наличие больших положительных аномалий температуры в притихоокеанском секторе (рис.1.15, табл.1.4). Аномалия температуры в Чукотском районе составила 1,2 °С, а в Аляскинском – 1,3 °С. Соответственно по рангу теплых лет это восьмое и шестое значение с 1936 г.

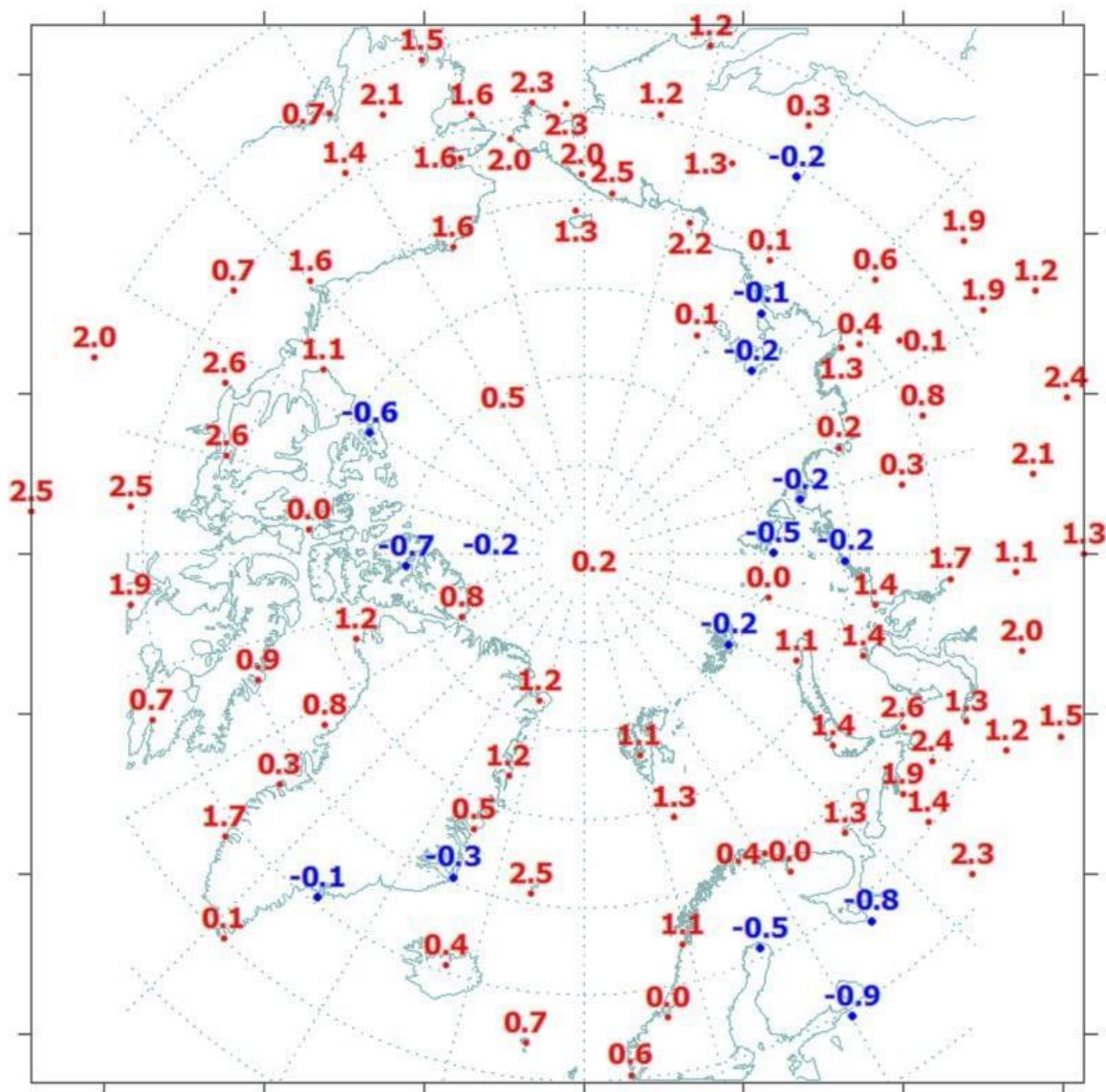


Рис. 1.15. Значения аномалий средней температуры воздуха летнего сезона 2017 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.4

Аномалии (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) средней температуры воздуха в летнем сезоне 2017 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	0,7	10	2003 (1,9)	1965 (-0,7)
Североевропейский	1,0	10	2013 (2,8)	1969 (-1,6)
Западносибирский	1,1	10	2016 (3,6)	1968 (-1,6)
Восточносибирский	0,8	9	2012 (2,0)	1989 (-1,2)
Чукотский	1,2	8	2007 (2,9)	1949 (-1,3)
Аляскинский	1,3	6	2004 (2,9)	1945, 1955 (-1,3)
Канадский	1,1	8	2012 (2,3)	1972 (-1,6)

В районах арктических морей наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры в восточной части Карского моря, в районе Новосибирских островов и





северной части Канадского района. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в районе Чукотского моря. В районе Чукотского моря осредненная аномалия составила 1,8 °С (табл. 1.5). По рангу теплых лет это второе значение с 1936 г.

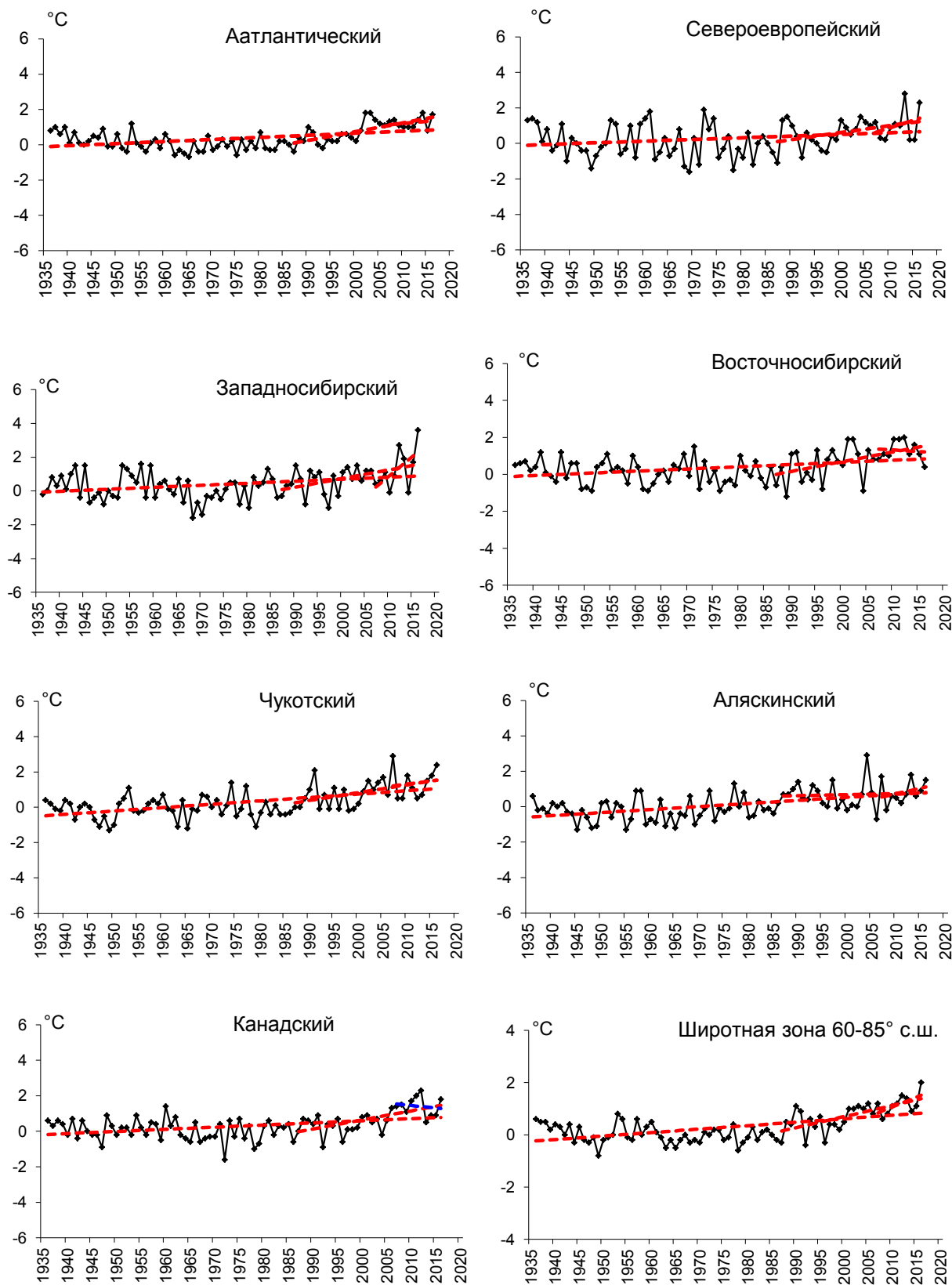
Таблица 1.5

**Аномалии температуры воздуха в летнем сезоне 2017 г. на территории, расположенной севернее 70° с.ш.**

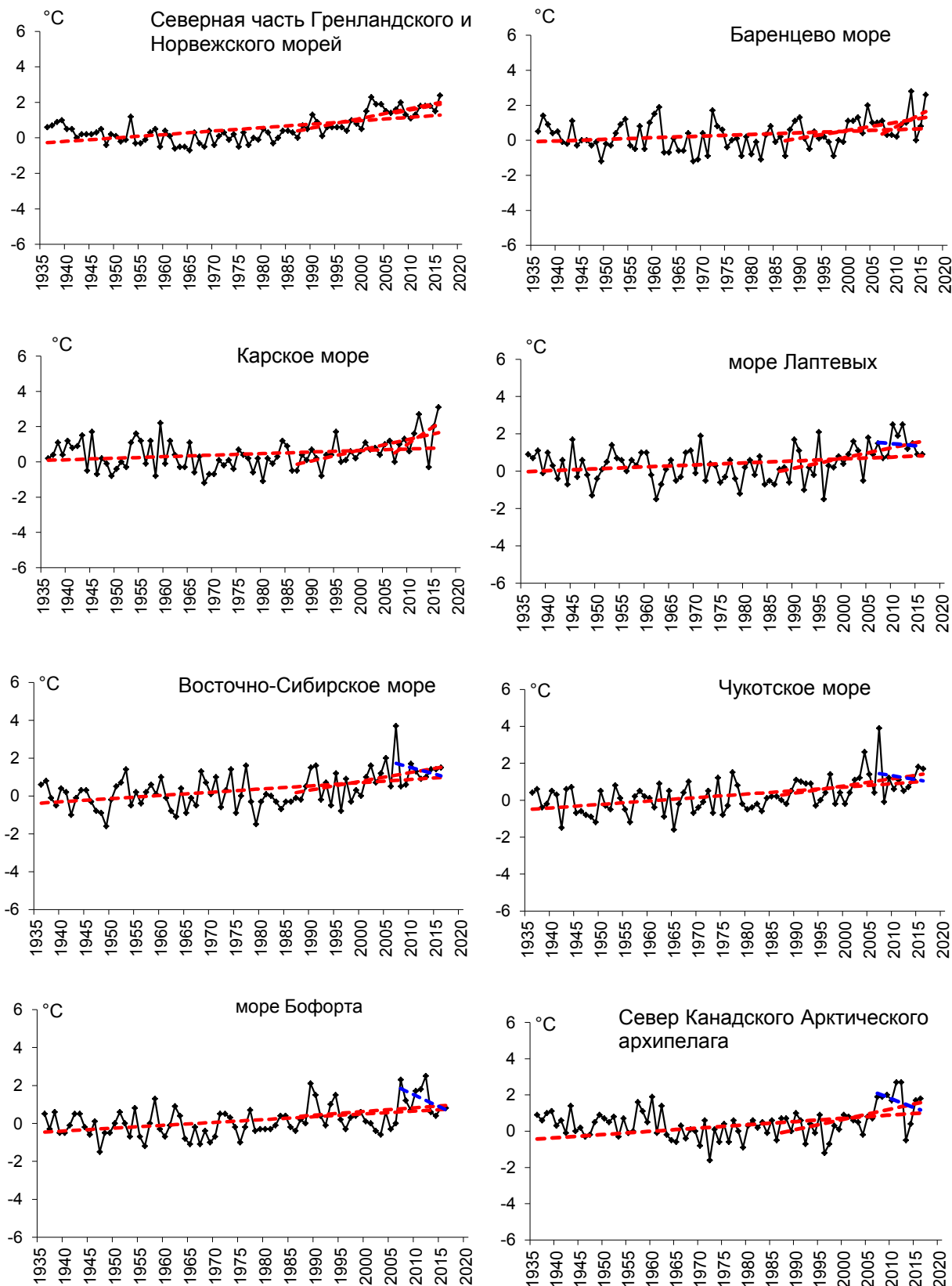
Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	1,1	11	2016 (2,4)	1965 (-0,7)
Баренцево море	0,8	13	2013 (2,8)	1949 (-1,2)
Карское море	0,8	13	2016 (3,1)	1968 (-1,2)
Море Лаптевых	0,2	19	2010 (2,5)	1962 (-1,5)
Восточно-Сибирское море	0,9	10	2007 (3,7)	1949 (-1,6)
Чукотское море	1,8	2	2007 (3,9)	1965 (-1,6)
Море Бофорта	0,9	10	2012 (2,5)	1947 (-1,5)
Северная часть Канадского района	0,3	16	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 1936-2017 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 1,07, 1,15 и 1,07 °С за 82 года.



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



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

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	1936-2017		1988-2017		2008-2017	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Атлантический	<b>0,12</b>	44,7	<b>0,41</b>	63,8	-0,02	1,5
Североевропейский	<b>0,10</b>	24,8	0,29	33,5	1,01	33,7
Западносибирский	<b>0,12</b>	31,9	<b>0,45</b>	42,4	1,65	42,5
Восточносибирский	<b>0,12</b>	35,2	<b>0,44</b>	45,2	-0,74	42,1
Чукотский	<b>0,19</b>	55,5	<b>0,40</b>	44,4	1,27	57,9
Аляскинский	<b>0,18</b>	52,3	0,10	11,9	<b>1,46</b>	73,2
Канадский	<b>0,12</b>	41,5	<b>0,49</b>	59,9	-0,47	25,1
70-85° с.ш.	<b>0,13</b>	52,4	<b>0,42</b>	64,9	0,07	4,5
60-70° с.ш.	<b>0,14</b>	58,7	0,31	57,3	0,67	50,7
60-85° с.ш.	<b>0,13</b>	57,4	<b>0,37</b>	64,5	0,67	50,7

Примечание: *Bx* – 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 1988-2017 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 1,11 °C за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Канадского района. Значение линейного тренда средней за летний сезон температуры воздуха в здесь составляет 1,47 °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 1,59 и 1,62 °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	1936-2017		1988-2017		2008-2017	
	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>	<i>Bx</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского	0,19	61,9	0,46	67,4	0,19	13,5
Баренцево море	<b>0,09</b>	26,6	0,36	38,7	1,38	42,9
Карское море	<b>0,09</b>	24,4	<b>0,53</b>	55,6	0,66	20,0
Море Лаптевых	<b>0,10</b>	26,9	<b>0,47</b>	42,3	-0,87	33,8
Восточно-Сибирское море	<b>0,17</b>	44,6	<b>0,40</b>	39,7	0,53	40,4
Чукотское море	<b>0,19</b>	51,4	<b>0,39</b>	38,6	<b>1,62</b>	78,6
Море Бофорта	<b>0,15</b>	45,0	0,18	18,9	-0,76	35,0
Северная часть Канадского района	0,07	20,0	<b>0,54</b>	48,6	-1,57	44,9

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 2017 г. выпало ниже нормы (95,7 %). К югу от 70 °с.ш. осадков выпало около нормы (99,9 %), а к северу лишь 91,5 % от нормы (табл.1.8).

