

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И
МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

ДОКЛАД
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТА
НА ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЗА 2018 ГОД

Москва, 2019 г.

УДК 551.5
ББК 26.2
Д 63

**Д 63 Доклад об особенностях климата на территории
Российской Федерации за 2018 год. – Москва, 2019. –
79 стр.**

ISBN 978-5-906099-58-7

В Докладе представлены результаты мониторинга климата Российской Федерации за 2018 г., выполняемого НИУ Росгидромета на регулярной основе. Приводятся данные о наблюдавшихся в 2018 году аномалиях различных климатических переменных, об агроклиматических условиях и опасных гидрометеорологических явлениях года, а также о тенденциях современных изменений климата на территории России, в Северной полярной области и над Северным полушарием (температура свободной атмосферы). Доклад является официальным изданием Росгидромета.

УДК 551.5
ББК 26.2

© Росгидромет, 2019

RUSSIAN FEDERAL SERVICE FOR HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING
(ROSHYDROMET)

A REPORT
ON CLIMATE FEATURES
ON THE TERRITORY
OF THE RUSSIAN FEDERATION
IN 2018

Moscow, 2019

Настоящий ДОКЛАД подготовлен коллективом НИУ Росгидромета:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» (ФГБУ «ИГКЭ», головной)	М.Ю. Бардин, Э.Я. Ранькова, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, В.И. Егоров, А.М. Николаева, С.А. Громов
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «ААНИИ»)	Г.В. Алексеев В.Ф. Радионов Е.И. Александров
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»)	Т.В. Дементьева, Н.Н. Коршунова, А.С. Лавров, А.М. Стерин, А.В. Хохлова, А.Б. Шерстюков, С.Г. Давлетшин
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии» (ФГБУ «ВНИИСХМ»)	В.Н. Павлова А.А. Карачёноква
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ»)	О.А. Анисимов, Д.А. Стрелецкий
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная Геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» (ФГБУ «ГГО»)	Е.И. Хлебникова, И.А. Салль, В.В. Стадник, К.Г. Павлова, Н.Н. Парамонова, А.В. Зинченко
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации» (ФГБУ «Гидрометцентр России»)	Н.С. Сидоренков, А.Д. Голубев, С.В. Борщ
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральная аэрологическая обсерватория» (ФГБУ «ЦАО»)	А.М. Звягинцев Н.С. Иванова Г.М. Крученицкий, К.А. Статников ¹
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт» (ФГБУ «ВГИ»)	Б.А. Ашабоков, А.А. Ташилова, Л.А. Кешева, Н.В. Теунова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное объединение "Тайфун"» (ФГБУ НПО «Тайфун»)	Ю.В. Баранов, В.Н. Вишератин, Н.Е. Каменогградский
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)	Т.Р. Жемчугова

с участием и при координации Управления специальных и научных программ Росгидромета и Управления наблюдательной сети и гидрометобеспечения Росгидромета.

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

СОДЕРЖАНИЕ
TABLE OF CONTENTS

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО.....	6
OPENING ADDRESS	
ВВЕДЕНИЕ	8
INTRODUCTION	
1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	10
SURFACE AIR TEMPERATURE	
2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	16
PRECIPITATION	
3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2017/2018 ГГ.	22
SNOWCOVER IN WINTER 2017/18	
4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК	29
RIVER FREEZE-UP AND SPRING BREAK	
5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ	31
NORTH POLAR REGION	
6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА	38
PERMAFROST	
7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	40
CLIMATIC AGRICULTURE CONDITIONS	
8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	45
DANGEROUS HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS	
9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ	49
SOLAR RADIATION	
10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ.....	53
TEMPERATURE IN FREE ATMOSPHERE	
11. РЕЖИМ ВЕТРА.....	58
WIND	
12. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ	65
GREENHOUSE GASES	
13. ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ	68
SOIL TEMPERATURE	
14. ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ	71
OZONE LAYER	
ВЫВОДЫ	75

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

«Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2018 году» является официальным изданием Росгидромета. Это источник объективной информации о состоянии и тенденциях изменения климата на территории РФ, обобщающий результаты климатических исследований и оперативного климатического мониторинга, проводимых НИУ Росгидромета. Материалы Доклада основаны на апробированных многолетних рядах данных государственной наблюдательной сети Росгидромета и утвержденных методиках обработки и анализа климатических данных. Доклад содержит сведения об основных особенностях климатических условий на территории РФ и ее регионов и о сложившихся на текущий момент тенденциях их изменения.

На территории РФ, в целом за год и во все сезоны продолжается потепление, темпы которого намного превышают среднее по Земному шару. Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976-2018 гг. составила по данным ФГБУ «ИГКЭ» $0.47^{\circ}\text{C}/10$ лет. Это в 2.5 раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период: $0.17\text{-}0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет, и более чем в 1.5 раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара: $0.28\text{-}0.29^{\circ}\text{C}/10$ лет (оценки по данным Центра Хэдли и Университета Восточной Англии: Had – CRU UEA; NOAA). Наиболее быстрыми темпами росла температура Северной полярной области, особенно в последние три десятилетия («Арктическое усиление» потепления): на ряде метеорологических станций на побережье арктических морей России рост среднегодовой температуры в этот период превысил $1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет.

По данным авторитетных климатических центров (Центр Хэдли; NOAA) 2018 год в целом для Земного шара оказался четвертым среди самых теплых за весь период инструментальных наблюдений со второй половины 19-го века. Глобальная среднегодовая температура (совместно для суши и океана) превысила среднюю за период 1961-90 гг. на 0.595°C по данным Had – CRU UEA (0.662°C по данным NOAA). Температура над сушей была по данным мониторинга, ведущегося в ФГБУ «ИГКЭ», выше нормы на 1.012°C (0.998°C по данным NOAA, 0.940°C – CRU UEA) – также четвертая величина за время наблюдений по всем данным. Самым теплым годом остается 2016: аномалия глобальной температуры $+0.797^{\circ}\text{C}$ по данным CRU UEA ($+0.821^{\circ}\text{C}$ по данным NOAA).

Для России 2018 г. был теплым: средняя за год температура на 1.58°C превысила норму 1961-1990 гг. – девятая величина в ряду наблюдений с 1936 г. В течение года наблюдался ряд значительных климатических аномалий, самая значительная из которых – аномально теплая осень со средней по РФ температурой на 2.32°C выше нормы: вторая величина за время наблюдений. В октябре средняя по РФ температура была на 3.90°C выше нормы – это самый теплый октябрь за время наблюдений; особенно тепло было в азиатской части России: на 4.50°C выше нормы.

В Северной полярной области 2018 год был очень теплым – вторым в ряду с 1936 г.: среднегодовая аномалия температуры составила $+2.5^{\circ}\text{C}$. В связи с арктическим потеплением в Северном Ледовитом океане наблюдалось быстрое сокращение площади морского льда в период с середины 1990-х до начала 2010-х годов. Минимальная за год площадь льда в сентябре с примерно 6 млн. кв. км уменьшилась до исторического минимума 3.35 млн. кв. км в 2012 г. В последние годы его площадь колеблется в пределах 4.5-5.5 млн. кв. км. В 2018 году она составила 4.57 млн. кв. км.

Сохраняются основные тенденции изменения температуры в свободной атмосфере Северного полушария: потепление в тропосфере ($0.17^{\circ}\text{C}/10$ лет) и похолодание нижней стратосферы ($-0.40^{\circ}\text{C}/10$ лет) с начала 1980-х. 2018 год стал четвертым самым теплым годом в тропосфере Северного полушария с 1958 года (отклонение от нормы 1981-2010 гг. $+0.52^{\circ}\text{C}$), а в нижней стратосфере – восьмым среди самых холодных лет (-0.61°C).

В целом по России количество осадков увеличивается (2.2% нормы за 10 лет), главным образом за счет осадков весеннего сезона: 5.9% нормы за 10 лет. Однако зимой и летом на обширных территориях наблюдается их убывание. В 2018 году количество выпавших осадков составило 104% нормы. Летом осадков выпало меньше нормы (97%); в основных зернопроизводящих районах европейской части (ЦФО, ПФО, ЮФО, СКФО) наблюдался заметный дефицит осадков: менее 85% нормы. Следует особо отметить июнь, когда дефицит осадков был особенно значителен: в ЮФО 22% нормы (!); 58% в ЦФО, в ПФО 70% и в СКФО 50%. Совместно с повышенным температурным фоном это привело к образованию засух средней и сильной интенсивности в некоторых областях ЮФО и в СКФО. На всей территории земледельческой зоны РФ растет теплообеспеченность сельскохозяйственных культур, но в изменениях влагообеспеченности наблюдаются разнонаправленные тенденции: наряду с ростом весенних осадков наблюдается уменьшение летних осадков в европейской части России (ЕЧР) и рост в Сибири и на Дальнем Востоке. Уровень увлажненности сельскохозяйственных угодий в 2018 г. на ЕЧР был значительно ниже, чем в среднем за 1998–2017 гг. В ЮФО и СКФО недостаточная влагообеспеченность могла повлечь снижение урожайности озимой пшеницы. Увлажненность в предпосевной и осенний периоды для озимых культур урожая 2019 года в ЮФО и юге ПФО была недостаточна.

На значительной части страны сохраняется тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова; в среднем по России зимой 2017–2018 гг. она была на 1.32 дня короче климатической нормы. В то же время максимальная высота снежного покрова в среднем по России значительно (более чем на 11 см) превысила климатическую норму и оказалась рекордной за период с 1967 г.

Рост глубины сезонного протаивания вечной мерзлоты отмечается в основном в западных регионах страны (ЕЧР, Западная Сибирь). На всей территории России растут минимальные за год температуры почвы на глубинах до 320 см: максимум роста отмечается в азиатской части, особенно в арктической зоне и в Забайкалье.

В научных отчетах МГЭИК постоянно отмечается рост экстремальных и опасных явлений в период потепления: эта тенденция отмечена и для территории России. Прошедший год был третьим за последние 23 года по количеству опасных гидрометеорологических явлений, нанесших значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения: 465 (максимум отмечен в 2012 г. – 469).

По данным мониторинга парниковых газов в атмосфере уровень концентрации CO₂ в северных широтах на российских фоновых станциях постоянно растет и в 2018 г. достиг очередного максимума: более 410 млн⁻¹. Наблюдавшийся в 2014–2017 гг. рост концентрации метана в 2018 г. сильно замедлился.

«Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации» основан на результатах регулярного мониторинга климата на территории Российской Федерации, ведущегося научно-исследовательскими организациями Росгидромета и являющегося важным звеном поэтапной реализации Климатической доктрины Российской Федерации. Надеюсь, что представленные в Докладе данные будут полезны широкому кругу пользователей – лицам, принимающим решения, в том числе, в секторах народного хозяйства, бизнесе, в науке при разработке мер по адаптации к изменению климата и смягчению их неблагоприятных последствий, при реализации единой государственной политики в области климата.

М.Е. Яковенко,

Руководитель Росгидромета

ВВЕДЕНИЕ

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации является официальным изданием Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и выпускается ежегодно.

В настоящем Докладе приводится информация о состоянии климата на территории Российской Федерации и ее регионов в 2018 году. В частности, приводятся данные о климатических аномалиях температуры и осадков, об особенностях радиационного режима и агроклиматических условий, о состоянии снежного покрова, о сроках вскрытия и замерзания рек, об экстремальных погодных и климатических явлениях. Представлены данные о современном состоянии вечной мерзлоты и озонового слоя, о тенденциях изменения содержания в атмосфере двуокиси углерода и метана. Рассмотрены особенности климатических условий в Северной полярной области (СПО) и Северном Ледовитом океане (СЛО). Данные приводятся для различных масштабов временного и пространственного осреднения (в целом за год и по сезонам, поля локальных значений и их региональные обобщения).

Для характеристики климатических изменений в Докладе приводятся временные ряды климатических переменных (температура приземного воздуха, атмосферные осадки, высота снежного покрова, протяженность морского льда и др.) за достаточно длительный период времени (как правило, несколько десятилетий), заканчивающийся 2018 годом. Временные ряды приводятся, в основном, для средних годовых и сезонных аномалий рассматриваемых величин, осредненных по всей территории России и по территории избранных физико-географических регионов: рис. 1 и федеральных округов (ФО): рис. 2.



Рисунок 1 – Физико-географические регионы России, рассматриваемые в Докладе

Все оценки, приведенные в Докладе, получены с использованием данных гидрометеорологических наблюдений на станциях государственной наблюдательной сети Росгидромета (ссылки на списки используемых станций приведены в соответствующих разделах Доклада). Аномалии определены как отклонения наблюдаемых значений от «нормы», за которую принято многолетнее среднее за базовый период (в большинстве случаев в качестве базового используется период 1961-1990 гг.; в некоторых случаях, когда это было по тем или иным причинам нецелесообразно или невозможно, выбор базового периода специально оговорен в тексте). В качестве дополнительных характеристик аномалий используются показатели, основанные на функции распределения (вероятности непревышения, процентиля) и порядковые статистики

(ранги, т.е. порядковые номера в упорядоченном ряду значений); периоды для оценки этих статистик специально оговариваются в каждом случае.



Рисунок 2 – Федеральные округа Российской Федерации

Доклады за предыдущие годы представлены на Интернет-сайте Росгидромета <http://www.meteorf.ru> и ФГБУ «ИГКЭ»: <http://climatechange.igce.ru>. Дополнительная информация о состоянии климата на территории России и бюллетени оперативного мониторинга климата регулярно размещаются на веб-сайтах НИУ Росгидромета: ФГБУ «ИГКЭ» (<http://climatechange.igce.ru/>), ФГБУ «ААНИИ» (<http://www.aari.ru/main.php>), ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (<http://www.meteo.ru/climate>), ФГБУ «ВНИИСХМ» (<http://www.agromet.ru>), ФГБУ «Гидрометцентр России» (<http://meteoinfo.ru>), ФГБУ «ГТО» (<http://voeikovmgo.ru>), ФГБУ «ГГИ» (<http://www.permafrost.su>), ФГБУ «ЦАО» (<http://www.cao-rhms.ru>), и Североевразийского климатического центра (СЕАКЦ: <http://seakc.meteoinfo.ru>).

1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Данные. В докладе использованы данные о температуре приземного воздуха месячного разрешения на сети 702 метеостанций России, стран СНГ и Балтии (<http://climatechange.igce.ru>, архив T3288), из которых 577 станций расположены на территории России. Приводятся оценки показателей аномальности текущего состояния и изменений климата в точках расположения станций и региональные обобщения для России и регионов (рис. 1, 2) для календарных сезонов и года (январь-декабрь); месячные аномалии анализируются для детализации. Более подробная информация, включая данные для всех месяцев, доступна в сезонных бюллетенях на <http://climatechange.igce.ru>. Осреднение станционных аномалий по площади выполняется с весами, учитывающими неравномерную плотность сети (обратно пропорциональными плотности в окрестности станции). Выделены станции с экстремальными значениями температуры: ниже 5-го перцентиля (отрицательные экстремумы) и выше 95-го перцентиля (положительные экстремумы); ниже будем ссылаться на них как на 5%-е и 95%-е экстремумы. Перцентили для каждой станции рассчитаны по ряду 1936-2017 гг.

Особенности температурного режима в 2018 г.

Оценки получены по данным станционных сводок КЛИМАТ и СИНОП, своевременно поступивших по каналам связи. Ряды годовых и сезонных аномалий температуры по территории России приведены на рис. 1.1., а карты - на рисунке 1.2.

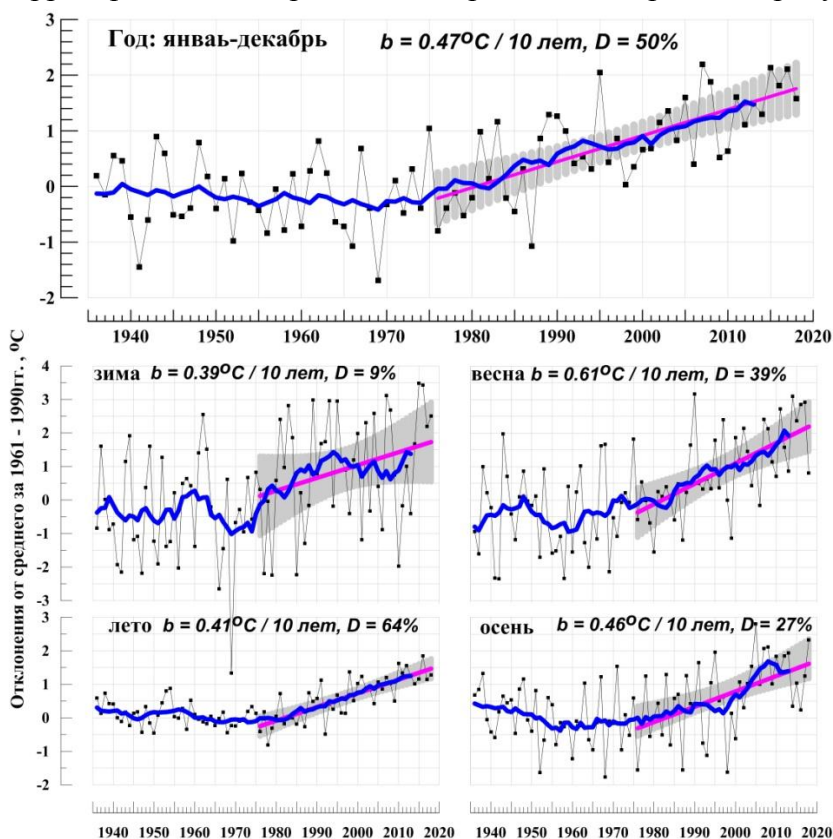


Рисунок 1.1 – Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории России, 1936-2018гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2018 гг. с 95%-й доверительной полосой; b - коэффициент тренда (°C/10 лет), $D\%$ – вклад тренда в суммарную дисперсию.

2018 год стал девятым среди самых теплых с 1936 г. (далее везде, где не указано, начало ряда 1936 г.): осредненная по территории России среднегодовая аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-90 гг.) $+1.58^{\circ}\text{C}$. Тепло было всюду (рис. 1.2), кроме Южного Урала и юга Западной Сибири: здесь аномалии до -0.7°C . Очень тепло (среднегодовые аномалии выше 1.5°C , повсеместно фиксировались 95%-е экстремумы) на юге ЕЧР: в СКФО (аномалия 2.04°C – ранг 2) и ЮФО (1.65°C – ранг 5), на большей части ДФО (2.16°C – ранг 3), а также на севере СЗФО. Из сезонов особо выделяется очень теплая *осень* (2.32°C – ранг 2), особенно в ДФО (аномалия 3.05°C – максимальная величина в ряду). Кроме того, *зимой*

экстремально тепло в Восточной Сибири (4.13°C – максимум в ряду), на Северном Урале, на Ямале; *летом* - в СКФО (2.27°C – ранг 2); в Средней Сибири (1.77°C – ранг 3); *весной* – в СКФО (1.93°C – ранг 4).

Зима 2017/18 гг. Средняя по России аномалия $+2.50^{\circ}\text{C}$. Тепло на большей части страны (за исключением южных пограничных с Казахстаном районов и отдельных районов ДФО). Экстремально тепло в Восточной Сибири: аномалия $+4.13^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду, повсеместные 95%-е экстремумы, аномалии на станциях более $+6^{\circ}\text{C}$; очень тепло на Северном Урале, на Ямале, на юге ЮФО и в СКФО. В *декабре* 2017 осредненная по территории РФ аномалия температуры 3.19°C (ранг 6). Особенно тепло в ЕЧР, в Западной Сибири (аномалии более 10°C в Ямало-Ненецком АО), а также в Средней Сибири, на Чукотке. Холодно (аномалии до -3°C) в течении Лены и ее притоков, в Приморье. В *январе* на большей части России тепло, экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до 12°C) на севере ЕЧР (осредненная по СЗФО аномалия температуры 7.10°C – ранг 3) и севере Западной Сибири. Холодно (до -7°C) на юге страны от Южного Урала до Байкала. В *феврале* экстремально тепло в Восточной Сибири (6.47°C – ранг 2). Тепло (аномалии выше 2°C) в ЮФО и СКФО, на Северном Урале, на севере и в центре Красноярского края. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в ЦФО (-0.57°C), в южных районах СЗФО, в Приамурье и Приморье (-0.66°C).

