

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

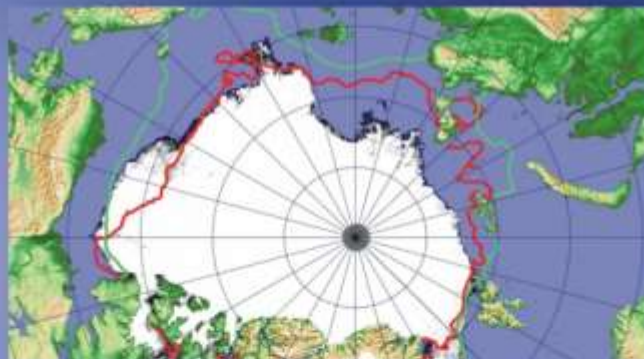


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

II квартал 2017



**СОДЕРЖАНИЕ**

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Метеорологические условия в Северной полярной области в апреле - июне 2017 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 апреле-июне 2017 г.....	26
2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь	26
2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период.....	41
3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей	48
3.1. Термохалинные условия	48
3.2 Уровень арктических морей	52
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей	58



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях во втором квартале (апрель-июнь) 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 «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.ф.-м.н. Фильчук К.В.).

Общее руководство и редакция обзора была выполнена директором ФГБУ «ААНИИ» 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 апреле - июне 2017 г.

1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария

В данном разделе приводятся основные результаты мониторинга атмосферных процессов и метеорологических условий в полярном районе Северного полушария за период с апреля по июнь 2017 г.

Анализ и оценка тенденций развития процессов во втором квартале проводился с учетом произошедших процессов в первом квартале 2017 г.

При анализе и диагнозе крупномасштабных процессов учитывались основные элементы ОЦА: местоположение центра планетарного циркумполярного вихря изобарической поверхности 500 гПа, географическая ориентация планетарной фронтальной зоны, состояние длинных термобарических волн, развитие стационарных циклонов и антициклонов (центров действия атмосферы) и траектории фронтальных циклонов и антициклонов.

Оценка пространственно-временной изменчивости процессов производилась средствами комплексного аэросиноптического анализа термобарических полей в толще тропосферы путем выделения квазиоднородных циркуляционных периодов с однонаправленным развитием крупномасштабных процессов по классификации Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса. Формы (атлантико-евразийский сектор) и типы (тихоокеано-американском сектор) отражают основные состояния атмосферы в двух секторах северного полушария.

Каждая из форм и типов имеет ряд разновидностей, отражающих возможные варианты перестроек от одного макропроцесса к другому. Разновидности макропроцессов на полушарии имеют значимые различия в направленности крупномасштабных атмосферных процессов, состоянии и пространственной локализации основных центров действия атмосферы. При этом для каждой из разновидностей характерна географическая ориентация основных блокирующих гребней антициклонов, влияющих на более высокоширотные или более низкоширотные по сравнению с нормой траектории циклонов в Арктику в системах исландского и алеутского минимумов.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с апреля по июнь 2017 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за второй 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.

Таблица. 1. 1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период апрель – июнь 2017 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	З	M ₁	M ₂
Число дней	30	39	22	11	46	34
Аномалия	2	10	-12	-17	13	4

В период апрель – июнь 2017 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов меридиональной (С) и западной (W) форм циркуляции. Процессы данных форм составили соответственно 39 и 30 дней и превысили норму на 10 и 2 дня.

Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₁ и M₂. Данные процессы отмечались 46 и 11 дней, что выше нормы на 13 и 4 дня.

Анализ процессов показал, что в апреле-июне 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 апреля по июнь 2017 г. представлен на рис. 1.1

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

Апрель (C+W)_{M1} → Май (C_{M1}) → Июнь (C+W)_{M2}

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.

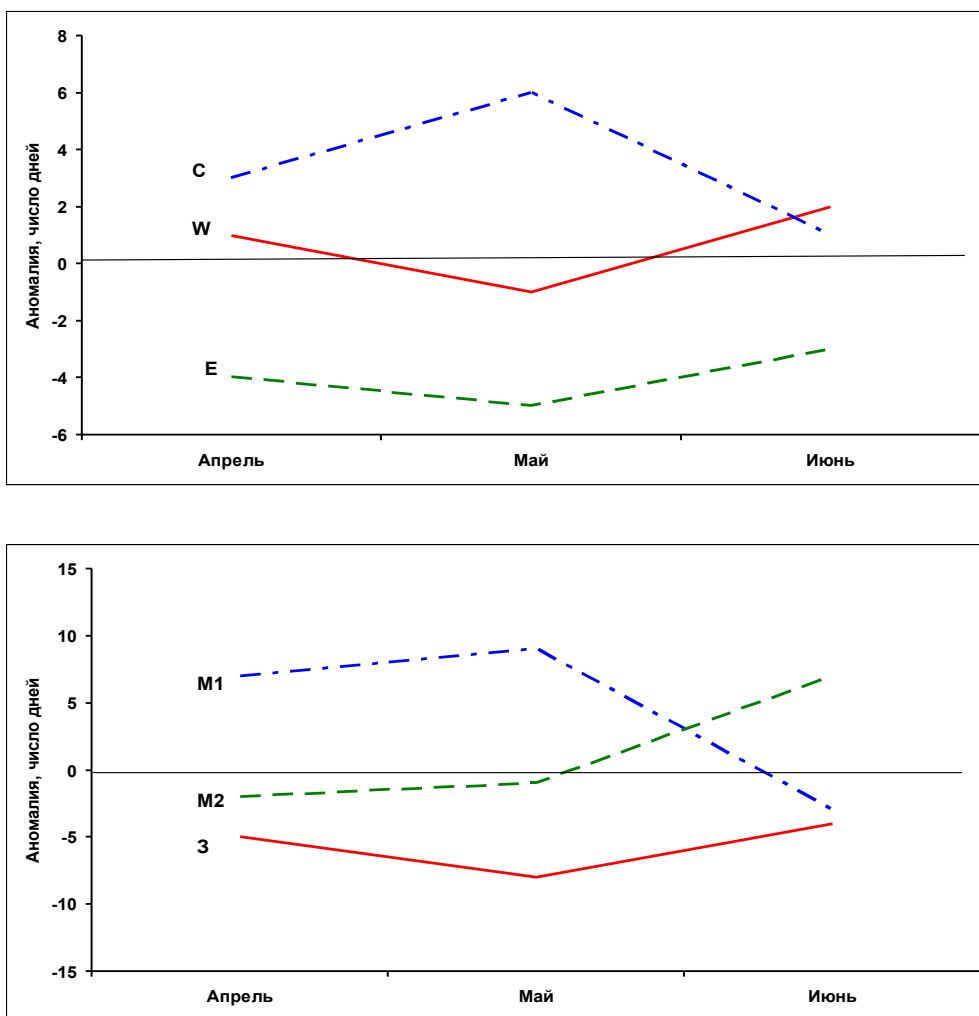


Рис. 1.1 Ход среднемесячных аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период апрель – июнь 2017 г.

W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма, З – зональный тип, M_1 – первый меридиональный тип, M_2 – второй меридиональный тип

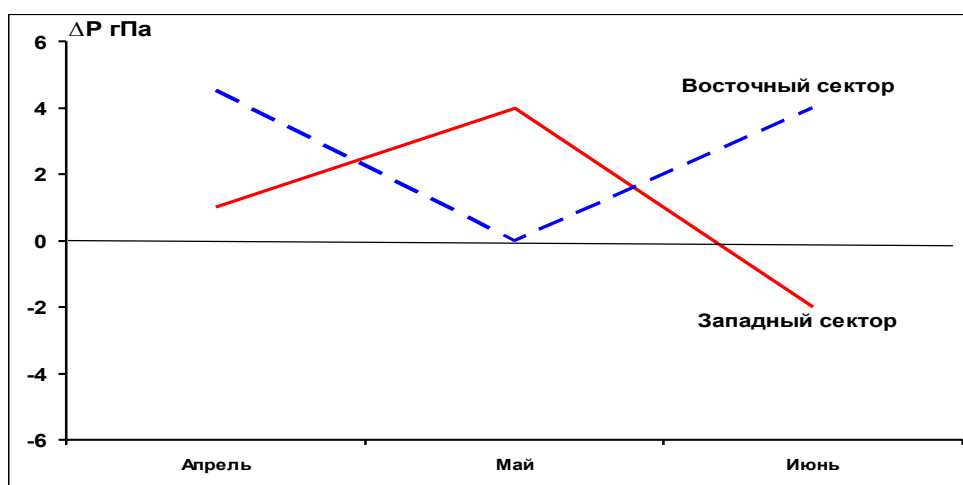


Рис. 1.2. Значения аномалий давления (гПа) в апреле-июне 2017 г. в европейском (запад) и американском (восток) секторах полярного района Арктики

В первом европейском секторе Арктики под влиянием арктического антициклона апреле и мае отмечался фон давления с положительными аномалиями давления. В июне отмечалась активная циклоническая деятельность и отрицательные аномалии давления.

Во втором американском секторе Арктики преобладали положительные аномалии давления

Изменения в апреле-июне 2017 г. среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены на рис. 1.3.

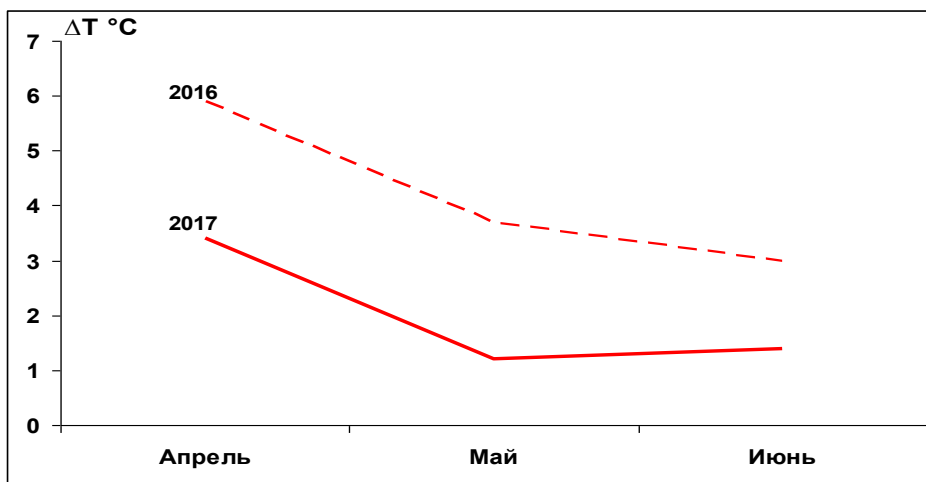


Рис 1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70- 85° с.ш. в апреле – июне 2016 и 2017 гг.

Во все месяцы второго квартала года фон температуры в целом над полярным районом оставался с положительными аномалиями, но значительно ниже, чем в прошлом 2016 году.

Как было показано, тенденция к понижению температурного фона в этом году во втором квартале была обусловлена перестройкой крупномасштабных атмосферных процессов и сменой в направленности воздушных потоков в полярном районе.

В апреле отмечалась наиболее устойчивая адвекция теплых воздушных масс в полярный район Арктики с теплого континента Азии при преобладающих воздушных потоках юго-восточных направлений. В последующие месяцы в тылу проходящих циклонов по континентальной части Евразии возросла повторяемость потоков северных направлений.

Структурные особенности развития атмосферных процессов во втором квартале 2017 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 апреле – июне 2017 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже, на рисунке 1.4.

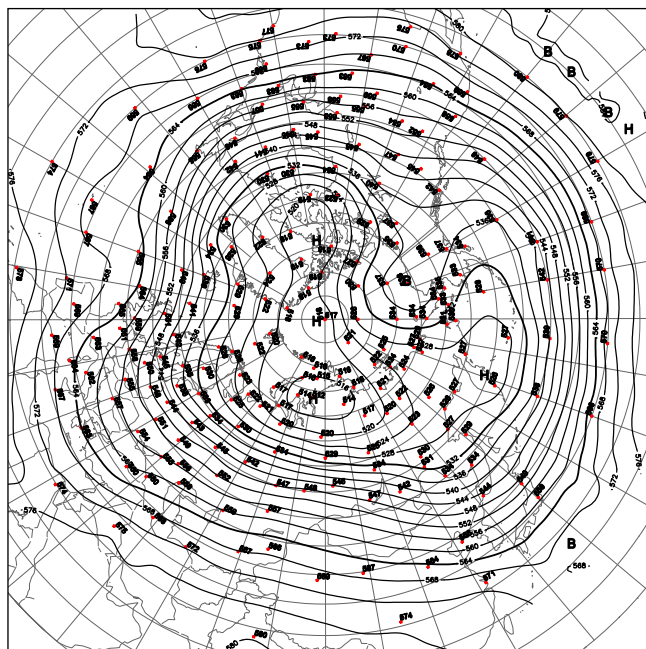


Рис. 1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в апреле 2017 г.

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

В апреле 2017 г. основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе Карского моря. Полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней с Северной Атлантики и Тихого океана, которые блокировали выходы циклонов в полярный район Арктики.

В первом (атлантико-евразийском) секторе отмечалась сочетание крупномасштабных атмосферных процессов меридиональной и западной форм циркуляции.

В полярном районе располагался устойчивый антициклон, гребень которого часто взаимодействовал над район Северной Атлантики с гребнем азорского антициклона. Фон давления в Арктике был выше нормы на 2 гПа. Циклоны в системе исландского минимума по сравнению с нормой смещались по низкоширотным траекториям по континентальной части ЕТР на район Западной Сибири (рис. 1.5).

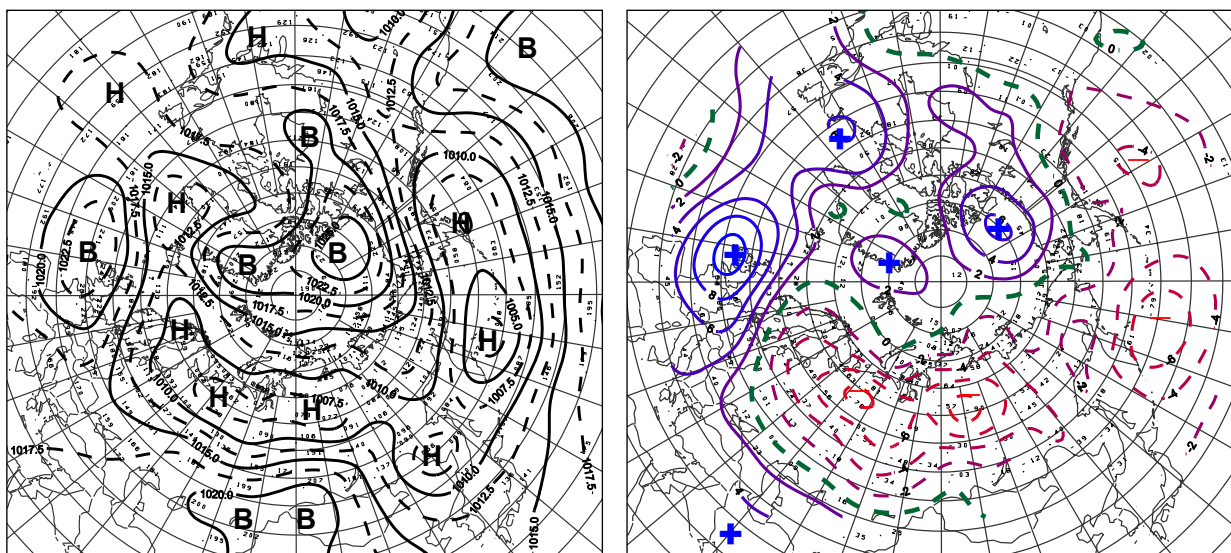


Рис. 1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в апреле 2017 г.(гПа)

Под влиянием устойчивой адвекции теплых воздушных масс с континента Евразии в Арктике преобладали крупные положительные аномалии температуры до значений 5-8°C.

При воздушных потоках юго-восточных направлений в восточной части циклонов в Арктике преобладала адвекция теплых воздушных масс с континента Евразии. Фон температуры был значительно выше нормы. Наиболее крупные положительные аномалии среднемесячной температуры (до 5-7 °С) отмечались в районах Лаптевых и Восточно-Сибирского морей.

Во втором (тихоокеано-американском) секторе аномально повышенную повторяемость сохранили крупномасштабные меридиональные процессы типа M_1 . Особенностью процессов данного месяца явилось усиление арктического антициклона над востоком Америки. Фон давления в данном секторе Арктики был выше нормы на 4-6 гПа.

Под влиянием циклонов Тихого океана в западной теплой части антициклона с юга преобладала адвекция теплых воздушных масс. Сформировался температурный фон выше нормы на 1-4 °С (рис. 1.6).

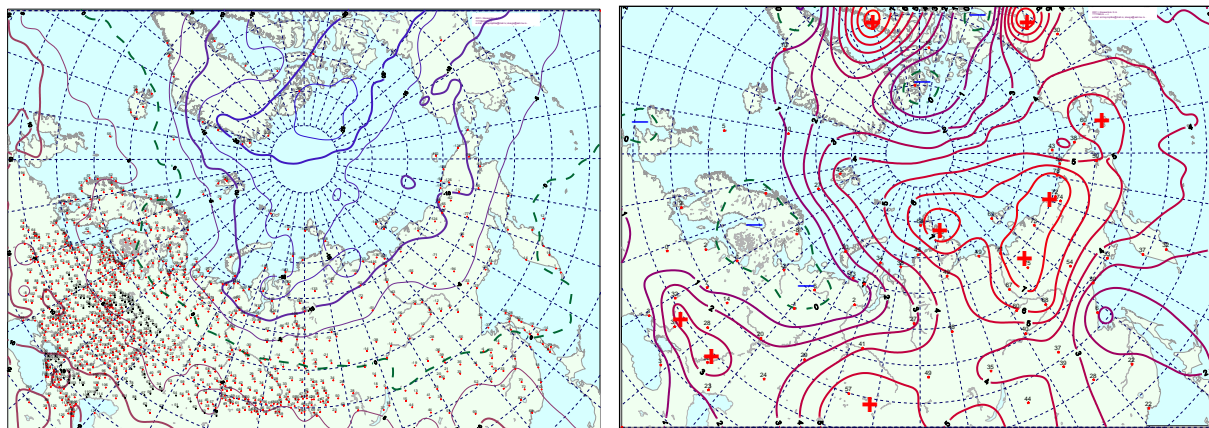


Рис. 1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в апреле 2017 г., (°С)

В мае 2017 г. пространственная ориентация на изобарической поверхности 500 гПа основного центра ЦПВ, а также высотных гребней и ложбин сохранилась. Отличительной особенностью мая явилось усиление высотного гребня в восточной части Северной Атлантики, который способствовал усилению в толще тропосферы меридионального воздухообмена в атлантико-евразийском секторе Северного полушария (рис. 1.7).

В первом секторе произошло усиление меридиональной С формы циркуляции атмосферы. Над континентальной частью Западной Европы располагался устойчивый антициклон, гребень которого был ориентирован на север, где он часто взаимодействовал с арктическим антициклоном. Неглубокие циклоны в системе исландского минимума проходили через экваторию Норвежского и Баренцева морей и далее смещались с меридиональной составляющей (в южном и юго-восточном направлении) на район Западной Сибири. Фон давления с положительными аномалиями в приполюсный район и в западных морях повысился на 3-4 гПа. При формировании воздушных потоков с северо-восточных направлений фон температуры в данном секторе Арктики понизился и сменил знак положительных к отрицательным значениям аномалий температуры воздуха (рис. 1.8).

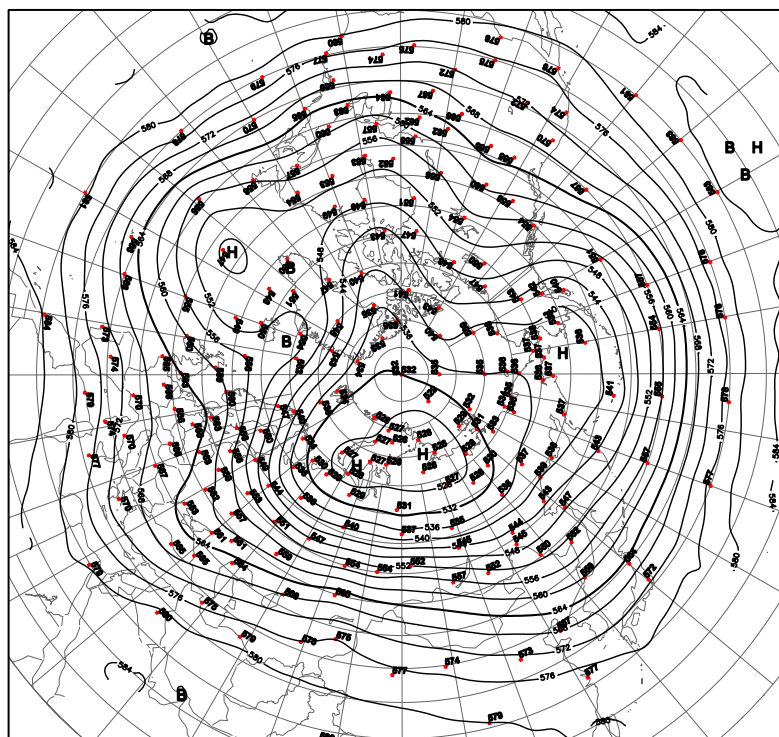


Рис. 1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в мае 2017 г.