Таблица 1.8

**Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.)  
сумм осадков теплого сезона 2017 г.**

Климатический район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	87,7	1964 (120,5)	1968 (75,2)
Североевропейский	95,7	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	97,0	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	94,9	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	91,8	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	109,9	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	97,4	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	99,9	1954 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	91,5	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	95,7	1954 (117%)	1980 (90%)

Наибольшее количество осадков в теплом сезоне 2017 г. наблюдалось в Аляскинском районе (на 10 % выше нормы). Наименьшее количество осадков выпало в Атлантическом районе (на 12 % ниже нормы), в основном за счет более сухих условий в южной его части. В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков теплого сезона за весь период (с 1936 по 2017 гг.) по северным (70-85° с.ш.) и южным (60-70° с.ш.) частям климатических районов и для районов в целом. На рис. 1.18 временные ряды сумм осадков теплого сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

В межгодовых изменениях осадков теплого сезона за период 1936-2017 гг. сохраняется тенденция к уменьшению жидких осадков в целом по региону (на 1,8 % от нормы 1961-1990 гг.) и к северу от 70°с.ш. (на 6,4 % от нормы). Статистически значимый (на 5-% уровне значимости) тренд осадков теплого сезона обнаруживается только в Канадском районе (17,5 мм за 82 года). В арктических морях в теплом сезоне за весь период преимущественно преобладает тенденция к уменьшению осадков. Более всего уменьшилось количество осадков в морях евразийского сектора. Уменьшение сумм осадков составило здесь от 4 до 36 % от нормы. В последнем 30-летнем периоде в отдельных широтных зонах сохраняются те же тенденции, что и за весь период. В целом



же продолжает сохраняться тенденция к уменьшению осадков теплого периода в северной полярной области.

Таблица 1.9

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

Район, море, широтная зона	<i>Vx</i>	% от нормы	<i>D</i>	<i>Vx</i>	% от нормы	<i>D</i>
	1936-2017			1988-2017		
Южная часть Гренландского и Норвежского	-1,06	-2,3	7,3	-7,67	-6,2	19,1
Скандинавия и север ЕТР	3,24	10,8	22,7	8,63	10,5	21,9
Западная Сибирь	-2,10	-7,0	14,7	6,90	8,4	18,0
Восточная Сибирь	-0,01	,0	0,1	-5,61	-9,7	26,6
Чукотка	-0,45	-2,3	3,8	1,42	2,6	4,7
Аляскинский (южная часть)	0,19	,8	1,0	11,58	17,8	27,4
Канадский (южная часть)	<b>2,99</b>	16,6	36,5	-1,37	-2,8	6,2
60-70° с.ш.	0,44	1,6	8,1	2,10	2,9	14,2
Северная часть Гренландского и Норвежского	0,36	2,4	3,5	-2,22	-5,4	9,2
Баренцево море	-0,74	-3,9	6,8	-1,50	-2,9	6,9
Карское море	-1,14	-7,5	12,2	0,98	2,4	03,2
Море Лаптевых	-3,03	-19,6	31,0	-6,23	-14,7	28,5
Восточно-Сибирское море	-5,19	-36,4	45,1	-15,84	-40,7	53,3
Чукотское море	-4,21	-26,6	30,0	-8,26	-19,1	26,8
Море Бофорта	1,17	10,8	14,9	-1,56	-5,3	7,8
Канадский (северная часть)	0,69	8,5	12,2	-3,69	-16,7	21,0
70-85° с.ш.	-0,89	-6,4	20,4	-1,97	-5,2	17,9
Атлантический	-0,59	-1,7	5,7	-5,86	-6,1	21,8
Североевропейский	1,75	6,8	16,7	4,85	6,9	17,4
Западносибирский	-1,70	-7,1	17,9	4,42	6,8	16,7
Восточносибирский	-1,16	-6,1	15,6	-5,84	-11,2	31,0
Чукотский	-2,54	-13,9	24,7	-2,88	-5,8	12,0
Аляскинский	-1,03	-4,8	6,6	0,20	,3	0,6
Канадский	<b>2,13</b>	14,9	37,5	-2,24	-5,7	15,0
60-85° с.ш.	-0,41	-1,8	9,9	-0,90	-1,5	8,0

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

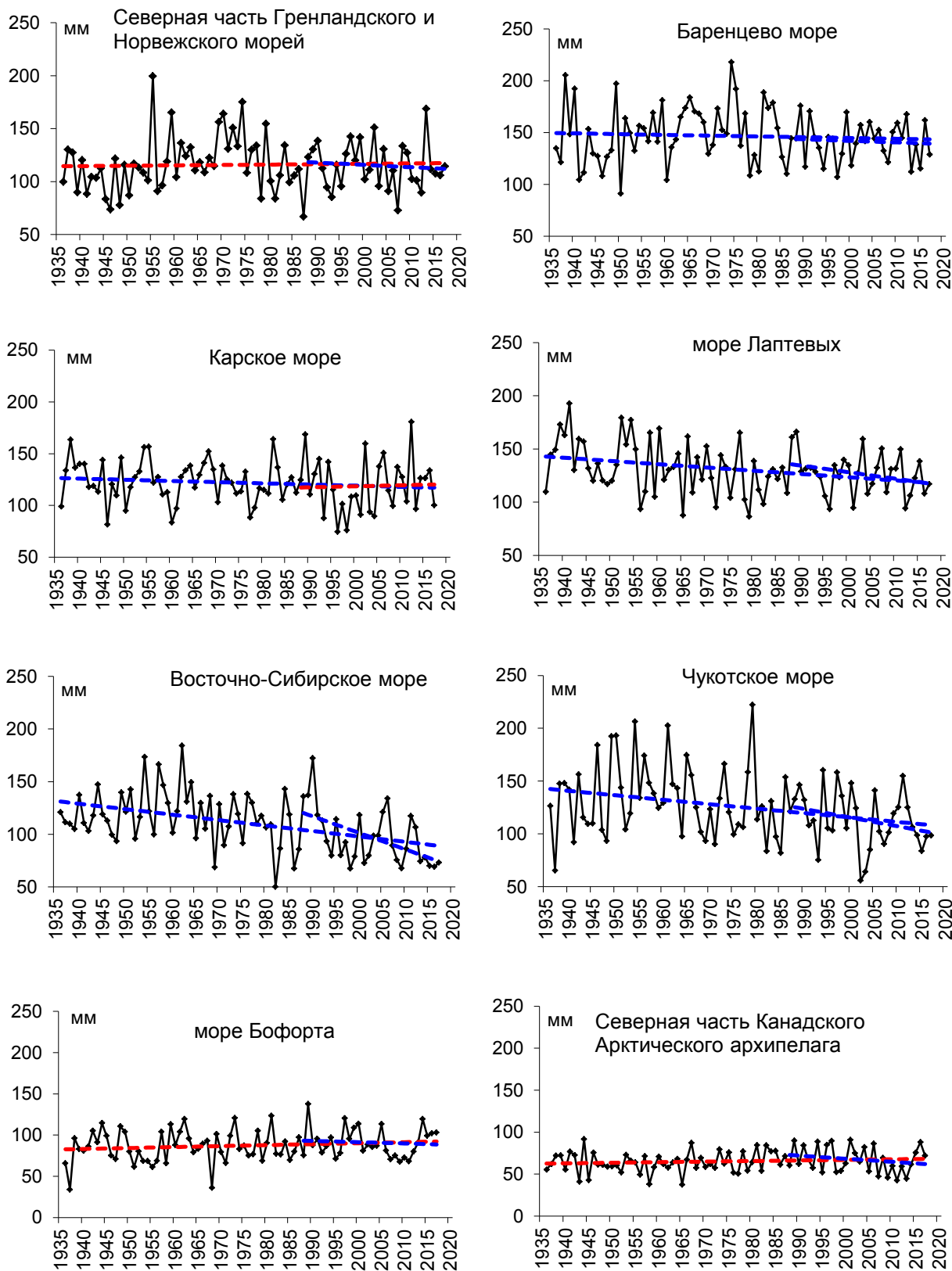


Рис. 1.18. Временные ряды сумм осадков теплого сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

## 2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в июле-сентябре 2017 года

Оценки особенностей развития ледовых условий в июле-сентябре 2017 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 СИГРИД3 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:



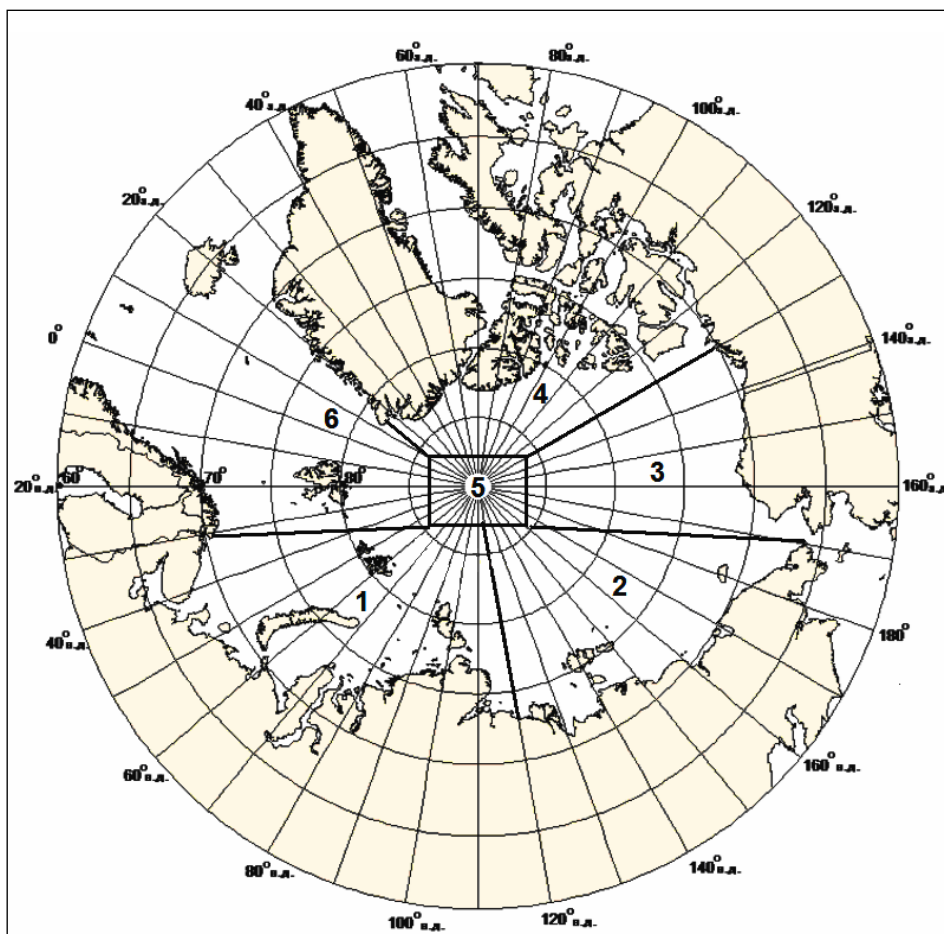


- источник данных – архивные и квазиоперативные с задержкой 1-2 дня ежедневные матрицы (поля распределения) оценок общей сплоченности Северной (севернее 45° с.ш.) полярной области по алгоритму NASATEAM за период с 26.10.1978 г. по настоящий момент времени, копируемые с сервера НЦДСЛ;
- область расчета – Северная полярная область и ее регионы с использованием масок океан/суша НЦДСЛ ([http://nsidc.org/data/polar\\_stereo/tools\\_masks.html](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 2017 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-альяскинский сектор; 4- канадский сектор; 5-приполюсный район; 6- гренландский сектор

В второго квартала 2017 г. (в конце июня) в СЛО сложились следующие гидрометеорологические и ледовые условия: отмечалось усиление адвекции теплых воздушных масс и формирование фона температуры с положительными аномалиями температуры, сохранялось преобладание однолетних льдов в западном и восточном районах российского сектора Арктики, сохранялся небольшой язык двухлетних льдов в северо-западной части Восточно-Сибирского моря.

В структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океане 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 гренландском и канадском секторах и в приполюсном районе Арктики (районы 4, 5, 6).

В июне началось чрезвычайно быстрое очищение окраинных морей западного и восточного районов российского сектора Арктики – Баренцева, Карского и Чукотского. В этих морях сформировались крупные положительные аномалии ледовитости. В конце июня аномалии ледовитости в этих морях составили: в Баренцевом море -30%, в юго-западной части Карского моря -31%, в Чукотском море -20%. Очищение этих морей в первую очередь было связано с интенсивным дрейфом льда выносного характера, адвекции тепла в эти районы и развитием тепловых процессов таяния и разрушения льда. Обширные разряжения льда сформировались также в заприпайных зонах во всех российских арктических морях от Карского до Чукотского (рис. 2.2).

