

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

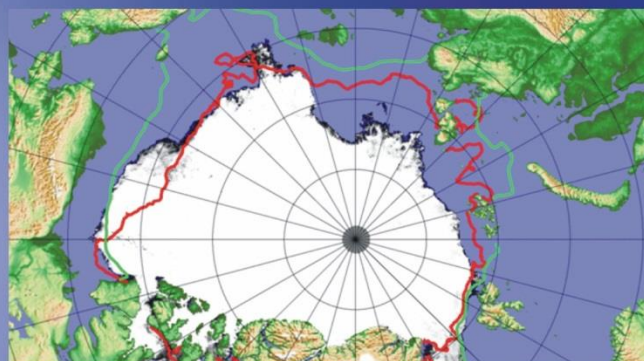


Государственный научный центр РФ
Арктический и антарктический научно-
исследовательский институт

ОБЗОР

гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане

I квартал 2019





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Метеорологические условия в Северной полярной области в январе — марте 2019 г.....	4
1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария	4
1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области	17
2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе — марте 2019 года	24
3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2019 г.....	38
3.1. Термохалинные условия.....	38
3.2 Уровень арктических морей.....	41
3.3 Ветровое волнение на акватории арктических морей в 1 квартале 2019 г.....	48
3.4 Обзор распределения гидрохимических характеристик	49



ВВЕДЕНИЕ

Настоящий обзор содержит описание особенностей развития метеорологических, ледовых и гидрологических процессов в Северном Ледовитом океане и его морях в первом квартале (январь — март) 2019 года. 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 (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 ГУ «АНИИ» чл.-кор. РАН, д.г.н. Фроловым И.Е. Подготовку и оформление обзора осуществляли вед. инженер отдела ледового режима и прогнозов Сороко С.О и науч.сотр. Павлова Е.А.

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



1. Метеорологические условия в Северной полярной области в январе — марте 2019 г.

1.1. Мониторинг крупномасштабных атмосферных процессов в полярном районе Северного полушария

В настоящем разделе приводятся основные результаты мониторинга развития атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба и связанных с ними изменений метеорологических условий в полярном районе Северного полушария за период с января по март 2019 года.

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.

В результате мониторинга процессов различного пространственно-временного масштаба с января по март 2019 г. были выявлены следующие особенности их развития.

Фоновые особенности развития крупномасштабных атмосферных процессов за первый квартал 2019 года представлены в таблице 1.1.1 в виде среднемесячных значений числа дней с основными формами и типами циркуляции по классификации Г.Я. Вангенгейма — А.А. Гирса и карт средних полей геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа, приземного давления и температуры воздуха и их аномалий.

Таблица 1.1.1

Значения числа дней с формами и типами циркуляции и их отклонения от нормы в период январь — март 2019 г.

Показатель	Индексы циркуляции атмосферы					
	Форма			Тип		
	W	C	E	3	M ₁	M ₂
Число дней	31	35	24	9	23	58
Аномалия	0	15	-15	-15	7	8

В период с января по март 2019 г. атмосферные процессы в Северной полярной области развивались с аномально-повышенной повторяемостью в первом секторе меридиональных процессов формы циркуляции С.

Процессы данной формы превысили норму на 15 дней и составили 35 дней.

Во втором секторе наиболее высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа М₂. Данные процессы отмечались 58 дней, что выше нормы на 8 дней. Процессы данного типа преобладали в январе и марте. В феврале наибольшую повторяемость имели процессы типа М₁.

Анализ процессов показал, что в январе — марте 2019 г. выделяется ряд естественных стадий с однонаправленным развитием крупномасштабных атмосферных процессов.

Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период с января по март 2019 г. представлен на рисунке 1.1.1.

Схема развития и перестройки крупномасштабных атмосферных процессов в Северном полушарии с января по март 2019 г. выглядит следующим образом:

$$\text{Январь } (C+E)_{M2} \rightarrow \text{Февраль } (W+C)_{M1} \rightarrow \text{Март } (W+C)_{M2}$$

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

Изменения средних месячных значений аномалий давления от месяца к месяцу в центральном полярном районе Арктики представлены на рисунке 1.1.2.

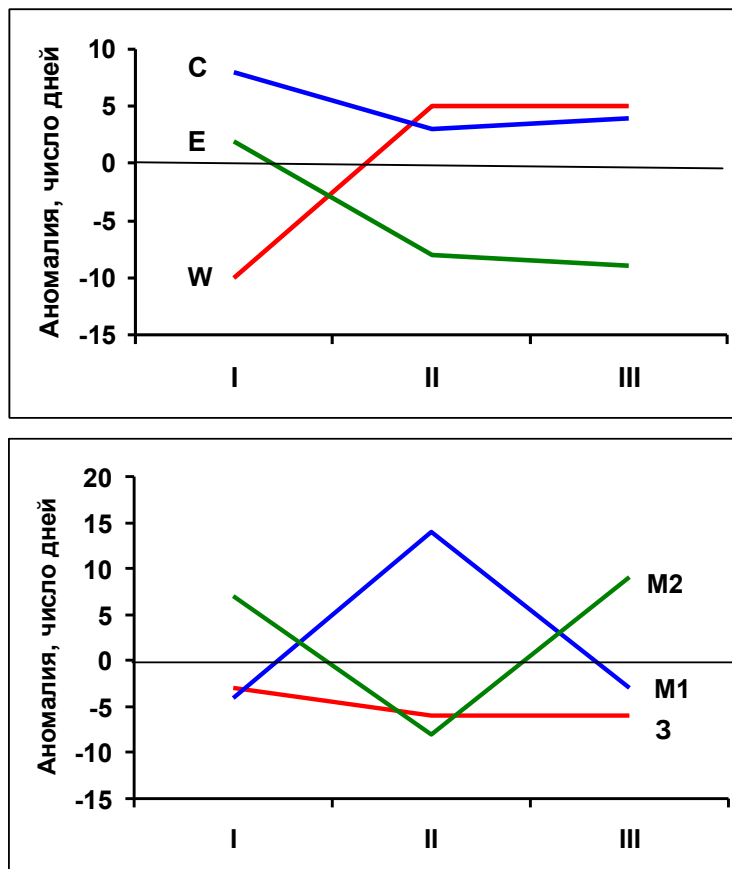


Рис. 1.1.1. Ход среднемесячных значений аномалий числа дней с основными формами и типами циркуляции атмосферы в период январь – март 2019 г.

W – западная форма, E – восточная форма, C – меридиональная форма, 3 – зональный тип, M_1 – первый меридиональный тип, M_2 – второй меридиональный тип

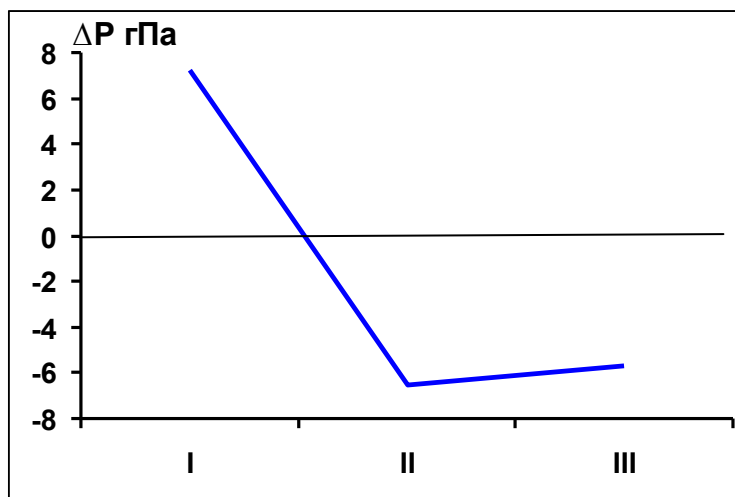


Рис. 1.1.2. Средние месячные значения аномалий давления (гПа) в январе — марте 2019 г. в полярном районе Арктики

В январе под влиянием арктического антициклона преобладали положительные аномалии давления. Циклоны смещались по низкоширотным траекториям и не оказывали существенного влияния на полярный район.

В феврале и марте, при высокоширотном смещении циклонов в Арктику, фон давления понизился до отрицательных аномалий.

Изменения среднемесячных значений аномалий температуры по полярному району представлены с января по март 2019 г. представлены на рисунке 1.1.3.

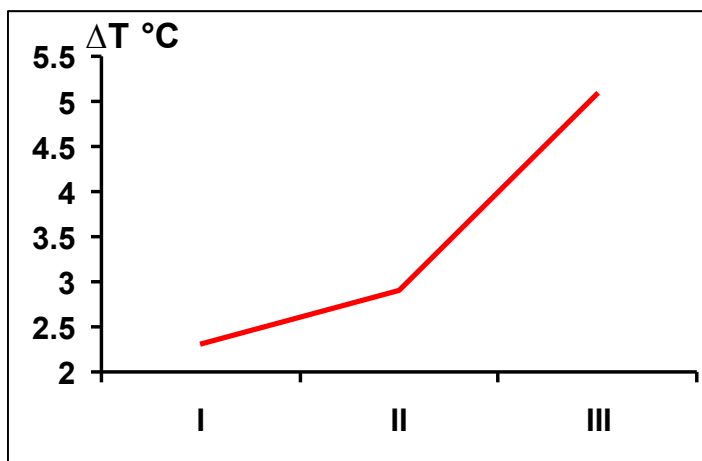


Рис. 1.1.3. Средние месячные аномалии температуры воздуха (°C) в широтном поясе 70 — 85° с.ш. в январе — марте 2019 г.

В среднем за первый квартал 2019 г. фон температуры над полярным районом оставался аномально высоким. Наиболее резкое повышение температуры отмечалось в марте, когда фон температуры с положительными аномалиями повысился до значения 5,1 °C (см. рис. 1.1.3).

По сравнению с первым кварталом прошлого года фон температуры в этом году в полярном районе понизился на 0,9 °C.

Анализ структурных особенностей развития атмосферных процессов в первом квартале 2019 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 январе — марте 2019 г. и их влияние на структуру термобарических полей в отдельных районах Арктики представлены ниже.

В январе 2019 г. основной центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе Канады. Полярный район Арктики находился под влиянием высотных гребней с Северной Атлантики и американского континента, который блокировал выходы циклонов в полярный район Арктики (рис. 1.1.4).

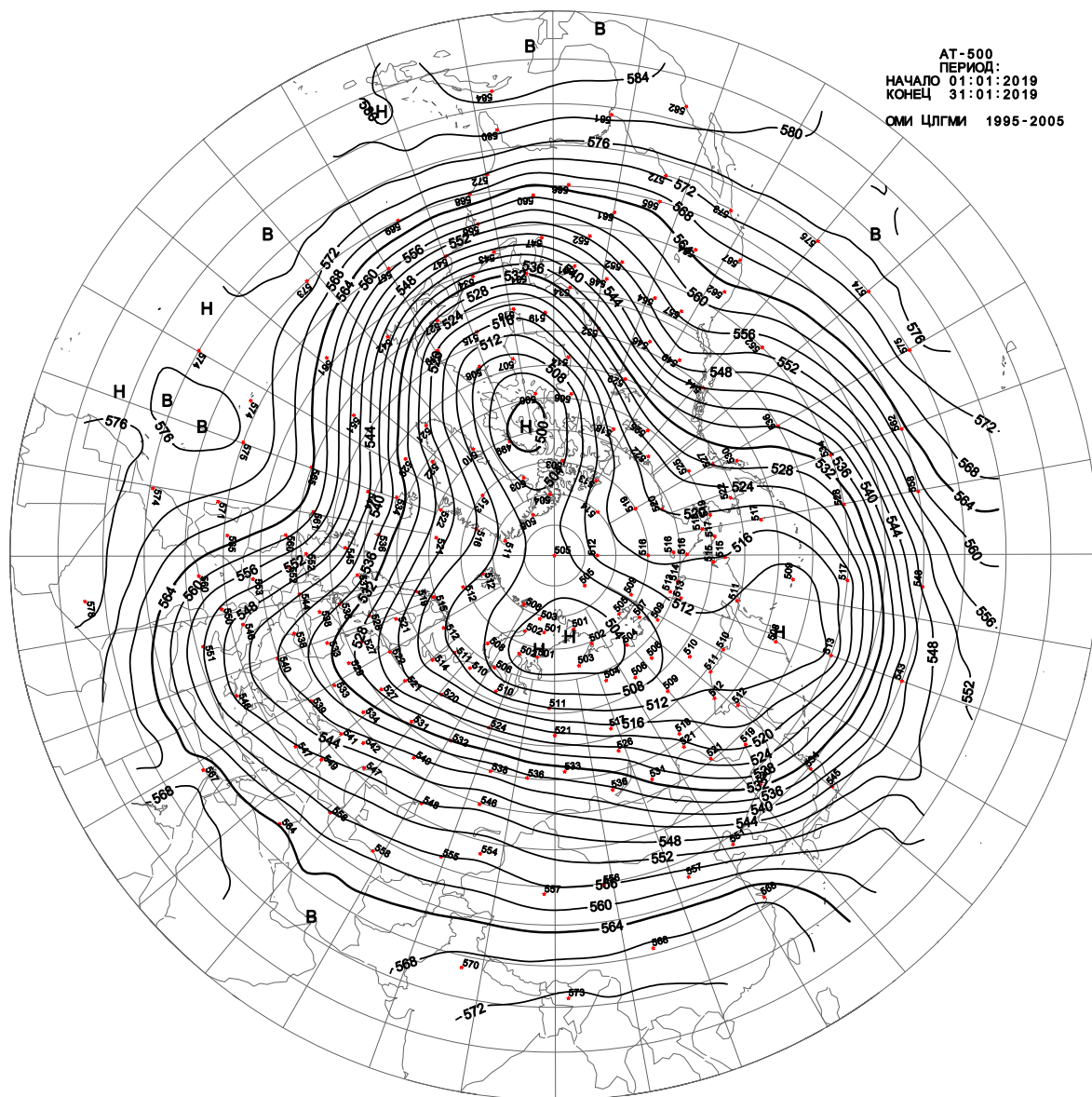


Рис. 1.1.4. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в январе 2019 г.

В *первом секторе* отмечалась повышенная повторяемость крупномасштабных атмосферных процессов меридиональной формы циркуляции. Над Северной Атлантикой располагался обширный антициклон, гребень которого был часто ориентирован в Арктику. Неглубокие циклоны в системе исландского минимума смещались через полярный район по высокоширотным траекториям на континентальную часть Европы.

Фон давления в приатлантическом и в приполюсном районах был выше нормы (рис. 1.5.1).

При воздушных потоках юго-восточных направлений с отходами к юго-западу в данном секторе Арктики сформировался фон температуры выше нормы до 3 — 4 °С. Наиболее устойчивые положительные аномалии среднемесячной температуры отмечались в районе юго-западной части Карского моря.

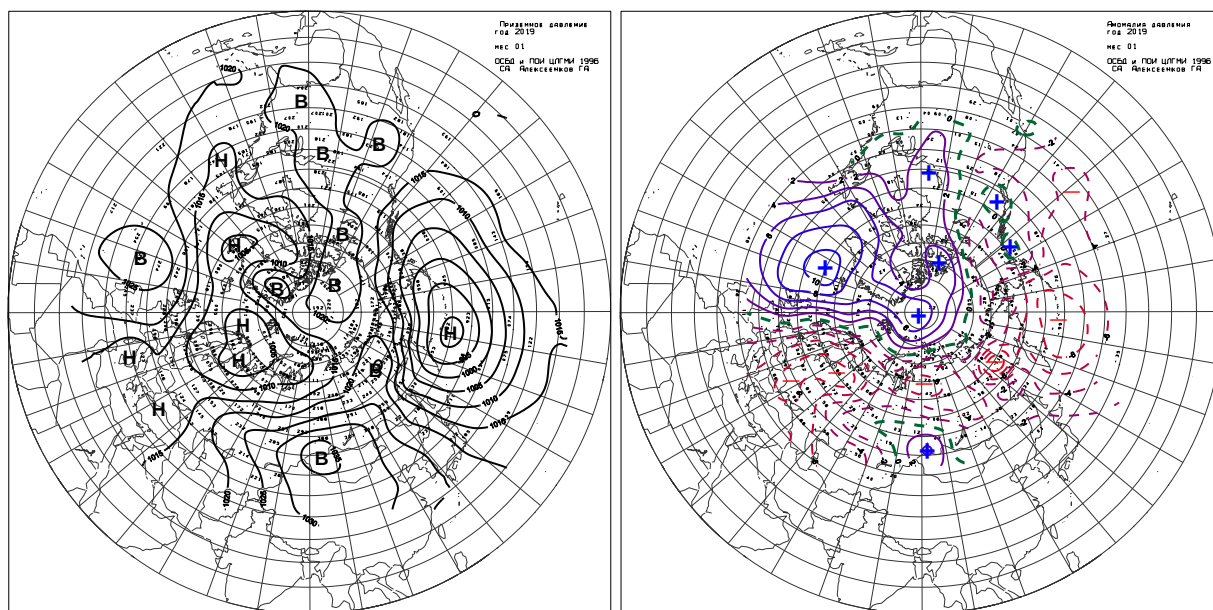


Рис. 1.1.5. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в январе 2019 г. (гПа)

Во втором (тихоокеано-американском) секторе аномально повышенную повторяемость имели процессы типа М₂. Характерной особенностью развития данного макропроцесса явилось усиление арктического и американского антициклонов.

Вследствие этого циклоны в системе алеутского минимума смещались в широтном направлении по сравнению с нормой по низкоширотным траекториям южнее алеутских островов и не оказывали существенного влияния на данный сектор полярного района Арктики. При преобладающих воздушных потоках юго-восточных и восточных направлений сформировался температурный фон выше нормы на 1 — 2 °С (рис. 1.1.6).

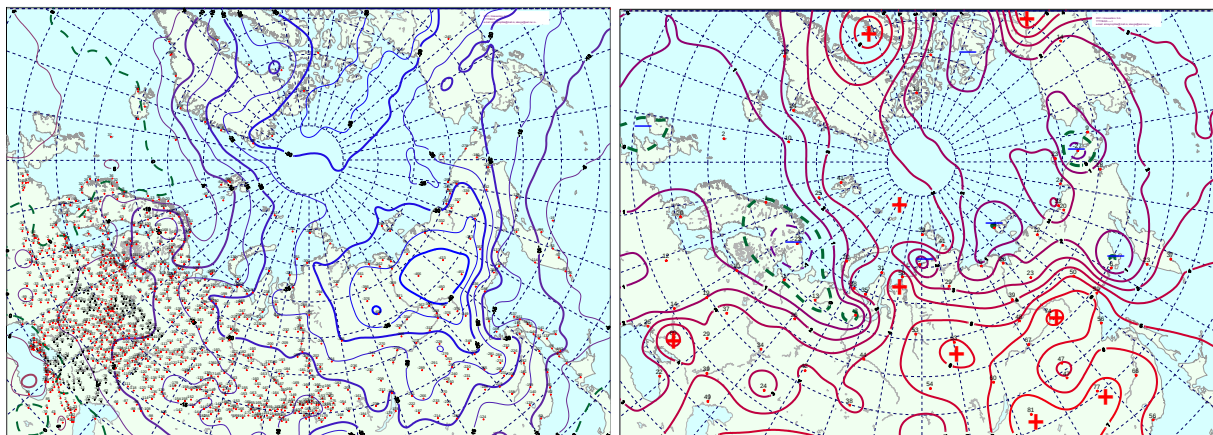


Рис. 1.1.6. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в январе 2019 г., (°C)

В *феврале 2019 г.* центр циркумполярного вихря (ЦПВ) на изобарической поверхности 500 гПа располагался в районе севернее Новосибирских островов. Две его основные ложбины были ориентированы на Канаду и Охотское море (рис1.1.7).