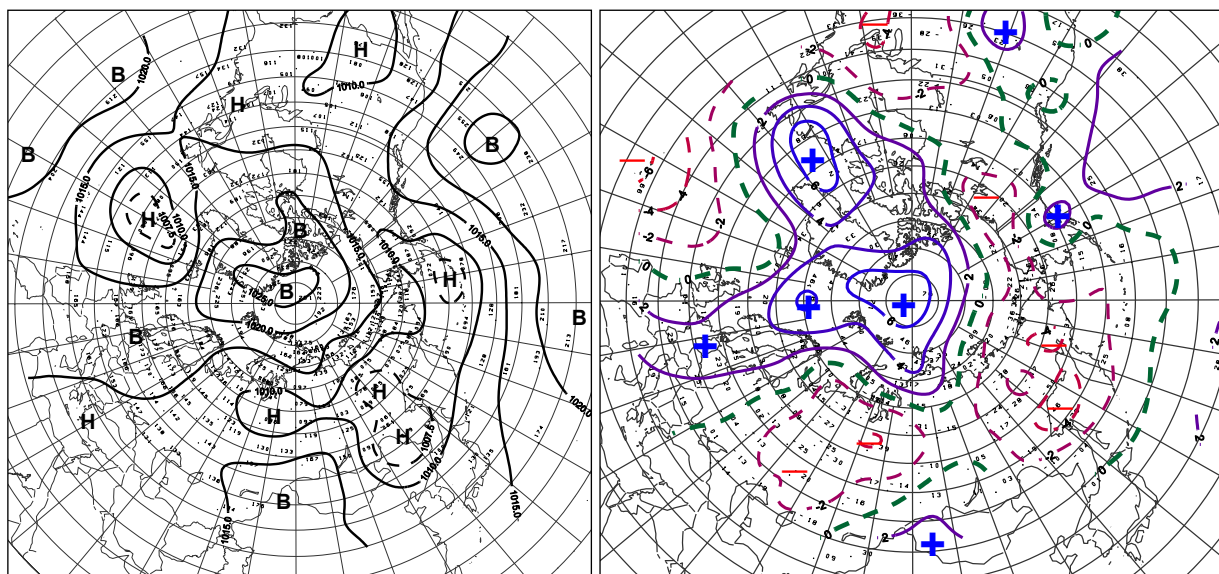


Рис. 1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в мае 2017 г. (гПа)

Во втором секторе направленность крупномасштабных атмосферных процессов типа М1 и основные метеорологические параметры сохранились.

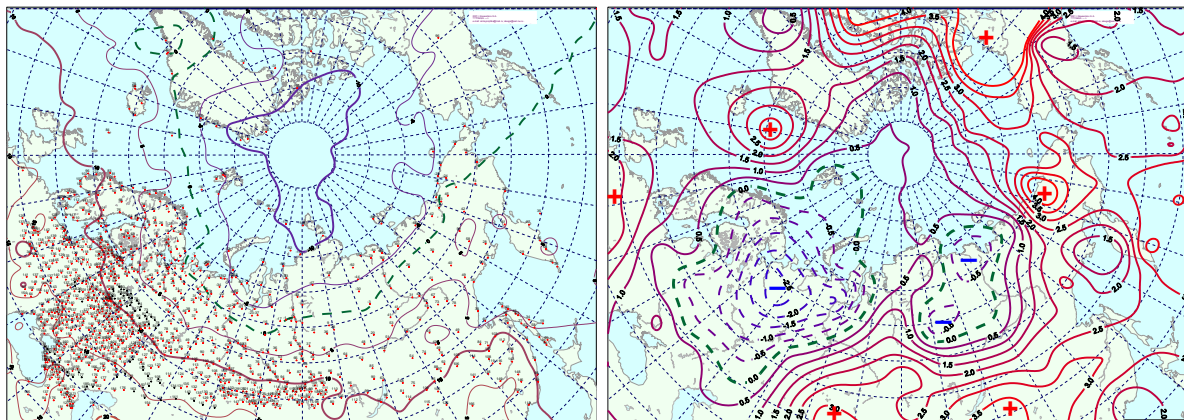


Рис. 1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в мае 2017 г., (°C)

В июне 2017 г. основной центр циркулярного вихря сместился из района Таймыра на север моря Лаптевых.

По сравнению с маем произошло ослабление блокирующего высотного гребня в восточной части Северной Атлантики и усиление зональных воздушных потоков в толще тропосферы в атлантико-евразийском секторе Северного полушария (рис. 1.10).

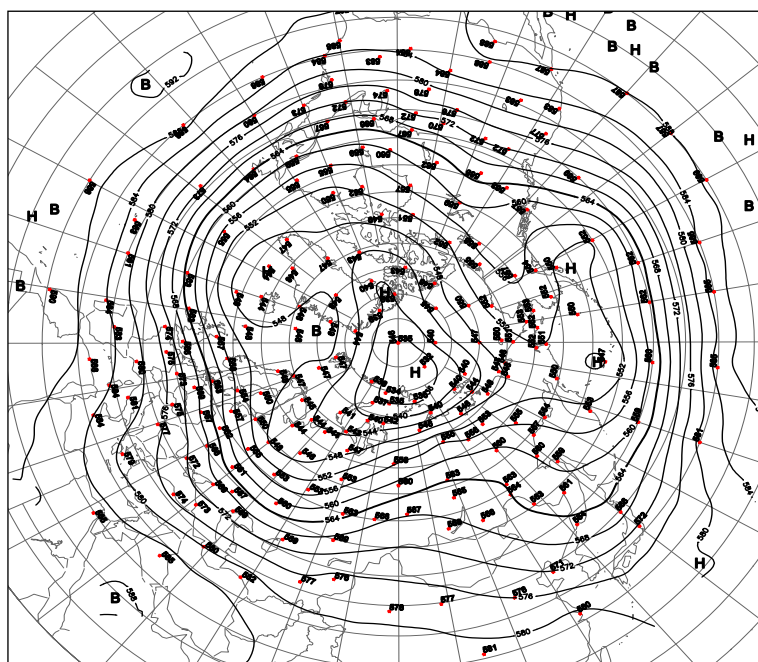


Рис. 1. 10. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в июне 2017 г.

В первом секторе наибольшую повторяемость имели разновидности меридиональных процессов западной (W) и меридиональной (С) форм циркуляции. Циклоны Северной Атлантики чаще, чем в мае, смещались в широтном направлении по континентальной части Евразии. Произошло ослабление арктического антициклона и смещение его центра к востоку.

По сравнению с маем в западном секторе произошла смена знака барического поля от антициклонального к циклональному. Фон давления изменился от положительных аномалий к отрицательным.

Отмечалось усиление адвекции теплых воздушных масс и формирование фона температуры с положительными аномалиями.

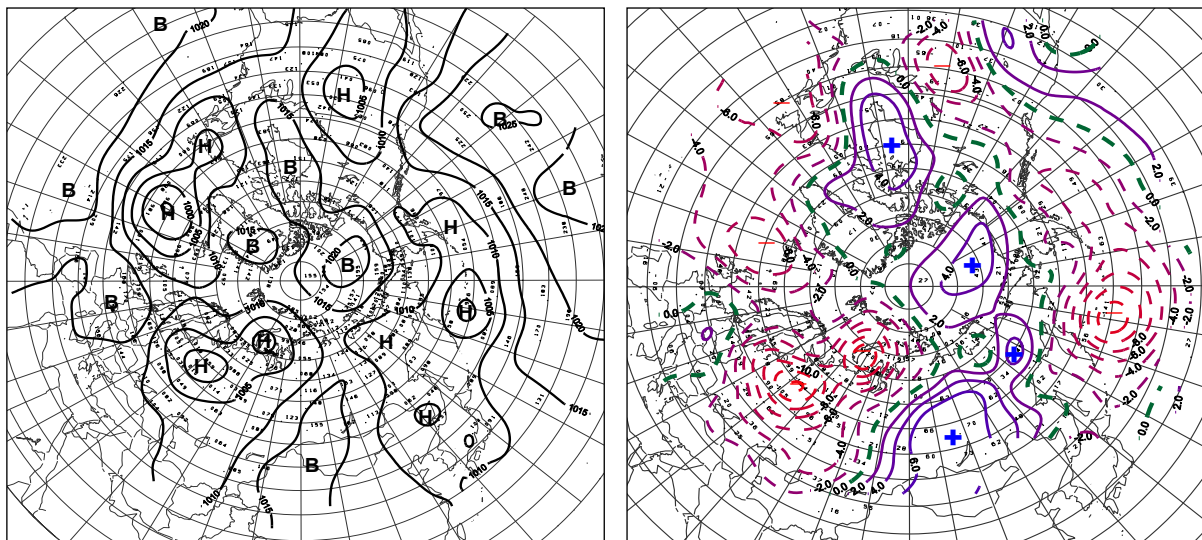


Рис. 1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в июне 2017 г. (гПа)

Во втором секторе сохранилось преобладание меридиональных процессов типов М1 и М2. Циклоны в системе алеутского минимума смещались по сравнению с нормой по низкоширотным траекториям на континентальную часть Америки.

Фон давления был выше нормы на 2-4 гПа. Воздушные потоки преимущественно восточных и юго-восточных направлений обусловили адвекцию теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры (рис. 1.12).

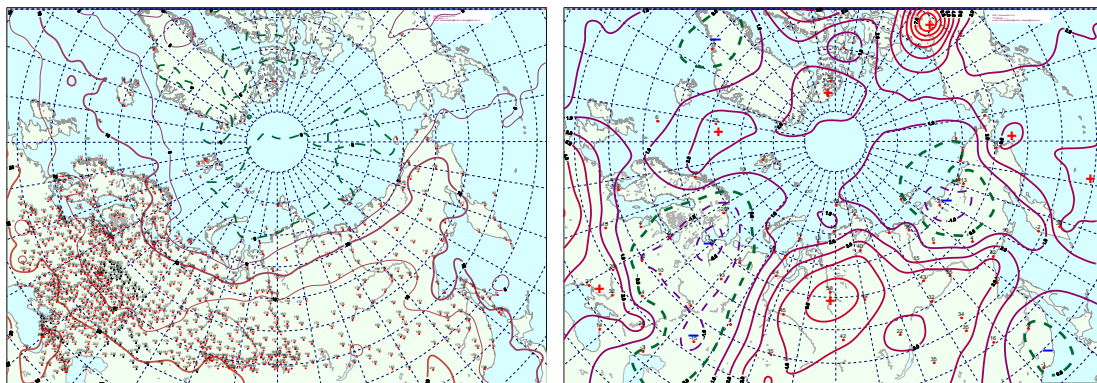


Рис. 1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в июне 2017 г., (°C)

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 во втором квартале 2017 г. сохранился. Основным отличием по сравнению с прошлым 2016 г., явилось значительное понижение температурного фона как в целом по полярному району Арктики, так и по отдельным его районам.

На рисунке 1.13 приводятся фоновые средние за второй квартал значения аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики по сравнению с данными за 2016 г. Наиболее значительные понижения температурного фона на 3-4 °С отмечались в Карском и Баренцевом морях. В Чукотском и Восточно-Сибирском морях произошло повышение температуры на 1,2 °С.

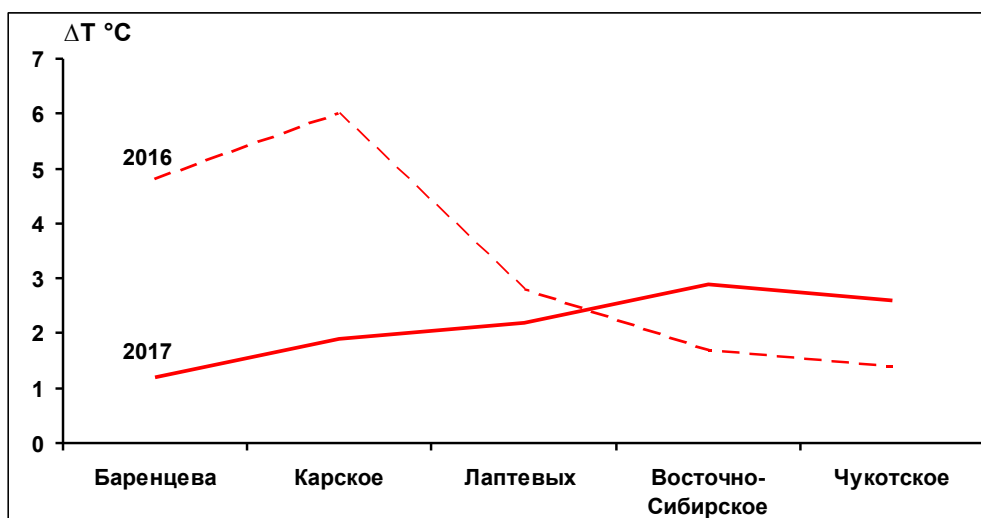


Рис. 1.13. Средние за второй квартал значения аномалий температуры воздуха (°С) по акваториям морей российской Арктики в 2016 и 2017 гг.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в апреле - июне 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 сопровождалась 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 апреля по июнь 2017 г. представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма – Гирса с апреля по июнь 2017 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Апрель 2017			Май 2017			Июнь 2017		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1-4	W	M ₁	1	E	M ₁	1-4	C	3
5-6	C	M ₂	2-6	C	M ₂	5-6	W	M ₂
7-8	W	3	7-9	C	M ₁	7-10	E	M ₂
9-10	E	3	10-11	W	M ₁	11-13	W	M ₁
11-14	W	M ₁	12-15	E	M ₁	14-15	C	M ₁
15-18	C	M ₂	16-18	W	M ₁	16-18	W	M ₂
19-20	C	M ₂	19-20	E	M ₂	19-20	W	M ₂
21-22	E	M ₂	21-23	C	3	21-24	C	M ₁
23-25	C	M ₁	24-25	C	M ₁	25-26	W	M ₂
26-28	E	M ₁	26-28	C	M ₁	27-28	C	M ₁
29-30	E	M ₁	29-31	W	M ₂	29-30	E	M ₁
Итого	W 10 (1)	3 4 (-5)	Итого	W 8 (-1)	3 3 (-8)	Итого	W 12 (2)	3 4 (-4)
	C 11 (3)	M ₁ 16 (8)		C 16 (6)	M ₁ 18 (9)		C 12 (1)	M ₁ 13 (-3)
	E 9 (-4)	M ₂ 10 (-3)		E 7 (-5)	M ₂ 10 (-1)		E 6 (-3)	M ₂ 13 (7)

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

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов за период апрель-июнь 2017 г., можно сделать следующие выводы.

1. В период апрель – июнь 2017 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов меридиональной (С) и западной (W) форм циркуляции. Процессы данных форм составили соответственно 39 и 30 дней и превысили норму на 10 и 2 дня. Во втором секторе более высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M₁. и M₂. Данные процессы отмечались 46 и 11 дней, что выше нормы на 13 и 4 дня;

2. В средней тропосфере на изобарической поверхности H500 в апреле и мае полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней азиатского и американского антициклонов, под которыми в приземном поле сформировался устойчивый антициклон. В июне произошла крупномасштабная перестройка в направленности атмосферных процессов. Основной центр циркумполярного вихря сместился в приполюсный район западного сектора Арктики, где в приземном поле отмечалась наиболее активная циклоническая деятельность;

3. Циклоны в системе исландского и алеутского минимумов смещались преимущественно по низкоширотным траекториям. Фон давления в апреле и мае в

Арктике был выше нормы. В дальнейшем, в июне, циклоны Северной Атлантики смещались более высокоширотными траекториями. Смена в направленности атмосферных процессов во втором квартале выразилась в понижении фона давления от положительных к отрицательным аномалиям в западном секторе Арктики;

4. В среднем за период апрель-июнь 2017 г. над центральным полярным районом преобладала адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха. Смена направления воздушных масс от апреля к июню обусловила тенденцию к понижению температурного фона в полярном районе Арктики;

5. В среднем по полярному району аномалия температуры воздуха во втором квартале 2017 г. оказались ниже на 2,2 °С, чем во втором квартале прошлого года. Наиболее значительные понижения температурного фона на 3-4 °С отмечались в Карском и Баренцевом морях. В Чукотском и Восточно-Сибирском морях произошло повышение температуры на 1,2 °С.

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.

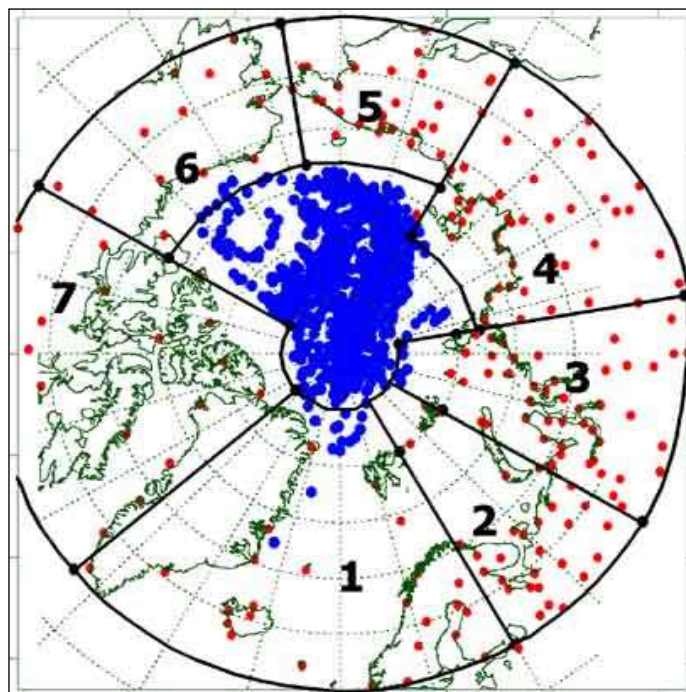


Рис. 1.14. Сеть метеорологических станций и границы районов в северной полярной области

(1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский)

Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев МПАБ.

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 весеннего сезона рассматривался период март-май.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за весенний сезон 2017 г. по отдельным широтным зонам (60-85, 60-70 и 70-85° с.ш.) представлена в табл.1.3. В весеннем сезоне 2017 г. аномалия температуры воздуха СПО составила 2,8 °С. Весна 2017 г. по рангу теплых лет стала третьей теплой весной за период с 1936 г. Аномалия температуры в широтной зоне 70-85° с.ш. оказалась равной 3,2 °С, а в зоне 60-70° с.ш. 2,5 °С. Прошедший сезон в обеих широтных зонах стал пятым теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.3

Аномалия температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) на территории СПО и отдельных широтных зон в среднем за весенний сезон 2017 г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70-85	3,2	5	2011 (4,0)	1966 (-2,2)
60-70	2,5	5	2016 (3,2)	1964 (-2,2)
60-85	2,8	3	2016 (3,5)	1964 (-2,1)

Сопоставление значений аномалий весенней температуры воздуха в 2017 г. в отдельных климатических районах показало наличие крупных положительных аномалий температуры в азиатском секторе СПО (рис.1.15, табл.1.4). Аномалия температуры в районах Восточносибирском и Чукотском составила 5,3 и 5,0 °С соответственно. Весна 2017 г. оказалось наиболее теплой по рангу теплых лет в Чукотском районе и третьей по рангу в Восточносибирском.