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

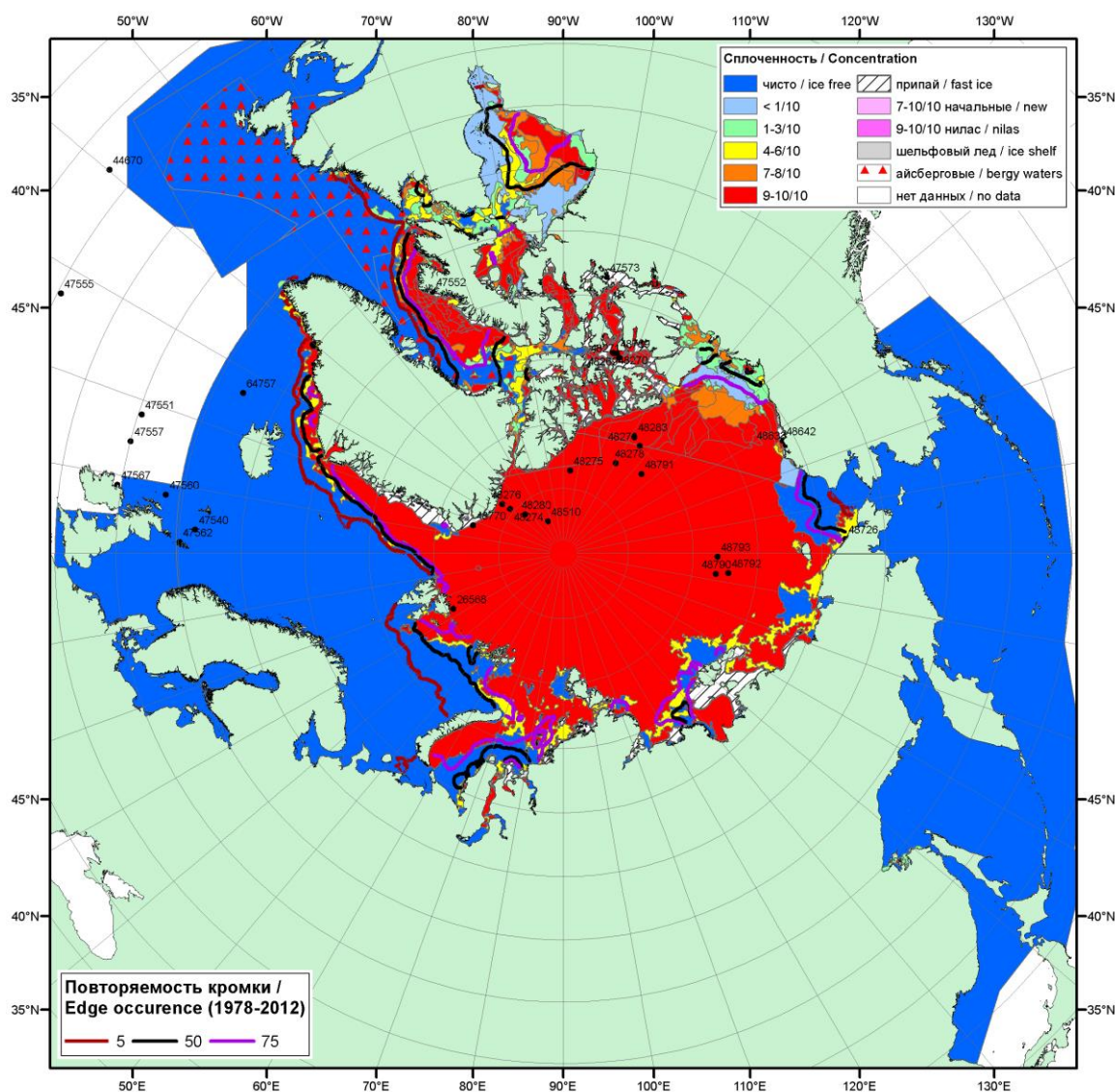


Рис. 2.2. Распределение льда по сплоченности в конце июня 2017 г.

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период июль-сентябрь 2017 г. приведены на рисунках 2.3–2.11.

В июле продолжалось интенсивное очищение прибрежных районов всех арктических морей, от западных морей Арктики (Гренландского, Баренцева и Карского) до восточных (Чукотского и Бофорта). К концу июля на большей части акватории этих морей наблюдались обширные пространства чистой воды. Аномалии ледовитости составляли  $-20\dots-30\%$ . Наиболее интенсивное очищение наблюдалось в окраинных арктических морях – в Баренцевом и Чукотском. К концу июля акватории этих морей практически полностью очистились от дрейфующих льдов.

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

Наблюдался интенсивный вынос льдов из СЛО 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. Самым крупным был циклонический вихрь, который сформировался практически над всей акваторией СЛО с центром в приполюсном районе. Он обусловил вынос льдов из Восточно-Сибирского моря и одновременно поступление льдов в западную часть моря Лаптевых и в Гренландский сектор Арктики.

Вторым не полностью сформировавшимся вихрем являлся Канадский антициклонический круговорот, который был сильно смещен к побережью Аляски. В результате смещения развитие Канадского антициклонического круговорота оказалось неполным и намного слабее обычного. Он обусловил незначительное поступление льдов в северную часть моря Бофорта.

Общая ледовитость Северного Ледовитого океана в июле была значительно меньше нормы (рис. 2.13). Площадь льдов в СЛО оказалась третьей по рангу минимальных значений, ненамного превосходя минимумы, наблюдавшиеся в 2011 и 2012 гг.

Основной вклад в формирование отрицательной аномалии ледовитости и поля сплоченности льда, вносили все арктические моря, в которых наблюдалось интенсивное сокращение льдов, кроме западной части моря Лаптевых (рис. 2.5 б, зоны выделенные

синим цветом). Положительные аномалии сплоченности льда наблюдались в приполюсном районе, в гренландском секторе Арктики, в западной части моря Лаптевых и в северной части моря Бофорта, куда был направлен основной вынос льдов (рис. 2.5 б, зоны, выделенные зеленым цветом).

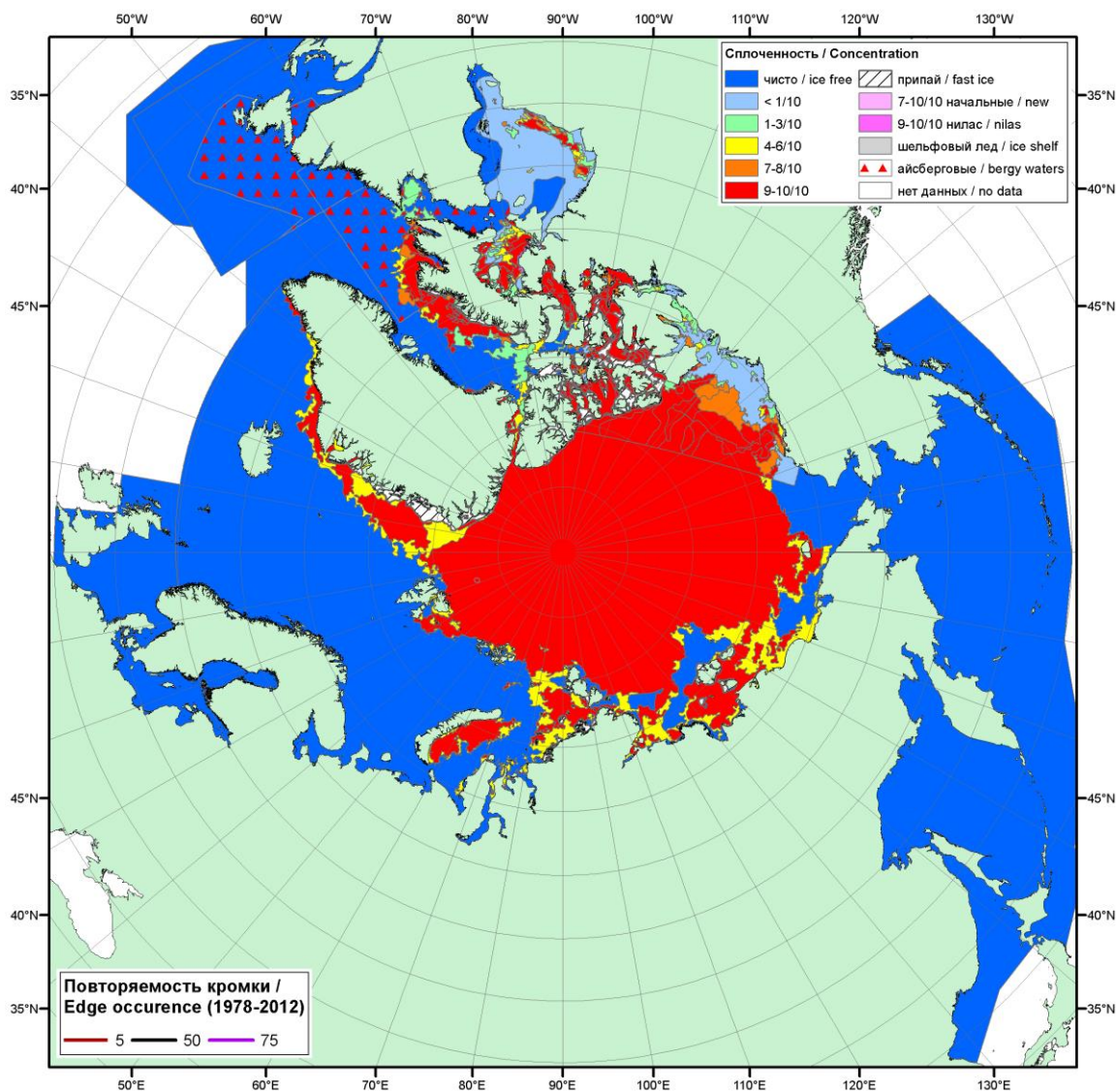
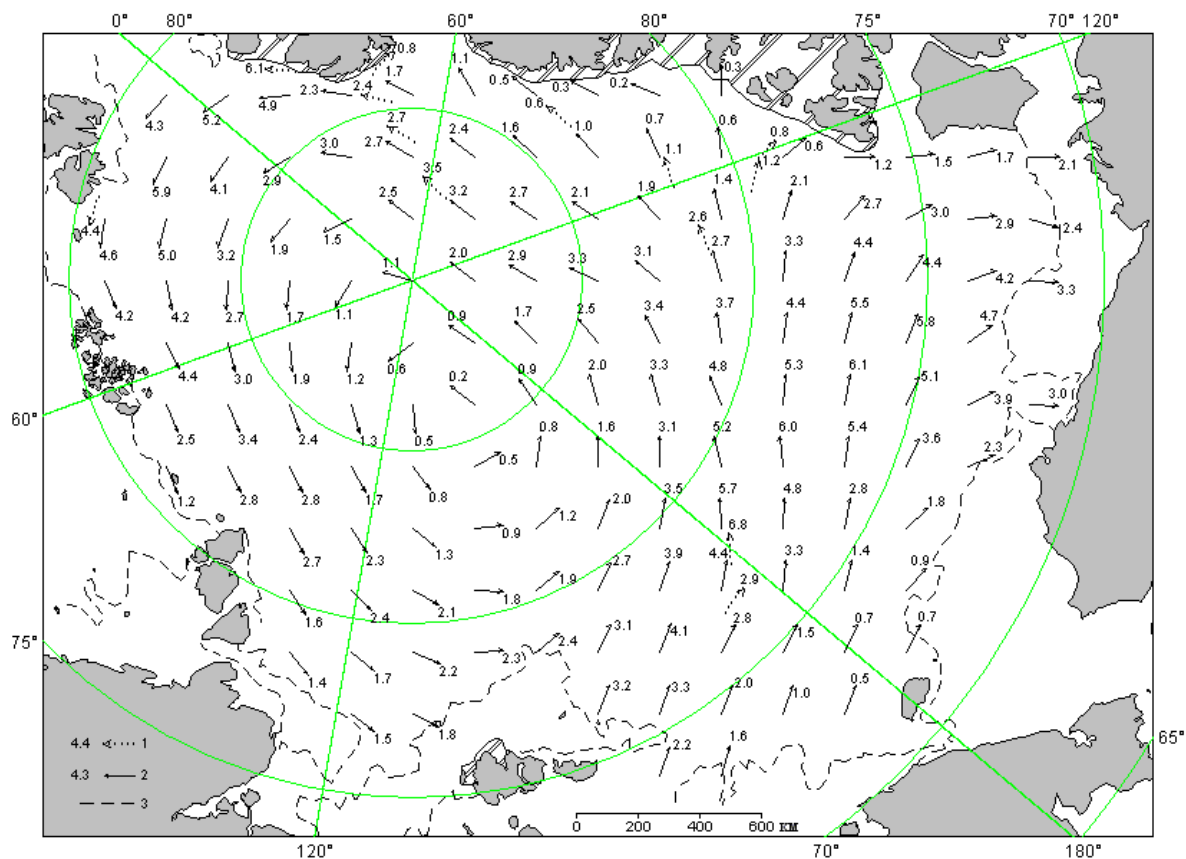
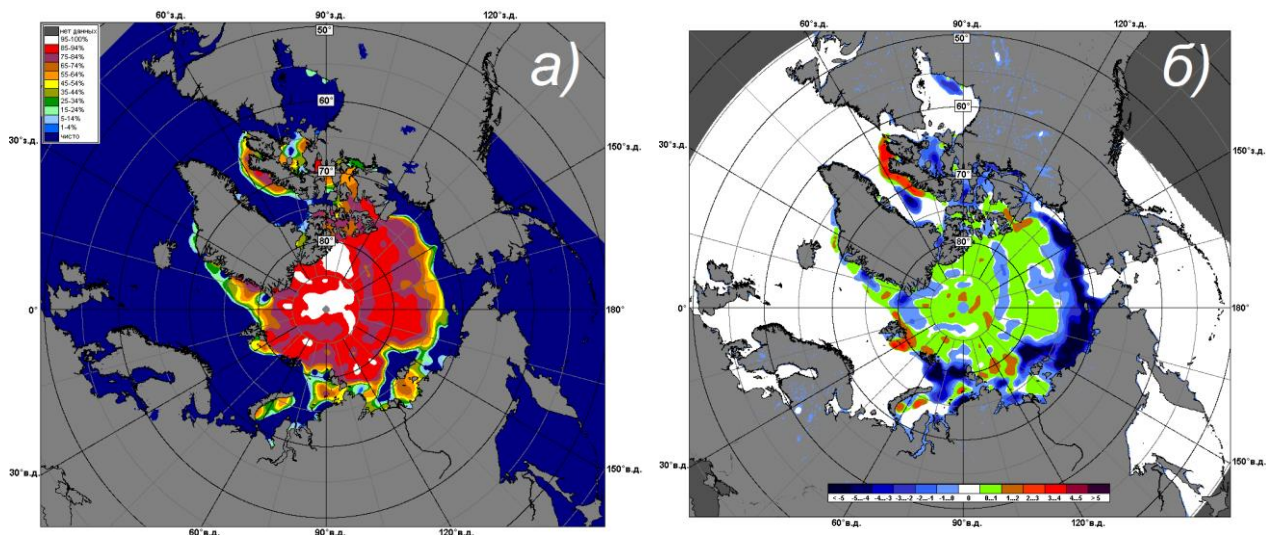


Рис. 2.3. Обзорная ледовая карта за 10–18.07.2017 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США



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 2017 г.



**Рис. 2.5.** Медианное распределение сплоченности льда в июле 2017 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2017 (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 северо-восточной части Карского и западной части моря Лаптевых, полностью очистилась ото льда. Сформировались крупные отрицательные аномалии ледовитости, составляющая по морям от -20 до -50%.

Граница отступления дрейфующих льдов на север в морях Карском, Восточно-Сибирском, Чукотском и Бофорта в августе 2017 г. была аномально высокой (рис. 2.6).

В августе, в поле дрейфа льда произошли существенные изменения. Традиционных структур дрейфа в СЛО не наблюдалось. Сохранился один гигантский циклонический вихрь, который сформировался еще в июле. Это вихрь существенно увеличился в размерах и занимал практически весь бассейн СЛО с центром над полюсом. Сформировавшийся и расширившийся вихрь поддерживал вынос льдов из северных частей морей Бофорта, Восточно-Сибирского и Чукотского в гренландский сектор Арктики (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 (рис. 2.8 б, зоны зеленого цвета). 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 б, зоны синего цвета).