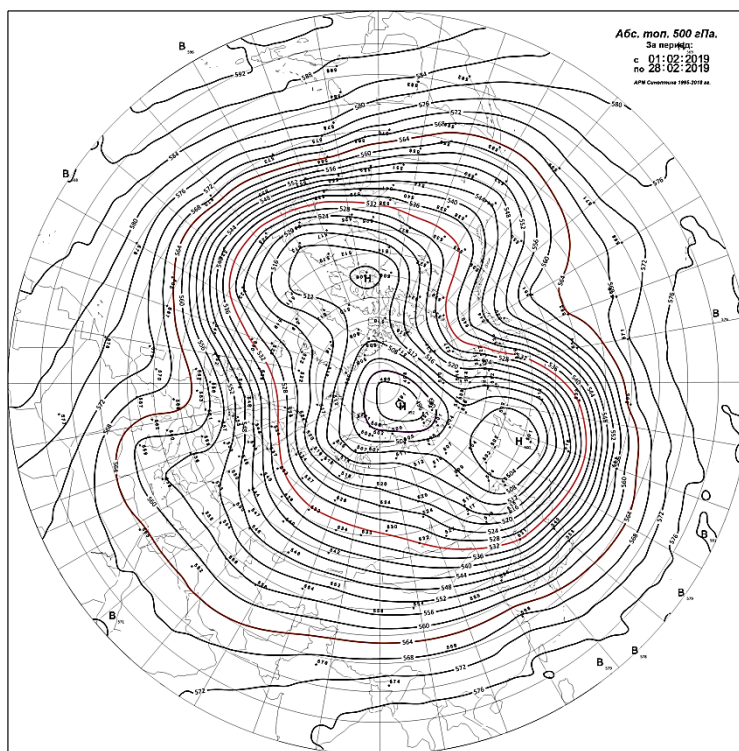


Рис. 1.1.7. Поля среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в феврале 2019 г.

В *первом секторе* в направленности крупномасштабных атмосферных процессов произошла перестройка от меридиональной к зональной циркуляции. В феврале отмечалось преобладание атмосферных процессов западной форм циркуляции. Циклоны Северной Атлантики в системе исландского минимума смещались в зональном направлении. По сравнению с январем циклоны в центральный район Арктики смещались

по более высокоширотным траекториям. Вследствие чего фон давления понизился от положительных до отрицательных аномалий. Наиболее высокие значения аномалий до 8 — 10 гПа отмечались в районе моря Лаптевых.

При устойчивых воздушных потоках западных и юго-западных направлений фон температуры в этом секторе Арктики был выше нормы на 2 — 4 °С.

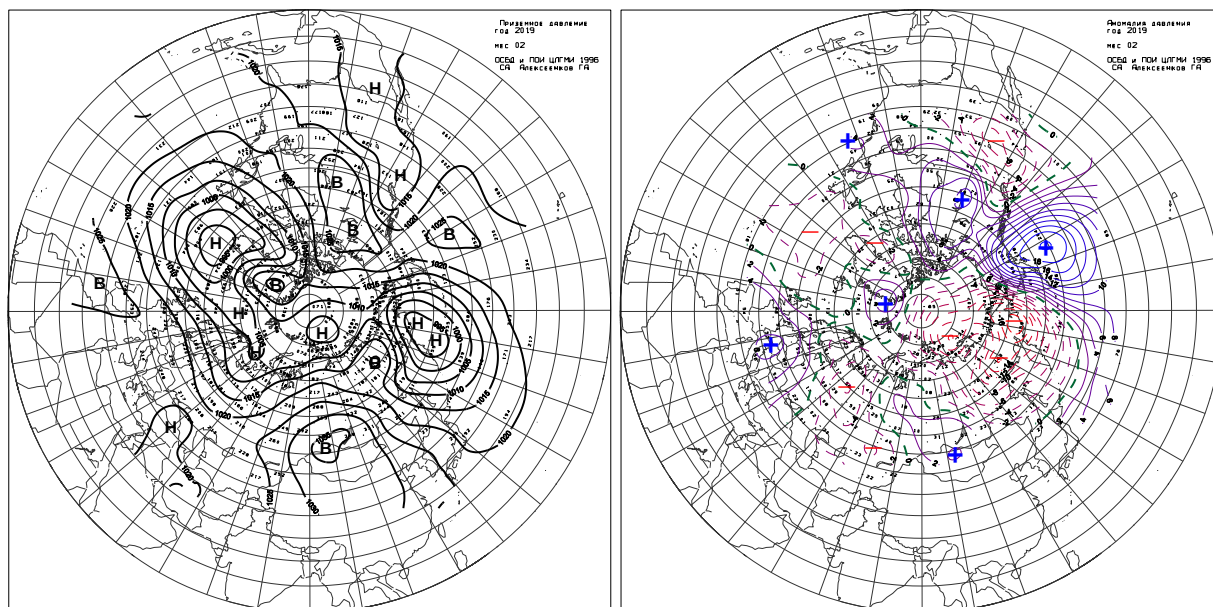


Рис. 1.1.8. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в феврале 2019 г., (гПа)

Во *втором секторе* произошла перестройка в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от типа M_2 циркуляции к типу M_1 . Под влиянием блокирующего гребня антициклона в восточной части Тихого океана циклоны в системе алеутского минимума смещались, по сравнению с нормой, по высокоширотным траекториям с северо-восточной составляющей в Берингово море. Под их влиянием в восточном секторе Арктики фон давления сменил знак от положительных к отрицательным значениям аномалий давления.

При усилении адвекции теплых воздушных масс с юга из Тихого океана фон с положительными значениями аномалий температуры повысился. В Чукотском море сформировались наиболее крупные положительные аномалии температуры со значениями до 13 — 15 °С (см. рис.1.1.9).

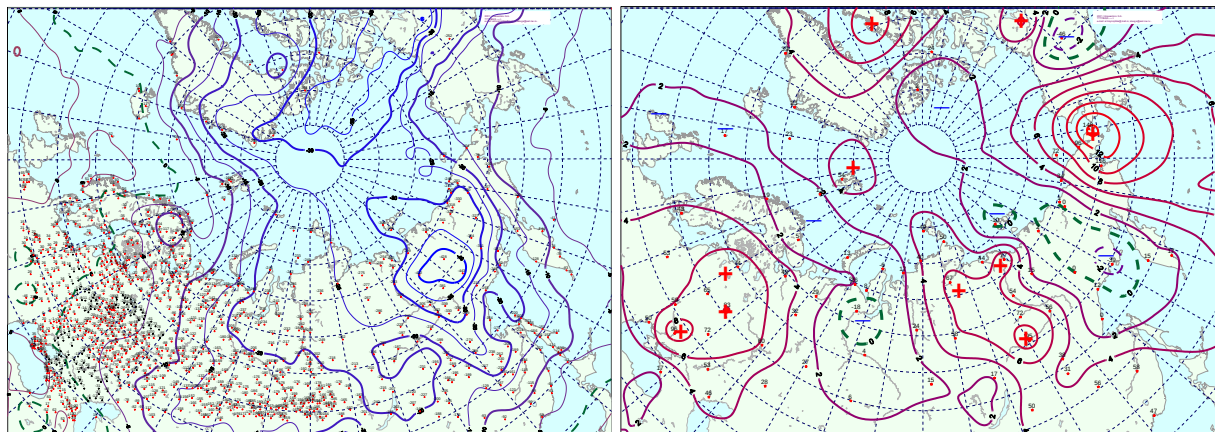


Рис. 1.1.9. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в феврале 2019 г., (°C)

В *марте 2019 г.* основной центр ЦПВ на изобарической поверхности 500 гПа сместился от Новосибирских островов на север Гренландии. ВФЗ располагалась севернее своего многолетнего положения. Вследствие этого в приземном поле циклоны смещались по высокоширотным траекториям в полярный район Арктики (рис. 1.1.10).

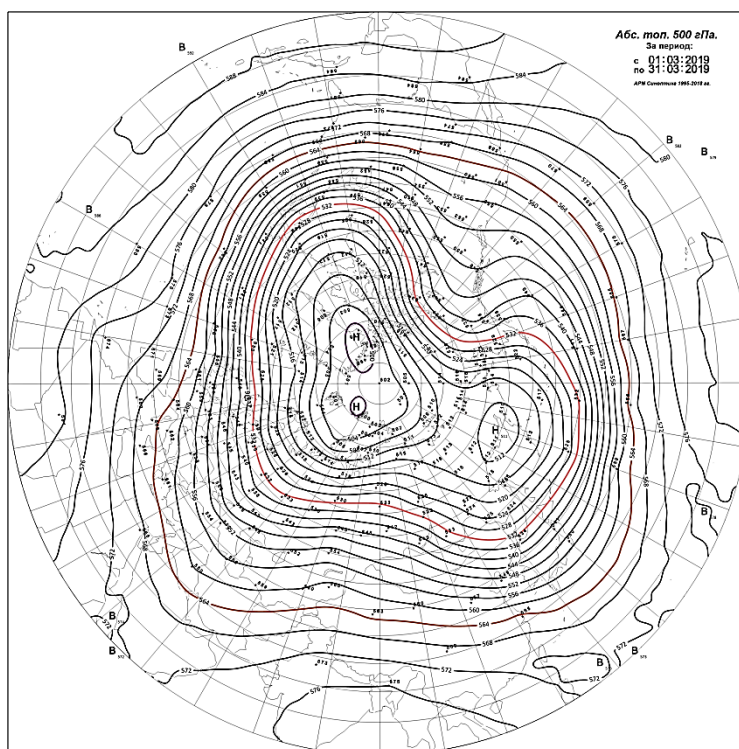


Рис. 1.1.10. Поле среднего геопотенциала (дам) изобарической поверхности 500 гПа в марте 2019 г.

В *первом секторе* наиболее часто отмечалась высокая повторяемость зональных (15 дней) и меридиональных (12 дней) процессов. Число дней с этими формами циркуляции превысили норму соответственно на 5 и 4 дня.

Под влиянием циклонов в системе исландского минимума фон давления в полярном районе был значительно ниже нормы на 14 — 16 гПа.

Фон температуры в полярном районе резко повысился. Наиболее крупные положительные аномалии температуры сформировались под влиянием теплого сектора циклонов в Карском море до значений аномалий 7 — 9 °С (рис. 1.1.11).

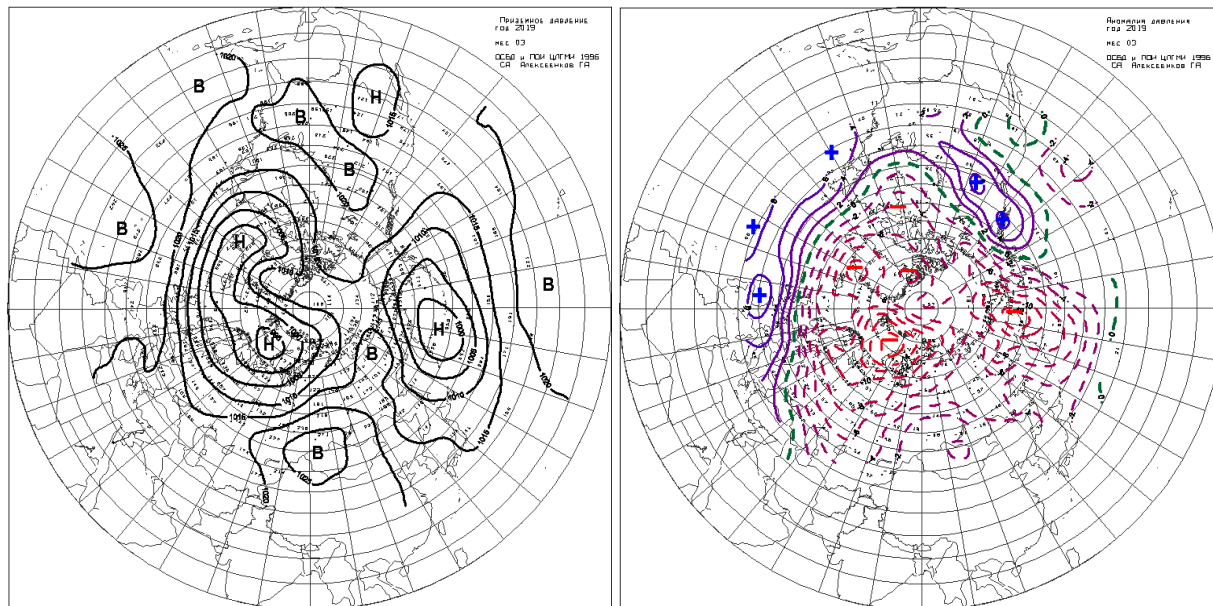


Рис. 1.1.11. Поле среднего приземного давления (слева) и его аномалии (справа) в марте 2019 г. (гПа)

Во *втором секторе* произошла перестройка в направленности крупномасштабных процессов от типа M_1 к типу M_2 . Блокирующий гребень с Тихого океана сместился на континентальную часть Северной Америки.

Наиболее активная циклоническая деятельность наблюдалась в Беринговом и районе Аляски. Под влиянием циклонов фон давления в этом секторе Арктики сформировался ниже нормы.

Фон температуры по сравнению с февралем понизился, особенно в Чукотском море при положительных аномалиях температуры от 10 — 15 до 6 — 8 °С (рис. 1.1.12).

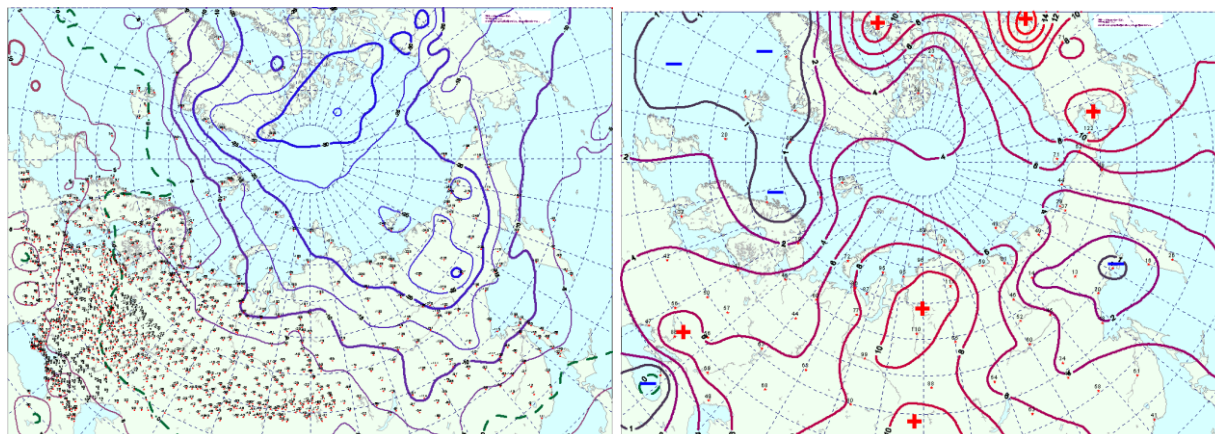


Рис. 1.1.12. Поле средней месячной приземной температуры воздуха (слева) и аномалии температуры (справа) в марте 2019 г., (°C)

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 первой квартале 2019 г. сохранился. Как было показано, основным отличием с прошлым 2018 г., явилось значительное понижение температурного фона в целом по полярному району Арктики.

На рисунке 1.1.13 приводятся фоновые значения, средние за первый квартал 2019 г., аномалий температуры для акваторий морей российской Арктики в сравнение с первым кварталом прошлого 2018 г.

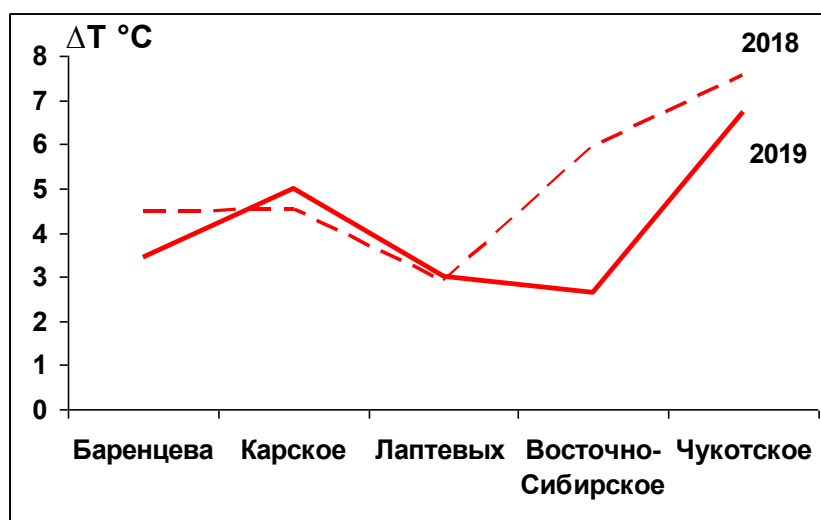


Рис. 1.1.13. Средние за первую декаду значения аномалий температуры воздуха (°C) по акватории морей российской Арктики в 2018 и 2019 гг.

В первом квартале 2019 г. в морях на трассе СМП наиболее аномально высокая температура сформировалась в Чукотском море, а наиболее низкая — в Восточно-Сибирском море.



В морях российской Арктики значительное понижение температурного фона наблюдалось в восточных морях. Наибольшее понижение температурного фона наблюдалось в Восточно-Сибирском море, где по сравнению с первым кварталом прошлого года температура понизилась на 3,3 °С.

Анализ структурных особенностей циркуляции атмосферы внутри каждого месяца в январе — марте 2019 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 января по март 2019 г. представлены в табл. 1.1.2.

Таблица 1.1.2

Каталог макросиноптических процессов по классификации Вангенгейма — Гирса с января по март 2019 г. с внутримесячной детализацией атмосферных процессов по элементарным синоптическим процессам

Январь 2019			Февраль 2019			Март 2019		
ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А	ЭСП	А-Е	Т-А
1–2	С	М ₂	1 — 3	Е	М ₁	1 — 3	С	М ₂
3–7	С	З	4 — 6	W	М ₁	4 — 7	С	М ₂
8–11	С	М ₁	7 — 12	W	М ₁	8 — 10	W	М ₂
12–17	Е	М ₂	13 — 14	Е	М ₂	11 — 12	С	З
18–20	С	М ₂	15 — 17	W	М ₁	13 — 14	W	З
21–24	Е	М ₂	18 — 19	С	М ₂	15 — 18	Е	М ₂
25–29	Е	М ₂	20 — 22	С	М ₁	19 — 25	W	М ₂
30–31	W	М ₁	23 — 24	W	М ₂	26 — 28	С	М ₁
			25 — 26	С	М ₂	29 — 31	W	М ₂
			27 — 28	С	М ₂			
Итого	W 2 (–10)	З 5 (–3)	Итого	W 14 (5)	З 0 (–6)	Итого	W 15 (5)	З 4 (–6)
	С 14 (8)	М ₁ 2 (–4)		С 9 (3)	М ₁ 18 (14)		С 12 (4)	М ₁ 3 (–3)
	Е 15 (2)	М ₂ 24 (7)		Е 5 (–8)	М ₂ 10 (–8)		Е 4 (–9)	М ₂ 24 (9)

Выводы

Обобщая данные мониторинга развития и перестроек крупномасштабных атмосферных процессов и характера их проявления в метеорологических условиях



полярного района Арктики за период январь — март 2019 г., можно сделать следующие выводы.