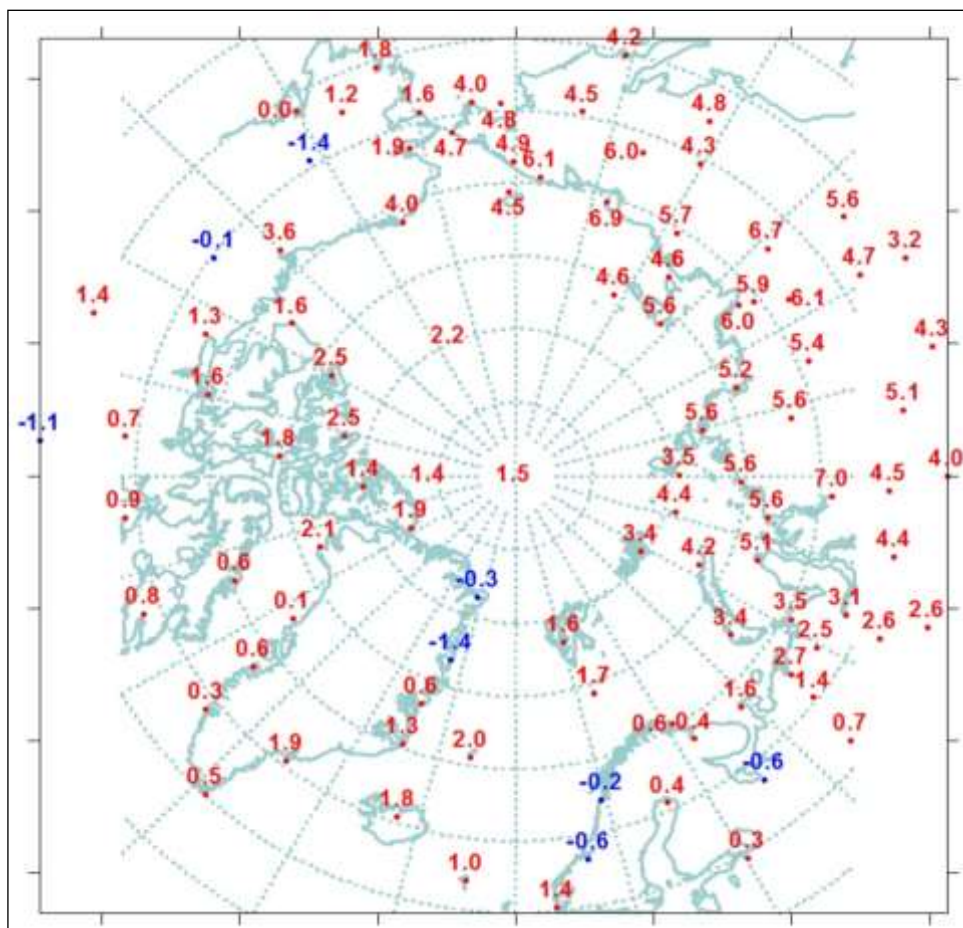


Рис. 1.15. Значения аномалий средней температуры воздуха весеннего сезона 2017 г. на станциях Северной полярной области, °С

Таблица 1.4

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

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	0,8	16	2004 (3,0)	1968 (-1,4)
Североевропейский	1,4	15	2016 (4,2)	1958 (-2,8)
Западносибирский	4,3	6	2011 (6,7)	1964 (-2,0)
Востоносибирский	5,3	3	2011 (5,5)	1958 (-2,7)
Чукотский	5,0	1	2017 (5,0)	1950 (-2,8)
Аляскинский	1,7	13	2016 (4,8)	1964 (-4,2)
Канадский	1,1	17	2010 (4,6)	1964 (-2,5)

В районах арктических морей наблюдались преимущественно положительные аномалии температуры. Наиболее высокие значения положительных аномалий обнаруживались в районе моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. В районе моря Лаптевых прошедший весенний сезон стал третьим, а в районе Восточно-Сибирского моря вторым теплым сезоном по рангу теплых лет (табл. 1.5).



Таблица 1.5

Аномалии температуры воздуха в весеннем сезоне 2017 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	0,8	18	2004,2006 (3,8)	1968 (-2,1)
Баренцево море	2,1	14	2016 (5,0)	1969 (-2,7)
Карское море	4,6	5	2011 (7,3)	1964 (-3,9)
Море Лаптевых	5,4	3	2011 (5,6)	1966 (-2,6)
Восточно-Сибирское море	5,2	2	1990 (5,4)	1950 (-2,5)
Чукотское море	4,7	2	2002 (5,4)	1985 (-3,2)
Море Бофорта	2,9	9	2016 (4,5)	1964 (-2,7)
Северная часть Канадского района	1,5	18	2010 (4,2)	1964 (-2,1)

Временные ряды пространственно-осредненных аномалий средней за весенний 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 весенний 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 весеннего сезона составило соответственно 2,13, 1,89 и 1,97 °С за 82 года.

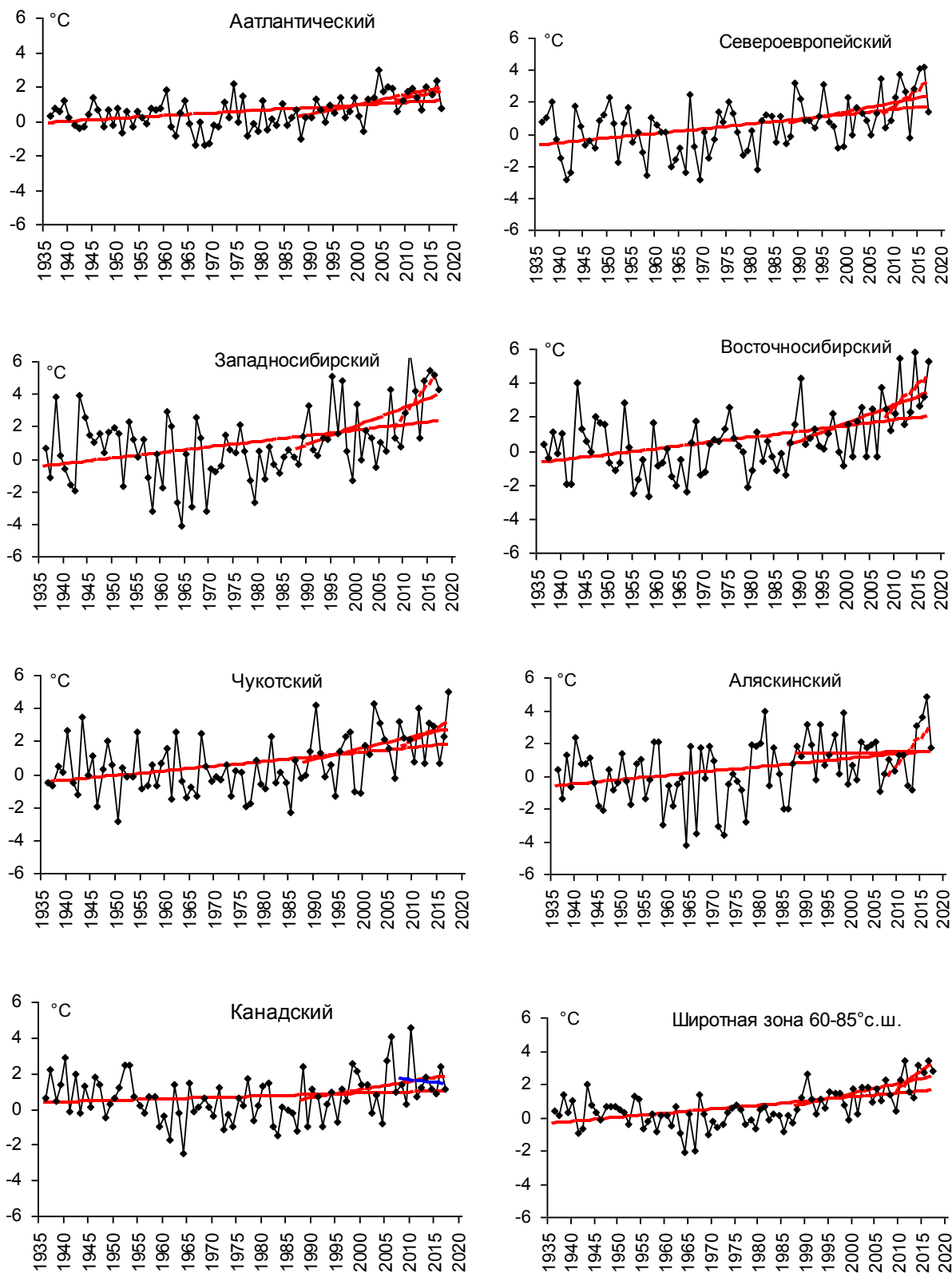


Рис. 1.16. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха в климатически однородных районах Арктики и в Арктическом регионе в целом, °С

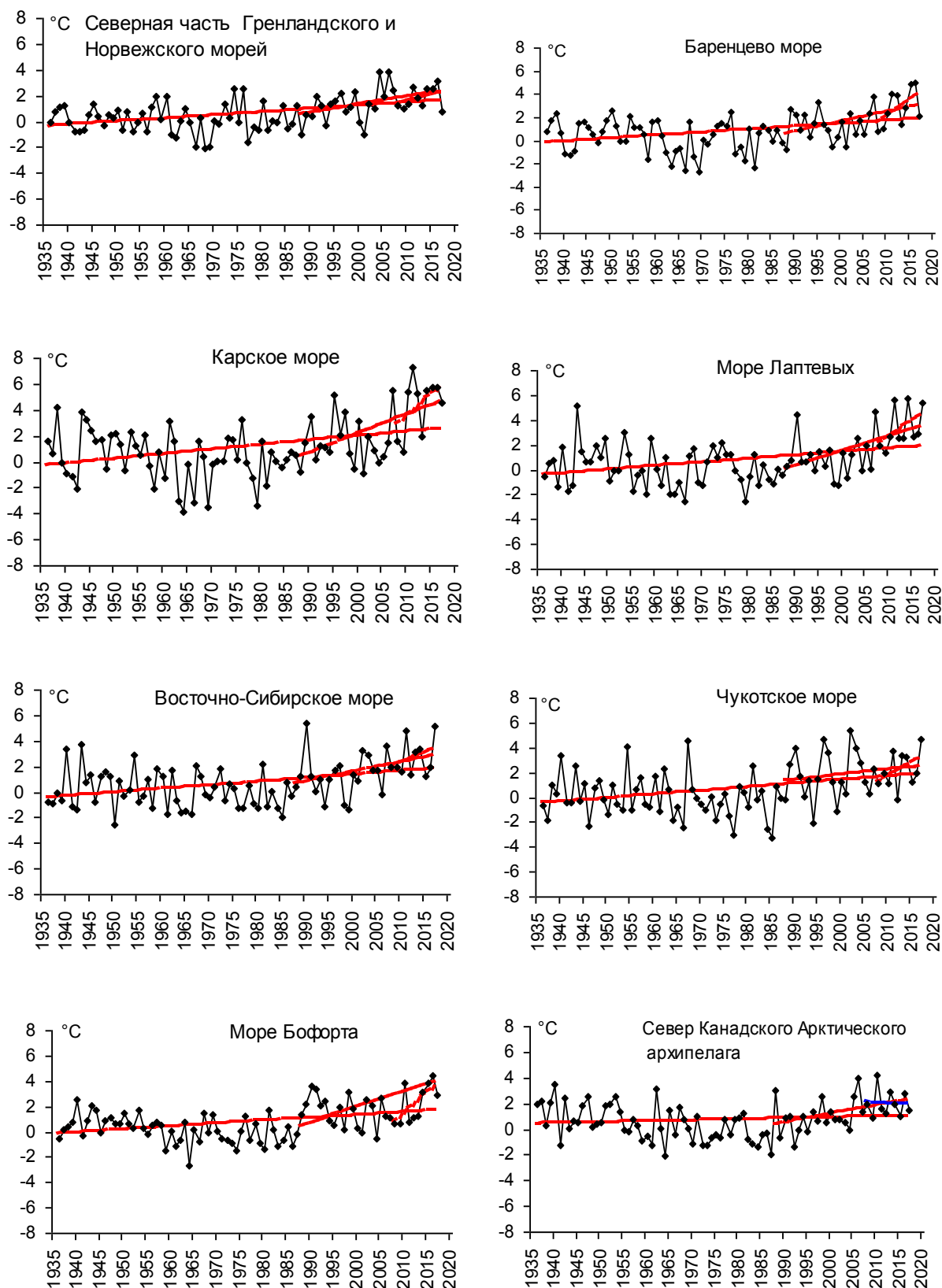


Рис. 1.17. Временные ряды аномалий средней за весенний сезон температуры воздуха над акваториями морей и Канадским архипелагом, °С

Таблица 1.6

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

Район, широтная зона	1936-2017		1988-2017		2008-2017	
	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,16	41,1	0,58	57,8	0,56	28,3
Североевропейский	0,30	44,1	0,58	35,4	2,15	41,9
Западносибирский	0,34	37,7	1,13	47,1	3,80	56,7
Восточносибирский	0,34	44,1	1,05	52,0	2,62	47,1
Чукотский	0,28	40,3	0,68	36,7	1,53	32,2
Аляскинский	0,26	34,1	0,03	1,9	3,30	55,4
Канадский	0,08	14,4	0,46	30,9	-0,28	7,1
60-70° с.ш.	0,23	52,3	0,47	45,3	2,19	64,3
70-85° с.ш.	0,26	49,7	0,84	65,5	1,98	65,1
60-85° с.ш.	0,24	52,6	0,61	56,0	2,10	61,1

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

Для последнего тридцатилетнего периода 1988-2017 гг. в СПО и в отдельных широтных зонах в весенней температуре характерны статистически значимые (на 5% уровне значимости) положительные тренды. Повышение температуры в целом по СПО составляет 1,83 °С за 30 лет. В отдельных районах наиболее высокие значения тренда наблюдаются в изменениях температуры Западносибирского и Восточносибирского районов. Значение линейного тренда средней за весенний сезон температуры воздуха в здесь составляет соответственно 3,39 и 3,15 °С/30 лет.

В последнем десятилетнем периоде в Канадском районе наблюдается слабо выраженный отрицательный линейный тренд. В целом по СПО знак тренда в температуре весеннего сезона положителен.

В районах всех арктических морей сохраняется положительный знак линейного тренда в изменениях температуры воздуха весеннего сезона (табл.1.7).

Таблица 1.7

Коэффициенты линейного тренда средней за весенний 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>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0,25	46,0	0,62	45,7	0,93	34,6
Баренцево море	0,25	37,9	0,85	49,1	2,82	54,9
Карское море	0,35	36,3	1,47	55,4	3,32	46,7
Море Лаптевых	0,28	36,4	1,20	55,4	2,56	48,4
Восточно-Сибирское море	0,28	38,4	0,76	39,5	1,50	32,5
Чукотское море	0,29	36,0	0,41	20,0	2,14	43,0
Море Бофорта	0,23	38,2	0,20	13,2	3,28	65,4
Северная часть Канадского района	0,07	12,4	0,66	45,1	-0,27	7,9

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

Наиболее высокая скорость повышения температуры воздуха отмечается в районе Карского моря. За 1988-2017 гг. температура воздуха в этом районе повысилась на 4,41 °C/30 лет.

Атмосферные осадки

Оценка выпавшего количества осадков в СПО в холодном сезоне 2016-2017 гг. проводилась по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принят период с октября по май, период преимущественного выпадения твердые осадков.

В табл.1.8 представлены относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) количества осадков за холодный сезон 2016-2017 гг. для отдельных широтных зон и климатических районов. В целом в СПО осадков выпало чуть меньше нормы (99,6 %) за счет более сухих условий в Атлантическом, Аляскинском и Канадском районах. Такое количество осадков, выпавших в холодном периоде 2016/17 г. в СПО оказалось двадцать четвертым значением в ряду убывающих значений с 1936 года. К югу от 70°с.ш. осадков в зимнем сезоне выпало ниже нормы на 3,2 %, а к северу выше нормы на 18,3 %. Это соответственно двадцать седьмое и четвертое значения в ряду убывающих значений с 1936 года.

Таблица 1.8

Относительные аномалии (в % от нормы 1961-1990 гг.) сумм осадков холодного сезона 2016/17 г.

Клим. район, широтная зона	Относительная аномалия	Наибольшее значение	Наименьшее значение
Атлантический	98,9	2015 (123,2)	1968 (75,2)
Североевропейский	104,1	1981 (128,4)	1980 (68,5)
Западносибирский	105,0	2002 (122,6)	1946 (72,4)
Восточносибирский	101,7	1988 (125,2)	1967 (78,4)
Чукотский	101,7	1954 (139,6)	1982 (60,2)
Аляскинский	86,9	1951 (164,4)	1968 (54,1)
Канадский	93,3	2005 (123,5)	1977 (75,0)
60-70°с.ш.	96,8	2015 (115%)	1968 (88%)
70-85°с.ш.	118,3	1989 (127%)	1998 (84%)
60-85°с.ш.	99,6	1954 (117%)	1980 (90%)

В табл. 1.9 приведены оценки изменения сумм осадков холодного 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 холодного сезона для районов арктических морей и территорий севернее 70° с.ш.

Таблица 1.9

Коэффициенты линейного тренда сумм осадков холодного 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>
	1936-2017			1988-2017		
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	7,13	6,9	17,4	-8,16	-2,9	06,1
Скандинавия и север ЕТР	14,30	38,6	69,2	-1,67	-1,6	04,0
Западная Сибирь	8,79	26,7	60,4	-5,17	-5,7	16,0
Восточная Сибирь	2,46	13,5	37,2	-2,34	-4,7	14,2
Чукотка	-0,42	-1,6	2,9	-4,99	-6,9	16,7
Аляскинский (южная часть)	2,52	12,2	17,2	-4,24	-7,5	11,2
Канадский (южная часть)	-0,22	-1,3	3,0	-6,72	-14,6	35,7
60-70° с.ш.	5,15	14,1	47,0	-3,51	-3,5	12,0
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	9,63	33,5	52,4	18,75	23,9	42,7
Баренцево море	6,41	23,2	56,9	3,27	4,3	12,4
Карское море	0,20	1,2	2,5	3,94	8,9	18,5
Море Лаптевых	-3,09	-20,8	39,5	-2,00	-4,9	11,6
Восточно-Сибирское море	-7,12	-46,6	56,3	-7,95	-19,0	37,5
Чукотское море	-9,28	-43,5	54,7	1,54	2,6	6,1
Море Бофорта	-0,84	-7,1	8,6	-5,51	-17,1	24,0
Канадский (северная часть)	0,52	7,2	8,9	-4,73	-23,7	25,0
70-85° с.ш.	1,43	8,5	28,7	7,15	15,5	52,5
Атлантический	8,15	10,4	28,2	1,34	,6	1,5
Североевропейский	11,11	33,3	74,3	1,90	2,1	07,7
Западносибирский	5,17	20,0	57,1	-1,35	-1,9	6,8
Восточносибирский	0,33	1,9	6,6	-2,20	-4,7	16,1
Чукотский	-3,27	-14,1	26,4	-3,67	-5,8	18,5
Аляскинский	1,43	7,8	12,0	-6,23	-12,5	20,1
Канадский	0,07	,6	1,3	-5,98	-16,4	35,8
60-85° с.ш.	3,35	11,2	45,5	-2,06	-2,5	11,2

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

В межгодовых изменениях осадков холодного сезона за период 1936-2017 гг. сохраняется тенденция статистически значимого увеличения зимних осадков. В широтной зоне к югу от 70° с.ш. количество осадков увеличилось на 14 % (по отношению к норме 1961-1990 гг.), к северу – на 8%, а в целом по региону на 11 %. За этот период осадки более всего выросли в Североевропейском районе (на 33 %) и Западносибирском (на 20 %), главным образом, за счет увеличения сумм осадков в южной части районов на 39 и 27 % соответственно. В Чукотском районе зимние осадки продолжают уменьшаться (на 14 %). Относительно наметившихся тенденций в изменениях сумм осадков холодного сезона можно указать на отрицательный знак тренда в последнем 30-ти летнем периоде как в целом по СПО, так и южной ее части. К северу же от 70°с.ш. продолжает сохраняться тенденция к росту осадков.