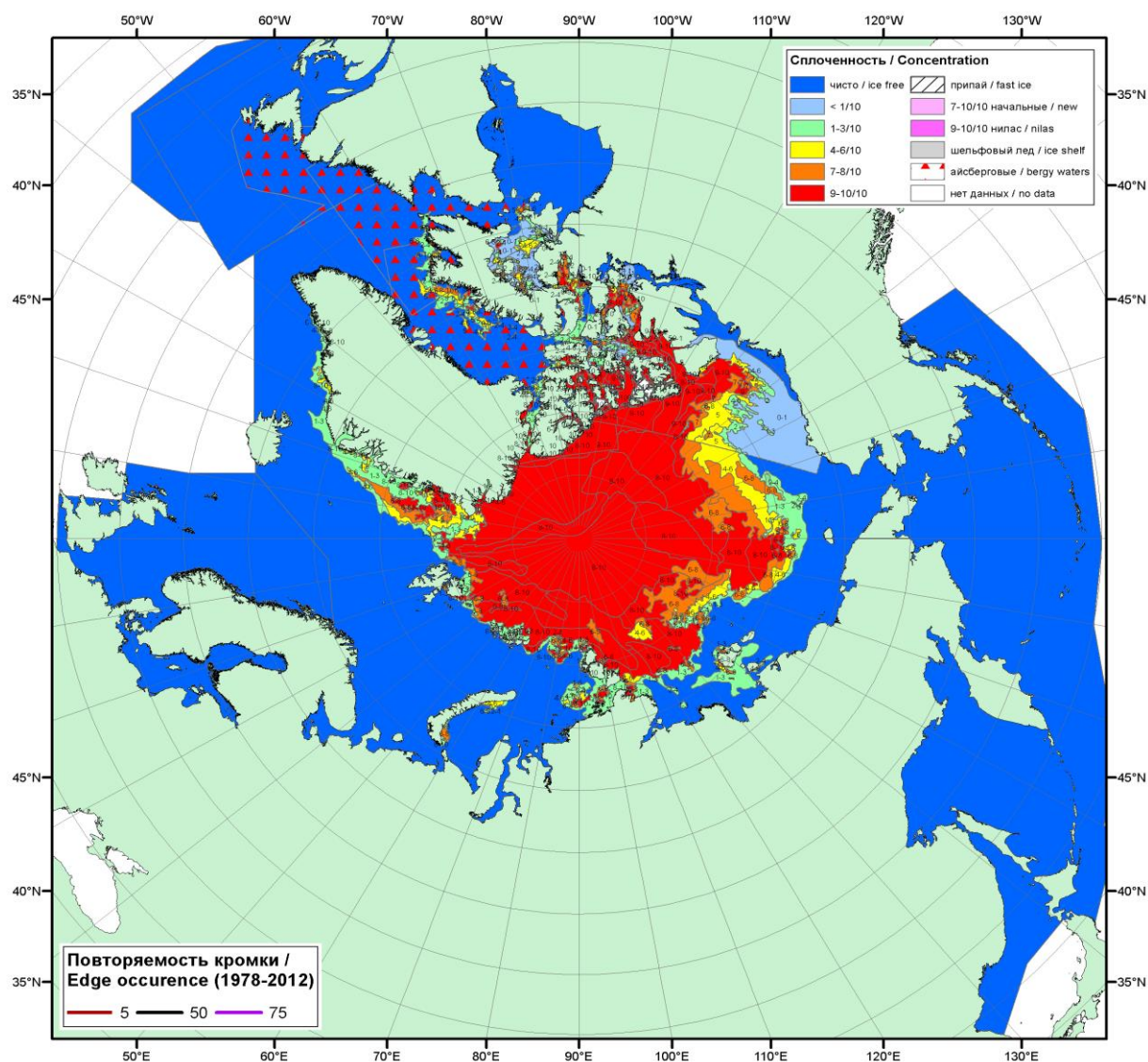


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта за 14-17.08.2017 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США



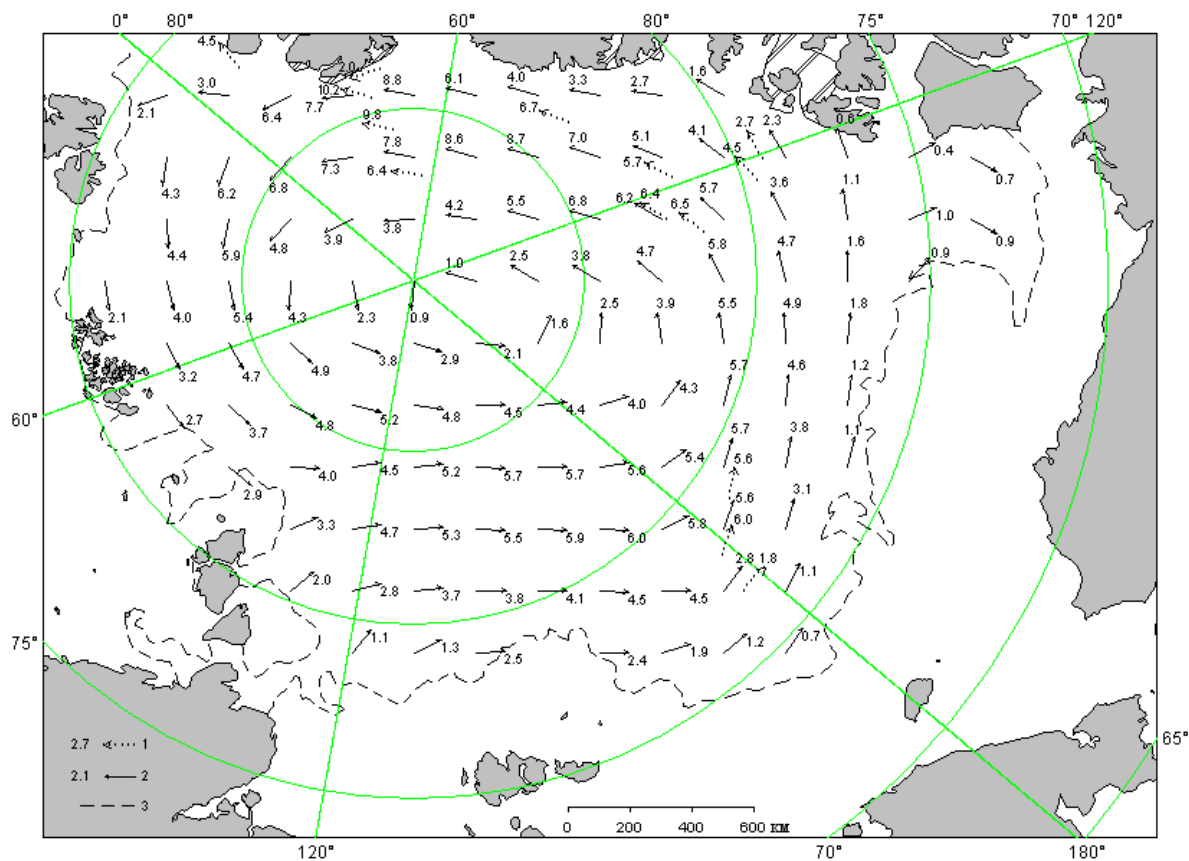


Рис. 2.7. Поле скорости результирующего дрейфа льда за август 2017 г.

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

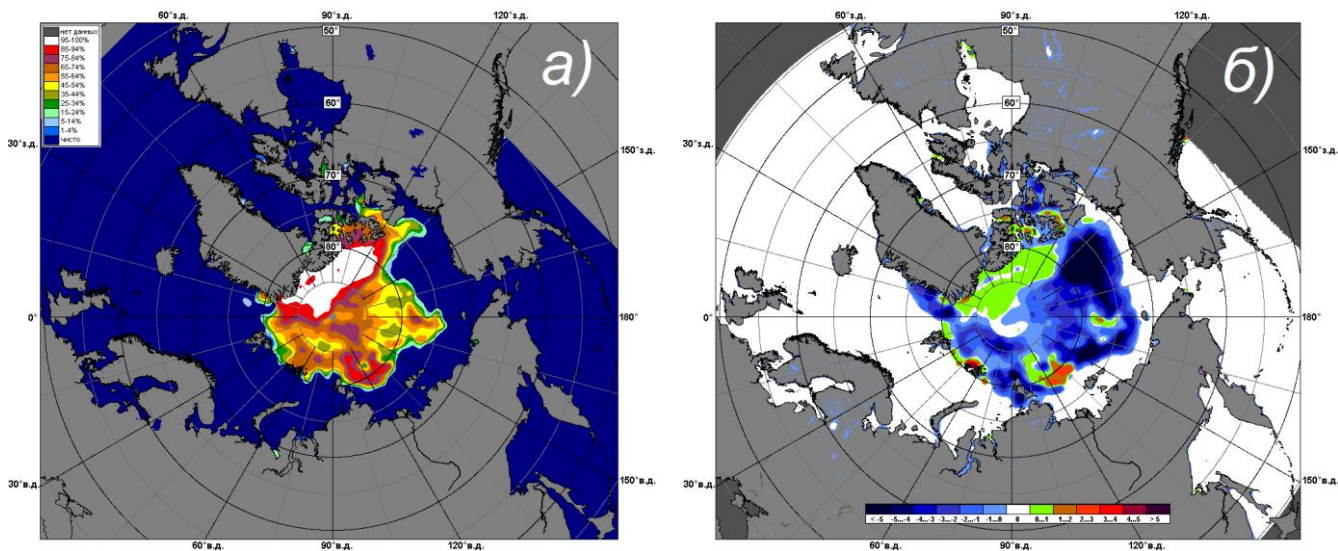


Рис. 2.8. Медианное распределение сплоченности льда в августе 2017 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2017 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

В начале сентября сокращение площади ледяного покрова в СЛО и морях прекратилось. Среди остаточных льдов к северу от широты 78-80°с.ш. началось ледообразование.

В середине первой декады сентября в прикромочной зоне на чистой воде по широкому фронту между меридианами 30-180° в.д. началось ледообразование, что в среднем на 5-10 суток позже среднемноголетних сроков. Ледообразование развивалось достаточно медленно, однако в конце сентября волна ледообразования подошла к северным границам всех арктических окраинных морей, без исключения. Начало ледообразования и его продвижение в осенний период 2017 г. хотя и развивалось достаточно медленно, но по интенсивности превосходила предыдущие годы (2015-2106 гг.).

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 западной части моря Лаптевых и центральной части Восточно-Сибирского моря. (рис. 2.9).

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 гренландском секторе Арктики, а также в северной части моря Лаптевых.

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

В сентябре сохранились значительные отрицательные аномалии сплоченности льда у северных границ всех арктических морей, в результате его выноса ветвью циклонического вихря, кроме северной части моря Лаптевых (рис. 2.11, зоны темно-синего цвета). Положительные аномалии сплоченности сформировались в гренландском секторе Арктики и северной части моря Лаптевых (рис. 2.11 б, зоны зеленого и красного цветов).

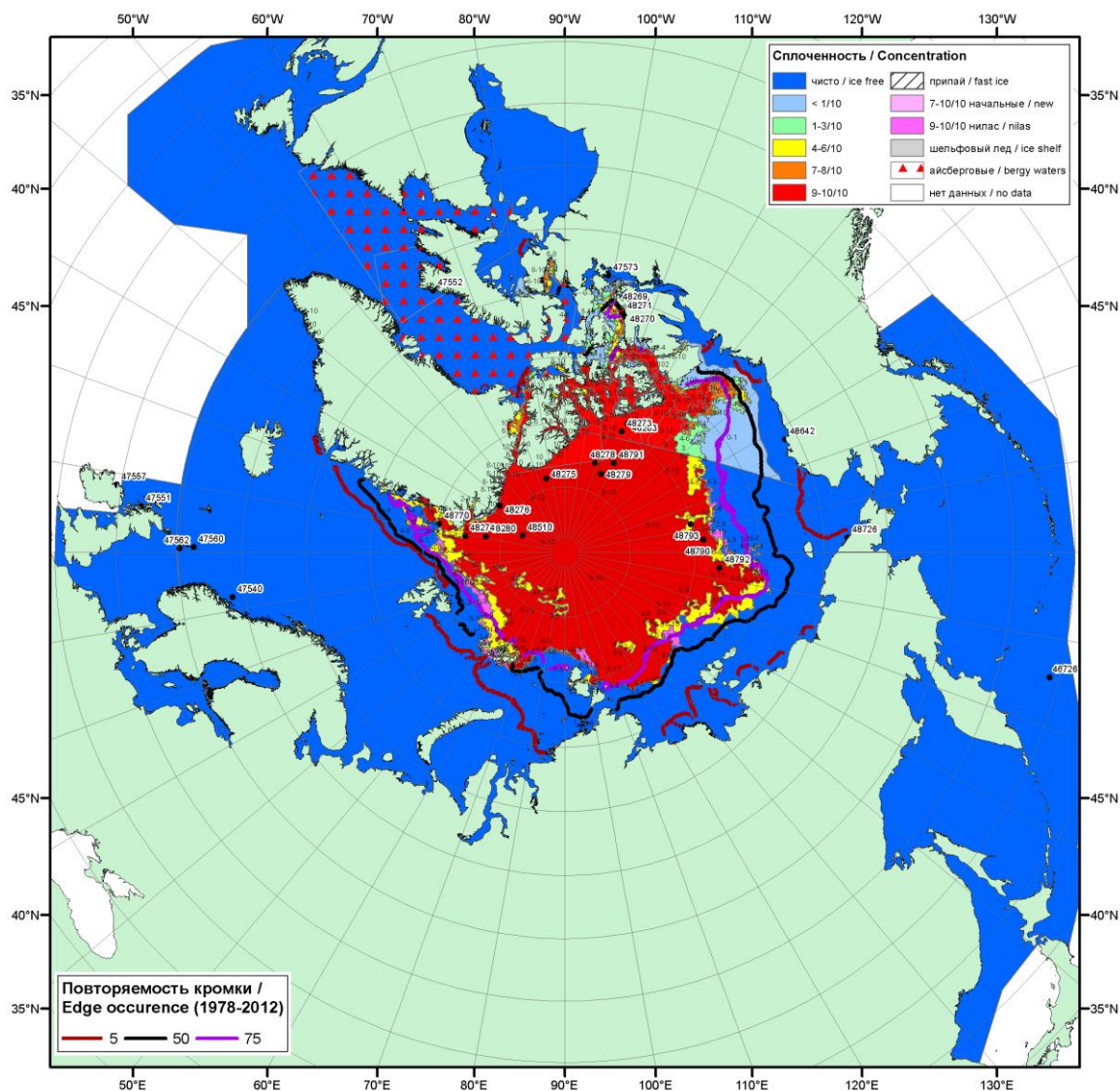


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта за 11-19.09.2017 г. на основе ледового анализа АНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