Весна. Средняя по РФ аномалия $+0.81^{\circ}\text{C}$. Тепло (аномалии до 3°C) на западе и юге ЕЧР (особенно тепло в СКФО: 1.93°C – ранг 4), а также в азиатской части России (АЧР) восточнее $\sim 90^{\circ}$ в.д. (аномалии на Чукотке до 6°C , в Саянах до 4°C). Холодно в центре и на востоке ЕЧР, на Урале и в Западной Сибири. Аномалии температуры: в ПФО -1.17°C , в УФО -1.44°C . Под экстремальными отрицательными аномалиями (ниже -2σ) было занято 12% площади страны. В *марте* средняя по РФ аномалия -0.49°C . Холодно (до -6°C) в ЕЧР (во всех федеральных округах кроме СКФО), в Западной Сибири, на севере Средней Сибири, на западе Якутии, в Хабаровском крае. Тепло (аномалии до 8°C – 9°C) на юге АЧР, на северо-востоке страны, в Предгорьях Кавказа. В *апреле* тепло всюду (кроме ПФО и юга Западной Сибири), очень тепло (аномалии до 8°C , повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) на востоке РФ (осредненная по Восточной Сибири аномалия 4.45°C - ранг 2). **Май.** Средняя по РФ аномалия 0.81°C . Тепло на большей части ЕЧР (кроме востока), особенно в западных областях, в ЮФО (3.07°C – ранг 4) и СКФО (2.60°C – ранг 3). Тепло также на востоке Среднесибирского плоскогорья. Очень тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы, аномалии 3°C – 4°C) на юге ДФО (средняя по региону Приамурье и Приморье аномалия 2.24°C – ранг 4). Холодно (до -4°C) на востоке ЕЧР, в Западной

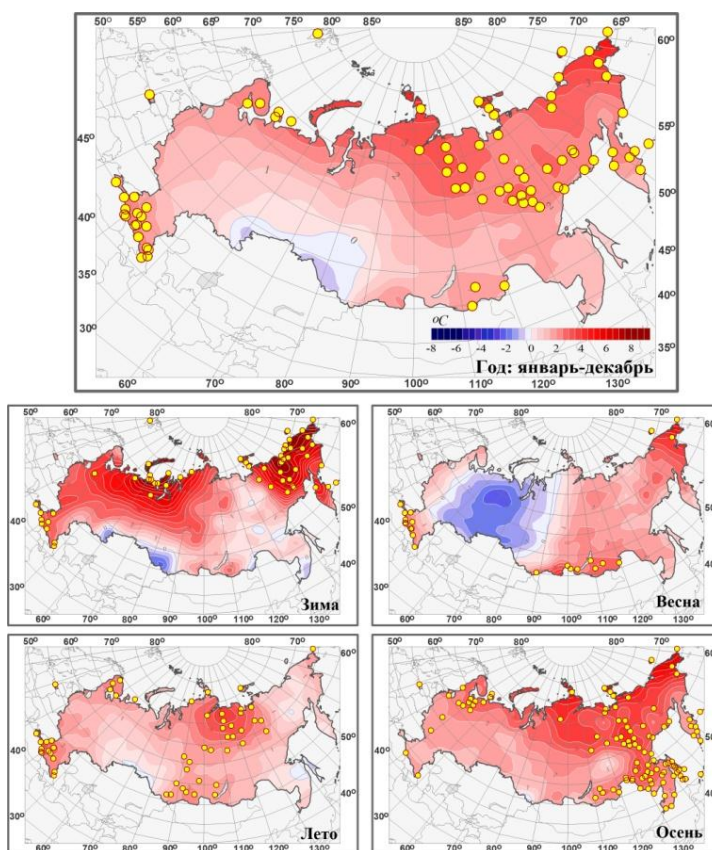


Рисунок 1.2 – Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2018 г. (отклонения от средних за 1961–1990 гг.) с указанием локализации 95%-х экстремумов (желтые кружки).

Сибири (-2.42°C – май здесь среди трех самых холодных в ряду) и на западе Среднесибирского плоскогорья - в верхнем течении Оби и в верхнем и среднем течении Енисея повсеместно отмечались 5%-е экстремумы.

Летом средняя по РФ аномалия температуры 1.28°C – ранг 6. Тепло всюду, кроме приграничных районов с северными областями Казахстана, нижнего течения Амура, Сахалина. Экстремально тепло в СКФО (2.30°C – ранг 2); очень тепло (аномалии выше 2°C, повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) на Кольском полуострове, на юге ЮФО и в Средней Сибири (1.79°C – ранг 3), на Алтае и в Саянах. **Июнь.** Средняя по РФ аномалия

температуры: 1.53°C. Экстремально тепло (всюду отмечались 95%-е экстремумы, аномалии до 9°C) в междуречье Оби и Лены, осредненная по региону Средняя Сибирь июньская аномалия 4.48°C – максимальная величина в ряду; в Крыму, в Предгорьях Кавказа (аномалии до 4°C). Холодно (аномалии до -2.5°C) в центральных и юго-восточных районах ЕЧР, на юго-западе Западной Сибири, в ряде областей ДФО. В **июле** средняя по РФ аномалия 1.01°C. Тепло в ЕЧР, особенно, в СКФО (аномалия 3.36°C – исторический максимум) и на Кольском полуострове, аномалии до 4°-5°C), на большей части Западной Сибири (кроме восточных районов), восточнее течения Лены (аномалии 2.5°C). Холодно (аномалии до -3°C) в бассейне Енисея, на Среднесибирском плоскогорье, на Таймыре; на Сахалине. **Август.** Средняя по РФ аномалия температуры 1.30°C – ранг 7. Тепло на большей части страны (кроме среднего течения Оби и Енисея, Магаданской области, Камчатки, Сахалина). Очень тепло (аномалии температуры выше 2°C, на многих станциях 95%-е экстремумы) в ЦФО (2.65°C – ранг 7), в Средней Сибири (1.70°C – ранг 4), в Прибайкалье и Забайкалье (1.99°C – ранг 7).

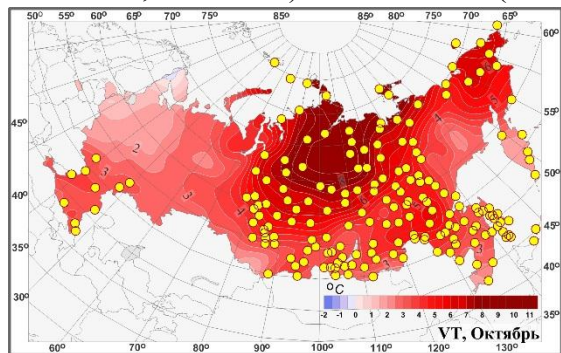


Рисунок 1.3 – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в октябре 2018 г.

Таблица 1.1 – Средние годовые (январь - декабрь) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2018 году.

vT - отклонения от средних за 1961-1990 гг.; s – среднее квадратическое отклонение за 1961-1990 гг. Красным выделены значения, попавшие в число трех наибольших (ранг 1, 2 или 3), желтым – имеющие ранг 4 или 5.

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	vT , °C	s , °C	vT , °C	s , °C	vT , °C	s , °C	vT , °C	s , °C	vT , °C	s , °C
Россия	1.58	0.77	2.50	1.80	0.81	1.80	1.28	0.34	2.32	0.90
Физико-географические регионы										
ЕЧР	1.34	0.94	3.30	2.35	-0.16	2.35	1.52	1.01	1.92	1.04
АЧР	1.67	0.80	2.19	1.86	1.19	1.86	1.19	0.34	2.48	1.09
Западная Сибирь	0.67	1.09	2.38	2.91	-0.92	2.91	0.93	0.80	1.70	1.53
Средняя Сибирь	1.92	1.15	1.60	2.81	1.45	2.81	1.79	0.65	2.58	1.82
Прибайкалье и Забайкалье	1.72	0.78	0.96	1.80	2.35	1.80	1.59	0.54	1.80	1.20
Приамурье и Приморье	1.29	0.81	0.30	1.50	1.63	1.50	0.30	0.72	2.39	0.90
Восточная Сибирь	2.62	0.64	4.13	1.37	2.08	1.37	1.08	0.53	3.48	0.94
Федеральные округа										
Северо-Западный	1.64	1.14	4.52	2.82	-0.36	2.82	1.53	1.22	2.41	1.24
Центральный	1.44	1.10	3.31	2.72	0.41	2.72	1.68	1.21	1.86	1.13
Приволжский	0.66	1.05	2.21	2.57	-1.17	2.57	1.01	1.18	1.62	1.25
Южный	1.65	0.96	2.61	2.08	1.15	2.08	2.22	1.04	1.34	1.05
Северо-Кавказский	2.04	0.73	2.65	1.64	1.93	1.64	2.30	0.78	1.57	0.85
Уральский	0.88	1.18	3.80	3.09	-1.44	3.09	0.99	1.02	2.02	1.64
Сибирский	1.30	0.93	1.26	2.53	1.15	2.53	1.37	0.46	1.87	1.49
Дальневосточный	2.16	0.69	2.40	1.43	1.90	1.43	1.09	0.46	3.05	1.01

Осень – самый теплый сезон в году: средняя по России аномалия составила 2.32°C (ранг 2). Всюду на территории страны средние сезонные аномалии были положительными. Наиболее теплые условия (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались в ДФО (аномалия 3.05°C – максимум в ряду) и в СЗФО (2.41°C – ранг 2). **Сентябрь.** Осредненная по РФ аномалия

температуры 1.80°C – ранг 2. Тепло практически всюду (кроме небольших областей на севере Якутии и на Алтае). Экстремально тепло (аномалии выше 2°C, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) на большей части ЕЧР (2.70°C – ранг 2,) и на северо-западе Западной Сибири; а также в Восточной Сибири (2.47°C – ранг 2). **Октябрь.** Исключительно теплый месяц (рис. 1.3), осредненная по РФ аномалия температуры 3.90°C – максимальная величина в ряду, экстремально тепло в АЧР (4.51°C – исторический максимум; почти повсеместно отмечались 95%-е экстремумы), аномалии на севере до 9°C. В **ноябре** средняя по РФ аномалия 1.29°C. Очень тепло (аномалии 3°C-9°C) на юге Якутии, в Приморье; а также в Карелии и в Мурманской области. Холодно

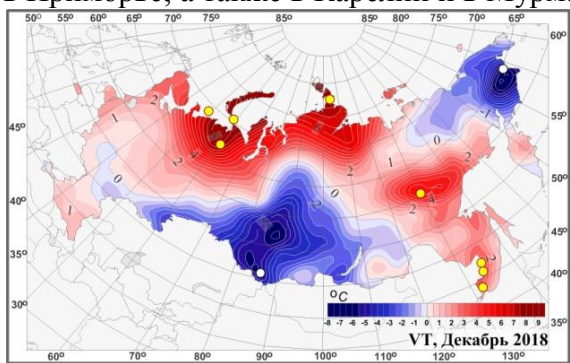


Рисунок 1.4 – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в декабре 2018 г.

(аномалии до -3°C) в центре и на юге ЕЧР, в центральных районах Западной и Средней Сибири.

Декабрь 2018 года (рис. 1.4). Осредненная по территории РФ аномалия температуры 0.44°C. Очень тепло (аномалии выше 3°C) на севере ЕЧР, севере Западной и Средней Сибири; а также на юге Якутии, в Хабаровском крае, в Приамурье и Приморье. Очень холодно (аномалии -3°C - -7°C) на юге УФО и в центре и на юге СФО, на Чукотке.

Тенденции изменений температуры воздуха

Региональные оценки трендов, полученные по временным рядам пространственно осредненных аномалий температуры за 1976-2018 гг., приведены в табл. 1.2 (°C/10 лет)

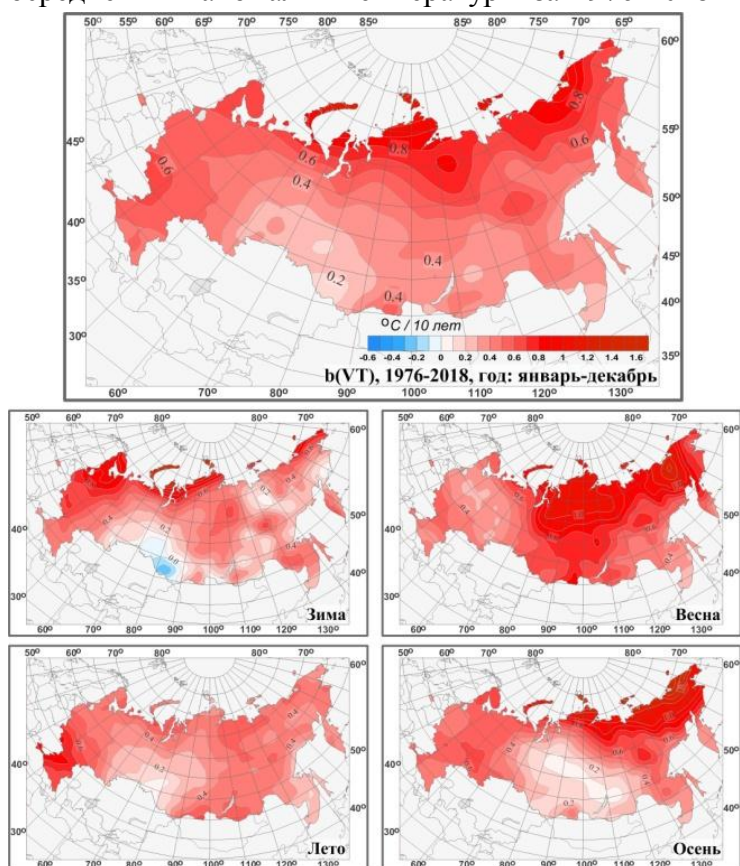


Рисунок 1.6 – Коэффициент линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2018 гг. (°C/10 лет)

для всех рассматриваемых регионов - территория России, физико-географические регионы, федеральные округа.

На рис. 1.6 представлено географическое распределение локальных оценок на территории России. Коэффициент линейного тренда характеризует среднюю скорость изменения температуры на рассматриваемом интервале времени. 1976 год выбран в качестве начала современного потепления в соответствии с ходом глобальной температуры.

Потепление продолжается на всей территории России в целом за год и во все сезоны, кроме зимы (рис. 1.1 и табл.1.2). Летом и осенью имеются области, где оно выражено слабо, а зимой даже наблюдается небольшое похолодание. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составила 0.47°C/10 лет (вклад в общую

изменчивость 50%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.61°C/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (0.41°C/10 лет: описывает 64% суммарной дисперсии). Среднегодовые температуры растут во всех физико-географических регионах и федеральных округах (табл. 1.2).

Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана, особенно в АЧР (+0.8°C/10 лет - +1.2°C/10 лет на Таймыре и на побережье Восточно-Сибирского моря). Весной и осенью максимум потепления – на побережье Восточно-Сибирского моря, а зимой – на северо-западе ЕЧР. Летом самое быстрое потепление происходит в ЕЧР южнее 55°с.ш. Кроме того необходимо отметить следующие особенности. Весной интенсивное потепление наблюдается в Западной (+0.65°C/10 лет) и Средней Сибири (+0.79°C/10 лет), а также в Восточной Сибири весной (+0.77°C/10 лет) и осенью +0.80°C/10 лет; летом в ЮФО и ЦФО (+0.74°C/10 лет и +0.61°C/10 лет). Минимум потепления в среднем за год – на юге Западной Сибири. Летом и осенью потепление наблюдается на всей территории России, однако в Сибири (на юге летом и в центре осенью) имеются области, где потепление существенно слабее.

Таблица 1.2 – Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам по территории России, её регионов и федеральных округов за 1976-2018 гг.:

b – коэффициент линейного тренда (°C/10 лет), *D* - вклад тренда в дисперсию (%); цветом выделены тренды незначимые на 1%-м уровне

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>
Россия										
Россия	0.47	50	0.39	9	0.61	39	0.41	64	0.46	27
Физико-географические регионы										
ЕЧР	0.52	46	0.58	11	0.42	20	0.52	38	0.54	28
АЧР	0.45	45	0.31	6	0.68	38	0.37	63	0.43	21
Западная Сибирь	0.34	20	0.20	1	0.65	23	0.26	12	0.27	5
Средняя Сибирь	0.49	33	0.38	4	0.79	34	0.41	40	0.34	7
Прибайкалье и Забайкалье	0.38	32	0.25	3	0.62	29	0.48	49	0.20	4
Приамурье и Приморье	0.36	42	0.39	11	0.38	18	0.29	29	0.39	22
Восточная Сибирь	0.59	57	0.36	11	0.77	37	0.41	49	0.80	47
Федеральные округа										
Северо-Западный	0.55	38	0.74	11	0.43	14	0.45	31	0.55	22
Центральный	0.57	45	0.68	13	0.45	18	0.61	33	0.53	24
Приволжский	0.47	35	0.41	5	0.40	13	0.46	19	0.58	23
Южный	0.55	45	0.49	11	0.48	22	0.74	48	0.49	21
Северо-Кавказский	0.46	47	0.41	14	0.39	24	0.60	48	0.42	20
Уральский	0.40	22	0.32	2	0.62	18	0.31	11	0.34	6
Сибирский	0.37	26	0.24	2	0.71	34	0.35	43	0.19	3
Дальневосточный	0.52	57	0.37	14	0.67	37	0.40	57	0.63	44

юге Западной Сибири). Рост зимней температуры для России в целом прекратился в середине 1990-х гг., после чего наблюдалось ее убывание, в последние пять-шесть лет наметилась тенденция к росту. По-видимому, это связано с наблюдавшимися в то время изменениями в основных циркуляционных системах Северного полушария. До середины 1990-х гг. почти вся территория России, в особенности запад ЕЧР, испытывала избыточное потепление из-за переноса теплого воздуха из Северной Атлантики. Потепление зим за период 1994-2014 гг. наблюдалось в основном в арктической зоне России; на остальной территории зимние температуры убывали, слабо на ЕЧР (до -0.2°C/10 лет) и значительно в АЧР, до -2°C/10 лет на юге Сибири. Возможно, тенденция похолодания прекратилась после 2010 г. (рис. 1.1; отметим экстремально теплые зимы 2014/15 и 2015/16 гг.). Оцененный за период 1976-2014 гг. зимний тренд по

Для зимы, в целом по РФ, тренд за 1976-2018 гг. положительный (0.39°C/10 лет). Однако и в целом по России, и для всех регионов (кроме Приамурья и Приморья) зимние тренды температуры незначимы (на 1% уровне). Осенью незначимые тренды (даже на 5% уровне) отмечаются в Западной и Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье.

В Сибири зимой наблюдается область похолодания, впервые проявившаяся в период 1976-2010 гг. и достигшая максимума в период 1976-2014 гг., когда похолодание охватывало большую часть Западной и юг Средней Сибири и достигало в центре -0.54°C/10 лет; в настоящее время похолодание менее выражено (-0.3°C/10 лет на

РФ был $+0.15^{\circ}\text{C}/10$ лет, а для 1976-2018 увеличился до $+0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет. В последние годы для РФ в целом наметилась тенденция к убыванию осенней температуры.