1. Атмосферные процессы в Северной полярной области развивались на фоне аномально повышенной повторяемости в первом секторе процессов меридиональных (С) формы циркуляции. Во втором секторе наиболее высокую повторяемость имели меридиональные процессы типа M_2 .
2. В средней тропосфере на изобарической поверхности H_{500} в январе под влиянием высотных гребней центр планетарного циркумполярного вихря имел два центра. В феврале центр ЦПВ располагался севернее Новосибирских островов. В марте его центр сместился на север Гренландии.
3. Циклоны в системе исландского минимума смещались в январе по низкоширотным траекториям и не оказывали существенного влияния на полярный район. В феврале и марте преобладали процессы с высокоширотными траекториям циклонов.
4. В среднем за квартал фон давления в Арктике был выше нормы в январе и ниже нормы в феврале и марте. Крайне высокие отрицательные значения аномалий давления отмечались в марте (10 — 14 гПа).
5. В среднем за период январь — март 2019 г. над полярным районом преобладала устойчивая адвекция теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воздуха. По сравнению с прошлым годом, в среднем по полярному району аномалия температуры воздуха в первом квартале 2019 г. ниже, чем в первом квартале прошлого 2019 г. на 0,9 °С.
6. В первом квартале 2019 г. в морях на трассе СМП наиболее аномально высокая температура сформировалась в Чукотском море, а наиболее низкая — в Восточно-Сибирском море. По сравнению с первым кварталом прошлого года наибольшее понижение температурного фона наблюдалось в Восточно-Сибирском море, где температура понизилась на 3,3°С.

1.2 Мониторинг метеорологических параметров в Северной полярной области

В настоящем разделе приводятся оценки изменения температуры воздуха по районам Северной полярной области (рис.1.2.1) и арктическим морям. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступавшие с дрейфующих буев МПАБ.

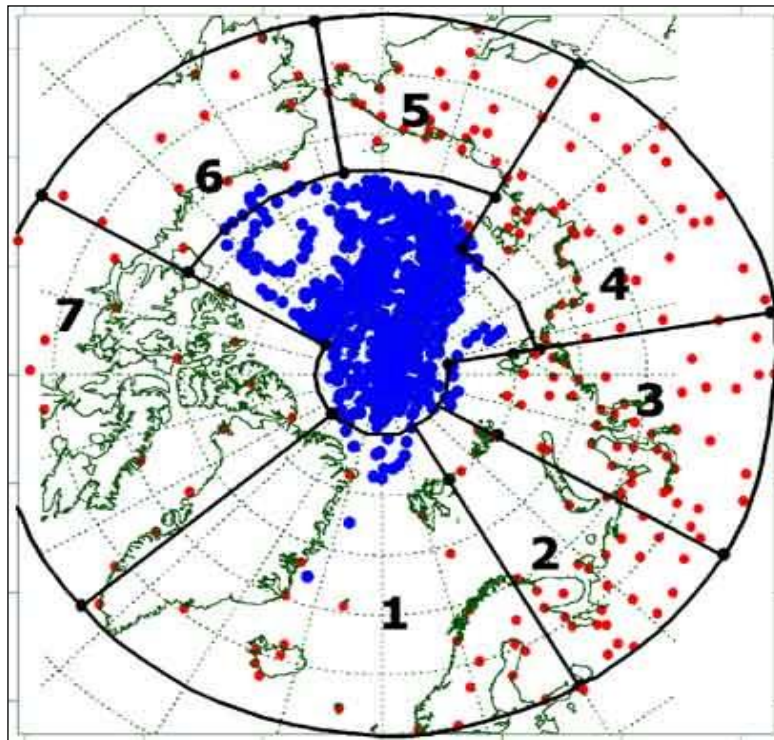


Рис. 1.2.1. Сеть метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов

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 зимнего сезона рассматривался период с декабря 2018 г. по февраль 2019 г.

Оценка аномалий средней температуры воздуха за зимний сезон 2018/19 года по отдельным широтным зонам представлена в табл.1.2.1. В целом по широтной зоне 60 — 85° с.ш. аномалия температуры воздуха составила 3,0 °С и прошедшая зима стала четвертой по рангу теплых лет за период с 1936 г. Самая теплая зима отмечалась в 2018 г.



с аномалией температуры 4,5 °С. В широтной зоне 70 — 85° с.ш. аномалия температуры составила 3,5 °С, а в широтной зоне 60 — 70° с.ш. 2,6 °С. Прошедший сезон в этих широтных зонах стал четвертым теплым сезоном по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.2.1

Аномалии температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.), осредненные по территории СПО и по широтным зонам, в среднем за зимний сезон 2018/19 г.

Широтная зона, °с.ш.	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
70 — 85	3,5	4	2018 (5,6)	1966 (–2,2)
60 — 70	2,6	4	2016 (3,7)	1966 (–2,7)
60 — 85	3,0	4	2018 (4,5)	1966 (–2,5)

Сопоставление значений пространственно осредненных по территориям климатических районов аномалий температуры воздуха обнаружило крупные положительные аномалии температуры в центральной части азиатского сектора и в западной части североамериканского сектора СПО (табл.1.2.2, рис.1.2.2). Значения пространственно осредненных по территориям районов аномалий составили: в Восточносибирском 4,1 °С и Аляскинском 5,1 °С. Для этих районов прошедшая зима оказалась соответственно второй и четвертой по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.2.2

Аномалии температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) в зимнем сезоне 2018/19 г. для отдельных районов СПО, °С

Климатический район	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Атлантический	2,0	13	2014 (3,9)	1966 (–2,4)
Североевропейский	3,2	16	1937 (6,5)	1979 (–4,4)
Западносибирский	3,4	14	2012, 2016 (7,6)	1969 (–5,6)
Восточносибирский	4,1	2	2016 (4,6)	1966 (–4,5)
Чукотский	1,5	16	2018 (6,7)	2002 (–2,3)
Аляскинский	5,1	4	2018 (6,1)	1965 (–5,6)
Канадский	1,8	13	2010 (5,0)	1972 (–3,6)

На метеорологических станциях в районах арктических морей и на территории суши севернее 70° с.ш. отмечались преимущественно положительные аномалии температуры воздуха (рис.1.2.2).

Крупные положительные аномалии наблюдались на станциях северной части Баренцева и Карского морей, а также в прибрежной части моря Бофорта. Здесь на станциях аномалии температуры воздуха достигали 6 — 9 °С.

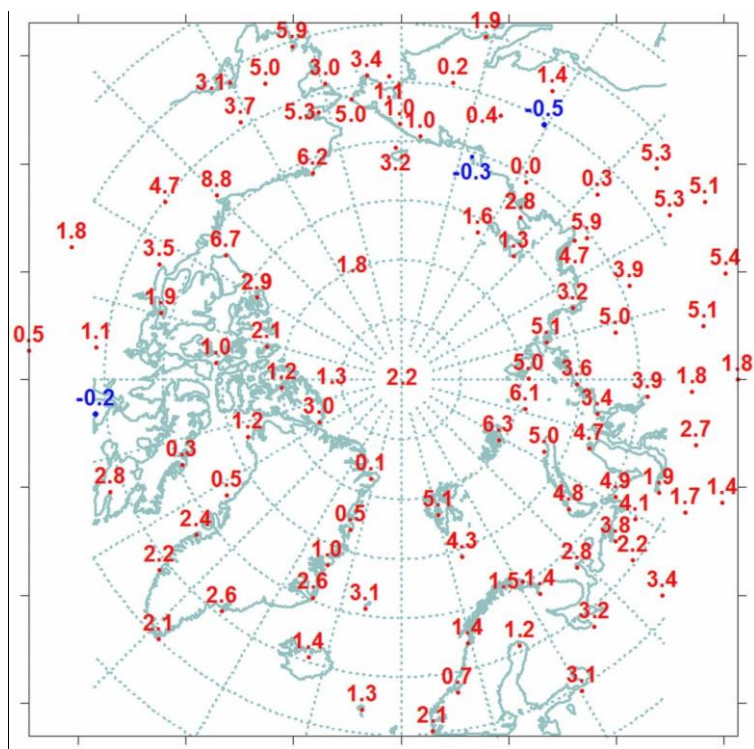


Рис. 1.2.2. Аномалии средней температуры воздуха зимнего сезона 2018/19 г. на станциях Северной полярной области, °C

В целом, по району моря Бофорта, пространственно осредненная аномалия составила 6,2 °C (табл.1.2.3). Зима 2018/19 г. в районе моря Бофорта оказалась второй по рангу теплых лет с 1936 г.

Таблица 1.2.3

Аномалии средней температуры воздуха (отклонение от нормы за 1961–1990 гг.) зимнего сезона 2018/19 г. на территории севернее 70° с.ш.

Море, часть климатического района	Аномалия	Ранг аномалии	Наиболее теплый год (аномалия)	Наиболее холодный год (аномалия)
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	2,4	16	2014 (6,1)	1966 (–2,7)
Баренцево море	3,9	16	1937 (7,6)	1979 (–3,4)
Карское море	4,7	15	1945 (9,8)	1979 (–5,9)
Море Лаптевых	3,4	7	2012 (4,6)	1979 (–4,4)
Восточно-Сибирское море	1,4	15	2018 (6,5)	1966 (–3,3)
Чукотское море	3,1	9	2018 (8,8)	1939 (–3,4)
Море Бофорта	6,2	2	2018 (6,3)	1966 (–3,1)
Северная часть Канадского района	1,6	15	2010 (5,0)	1949 (–3,6)

Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60 — 85 °с.ш. представлены



на рис. 1.2.3, а для районов арктических морей и территории суши севернее 70° с.ш. на рис. 1.2.4.

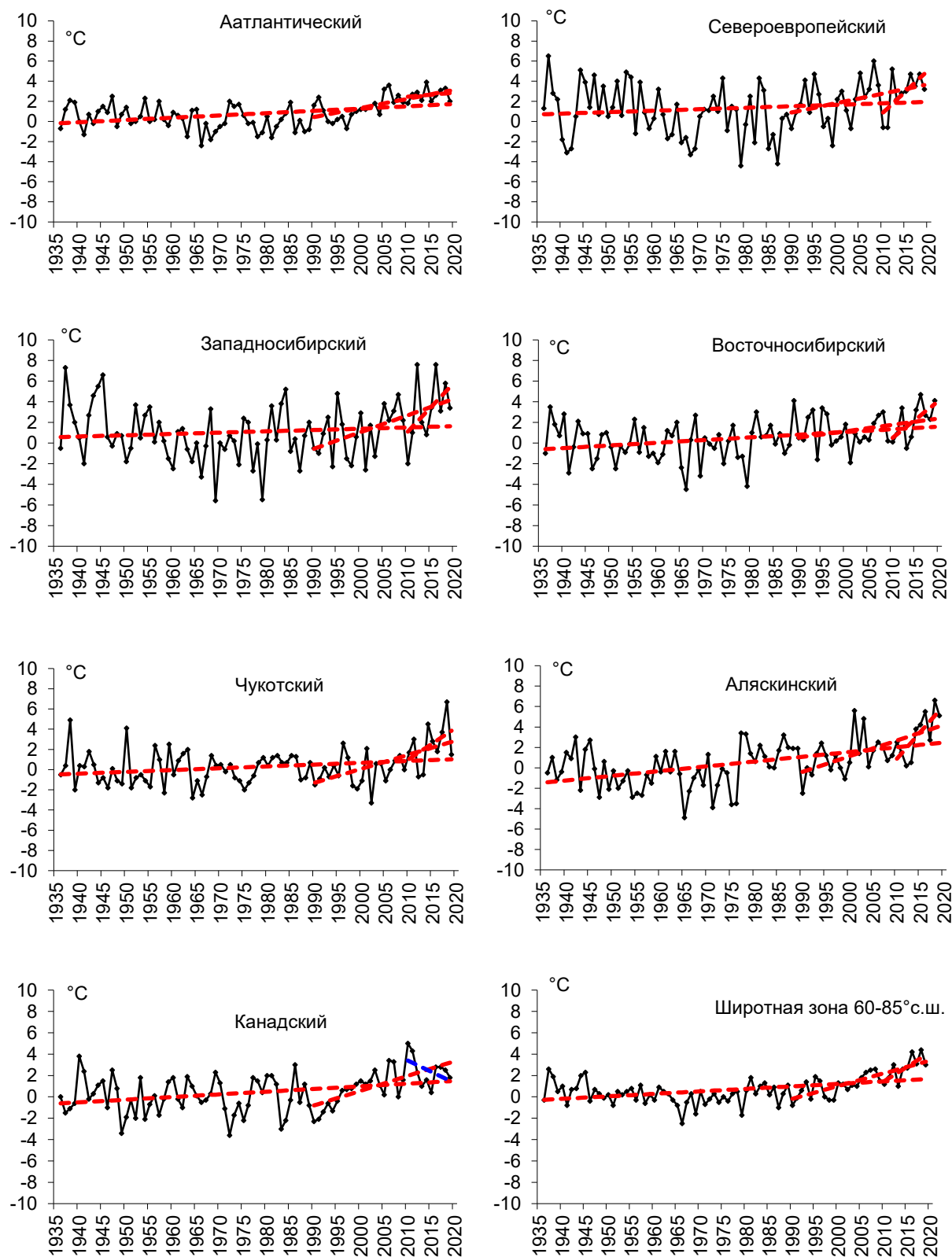


Рис. 1.2.3. Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для отдельных районов и широтной зоны $60 - 85^{\circ}$ с.ш., $^{\circ}\text{C}$

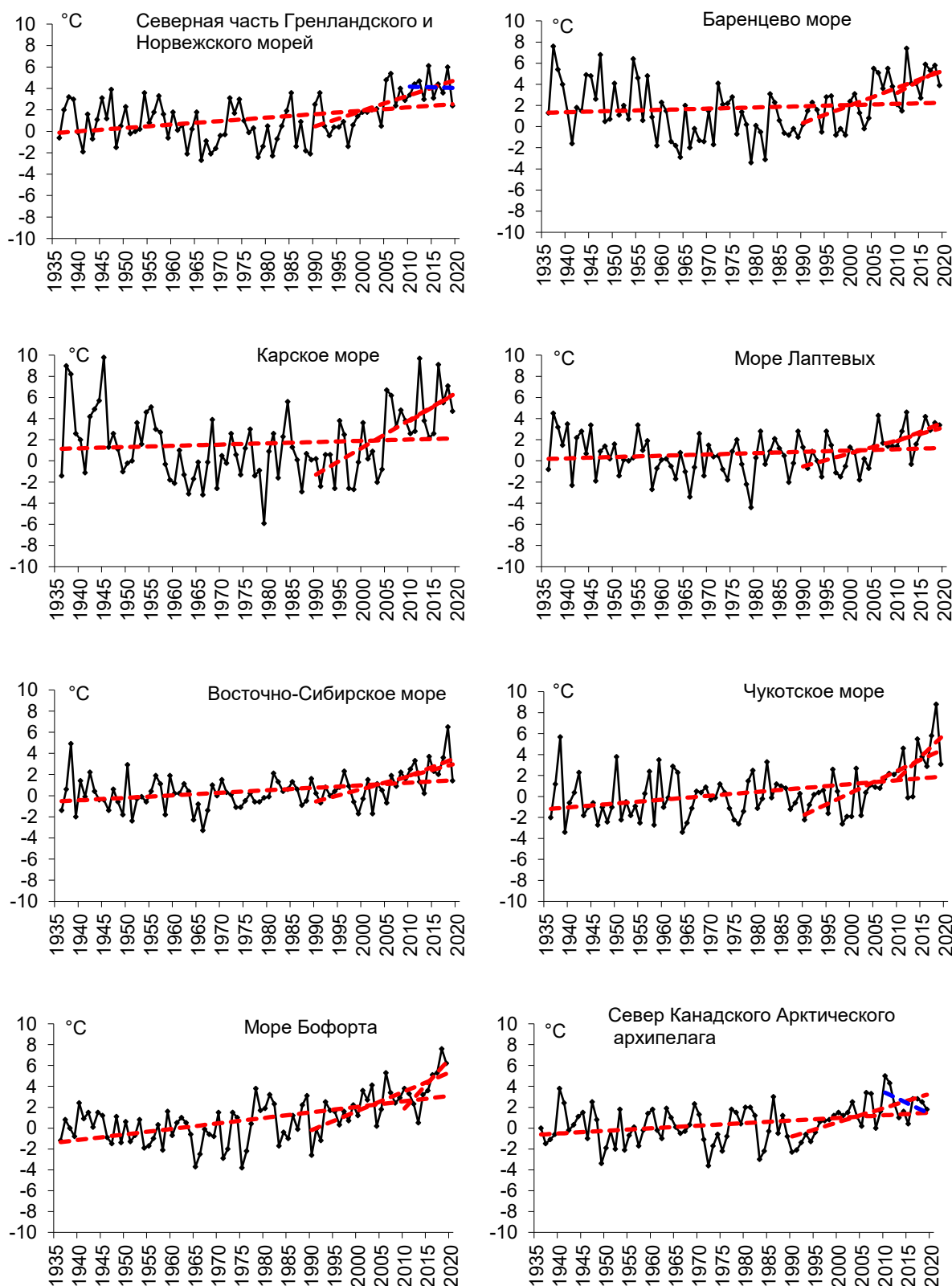


Рис. 1.2.4. Временные ряды аномалий средней за зимний сезон температуры воздуха для районов арктических морей и севера Канадского Арктического архипелага, °C

Оценка линейного тренда средней температуры воздуха зимнего сезона с 1936 по 2019 гг. показала наличие статистически значимого положительного линейного тренда во



всех широтных зонах СПО (на 5-% уровне значимости) (табл.1.2.4). Линейное увеличение температуры за 84 года в широтной зоне 60 — 85° с.ш. составило 2,02 °С. Во всех районах, за исключением Североевропейского и Западносибирского, прослеживается значимый (на 5-% уровне значимости) тренд средней за зимний сезон температуры. Самое большое значение линейного тренда в Аляскинском районе, где он равен 0,46 °С/10.