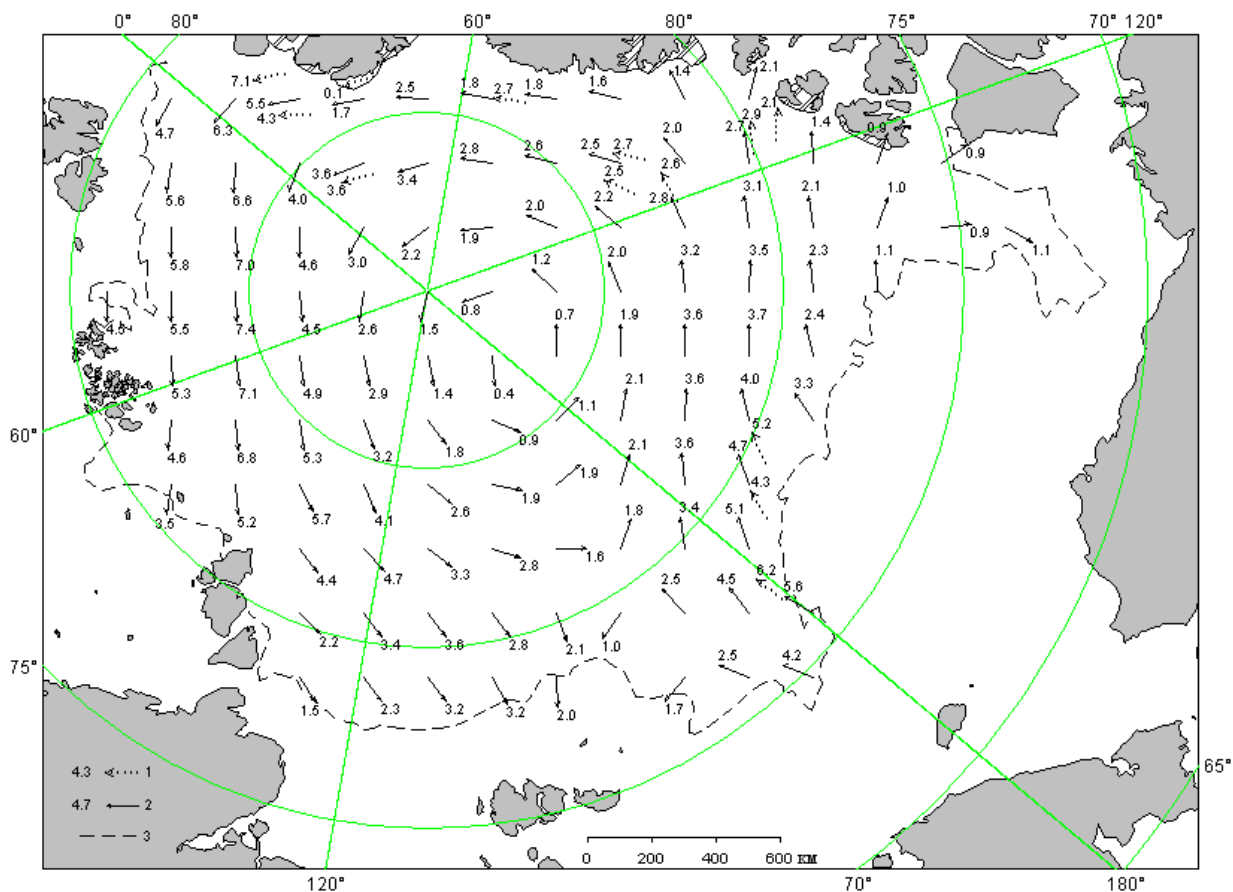


Рис. 2.10. Поле скорости результирующего дрейфа льда за сентябрь 2017 г.

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

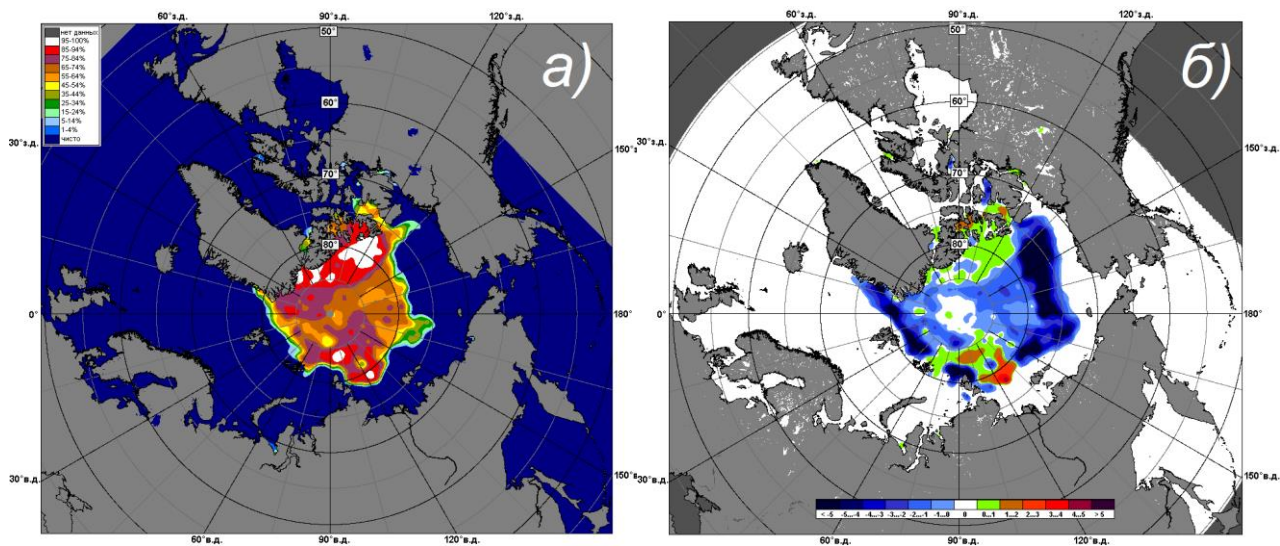


Рис. 2.11. Медианное распределение сплоченности льда в сентябре 2017 г.

(а) и её разности относительно медианного распределения за тот же месяц за периоды 1979-2017 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

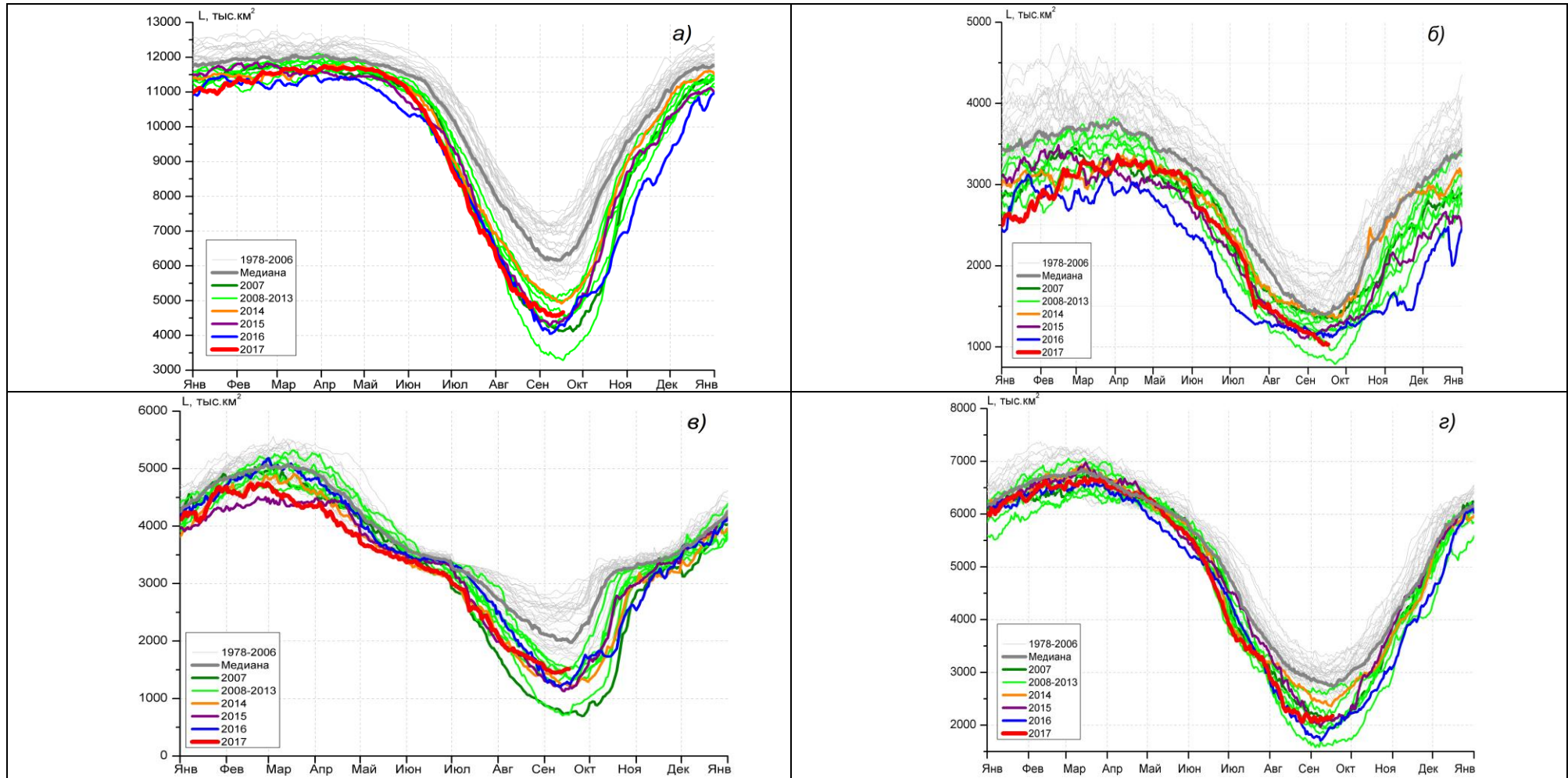
По оценкам, выполненным в лаборатории режимных пособий ААНИИ общая площадь дрейфующих льдов в СЛО в середине сентября 2016 г. составила 4,6 млн. км<sup>2</sup> при норме 6,1 млн. км<sup>2</sup>, что на 24,6% меньше среднемноголетних значений. Значения общей ледовитости в СЛО и во всех его секторах оказались на 0,5-1,3 млн. км<sup>2</sup> меньше средних значений ледовитости за весь ряд наблюдений (с 1978-2017 гг.). Но вместе с тем, общая площадь льдов существенно (на 0,5-1,2 млн. км<sup>2</sup>) превышала ледовитость, наблюдавшуюся в аномально легкие 2012 и 2016 гг., став, таким образом, седьмой по рангу минимумов в группе легких лет. Немаловажно отметить, что площадь остаточных льдов в СЛО в середине сентября 2017 г. почти на 100 тыс. км<sup>2</sup> превышала норму «короткого ряда» за последнее «теплое» десятилетие (с 2006-2016 гг.).

Данные по ледовитости Северного Ледовитого океана и его секторов на середине сентября, а также сравнение с ледовитостями ряда лет, начиная с 2012 г., приведены в таблице 2.1. На рисунке 2.13 приведены ежедневные оценки сезонного хода ледовитости для Северного Ледовитого океана и ее отдельных секторов за период с 26.10.1978 по 17.09.2017 гг. 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 среднемноголетнего значения (нормы за 1978-2017 гг.), но не опускалась ниже крайних экстремальных значения, которое наблюдалось в 2012 и 2016 гг. Как уже отмечалось выше общая площадь льдов стала седьмой по рангу минимумов в группе легких лет.

Таблица 2.1

**Значения ледовитости за 11 – 17 сентября 2017 г. и её аномалии от значений периодов 2006-2017 гг. и 1978-2017 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS**

Северный Ледовитый океан								
Месяц	S, тыс. км <sup>2</sup>	Аномалии, тыс. км <sup>2</sup> /%						
		2012 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2006-2017 гг.	1978-2017 гг.
11-17.09	4602,8	1258,5	-405,0	-384,6	207,8	361,8	96,8	-1383,1
		37,6	-8,1	-7,7	4,7	8,5	2,1	-23,1
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)								
Месяц	S, тыс. км <sup>2</sup>	Аномалии, тыс. км <sup>2</sup> /%						
		2012 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2006-2017 гг.	1978-2017 гг.
11-17.09	1040,1	-20,0	174,4	-362,6	-169,4	-115,8	-165,0	-389,5
		-1,9	20,1	-25,8	-14,0	-10,0	-13,7	-27,2
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых - Чукотское, Берингово, Охотское)								
Месяц	S, тыс. км <sup>2</sup>	Аномалии, тыс. км <sup>2</sup> /%						
		2012 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2006-2017 гг.	1978-2017 гг.
11-17.09	1490,2	765,0	-70,4	241,2	325,6	239,9	227,8	-492,9
		105,5	-4,5	19,3	28,0	19,2	18,0	-24,9
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)								
Месяц	S, тыс. км <sup>2</sup>	Аномалии, тыс. км <sup>2</sup> /%						
		2012 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2006-2017 гг.	1978-2017 гг.
12-20.0911-17.09	2142,1	513,4	-505,5	-260,6	51,2	245,6	33,7	-507,9
		31,5	-19,1	-10,8	2,4	13,0	1,6	-19,2



**Рис. 2.13.** Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) - для Северного Ледовитого океана 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 20.09.2017 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 июле-сентябре 2017 г.

#### 3.1 Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в третьем квартале 2017 г. выполнен на основании данных автономных дрейфующих комплексов ИТР (Ice-Tethered Profiler), оснащенных профилографами, обеспечивающими непрерывное поступление информации о термохалинной структуре верхнего 760-метрового слоя вод (табл. 3.1. рис. 3.1).