Аномалии температуры и тенденции изменений температурного режима районов Северного Кавказа

Для территории Северного Кавказа был продолжен анализ рядов климатических переменных трех горных станций: Ахты (1281 м н.у.м.), Теберда (1335 м н.у.м.), Терскол (2144 м н.у.м.) и двух метеостанций в предгорном и степном районах - Нальчик (500 м н.у.м.) и Прохладная (198 м н.у.м.). Наряду со средней сезонной температурой воздуха рассматривался сезонный (годовой) индекс максимальных температур, рассчитанный как осредненное за сезон (год) значение абсолютного месячного максимума (т.е. максимума из максимальных за сутки температур), выраженного как отклонение от его климатического среднего (за 1961-90 гг.), и аналогичный индекс минимальных температур. В таблице 1.3 приведены данные об аномалиях температуры в 2018 г., а в

Таблица 1.3 – Среднегодовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии средней суточной температуры и индексы минимальной и максимальной за сутки температуры приземного воздуха для станций юга ЕЧР в 2018 г.: ΔT – отклонения от нормы (средние за 1961-1990 гг.); σ – стандартное отклонение за 1961-2018 г., розовым цветом выделены значения с превышением межгодовой изменчивости более 1σ , оранжевым - более 1.69σ (5 и 95%-е экстремумы при Гауссовом распределении), голубым и синим – те же значения для отрицательных аномалий.

М/станция	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\Delta T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$	$\Delta T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$
Средние температуры										
Ахты	1.8	0.83	2.1	1.82	2.1	1.25	1.8	1.03	1.4	1.27
Теберда	2.0	0.8	2.7	1.82	2.4	0.93	1.9	1.01	2.3	1.03
Терскол	1.8	0.67	2.7	1.57	2.6	0.94	1.9	0.91	0.5	1.03
Нальчик	2.1	0.96	3.5	1.80	2.0	1.21	2.3	1.19	1.6	1.19
Прохладная	2.0	0.92	3.8	1.87	1.7	1.11	2.2	1.16	1.4	1.13
Индекс максимальных температур										
Ахты	0.8	2.63	0.7	2.38	1.5	2.03	2.8	2.59	-1.0	2.89
Теберда	-0.1	2.19	-0.5	2.26	0.3	1.84	0.8	2.20	-0.4	2.4
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	1.1	1.78	2.7	2.91	2.8	2.32	2.0	1.79	0.4	2.42
Прохладная	0.8	1.91	2.2	3.33	2.2	2.39	1.9	1.94	0.0	2.44
Индекс минимальных температур										
Ахты	2.7	2.64	5.5	2.87	2.4	3.65	1.1	2.29	2.7	3.13
Теберда	4.2	3.06	6.7	2.87	3.2	4.07	3.0	1.81	3.8	3.82
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	3.6	4.47	8.3	4.47	3.6	4.40	0.9	2.12	1.3	3.66
Прохладная	3.5	4.55	3.9	4.85	1.9	4.27	1.5	2.65	1.4	3.47

таблице 1.4 - характеристики линейного тренда за 1976-2017 гг.

В 2018 г. аномалии сезонных и годовых средних температур положительны для всех станций. В летний, весенний сезоны (за исключением станции Прохладная) и в году 95%-е экстремумы наблюдались на всех станциях, зимой - на станциях Терскол, Нальчик и Прохладная. Индексы максимальных и минимальных температур на станциях также положительны, за исключением зимнего и осеннего индекса максимальных температур в Теберде, осеннего в Ахты. Экстремален лишь индекс минимальных температур зимой в Ахты, Теберде и Нальчике, а также летом в Теберде.

Из таблицы 1.4 и рис. 1.7 видно, что с 1976 года на всех метеорологических станциях Кавказского региона наблюдался положительный тренд средних годовых и сезонных температур (кроме зимнего тренда в Терсколе); годовые тренды значимы на 1%-ном уровне, сезонные – на 5%-ном уровне (кроме зимнего тренда в Теберде).

Рост годовых температур обусловлен ростом максимальных температур (особенно в предгорном ($0.71^{\circ}\text{C}/10$ лет, $D= 23\%$) и степном ($1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет, $D= 36\%$) районах). Небольшой отрицательный тренд имеет место лишь в нескольких случаях для минимальных температур.

На высокогорной станции Терскол годовой тренд положителен за счет летнего тренда (значим на 1% уровне). Зимой, весной и осенью тренда здесь практически нет.

Таблица 1.4 - Характеристики линейного тренда b (D) за 1976-2017 гг. некоторых показателей среднегодового и среднесезонного режимов температуры на станциях Кавказского региона. T – средняя температура, Min – абсолютный минимум, Max – абсолютный максимум, b – значение углового коэффициента линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), $D(\%)$ – вклад тренда в суммарную дисперсию.

		Ахты		Теберда		Терскол		Нальчик		Прохладная	
		b	D	b	D	b	D	b	D	b	D
Год	T	0.42	38	0.37	33	0.14	8	0.54	49	0.46	40
	Min	0.4	5	0.15	0.5	-	-	0.02	0.09	0.12	0.1
	Max	0.45	5	0.5	8	-	-	0.71	23	1.0	36
Зима	T	0.4	10	0.31	5	-0.03	0.08	0.46	13	0.39	10
	Min	0.2	0.9	0.00	0.00	-	-	-0.10	0.04	-0.06	0.03
	Max	0.65	10	0.54	8	-	-	0.3	2.0	0.59	5
Весна	T	0.4	10	0.26	12	0.09	1	0.51	29	0.4	21
	Min	1.0	10	1.4	17	-	-	1.3	18	0.98	10
	Max	0.02	0.01	0.25	2	-	-	0.2	1.0	0.49	7
Лето	T	0.52	40	0.55	48	0.43	38	0.70	51	0.65	50
	Min	0.07	0.2	0.69	22	-	-	0.62	13	0.67	12
	Max	0.26	2.0	0.44	6	-	-	0.2	1	1.00	35
Осень	T	0.38	10	0.35	16	0.04	0.3	0.05	20	0.37	13
	Min	-0.02	0.01	1.07	11	-	-	0.18	0.3	0.27	1
	Max	0.13	0.3	0.31	2	-	-	0.2	13	0.86	19

Примечание: серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной, статистически значимые тренды отмечены жирным

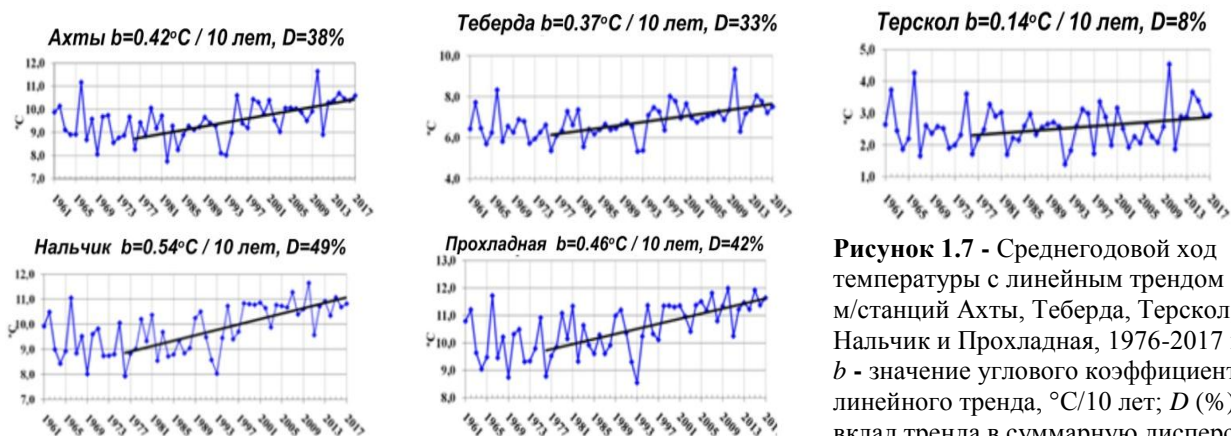


Рисунок 1.7 - Среднегодовой ход температуры с линейным трендом м/станций Ахты, Теберда, Терскол, Нальчик и Прохладная, 1976-2017 гг.; b - значение углового коэффициента линейного тренда, $^{\circ}\text{C}/10$ лет; D (%) - вклад тренда в суммарную дисперсию

2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

Данные. Использованы данные о месячных суммах осадков на 455 станциях из базового массива ФГБУ «ИГКЭ», расположенных на территории России, стран СНГ и Балтии (из них 310 станций - российские). За 2018 год использованы данные КЛИМАТ, своевременно поступившие по каналам связи. Годовые и сезонные суммы осадков выражены в мм/месяц, т.е. приведены к масштабу месячных сумм осадков, либо выражены в процентах нормы 1961-90 гг.

Особенности режима атмосферных осадков в 2018 г.

На рис. 2.1 приведены временные ряды аномалии среднегодовых и сезонных осадков (мм/месяц) для России в целом, а на рис. 2.2 карты - среднегодовых и сезонных аномалий осадков. На всех временных рядах показаны 11-летние скользящие средние, линейные тренды за 1976 – 2018 гг. с 95%-й доверительной полосой. В табл. 2.1 приведены данные об аномалиях пространственно осредненных осадков для России, ее физико-географических регионов, федеральных округов (рис. 1, 2 Введения). Аномалии,

попавшие на одно из первых или последних 5 мест в ранжированном по убыванию ряду

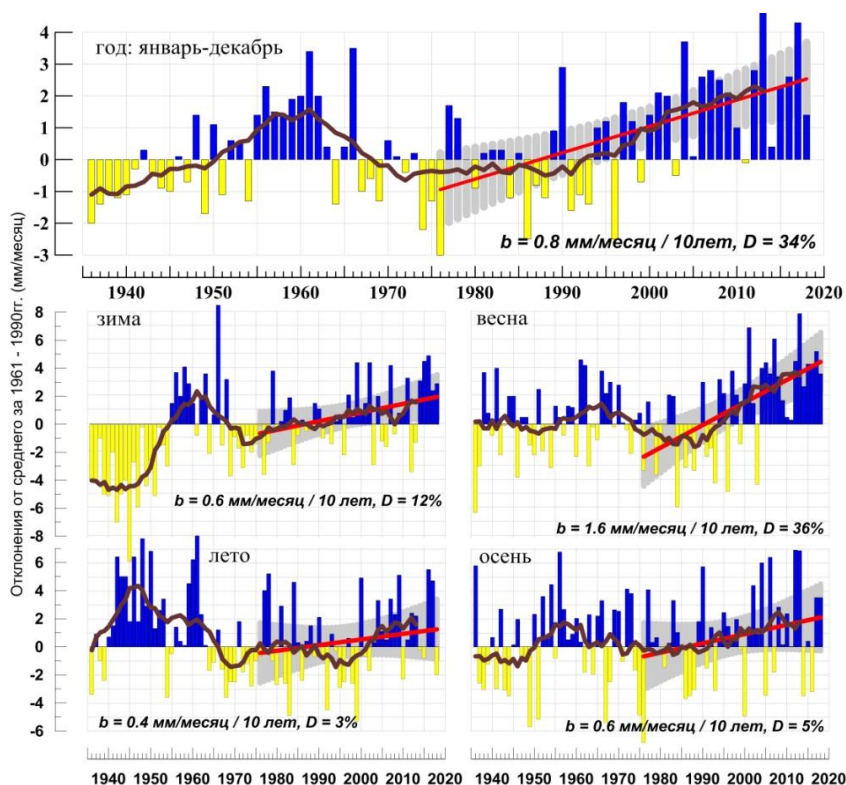


Рисунок 2.1 – Средние годовые и сезонные аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории России, 1936-2018 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд оценен за 1976-2018 гг.; b - коэффициент тренда (мм/мес/10 лет), D - вклад тренда в суммарную дисперсию (%).

Зима. Аномально большое количество осадков выпало на западе и в центре ЕЧР (в ЦФО выпало 144% нормы – ранг 3), в Байкальском регионе (в Прибайкалье и Забайкалье выпало 144% - ранг 3), а также в Магаданской области, на Камчатке. Сильный дефицит осадков (60%-80%, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался на юге Урала и Западной Сибири. Из месяцев сезона выделяется **декабрь 2017 г.:** осредненные по РФ осадки: 124% нормы – ранг 3; особенно много осадков выпало в ЕЧР (128% - ранг 2), в Прибайкалье и Забайкалье (159% нормы – ранг 2), в Средней Сибири (126% - ранг 4). В **январе** значительный избыток осадков наблюдался в ДФО; в **феврале** – в бассейне Лены, в Магаданской области. Сильный дефицит осадков (60%-80%) наблюдался в **декабре** в

осадков, выделены.

В **2018 году** средняя по России годовая сумма осадков составила 104% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, 95%-е экстремумы на станциях) наблюдался в верхнем и среднем течении Оби и ее притоков, в Забайкалье, в Магаданской области. Сильный дефицит осадков (менее 80%, на ряде станций 5%-е экстремумы) наблюдался в ПФО (88%), вдоль побережья Восточно-Сибирского моря. Сильный дефицит осадков (повсеместные 5%-е экстремумы) отмечался **зимой** на Южном Урале; **летом** - в ЦФО (85%), в Восточной Сибири (83% нормы).

Таблица 2.1 – Годовые и сезонные суммы осадков (в % от нормы 1961-90 гг.) для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2018 г. Зеленым цветом выделены значения, попавшие в число трех наибольших (ранг 1, 2 или 3), светло-зеленым - в число пяти наибольших (ранг 4 или 5) с 1936 г

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
Россия	104	113	113	97	108
<i>Физико-географические регионы</i>					
Европейская часть России	96	115	105	90	95
Азиатская часть России	107	111	118	100	115
Западная Сибирь	110	80	149	102	111
Средняя Сибирь	104	122	124	96	102
Прибайкалье и Забайкалье	114	144	102	113	124
Приамурье и Приморье	102	97	83	104	118
Восточная Сибирь	108	130	108	83	128
<i>Федеральные округа</i>					
Северо-Западный	102	118	97	101	108
Центральный	94	144	107	85	78
Приволжский	88	98	117	82	77
Южный	98	104	100	81	111
Северо-Кавказский	100	116	98	85	107
Уральский	104	78	130	103	104
Сибирский	111	115	134	104	116
Дальневосточный	105	119	100	95	118

ряде районов ДФО, в *январе* – в ПФО (78%) и УФО (66%), в *феврале* - в Приамурье и Приморье (47%).

Весной в целом по РФ выпало 113% нормы осадков. Избыток осадков отмечен в АЧР (118% - ранг 5). В Западной Сибири выпало 134% нормы - ранг 3; на юге на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы. Из месяцев сезона выделяется *март* (рис. 2.3): в среднем по РФ выпало 159% нормы осадков (ранг 3). Экстремально влажно на большей части АЧР (в целом по АЧР выпало 168% нормы - ранг 2), а также в ЮФО (215% - максимальная величина в ряду). В *апреле* значительный избыток осадков наблюдался в ЦФО (141%). В *мае* избыток осадков отмечен в СФО (138%- ранг 4). В *апреле* экстремально сухо в Прибайкалье и Забайкалье (выпало 50% нормы – среди двух самых «сухих» в ряду) и на северо-востоке страны; в *мае* дефицит осадков (местами сильный) наблюдался во всех федеральных округах ЕЧР, в Приамурье и Приморье, на Чукотке.

Летом в целом по России выпало 97%. В ЕЧР дефицит осадков (60%-80%) наблюдался в ЦФО (85%) и в ПФО (82%); а в АЧР - в Восточной Сибири (83%), на Алтае, в центре Красноярского края.

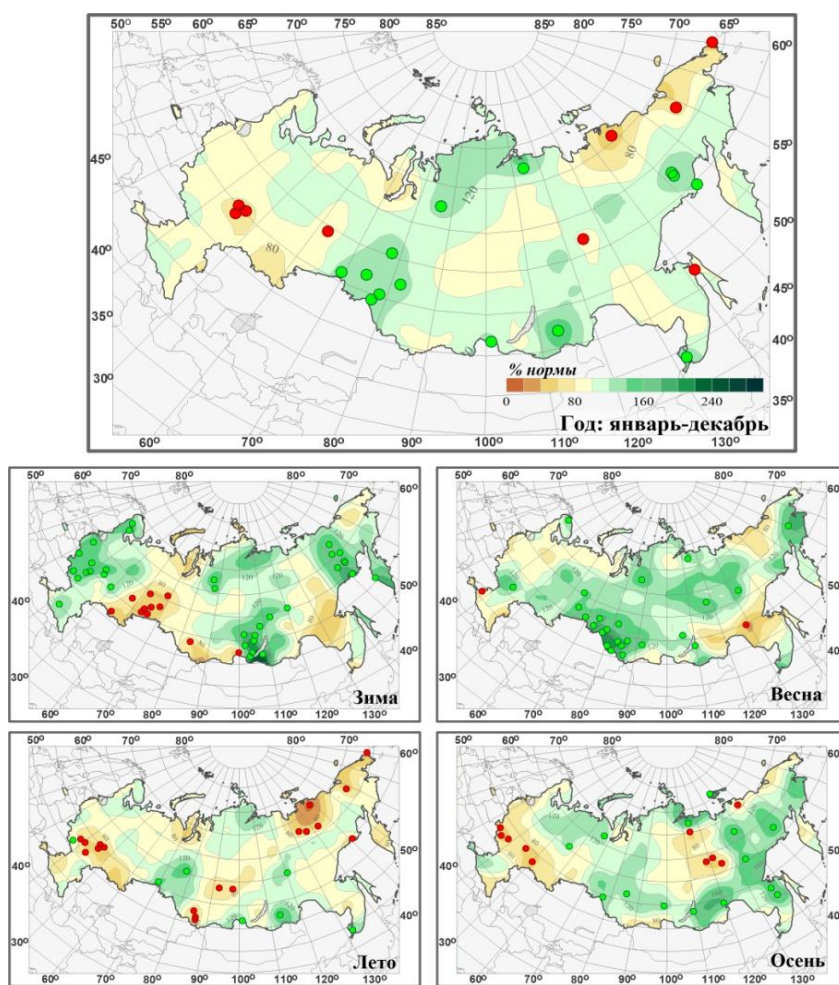


Рисунок 2.2 – Аномалии годовых и сезонных сумм осадков на территории России в 2018 г. (% от нормы 1961-1990 гг.). Кругами красного и зеленого цвета показаны станции, на которых осадки оказались соответственно ниже 5-го или выше 95-го процента.

Сибири (73%), на Алтае, на юге ДФО.

Осенью осредненные по РФ осадки: составили 108% нормы, а осредненные по АЧР 115% - ранг 4. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался на северо-востоке ЕЧР и на большей части АЧР (кроме междуречья Енисея и Лены в среднем течении).

Значительный избыток осадков (более 120%) отмечен в среднем и верхнем течении Оби и Енисея; на Таймыре, в районе Байкала.