Таблица 1.2.4

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

Район, широтная зона	1936/37 — 2018/19		1989/90 — 2018/19		2009/10 — 2018/19	
	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>	<i>B_x</i>	<i>D</i>
Атлантический	0,23	40,7	0,90	67,9	0,40	17,9
Североевропейский	0,15	14,1	0,94	39,3	4,27	63,7
Западносибирский	0,13	11,4	1,62	52,0	4,79	47,3
Восточносибирский	0,26	33,2	0,63	32,9	3,67	62,4
Чукотский	0,18	24,3	1,39	58,1	3,11	42,2
Аляскинский	0,46	49,8	1,54	62,0	5,27	74,2
Канадский	0,25	34,3	1,38	69,2	–2,10	45,5
70 — 85° с.ш.	0,23	36,1	1,72	85,1	1,79	47,9
60 — 70° с.ш.	0,23	45,4	0,76	57,5	3,36	78,0
60 — 85° с.ш.	0,24	45,5	1,20	80,0	2,70	72,6

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

В последнем тридцатилетнем периоде статистически значимое повышение температуры составило: в широтной зоне 70 — 85° с.ш. 5,16 °С/30 лет, в широтной зоне 60 — 70° с.ш. 2,28 °С/30 лет и в целом по широтной зоне 60 — 85° с.ш. 3,6 °С/30 лет. Наиболее заметное потепление в последнем тридцатилетии наблюдается в Азиатском и Североамериканском секторах Арктики.

В последнем десятилетнем периоде статистически значимый линейный тренд отмечается в Североевропейском и Аляскинском районах.

В районах арктических морей положительный линейный тренд прослеживается по всем морям с последнего 30-ти летнего периода (табл.1.2.5). Наиболее быстрое повышение температуры происходит в районе Карского моря. За 30-летний период повышение зимней температуры воздуха здесь составило 7,8 °С/30 лет. В последнем 10-летнем периоде заметное повышение температуры наблюдается в Притихоокеанском секторе СПО, в районе Чукотского моря линейное по тренду увеличение температуры составило 4,32, а в районе моря Бофорта 4,9 °С.



Таблица 1.2.5

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

Море, часть моря, территория суши	1936/37 — 2018/19		1989/90 — 2018/19		2009/10 — 2018/19	
	<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	0,32	37,4	1,46	67,0	-0,13	03,1
Баренцево море	0,11	10,7	1,66	65,4	2,41	39,4
Карское море	0,12	8,8	2,60	67,3	2,68	29,3
Море Лаптевых	0,12	15,8	1,24	60,1	1,79	37,3
Восточно-Сибирское море	0,24	35,6	1,21	61,9	1,70	29,6
Чукотское море	0,37	38,2	2,12	70,6	4,32	48,7
Море Бофорта	0,53	57,7	1,86	74,7	4,90	73,1
Северная часть Канадского района	0,19	23,4	1,67	76,9	-2,15	43,3

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

2. Ледовые условия и процессы в Северном Ледовитом океане и его морях в январе — марте 2019 года

Оценки развития ледовых условий в первом квартале 2019 г. получены по данным государственной наблюдательской сети, центров приема спутниковой информации Росгидромета, по данным экспедиционных исследований, проводимых в ААНИИ, на исследовательской базе «Мыс Баранова» и при осуществлении ряда международных проектов.

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 2019 г. выполнен на основе массива ежедневных распределений оценки общей сплоченности по алгоритму NASATEAM из архива Национального центра данных США по снегу и льду.

Со всей доступной исходной информацией 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. В результате: карты ААНИИ характеризуют ледовые условия морей от Гренландского до Чукотского, а также Берингова, Охотского и Балтийского, карты КЛС — морей Бофорта, Баффина, Лабрадор, пролива Девисов и проливов Канадского арктического архипелага, а карты НЛЦ — Арктического Бассейна, моря Линкольна, южной части Гренландского моря (при этом полный охват карт НЛЦ — вся акватория СЛО и субполярные моря).

Для цветовой окраски карт использован стандарт ВМО (WMO/Std. 1215) для зимнего (по возрасту) и летнего (по общей сплоченности) периодов. 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. Однако данная несогласованность несущественна для целей интерпретации ледовых условий в рамках настоящего обзора. Исходная

информация 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).

На рис. 2.1 показаны положение квазиоднородных районов и их границы, по которым проводится описание развития ледовых условий.

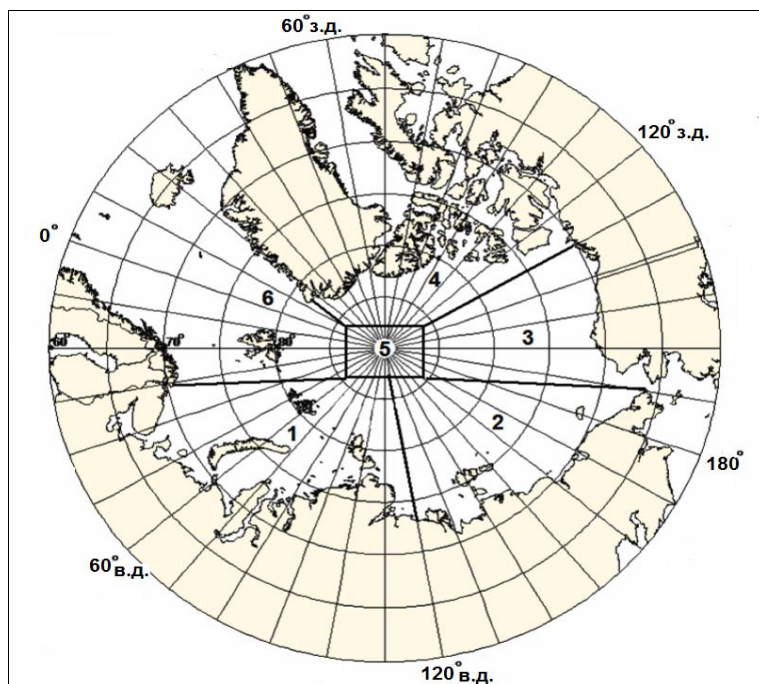


Рис. 2.1. Районы Северного Ледовитого океана

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

В предшествующий осенний период 2018 г., после легких ледовых условий, сложившихся к концу летнего периода, ледообразование началось позже средних многолетних сроков. В центральной части СЛО и в проливах Канадского арктического архипелага начальные льды начали отмечаться в первой декаде сентября, что в среднем на 10 — 15 суток позже среднемноголетних сроков.

Ледообразование в осенний период в 2018 г. на начальном этапе (сентябрь — октябрь) характеризовалось низкой интенсивностью повсеместно, кроме морей Восточно-Сибирского и Бофорта, в которых после летнего таяния сохранялись остаточные льды.

В середине октября волна ледообразования подошла к северной границе всех арктических морей. Молодыми льдами были полностью покрыты центральная часть Восточно-Сибирского моря, проливы Канадского арктического архипелага, море Бофорта. Ледообразование началось в прибрежных районах морей Карского и Лаптевых.

Остальные окраинные моря — Гренландское, Баренцево, Чукотское, оставались полностью свободными ото льда.

В ноябре — декабре 2018 г. интенсивность ледообразования значительно увеличилась, но в конце декабря большие участки акватории Баренцева, Карского и южной части Чукотского морей все еще оставались свободными ото льдов.

Количество молодых льдов, появившихся в СЛО и его морях с середины сентября по середину декабря, составило около 6,1 млн. км², что на 0,8 млн. км² больше среднего многолетнего значения (16%).

В конце декабря 2018 г. во всех морях Карском, Чукотском и Бофорта преобладали однолетние тонкие льды. Большое количество молодых льдов наблюдалось в Баренцевом, Карском и Чукотском морях. Небольшое количество остаточных льдов сохранилось в центральной части Восточно-Сибирского моря в виде вытянутого языка.

Основная масса старых льдов в СЛО была смещена в приполюсный район, в гренландский и канадский секторы Арктики (рис. 2.2).

Общая площадь дрейфующих льдов в Северном Ледовитом океане в конце декабря 2018 г. составила 10,93 млн. км², при норме 11,55 млн. км², т.е. была на 5,3 % меньше средних многолетних значений.

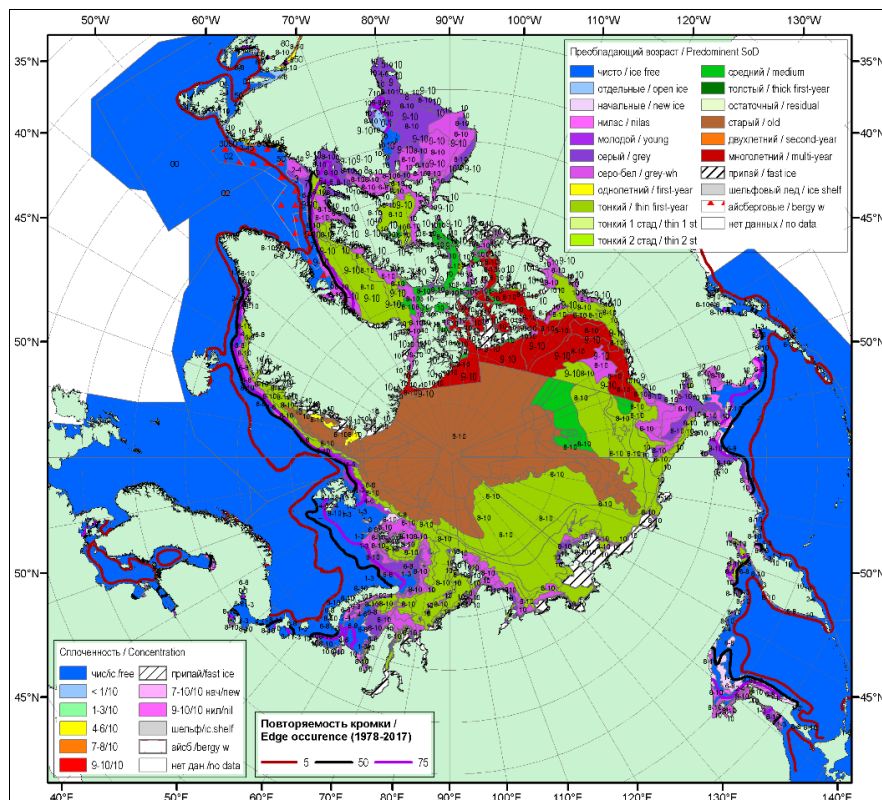


Рис. 2.2. Обзорная ледовая карта СЛО на конец декабря 2018 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

Таким образом, в осенний период 2018 г. наблюдалось интенсивное увеличение площади распространения льдов (на 16 % больше нормы), при том, что толщина льда нарастала медленнее, по сравнению с нормой. Осенние процессы нарастания ледяного покрова существенно уменьшили отрицательную аномалию площади льда (до $-5,3\%$), которая в середине сентября, на момент максимального сокращения ледяного покрова, составляла -25% :

Распределение ледяного покрова по сплоченности и по возрастным градациям на каждый месяц и поля среднемесячного дрейфа за период январь — март 2019 г. приведены рис. 2.3 — 2.11.

На рис. 2.1.3 приведено распределение льда по возрасту на середину января, а на рис. 2.4 распределение льда по сплоченности.

Позднее начало ледообразования в осенний период, и невысокая интенсивность его нарастания привели к отставанию в развитии возрастного состава ледяного покрова в зимний период. Это проявилось во всех арктических морях, особенно в Баренцевом, Карском, и Чукотском. В середине января в этих морях преобладали молодые и однолетние тонкие льды (диапазон толщины 30 — 70 см). Только в центральных морях российской Арктики — в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском, в северных и центральных частях морей уже преобладали однолетние средние льды (диапазон толщины 70 — 120 см).

Появление однолетних толстых льдов (более 120 см) не наблюдалось даже у границы старых льдов, к северу от широты 85° с.ш., что также свидетельствует о низкой интенсивности нарастания толщины ледяного покрова.

Протяженные отроги двухлетних льдов сохранялись в центральных частях морей Восточно-Сибирском и Бофорта.

Становление припая вдоль арктического побережья всех арктических морей и их проливах происходило крайне медленно. Припай установился и хорошо развивался в районе Новосибирских островов, а также в проливах островов Канадского арктического архипелага (рис. 2.3).

Поле сплоченности льда было достаточно однородным. Преобладали сплоченные льды (сплоченность 9 — 10 баллов). Граница дрейфующих льдов в Гренландском и Баренцевом морях была близка к своему среднему многолетнему положению для января (рис. 2.4).

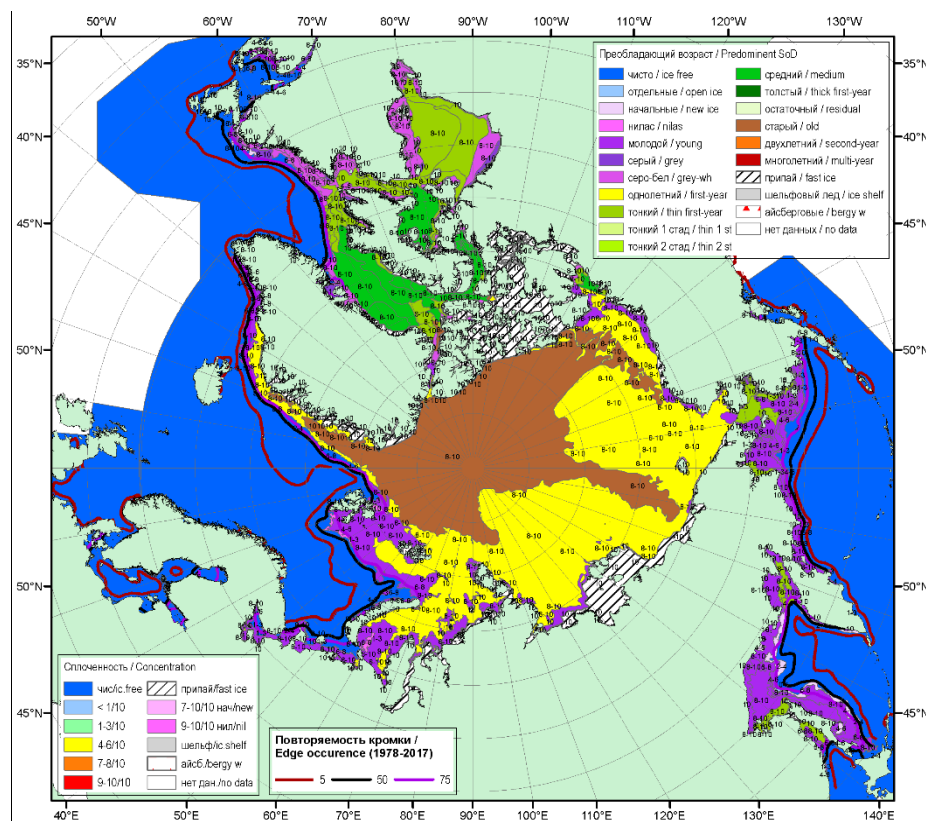


Рис. 2.1.3. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 18–22 января 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США.

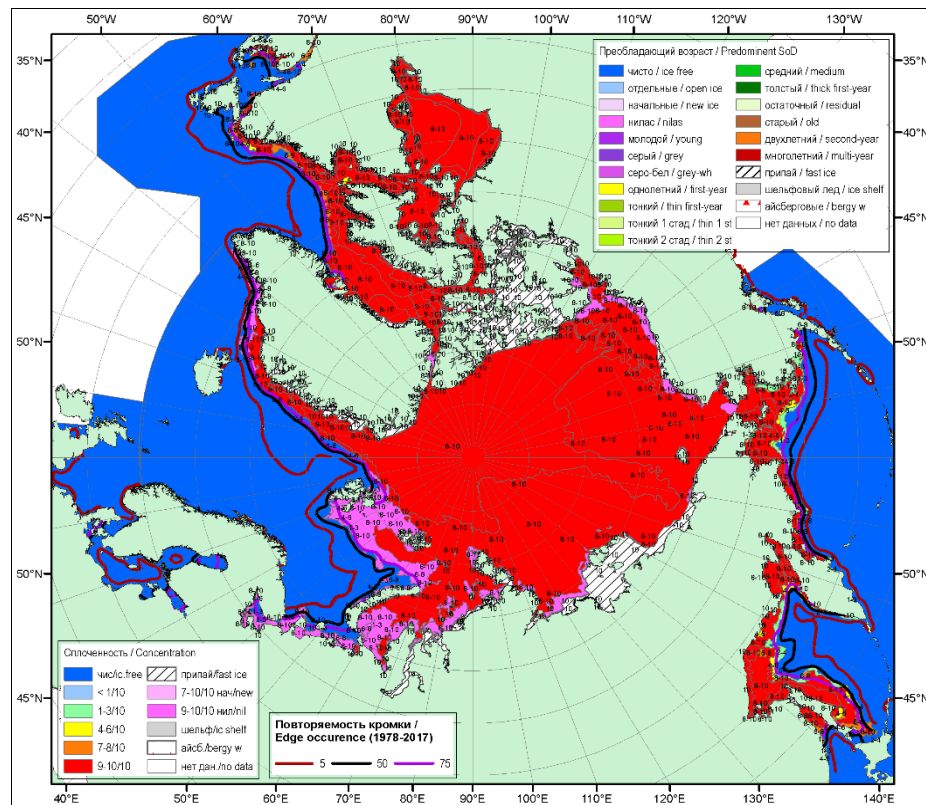


Рис. 2.1.4. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 19 — 22 января 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В январе была хорошо развита только одна структура дрейфа льда — Канадский антициклонический круговорот, который гигантским вихрем охватил акваторию всего СЛО. Центр этого гигантского круговорота располагался на востоке канадского сектора Арктики. Трансарктический перенос льдов практически отсутствовал. Наблюдался лишь незначительный вынос льдов из северной части Карского моря и западной части моря Лаптевых в приполюсный район и далее соединение этого потока с периферией гигантского антициклонического круговорота. Значительную часть потока по периферии круговорота выносило в пролив Фрама. Но основная масса льдов поворачивала вдоль севера Гренландии и далее дрейфовала вдоль побережья Канадского Арктического архипелага. Необходимо отметить, что скорости дрейфа у побережья островов архипелага значительно ослабевали (рис. 2.5).

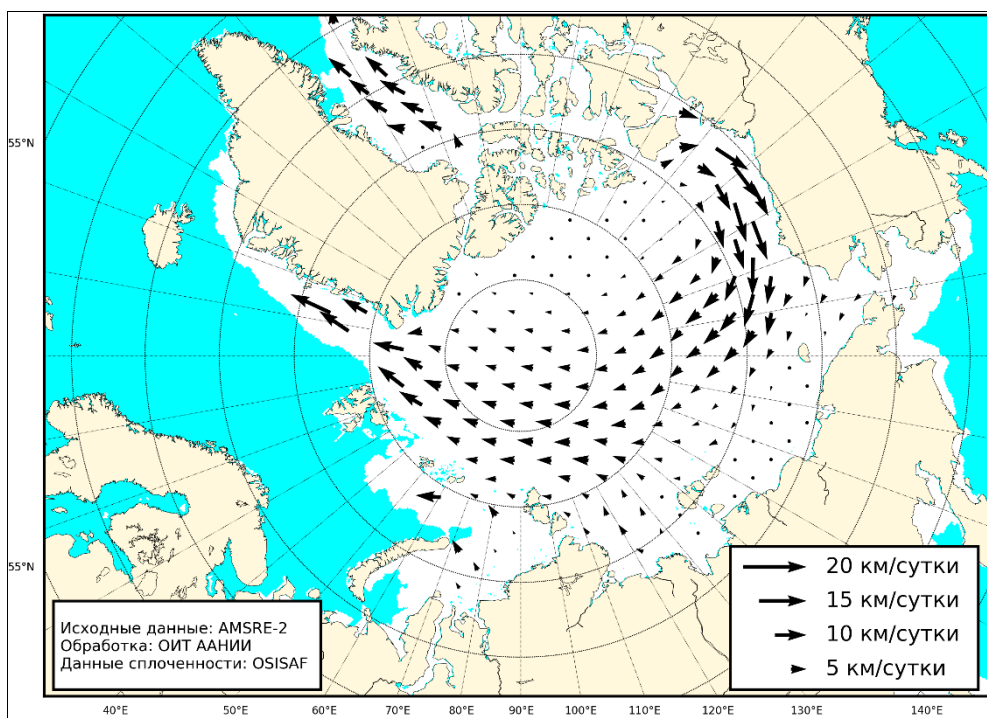


Рис. 2.5. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в январе 2019 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В феврале наблюдалось увеличение интенсивности нарастания толщины льда. В СЛО появились однолетние толстые льды в количестве сравнимом с количеством однолетних средних и тонких льдов. Однолетние толстые льды заместили однолетние средние льды в зонах, примыкающих к старым льдам, а также в северной и центральной частях морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотском. В остальных морях преобладали однолетние средние и тонкие льды, а в Баренцевом море преобладали однолетние тонкие и молодые льды.