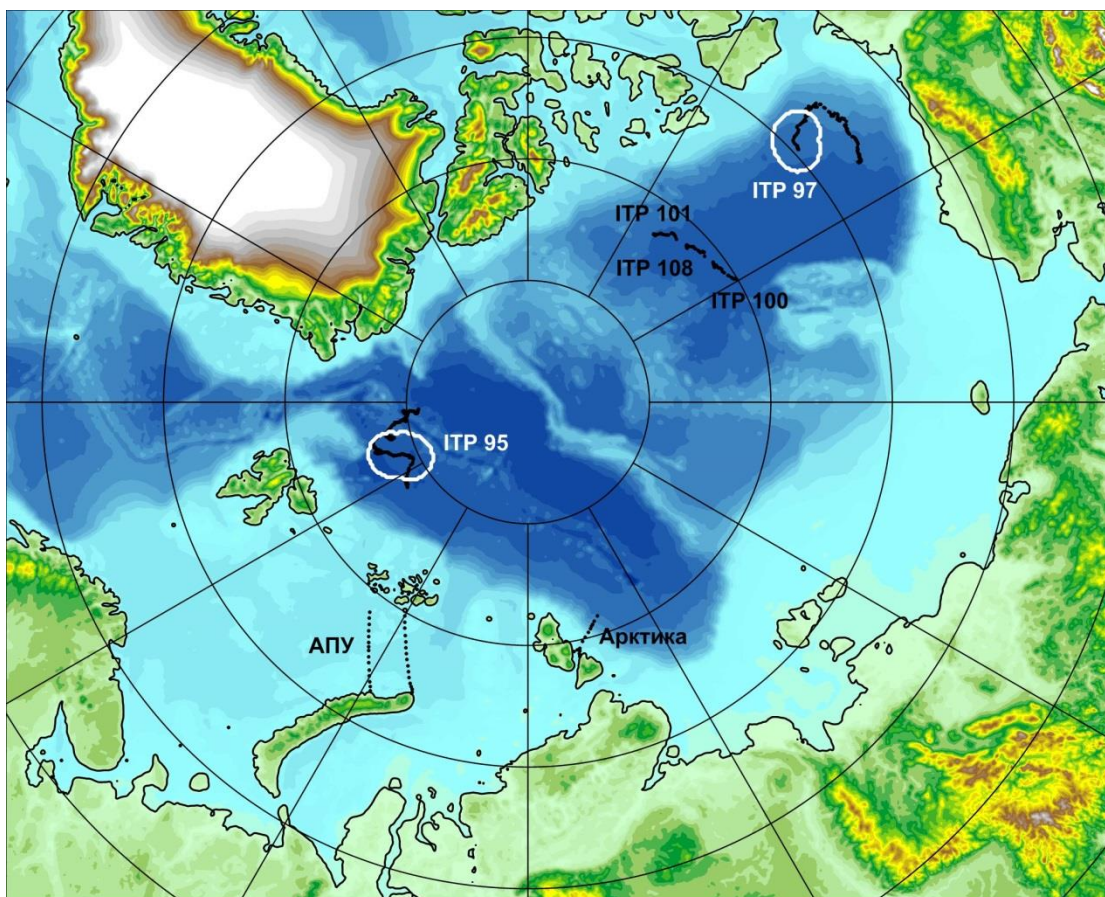
Таблица 3.1

#### Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2017 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 95	01.07.2017	30.09.2017	351
2	ИТР 97	01.07.2017	30.09.2017	277
3	ИТР 100	18.09.2017	30.09.2017	25
4	ИТР 101	16.09.2017	30.09.2017	29
5	ИТР 108	17.09.2017	30.09.2017	27
6	«Арктический плавучий университет» (АПУ) на НИС «Профессор Молчанов»	10.07.2017	26.07.2017	47
7	«Арктика – 2017» на НЭС «Академик Трешников»	20.09.2017	24.09.2017	13

#### Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в третьем квартале 2017 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР 97 в Канадской глубоководной котловине и ИТР 95 в глубоководной котловине Нансена (рис. 3.1). В выделенной 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 этого же района. Область поиска исторических данных (рис. 3.1, белый контур) был на 50–100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, используемых для анализа в 2017 году.

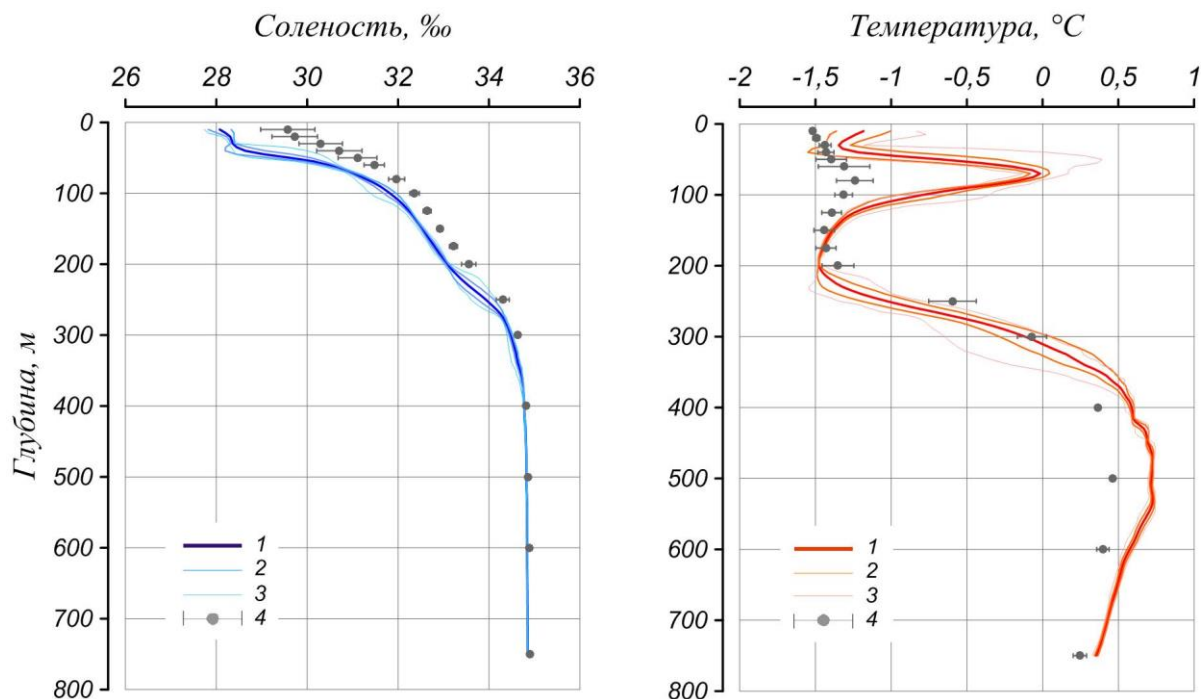


**Рис. 3.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в третьем квартале 2017 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии АНИИ**

### *Амеразийский суббассейн*

В третьем квартале 2017 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в юго-восточной части Канадской глубоководной котловины по данным ITP 97 соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (28,1 ‰) в сравнении с климатической нормой (29,6 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило  $-1,5$  ‰ (рис. 3.2). При этом следует отметить, что в аналогичный период 2015 г. (в 2016 г. не было данных) аномалия поверхностной солености составила  $-2,3$  ‰. Температура верхнего перемешанного слоя колебалась около  $-1,2$  °C и превышала климатическое среднее ( $-1,6$  °C) на  $0,4$  °C, что связано в первую очередь с более ранним исчезновением ледяного покрова и проникновением солнечной радиации непосредственно в водную толщу.





**Рис. 3.2. Вертикальное распределение солёности и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в июле – сентябре 2017 г. по результатам измерений профилографа ИТР 97**

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 январь – март в период с 1900 по 2000 гг.

Под верхним перемешанным слоем глубже 40–50 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Американо-Азиатского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с солёностью от 31 до 33 ‰. Наиболее высокие значения температуры слоя ЛТВ по данным ИТР 97, также, как и в аналогичный период 2015 г., составили 0,2 °C, а средние значения ядра ЛТВ достигли 0 °C, превышая климатическую норму на 1,2 °C. Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 150 м (130 м согласно климатическим данным).

На глубинах от 170–210 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 солёностью равной 33,1 ‰, наблюдаемой в ядре данной прослойки. Характерной особенностью последних лет



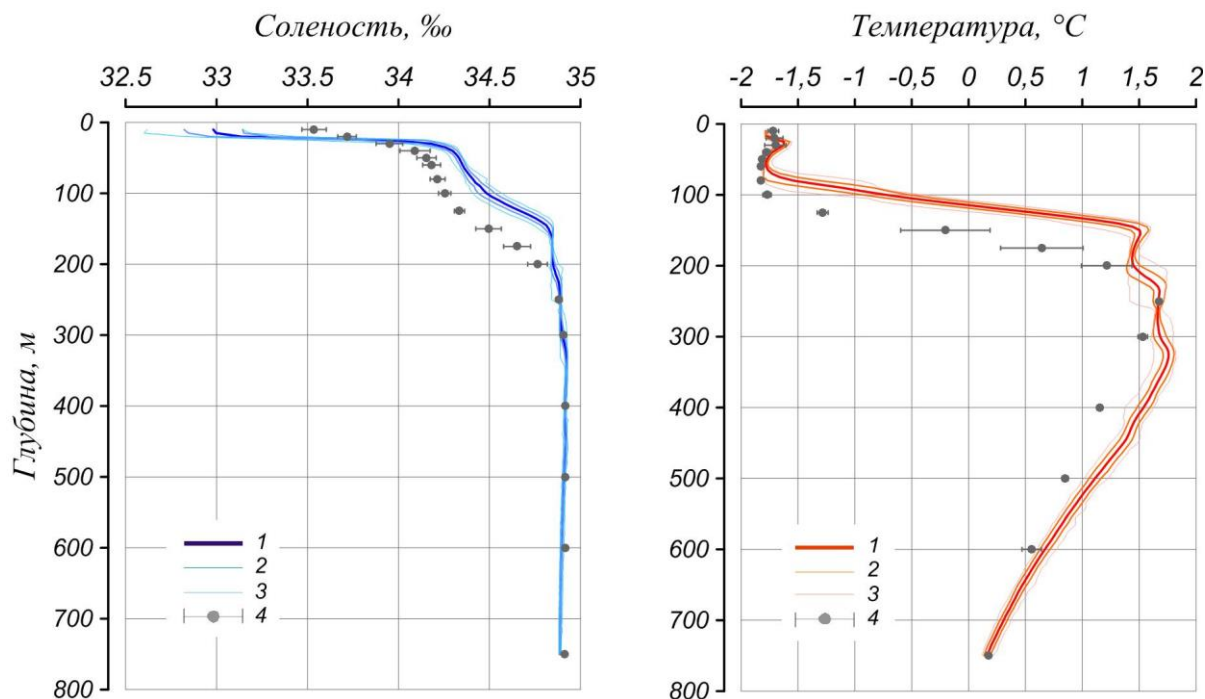
является заглублиение ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 97 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 190–200 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м.

Глубже 210 м в Канадской глубоководной котловине наблюдается постепенное повышение температуры воды, обусловленное теплоотдачей атлантической водной массы (АВ). Верхняя граница слоя данной прослойки (0 °С) по данным третьего квартала 2017 г. располагалась на глубине 310 м (в 2015 г. – 300 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 2017 г. практически полностью соответствуют значениям предшествующих лет, что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Евразийском суббассейне СЛО.

### *Евразийский суббассейн*

Поверхностный слой в котловине Нансена Евразийского суббассейна в третьем квартале 2017 г. по данным ИТР 95 характеризовался в отличие от предыдущих лет отрицательной аномалией солёности. Значения поверхностной солёности изменялись в пределах от 32,6 ‰ до 33,1 ‰. В среднем отрицательная аномалия поверхностной солёности составила –0,5 ‰ (рис. 3.3). Отсутствие положительной аномалии поверхностной солёности в котловине Нансена можно объяснить тем, что оценки предыдущих лет были получены в основном в котловине Амундсена. Также следует отметить, что в аналогичный период 2015 г. поверхностная аномалия солёности составила всего 0,1 ‰. Продолжение инструментальных наблюдений в котловине Нансена должно выявить тенденцию изменений в поверхностном слое океана. Поверхностная температура воды (–1,72 °С) была незначительно выше нормы (–1,78 °С), что связано, по всей видимости, с пониженными значениями солёности и, как следствие, увеличением температуры замерзания.

Наибольшие значения температуры в ядре АВ достигли 1,8 °С (325 м), превышая климатический максимум на 0,1 °С. При этом верхняя граница слоя АВ была выше на 45 метров по сравнению с климатическим значением.



**Рис. 3.3. Вертикальное распределение солености и температуры воды в котловине Нансена в июле-сентябре 2017 г. по результатам измерений профилографа ИТР 95**

Условные обозначения см. рис. 3.2

### **Основные выводы**

Согласно результатам наблюдений, выполненных в третьем квартале 2017 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему в Американо-Европейском суббассейне. Распределение поверхностной солености характеризуется наличием выраженной отрицательной аномалией ( $-1,5$  ‰). Значения положительных аномалий температуры летних тихоокеанских и атлантических вод составляют  $1,2$  °C и  $0,3$  °C соответственно.

В котловине Нансена наблюдались незначительные величины отрицательной аномалии ( $-0,5$  ‰) поверхностной солености и положительной аномалии ( $0,1$  °C) температуры в ядре атлантической водной массы.

### **3.2 Уровень арктических морей**

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с июля по сентябрь 2017 года составлена по данным четырехсрочных и восьмисрочных наблюдений на 12-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.2). В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

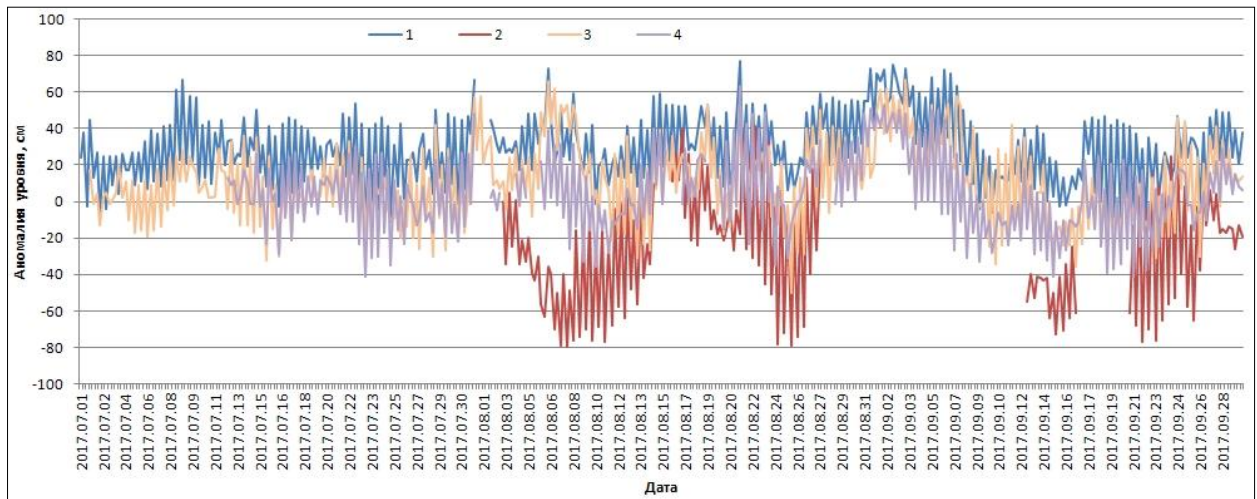


Таблица 3.2

**Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня  
в июле – сентябре 2017 г.**

Станция	Широта	Долгота
<b>Карское море</b>		
им. Е.К. Федорова (мыс Болванский Нос)	70 27 N	59 05 E
Амдерма	69 45 N	61 42 E
Усть-Кара	69 15 N	64 31 E
Новый Порт	67 41 N	72 53 E
Сопочная Карга	71 52 N	82 42 E
о. Диксон	73 30 N	80 24 E
Мыс Стерлегова	75 25 N	88 54 E
им. М.В. Попова (о. Белый)	73 20 N	70 03 E
<b>Море Лаптевых</b>		
Анабар	73 13 N	113 30 E
м. Кигилях	73 20 N	139 52 E
пр. Санникова	74 40 N	138 54 E
о. Котельный	76 00 N	137 52 E

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.4, табл. 3.3) по данным станций им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Амдерма, Усть-Кара, им. М.В. Попова (о. Белый) в июле месяце наблюдалось устойчивое состояние уровенной поверхности. Стандартное отклонение рядов характеристик не превышало 18 см. Стоит отметить, что на станции Амдерма в течение всего периода наблюдений, аномалия уровня практически не опускалась до значений ниже нуля. Значительное понижение уровня произошло в конце первой и начале второй декады августа, особенно это заметно по данным станции им. Попова (о. Белый), аномалия уровня на которой опустилась до отметки  $-80$  см. Примерно такое же понижение уровенной поверхности наблюдалось и в конце августа. Наибольшие значения уровня за весь период наблюдений имели место в начале сентября, когда они достигали  $+80$  см. Во второй и третьей декаде сентября уровень моря заметно понизился.