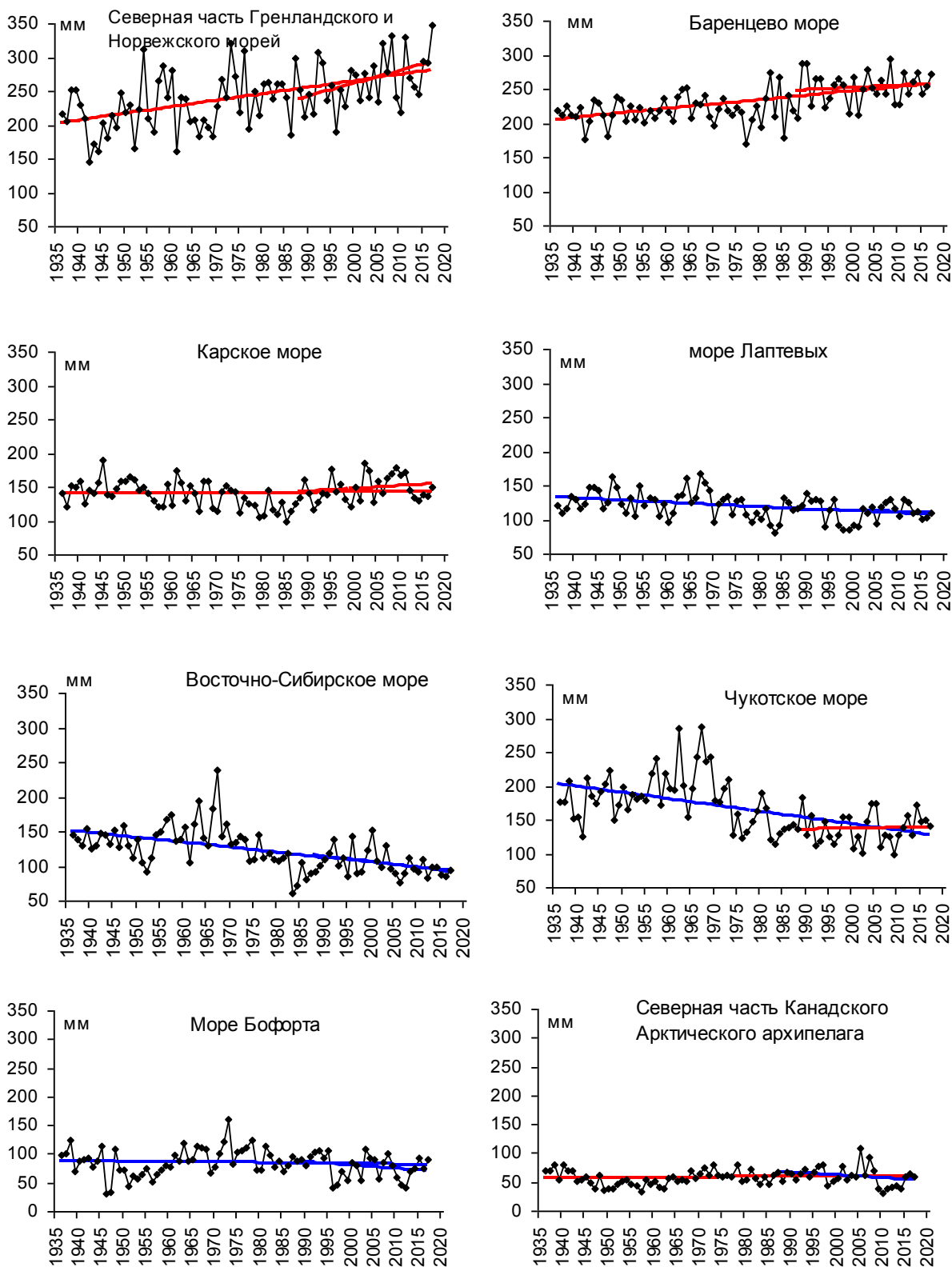


Рис. 1.18. Временные ряды сумм осадков холодного сезона над акваториями морей и Канадским архипелагом, мм

2 Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в апреле-июне 2017 г.

2.1 Развитие ледовых условий за период апрель-июнь

Оценки особенностей развития ледовых условий в апреле-июне 2017 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, данным экспедиционных исследований, проводимых в ФГБУ «ААНИИ» в апреле-мае на научной базе «Мыс Баранова» и в ряде международных проектов.

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

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



В графическом формате PNG совмещенные карты ААНИИ-КЛС-НЛЦ доступны по адресу <http://wdc.aari.ru/datasets/d0040>.

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

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

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

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

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

Оценка квантилей распределения общей сплоченности 5% и 50% (медиана) выполнена на основе совмещенного месячного массива ледовых карт проекта ВМО "Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду" за 1945-2004 гг. (включает данные ААНИИ за 1945-1992 гг., Балтийских ледовых служб за 1960-1979 гг., Национального ледового центра США за 1972-2004 гг., Канадской ледовой службы за 1968-1998 гг. и Японского метеорологического агентства за 1970-2006 гг.). Расчет среднемесячных значений общей сплоченности для 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.

Развитие ледовых условий на начало весеннего периода 2017 г. проходило на фоне адвекции теплых воздушных масс и положительных аномалии температуры воздуха в Арктике. Особенно большие выносы тепла и положительные аномалии температуры воздуха наблюдались над центральным полярным бассейном. В морях российской Арктики фон температуры имел тенденцию к повышению в восточных морях и к незначительному понижению в западных морях.

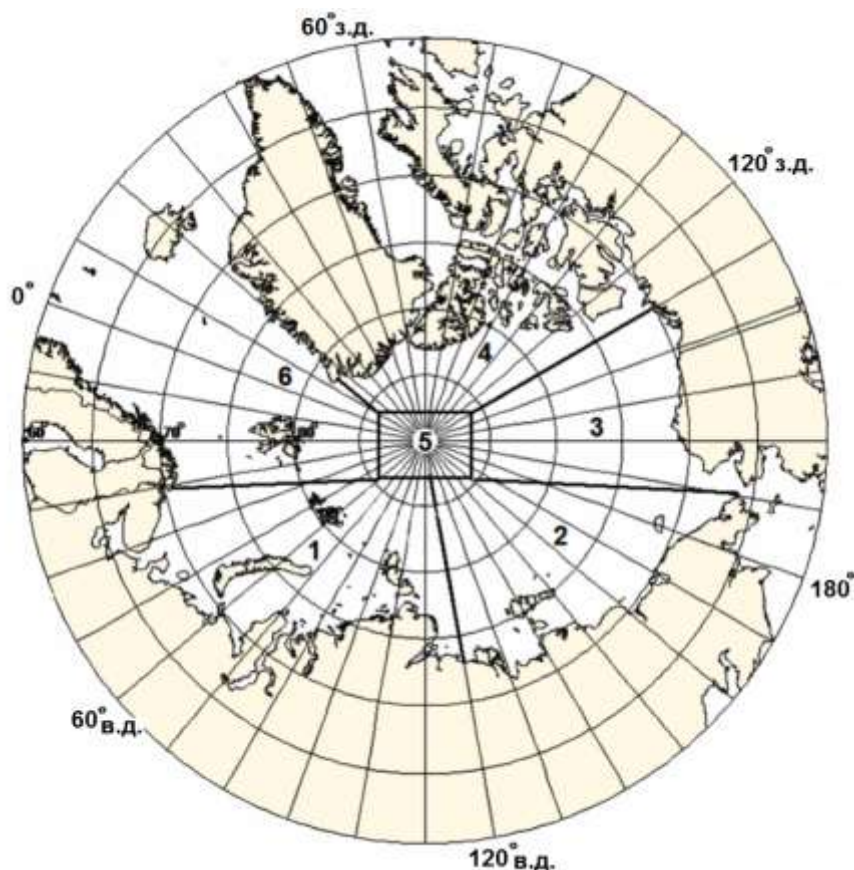


Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана

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

В конце первого квартала в СЛО сложилась следующая ледовая обстановка. В прибрежных и центральных частях всех российских арктических морей преобладали однолетние средние льды. В северных частях морей, а также в морях Восточно-Сибирском и Бофорта, преобладали однолетние толстые льды.

Многолетние льды были смещены в западную часть Арктики и располагались в приполюсном районе, в гренландском и канадском секторах. Непосредственно в границах арктических окраинных морей старых льдов не наблюдалось.

Два значительных по протяженности языка старых льдов наблюдались у северных границ Восточно-Сибирского моря. Вдоль восточного побережья Гренландии наблюдался протяженный язык старых льдов, образовавшийся в результате дрейфа и выноса льда из Арктического бассейна через пролив Фрама.

Старые льды по площади составляли до 40% от всей площади льдов на акватории СЛО.

Позднее начало ледообразования и низкая интенсивность нарастания льда в морях в течение зимних месяцев 2017 г. привели к тому, что толщина льда по данным полярных

В весенний период интенсивность нарастания толщины льда несколько была выше нормы в восточном районе арктического сектора Арктики, что привело к приближению толщины льда к среднегодовым значениям в морях Восточно-Сибирском и Чукотском. Однако в морях западного района российского сектора Арктики крупные отрицательные аномалии толщины льда сохранились и составили $-25\dots-50$ см. Распределение аномалии толщины льда по морям в конце периода нарастания (май) приведены на рис. 2.3.

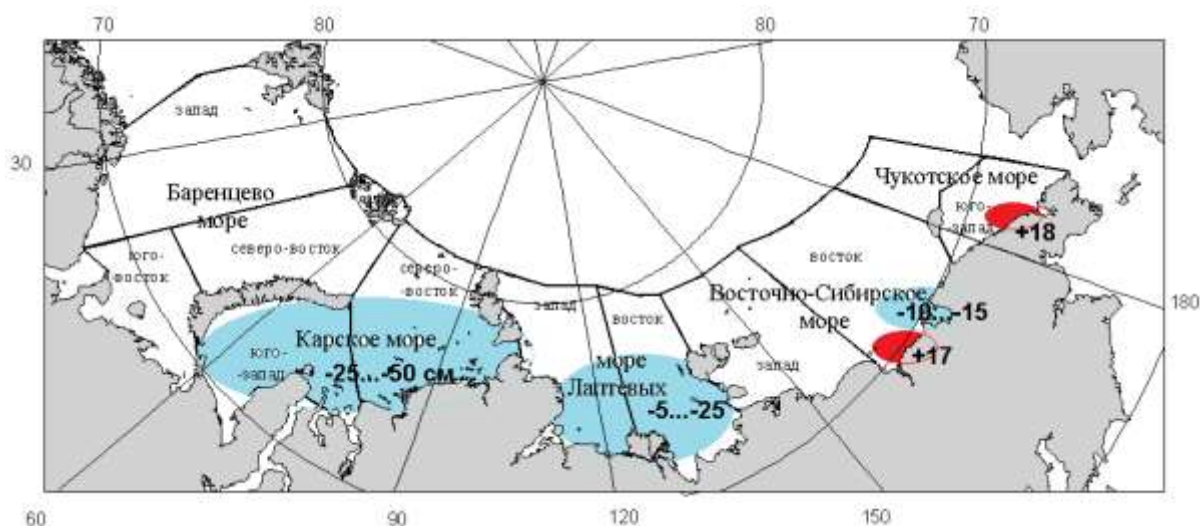


Рис. 2.3. Аномалии толщины льда в морях российских секторов Арктики по данным полярных станций на период максимального нарастания в 2016 г. (конец мая)

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период апрель-июнь 2017 г. приведены на рисунках 2.4-2.12.

В апреле наблюдалось дальнейшее развитие ледяного покрова и переход однолетних средних льдов в возрастную градацию однолетних толстых льдов в большинстве районов окраинных арктических морей. Однако на обширных акваториях Баренцева, юго-западной части Карского и Чукотского морей, сохранялось преобладание однолетних средних и тонких льдов. Процесс нарастания льда в весенний период 2017 г. происходил со значительным запаздыванием по сравнению с нормой.

Заприпайные полыньи в арктических морях были развиты крайне слабо, в связи с этим молодых льдов (толщиной до 30 см) наблюдалось также мало.

Был хорошо развит припай в районе Новосибирских островов и очень слабо развит припай в районе архипелага Северная земля. Отсутствовал сплошной припай в проливе Вилькицкого.

Старые льды наблюдались в гренландском, канадском секторах и в приполюсном районе Арктики. К северу от острова Врангеля, на границе между Восточно-Сибирским и Чукотским морями сохранялся небольшой язык двухлетних льдов (рис. 2.4).

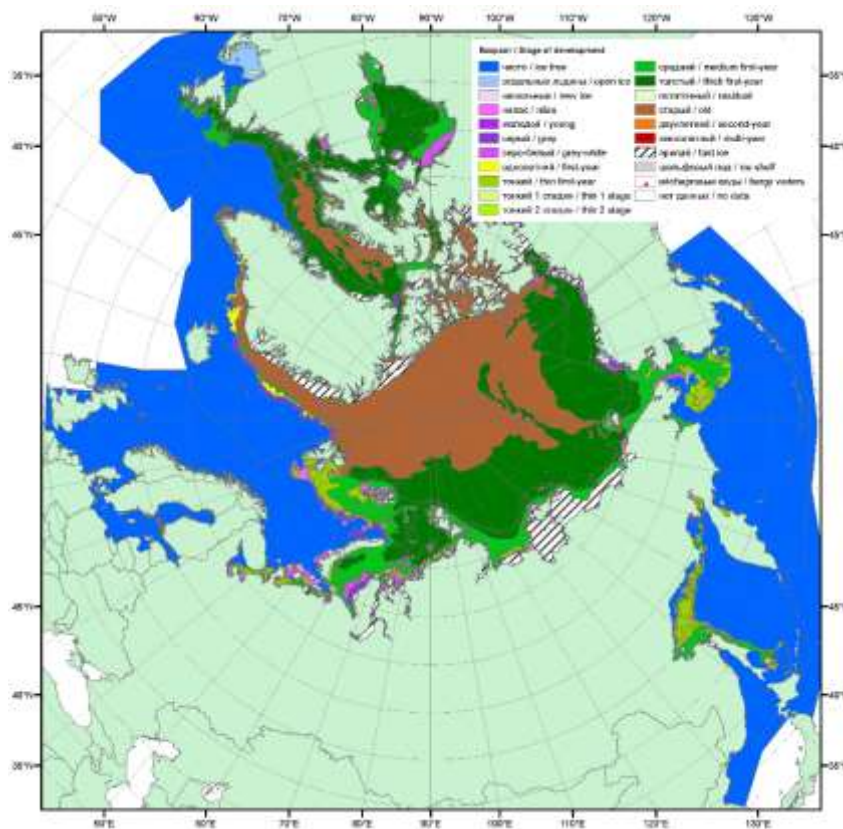


Рис. 2.4. Обзорная ледовая карта СЛО за 17-18.04.2017 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

Основные структуры дрейфа льда в СЛО – Трансарктического перенос льдов и Канадский антициклонический круговорот были развиты хорошо.

Стрежень Трансарктического переноса льдов был смещен к северной части Новосибирских островов. Это приводило к выносу однолетних льдов из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского в приполюсный район. Далее, уже из приполюсного района, в результате трансарктического дрейфа старые льды выносились в пролив Фрама вдоль восточного побережья Гренландии.

Центр Канадского антициклонического круговорота наблюдался в своем классическом положении – над центром моря Бофорта. По его периферии наблюдался мощный перенос льдов вдоль побережья островов Канадского арктического архипелага и далее вдоль аляскинского побережья в северные части Чукотского и Восточно-Сибирского морей (рис. 2.5).

В поле в поле сплоченности ледяного покрова прослеживалась достаточная однородность. Зоны пониженной сплоченности наблюдались в Чукотском и Восточно-

Сибирском морях, откуда выносило лед в результате Трансарктического переноса льдов, а также в Баренцевом море, в следствии его малой ледовитости, (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.6 б). Зоны повышенной сплоченности наблюдались в гренландском секторе Арктики, куда приносило лед в результате Трансарктического переноса льда (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.6 б).

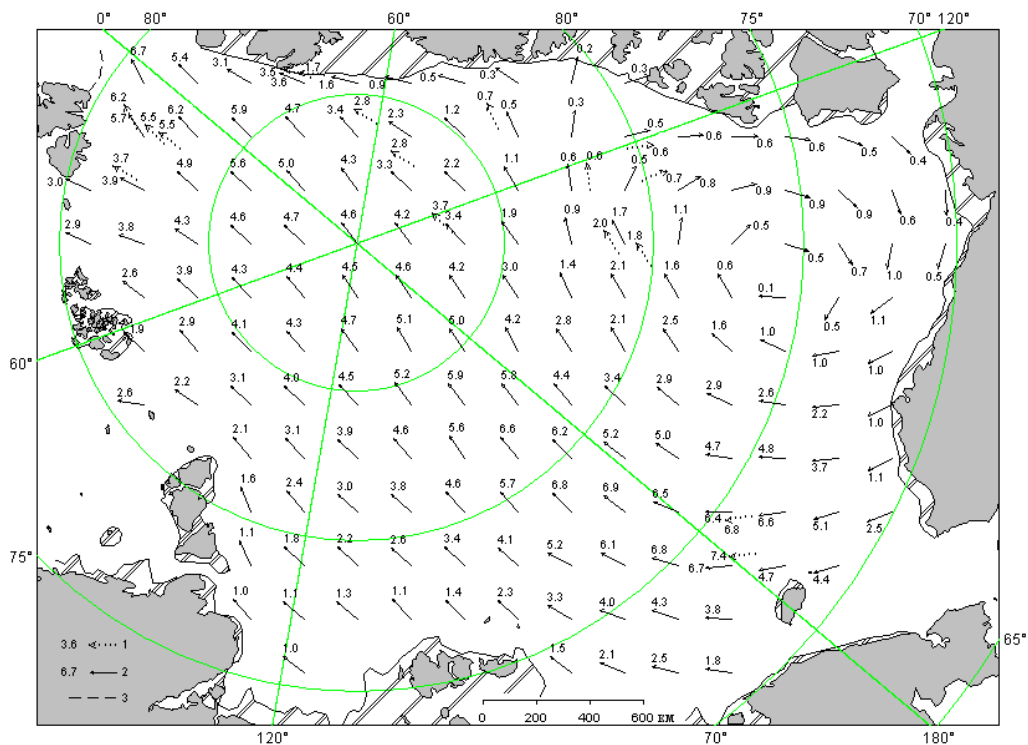


Рис. 2.5. Поле скорости результирующего дрейфа льда за апрель 2017 г.

1 – направление (стрелка) и скорость (0.2 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка молодого льда

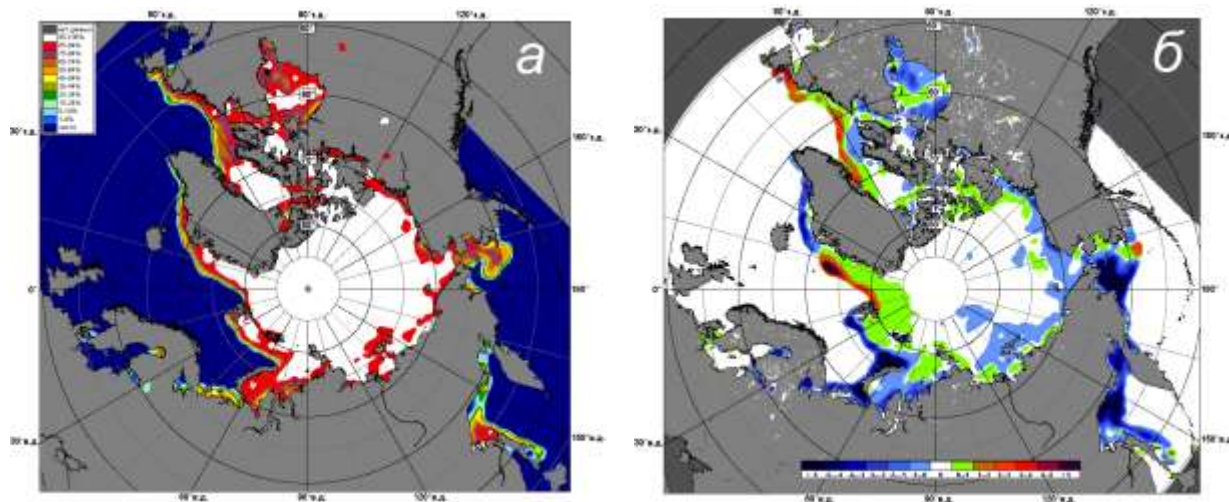


Рис. 2.6. Медианные распределения сплоченности льда в апреле 2017 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2017 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

В конце мая, который считается периодом максимального развития и накопления ледяного покрова, в структурном составе льдов всего бассейна Северного Ледовитого океана преобладали однолетние льды (преимущественно однолетние толстые льды), которые составляли около 50% от общего количества льда. Около 40% от общего количества льда составляли старые льды. Остальное количество льдов было представлено однолетними средними и тонкими льдами, которые наблюдались в прикромочных районах Гренландского и Баренцева морей, и в зонах формирования заприпайных полыней во всех арктических окраинных морях.