Припай во всех арктических морях был развит меньше своего среднего многолетнего значения. Отсутствовал припай в проливе Вилькицкого и на восточных подходах к нему со стороны моря Лаптевых. Наблюдался хорошо развитый припай в районе Новосибирских островов и в районе островов Канадского арктического архипелага.

Заприпайные наблюдались практически во всех морях, но развитие их было незначительным.

Язык двухлетних льдов сохранялся в центральной части Восточно-Сибирского моря. На акватории всех российских арктических морей и в море Бофорта наблюдались льды всех возрастных категорий от преобладания молодых льдов в морях Баренцевом и Чукотском до преобладания однолетних средних и толстых льдов в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском. Основной массив старых льдов в СЛО был смещен в гринландский и канадский сектора Арктики и приполюсный район (рис 2.6).

Поле сплоченности льда было достаточно однородным. Преобладали сплоченные льды (сплоченность 9 — 10 баллов). Граница дрейфующих льдов в западном районе Арктики, в морях Гренландском и Баренцевом были близки к своему среднемноголетнему положению для февраля (рис. 2.7).

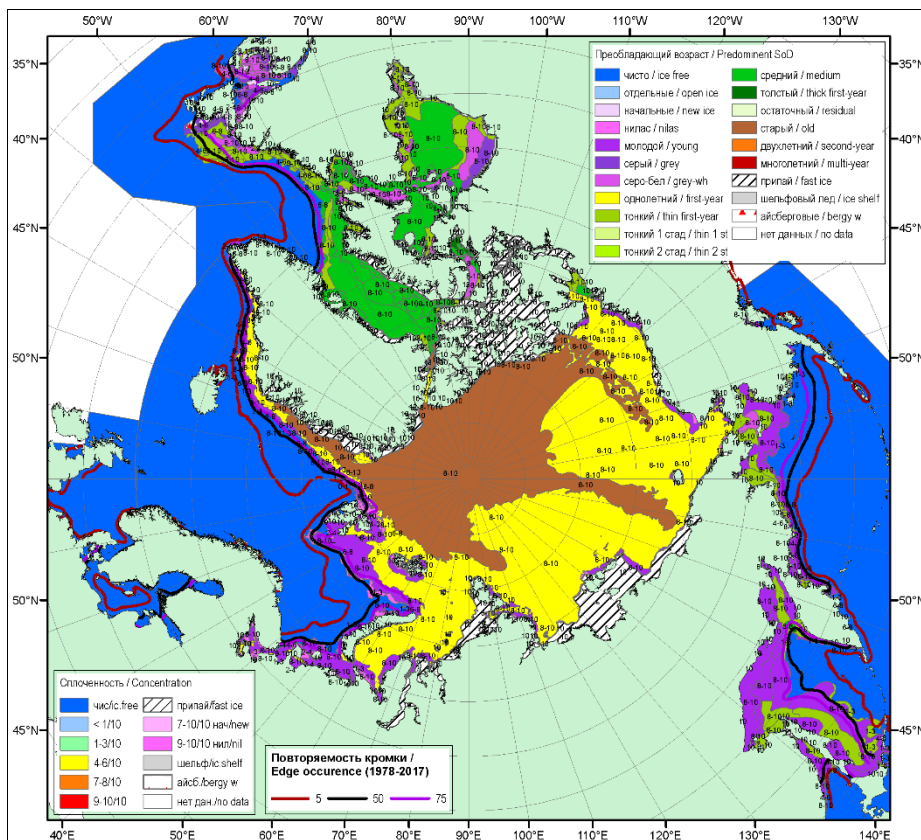


Рис. 2.6. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 14 — 19 февраля 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

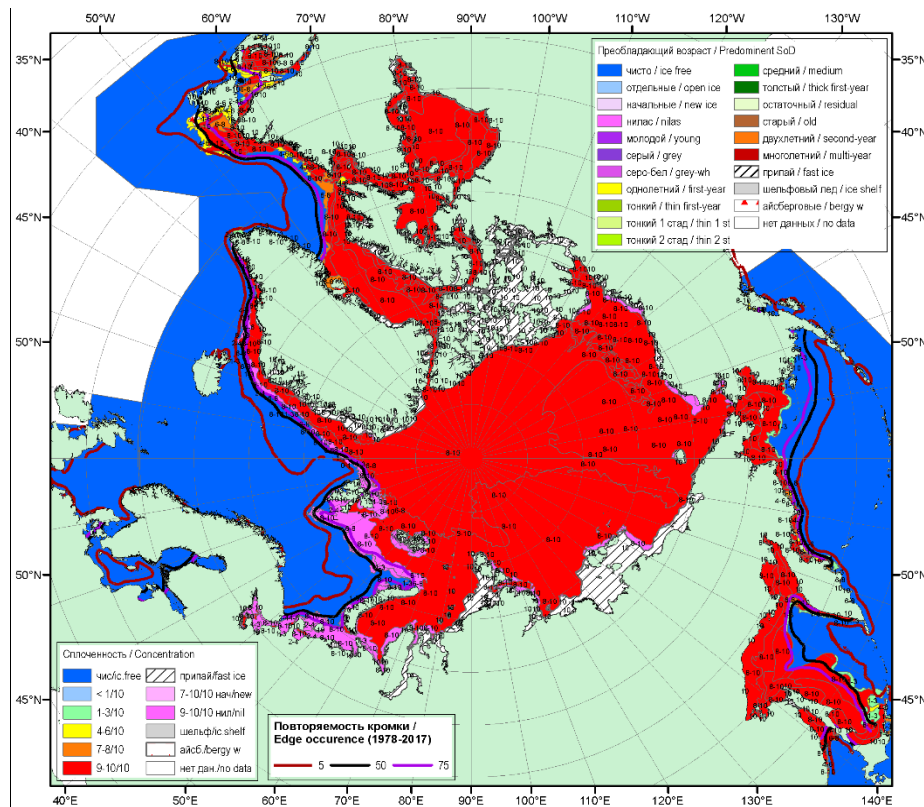


Рис. 2.7. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 14 — 19 февраля 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В связи с существенной перестройкой в направленности крупномасштабных атмосферных процессов от меридиональной к зональной циркуляции, кардинально изменилось и поле дрейфа ледяного покрова.

Над морями Карским и Лаптевых сформировался локальный циклонический круговорот льдов. Получил хорошее развитие трансарктический перенос льда, который был значительно смещен по сравнению с нормой к востоку и начинался из северных частей морей Восточно-Сибирского и Чукотского. Далее через приполюсный район льды выносило в пролив Фрама.

Канадский антициклонический круговорот был развит крайне слабо и наблюдался в виде небольшого круговорота в море Бофорта (рис. 2.8)

В марте наблюдалось дальнейшее нарастание и развитие ледяного покрова, но происходило оно с низкой интенсивностью. Об этом свидетельствуют медленное распространение однолетних толстых льдов в арктических морях и показатели нарастания толщины льда на полярных станциях.

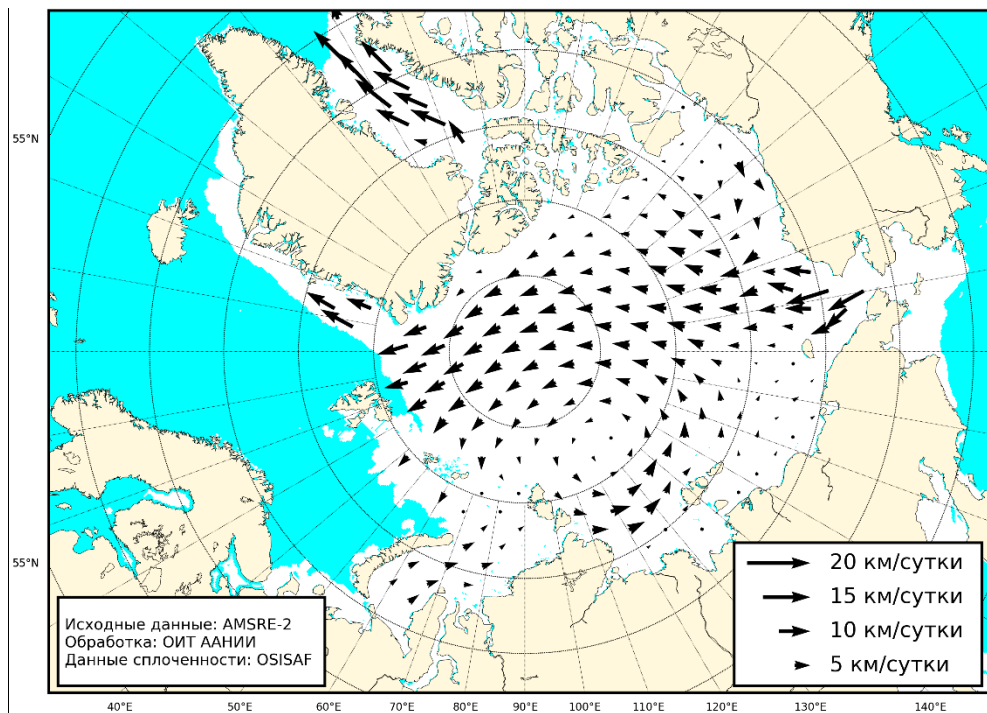


Рис. 2.8. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в феврале 2019 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

Граница однолетних толстых льдов в морях российского сектора Арктики несколько расширилась по сравнению с февралем, но незначительно, хотя уже в марте однолетние толстые льды в среднем должны занимать акваторию большинства арктических морей. Появление однолетних толстых льдов не наблюдалось в Карском море и в центральной и южной частях морей Лаптевых и Чукотском. Однолетние толстые льды занимали большую часть акватории в морях Восточно-Сибирском и Бофорта. В возрастном составе во всех морях российского сектора Арктики по-прежнему преобладали смешанный состав льдов всех возрастных категорий с небольшим преобладанием однолетних толстых льдов. По-прежнему было много однолетних средних, тонких льдов, а также наблюдалось большое количество молодых льдов в морях Баренцевом, Карском и Чукотском.

Из-за постоянного выноса льдов из моря Лаптевых не установился припай на восточных подходах к проливу Вилькицкого со стороны моря Лаптевых (рис. 2.9).

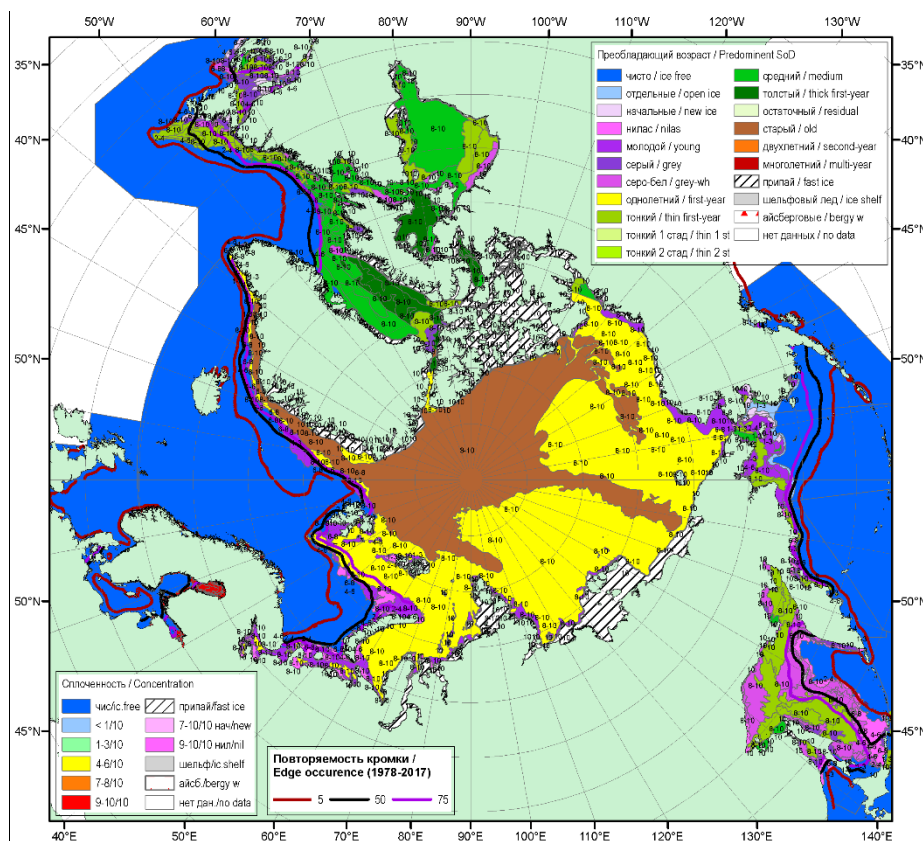


Рис. 2.9. Обзорная ледовая карта СЛО по возрасту льда за 16 — 20 марта 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

В поле сплоченности наблюдалось большая однородность, характерная для холодных зимних месяцев, когда любая полынья или разрыв в ледяном покрове сразу покрывается начальными и молодыми льдами. В результате быстрого замерзания появившихся пространств чистой воды, в холодные месяцы всегда наблюдается лед сплоченностью 9 — 10 баллов, хотя толщина его может быть совершенно различной. Зоны молодых льдов умеренного развития хорошо прослеживаются в Баренцевом море, а также в прибрежных (заприпайных) зонах морей Карского, Чукотского и Бофорта. Граница дрейфующих льдов в западном районе Арктики, в морях Гренландском и Баренцевом были близки к своему среднемноголетнему положению для марта (рис. 2.10).

В марте сформировалось близкое к обычному поле дрейфа ледяного покрова, состоящее из двух основных структур — Трансарктического переноса льда и Канадского антициклонического круговорота.

Трансарктический перенос льда брал свое начало в северных частях морей Карского и Лаптевых.

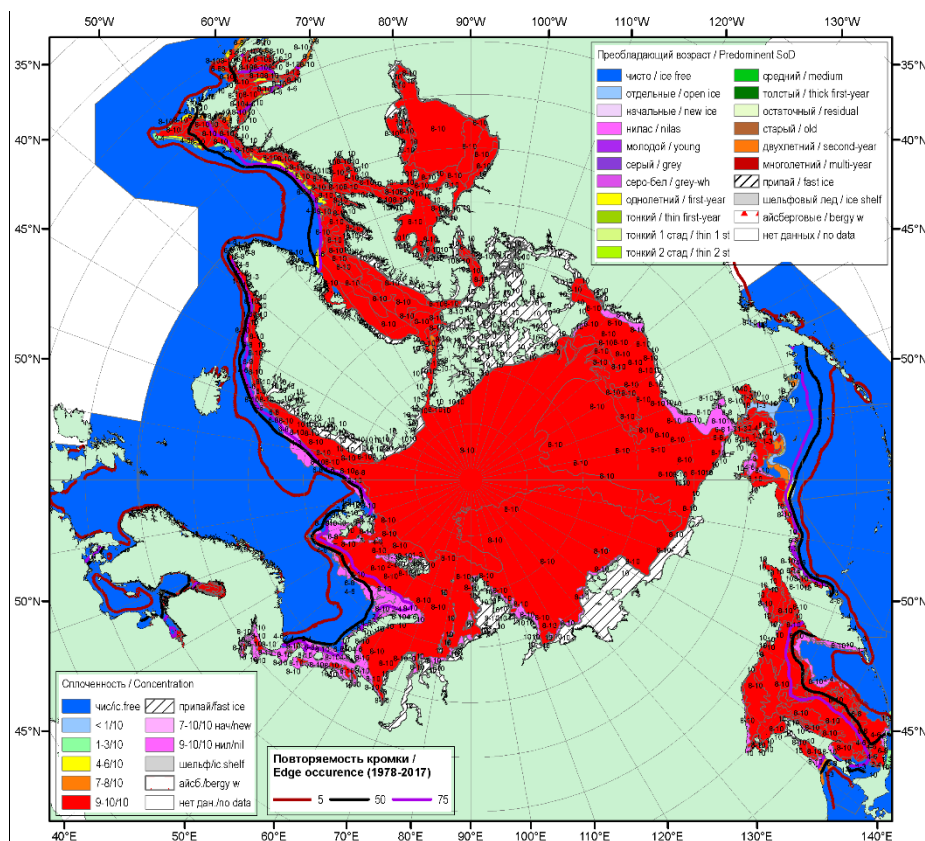


Рис. 2.10. Обзорная ледовая карта СЛО по сплоченности льда за 16 — 20 марта 2019 г., составленная на основе ледового анализа ААНИИ, КЛС и НЛЦ США

Сам поток был хорошо развит, а его стрежень был смещен к западным арктическим морям. Трансарктический перенос льда осуществлял вынос льдов из северных частей морей Карского и Лаптевых и перенос этих льдов в пролив Фрама.

Канадский антициклонический круговорот был также хорошо развит. Его центр был смещен к северу моря Бофорта. Гигантский вихрь, занимающий 1/2 акватории океана, выносил льды из северных частей Восточно-Сибирского и Чукотского морей и приносил льды в море Бофорта.

Наблюдался очень интенсивный вынос льдов через пролив Фрама.

Результирующее поле среднемесячного дрейфа за март приведено на рис. 2.11.

Несмотря на позднее начало ледообразования, в российских арктических морях толщина припайного льда по данным полярных станций в течение зимних месяцев 2019 года нарастала достаточно интенсивно и приблизилась к своему среднемноголетнему значению в целом ряде районов морей: в северо-восточной части Карского, в целом по Лаптевых, в западной части Восточно-Сибирского и юго-западной части Чукотского.