**Рис. 3.4. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2017 г.**

1 – Амдерма; 2 – им. М.В. Попова (о. Белый); 3 – Усть-Кара; 4 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос)

Таблица 3.3

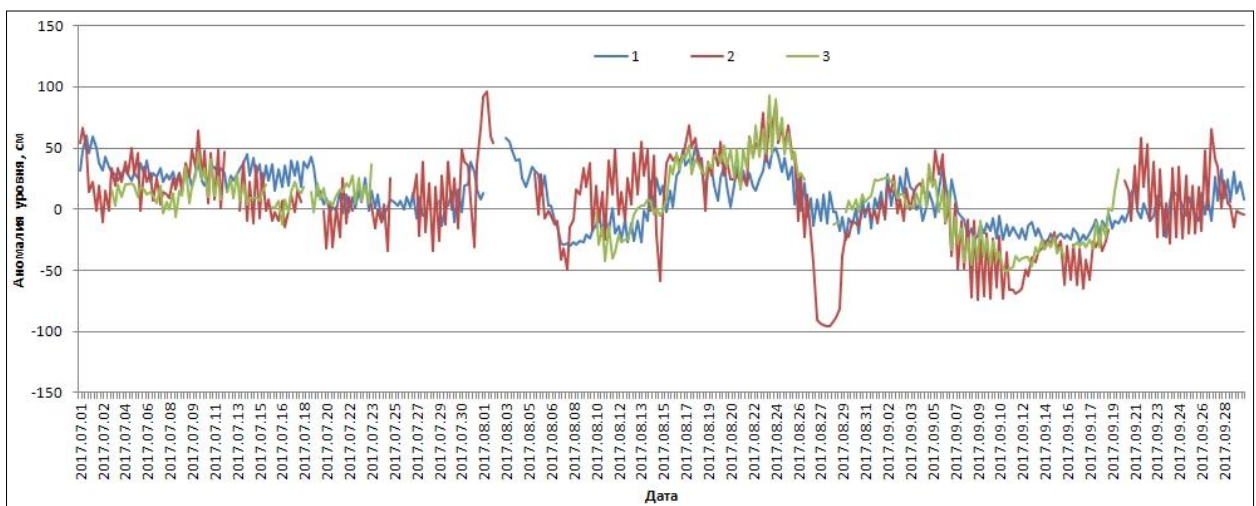
**Основные характеристики колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в июле – сентябре 2017 г.**

Станция	Хар-ки	Месяц		
		VII	VIII	IX
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос)	$h_{cp}$ (см)	2	9	2
	$\sigma_h$ (см)	18	21	24
	$h_{min}$ (см)	-41	-36	-41
	Дата	23/07	10/08	15,21/09
	$h_{max}$ (см)	48	63	53
	Дата	31/07	21/08	01/09
Амдерма	$h_{cp}$ (см)	25	34	29
	$\sigma_h$ (см)	18	16	22
	$h_{min}$ (см)	-13	-1	-15
	Дата	23/07	10/08	19/09
	$h_{max}$ (см)	67	77	75
	Дата	09/07	21/08	02/09
Усть-Кара	$h_{cp}$ (см)	5	17	11
	$\sigma_h$ (см)	17	22	25
	$h_{min}$ (см)	-32	-50	-36
	Дата	15/07	25/08	16/09
	$h_{max}$ (см)	57	66	67
	Дата	31/07	06/08	03/09
им. М.В. Попова (о. Белый)	$h_{cp}$ (см)	–	-23	–
	$\sigma_h$ (см)	–	33	–
	$h_{min}$ (см)	–	-80	–
	Дата	–	08/08	–
	$h_{max}$ (см)	–	41	–
	Дата	–	22/08	–



На северо-востоке Карского моря (рис. 3.5, табл. 3.4) по данным станций о. Диксон, Сопочная Карга и мыс Стерлегова так же, как и на юго-западе, в июле месяце не наблюдается заметных изменений уровенной поверхности моря. Аномалия уровня в основном имела положительные значения, особенно на станциях о. Диксон и мыс Стерлегова. В первые дни августа на станции Сопочная Карга имел место резкий подъём уровня до значения +96 см, после чего прослеживается заметное понижение уровенной поверхности. Далее на всех станциях изменения уровня происходили на повышенном фоне вплоть до конца августа. Стоит отметить резкое падение уровня на станции Сопочная Карга в последние дни августа, чего не наблюдалось на других станциях. В сентябре положение уровенной поверхности стало явно понижаться, что особенно заметно во второй декаде месяца. Средний уровень на всех станциях опустился до значений ниже нуля.

На станции Новый Порт в Обской губе (рис. 3.6) наблюдалась довольно значительная изменчивость колебаний уровня моря. Стандартное отклонение ряда имеет довольно высокое значение, в особенности в августе, достигая величины 41 см. Средний уровень положителен на протяжении всего периода измерений. Как и на станции Сопочная Карга, здесь наблюдалось резкое повышение уровня в начале августа, и резкое понижение в конце. В сентябре значения уровня были выше, чем на станциях северо-восточной части Карского моря.



**Рис. 3.5. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в июле – сентябре 2017 г.**

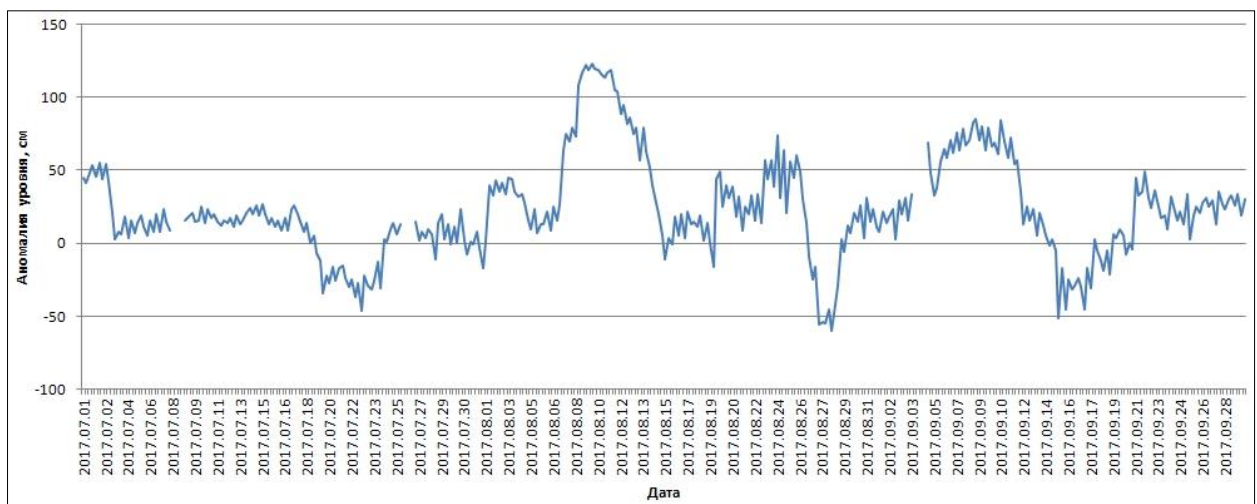
1 – о. Диксон; 2 – Сопочная Карга; 3 – Мыс Стерлегова



Таблица 3.4

**Основные характеристики колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря и Обской губы в июле – сентябре 2017 г.**

Станция	Хар-ки	Месяц		
		VII	VIII	IX
Новый Порт	$h_{cp}$ (см)	8	34	25
	$\sigma_h$ (см)	20	41	31
	$h_{min}$ (см)	-46	-60	-51
	Дата	22/07	28/08	15/09
	$h_{max}$ (см)	55	123	85
	Дата	02/07	09/08	08/09
Диксон	$h_{cp}$ (см)	22	9	-3
	$\sigma_h$ (см)	16	24	16
	$h_{min}$ (см)	-14	-30	-27
	Дата	29/07	08/08	14,15,17/08
	$h_{max}$ (см)	60	58	35
	Дата	01/07	03/08	06/09
Сопочная Карга	$h_{cp}$ (см)	14	14	-12
	$\sigma_h$ (см)	23	43	34
	$h_{min}$ (см)	-34	-96	-74
	Дата	25,28/07	28/08	09/09
	$h_{max}$ (см)	66	96	65
	Дата	01/07	01/08	27/09
Мыс Стерлегова	$h_{cp}$ (см)	14	21	-15
	$\sigma_h$ (см)	10	30	25
	$h_{min}$ (см)	-13	-42	-52
	Дата	16/07	11/08	11/09
	$h_{max}$ (см)	46	93	37
	Дата	10/07	23/08	05/09



**Рис. 3.6. Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в июле – сентябре 2017 г.**

В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.7, табл. 3.5) на протяжении всего периода стоит отметить неизменность минимальных значений уровня, что хорошо видно на графике. Уровень моря здесь не опускался ниже -47 см.



Средний уровень имеет отрицательные значения, а стандартное отклонение ряда в течение всех трёх месяцев практически не изменялось.

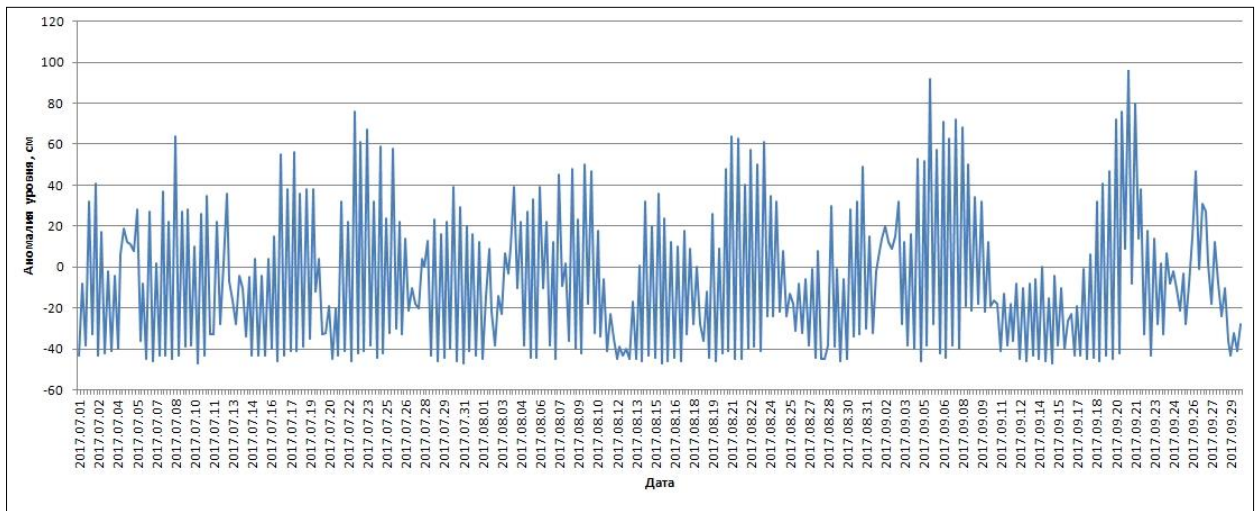


Рис. 3.7. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в июле – сентябре 2017 г.

Таблица 3.5

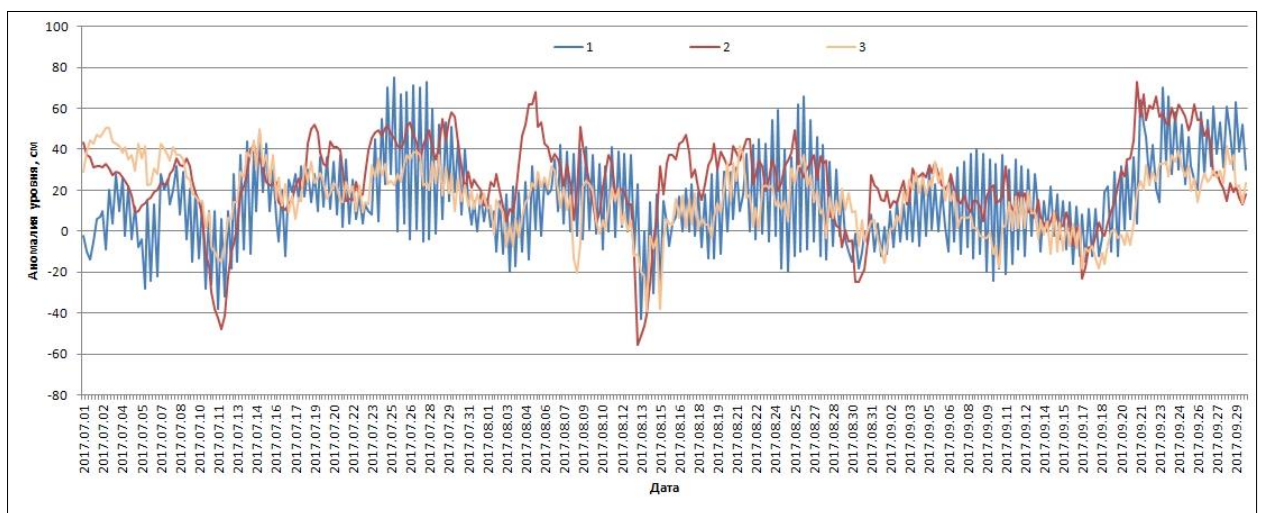
**Основные характеристики колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в июле – сентябре 2017 г.**

Станция	Хар-ки	Месяц		
		VII	VIII	IX
Анабар	$h_{cp}$ (см)	-7	-10	-4
	$\sigma_h$ (см)	34	33	36
	$h_{min}$ (см)	-47	-47	-47
	Дата	31,10/07	15/08	15/09
	$h_{max}$ (см)	76	64	96
	Дата	22/07	21/08	21/09
м. Кигилях	$h_{cp}$ (см)	27	23	24
	$\sigma_h$ (см)	21	22	20
	$h_{min}$ (см)	-49	-57	-25
	Дата	11/07	13/08	17/09
	$h_{max}$ (см)	61	69	76
	Дата	26,29,30/07	05/08	21,22/09
пр. Санникова	$h_{cp}$ (см)	26	10	11
	$\sigma_h$ (см)	14	15	16
	$h_{min}$ (см)	-16	-53	-25
	Дата	11/07	14/08	14/09
	$h_{max}$ (см)	58	55	46
	Дата	14/07	21/08	28/09
о. Котельный	$h_{cp}$ (см)	16	11	18
	$\sigma_h$ (см)	24	22	23
	$h_{min}$ (см)	-38	-43	-24
	Дата	11/07	13/08	10/09
	$h_{max}$ (см)	75	66	70
	Дата	25/07	26/08	23/09



На востоке моря Лаптевых по данным станций м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный (рис. 3.8, табл. 3.5) колебания уровня в течение всего третьего квартала происходили на повышенном фоне. Ряды колебания уровня на всех трёх станциях стационарны по дисперсии. Наиболее значительные понижения уровня в этом районе отмечались 13–14 августа, когда уровень опустился ниже среднемноголетнего значения на 57 см на станции м. Кигилях и 53 см на станции пролив Санникова. Наиболее существенные подъемы уровня были зарегистрированы на станции о. Котельный 22 июля (+75 см) и 23 сентября (+70 см), а также на станции м. Кигилях 21 сентября (+76 см).