Сильный дефицит осадков наблюдался во все месяцы сезона. В *июне* (рис. 2.3) дефицит осадков отмечался в ЕЧР в ЮФО (22% нормы – исторический минимум), в СКФО (50% - среди трех наименьших), в ЦФО (58%); в Средней Сибири (72% - среди трех самых «сухих»). В *июле* дефицит осадков отмечен в УФО (67% - среди пяти наименьших), в Средней Сибири, на Чукотке, на Камчатке, в Хабаровском крае. В *августе* осредненные по РФ осадки составили 91% (среди пяти минимальных), особенно сильный дефицит отмечен в ЮФО (25% - исторический минимум), в ЦФО (44%), в Восточной

Сильный дефицит осадков (60%-80%) наблюдался в центральных областях ЕЧР, особенно в ЦФО (78%) и ПФО (77%). Значительный избыток осадков (более 180% нормы, на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался в **сентябре** - восточнее течения Лены и в районе Байкала (в Восточной Сибири выпало 135% нормы – исторический максимум), в Прибайкалье и Забайкалье (149% - ранг 5), на западе СЗФО; в **октябре** - на северо-востоке ЕЧР, на севере Западной и Средней Сибири; в **ноябре** - в Сибирском ФО (131% - ранг 4), в Хабаровском крае. Сильный дефицит осадков (60%-80%, на многих станциях 5%-е экстремумы) наблюдался в **сентябре** - на востоке ЕЧР, и, далее, в АЧР до течения Лены (кроме юга Красноярского края), особенно сильный дефицит в Западной Сибири (73% нормы – среди пяти самых «сухих»); в **ноябре** – на большей части ЕЧР (69%), особенно в ЦФО (36% - среди четырех самых «сухих»), на севере восточнее Таймыра.

Декабрь 2018 г. (рис. 2.3) был в целом малоснежным. Осредненные по РФ осадки: 95% нормы. Сильный дефицит осадков (30%-80% нормы, на ряде станций 5%-е экстремумы) наблюдался в ЕЧР: в СЗФО (69%) и ПФО (87%); а также на юге АЧР, на северо-востоке страны. Значительный избыток осадков (120%-200%) на юге ЕЧР в нижнем Поволжье, на Ямале и на севере Западной Сибири, в Хабаровском крае, на Камчатке.

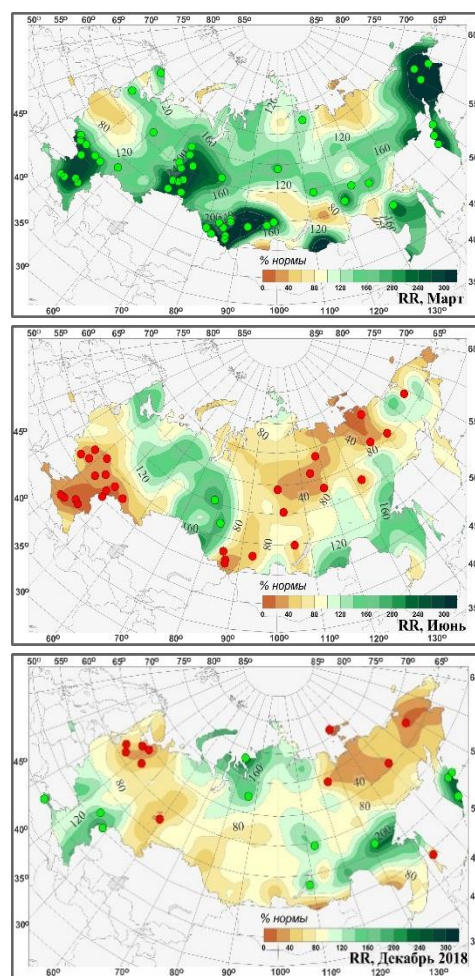


Рисунок 2.3 – Аномалии сумм осадков в марте, в июне и в декабре 2018 г.

Тенденции изменений режима осадков

Географическое распределение коэффициента линейного тренда атмосферных осадков на территории России для 2018 г. в целом и для сезонов представлено на рисунке 2.4. Оценки получены по станционным временным рядам годовых и сезонных аномалий осадков за 1976-2018 гг. Численные оценки трендов для регионов приведены в табл. 2.2 (в % нормы за 10 лет).

На территории России в целом

Таблица 2.2 - Оценки линейного тренда осредненных за год (январь - декабрь) и по сезонам месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2018 гг. **b**, % /10 лет – коэффициент линейного тренда, **D%** - вклад тренда в дисперсию. Выделены значения тренда, значимые на 1%-м уровне

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>
Россия	2.2	34	2.6	12	5.9	36	0.7	3	1.4	5
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.9	3	2.6	7	4.7	16	-1.9	4	0.5	0
Азиатская часть России	2.6	42	2.5	9	6.4	38	1.5	12	1.9	10
Западная Сибирь	2.7	15	1.3	1	8.8	34	1.6	2	0.9	1
Средняя Сибирь	3.1	26	2.2	3	6.4	33	3.2	11	2.1	5
Прибайкалье и Забайкалье	1.2	3	4.8	13	3.6	6	0.1	0	2.1	3
Приамурье и Приморье	1.8	5	7.1	10	4.7	7	1.3	1	-0.8	0
Восточная Сибирь	3.7	21	1.6	1	6.0	23	1.1	1	5.0	19
Федеральные округа										
Северо-Западный	2.3	13	4.9	14	3.5	9	1.7	1	0.3	0
Центральный	-0.1	0	3.2	4	4.1	6	-4.2	7	0.5	0
Приволжский	-0.6	1	0.7	0	5.7	9	-4.3	7	-0.6	0
Южный	0.1	0	0.0	0	5.1	9	-4.9	6	1.8	1
Северо-Кавказский	2.3	7	3.1	4	5.0	9	-1.5	1	2.9	2
Уральский	2.1	8	0.7	0	8.3	27	0.8	1	0.6	0
Сибирский	2.3	26	2.8	7	6.2	23	1.4	5	1.3	2
Дальневосточный	3.0	24	2.7	7	6.0	31	1.7	4	2.7	14

преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков. Тренд превышает 5%/10 лет лишь в ряде областей Сибири и Дальнего Востока и в СКФО. Убывают осадки на севере Чукотского АО. Незначительное убывание наблюдается в центральных районах ЕЧР. Тренд годовых осадков по территории России в целом, составляет 2.2% /10 лет, вклад в дисперсию 34% - тренд статистически значим на уровне 1%.

Рисунок 1.2 показывает, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Наиболее значительные тренды (табл. 2.2) наблюдаются в регионах Средняя Сибирь (3.1%/10 лет, вклад в дисперсию 26%) и Восточная Сибирь (3.7%/10 лет; 21%), и, соответственно, в СФО (2.3%/10 лет, 26%) и ДФО (3.0%/10 лет, 24%).

Убывание осадков наблюдается в ряде федеральных округов ЕЧР (в ЦФО и в ПФО). Региональные тренды наблюдаются на фоне существенных колебаний с периодом в несколько десятилетий, так что нельзя с уверенностью утверждать наличие тренда, а лишь наличие определенной фазы таких колебаний. Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается **весной** (5.9%/10 лет, вклад в дисперсию 36%): увеличение осадков происходит практически всюду, особенно в ДФО (до 15-20%/10 лет).

Статистически значимый на 5%-ном уровне положительный тренд весной отмечается во всех субъектах РФ (кроме Прибайкалья и Забайкалья и ЦФО). **Зимой** рост осадков происходит в основном на севере и юге страны. **Летом** и **осенью** рост осадков наблюдается в АЧР. **Зимой** осадки уменьшаются на северо-востоке страны и в центральных районах Сибири. **Летом** осадки убывают на ЕЧР (кроме севера): отрицательные тренды наблюдаются как для ЕЧР в целом, так и для всех ФО, кроме СЗФО; а также на арктическом побережье от Ямала до Чукотки и на Камчатке.

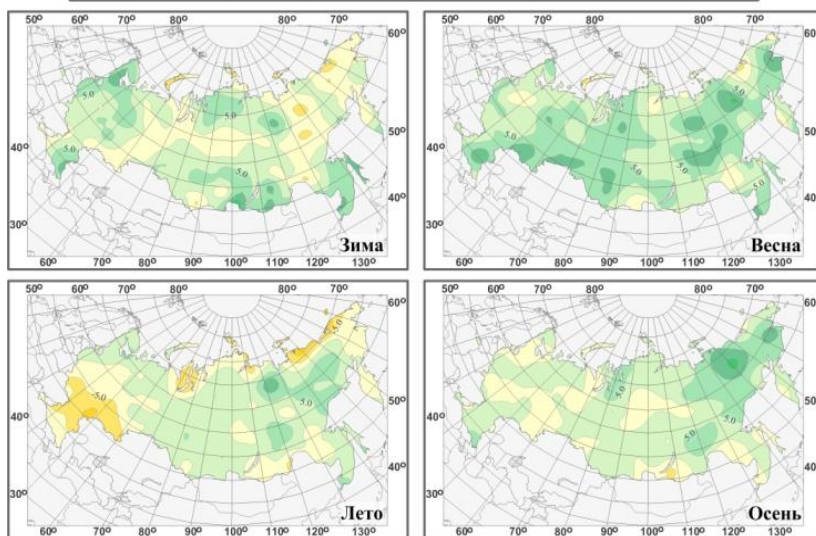
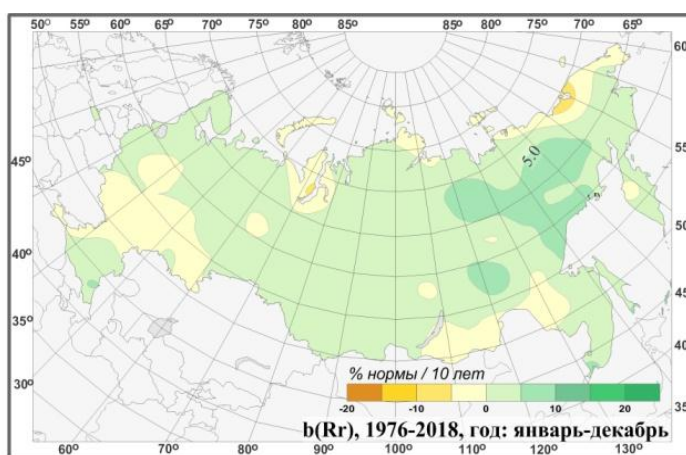


Рисунок 2.4 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976-2018 гг. на территории России (% / 10 лет).

Осадки в 2018 г. и тенденции изменений режима осадков районов Северного Кавказа

Аномалии показателей режима осадков (сумм осадков, максимума суточных осадков, числа дней с осадками не менее 5 мм) по данным 2018 года представлены в таблице 2.3.

В 2018 году, в основном, имели место положительные аномалии годовых, зимних и весенних сумм осадков и отрицательные – летних и осенних. Экстремальный избыток зимних осадков отмечался на горной станции Ахты: сезонная сумма (превысила стандартное отклонение более чем в 3 раза) и максимум суточных сумм осадков были выше 95-перцентиля. В Нальчике и Прохладной избыток осадков (95%-е экстремумы) имел место зимой. Значительный осенний и годовой дефицит осадков (5%-е экстремумы) наблюдался в Нальчике.

В Терсколе в марте 2018 г. аномалия количества осадков (188,7 мм) превысила стандартное отклонение (57,8 мм) в 3,3 раза (рис. 2.5). Сумма осадков, выпавших в марте 2018 года, составила 246,5 мм при норме 57,8мм, что явилось максимальным количеством за последние 60 лет. Такое аномально высокое количество осадков привело к массовому сходу снежных лавин в районе Приэльбрусья (долина р. Баксан от Поляны Азау до устья р. Адыр-Су) в марте 2018 года. В остальные сезоны имело место, как превышение, так и дефицит осадков, но в пределах межгодовой изменчивости.

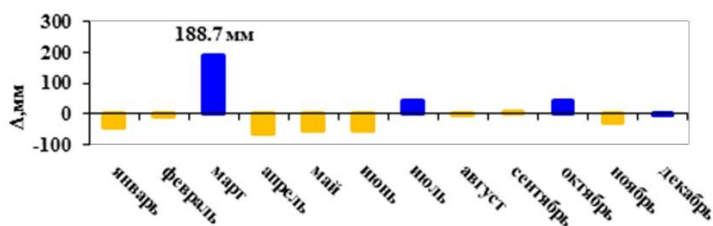


Рисунок 2.5 - Аномалии среднемесячных сумм осадков в 2018 г. на станции Терскол

Таблица 2.3 - Годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии сумм осадков для м/станций юга ЕЧР в 2018 году: Δ, мм – отклонения от нормы (средних за 1961-1990 гг.); σ – стандартное отклонение за 1961-2018 гг. Розовым цветом выделены значения межгодовой изменчивости более 1σ, оранжевым – более 1,69σ (5 и 95%-ные экстремумы при Гауссовом распределении), красным- более 3σ, голубым и синим – те же значения для отрицательных аномалий. .

М/станция	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	Δ, мм	σ, мм	Δ, мм	σ, мм	Δ, мм	σ, мм	Δ, мм	σ, мм	Δ, мм	σ, мм
Суммы осадков										
Ахты	2.4	72.41	53.1	16.07	23.8	40.41	-31.7	44.54	-43.7	36.06
Теберда	97.2	122.36	43.8	81.73	86.8	64.29	25.7	53.98	-2.1	81.16
Терскол	28.7	165.7	-6.7	86.30	77.5	77.30	-58.8	65.30	71.9	94.4
Нальчик	-113.8	106.89	29.8	19.73	-6.7	56.14	-56.4	68.49	-69.8	52.31
Прохладная	45.4	91.5	29.9	19.14	16.1	46.37	19.9	57.43	-26.2	43.46
Максимум суточных осадков										
Ахты	0.2	8.28	13.8	6.40	-0.7	7.34	-9.2	9.42	-3.5	9.24
Теберда	0.3	13.64	-0.6	15.06	-4.1	13.67	-1.7	12.02	7.9	13.31
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	-2.6	11.36	2.4	5.35	-3.3	11.12	-1.6	10.53	-8.3	14.91
Прохладная	4.8	16.22	3.2	4.07	-2.8	14.45	21.6	15.32	-3.7	13.33
Число дней с осадками не менее 5 мм										
Ахты	0.5	4.36	0.7	1.61	1.0	2.86	0.0	3.22	0.3	2.49
Теберда	1.0	7.42	1.0	3.58	3.0	4.09	-1.0	3.85	0	4.40
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	-0.08	6.94	1.0	1.94	1.0	3.57	-1.0	4.01	-0.7	3.39
Прохладная	0.2	5.7	0.7	2.04	0.7	2.86	-0.7	3.35	-0.3	2.59

В таблице 2.4 и на рисунке 2.6 представлены характеристики линейного тренда b (D) за 1976-2017 гг. некоторых показателей среднегодового и среднесезонного режима осадков на станциях Кавказского региона.

Изменение режима осадков не проявляется так явно, как изменение температурного режима. На всех станциях наблюдается увеличение осенних сумм осадков, а также годовых и весенних (за исключением Ахты), но статистически незначимое даже на уровне 5%. Следует отметить, что по данным за 1976-2017 гг. наметилась слабая тенденцию к уменьшению годовых сумм осадков на станции Ахты и тенденция к увеличению максимальных суточных осадков зимой на станции Теберда.

Значимый на 5%-ом уровне рост осадков отмечен весной в Теберде (19.28%/10 лет, 11%), суточных максимумов осадков - осенью в Прохладной. Летние осадки убывают на всех станциях (незначимо).

Таблица 2.4 – Характеристики линейного тренда b (D) за 1976-2017 гг. некоторых показателей среднегодового и среднесезонного режима осадков на станциях Кавказского региона. R – сумма осадков, Max – максимум суточных осадков, $NR5$ – число дней с осадками не менее 5 мм, b – значение углового коэффициента линейного тренда (мм /10 лет или число дней/ 10 лет), $D(\%)$ – вклад тренда в суммарную дисперсию.

		Ахты		Теберда		Терскол		Нальчик		Прохладная	
		b	D	b	D	b	D	b	D	b	D
Год	R	-1.45*	0.00	17.73	3.4	21.15	2.3	5.8	4	7.54	1.0
	Max	0.08	0.01	0.5	8.0	-	-	0.7	0.7	3.3	6.0
	$NR5$	-0.05	0.02	2.3	19	-	-	0.97	3.0	0.62	2.0
Зима	R	0.42	0.1	-4.09	0.4	-4.86	0.6	-0.32	0.05	3.35	4.0
	Max	0.53	1.4	0.54*	8.0	-	-	-0.16	0.1	0.6	4.0
	$NR5$	0.21	3.0	0.12	0.2	-	-	0.36	5.0	0.4	5.0
Весна	R	-0.2	0.0	19.28	11	19.4	8.0	3.3	0.6	6.04	3.0
	Max	0.6	1.0	0.25	2.0	-	-	-1.14	1.5	1.18	1.0
	$NR5$	-0.31	2.0	1.13	10.0	-	-	0.26	0.7	0.31	2.0
Лето	R	-3.78	1.0	-2.68	0.33	-2.58	0.3	-1.8	0.1	-9.98	4.0
	Max	-0.22	0.08	0.44	6.0	-	-	1.71	4.0	2.47	4.0
	$NR5$	-0.37	2.0	0.71	5	-	-	-0.53	3.0	-0.5	3.0
Осень	R	1.97	0.5	2.23	0.13	7.66	1.0	4.74	1.0	8.98	6.0
	Max	-0.84	1.3	0.31	2.0	-	-	-1.5	2.0	3.5	11.0
	$NR5$	0.41	5.2	0.18	0.3	-	-	0.94	10	0.46	5.0

Примечание: серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной, статистически значимые тренды отмечены жирным, * отмечены коэффициенты трендов, поменявших направление

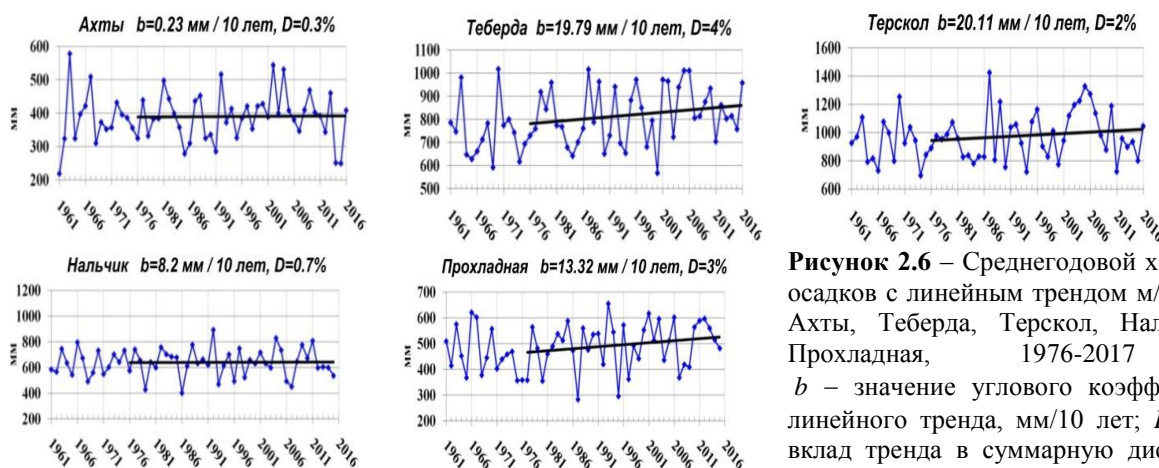


Рисунок 2.6 – Среднегодовой ход сумм осадков с линейным трендом м/станций Ахты, Теберда, Терскол, Нальчик и Прохладная, 1976-2017 гг. b – значение углового коэффициента линейного тренда, мм/10 лет; D (%) – вклад тренда в суммарную дисперсию за 1976-2017 гг.

3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2017/2018 г.

Анализ изменений характеристик снежного покрова проводился по данным в точке и по рядам средних для 9 квази-однородных климатических регионов характеристик. Для получения региональных средних аномалии на метеостанциях арифметически осреднялись по квадратам сетки (1°N x 2°E), а затем с весовыми коэффициентами в зависимости от широты квадрата проводилось осреднение по регионам, показанным на рис. 3.1, и территории России.