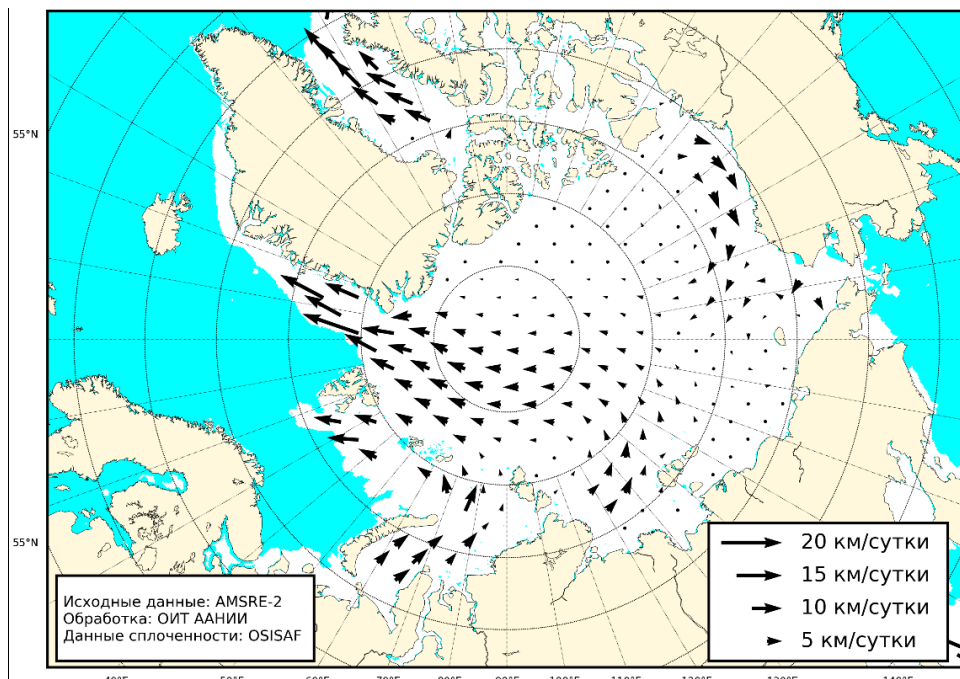


Рис. 2.11. Поле скорости фактического дрейфа морского льда в марте 2019 г., восстановленное на основе корреляционного анализа спутниковых изображений льда в микроволновом диапазоне

В юго-западной части Карского и восточной части Восточно-Сибирского морей сформировались большие отрицательные аномалии толщины льда. Аномалии толщины льда по данным полярных станций, во всех морях российского сектора Арктики приведены на рис. 2.12.

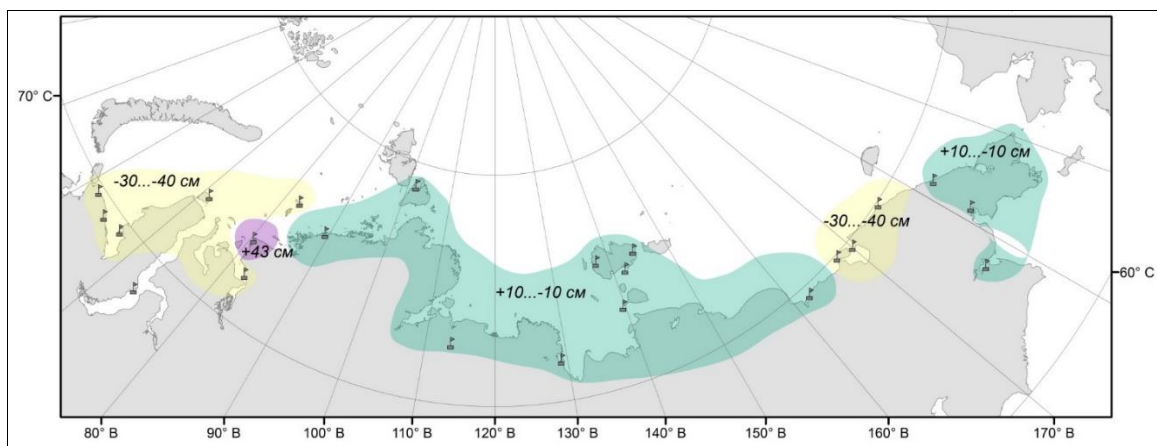


Рис. 2.12. Аномалии толщины льда в российских арктических морях в марте 2019 г.

Развитие припая в морях в течение первых зимних месяцев проходило с малой интенсивностью. Площадь припая во всех российских арктических морях была меньше средних многолетних значений. В середине марта суммарная площадь припая в российских арктических морях составила 445 тыс. км² при норме 586 тыс. км², что на 24 % меньше средних многолетних значений, в основном за счет малого развития припая



практически во всех российских арктических морях кроме восточной части моря Лаптевых. Общее количество льдов в Северном Ледовитом океане по оценкам, выполненным в ААНИИ, в конце первого квартала 2019 г. составило 11,7 млн. км², что на 2,3 % меньше среднего многолетнего значения и очень близко к норме за последнее десятилетие. Количество льда, наблюдавшееся в СЛО в конце марта 2019 г., оказалось очень близкой к среднему значению за десятилетний период 2009 — 2019 гг. и к значению за 2018 г. (табл. 2.1, рис. 2.13 а).

Необходимо отметить, что если в начале января 2019 г. отрицательная аномалия общего количества льда в СЛО составила 5,3%, то за первый квартал 2019 г. аномалия сократилась на 3% и составила 2,3%, что свидетельствует о достаточно интенсивном накоплении льда в СЛО в первом квартале года. Однако возрастной состав льдов по его распределению в морях и толщины льда по данным полярных станций были меньше среднемноголетних значений.

Таблица 2.1

Медианные значения ледовитости для Северного ледовитого океана и 3-х меридиональных секторов текущие 7-дневные интервалы и её аномалии от 2014 — 2019 гг. и интервалов 2009 — 2019 гг. и 1978 — 2019 гг. по данным наблюдений SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритмы NASATEAM

<i>Северный Ледовитый океан</i>								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² /%						
		2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2009 — 2019гг	1978 — 2019гг
25 — 31.03	11699,7	32,2 0,3	13,4 0,1	260,8 2,3	107,5 0,9	13,9 0,1	-26,3 -0,2	-276,6 -2,3
<i>Сектор 45°W — 95°E (Гренландское — Карское моря)</i>								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² /%						
		2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2009 — 2019гг	1978 — 2019гг
25 — 31.03	3342,6	44,5 1,4	-2,2 -0,1	266,6 8,8	104,0 3,3	-36,3 -1,1	-82,2 -2,4	-403,8 -11,0
<i>Сектор 95°E — 170°W (моря Лаптевых — Чукотское, Берингово, Охотское)</i>								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² /%						
		2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2009 — 2019гг	1978 — 2019гг
25 — 31.03	4644,7	97,6 2,1	304,9 6,9	-94,0 -2,0	368,4 8,5	62,7 1,3	-6,2 -0,1	-193,5 -3,9
<i>Сектор 170°W — 45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)</i>								
Месяц	S, тыс. км ²	Аномалии, тыс. км ² /%						
		2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2009 — 2019гг	1978 — 2019гг
25 — 31.03	6272,8	-491,7 -7,3	-477,5 -7,1	-312,7 -4,8	-400,3 -6,0	-46,7 -0,7	-294,1 -4,5	-423,8 -6,4

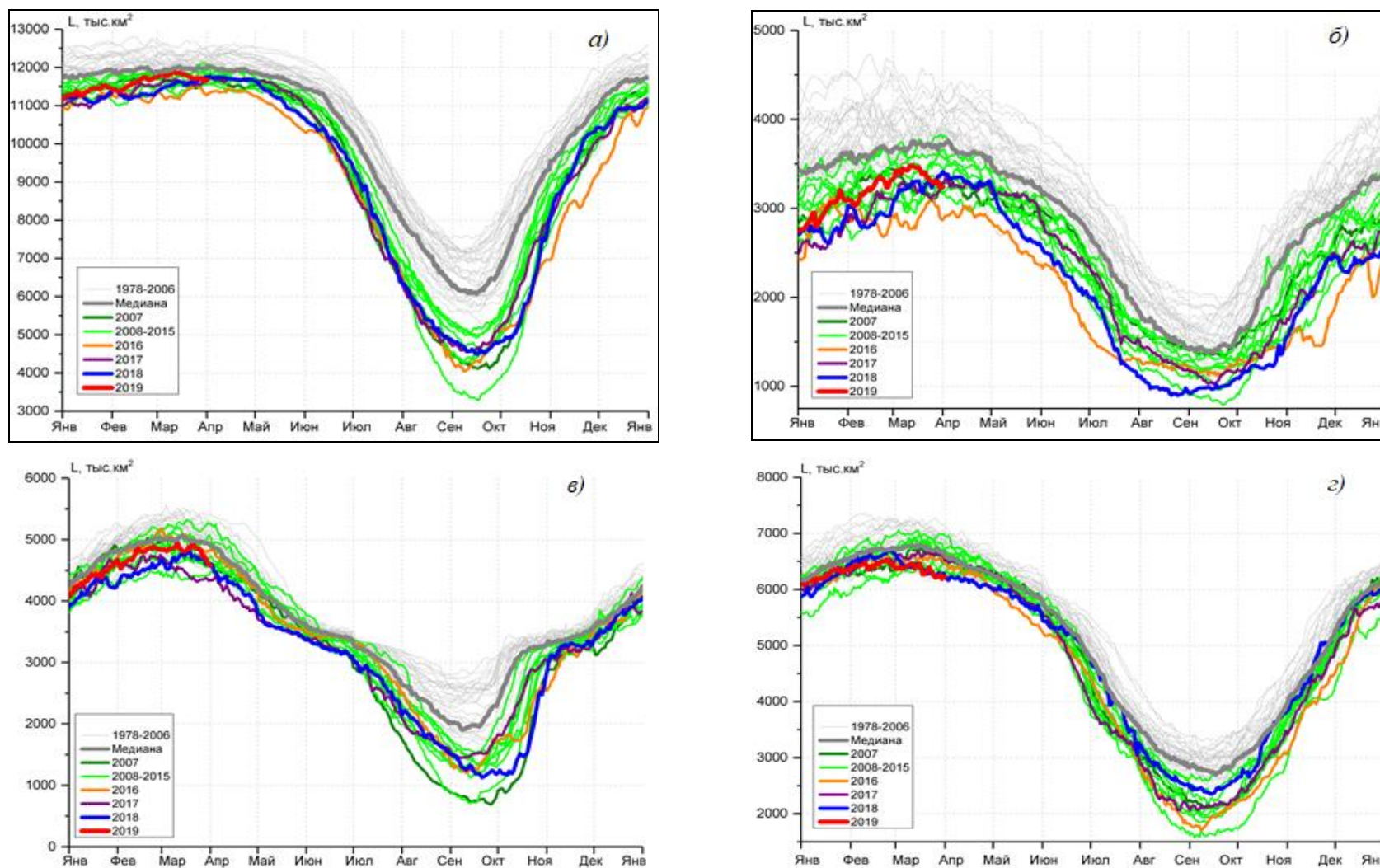


Рис. 2.13 — Оценки сезонного хода ледовитости для СЛО и трех меридиональных секторов за период 26.10.1978 — 01.04.2019 гг. по годам на основе расчетов по данным SSMR-SSM/I-SSMIS, алгоритм NASATEAM: а) СЛО, б) сектор 45°W-95°E (Гренландское–Карское моря), в) сектор 95°E-170°W (моря Лаптевых–Чукотское и Берингово–Охотское), г) сектор 170°W–45°W (море Бофорта и Канадская Арктика)

3. Гидрологические и гидрохимические условия Северного Ледовитого океана и его морей в 2019 г.

3.1. Термохалинные условия

Анализ термохалинного состояния вод Северного Ледовитого океана (СЛО) в первом квартале 2019 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. 3.1.1, рис. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

Сведения о наблюдениях за температурой и соленостью, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2019 г. и загруженных в БДТХ отдела океанологии ААНИИ

№ п/п	Экспедиция	Дата первой и последней станций		Число станций
1	ИТР 104	01.01.2019	31.03.2019	1710
2	ИТР 105	01.01.2019	31.03.2019	1593
3	ИТР 107	01.01.2019	31.03.2019	180
4	ИТР 110	01.01.2019	31.03.2019	180

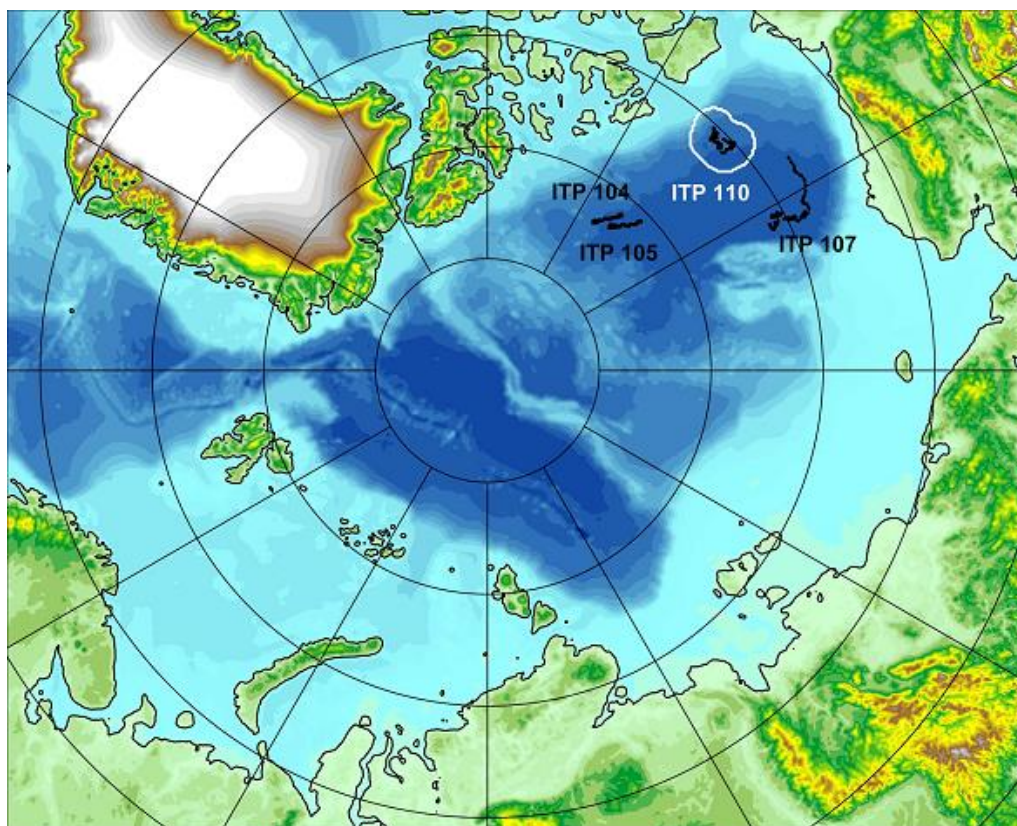


Рисунок 3.1.1 – Положение океанографических станций, выполненных на акватории СЛО в первом квартале 2019 г. и занесенных в БД термохалинных характеристик отдела океанологии ААНИИ

Особенности вертикальной термохалинной структуры СЛО

Для изучения особенностей термохалинной структуры СЛО в первом квартале 2019 г. был осуществлен анализ вертикального распределения значений температуры и солености в предварительно выделенной группе океанографических станций. В качестве таковых использовались данные ИТР 110 в Канадской глубоководной котловине (рис. 3.1.1). 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. 3.1.1, белый контур) был на 50–100 км шире по сравнению с областью расположения океанографических станций, используемых для анализа в 2019 году.

Амеразийский суббассейн

В первом квартале 2019 г. распределение термохалинных характеристик по глубине в центральной части Канадской глубоководной котловины по данным ИТР 110 соответствовало тенденциям, наблюдающимся на протяжении последних нескольких лет. Поверхностный слой по-прежнему демонстрирует существенное распреснение (28 ‰) в сравнении с климатической нормой (30,3 ‰). Значение отрицательной аномалии поверхностной солености составило $-2,3$ ‰ (рис. 3.1.2). В аналогичный период 2018 г. аномалия поверхностной солености составила $-2,0$ ‰, в 2017 г. — $-3,1$ ‰. Температура верхнего перемешанного слоя варьировалась в пределах $-1,53$ °C и незначительно превышала климатическое среднее ($-1,7$ °C), вследствие повышения температуры замерзания воды из-за наличия распресненного слоя.

Под верхним перемешанным слоем глубже 40 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 ‰. Максимальное значение температуры слоя ЛТВ по данным ИТР 110 составило $+0,22$ °C, превышая климатическую норму на $1,58$ °C. В 2018 г. аномалия составила $+0,74$ °C, в 2017 г. — $+1,5$ °C.

Так же, как и в предыдущие периоды, отмечалось увеличение глубины залегания нижней границы ЛТВ, которая составила 170 м (120 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 заглубление ядра зимних тихоокеанских вод. По данным ИТР 110 ядро холодных тихоокеанских вод залегало на глубине 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 °C) по данным первого квартала 2019 года, как и в предыдущие годы, располагалась на глубине 310 м. Максимальное значение температуры воды в ядре АВ составило 0,74 °C (480 м глубины), что на 0,3 °C выше климатической нормы. Полученные оценки аномалий температуры АВ в 2019 г. полностью соответствуют значениям предшествующего 2018 г., что свидетельствует об отсутствии как положительного, так и отрицательного тренда температуры АВ в Амеразийском суббассейне СЛО.

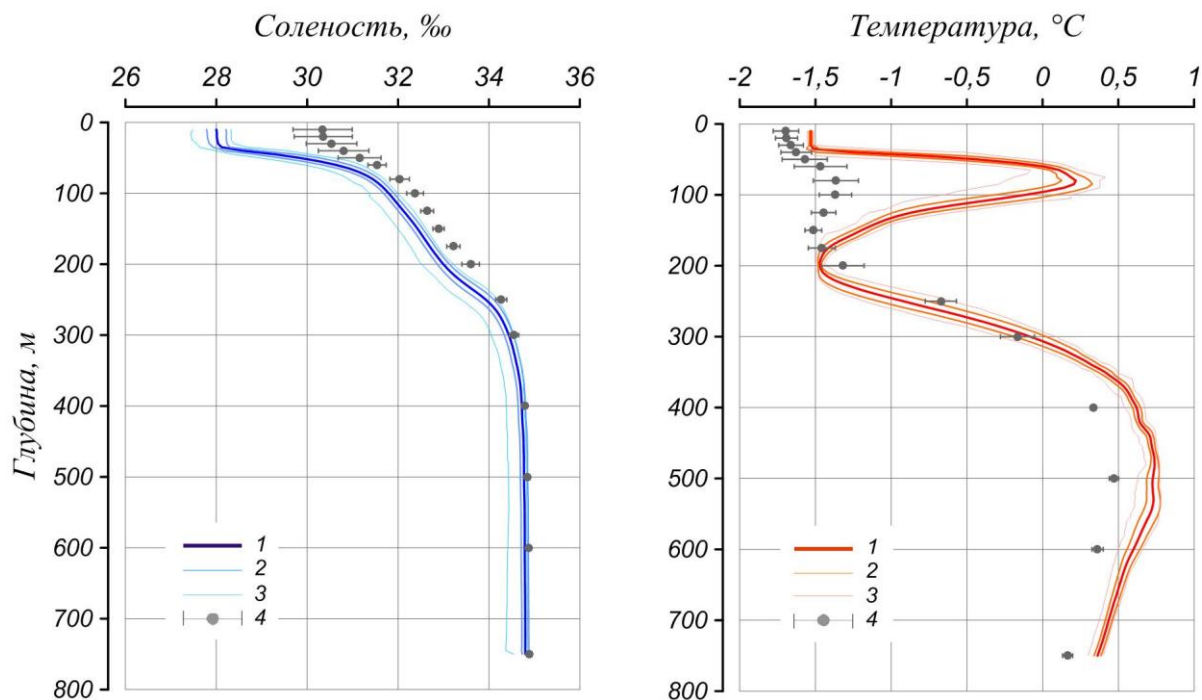


Рисунок 3.1.2 – Вертикальное распределение солености и температуры воды в Канадской глубоководной котловине в январе — марте 2019 г. по результатам измерений профилографа ИТР 110

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.