Однолетние льды занимали весь российский сектор Арктики и более половины аляскинского сектора Арктики. Старые льды наблюдались преимущественно в гренландском и канадском секторах Арктики и в приполюсном районе (рис. 2.7).

Припай был развит слабо, меньше своего среднемноголетнего значения во всех окраинных арктических морях. Наиболее обширным припай был в районе Новосибирских островов.

В поле дрейфа продолжалось развитие основных структур дрейфа – Трансарктического переноса и Канадского антициклонического круговорота. Но взаимное положение их существенно изменилось по сравнению с апрелем.

Стрежень трансарктического переноса сместился к востоку и наблюдался вдоль меридиана 180° з.д., начинаясь от северной части Восточно-Сибирского моря. Перенос льдов, направленных к побережью Гренландии и далее в пролив Фрама, обусловил вынос льдов из морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Протяженный язык старых льдов, который в апреле находился на границе двух морей – Восточно-Сибирского и Чукотского и достигал острова Врангеля, в мае в результате дрейфа переместился на северо-запад на расстояние 200-250 км. В результате устойчивого выноса льдов трансарктическим переносом из приполюсного района было вынесено большое количество старых льдов, которые были заменены однолетними льдами из северной части морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Канадский антициклонический круговорот получил обширное развитие и наблюдался в виде развитого круговорота с центром, смещенным к побережью островов Канадского арктического архипелага. Прибрежная ветвь дрейфа проходила вдоль побережья островов Канадского Арктического архипелага и Аляски и далее уходила в северную часть морей Чукотского и Восточно-Сибирского (рис. 2.8). Таким образом, смещение центра Канадского антициклонического круговорота к побережью Канадского арктического архипелага обусловила вынос льда из северных частей морей Бофорта и Чукотского, в прибрежной части которых образовалось обширное разрежение.

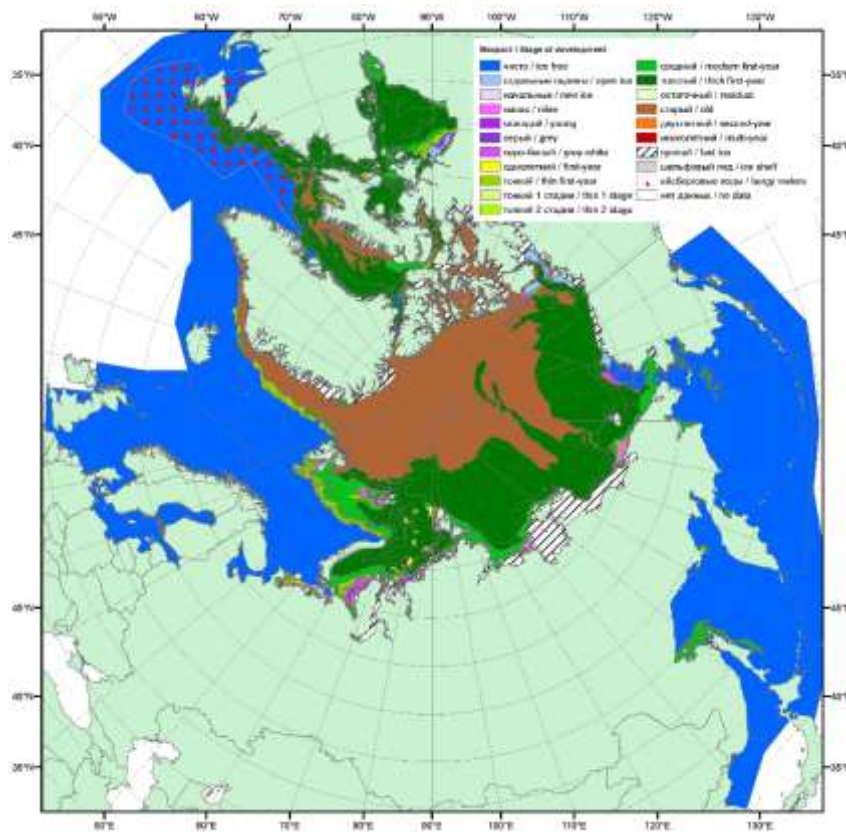


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛО за 15-16.05.2017 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

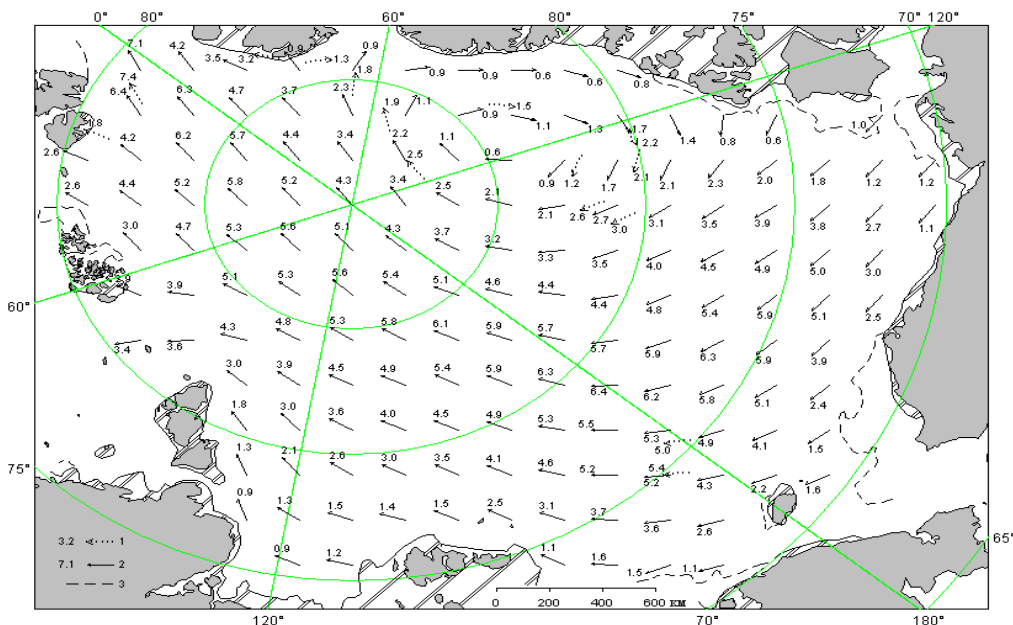


Рис. 2.8. Поле скорости результирующего дрейфа льда за май 2017 г.

1 – направление (стрелка) и скорость (5.1 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда

В распределении сплоченности льдов в мае в связи с развитием обширного Трансарктического переноса и хорошо развитым Канадским антициклоническим

круговоротом наблюдались отрицательные аномалии сплоченности в Чукотском и Восточно-Сибирском морях (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.9 б). В прибрежных частях моря Бофорта и в гренландском секторе Арктики наблюдались положительные аномалии сплоченности льда (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.9 б).

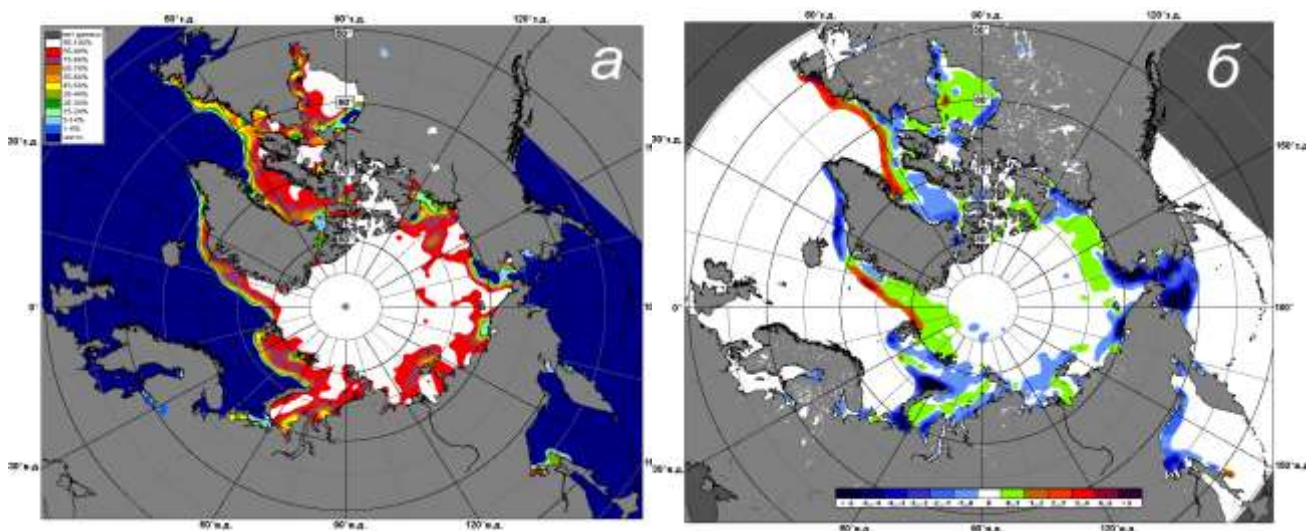


Рис. 2.9. Медианные распределения сплоченности льда в мае 2017 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2017 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

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 разрежения льда сформировались также в заприпайных зонах во всех российских арктических морях от Карского до Чукотского (рис. 2.10).

В июне в поле дрейфа льда в СЛО наблюдалось развитие трех крупномасштабных структур дрейфа. В связи с произошедшей крупномасштабной перестройкой направленности атмосферных процессов наблюдалось ослабление блокирующего высотного гребня в восточной части Северной Атлантики и усиление зональных воздушных потоков в толще тропосферы в атлантико-евразийском секторе Северного полушария. Циклоны в системе исландского и алеутского минимумов смещались преимущественно по более высокоширотными траекториями.

Произошедшие масштабные изменения в циркуляции атмосферы привели к формированию кроме уже существующих традиционных структур дрейфа - Трансарктического переноса льда и Канадского антициклонического круговорота, третьей структуры – обширного циклонического вихря в северной части Карского моря.

В результате в поле дрейфа наблюдался хорошо развитый циклонический вихрь в западной части Арктики с центром над севером Карского моря, Трансарктический перенос льда со стрежнем, смещенным на восток, начинающийся от Новосибирских островов и направленный к побережью островов Канадского арктического архипелага и Канадский антициклонический круговорот, с центром над морем Бофорта.

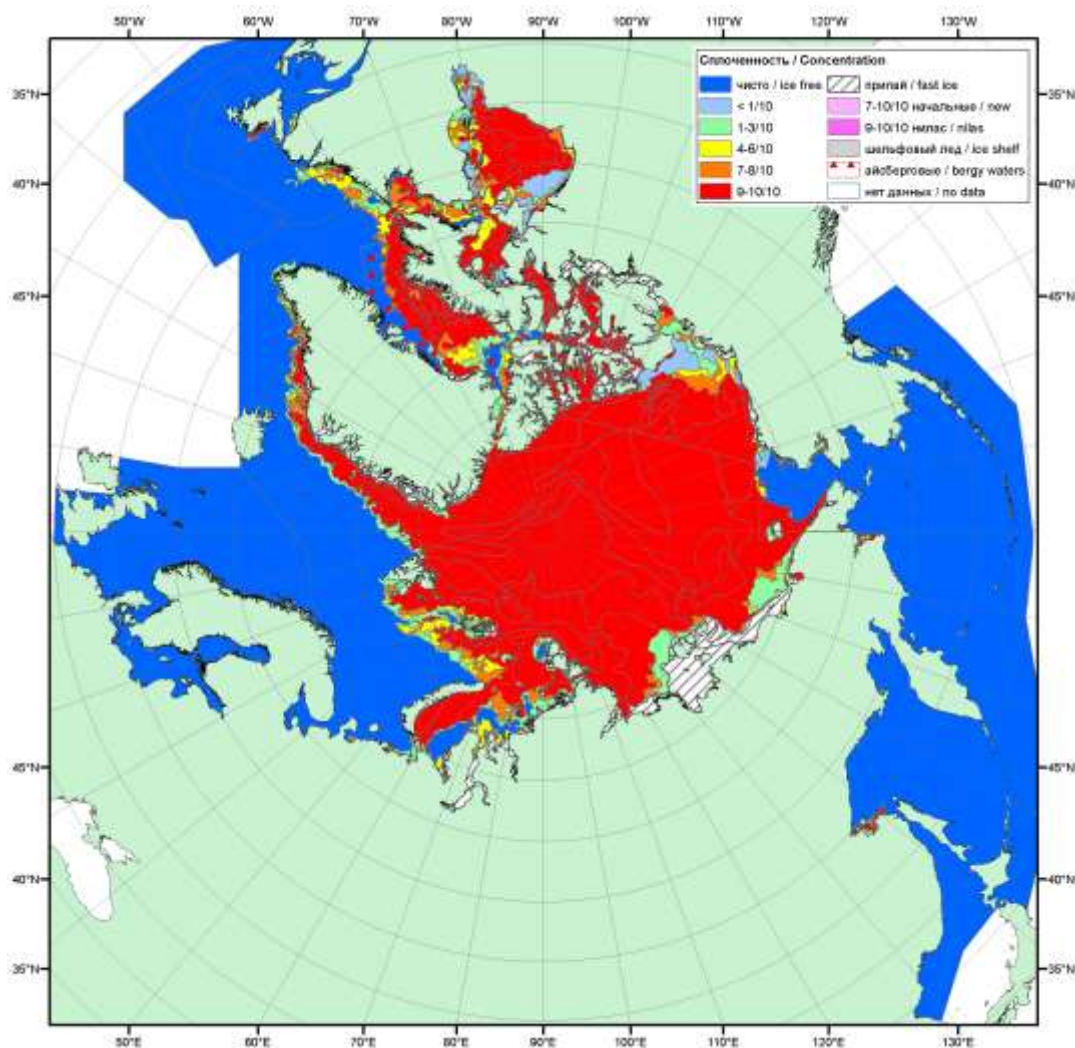


Рис. 2.10. Обзорная ледовая карта СЛЮ за 12-15.06.2017 г. на основе ледового анализа ААНИИ, Канадской ледовой службы и Национального ледового центра США

Такой характер дрейфа обусловил принос льда в июне в северную часть моря Лаптевых, в приполюсный район Арктики и далее его вынос в Гренландское море.

Одновременно лед выносило из восточных окраинных арктических морей Чукотского и Бофорта (рис. 2.11).

В результате сложившегося необычного поля дрейфа с развитым несколькими центрами вместо обычных двух структур дрейфа, в поле сплоченности ледяного покрова наблюдалось формирование обширных разрежений в восточных окраинных морях – Чукотском и Бофорта, а также в Баренцевом и Карском морях (зоны, выделенные синим цветом на рис. 2.12 б).

Зоны положительной аномалии сплоченности (зоны, выделенные зеленым цветом на рис. 2.12 б) сформировались в зонах приноса ледяного покрова, в гренландском секторе Арктики и море Лаптевых.

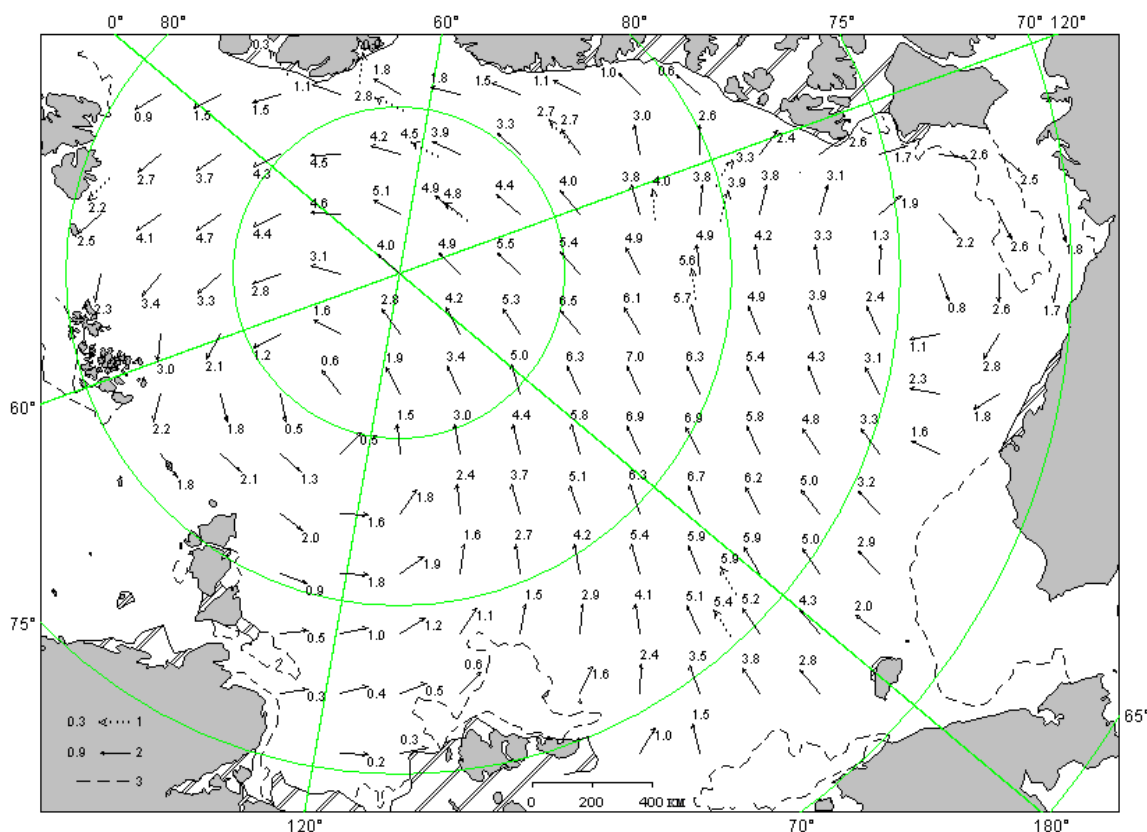


Рис. 2.11. Поле скорости результирующего дрейфа льда за июнь 2017 г.

(1 – направление (стрелка) и скорость (2.3 км/сут) дрейфа автоматического буя; 2 – те же характеристики дрейфа льда, рассчитанные в узле сетки; 3 – кромка льда)

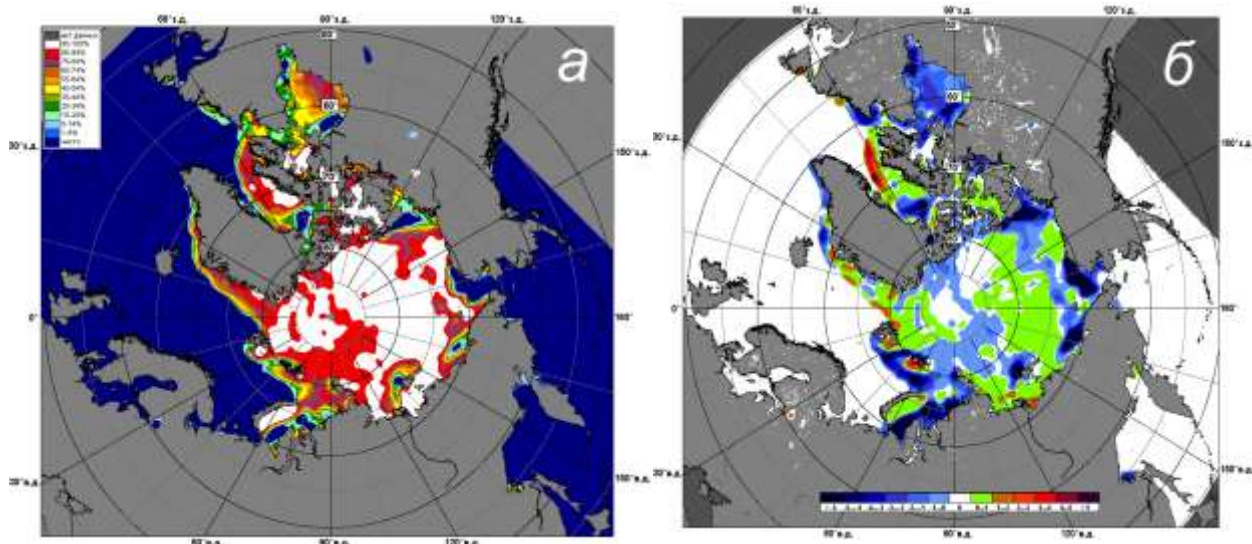


Рис. 2.12. Медианные распределения сплоченности льда в июне 2017 г. (а) и её разности относительно медианного распределения за те же месяца за периоды 1979-2017 (б) на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS

Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в отделе ледового режима и прогнозов ФГБУ «ААНИИ», в конце второго квартала 2017 г. оказалось на 11,5% меньше среднемноголетнего значения за счет малой ледовитости, наблюдавшейся во всех секторах Арктики.