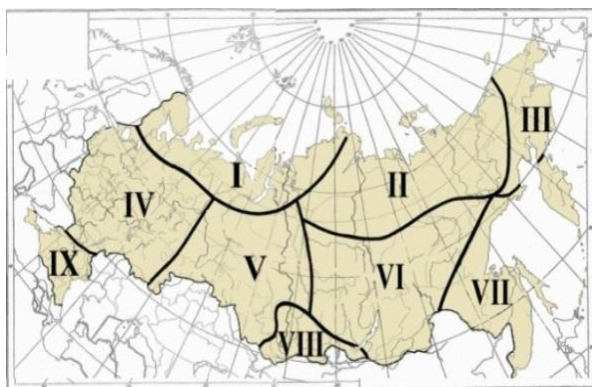


Рисунок 3.1 - Квази-однородные климатические регионы:

I - Север ЕЧР и Западной Сибири, II - Северная часть Восточной Сибири и Якутии, III - Чукотка и север Камчатки, IV - Центр ЕЧР, V - Центр и юг Западной Сибири, VI - Центр и юг Восточной Сибири, VII - Дальний Восток, VIII- Алтай и Саяны, IX- Юг ЕЧР.

Методика наблюдений за характеристиками снежного покрова неоднократно изменялась. После 1965 года нарушений однородности, вызванных изменением процедуры наблюдений, не было, поэтому исследование многолетних характеристик снежного покрова проведено по данным за период с 1966 г. Используются нормы (средне многолетние значения) характеристик снежного покрова за период 1971-2000 гг.

В таблице 3.1 приведены значения пространственно осредненных аномалий характеристик снежного покрова зимой 2017-2018 гг. для регионов России и их ранги по данным за 1967-2018 гг. Анализ состояния снежного покрова каждого зимнего сезона осуществляется по данным с 1 июля прошедшего года по 30 июня текущего года.

Особенности состояния снежного покрова зимой 2017-2018гг.

Первый снег зимой 2017/18 гг. на ЕЧР выпал позже среднеклиматических сроков на 5-10 дней в северных и северо-восточных районах, Прикамье, а также на большей части ЮФО и СКФО. В Поволжье снег появился на 10-20 дней раньше (рис. 3.2, б).

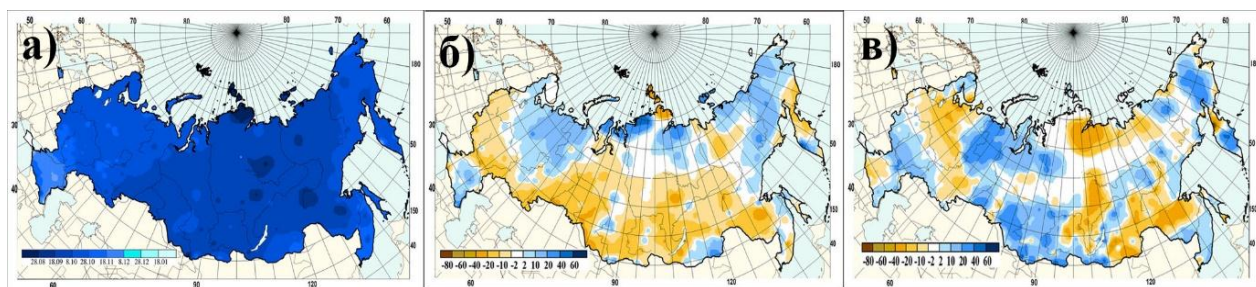


Рисунок 3.2 - а) Даты появления первого снега на территории России в зимний период 2017-2018 гг. б) Аномалии в датах появления первого снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2017-2018 гг. (от норм 1971-2000 гг.) в) Аномалии в датах схода снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2017-2018 гг. (от норм 1971-2000 гг.)

На АЧР раньше обычных сроков снежный покров выпал на большей части Западной Сибири, Красноярского края, в Иркутской и Амурской областях, южных районах Якутии и на севере Камчатского края. В Омской области первый снег лег уже 4-6 октября, что на 12-20 дней раньше климатических сроков (рис. 3.2, а). На арктическом побережье Ямала и Таймыра, севере Якутии, в Чукотском АО и Магаданской области из-за очень теплой погоды в октябре-ноябре снежный покров появился гораздо позже климатических сроков. На севере и юго-западе Якутии, Иркутской и Амурской областях, Забайкальском крае снег сошел раньше обычного (рис. 3.2, в).

Продолжительность залегания снежного покрова в среднем по России оказалась близкой к климатической норме, всего на 1.32 дня меньше (табл. 3.1).

Максимальные отрицательные аномалии продолжительности залегания снежного покрова отмечены на арктическом побережье ЕТР, Таймыре и Чукотке (рис. 3.3, а).

Таблица 3.1 – Средние за зимний период (2017-2018 гг.) аномалии характеристик снежного покрова, осредненные по территории квази-однородных климатических регионов России:
 Δ – отклонения от средних за 1971-2000 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих характеристик зимнего периода за 1967-2018 гг.;
 σ – среднеквадратическое отклонение

Регион	Максимальная высота			Число дней со снегом		
	Δ	R	σ	Δ	R	σ
Россия	7.52	1	2.99	-1.32	29	4.94
Север ЕЧР и Западной Сибири	14.82	2	7.92	-12.31	42	9.38
Северная часть Восточной Сибири и Якутии	14.45	1	5.20	-5.89	37	7.68
Чукотка и север Камчатки	29.16	1	10.75	-9.13	41	10.68
Центр ЕЧР	5.06	17	6.64	-2.47	25	10.13
Центр и юг Западной Сибири	0.78	27	6.93	6.65	8	8.37
Центр и юг Восточной Сибири	16.83	3	6.53	-0.56	33	5.99
Дальний Восток	7.66	15	7.10	-3.24	38	6.83
Алтай и Саяны	-0.73	29	6.52	6.99	16	9.39
Юг ЕЧР	-2.18	39	4.70	-8.67	37	21.72

Примечание: жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за зимы 1967-2018 гг.

В зимний период 2017-2018 гг. **максимальная высота снежного покрова** в среднем по России значительно превысила климатическую норму (табл. 3.1). Эта величина оказалась рекордной за рассматриваемый период. Максимальная высота снежного покрова превысила норму на большей части ЕЧР, на некоторых станциях превышен абсолютный максимум. На АЧР значительные положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова отмечены на севере Западной Сибири, в южных и восточных районах Якутии, Магаданской области, на Чукотке, Сахалине и юге Камчатки.

В этих районах также на многих метеорологических станциях превышен абсолютный максимум. На северо-востоке ДФО очень много осадков выпало в октябре-ноябре, когда температура воздуха уже устойчиво опустилась ниже 0°C (см. врезку рис. 3.3, б, Чокурдах), что способствовало значительному увеличению высоты снежного покрова. На северо-востоке ДФО снежным выдался и март 2018 г. На Южном Урале первый снег появился даже раньше климатических сроков, очень теплая погода в октябре приводила к тому, что часто отмечались жидкие и смешанные осадки, а выпавший снег таял (см. врезку рис. 3.3, б, Тузан). В связи с этим высота снежного покрова в первую половину зимы в этом районе увеличивалась очень медленно, и по итогам зимнего сезона оказалась значительно меньше климатической нормы. В ноябре в Чукотском АО, Магаданской области и Камчатском крае месячная норма осадков была превышена в 3-4 раза, на многих метеорологических станциях суммы осадков стали рекордными за всю историю наблюдений.

При ослабленном Сибирском антициклоне далеко на восток прорывались атлантические циклоны, принося с собой обильные снегопады. Положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова получены для всех квази-однородных регионов, за исключением VIII и IX (табл. 3.1).

Максимальный за прошедшую зиму **запас воды в снеге** по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России оказался выше нормы и в поле, и лесу (табл. 3.2). Значительные положительные аномалии запаса воды в снеге в поле отмечены во всех районах, за исключением центральных и южных районов Западной Сибири и юга ЕЧР (районы V и IX). В I, II, VI и VII районах значения максимального запаса воды в снеге на полевом маршруте попали в первую десятку наибольших значений. Наиболее значительные отрицательные аномалии запаса воды в поле получены на Южном Урале (рис. 3.4, а).

Отрицательные аномалии продолжительности залегания снежного покрова в северных областях ЕТР и на Таймыре обусловлены более поздним установлением и ранним сходом снежного покрова. В центре и на юге Западной Сибири, а также на Алтае и в Саянах (районы V и VIII) снег пролежал дольше обычного из-за более раннего его появления и более позднего схода.

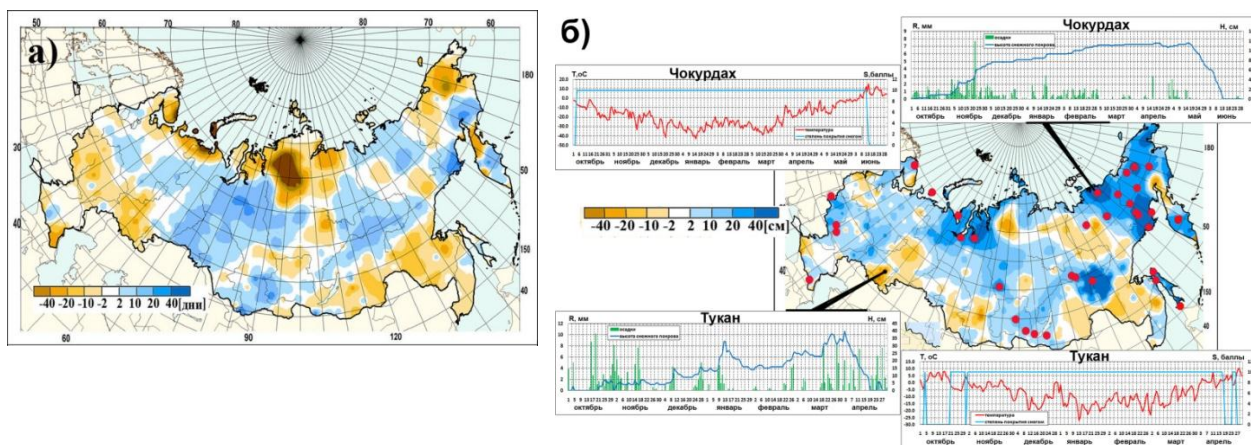


Рисунок 3.3 - а) Аномалии числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции зимой 2017-2018 гг. (от среднееголетних значений за период 1971-2000 гг.). б) Аномалии максимальной высоты снежного покрова зимой 2017-2018 гг. (от средних многолетних значений за период 1971-2000 гг.). На врезках сумма осадков за сутки, высота снежного покрова, средняя суточная температура воздуха и степень покрытия снегом окрестностей станции в очагах максимальных положительных и отрицательных аномалий. Кружками красного цвета показаны станции, на которых зарегистрирован абсолютный максимум высоты снежного покрова.

Таблица 3.2 – Аномалии максимального за зимний период (2017-2018 гг.) запаса воды в снеге, осредненные по территории квази-однородных климатических регионов России
 Δ - отклонения от средних за 1971-2000 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих характеристик за 1967-2018гг.; σ – среднеквадратическое отклонение.

Р е г и о н	Запас воды в снеге (поле)			Запас воды в снеге (лес)		
	Δ	ранг	σ	Δ	ранг	σ
Россия	11.20	8	8.84	4.97	12	8.06
Север ЕЧР и Западной Сибири	32.89	2	17.38	4.77	15	24.90
Северная часть Восточной Сибири и Якутии	48.40	4	25.13	41.80	1	14.00
Чукотка и север Камчатки	16.04	10	29.04	104.32	1	31.25
Центр ЕЧР	9.91	19	17.60	-10.77	39	18.81
Центр и юг Западной Сибири	-6.74	36	17.73	-14.97	35	22.65
Центр и юг Восточной Сибири	10.49	6	6.62	8.12	8	8.14
Дальний Восток	38.06	5	20.65	25.72	9	24.71
Алтай и Саяны	7.75	18	14.06	-9.09	31	29.54
Юг ЕЧР	-4.35	33	10.37	-	-	-

Примечание: жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за 1967-2018гг.

В лесу максимальный запас в снеге значительно превысил норму во II, III, VI и VII квази-однородных районах, причем эти значения также вошли в первую десятку наибольших значений, а во II и III районах значение максимального запаса воды в снеге стало рекордным. Отрицательные аномалии запаса воды в снеге на лесном маршруте отмечены в северо-западных областях ЕЧР, автономных округах Западной Сибири, на севере Красноярского края, центральных и юго-западных районах Якутии и на юге Хабаровского края (рис. 3.4, б). В таблице 3.3 приведены подробные данные о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ.

На ЕЧР в бассейне Волги, накопленные к началу марта запасы воды в снежном покрове, в целом были на 47 мм меньше, чем в 2017 году, и составили 81% нормы. Больше нормы на 26% были накоплены запасы воды в снеге в бассейнах Костромы, Унжи и Ветлуги. В бассейнах Рыбинского, Куйбышевского, Волгоградского водохранилищ, реки Вятки снеготопасы были близки к норме. В остальных речных бассейнах в пределах бассейнов Волги и Камы накопленные запасы воды в снеге были на 15 – 47% меньше нормы. В бассейнах Дона выше Цимлянского водохранилища и Хопра запасы воды в снеге в начале марта были близкими к норме, но на 25-30% меньше, чем в 2017 году. На

северо-западе страны снегозапасы в бассейнах Нарвы и Волхова составили 92% нормы. На севере ЕЧР в бассейнах Северной Двины, Вычегды, Сухоны, Онеги снегозапасы в начале марта оказались меньше прошлогодних на 6 – 27 мм и составили 90 – 110%, в бассейне р. Уса и на востоке Ненецкого автономного округа – до 140% нормы.

Таблица 3.3 – Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ Российской Федерации по состоянию на 31 марта 2018* г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2017 г.): *w2017, w2018* – запасы воды в снеге в 2017 и 2018 гг.

№ п/п	Бассейны рек	Запасы воды в снеге на 31 марта 2018 г.				
		норма	w2017	w2018		
		мм	мм	мм	% от нормы	% от w2017
1	ВОЛГА, в т.ч.	109	105	118	108	112
2	до Рыбинского водохр.	89	46	99	111	215
3	р. Кострома и Унжа	116	85	158	136	186
4	р. Москва	74	1	98	132	-
5	р. Ока, включая бассейн р.Москвы	54	8	92	170	-
6	р. Сура	75	45	94	125	209
7	р. Ветлуга	130	159	171	132	108
8	Чебоксарское водохранилище	69	36	103	149	286
9	р. Вятка	139	185	158	114	85
10	Куйбышевское водохранилище	119	152	146	123	96
11	Саратовское водохранилище	64	84	95	148	113
12	Волгоградское водохранилище	37	20	103	278	-
13	р. Кама	183	217	141	77	65
14	р. Белая	127	170	102	80	60
15	ДОН, в т.ч.	22	с/нет	70	318	-
16	Хопер	28	с/нет	83	296	-
17	Медведица	27	с/нет	85	315	-
Реки севера						
18	Северная Двина	118	155	184	156	119
19	Сухона	120	137	156	130	114
20	Вага	123	134	154	125	115
21	Юг	112	147	185	165	126
22	Пинега	100	146	179	179	123
23	Вычегда	135	180	201	149	112
24	Мезень	140	185	178	127	96
25	Нарва (28 февраля)	54	17	49	91	288
26	Волхов (28 февраля)	63	71	58	92	82
Реки и водохранилища Сибири весной 2018 г.						
27	Верхняя Обь	85	97	60	71	62
28	Тобол	50	81	52	104	64
29	Енисей (Саяно-Шушенское в-ще)	116	146	204	176	140
30	Енисей (Красноярское водохранилище)	132	157	154	117	98
31	Ангара (оз. Байкал)	82	88	103	126	117
32	Ангара (Братское водохранилище)	71	70	112	158	160
33	Ангара (Усть-Илимское водохранилище)	120	101	138	115	137

Примечание: на ЕЧР весна запоздала почти на месяц, на АЧР, наоборот, немного опережала многолетние сроки. Поэтому повсеместно анализировались сведения о снежном покрове на 31 марта 2018г.

В бассейнах рек и водохранилищ Сибири запасы воды в снеге в начале марта преимущественно составляли 113 – 152% нормы, лишь в бассейнах Верхней Оби и Тобола 66% и 68% нормы соответственно. К началу марта значительные запасы воды в снеге были накоплены на северо-востоке, западе и юго-западе Якутии (110 – 200% нормы). В низовьях Индигирки и Колымы запасы воды в снеге были экстремально высокими - более 200% нормы. В центральных районах Красноярского края запасы воды в снежном покрове были близки к наибольшим за период наблюдений и составляли 150 – 220% нормы. Высокие снегозапасы наблюдались на юге Таймыра (110–150% нормы), а в районе г. Норильска они были наибольшие за период наблюдений и составляли 300% нормы.

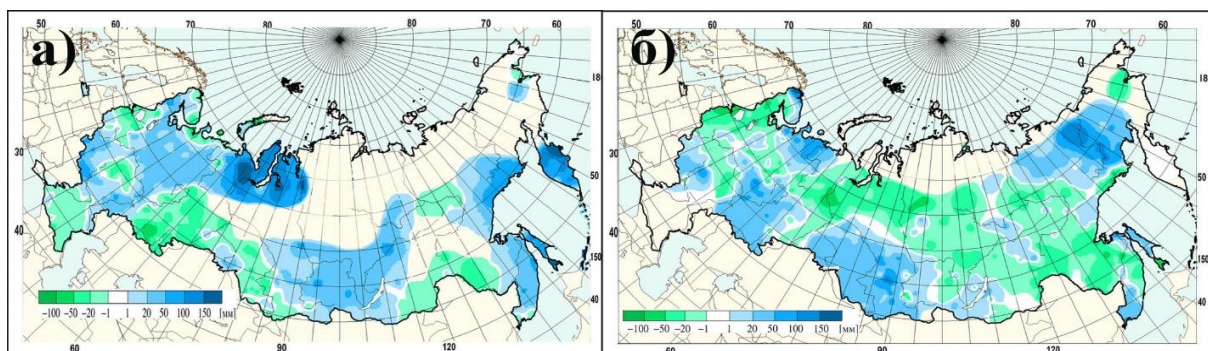


Рисунок 3.4 - Аномалии максимального запаса воды в снеге (мм) зимой 2017/18 гг. (от среднемноголетних значений за период 1971-2000 гг.) в поле (а) и в лесу (б).

Многолетние изменения характеристик снежного покрова

Пространственное распределение локальных оценок трендов, характеризующих знак и среднюю скорость изменений максимальных за зимний период значений высоты снежного покрова на интервале 1976 - 2018 гг., рассчитанных по данным станционных наблюдений на территории России, показано на рис. 3.5, а. Тренд выражен в см/10 лет. Как и в период 1976 - 2017 гг., наблюдается увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова на севере Западной Сибири, на побережье Охотского моря и дальневосточном юге, в центре ЕЧР, в Чукотском АО и на юге Камчатки. В отличие от предыдущего периода усилилась тенденция увеличения максимальной высоты на юго-западе Якутии. Уменьшение максимальной за зиму высоты снежного покрова наблюдается на северо-западе и отдельных станциях на севере ЕЧР, севере Камчатского края, северо-западе Республики Саха-Якутия. На юго-западе Таймырского муниципального района Красноярского края выявлена тенденция уменьшения максимальной высоты снежного покрова. При осреднении по регионам, статистически значимые на 5%-уровне положительные коэффициенты линейного тренда получены как для России в целом, так и для всех квазиоднородных районов, кроме I, II, VIII и IX (табл. 3.4).

Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции приведено на рис. 3.5, б (в анализе использованы оценки, статистически значимые на 5%-уровне). В период с 1976 по 2018 гг. на значительной части страны обнаружена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова: на большей части

Таблица 3.4 – Оценки линейного тренда (значимые на 5%-м уровне) регионально осредненных характеристик снежного покрова для регионов России за 1976-2018 гг.:

Hmax, см/10 лет – максимальной высоты снежного покрова; *Nd, дни/10 лет* - числа дней со снежным покровом; *SWEn, мм/10 лет* - запаса воды в снеге (в поле); *SWEл, мм/10 лет* - запаса воды в снеге (в лесу)

Регион	<i>Hmax</i>	<i>Nd</i>	<i>SWEn</i>	<i>SWEл</i>
Россия	1.82	-0.75	2.39	-1.40
Север ЕЧР и Западной Сибири	-	-	-	-
Сев. Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	-
Чукотка и север Камчатки	3.23	-	-7.72	-
Центр ЕЧР	1.53	-2.78	-	-5.73
Центр и юг Западной Сибири	1.73	-	-	-
Центр и юг Восточной Сибири	1.50	-	-	-
Дальний Восток	3.76	-	9.21	6.89
Алтай и Саяны	-	-	4.33	-
Юг ЕЧР	-	-	-	-

ЕЧР, на арктическом побережье Восточной Сибири (Гыданский п-ов и Таймыр), юге Западной Сибири, северо-западе Республики Саха-Якутия и севере Камчатского края.

При этом, по сравнению с предыдущим периодом, тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова усилилась на севере Камчатского края и

в западных районах Чукотского АО, что в значительной степени обусловлено рекордными аномалиями последних двух зим.

В среднем для России число дней со снегом сокращается на 0.75 дня за 10 лет. Сохраняется тенденция увеличения числа дней со снежным покровом в Забайкалье, на северном и западном побережье Охотского моря, на южном и центральном Урале, в Приморье и южных районах Камчатки.

Тенденции изменений максимального за зиму запаса воды в снеге с 1976 по 2018 гг. по данным маршрутных наблюдений в поле остались практически такими же, как и за период 1976-2017гг. Наблюдается увеличение в центральных районах ЕЧР, северных и южных районах Западной Сибири, на Камчатке, Сахалине и в Приморье (рис. 3.6, а). Сохраняется тенденция уменьшения на северо-западе и севере ЕЧР.

Средний для страны в целом запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в поле увеличивается на 2.39 мм за 10 лет. По данным маршрутных наблюдений в лесу (рис. 3.6, б) на территории России преобладают тенденции уменьшения максимального за зиму запаса воды в снеге. В Прикамье, Восточной Сибири, на севере Якутии выделяются отдельные области с положительными значениями коэффициентов линейного тренда. Наиболее обширная зона положительных коэффициентов линейного тренда охватывает северное и западное побережье Охотского моря, южные районы Хабаровского края, Приморье и Сахалин. При оценке региональных изменений получено, что на Дальнем Востоке (район VII) запас воды в снеге в лесу увеличивается на 6.89 мм за 10 лет (табл. 3.4). В центре ЕЧР (IV район) получены значимые отрицательные тренды запаса воды в снеге по данным снегосъемок по лесным маршрутам. И в целом по России запас воды в снеге в лесу уменьшается примерно на 1.4мм за 10 лет, т.е. уменьшение замедлилось по сравнению с прошлым годом.

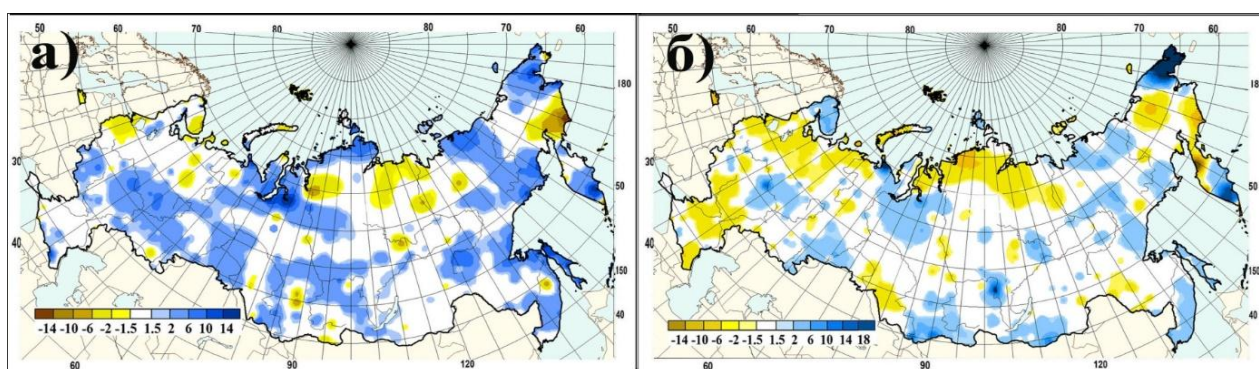


Рисунок 3.5 - а) Коэффициенты линейного тренда (см/10лет) в рядах максимальной за зимний период высоты снежного покрова. **б)** Коэффициенты линейного тренда (дни/10лет) в рядах числа дней со степенью покрытия окрестностей станции снегом более 50%. 1976-2018 гг.

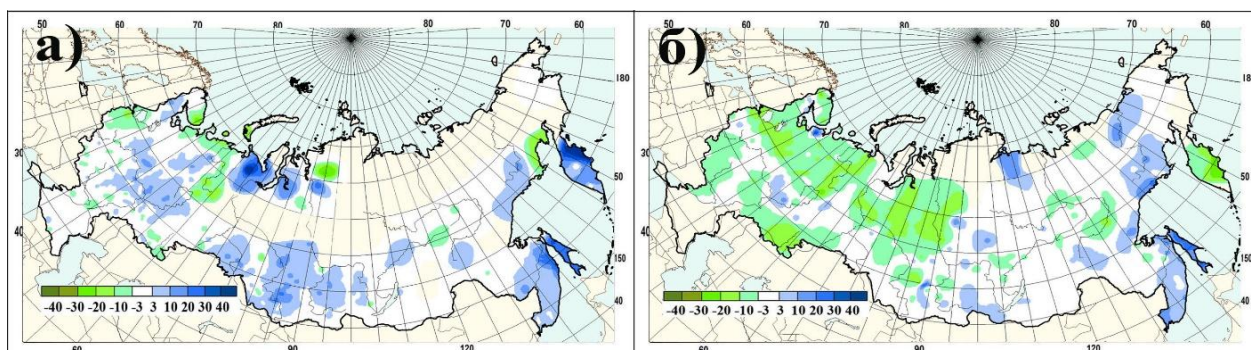


Рисунок 3.6 - Коэффициенты линейного тренда (мм/10лет) в рядах запаса воды в снеге за зимний период в поле **(а)** и в лесу **(б)**. 1976-2018 гг.

Выводы

Продолжительность залегания снежного покрова в среднем по России зимой 2017-2018 гг. была на 1.32 дня короче климатической нормы. Максимальные отрицательные аномалии продолжительности залегания снежного покрова в северных областях ЕТР и на Таймыре обусловлены более поздним установлением и более ранним сходом снежного покрова. Максимальная высота снежного покрова в среднем по России значительно превысила климатическую норму и оказалась рекордной за рассматриваемый период. Максимальная высота снежного покрова в I, II, III, VI квази-однородных районах также вошли в 10 наибольших значений за рассматриваемый период. Максимальный за прошедшую зиму запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России оказался выше нормы и в поле, и лесу. В I, II, VI и VII районах значения максимального запаса воды в снеге на полевом маршруте попали в первую десятку наибольших значений. В лесу максимальный запас в снеге значительно превысил норму во II, III, VI и VII квазиоднородных районах, причем эти значения также вошли в первую десятку наибольших значений, а во II и III районах значение максимального запаса воды в снеге стало рекордным.

На значительной части страны сохраняется тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова. По сравнению с предыдущим периодом усилилась тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова на севере Камчатского края и в западных районах Чукотского АО, что в значительной степени обусловлено рекордными аномалиями последних двух зим. Как и в период 1976 - 2017 гг., наблюдается увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова на большей части страны. Тенденции изменений максимального за зиму запаса воды в снеге с 1976 по 2018 гг. по данным маршрутных наблюдений в поле не изменились. По данным маршрутных наблюдений в лесу на территории России преобладают тенденции уменьшения максимального за зиму запаса воды в снеге.

4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК

Вскрытие рек и очищение ото льда водохранилищ весной 2018 года. Весной 2018 г. в первой половине марта (около нормы) вскрылся Нижний Дон; в третьей декаде марта (на 4 дня позже нормы) – Нижняя Волга. В третьей декаде марта, на 5-22 дня позже нормы, произошло вскрытие и очищение ото льда рек Калининградской области. При этом вскрытие Немана у г. Советск сопровождалось образованием неопасного затора льда.

В конце марта и в первой декаде апреля, в сроки близкие к норме и до 13 дней позже ее, вскрылись Верхняя Волга, Ока, река Москва, Сура, Дон выше Цимлянского водохранилища, Хопер, Днепр, Сож, Десна, Западная Двина.

Во второй декаде апреля (около нормы) происходило вскрытие северных притоков Волги: Костромы, Унжи и Ветлуги; Белой, Вятки, Оби выше Камня-на-Оби, очистились ото льда Саратовское и Волгоградское водохранилища. В это же время (на 6 дней раньше нормы) началось вскрытие Оби на участке ниже Новосибирска до устья Чулыма, Среднего Амура (на 3-7 дней раньше нормы) и притока Енисея р. Кан (на 9 дней раньше нормы). Во второй декаде апреля (на 1-5 дней позже обычных сроков) произошло вскрытие ото льда и рек республики Татарстан; где во время ледохода на реках Улема, Малый Черемшан, Шешма (бассейн Волги), Мензеля, Тойма, Сюнь (бассейн Камы) отмечались заторные явления. При этом на р. Сюнь затор льда достиг критериев опасного явления. Позже нормы на 3-10 дней, в середине апреля, вскрылись и очистились ото льда Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища.

В третьей декаде апреля (около нормы) вскрылись Обь на участке устье Чулыма – Колпашево, Иртыш от Черлака до Тобольска, Северная Двина, Сухона, Юг, Вычегда, Пинега, Аргунь и Амгунь. В эти же сроки очистились ото льда Переборский залив Рыбинского водохранилища. На 3-11 дней позже нормы происходило вскрытие Тобола,

Туры и Тавды. На 4-8 дней раньше нормы вскрылись Амур от Покровки до Поярково и от Комсомольска до Мариинского, Зея, Лена от Качуга до Змеинова, Киренга, Шилка.

В третьей декаде апреля в пределах Омской и Тюменской областей вскрылись Иртыш (с. Покрово – с. Тевриз), Омь, Оша, Большой Аев, Ишим, Карасуль, Вагай, Тобол (до с. Иевлево), Исеть, Тура, Пышма, Нижняя Тавда в основном в сроки близкие к норме и на 2-8 дней позже. В мае продолжилось вскрытие рек в этих областях, которое наблюдалось в сроки позже среднемноголетних дат на 2-13 дней; а на реках Вах и Аган - в сроки близкие к норме и до 2 дней раньше. При вскрытии на отдельных реках наблюдались заторы льда

В первой декаде мая (около нормы) происходило вскрытие на Мезени, Енисея от Назимово до Ворогово и Оби от Колпашева до Александровского. В эти же сроки очистились ото льда северная часть Рыбинского водохранилища и Камское водохранилище. На 3-5 дней позже нормы началось вскрытие Камы выше Соликамска и Иртыша ниже Тобольска. На 4-10 дней раньше нормы началось вскрытие Енисея от Ворогово до Верхнеимбатского, Лены на участке Витим – Олекминск и Алдана на участке Томмот – Охотский Перевоз; очистились ото льда Шекснинское водохранилище и Беломорско – Балтийский канал.

Во второй декаде мая (около нормы) происходило вскрытие Печоры ниже Усть-Щугора. В эти же сроки вскрылась ото льда Обь от Александровского до Октябрьского, Витим и Алдан ниже Охотского Перевоза. На 9 дней позже нормы произошло разрушение ледяного покрова на Печоре выше Усть-Щугора. На 5-8 дней раньше нормы началось вскрытие Енисея на участке Верхнеимбатское – Туруханск, Лены от Олекминска до Сангар, Вилюя ниже Сунтара и Колымы на участке Среднекан – Зырянка. Вскрытие ото льда Алдана, Амги, отдельных участков Лены, Колымы сопровождалось формированием опасных заторов льда и подъемом уровней воды до опасных, в ряде случаев экстремально высоких, уровней воды.

В третьей декаде мая – первой декаде июня (около нормы) вскрылись Обь на участке Мужы – Салехард, Енисей ниже Туруханска, Лена от Сангар до Кюсюра, Яна, Индигирка и Колыма ниже Зырянки. На 7 дней позже нормы вскрылась Обь на участке Октябрьское – Мужы.

В первой половине мая вскрылись и очистились ото льда большинство рек Мурманской области, что на 1-6 дней раньше нормы. 14-20 мая началось вскрытие озер и водохранилищ раньше нормы на 2-10 дней.

Повышенный фон температуры воздуха в марте и апреле, обусловил раннее (на 6-8 дней) вскрытие южных рек Хабаровского края, Еврейской автономной и Амурской областей (Архара, Биджан, Уссусри, Хор и др.). Вскрытие рек центральных и северных районов проходило в сроки близкие к обычным и на 3-5 дней раньше. В верховьях Амура наблюдался затор льда.

Вскрытие рек Приморского края произошло в третьей декаде марта – первой декаде апреля, что на 4-11 дней раньше средних многолетних сроков. На отдельных участках рек Уссусри, Илистая и Бикин вскрытие сопровождалось кратковременными заторами льда. Движение льда на оз. Ханка началось 3 апреля и к 20 апреля озеро очистилось ото льда.

В июне вскрылись и очистились ото льда реки Ямало-Ненецкого автономного округа: Обь (г. Салехард – с. Аксарка), Казым, Сось, Полуй, Щучья, Надым, Ныда, Пур, Пяку-Пур, Таз и Тазовская Губа (с. Находка) на 3-12 дней позже нормы.

Появление льда на реках и установление ледостава на водохранилищах осенью 2018 года. Ледообразование на большинстве рек России осенью 2018 года проходило недружно, прерывисто, в основном в поздние сроки, и началось на реках бассейнов Яны, Индигирки и Колымы (преимущественно) в первой декаде октября на 3-4 дня позже нормы.

Во второй декаде октября началось ледообразование на р. Колыма на участке Среднеколымск – Черский на 12 дней; на Лене ниже Якутска на 5-6 дней позже нормы.

В третьей декаде октября (на 4-13 дней позже нормы) началось ледообразование на Амуре на участке Покровка – Кумара, на Лене выше Якутска, на Оби на участке Мужы – Салехард и на Печоре на участке Усть-Щугор – Усть-Цильма.

В начале первой декады ноября (на 13-18 дней позже нормы) появился лед на Нижнем Енисее и на Печоре выше Усть-Щугор.

В первой декаде ноября (в сроки близкие к норме) началось ледообразование на Верхней Оби, на 5-11 дней позже нормы появился лед на Оби от Новосибирска до Мужей, Иртыше и реках его бассейна, на Енисее у Кызыла. На 12-15 дней позже нормы появился лед на Верхней Каме, Вычегде и Зее.

Во второй декаде ноября (в сроки близкие норме) началось ледообразование на Нижней Оке, Суре и установился ледостав на Шекснинском заливе Рыбинского водохранилища. На 6-15 дней позже нормы появился лед на Белой, Северной Двине, Сухоне, Костроме, Унже, Ветлуге, Вятке, на Амуре ниже с. Кумары и установился ледостав на Камском водохранилище.

Во второй и третьей декадах ноября (около нормы и до 12 дней раньше нормы) началось ледообразование на Верхнем и Среднем Дону, Волге на участке Нижний Новгород – Просек, на Верхней Оке и на Москве-реке. На 5 дней позже нормы появился лед на Средней Оке.

В третьей декаде ноября (в сроки близкие к обычным) началось ледообразование на Днепре и установился ледостав в Переборском заливе Рыбинского, на Горьковском и Чебоксарском водохранилищах.

На 5-15 дней позже нормы появился лед на Верхней Волге, Неве, Десне и Западной Двине; установился ледостав на Куйбышевском, Воткинском, Нижнекамском, Шекснинском водохранилищах и Беломорско-Балтийском канале.

В конце ноября и начале декабря (на 9 дней раньше нормы) установился ледостав на Волгоградском водохранилище.

В третьей декаде декабря (в нормальные сроки) установился ледостав на Саратовском водохранилище. В конце второй и начале третьей декадах декабря (на 6 дней позже нормы) началось ледообразование на Нижней Волге.

5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ

Мониторинг климата приземной атмосферы Северной полярной области (СПО) ведется как для области в целом, так и для отдельных ее частей (рис. 5.1) на основе постоянно пополняемой базы приземных метеорологических данных для полярных районов (<http://www.aari.nw.ru>).

Ниже приводятся оценки изменения температуры воздуха и количества осадков СПО за период 1936–2018 гг. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев Международной

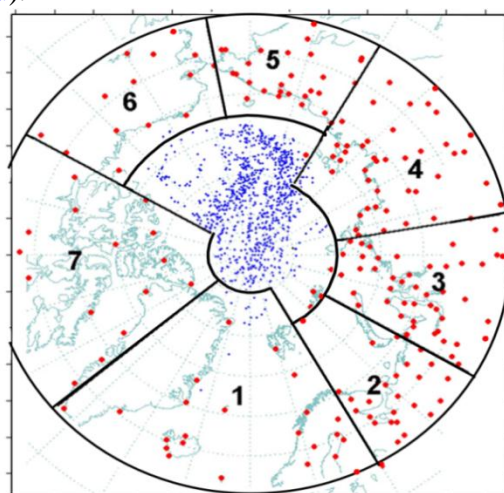


Рисунок 5.1 – Положение метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов:
1 – Атлантический
2 – Североевропейский
3 – Западносибирский
4 – Восточносибирский;
5 – Чукотский
6 – Аляскинский
7 – Канадский

программы арктических буёв (МПАБ).

Температура воздуха. Для расчета аномалий температуры воздуха, осредненных по территории СПО и территориям климатических районов использован метод оптимального осреднения. Оценки аномалий получены относительно рекомендованного Всемирной метеорологической организацией стандартного базового периода 1961-1990 гг. В качестве сезонов рассматривались: зима (декабрь-февраль), весна (март-май), лето (июнь-август) и осень (сентябрь-ноябрь).

За год принят период с декабря 2017 г. по ноябрь 2018 г.

Оценка аномалий средних сезонных и среднегодовой температуры воздуха за 2018 г. по отдельным широтным зонам (70–85, 60–70 и 60–85° с.ш.) представлена в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Аномалии температуры воздуха в 2018 г., осредненные по территории СПО и по широтным зонам, в среднем за год (декабрь 2017 - ноябрь 2018) и за сезоны: ΔT , °C – отклонения от средних за 1961-1990; R – ранг в ряду убывающих температур за 1936-2018 гг.

Широтная зона, °с.ш.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R
70-85	3.0	2	5.6	1	1.9	12	0.9	9	3.6	2
60-70	2.1	2	3.5	2	1.2	13	1.2	4	2.4	1
60-85	2.5	2	4.5	1	1.5	11	1.1	5	2.9	2

Значение пространственно осредненной аномалии среднегодовой температуры воздуха СПО составило 2.5°C, и 2018 г. стал вторым теплым годом по рангу теплых лет за период с 1936 г.

Аномалия среднегодовой температуры воздуха в широтной зоне 70-85° с.ш. оказалась равной 3.0°C, а в зоне 60-70° с.ш. – 2.1°C. Эти значения стали также вторыми в соответствующих рядах.