Основные выводы

Согласно результатам наблюдений, выполненных в первом квартале 2019 г., гидрологический режим СЛО (в районе Канадской глубоководной котловины) продолжает характеризоваться аномальным состоянием по отношению к климатическому среднему. Распределение поверхностной солености характеризуется наличием выраженной отрицательной аномалии ($-2,3 \text{ ‰}$) в Амеразийском суббассейне. Сохраняется положительная аномалия температуры ядра атлантических вод (АВ), значение которой в Канадской глубоководной котловине составило $+0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Также как и АВ, летние тихоокеанские воды характеризуются повышенной температурой, превышающей климатическое среднее на $1,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2 Уровень арктических морей

Характеристика особенностей колебаний уровня арктических морей за период с января по март 2019 года составлена по данным четырехсрочных наблюдений на 12-ти станциях, расположенных в морях Карском и Лаптевых (таблица 3.2.1). В Восточно-Сибирском и Чукотском морях наблюдения за уровнем моря не производились ни на одной из станций.

Таблица 3.2.1

Полярные станции, на которых осуществлялись наблюдения за колебаниями уровня в период январь – март 2019 г.

Станция	Широта	Долгота
<i>Карское море</i>		
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
<i>Море Лаптевых</i>		
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

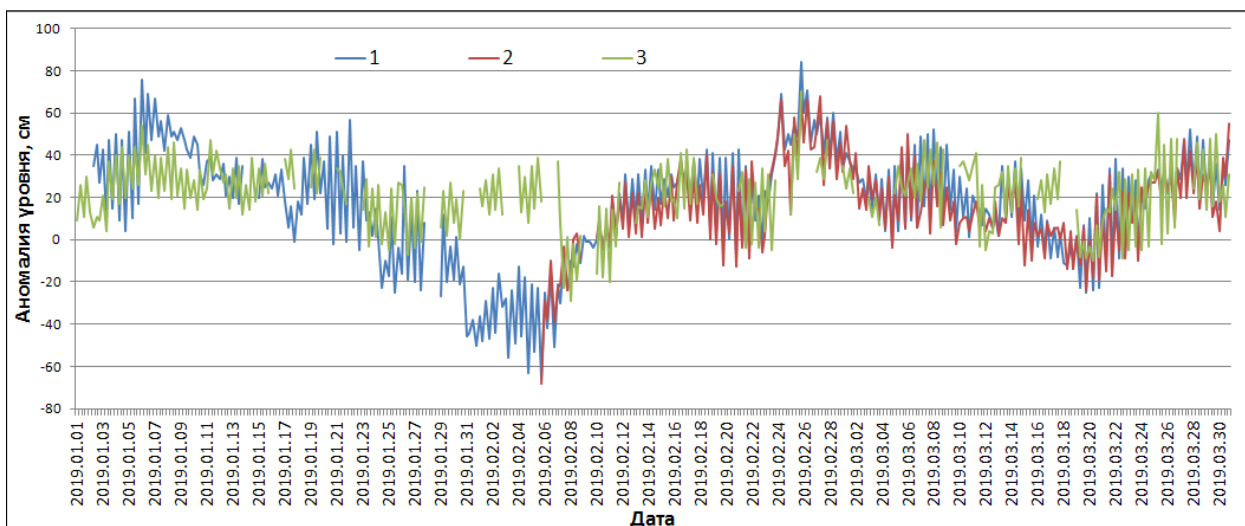


Рисунок 3.2.1 – Колебания уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2019 г.

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

Таблица 3.2.2

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях юго-западной части Карского моря в январе – марте 2019 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
им. Е.К. Федорова (м. Болванский Нос)	$h_{\text{ср}}$ (см)	—	17	16
	σ_h (см)	—	26	18
	h_{min} (см)	—	–68	–24
	Дата	—	5	19
	h_{max} (см)	—	68	59
	Дата	—	27	31
Амдерма	$h_{\text{ср}}$ (см)	21	11	19
	σ_h (см)	27	33	18
	h_{min} (см)	–50	–66	–25
	Дата	31	5	19
	h_{max} (см)	76	84	53
	Дата	6	25	31
Усть-Кара	$h_{\text{ср}}$ (см)	23	19	22
	σ_h (см)	13	18	16
	h_{min} (см)	–7	–29	–10
	Дата	26	8	20
	h_{max} (см)	54	70	60
	Дата	6	25	25

Примечание: $h_{\text{ср}}$ – среднемесячный уровень; σ_h – среднеквадратическое отклонение уровня; h_{min} – минимальный уровень; h_{max} – максимальный уровень

В юго-западной части Карского моря (рис. 3.2.1, табл. 3.2.2) по данным станций им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос), Амдерма и Усть-Кара в течении всего января

наблюдались значения уровня выше среднемноголетнего. При этом на станции Амдерма в конце января, начале февраля, стоит отметить переход значений аномалии уровня к отрицательным величинам, чего не скажешь о станции Усть-Кара. На станции им. Е.К. Фёдорова (м. Болванский Нос) в начале февраля так же наблюдаются пониженные значения. Именно в начале февраля отмечаются минимальные значения уровня в этом районе (более -60 см). В продолжение февраля месяца происходит повышение уровня. Во второй декаде февраля на всех трёх станциях наблюдаются довольно стабильные значения — около $+20$ см. В последнюю декаду февраля произошёл резкий подъём уровня поверхности на всех трёх станциях до $+70$ — $+80$ см. В марте уровень поверхности претерпевала некоторые плавные колебания: в середине месяца она опустилась до среднемноголетних значений, а к концу месяца поднялась до $+30$ см.

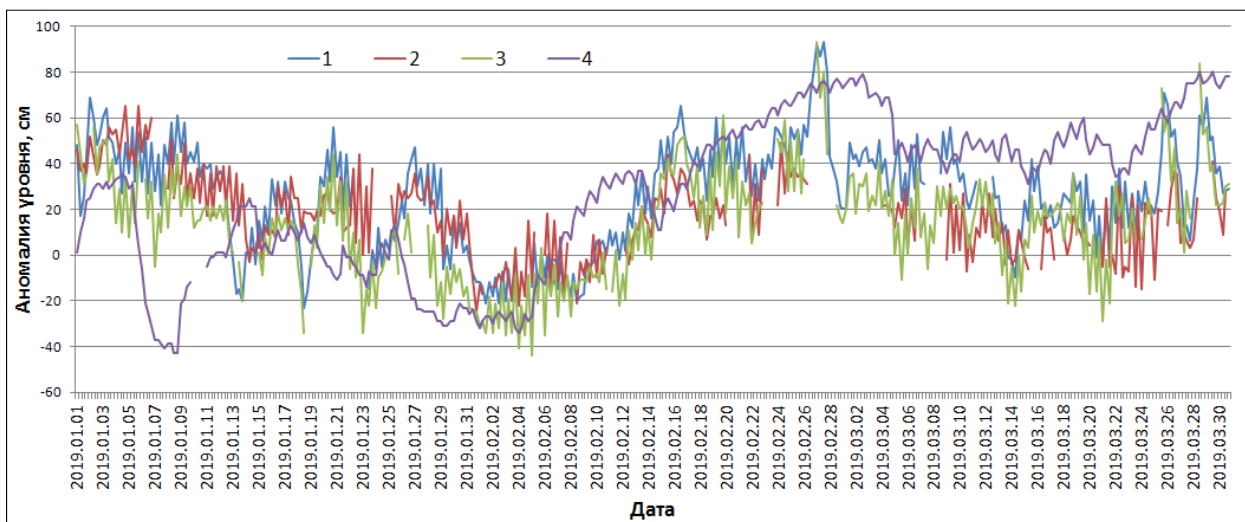


Рисунок 3.2.2 – Колебания уровня на станциях северо-восточной части Карского моря в январе – марте 2019 г.

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

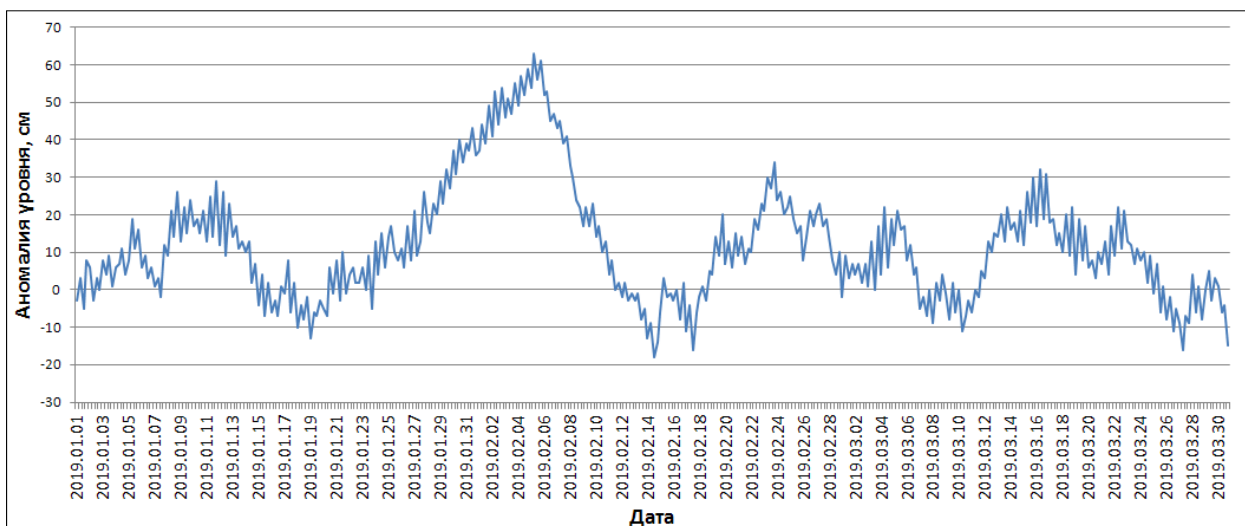


Рисунок 3.2.3 – Колебания уровня на станции в Обской губе Карского моря (Новый Порт) в январе – марте 2019 г.

На северо-востоке Карского моря (рис. 3.2.2, табл. 3.2.3) на станциях Сопочная Карга, Мыс Стерлегова и ГМО им. Е.К. Федорова (мыс Челюскина) в январе – марте 2019 года тенденция уровня в целом схожа с той, что наблюдалась на юго-западе Карского моря. Минимальные значения уровня на этих станциях наблюдались в начале февраля (–40 см), а максимальные – в конце февраля (+90 см). На станции о. Диксон характер уровня в целом был несколько другим. Минимальные значения здесь имели место в начале января (–42 см). Среднее значение уровня в январе на о. Диксон составило –2 см, что значительно ниже, чем на других станциях северо-восточной части Карского моря. А в феврале и марте средние значения составили +29 и +54 см соответственно, и здесь они значительно выше, чем на других станциях.

На станции Новый Порт (Обская губа) (рис. 3.2.3, табл. 3.2.3) колебания уровня носили неравномерный характер. В отличие от других станций Карского моря, здесь в начале февраля наблюдалось максимальное значение уровня за весь период наблюдений – +65 см. А к середине этого же месяца уровень опустился к минимальной отметке – –18 см. В остальное время уровень колебался от –10 до +30 см.



Таблица 3.2.3

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях северо-восточной части Карского моря и Обской губы в январе – марте 2019 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
Новый порт (Обская губа)	$h_{\text{ср}}$ (см)	10	19	7
	σ_h (см)	12	21	10
	h_{min} (см)	-13	-18	-22
	Дата	19	14	31
	h_{max} (см)	43	63	32
	Дата	31	5	16
о. Диксон	$h_{\text{ср}}$ (см)	-2	29	54
	σ_h (см)	20	33	13
	h_{min} (см)	-43	-34	31
	Дата	8	4	15
	h_{max} (см)	35	77	80
	Дата	4	28	29
Сопочная Карга	$h_{\text{ср}}$ (см)	26	25	30
	σ_h (см)	21	30	16
	h_{min} (см)	-23	-21	-10
	Дата	18	2	14
	h_{max} (см)	69	93	71
	Дата	2	27	25
м. Стерлегова	$h_{\text{ср}}$ (см)	11	10	18
	σ_h (см)	21	30	18
	h_{min} (см)	-34	-44	-29
	Дата	18	5	28
	h_{max} (см)	57	93	84
	Дата	1	27	28
ГМО им. Е.К. Федорова (м. Челюскина)	$h_{\text{ср}}$ (см)	26	12	11
	σ_h (см)	17	19	13
	h_{min} (см)	-25	-22	-15
	Дата	31	4	24
	h_{max} (см)	65	49	41
	Дата	5	24	29

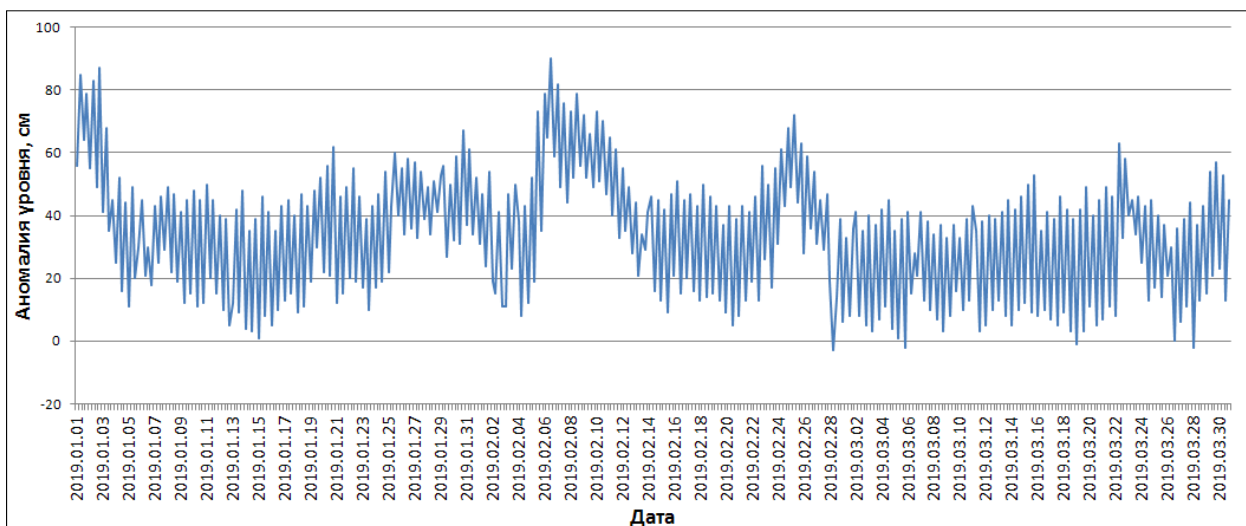


Рисунок 3.2.4 – Колебания уровня в юго-западной части моря Лаптевых (Анабар) в январе – марте 2019 г.

Таблица 3.2.4

Основные характеристики изменений колебаний уровня на станциях моря Лаптевых в январе — марте 2019 г.

Станция	Хар-ки	Месяц		
		январь	февраль	март
Анабар	h_{cp} (см)	37	40	26
	σ_h (см)	19	20	17
	h_{min} (см)	1	-3	-2
	Дата	15	28	28
	h_{max} (см)	87	90	63
	Дата	2	6	22
м. Кигилях	h_{cp} (см)	15	15	-1
	σ_h (см)	13	12	9
	h_{min} (см)	-3	-9	-17
	Дата	12	27	18
	h_{max} (см)	40	42	31
	Дата	5	12	30
пр. Санникова	h_{cp} (см)	8	25	16
	σ_h (см)	24	10	9
	h_{min} (см)	-35	1	-2
	Дата	18	1	17
	h_{max} (см)	55	50	58
	Дата	3	7	30
о. Котельный	h_{cp} (см)	-9	0	-11
	σ_h (см)	32	17	19
	h_{min} (см)	-70	-31	-45
	Дата	17	2	24
	h_{max} (см)	60	39	38
	Дата	1	6	30

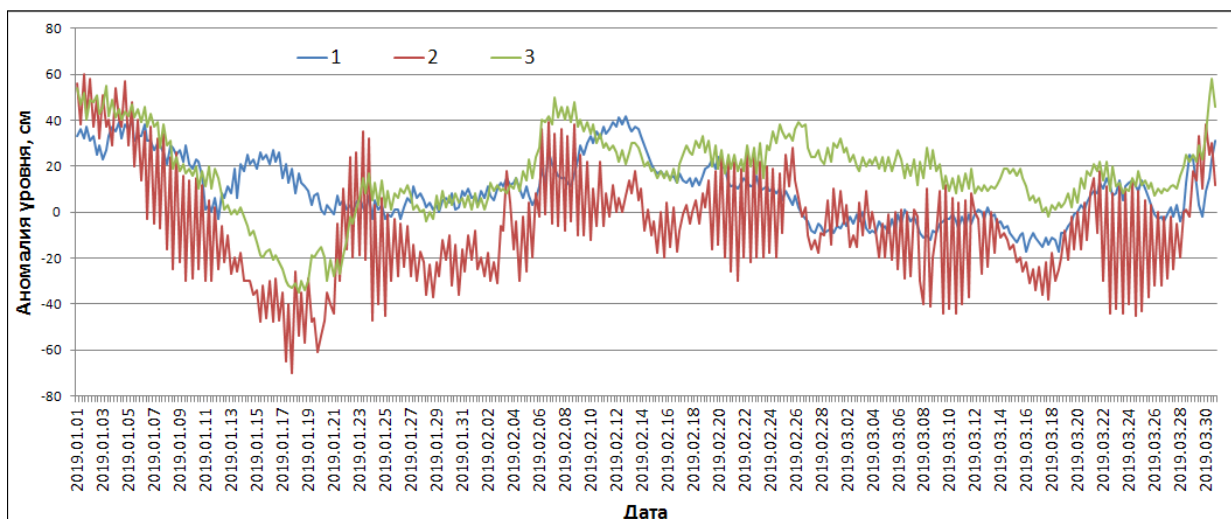


Рисунок 3.2.5 – Колебания уровня на станциях восточной части моря Лаптевых в январе – марте 2019 г.
(1 – м. Кигилях; 2 – о. Котельный; 3 – пр. Санникова)

В юго-западной части моря Лаптевых по данным станции Анабар (рис. 3.2.4, табл. 3.2.4) максимальный подъем уровня поверхности наблюдался в начале января и начале марта (+80 — +90 см). В целом поверхность воды в течение всех трёх месяцев практически не опускалась ниже среднесноголетнего значения. Лишь один раз в марте она достигла отметки –3 см.