Интересно отметить динамику изменения ледовитости в СЛО за первое полугодие 2017 г. Если в начале года отрицательная аномалия общего количества льда в СЛО составила -8%, то за первый квартал 2017 г. аномалия увеличилась почти на 5% и составила -3,1%, что свидетельствует о достаточно интенсивном накоплении льда в СЛО в первом квартале года. В конце второго квартала 2017 г. аномалия ледовитости составила -11,5%. То есть за второй квартал 2017 г., в который входит период интенсивного ледонакопления (апрель-май) произошло увеличение по абсолютной величине отрицательной аномалии ледовитости по сравнению с первым кварталом, с -3,1 % до -11,5%. Это свидетельствует о меньшем накоплении льда в Северном Ледовитом океане перед началом летнего периода.



Таблица 2.1

Медианные значения ледовитости в Северном Ледовитом океане в июне 2017 г. и её аномалии по данным наблюдений SSMR-SSM/I, алгоритм NASATEAM

Район, моря	S, млн. км ²	Аномалии, тыс. км ²		
		от 2016 г.	от 2006-2017 гг.	от 1978-2017 гг.
Северный Ледовитый океан	9045,5	-20,8	-339,1	-1189,9
Сектор 45°W-95°E (Гренландское - Карское моря)	2370,9	739,4	110,9	-334,4
Сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых-Чукотское, Берингово, Охотское)	3089,0	-276,2	-127,6	-237,6
Сектор 170°W-45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)	4086,7	-403,1	-309,3	-710,1

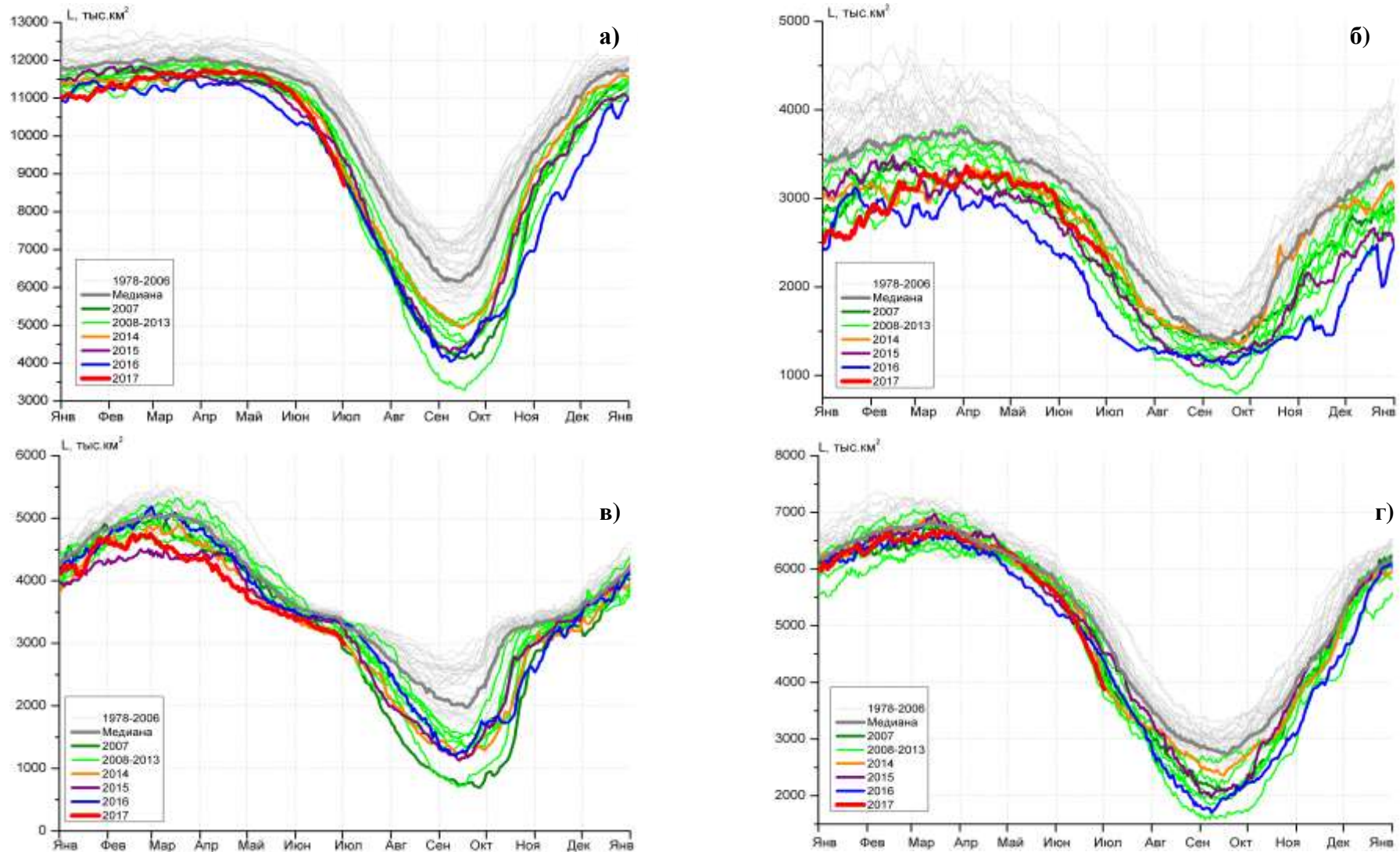


Рис. 2.13. Ежедневные оценки сезонного хода ледовитости: а) - для Северного Ледовитого океана и меридиональных секторов б) - $45^{\circ}\text{W}-95^{\circ}\text{E}$ (Гренландское – Карское моря), в) - $95^{\circ}\text{E}-170^{\circ}\text{W}$ (моря Лаптевых – Чукотское и Берингово, Охотское) и г) - $170^{\circ}\text{W}-45^{\circ}\text{W}$ (море Бофорта и Канадская Арктика) за период 26.10.1978 - 02.07.2017 по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM.

2.2. Ледово-гидрологические процессы в устьевых областях рек в весенний период

Обзор ледово-гидрологических условий на устьевых участках рек бассейнов морей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского составлен на основе ежедневной информации, полученной на АСПД ААНИИ кодом КН-15 с постов и станций наблюдений стационарной сети Росгидромета и кодом КН-02 sea с полярных станций, расположенных на устьевых взморьях рек Обь и Енисей.

Карское море

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек бассейна Карского моря наблюдалось: на реках Таз и Енисей - в январе. На реке Обь нарастание в январе и феврале было одинаково равномерное. В марте на р. Таз отмечено незначительное уменьшение толщины льда. На реке Енисей (п. Игарка) с февраля по апрель нарастания не отмечалось. В апреле нарастание льда продолжалось во всех пунктах, кроме п. Игарка.

В таблице 2.2 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.

Таблица 2.2

**Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2017 г.
на устьевых участках рек бассейна Карского моря**

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Обь-Салехард	83	+19	102	+19	108	+6	111	+3
Таз-Тазовское	100	+21	107	+7	104	-3	106	+2
Енисей-Игарка	90	+18	90	0	90	0	90	0
Енисей-Дудинка	117	+36	128	+11	140	+12	154	+14
Енисей - Караул	74	+23	89	+15	100	+11	114	+14

В таблице 2.3 приведены аномалии толщин льда на конец апреля, т. е. в период, близкий к максимальному нарастанию льда. На реках Обь и Енисей (п. Дудинка) толщины льда оказались больше среднемноголетних на 10-24 см. На реках Таз и Енисей (п. Игарка, п. Караул) - меньше среднемноголетних на 7-28 см.

Таблица 2.3

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2017 г.	Средняя	Аномалия
Обь	Салехард	111	101	+10
Таз	Тазовское	106	134	-28
Енисей	Игарка	90	97	-7
	Дудинка	154	130	+24
	Караул	114	136	-22

Высота снега на льду в конце апреля наблюдалась: 26-35 см на реке Енисей (п. Игарка) и 36-50 см в остальных пунктах.

В таблице 2.4 приведены сроки начала весеннего ледохода и очищения ото льда, а также их аномалии по отношению к средним многолетним датам.

Таблица 2.4

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Даты очищения ото льда		
		2017 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2017 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обь	Салехард	28.05	24.05	+4	4.06	30.05	+5
Таз	Тазовское	13.06	10.06	+3	15.06	11.06	+4
Енисей	Игарка	30.05	27.05	+3	11.06	5.06	+6
	Дудинка	6.06	3.06	+3	9.06	11.06	-2
	Караул	9.06	8.06	+1	13.06	18.06	-5

Закраины появились на устьевых участках рек бассейна Карского моря: на реках Обь и Таз – в первой декаде мая, на реке Енисей – в третьей декаде мая. Подвижки льда наблюдались на устьевых участках р. Енисей - с 26 мая по 8 июня. На реках Обь и Таз подвижек отмечено не было. Заторы льда в на устьевых участках рек Карского моря не отмечались.

Весенний ледоход начался позже нормы на устьевых участках рек Обь, Таз и Енисей на 1-4 дня.

Продолжительность весеннего ледохода составила: на реках Таз и Обь 2-7 дней, на р. Енисей – от 3 до 12 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек бассейна Карского моря произошло позже средних многолетних сроков на реках Обь, Таз, Енисей (п. Игарка) на 4-6 дней. Очищение на реке Енисей (п. Дудинка, Караул) отмечено раньше нормы на 2-5 дней.

Процесс вскрытия *устьевых взморий* крупных рек, впадающих в Карское море, охарактеризован также на основе анализа данных наблюдений стационарной сети. На

устьевом взморье р. Оби в настоящее время работает полярная станция, расположенная в бухте Новый Порт, на устьевом взморье р. Енисей – полярная станция Сопочная Карга.

В таблице 2.5 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его ежемесячного нарастания с января по апрель. Наибольшее нарастание толщины льда наблюдалось в январе.

Таблица 2.5

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2017 г. на устьевых взморьях крупных рек бассейна Карского моря

Устьевое взморье-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Обская губа–Новый Порт	117	+38	135	+18	152	+17	167	+15
Енисейский залив-Сопочная Карга	102	+15	114	+12	123	+9	130	+7

В таблице 2.6 приведены аномалии толщины льда на устьевом взморье на конец апреля, в период, близкий к максимальному нарастанию льда.

Таблица 2.6

Толщины льда в апреле, см

Устьевое взморье	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2017 г.	Средняя	Аномалия
Обская губа	Новый Порт	167	141	+26
Енисейский залив	Сопочная Карга	130	165	-35

Толщина льда в конце апреля на устьевом взморье реки Оби была больше нормы на 26 см, на устьевом взморье реки Енисей - меньше нормы на 35 см.

Высота снега на льду в конце апреля составила 15-19 см в п. Сопочная Карга и 40-49 см в п. Новый Порт.

В таблице 2.7 приведены сроки взлома припая и очищения ото льда, наблюдаемые на полярных станциях Новый Порт и Сопочная Карга.

Взлом припая устьевых взморий рек Обь и Енисей и очищение ото льда произошли в сроки, близкие к среднемуголетним.

Продолжительность ледохода составила 4 дня в Енисейском заливе и 14 дней в Обской губе.

Таблица 2.7

Сроки вскрытия устьевых взморий рек бассейна Карского моря по данным стационарной сети в 2017 г.

Устьевое взморье	Пункт	Ледовая фаза	Дата		
			2017 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Обская губа	Новый Порт	Взлом припая	15.06	18.06	-3
Обская губа	Новый Порт	Очищение ото льда	29.06	27.06	+2
Енисейский залив	Сопочная Карга	Взлом припая	20.06	20.06	0
Енисейский залив	Сопочная Карга	Очищение ото льда	24.06	27.06	-3

Море Лаптевых

Наибольшее нарастание толщины льда на устьевых участках рек Хатанга, Яна, Оленек (п. Усть-Оленек), Лена (п. Кюсюр) отмечено в январе. На реке Лена (п. Хабарово) – в феврале. В п. Тюмети из-за сомнительных исходных данных за декабрь нарастание за январь не подсчитано. В апреле наблюдалось продолжение нарастания льда на реках Оленек, Лена и Яна, тогда как на реке Хатанга лед таял.

В таблице 2.8 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и интенсивности его нарастания по месяцам с января по апрель.

Таблица 2.8

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2017 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Хатанга-Хатанга	121	+29	140	+19	152	+12	145	-7
Оленек-Тюмети	75		79	+4	82	+3	86	+4
Оленёк-Усть-Оленёк	127	+38	137	+10	144	+7	152	+8
Лена-Кюсюр	136	+41	153	+17	155	+2	155	0
Лена-Хабарово	126	+30	161	+35	179	+18	196	+17
Яна-Юбилейная	88	+27	99	+11	106	+7	108	+2

В таблице 2.9 приведены аномалии толщины льда на конец апреля, когда толщина льда близка к максимальной.



Таблица 2.9

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2017 г.	Средняя	Аномалия
Хатанга	Хатанга	145	151	-6
Оленёк	Тюмети	86	137	-51
	Усть-Оленёк	152	191	-39
Лена	Кюсюр	155	174	-19
	Хабарово	196	225	-29
Яна	Юбилейная	108	151	-43

Толщина льда в апреле повсеместно была меньше нормы: от 6 см в устьевой части реки Хатанга до 51 см в устье реки Оленек (п. Тюмети).

Высота снега на льду в конце апреля в устьевой части реки Лена (п. Хабарово) составляла 11-15 см, на реке Оленек - 26-35 см, на реках Яна, Хатанга и Лена (п. Кюсюр) – 36-50 см.

В таблице 2.10 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек бассейна моря Лаптевых и их аномалии по отношению к средним многолетним значениям.

Таблица 2.10

Сроки вскрытия рек

Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2017 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2017 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Хатанга	Хатанга	12.06	11.06	+1	16.06	16.06	0
Оленёк	Тюмети	9.06	1.06	+8	17.06	12.06	+5
	Усть-Оленёк	17.06	16.06	+1	22.06	20.06	+5
Лена	Кюсюр	30.05	31.05	-1	11.06	9.06	+2
	Хабарово	4.06	6.06	-2	11.06	13.06	-2
Яна	Юбилейная	28.05	29.05	-1	3.06	5.06	+6

В 2017 г. на устьевых участках рек бассейна моря Лаптевых появление закраин было отмечено: на реке Лена - в третьей декаде мая, на реке Хатанга - в первой декаде июня, на реке Оленек (п. Усть-Оленек) - во второй декаде июня. На реках Яна и Оленек (п. Тюмети) закраины не наблюдались. Процесс вскрытия сопровождался образованием заторов на устьевых участках реки Оленек (п. Тюмети) с 9 по 15 июня, в устье Лены в период с 31 мая по 8 июня, на реке Яна затор отмечен 29 и 30 мая.

Весенний ледоход начался в сроки, близкие к среднемуголетним, за исключением п. Тюмети, где ледоход отмечен на 8 дней позже нормы.

Продолжительность ледохода составила на реках: Хатанга – 4 дня, Оленек – 5-8 дней, Лена – 7-12 дней, Яна – 6 дней.

Очищение ото льда устьевых участков рек Оленек и Яна произошло на 5-6 дней позже среднемноголетних значений. Реки Хатанга и Лена очистились в сроки, близкие к норме.

Восточно-Сибирское море

Максимальное нарастание льда в устьевой части Восточно-Сибирского моря наблюдалось в январе. Нарастание льда продолжалось до конца апреля, кроме пункта Колымское, где в апреле отмечено таяние.

В таблице 2.11 приведены данные о наблюдаемой толщине льда и о его нарастании за месяц с января по апрель на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.11

Толщина льда и интенсивность его нарастания от месяца к месяцу в 2017 г. на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря

Река-пункт	31 января		28 февраля		31 марта		30 апреля	
	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см	Толщина льда, см	Нарастание за месяц, см
Индигирка-Чокурдах	100	+31	116	+16	127	+11	131	+4
Колыма-Колымское	77	+20	90	+13	90	0	86	-4
Колыма-Черский	78	+33	81	+3	83	+2	87	+4

В таблице 2.12 приведены толщины льда и их аномалии на конец апреля, в период, близкий к максимальной толщине льда.

Таблица 2.12

Толщины льда в апреле, см

Река	Пункт	Толщина льда на конец апреля, см		
		2017 г.	Средняя	Аномалия
Индигирка	Чокурдах	131	164	-33
Колыма	Колымское	86	140	-54
Колыма	Черский	87	141	-54

Толщины льда в конце апреля на устьевых участках рек Индигирка и Колыма наблюдались меньше нормы на 33-54 см.

Снег на льду в конце апреля в рассматриваемых пунктах уже отсутствовал.

В таблице 2.13 приведены сроки вскрытия устьевых участков рек Индигирки и Колымы бассейна Восточно-Сибирского моря.

Таблица 2.13

Сроки вскрытия рек



Река	Пункт	Даты начала ледохода			Дата очищения ото льда		
		2017 г.	Средняя	Аномалия, сутки	2017 г.	Средняя	Аномалия, сутки
Индиگیرка	Чокурдах	11.06	6.06	+5	13.06	9.06	+4
Колыма	Колымское	25.05	29.05	-4	29.05	4.06	-6
Колыма	Черский	26.05	2.06	-7	31.05	7.06	-7

Закраины и подвижки льда на устьевых участках рек бассейна Восточно-Сибирского моря были отмечены в третьей декаде мая, кроме п. Чокурдах, где подвижки были отмечены в первой декаде июня.

Заторы наблюдались на реке Колыме с 24 по 25 мая.

Весенний ледоход на реке Колыме начался на 4-7 дней раньше нормы. На реке Индиگیرке - на 5 дней позже среднемноголетних значений.

Продолжительность ледохода составила 2 дня в устьевой части р. Индиگیرки и 4-5 дней – р. Колымы.

Очищение ото льда устьевой части р. Индиگیرки происходило на 4 дня позже нормы, устьевой части р. Колымы – на 6-7 дней раньше нормы.

3 Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) во втором 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 во втором квартале 2017 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии АНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР-95	11.04.2017	05.06.2017	220
2	ИТР-97	01.04.2017	05.06.2017	131

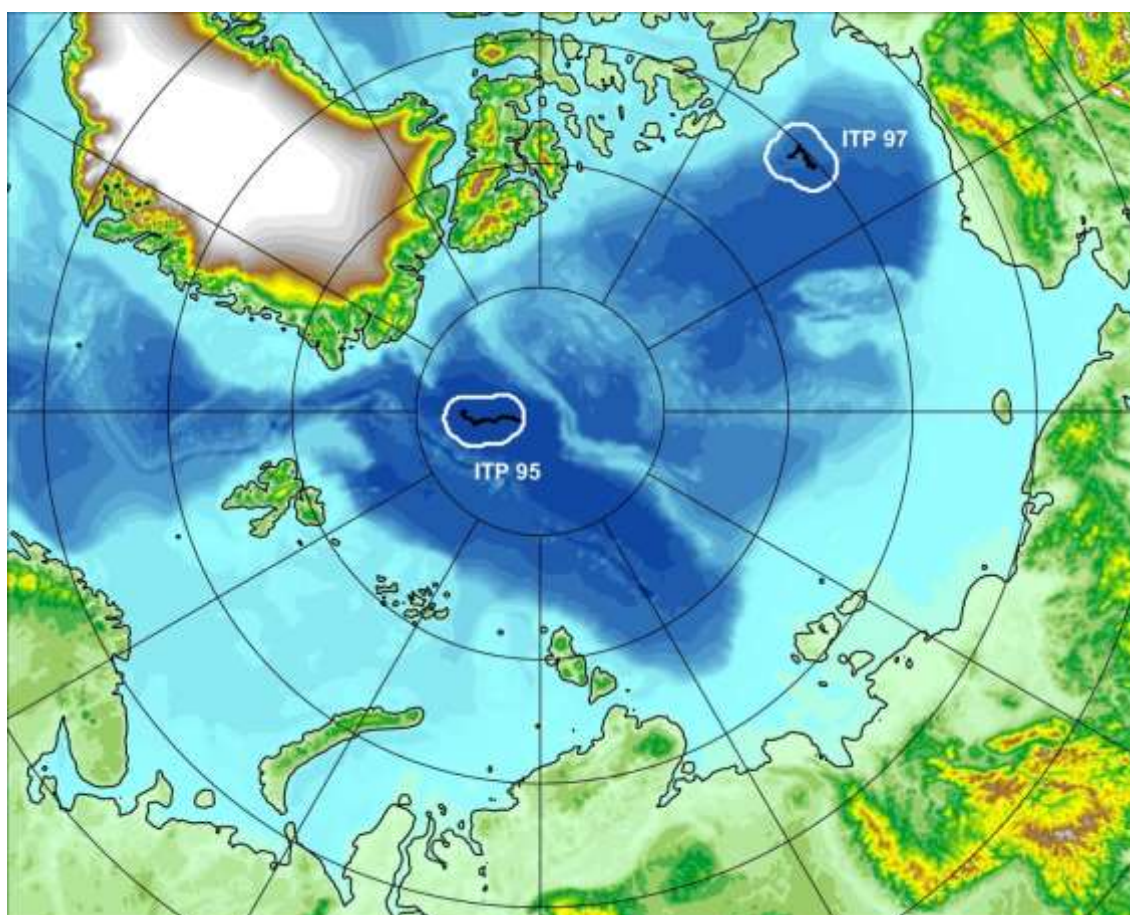


Рис. 3.1. Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО во втором квартале 2017 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии АНИИ

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО во втором 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 Амундсена (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.