Пространственное распределение аномалий среднегодовой и средних сезонных температур воздуха на территории СПО приведено на рис. 5.2. Числовые значения регионально осредненных аномалий температуры, наблюдавшихся в 2018 году, по отдельным климатическим районам СПО приведены в табл. 5.2. Временные ряды пространственно осредненных аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов широтной зоны 60-85° с.ш. представлены на рис. 5.3, а для районов арктических морей (70-85° с.ш.) – на рис. 5.4, а характеристики линейного тренда - в табл. 5.3. Более подробные данные для северных и южных частей районов см. на сайте <http://www.aari.ru/main.php>.

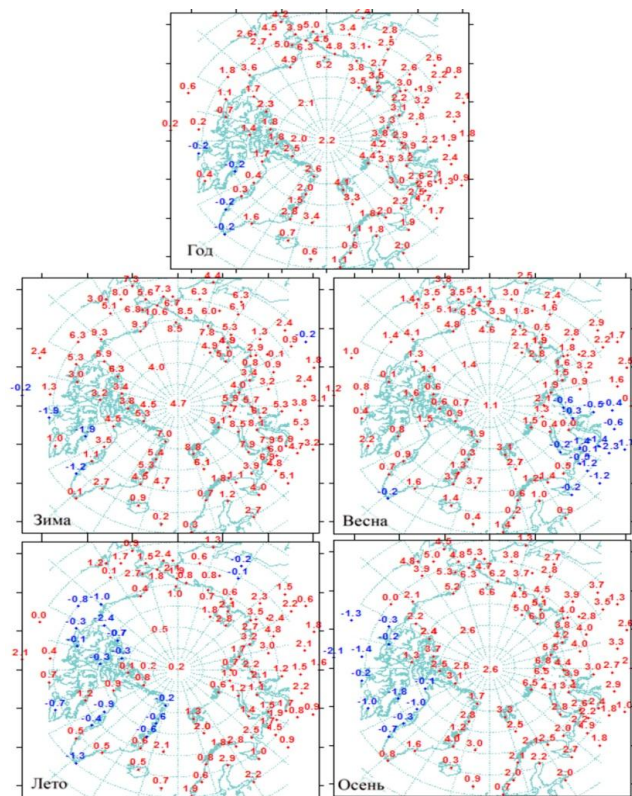


Рисунок 5.2 – Аномалии среднегодовой и средних сезонных температур воздуха на станциях СПО, °C.

Можно видеть, что в 2018 г. году области крупных положительных аномалий температуры располагались преимущественно в восточной части евразийского сектора и в западной части североамериканского сектора. Самые крупные аномалии наблюдались на территории Чукотского и Аляскинского районов. Значения пространственно осредненных по территории районов аномалий

среднегодовой температуры воздуха составили соответственно 3.9°C и 3.4°C. Это соответствует первому и второму значению по рангу теплых лет за период 1936 г.

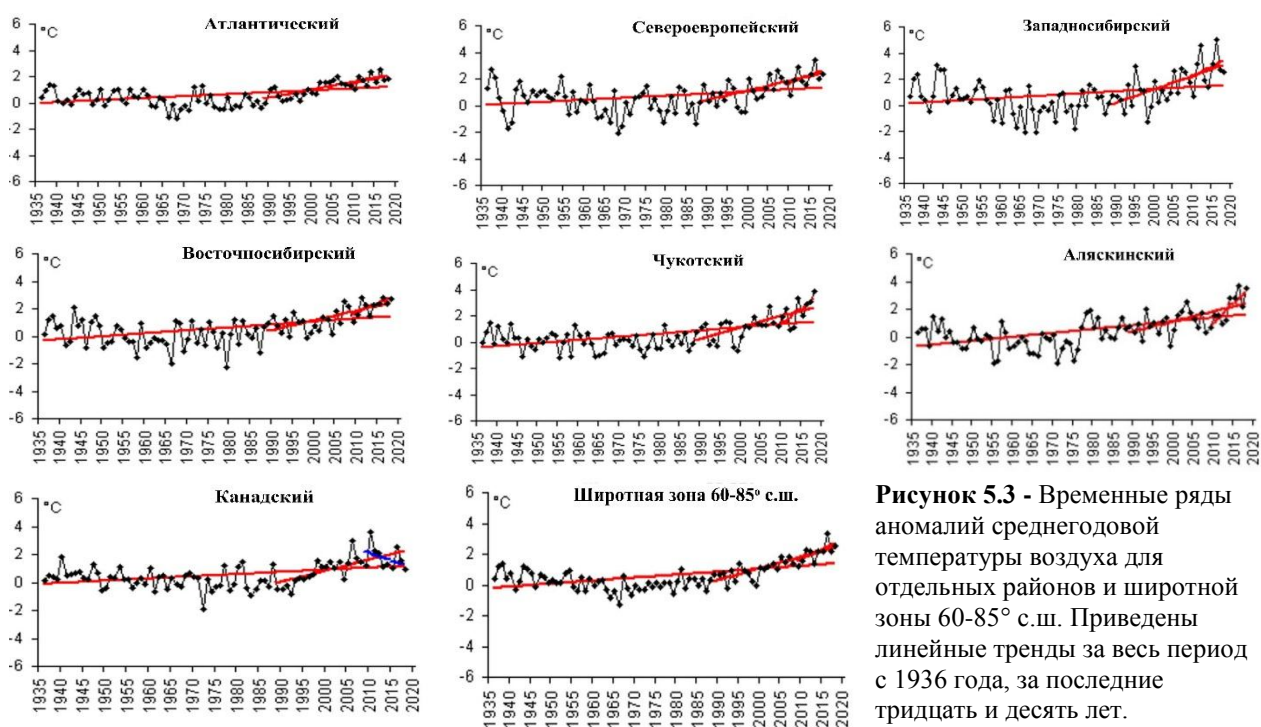


Рисунок 5.3 - Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для отдельных районов и широтной зоны 60-85° с.ш. Приведены линейные тренды за весь период с 1936 года, за последние тридцать и десять лет.

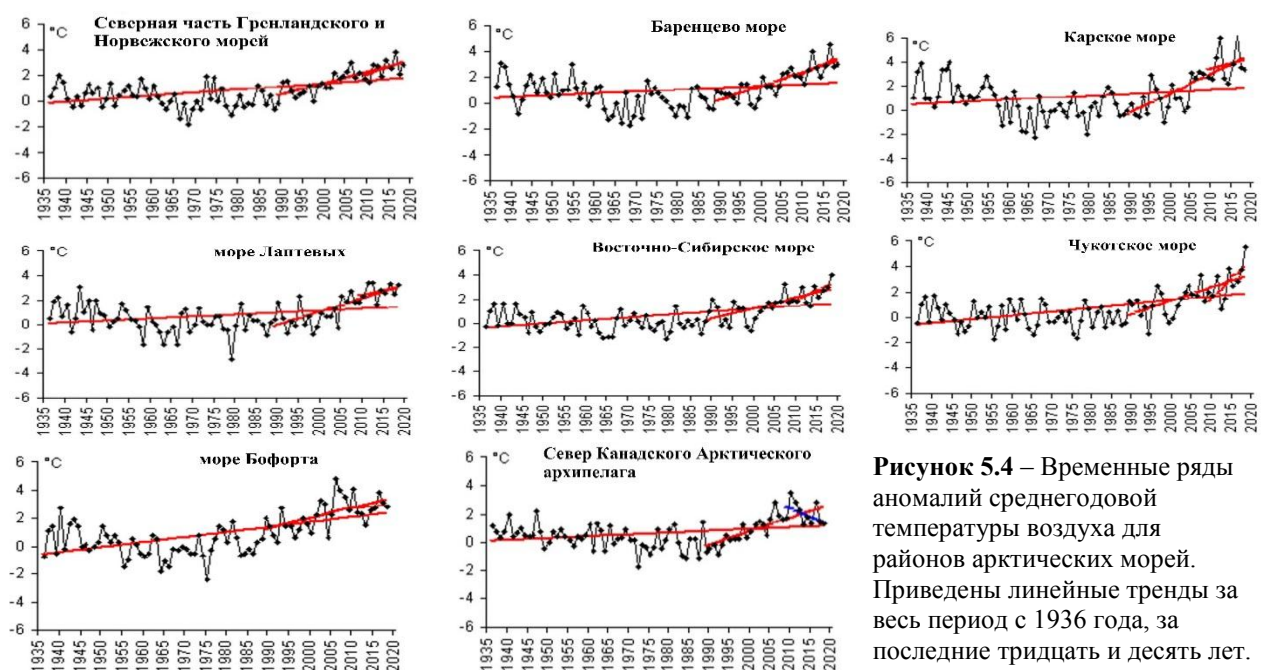


Рисунок 5.4 – Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов арктических морей. Приведены линейные тренды за весь период с 1936 года, за последние тридцать и десять лет.

В течение 1936-2018 гг. наблюдается статистически значимый (на 5-% уровне значимости) положительный линейный тренд среднегодовой температуры для широтных зон 60-70 и 70-85° с.ш. и в целом для СПО. Линейное (по тренду) повышение температуры воздуха за 83 года составило соответственно 1.49°C, 1.66°C и 1.58°C.

Для отдельных климатических районов значимый тренд в среднегодовой температуре воздуха прослеживается во всех районах. Потепление за 83 года составляет в районах от 1.24°C до 2.24°C. В течение последних тридцати лет (1989-2018 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 2.28°C за 30 лет (или 0.76°C/10 лет).

В районах арктических морей в течение 1936-2018 гг. всюду знак тренда положительный. В последнем 30-ти летнем периоде наиболее высокими темпами повышение температуры происходит в районе Карского моря. Линейное повышение среднегодовой температуры воздуха здесь составило около 4.77°C за 30 лет.

Таблица 5.2 – Аномалии температуры воздуха в 2018 г. (отклонение от нормы за 1961-1990 гг.) для отдельных районов СПО (в среднем за год и сезоны), °C

Климатический район СПО	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>ΔT</i>	<i>R</i>	<i>ΔT</i>	<i>R</i>	<i>ΔT</i>	<i>R</i>	<i>ΔT</i>	<i>R</i>	<i>ΔT</i>	<i>R</i>
Атлантический	1.8	4	3.3	3	1.6	8	0.4	13	1.9	6
Североевропейский	2.4	5	4.7	7	0.4	25	1.8	4	2.6	4
Западносибирский	2.6	9	5.8	4	-0.4	37	1.4	7	3.4	5
Восточносибирский	2.7	3	2.3	10	2.1	14	2.4	1	3.8	1
Чукотский	3.9	1	6.7	1	3.1	7	1.2	8	4.6	2
Аляскинский	3.4	2	6.1	1	3.0	7	0.4	14	4.0	2
Канадский район	0.9	15	2.5	9	0.8	21	0.1	17	0.1	26
Канадский район (северная часть)	1.3	12	3.2	4	0.9	23	0.0	19	1.1	17
Гренландское и Норвежское моря (северная часть)	2.8	4	6.0	2	2.4	5	0.3	19	2.6	7
Баренцево море	3.0	4	5.8	6	1.1	21	1.7	5	3.2	4
Карское море	3.3	8	7.1	6	0.2	34	1.4	8	4.5	7
Море Лаптевых	3.2	4	3.6	5	1.9	14	2.5	1	4.9	1
Восточно-Сибирское море	4.0	1	6.5	1	2.6	10	1.4	6	5.6	1
Чукотское море	5.5	1	8.8	1	5.1	2	1.6	5	6.4	1
Море Бофорта	2.9	9	6.3	1	2.8	8	-0.6	26	3.0	8

Таблица 5.3 – Коэффициенты линейного тренда средней за сезон и за год (декабрь-ноябрь) температуры воздуха за период 1936-2018 гг. по регионам СПО; *b*, °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, *D*% – вклад тренда в дисперсию

Район, широтная зона	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i> %
Широтные зоны										
70-85 °с.ш.	0.23	33.9	0.26	50.5	0.13	53.1	0.19	35.4	0.20	47.3
60-70 °с.ш.	0.22	43.1	0.23	52.6	0.14	60.0	0.14	37.5	0.18	58.3
60-85 °с.ш.	0.22	43.4	0.24	53.1	0.14	58.7	0.16	39.4	0.19	54.6
Районы СПО										
Атлантический	0.22	39.7	0.16	42.5	0.11	44.0	0.12	32.2	0.15	45.8
Североевропейский	0.14	12.9	0.29	43.2	0.11	27.3	0.11	19.0	0.16	32.8
Западносибирский	0.11	9.7	0.32	35.6	0.12	33.3	0.11	14.9	0.17	29.1
Восточносибирский	0.24	30.5	0.34	44.8	0.13	38.4	0.15	22.7	0.22	47.0
Чукотский	0.18	23.6	0.29	42.1	0.19	56.3	0.29	44.0	0.24	53.9
Аляскинский	0.44	47.7	0.27	36.0	0.17	52.1	0.20	30.8	0.27	58.2
Канадский	0.25	33.4	0.07	14.3	0.12	40.1	0.19	37.2	0.16	41.1
Моря как часть климатического района										
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0.32	37.0	0.25	47.5	0.18	60.2	0.19	35.3	0.24	51.2
Баренцево море	0.10	9.2	0.25	37.9	0.10	29.1	0.14	23.0	0.15	27.6
Карское море	0.10	7.0	0.33	34.8	0.09	26.1	0.16	17.6	0.17	23.9
Море Лаптевых	0.10	13.2	0.28	36.9	0.11	30.3	0.14	17.5	0.16	30.7
Восточно-Сибирское море	0.24	35.1	0.28	39.7	0.17	45.9	0.27	37.3	0.24	52.0
Чукотское море	0.36	37.3	0.32	38.9	0.20	52.8	0.31	44.2	0.30	53.7
Море Бофорта	0.50	55.7	0.23	40.0	0.14	40.9	0.28	42.9	0.29	58.1
Северная часть Канадского района	0.18	22.7	0.07	12.4	0.06	18.5	0.18	35.2	0.12	31.3

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, статистически значимые на уровне значимости 5%.

Атмосферные осадки. Оценка многолетних изменений количества осадков в СПО проводится по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принимается период с октября по май, а за теплый – с июня по сентябрь.

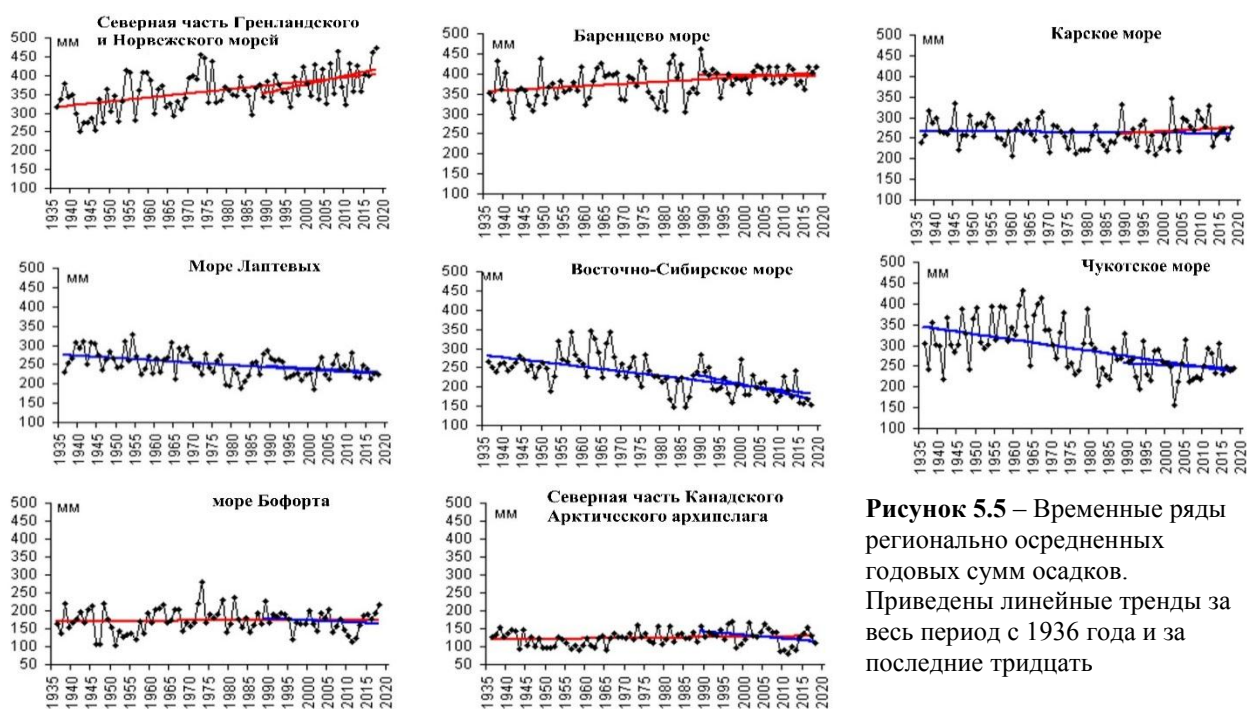


Рисунок 5.5 – Временные ряды регионально осредненных годовых сумм осадков. Приведены линейные тренды за весь период с 1936 года и за последние тридцать

В таблице 5.4 представлены относительные аномалии сезонных и годовых сумм осадков в 2017/18 г. для СПО и для отдельных климатических районов. На рисунке 5.5 приведены временные ряды годовых сумм осадков для районов арктических морей. В таблице 5.5 представлены оценки трендов в изменении сезонных и годовых сумм осадков с 1936 по 2018 г. по северным (70–85° с.ш.), южным (60–70° с.ш.) частям климатических

Таблица 5.4 – Относительные аномалии (%) сезонных и годовых сумм осадков в 2017/18 г. (в % от нормы 1961-1990 гг.)

Район, широтная зона	Холодный период	Теплый период	Год
Атлантический	99.9	101.4	100.4
Североевропейский	113.1	98.3	106.7
Западносибирский	108.5	91.0	100.1
Восточносибирский	109.0	85.0	96.2
Чукотский	116.1	80.4	100.4
Аляскинский	135.1	90.1	110.9
Канадский	88.3	88.6	88.4
70-85 °с.ш.	118.7	97.2	109.0
60-70 °с.ш.	107.6	93.1	101.4
60-85 °с.ш.	107.9	92.2	101.2

районов, а также для районов в целом. В целом для СПО в 2017/18 г. годовая сумма осадков была выше нормы (на 1.2 %) – главным образом, за счет более влажного холодного периода как к югу, так и к северу от 70° с.ш. В отдельных районах самое малое количество осадков за год выпало в Канадском (на 11.6 % ниже нормы) и наибольшее – в Аляскинском (на 10.9 % выше нормы). В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936-2018 гг. в СПО наблюдается тенденция их статистически значимого их увеличения со средней скоростью

около 3 мм/10 лет. При этом рост осадков преимущественно отмечается в канадско-европейском секторе, включая Атлантику, и, в основном, в холодный период года. Тенденция к убыванию осадков уверенно обнаруживается в Чукотском районе и в районах арктических морей азиатского сектора СПО в течение всего года. Более всего рост осадков выражен в южной части Североевропейского района (14.2 мм/10 лет для осадков холодного периода и 17.2 мм/10 лет для годовых сумм), а уменьшение – в Восточно-Сибирском и Чукотском морях (12.6 и 13.4 мм/10 лет для годовых сумм осадков).

В заключение отметим, что результаты мониторинга состояния приземной атмосферы в Северной полярной области позволяют сделать вывод о сохранении в последние годы тенденции к потеплению в высоких широтах.