На востоке моря Лаптевых по данным станций м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный (рис. 3.2.5, табл. 3.2.4) ход уровня поверхности имел различный характер на каждой станции. В начале января наблюдались максимальные значения уровня (+50 см). Далее происходило опускание поверхности воды, которое на станции м. Кигилях прекратилось в начале первой декады января, а на станциях пр. Санникова и о. Котельный продолжалось ещё в течение 10 дней. Именно в январе на этих станциях наблюдались максимальные и минимальные значения, тогда как на станции м. Кигилях максимум уровня был зафиксирован 12 февраля (+42 см) а минимум — 18 марта (–17 см).

Стоит так же отметить, что на станции о. Котельный колебания уровня в течение квартала проходили в основном на пониженном фоне, в отличии от двух других станций.

Наблюдений за колебаниями уровня на станциях, расположенных в Восточно-Сибирском и Чукотском морях в первом квартале 2019 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 в 1 квартале 2019 г.

По результатам модельных расчетов была выполнена оценка повторяемости максимумов значительных высот волн (H_s – significant wave height, обеспеченность 13 %) в арктических морях России с января по март 2019 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 еженедельным данным диагноза сплоченности льда ААНИИ.

Акватории морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского в первом квартале 2019 года были покрыты льдом. В Карском море в начале января 2019 г. было две области чистой воды: на юго-западе у пр. Карские Ворота и к северо-востоку от арх. Новая Земля. При этом, на свободной ото льда акватории Карского моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот до 2 м. Юго-западная область была открыта до 20 января, а затем море полностью покрылось льдом.

Сведения о распределении высот волн H_s для Баренцева моря приведены в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1

Повторяемость (число дней) различных градаций высоты волн (H_s) в Баренцевом море в первом квартале 2019 г.

Месяц	Высота волн, м									
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10
Январь	–	–	9	11	2	3	4	1	–	1
Февраль	–	1	5	12	7	3	–	–	–	–
Март	–	1	9	7	6	5	–	1	1	1
Итого	–	2	23	30	15	11	4	2	1	2

Как видно из таблицы 3.4.1, в первом квартале 2019 г. на акватории Баренцева моря в большинстве случаев развивалось волнение в диапазоне высот от 3 до 4 м.

Число случаев, когда высота волн на акватории Баренцева моря превышала 5 м, составило:

- 9 (29 %) — в январе (это значение выше по сравнению с 2018 г.);
- 3 (11 %) — в феврале;
- 8 (26 %) — в марте (это значение выше по сравнению с 2018 г.).

Самым штормовым месяцем в первом квартале стал январь. Максимальная расчетная высота волны в январе 2019 г. в Баренцевом море превысила 9,5 м (11 января на 18 ч UTC). Продолжительность шторма составила 3 дня (с 10 по 12 января). Это максимальное значение значительно выше по сравнению с первым кварталом 2018 г. (в феврале 2018 г. было более 6,5 м).

Следующим по силе штормовой активности стал март (высота волн более 9,0 м рассчитана на входе в Баренцево море 22 марта на 12 и 18 ч UTC). Продолжительность шторма составила 3 дня (с 22 по 24 марта).

На рисунке 3.4.1, в качестве примера, приведено поле ветра и высот волн H_s на акватории Баренцева моря на 18 ч UTC 11 января 2019 г.

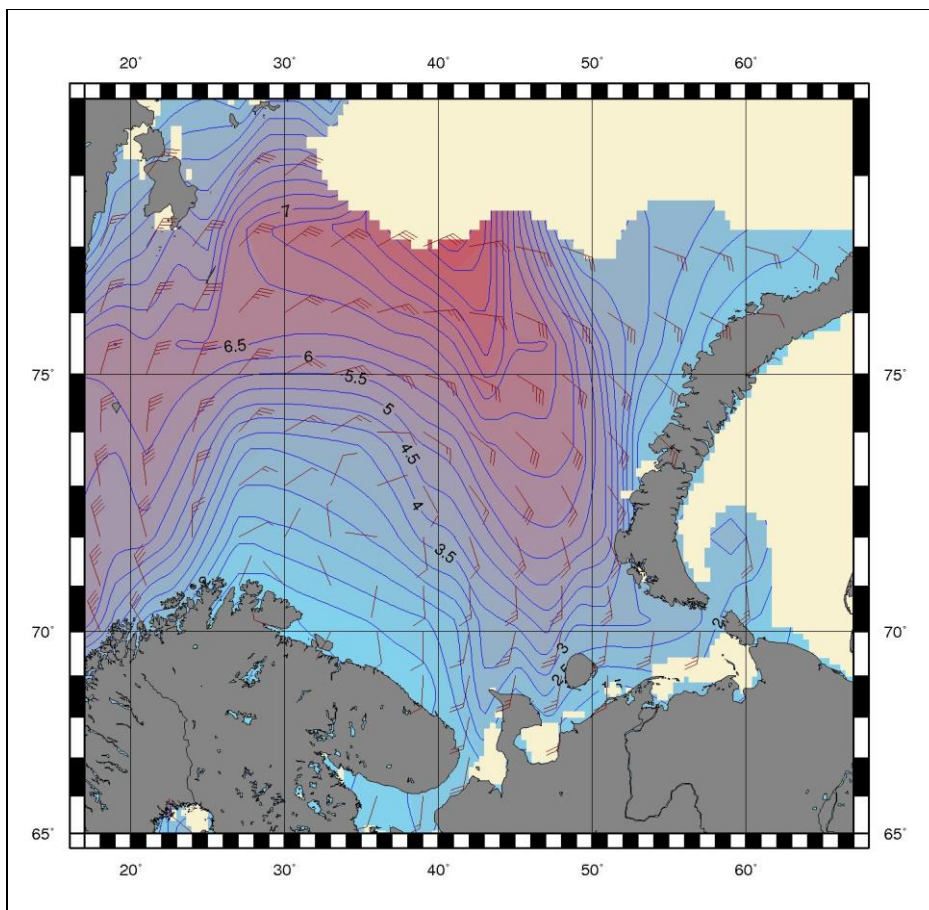


Рисунок 3.4.1 – Поле ветра и высоты волн (H_s , м) в Баренцевом море на 18 ч UTC 11 января 2019 г.

3.4 Обзор распределения гидрохимических характеристик

В 1 квартале 2019 г гидрохимическая база данных была пополнена информацией о концентрациях растворенного минерального азота, фосфора и кремния, полученных в экспедиции «Арктика-2018», проходившей на борту НЭС «Академик Тreshников» с 17

августа по 29 сентября 2018 г. Работы проводились в северо-западной и центральной частях моря Лаптевых. Получена информация о содержании биогенных элементов в обозначенных акваториях. Наблюдения включают около 200 определений фосфатов, силикатов, растворенных форм минерального азота (нитратов, нитритов, аммония), а также определений общего азота и фосфора на 33 океанографических станциях (Рис.3.4.1). В настоящий момент обработка материалов продолжается.

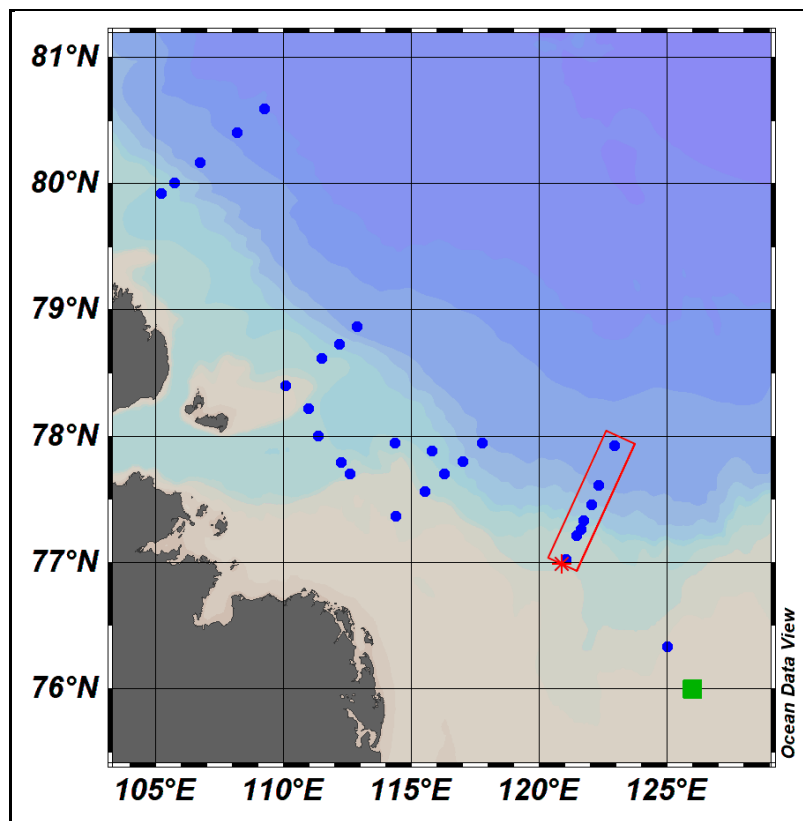


Рисунок 3.4.1 – Схема станций, выполненных в экспедиции Арктика-2018, на которых проводился отбор проб воды для определения биогенных элементов

Приводится информация по кроссконтинентальному разрезу в районе 121 — 123° в.д., а также на станции в центральной части шельфа моря Лаптевых, хорошо иллюстрирующей состояние структуры водной толщи моря (зеленый квадрат на схеме станций) (Рис.3.4.1).

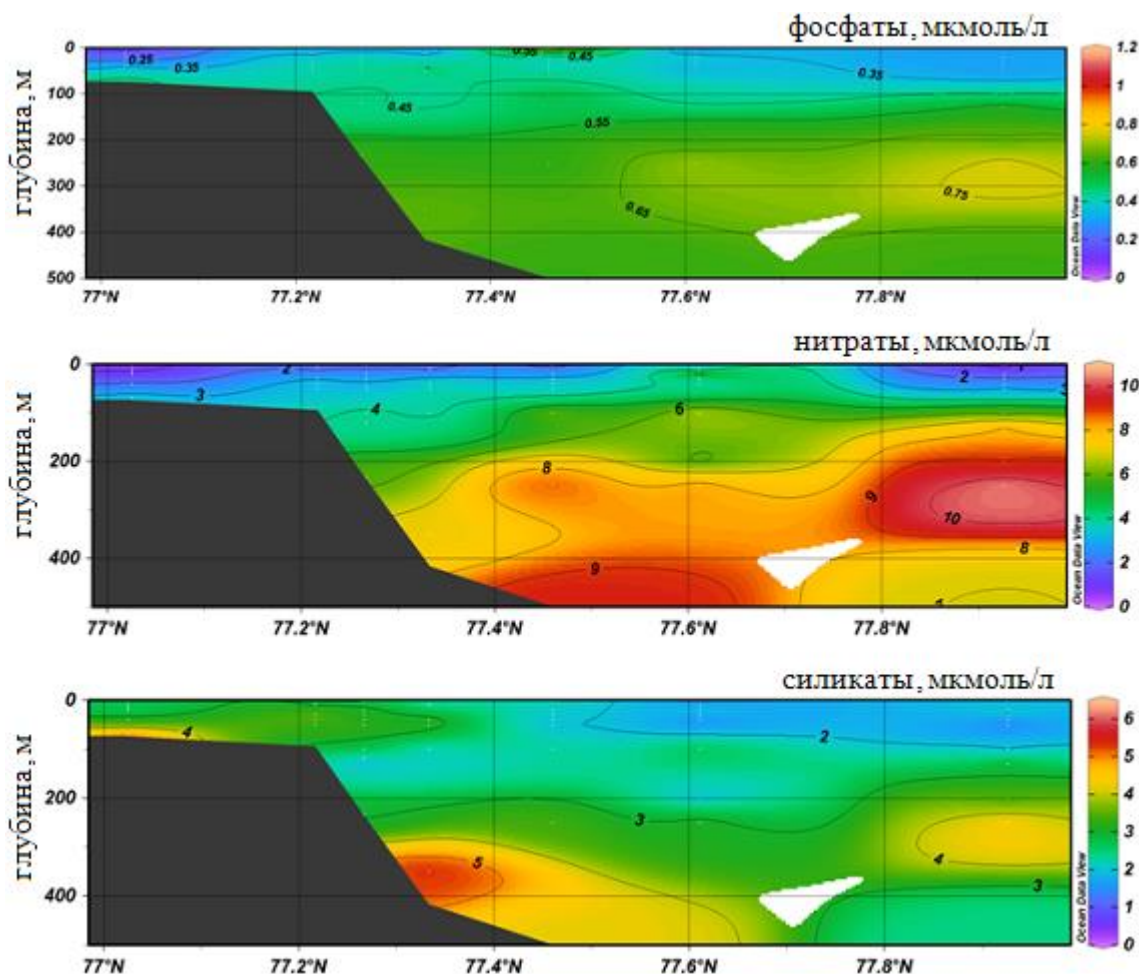


Рисунок 3.4.2 – Распределение фосфатов, нитратов и силикатов на кроссконтинентальном разрезе в районе 121 — 123° в.д.

На разрезе (рис. 3.4.2) хорошо просматривается малое содержание биогенных элементов (фосфаты менее 0,35 мкмоль/л, нитраты менее 2 мкмоль/л) в поверхностном слое моря Лаптевых и бассейна СЛО до глубин 30 — 50 м. Это связано с потреблением их при фотосинтетической деятельности фитопланктона. Содержание силикатов над шельфом выше, чем над глубоководной частью разреза (в среднем до 5 — 7 мкмоль/л). Это связано с влиянием речного стока и реминерализацией кремния на шельфе.

На глубинах 200 — 400 м севернее 77,8 с.ш. находится ядро атлантической водной массы, характеризующейся повышенным содержанием биогенных элементов (нитратов до 12 мкмоль/л, фосфатов около 0,75 — 1,0 мкмоль/л, и силикатов более 4 мкмоль/л).

Также в районе взаимодействия потока атлантических вод с донными отложениями на склоне наблюдаются повышенные концентрации силикатов (более 5 мкмоль/л) и нитратов (до 9 мкмоль/л).

В целом глубины более 100 м характеризуются повышенным содержанием биогенных элементов.

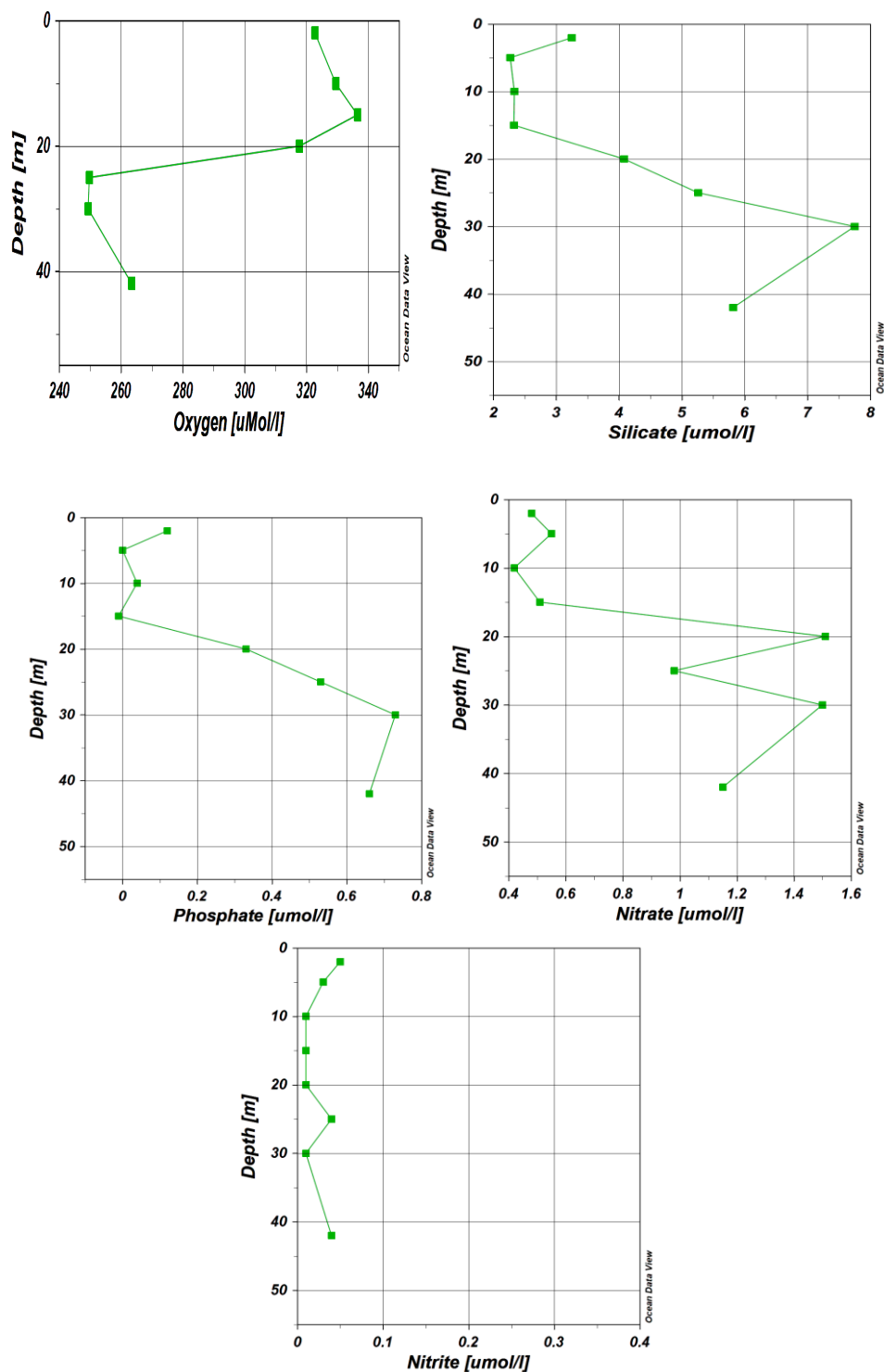


Рисунок 3.4.3 – Распределение растворенного кислорода, силикатов, фосфатов, нитратов и нитритов на станции в центральной части шельфа моря Лаптевых по данным сентября 2018 г.

В центральной части шельфа моря Лаптевых (рис. 3.4.3) наблюдается хорошо выраженная двухслойная структура со слоем скачка примерно на глубинах 20 м. Поверхностный слой характеризуется хорошей вентиляцией (320 — 330 мкмоль/л

растворенного кислорода) и крайне низким содержанием биогенных элементов. Содержание фосфатов и нитритов опускаются до аналитического нуля, содержание нитратов не превышает 0,5 — 0,6 мкмоль/л, что говорит о полном потреблении биогенных элементов фитопланктоном.

На глубине 17 м наблюдается характерный промежуточный максимум растворенного кислорода (до 340 мкмоль/л), связанный с цветением фитопланктона.

В верхнем слое (до 5 м) отмечается некоторое повышение содержания растворенного кремния (до 3,5 мкмоль/л), что, вероятно, связано с влиянием речного стока.

Придонный слой значительно беднее насыщен кислородом (около 250 мкмоль/л), а содержание биогенных элементов повышенное (силикатов до 8 мкмоль/л, фосфатов 0,6 — 0,7 мкмоль/л, нитратов 1 — 1,4 мкмоль/л). Содержание нитритов в придонном слое также низкое, с незначительным повышением в слое пикноклина, что говорит о высокой степени минерализации органического вещества и отсутствии активных процессов окисления.