Амеразийский суббассейн

Во втором квартале 2017 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в юго-восточной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР-97 соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (28,5 ‰) в сравнении с климатической нормой (30,6 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило $-2,1$ ‰ (рис. 3.2). В аналогичный период 2016 г. аномалия поверхностной солености составила $-2,7$ ‰. Температура верхнего перемешанного слоя варьировалась в пределах $-1,5$ °С и незначительно превышала климатическое среднее ($-1,68$ °С), вследствие повышения температуры замерзания воды из-за наличия распресненного слоя.

Под верхним перемешанным слоем глубже 40–50 м расположен слой летних тихоокеанских вод (ЛТВ), который является характерной особенностью Амеразийского суббассейна СЛО. Для этого слоя характерно наличие промежуточного максимума температуры воды в слое с соленостью от 31 до 33 ‰. Наиболее высокие значения температуры слоя ЛТВ по данным ИТР-97, также как и в аналогичный период 2016 г., составили $0,3$ °С, а средние значения ядра ЛТВ достигли $-0,1$ °С, превышая климатическую норму на $1,2$ °С. Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 140–145 м (110 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 соленостью 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 180–190 м, в то время как по климатическим средним ядро наблюдалось на 150 м.

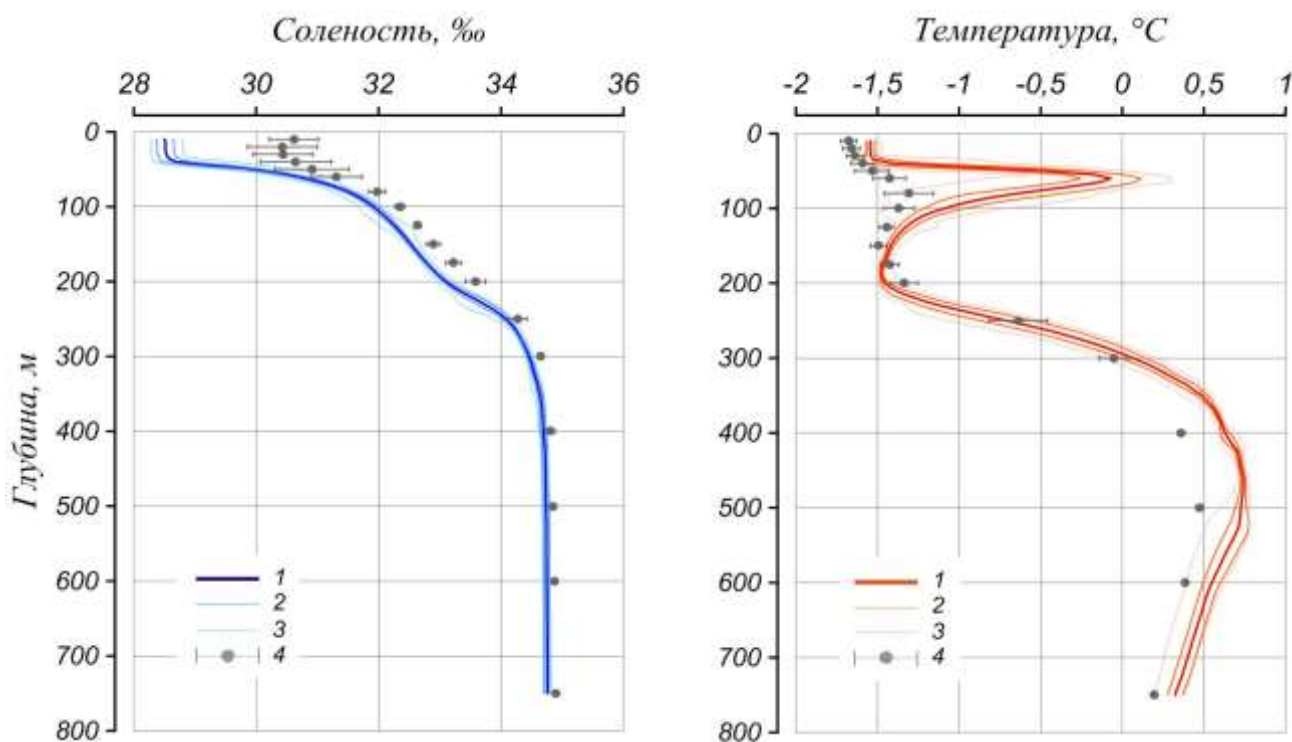


Рис. 3.2. Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в апреле – июне 2017 г. по результатам измерений профилографа ИТР-97

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 АНИИ за январь – март в период с 1900 по 2000 гг.

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 второго квартала 2017 г. располагалась на глубине 295 м (в 2016 г. – 340 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 предшествующего 2016 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Американо-Северном суббассейне СЛО.

Евразийский суббассейн

Поверхностный слой в котловине Амундсена Евразийского суббассейна во втором квартале 2017 года по данным ИТР-95 характеризовался высокими положительными значениями аномалии солености, прослеживающейся до глубины 250–300 м (рис. 3.3). Значения поверхностной солености составили 32,5 ‰, превышая климатическое среднее на 1,4 ‰. В аналогичный период 2015 г. аномалия поверхностной солености составила 1,9 ‰. Поверхностная температура воды ($-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) была незначительно ниже нормы, что связано, по всей видимости, с повышенными значениями солености и как следствие уменьшением температуры замерзания.

Средние значения температуры в ядре АВ достигли $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, превышая климатическую норму на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Помимо аномалии термического состояния продолжает проследиваться аномалия в локализации ядра АВ и его границ. Верхняя граница АВ, определяемая по изотерме $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, была расположена на глубине 180 м, что примерно на 40 м выше ее климатического положения.

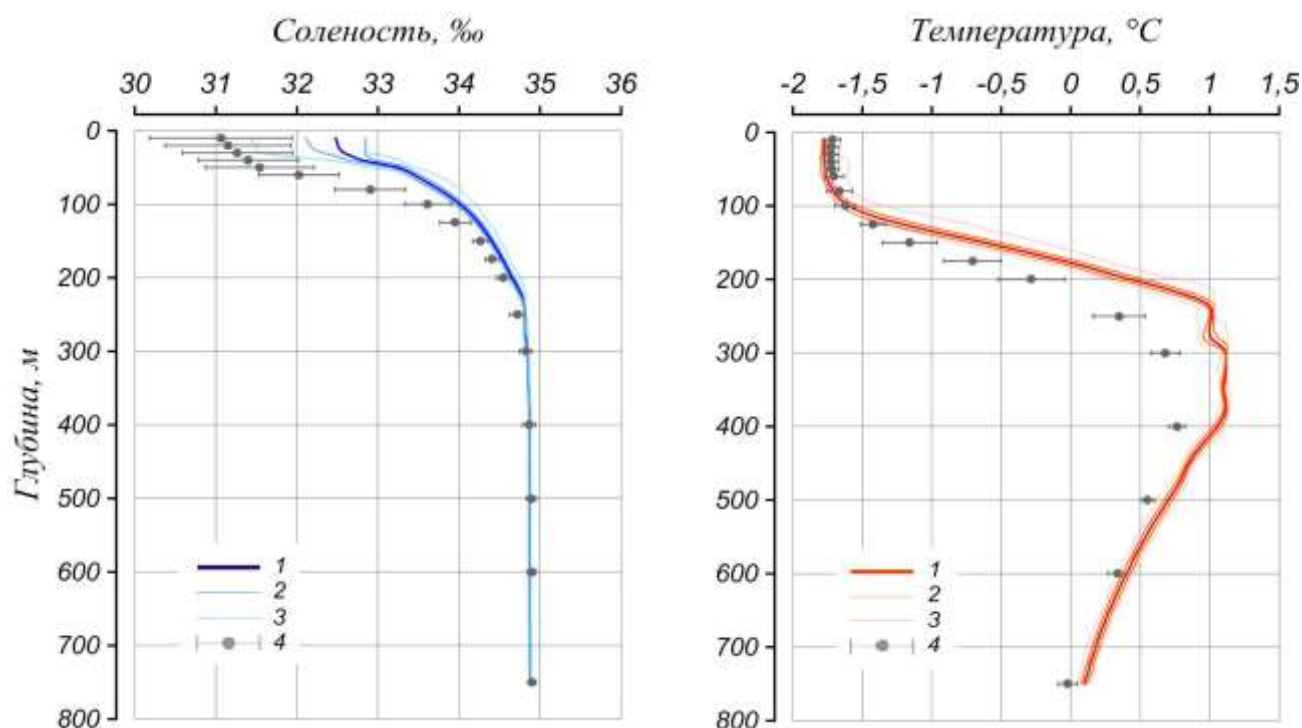


Рис. 3.3. Вертикальное распределение солености и температуры воды в котловине Амундсена в апреле – июне 2017 г. по результатам измерений профилографа ИТР-95

Условные обозначения см. рис. 3.2

Согласно результатам наблюдений, выполненным во втором квартале 2017 г., гидрологический режим СЛО продолжает характеризоваться аномальным состоянием по

отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солености характеризуется наличием выраженной отрицательной аномалии ($-2,1 \text{ ‰}$) в Амеразийском суббассейне и положительной аномалии ($+1,4 \text{ ‰}$) в Евразийском. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра атлантических вод (АВ), значение которой варьируется в пределах $+0,3..+0,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое среднее на $1,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с апреля по июнь 2017 года составлена по данным четырехсрочных 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 апреле – июне 2017 г.

Станция	Широта	Долгота
Карское море		
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
ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина)	77 43 N	104 17 E
Море Лаптевых		
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 Амдерма, Усть-Кара и им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) в первую декаду апреля наблюдалось резкое падение уровня до значений, ниже средних. При этом в начале апреля на всех трёх станциях наблюдались одни из самых высоких значений уровня за весь рассматриваемый период – 69 см. В течение остальной части апреля, а также в мае и июне месяце каких-либо заметных изменений в ходе уровня не наблюдалось. Весь этот период происходил плавный рост уровня, связанный с началом процессов таяния льда. Средний

уровень моря на станции Амдерма за три месяца повысился на 16 см, при малой изменчивости стандартного отклонения ряда.

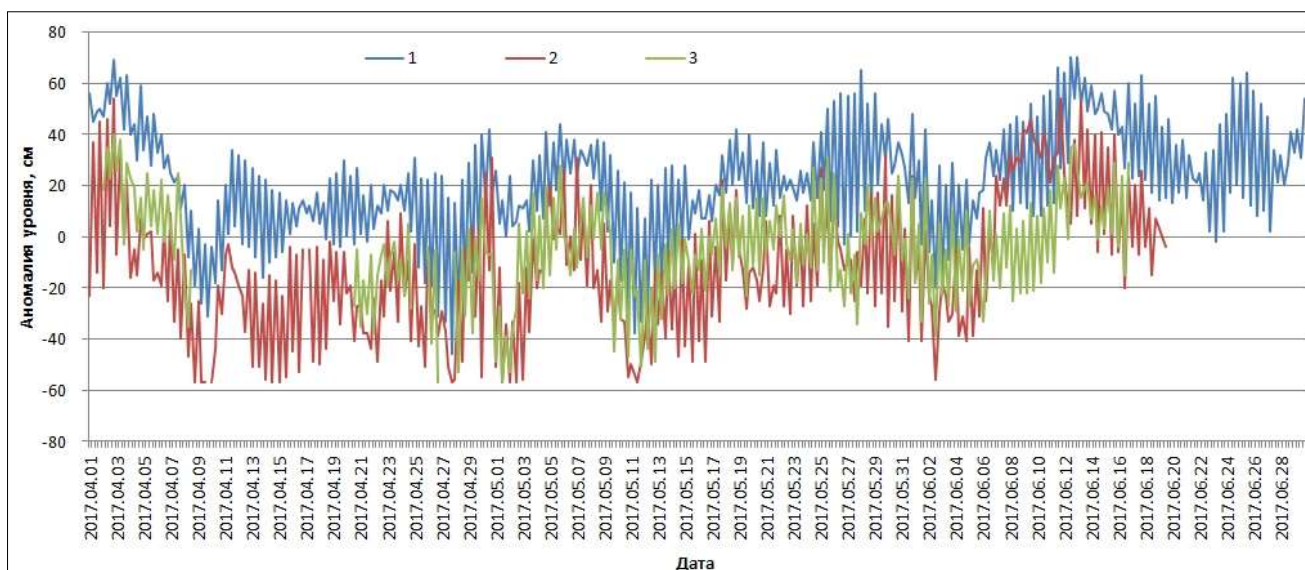


Рис. 3.4. Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2017 г. (1 – Амдерма; 2 – Усть-Кара; 3 – им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос))

Таблица 3.3

Основные характеристики колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в апреле – июне 2017 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		IV	V	VI
им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос)	hcp (см)	–	–6	–
	ch (см)	–	19	–
	hmin (см)	–	–57	–
	Дата	–	01/05	–
	hmax (см)	–	31	–
	Дата	–	25/05	–
Амдерма	hcp (см)	15	20	31
	ch (см)	23	19	21
	hmin (см)	–46	–38	–20
	Дата	27/04	11/05	02/06
	hmax (см)	69	65	70
	Дата	02/04	28/05	12,13/06
Усть-Кара	hcp (см)	–20	–15	–
	ch (см)	24	22	–
	hmin (см)	–57	–57	–
	Дата	09/04	01,02/05	–
	hmax (см)	54	32	–
	Дата	02/04	29/05	–

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.5, табл. 3.4) по данным станций о. Диксон, Сопочная Карга, Мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина) в течение апреля, мая и первой декады июня наблюдалось довольно устойчивое состояние уровенной поверхности моря. Как и на юго-западе Карского моря, здесь можно увидеть некоторое падение уровня в первой декаде апреля: поначалу оно было не слишком явным, но 11-го и 12-го числа произошёл резкий отрицательный скачок уровня до значений -80 – -110 см на всех станциях, кроме ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина). Позднее, 14-го и 15-го числа уровень моря вернулся к прежним значениям -20 – -40 см. В конце первой декады июня на всех станциях начался резкий рост уровня, который происходил вплоть до конца второй декады месяца. В последнюю треть июня наблюдалась отрицательная тенденция изменчивости уровенной поверхности.

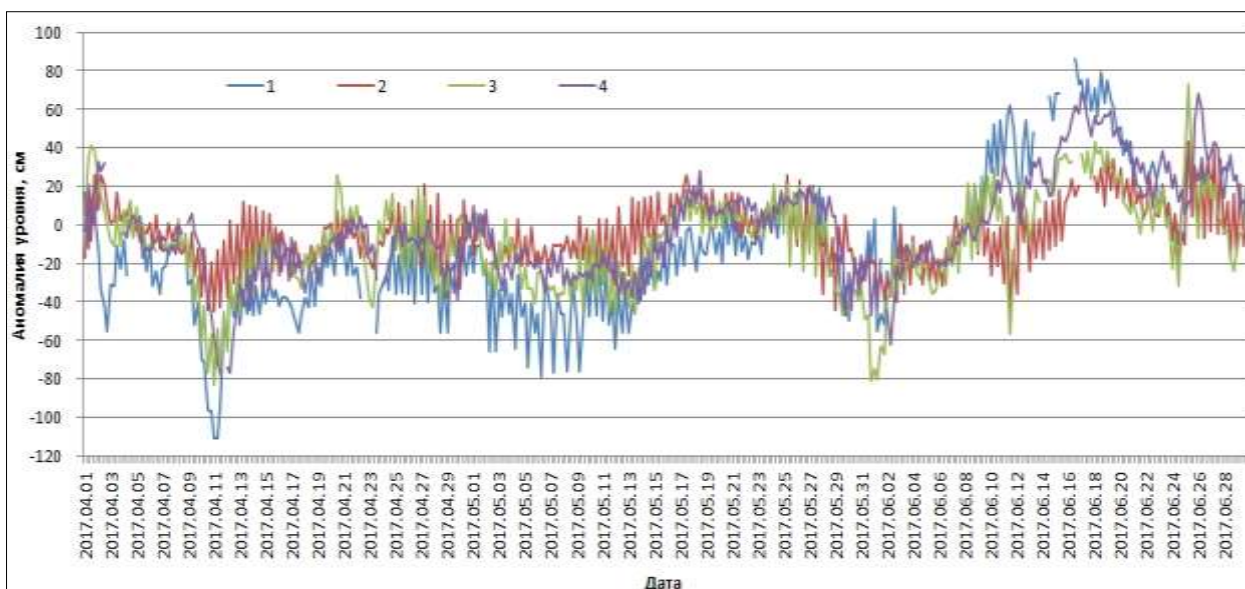


Рис. 3.5. Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в апреле – июне 2017 г.

(1 – Сопочная Карга; 2 – ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина); 3 – Мыс Стерлегова; 4 – о. Диксон)

Таблица 3.4.

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

Станция	Хар-ки	Месяц		
		IV	V	VI
Новый порт (Обская губа)	h_{cp} (см)	12	16	33
	σ_h (см)	5	6	10
	h_{min} (см)	-2	0	12
	Дата	05/04	03,08/05	06/06
	h_{max} (см)	26	33	60
	Дата	25/04	15/05	30/06
о. Диксон	h_{cp} (см)	-15	-9	18
	σ_h (см)	19	18	28
	h_{min} (см)	-77	-47	-62
	Дата	11,12/04	29,31/05	02/06
	h_{max} (см)	33	28	69
	Дата	02/04	18/05	17/06
Сопочная Карга	h_{cp} (см)	-32	-25	28
	σ_h (см)	23	22	31
	h_{min} (см)	-111	-79	-55
	Дата	11/04	06/05	01/06
	h_{max} (см)	21	19	86
	Дата	01/04	27/05	16/06
м. Стерлегова	h_{cp} (см)	-13	-15	1
	σ_h (см)	22	20	27
	h_{min} (см)	-83	-81	-80
	Дата	11/04	31/05	01/06
	h_{max} (см)	41	21	73
	Дата	01/04	24,25/05	25/06
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	h_{cp} (см)	-7	-4	-1
	σ_h (см)	15	15	20
	h_{min} (см)	-45	-44	-46
	Дата	11/04	29/05	11/06
	h_{max} (см)	26	26	43
	Дата	01,02/04	17/05	25/06

На станции Новый Порт в Обской губе (рис. 3.6) в апреле и мае колебания уровня были невелики и происходили на слабо повышенном фоне (+10 см). Резкое повышение уровня поверхности наблюдалось в июне, когда значения уровня к концу месяца возросли на +30 см. В целом, среднее значение уровня здесь повысилось на 20 см.