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в третьем квартале 2017 г. не производилось, в связи с чем, дать какую-либо оценку особенностей колебаний уровня этих морей не представляется возможным.



**Рис. 3.8. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в июле – сентябре 2017 г.**

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

### 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 2017 г. Расчеты и прогнозы ветрового волнения осуществлялись по авторской технологии, основанной на спектрально-параметрической модели (СПМ) ветрового волнения ААНИИ (AARI-PD2). В 2010 г. данная технология была представлена на ЦМКП и решением комиссии рекомендована к



использованию в ААНИИ для выполнения оперативных прогнозов на акватории морей Российской Арктики. В 2013 г. получено свидетельство о государственной регистрации авторской технологии прогноза параметров (элементов) ветрового волнения, скорости (степени) брызгового обледенения судов в Реестре программ для ЭВМ (№2013617230 от 06 августа). 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 GRIB-1). Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по данным реанализа сплоченности льда 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 3.6–3.10.

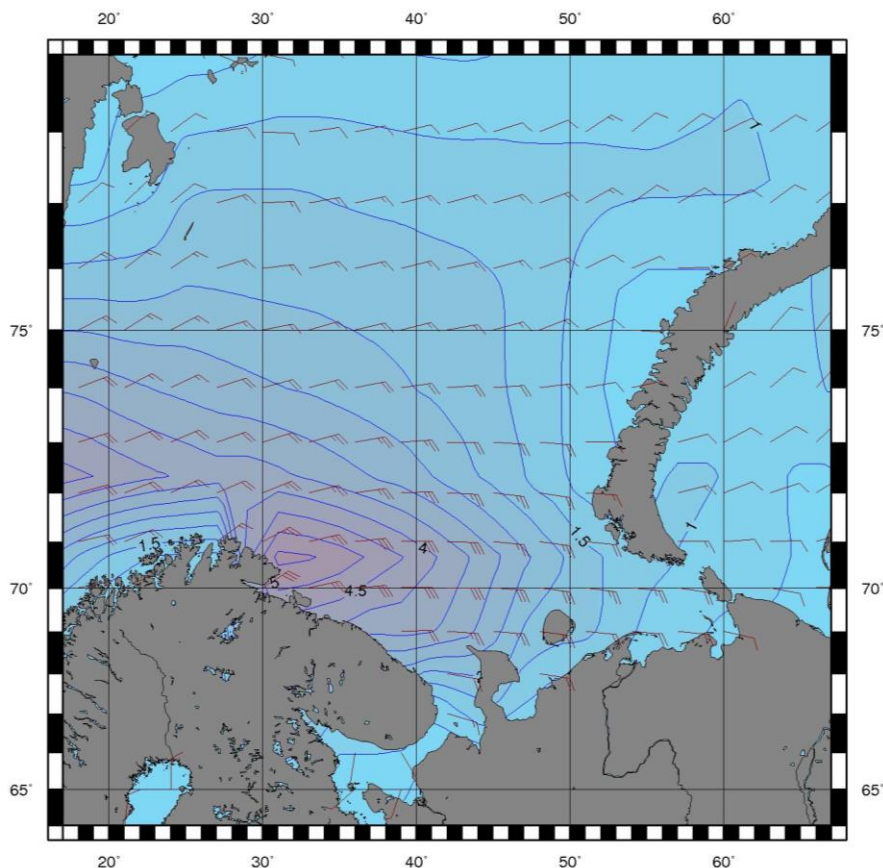
Таблица 3.6

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн ( $H_s$ ) в Баренцевом море в третьем квартале 2017 г.**

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	4	14	11	2	–	–
Август	2	11	10	7	1	–
Сентябрь	–	3	13	7	2	5
Итого	6	28	34	16	3	5

Как видно из таблицы 3.6, в третьем квартале 2017 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 5,5–6,0 м (15 сентября (00 и 06 ч).

На рисунке 3.9, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн  $H_s$  на акватории Баренцева моря 15 сентября 2017 г. на 00 ч.



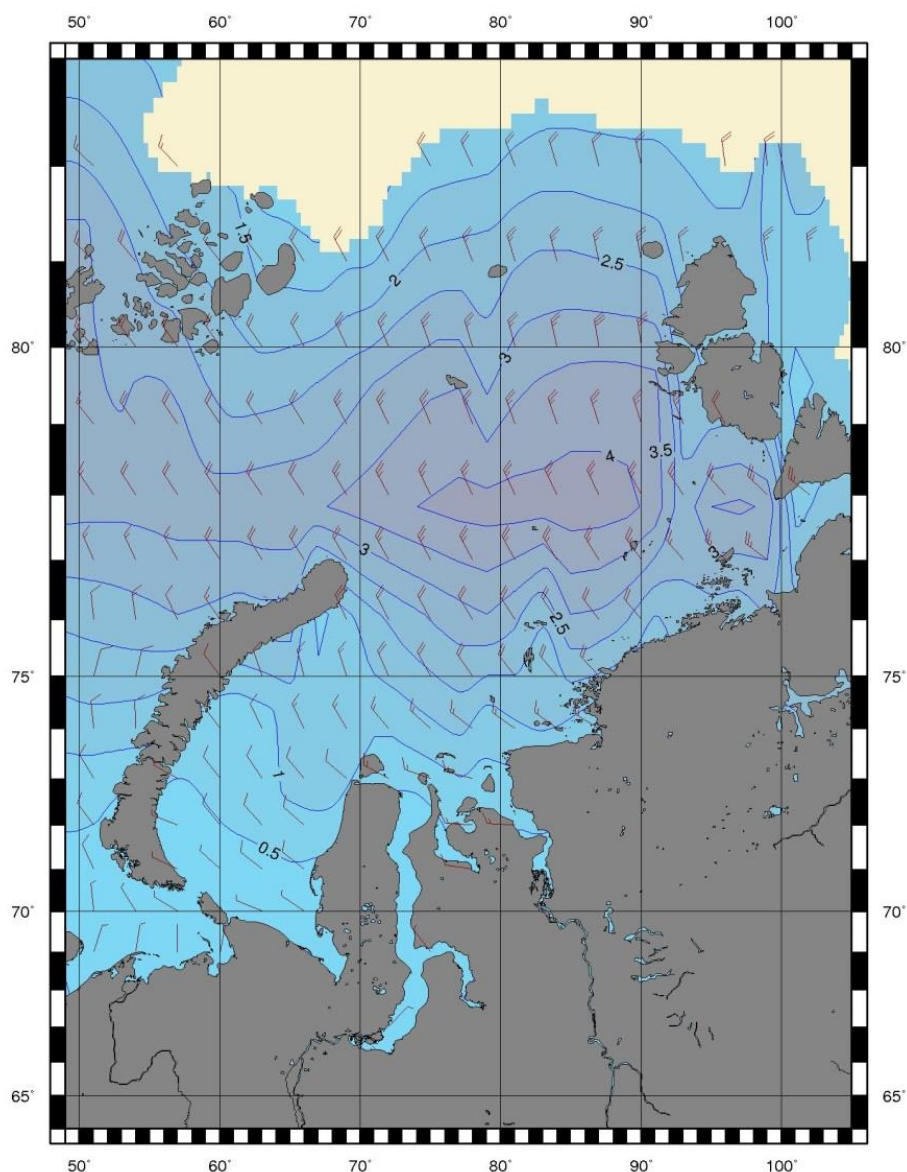
**Рисунок 3.9. Поле ветра и высот волн ( $H_s$ , м) в Баренцевом море на 00 ч UTC 15 сентября 2017 г.**

В Карском море (табл. 3.7) в третьем квартале 2017 г. в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 1 до 3 м. Наиболее штормовыми месяцами стали август и сентябрь. Максимальная высота волн в этот период составила 4,0–4,5 м (1 августа на 12 ч и 20 сентября на 00, 06 и 12 ч). Море полностью очистилось ото льда в конце августа – начале сентября. К середине сентября область чистой воды доходила до 82–83° с.ш. На рисунке 3.10, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн  $H_s$  на акватории Карского моря на 06 ч 20 сентября 2017 г.

*Таблица 3.7*

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн ( $H_s$ ) в Карском море в третьем квартале 2017 г.**

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	15	13	3	–	–
Август	1	9	12	8	1
Сентябрь	–	11	13	5	1
Итого	16	33	28	13	2



**Рисунок 3.10. Поле ветра и высот волн ( $H_s$ , м) в Карском море на 06 ч UTC 20 сентября 2017 г.**

Сведения о распределении высот волн  $H_s$  в морях Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском даны в таблицах 3.8 – 3.10. Как видно из таблиц, в море Лаптевых и в Восточно-Сибирском море преобладало волнение с высотами от 1 до 2 м, а в Чукотском море от 1 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем для всех морей стал сентябрь. Наибольшая расчетная высота волн в море Лаптевых составила 3,5–4,0 м (20 сентября на 18 ч). Наибольшая расчетная высота волн в Восточно-Сибирском море составила 4,0–4,5 м 14 сентября (00, 06, 12 и 18 ч) и 30 сентября (06, 12 ч). Наибольшая расчетная высота волн в Чукотском море составила 5,0–5,5 м 29 сентября (00, 06, 12 и 18 ч).



Таблица 3.8

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в море Лаптевых в третьем квартале 2017 г.**

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Июль	10	19	2	–
Август	3	24	4	–
Сентябрь	3	16	9	2
Итого	16	59	15	2

Таблица 3.9

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Восточно-Сибирском море в третьем квартале 2017 г.**

Месяц	Высота волн, м				
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5
Июль	4	26	1	–	–
Август	1	13	12	5	–
Сентябрь	–	5	16	7	2
Итого	5	44	29	12	2

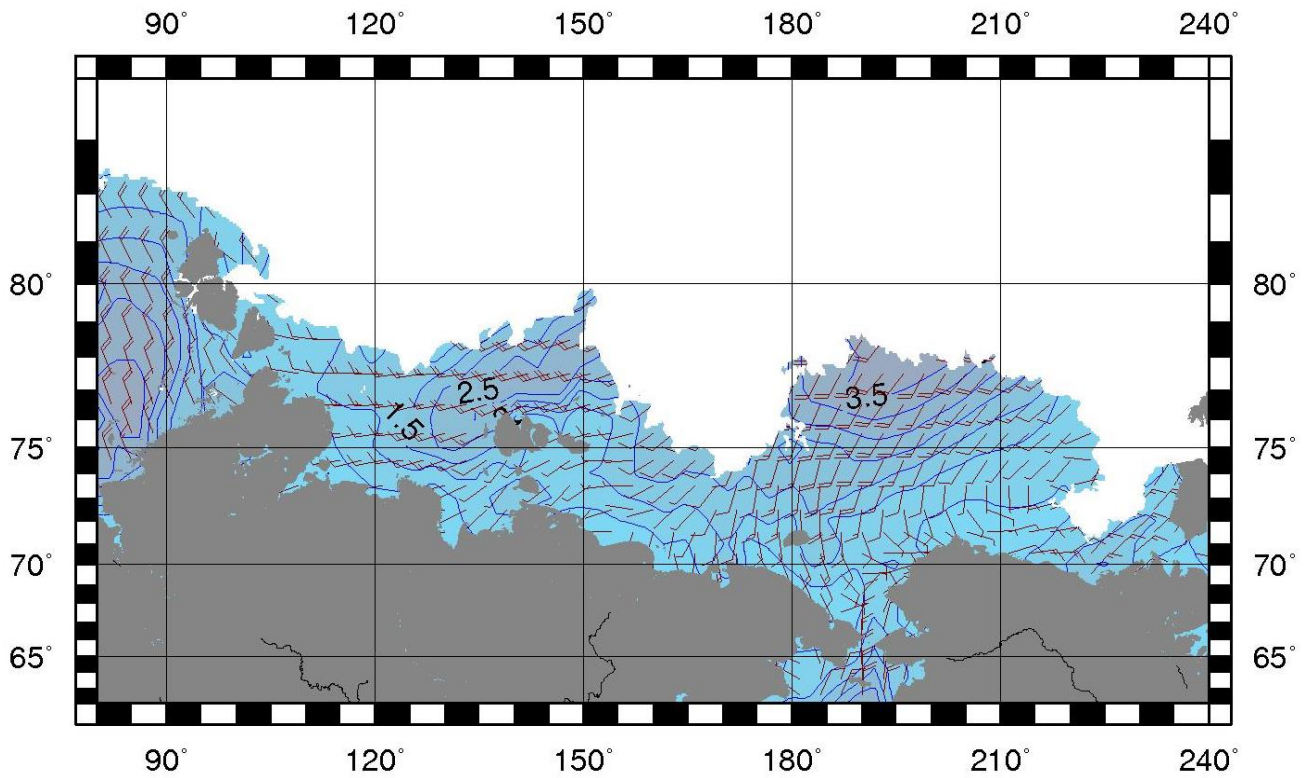
Таблица 3.10

**Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (Hs) в Чукотском море в третьем квартале 2017 г.**

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Июль	2	20	4	5	–	–
Август	–	10	14	6	1	–
Сентябрь	–	6	13	4	6	1
Итого	2	36	31	15	7	1

Значительная часть акватории морей восточной Арктики освободилась ото льда в начале сентября, причем область чистой воды в море Лаптевых распространилась к середине сентября до 78–80° с.ш., в Восточно-Сибирском море до 75–80° с.ш., а в Чукотском море до 78° с.ш.

На рисунке 3.11, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн Hs для морей восточной Арктики на 18 ч UTC 21 сентября 2017 г.



**Рисунок 3.11. Поле ветра и высот волн ( $H_s$ , м) в морях восточной Арктики на 18 ч UTC 21 сентября 2017 г.**