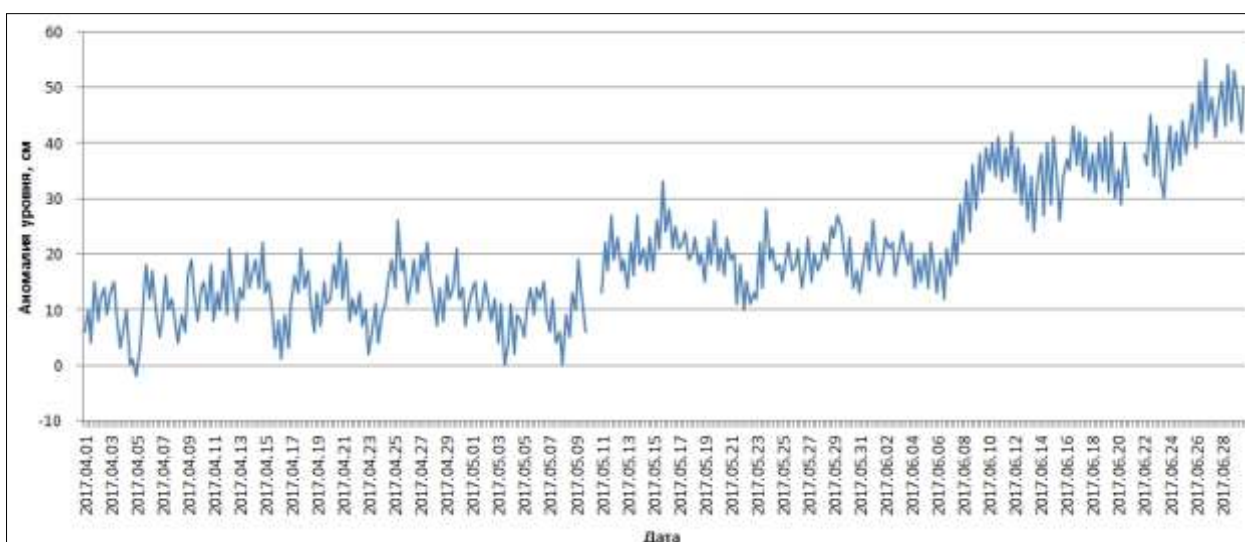


Рис. 3.6. Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в апреле – июне 2017 г.

В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.4., табл. 3.5) в апреле и мае, в колебаниях уровня не наблюдалось каких-либо явных изменений. Уровень моря редко опускался ниже среднемноголетнего значения, колеблясь на отметке 10 – 20 см. Резкие изменения стали происходить в июне, когда к концу второй декады месяца уровень вырос до отметки 120 см. Довольно необычно поведение уровенной поверхности в последнюю декаду июня: до 27 июня уровень понизился до отметки 70 см, а затем произошло резкое падение до значений, ниже среднемноголетних (–40 см).

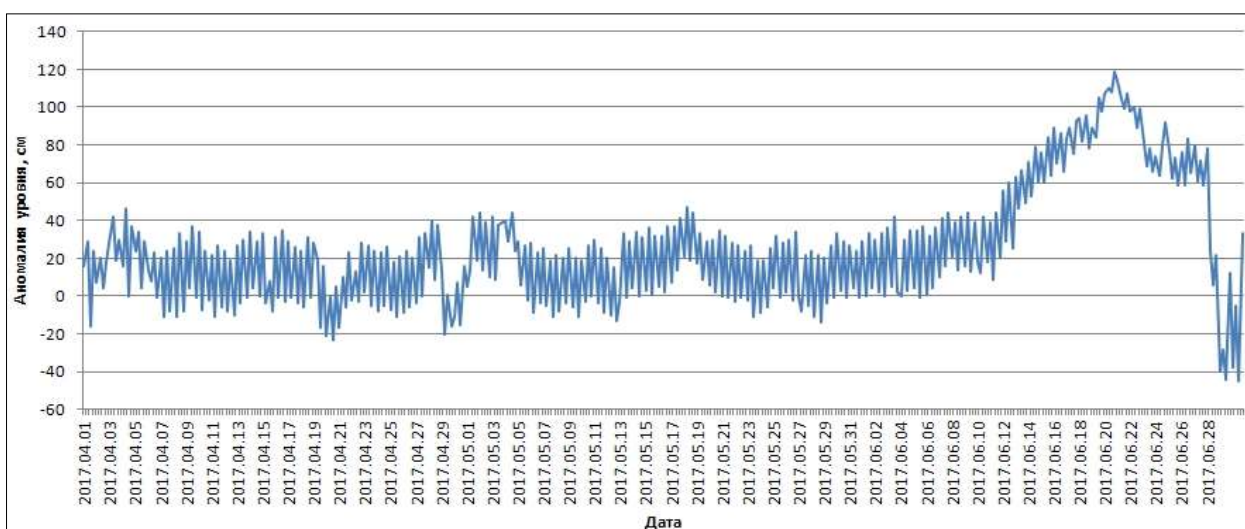


Рис. 3.7. Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в апреле – июне 2017 г.

Таблица 3.5

Основные характеристики колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в апреле – июне 2017 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		IV	V	VI
Анабар	hcp (см)	11	15	50
	σh (см)	17	17	38
	hmin (см)	-23	-14	-45
	Дата	20/04	28/05	30/06
	hmax (см)	46	47	119
	Дата	04/04	18/05	20/06
м. Кигилях	hcp (см)	13	19	42
	σh (см)	10	19	19
	hmin (см)	-6	-23	7
	Дата	14/04	09/05	06/06
	hmax (см)	40	60	72
	Дата	01/04	17/05	21/06
пр. Санникова	hcp (см)	-10	-5	18
	σh (см)	10	18	28
	hmin (см)	-31	-35	-18
	Дата	20,26/04	08,10/05	01/06
	hmax (см)	16	40	68
	Дата	01/04	18/05	21/06
о. Котельный	hcp (см)	-1	1	10
	σh (см)	20	21	19
	hmin (см)	-34	-44	-20
	Дата	14/04	07/05	05/06
	hmax (см)	47	66	62
	Дата	04/04	17/05	28/06

На востоке моря Лаптевых по данным станций м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный (рис. 3.8, табл. 3.5) наблюдалось очень неустойчивое состояние уровенной поверхности. При этом отмечалась общая тенденция к росту среднего уровня от апреля к июню, более выраженная от мая к июню: средний уровень на станциях м. Кигилях и пр. Санникова вырос на 23 см, на станции о. Котельный на 9 см. Значительных сгонов на станциях восточной части моря Лаптевых во втором квартале 2017 г. не наблюдалось. Наиболее существенные нагоны отмечались в середине мая и во второй половине июня. 17–18 мая уровень на станции о. Котельный поднялся на 66 см выше среднемноголетнего значения, а на станции м. Кигилях на 60 см. 21 июня на станциях м. Кигилях и пр. Санникова уровень поднялся на 72 см и 68 см соответственно выше среднего.

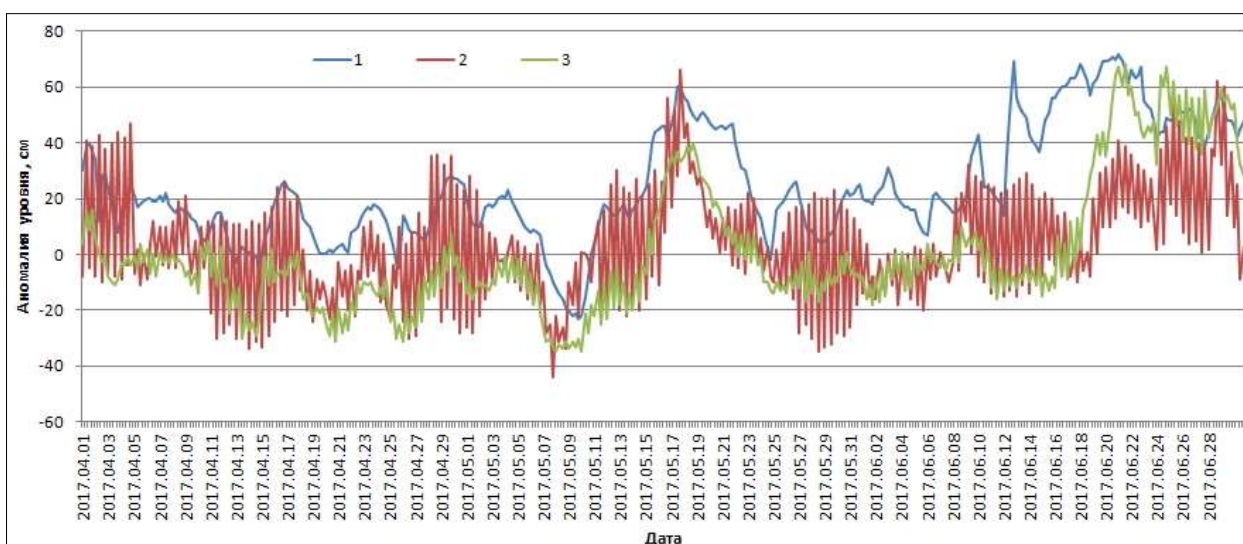


Рис. 3.8. Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в апреле – июне 2017 г.

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

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях во втором квартале 2017 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 апреля по июнь 2017 г. Расчеты морского волнения осуществлялись с использованием спектрально-параметрической модели, разработанной в ЛО ГОИНе и модифицированной в ААНИИ. Положение кромки льда при расчетах задавалось по ежедневным спутниковым многоканальным микроволновым данным (SSM/I) и уточнялось по данным реанализа сплоченности льда ААНИИ. Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море во втором квартале 2017 г.

Месяц	Высота волн, м					
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6
Апрель	–	5	9	7	8	1
Май	–	7	13	5	6	–
Июнь	–	7	16	3	4	–
Итого	–	19	38	15	18	1

Как видно из таблицы 3.6, во втором квартале 2017 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 2 до 3 м. Наиболее штормовым месяцем стал апрель, в котором максимальная расчетная высота волн на акватории Баренцева моря превысила 5 м (4 апреля, 12 ч UTC).

На рисунке 3.9, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 18 ч UTC 09 апреля 2017 г.

Карское море стало открываться в конце мая у западного побережья п-ва Ямал. К концу июня область чистой воды занимала почти половину моря. Расчетная высота волны на чистой воде в июне в основном была до 2 м, максимальная высота не превышала 2,5 м (30 июня).

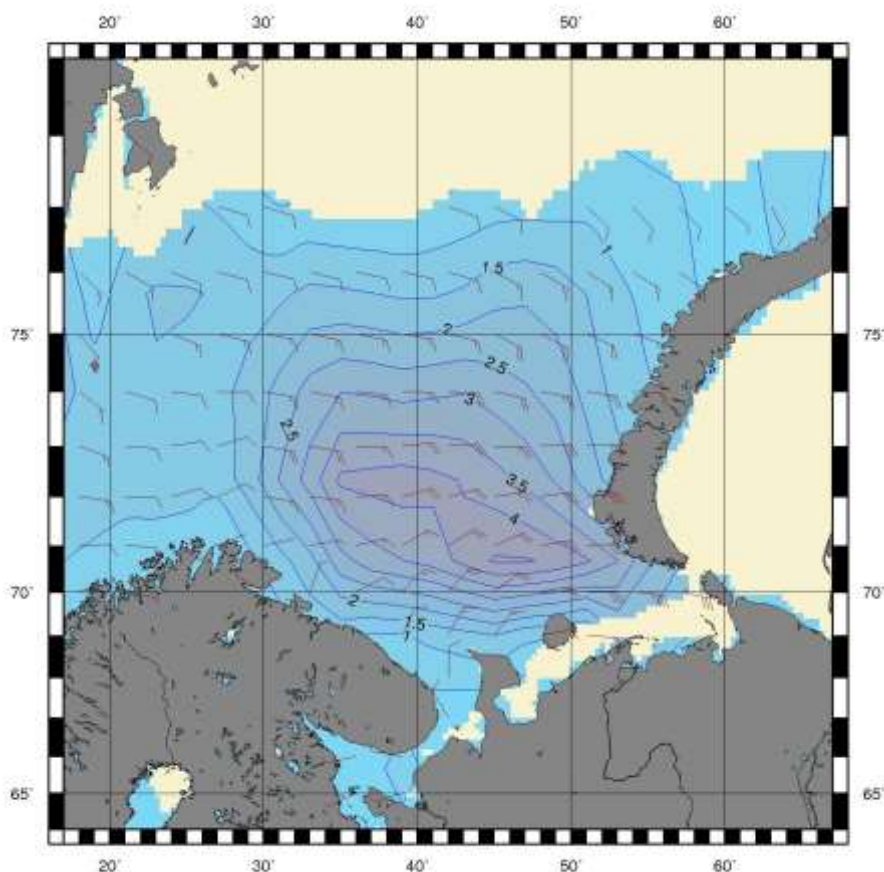


Рис. 3.9. Поле ветра и высот волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 09 апреля 2017 г.

В таблице 3.7 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Карского моря во втором квартале 2017 г., а на рис. 3.10 в качестве примера приведено поле ветра и высот волн H_s в Карском море на 06 ч UTC 30 июня 2017 г.

Таблица 3.7

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Карском море во втором квартале 2017 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Май (с 25 мая)	7	–	–
Июнь	14	15	1
Итого	21	15	1

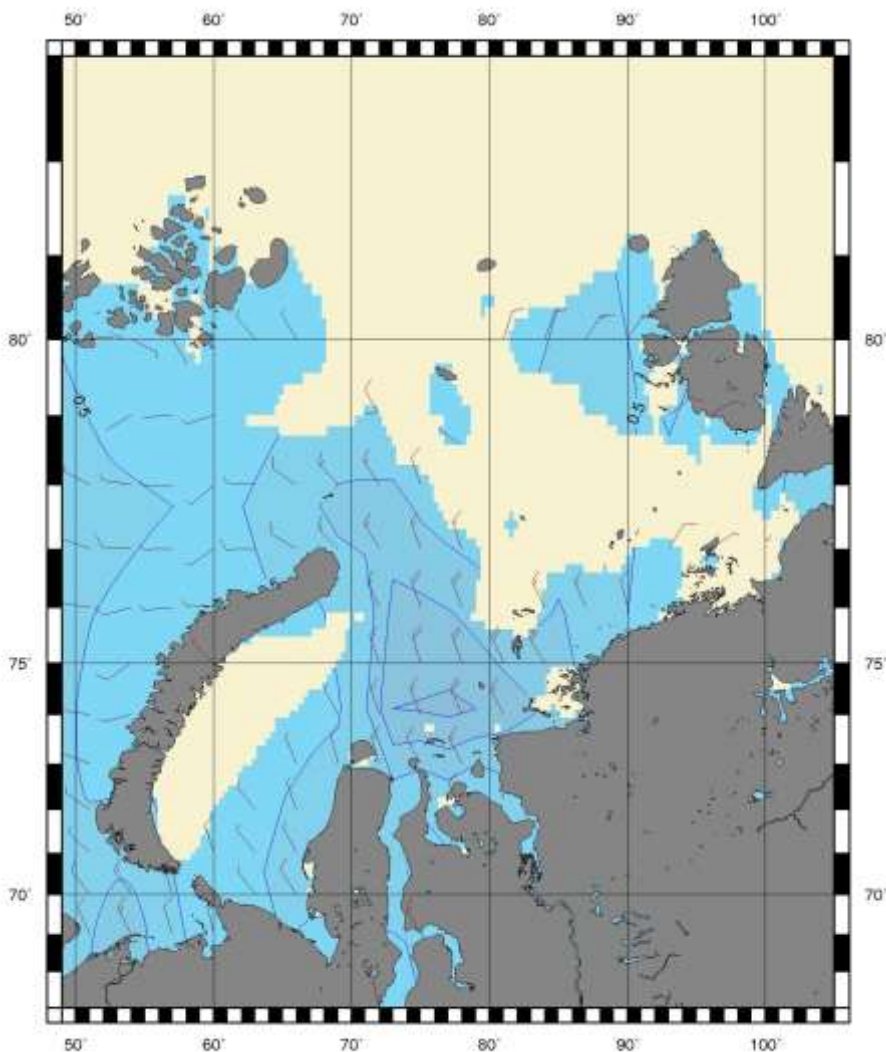


Рис. 3.10. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Карском море на 06 ч UTC 30 июня 2017 г.

Море Лаптевых в апреле и мае было покрыто льдом. В начале июня в море Лаптевых образовалась небольшая область чистой воды к северу от Новосибирских о-вов, которая в течение месяца постепенно расширялась. Расчетная высота волны на чистой воде в основном была до 1 м, максимальная высота не превышала 2,5 м (18 июня 06, 12 и 18 ч).

Восточно-Сибирское море до середины мая было покрыто льдом. Во второй половине мая образовалась область чистой воды в южной части моря к северу от кромки припая. В начале июня появляется вторая небольшая область чистой воды севернее Новосибирских о-вов, которая расширялась в течение месяца. Расчетная высота волны на чистой воде в основном была до 1 м, максимальная расчетная высота волн севернее Новосибирских о-вов не превышала 3 м (29 июня 00 и 06 ч). В таблице 3.8 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Восточно-Сибирского моря во втором квартале 2017 г.

Таблица 3.8

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Восточно-Сибирском море во втором квартале 2017 г.

Месяц	Высота волн, м		
	0–1	1–2	2–3
Май (с 20 мая)	12	–	–
Июнь	18	9	3
Итого	30	9	3

Чукотское море стало открываться в середине мая (в восточной части, у побережья США), а к концу июня область чистой воды доходила до 72° с.ш. Высота волны в основном была от 1 до 2 м, максимальная высота не превышала 4 м (11, 23–25 июня), что на 1 м выше, чем во втором квартале 2016 г. В таблице 3.9 приведены сведения о распределении высот волн H_s на чистой воде для Чукотского моря, а на рисунке 3.11 в качестве примера приведено поле ветра и высот волн H_s в Чукотском море на 00 ч UTC 24 июня 2017 г.

Таблица 3.9

Повторяемость (число дней) различных градаций высот волн (H_s) в Чукотском море во втором квартале 2017 г.

Месяц	Высота волн, м			
	0–1	1–2	2–3	3–4
Май (с15 мая)	8	9	–	–
Июнь	5	16	4	5
Итого	13	25	4	5

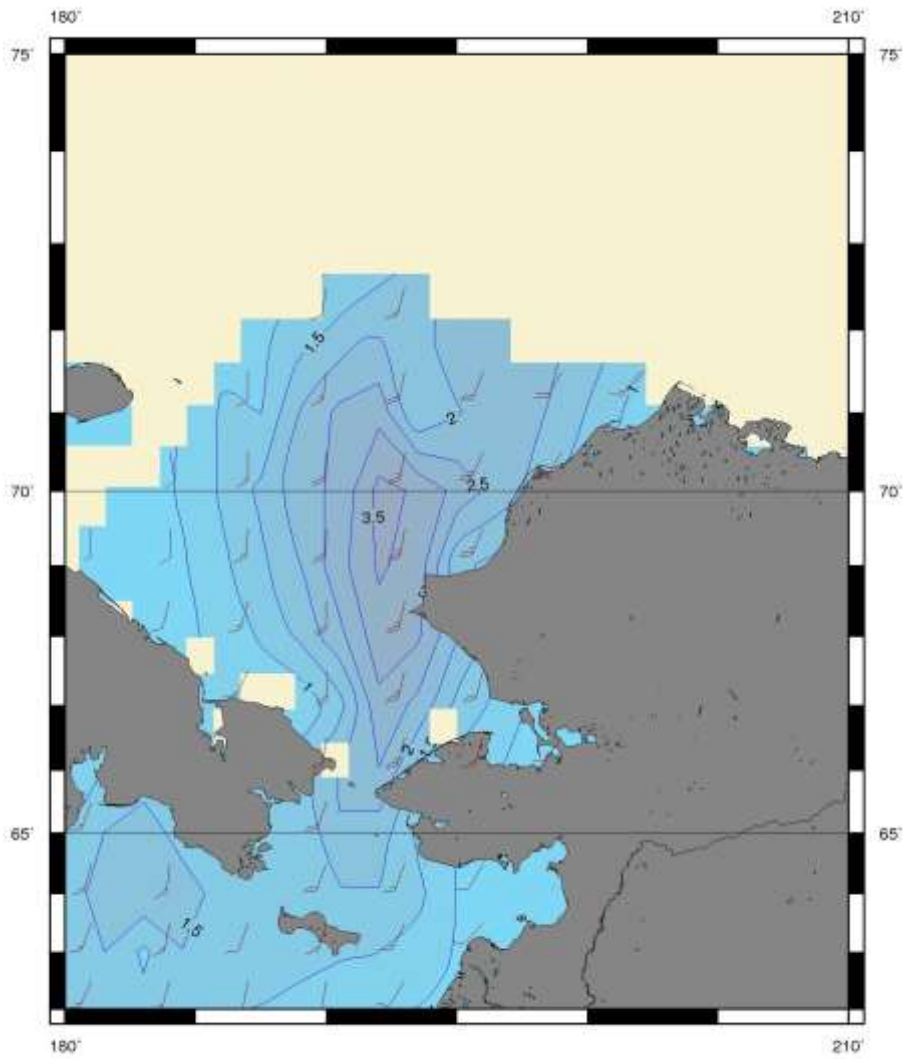


Рис. 3.11. Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Чукотском море на 00 ч UTC 24 июня 2017 г.