Таблица 5.5 – Оценки линейного тренда регионально осредненных сезонных и годовых сумм осадков за период 1936-2018 гг.; *b*, мм/10 лет – коэффициент линейного тренда, *D*, % – вклад тренда в полную дисперсию

Район, широтная зона	Холодный период		Теплый период		Год	
	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i> %
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	6.64	16.5	-1.01	7.1	5.63	14.3
Североевропейский (южная часть)	14.16	69.5	3.04	21.6	17.2	64.9
Западносибирский (южная часть)	8.65	60.4	-2.35	16.7	6.3	28.7
Восточносибирский (южная часть)	2.50	38.4	-0.22	2.7	2.28	21.1
Чукотский (южная часть)	0.14	1.0	-0.51	4.3	-0.37	3.3
Аляскинский (южная часть)	3.08	20.8	-0.04	0.2	3.04	8.3
Канадский (южная часть)	-0.30	4.2	2.78	34.4	2.48	24.9
60-70°с.ш.	5.19	47.9	0.28	5.2	5.47	44.1
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	10.00	54.3	0.64	6.2	10.64	50.5
Баренцево море	6.45	57.8	-0.60	5.6	5.85	36.5
Карское море	0.19	2.4	-0.99	10.8	-0.8	6.1
Море Лаптевых	-2.99	39.0	-3.17	32.6	-6.16	47.0
Восточно-Сибирское море	-7.09	56.8	-5.48	47.3	-12.57	62.1
Чукотское море	-8.92	53.5	-4.48	32.1	-13.4	52.7
Море Бофорта	-0.57	5.9	1.26	16.3	0.69	4.5
Канадский (северная часть)	0.47	8.2	0.57	10.2	1.04	14.1
70-85°с.ш.	1.59	31.6	-0.86	20.3	0.73	8.2
Атлантический	7.95	28.1	-0.46	4.5	7.49	25.9
Североевропейский	11.04	74.7	1.68	16.3	12.72	64.5
Западносибирский	5.09	57.1	-1.78	19.1	3.31	23.0
Восточносибирский	0.40	7.9	-1.35	18.1	-0.95	11.9
Чукотский	-2.82	23.0	-2.68	26.4	-5.5	33.1
Аляскинский	1.77	14.9	-1.27	8.3	0.5	0.1
Канадский	0.00	0.0	1.95	35.4	1.95	26.6
60-85°с.ш.	3.41	46.8	-0.52	12.6	2.89	34.2

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, статистически значимые на уровне значимости 5%.

Морская Арктика

Температура воздуха. В области морской Арктики самым теплым с 1952 года остался 2016 год (-7.2°C). 2018 год (-8.4°C) оказался холоднее 2017 года (-8.2°C).

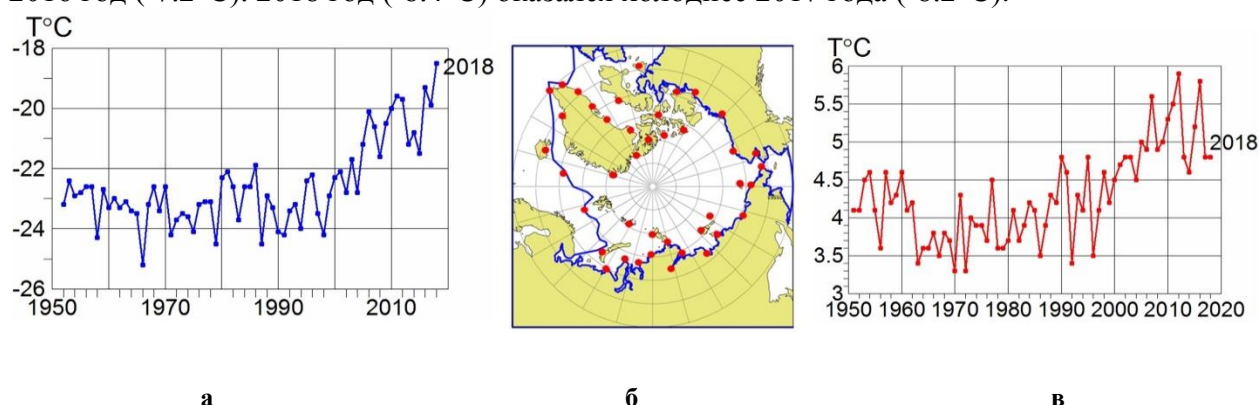


Рисунок 5.6 – Средняя за декабрь-февраль (а) и за июнь-август (в) приповерхностная температура воздуха на 41 станции в морской Арктике (б) в 1951–2018 гг.

Однако средняя приповерхностная температура воздуха (ПТВ) зимой в этой области стала самой высокой (-18.5 °C) с 1952 года. Летом ПТВ осталась на уровне 2017 года (4.8°C) (рис. 5.6), что на 11-12 местах в ряду теплых летних сезонов.

Морские льды. По данным ААНИИ (<http://wdc.aari.ru/datasets/ssmi/data/north/extent/arctic/>) минимальная среднемесячная площадь морского льда в 2018 году, наблюдаемая в сентябре, составила 4.57 млн. кв. км против 4.62 млн. кв. км в 2017 году. (рис. 5.7). Абсолютный минимум по наблюдениям с 1979 года достигнут в сентябре 2012 года (3.35 млн. кв. км), в 2018 году сентябрьский минимум оказался шестым.

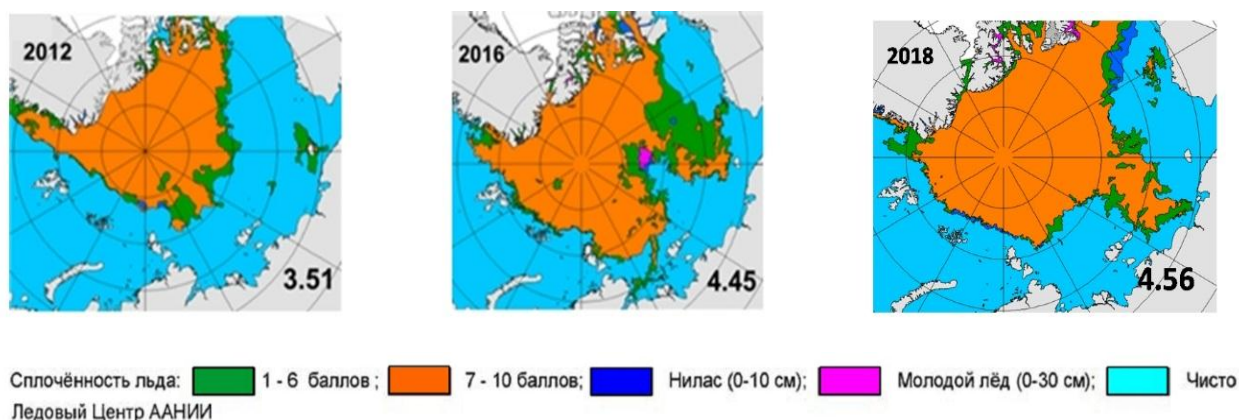
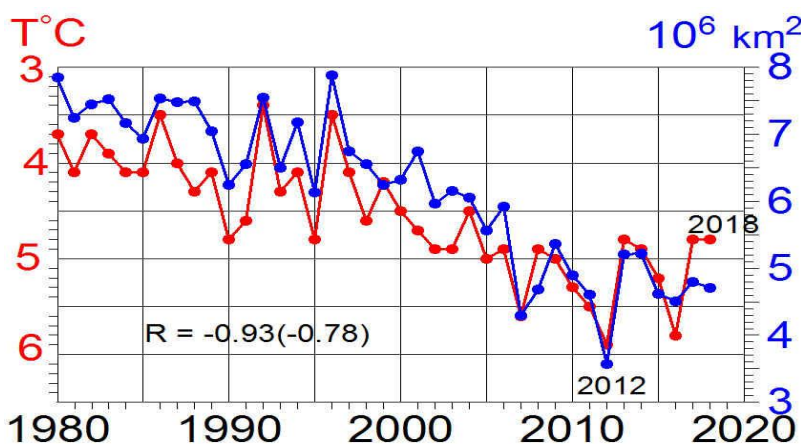


Рисунок 5.7 – Морской ледяной покров Арктики в середине сентября 2012–2018 гг.



Сокращение площади льда в Северном Ледовитом океане в сентябре и повышение летней температуры воздуха находятся в тесном согласии (коэффициент корреляции равен -0.93), испытывая при этом значительные межгодовые колебания (рис. 5.8).

Рисунок 5.8 – Средняя сентябрьская площадь морского льда в Северном Ледовитом океане по данным ААНИИ и летняя (июнь-август) приповерхностная температура воздуха в морской Арктике

Акватория Северного морского пути. В связи с возрастающим вниманием к изменениям климата на акваториях Северного Ледовитого океана, через которые проходят трассы Северного морского пути (СМП), ниже представлены характеристики климата и ледовых условий в этом районе морской Арктики.

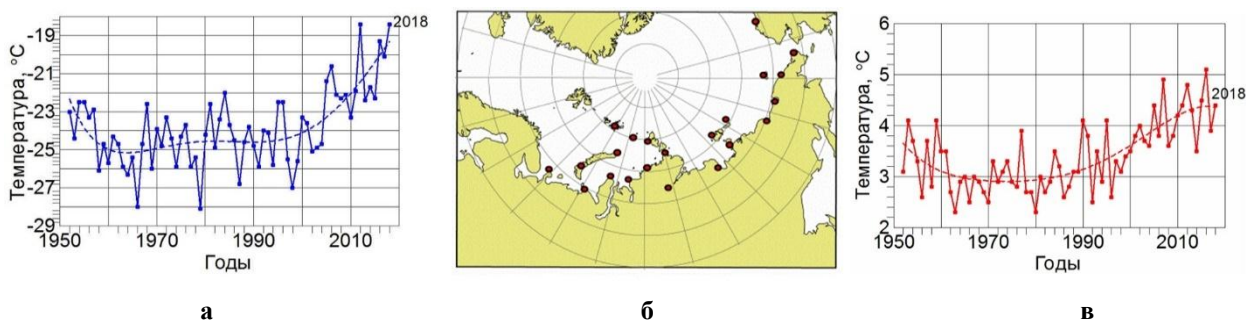


Рисунок 5.9 - Средняя температура воздуха зимой (а) и летом (в) на акватории арктических морей, по которым проходит трасса СМП по данным 22 метеорологических станций (б).

Изменения средних зимней и летней температур воздуха на акватории арктических морей, по которым проходит трасса СМП, представлены на рис. 5.9.

Видно, что потепление в этом районе морской Арктики началось в 1996 году летом и в 1998 году зимой. Максимальная температура зимой отмечена в 2018 году, а летом – в 2016 году.

Морской ледяной покров в арктических морях к концу лета быстро сокращался, начиная с 2001 года, уменьшившись к 2005 году до 300 тыс. км². В последние 14 лет его площадь в сентябре колеблется около этого уровня, что в 4 раза меньше, чем в 1980-х гг. (рис. 5.10).

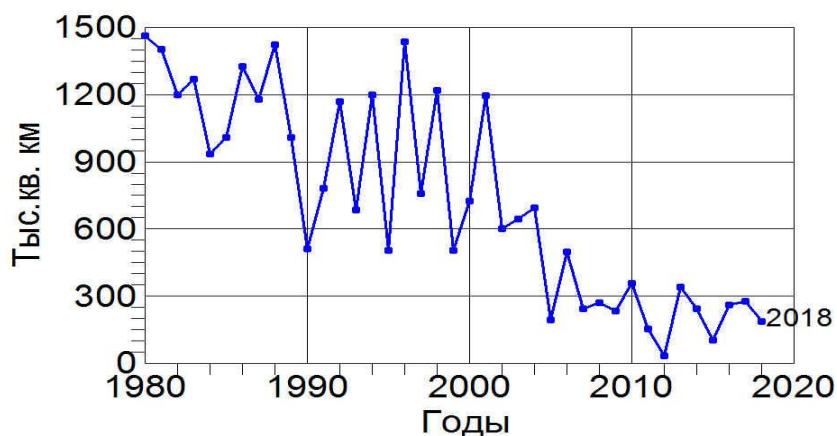


Рисунок 5.10 – Площадь, занятая морским льдом в сентябре в Сибирских арктических морях (моря Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) по данным отдела ледовых прогнозов ААНИИ

6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА

Индикатором состояния многолетнемерзлых грунтов (ММГ), отражающим метеорологические условия отдельных лет, является мощность сезонно-талого слоя (СТС). Начиная с 1990 года измерения мощности СТС проводятся по стандартизованной методике в рамках Международной программы мониторинга CALM (Circum Polar Active-Layer Monitoring), в которой участвуют несколько десятков стран, в том числе и Россия. Задачи программы CALM и методика измерений были приведены в Докладах за предшествующие годы и здесь не воспроизводятся. Отметим лишь, что эти измерения до настоящего времени носят негосударственный характер. Из-за этого большинство рядов наблюдений непродолжительны и имеют пропуски, а часть площадок, на которых когда-либо проводились измерения, в настоящее время закрыты. Полный ряд наблюдений, в том числе немногочисленные данные до 1999 г., размещены на сайте www.gwu.edu/~calm.

Из 68 площадок CALM на территории России, на которых когда-либо проводились измерения, в 2018 году были задействованы 49. Европейская часть России (ЕЧР) представлена 5 площадками, Западная Сибирь – 12 площадками, в Центральной Сибири измерения проводились на 7 площадках. Наиболее полный объем наблюдений за состоянием СТС в 2018 году проводился на северо-востоке Сибири, где измерения проводились на 19 площадках. На Дальнем Востоке были задействованы 6 площадок.

На рисунке 6.1 представлена карта площадок CALM на территории России и данные о мощности СТС (в см) в 2018 году в виде кружков разного цвета. Цифрами обозначена величина тренда за весь период измерений, включая 2018 год (см/за 10 лет).

В таблице 6.1 представлены данные о мощности СТС и средних величинах за пятнадцатилетний период 2004-2018 гг. Также приведены тренды СТС за период с начала наблюдений индивидуально на каждой площадке до 2017 г. и до 2018 г., сравнение которых позволяет судить о роли данных последнего года. Расчеты проводились лишь для площадок, имеющих данные наблюдений не менее чем за 7 лет. В таблице использовано обозначение площадок в соответствии с международной номенклатурой CALM. Карта расположения площадок и таблица с их географическими координатами приведены в Докладах за предшествующие годы, а также на интернет-портале www.permafrost.su.

Анализ данных табл. 6.1 показал, что на ЕЧР мощность СТС в 2018 году была близка средней многолетней, хотя на всех площадках ЕЧР отмечается небольшое (от 3 до 11 см) увеличение мощности СТС в 2018 по сравнению с 2017 годом; величины трендов положительные (минимальные на мысе Болванский) и практически не изменились. Наибольшие значения тренда характерны для площадки R23 (Тальник) - 37см/10 лет.

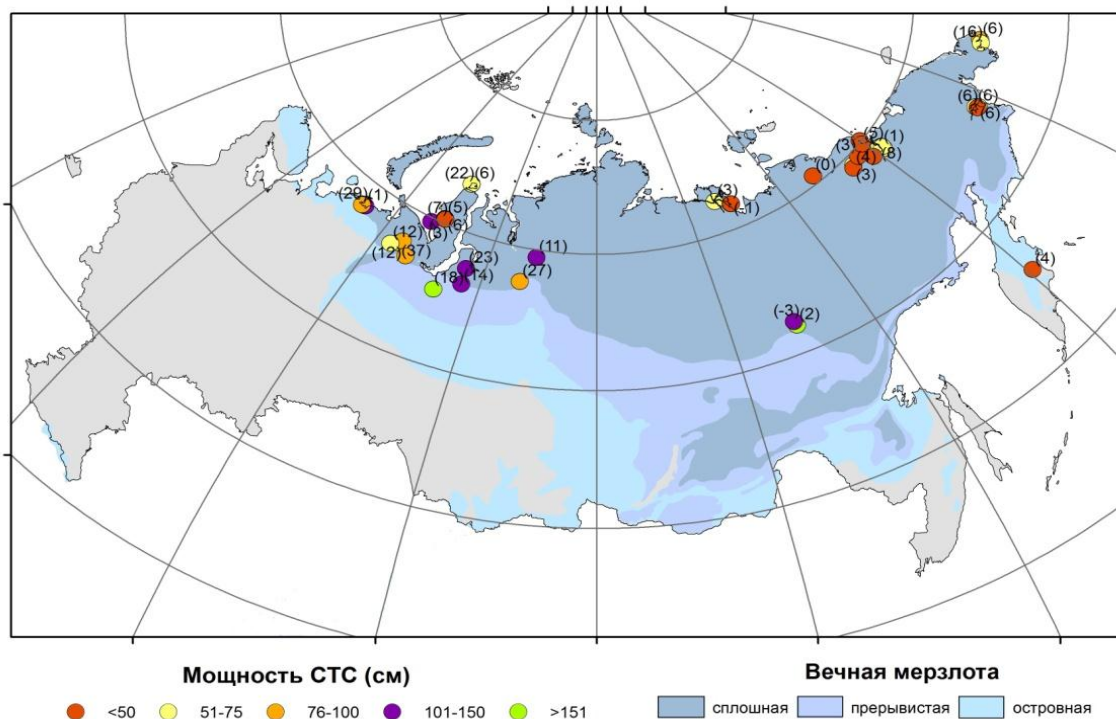


Рисунок 6.1 - Карта расположения площадок и мощность СТС (см) в 2018 году. Цифрами на карте отмечена величина тренда СТС (см/10 лет) за весь период наблюдений, включая 2018 год.

В Западной Сибири, в районе Надыма (R1), в 2018 году имело место значительное увеличение мощности СТС, на 37 см по сравнению с 2017 годом. На п-ове Ямал (площадки R3-R50в) мощность СТС изменилась незначительно по сравнению с 2017 годом, тренды положительные и их значения сравнимы с величинами за 2017 год. В районе Уренгойского газового месторождения (R50A) знак тренда мощности СТС в 2018 году сменился на положительный по сравнению с 2017 годом. Площадка R53 на Полярном Урале не прислала данных в 2018 году.

Центральная Сибирь из 14 площадок CALM характеризуется данными только 7 площадок. Полностью отсутствуют данные для Таймыра (оз. Лабас и Левинсон-Лессинга). В дельте р. Лена (площадки R29A – R29C), тренды СТС изменились незначительно (величины трендов по - прежнему, в области нулевых значений). В районе Норильска и Игарки (площадки R32 и R40) отмечается небольшое уменьшение мощности СТС на 8 и 16 см соответственно в 2018 году по сравнению с 2017 годом, тренды СТС положительные. В районе Якутска (площадки R42 и R43) изменения мощности СТС и величины тренда минимальные.

Восточная Сибирь представлена данными площадок, расположенных вдоль течения р. Колыма, от 70 до 68.5 с.ш. (площадки от R13A до R21). Толщина СТС в 2018 году изменилась незначительно по сравнению с 2017 годом, на трех площадках (R16, R18A, R19) тренд СТС положительный, около 10 см/10 лет и практически не изменился. В бассейне р. Индигирка (R31) в 2018 году отмечается небольшое уменьшение мощности СТС, тренд около нулевых значений. На Чукотке (площадки R9, R10, R11) значения мощности СТС небольшие, тренды в области нулевых значений и практически не

изменяются. На Камчатке – тренды положительные, небольшие по величине, практически не изменились в 2018 году.

Таблица 6.1– Мощность СТС (см), средние значения за период 2004-2018 (СР, см) и тренды (см/10 лет) за период с начала наблюдений по 2017 г. (ТР1) и по 2018 г. (ТР2) на площадках CALM.

Код	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	СР	ТР1	ТР2
Европейский север																		
R2	78	81	84	89	87	86	89	88	91	93		90	92	80	85	87	13	12
R23	125	131	137	138	152	144	138	144	161	156		150	169	155	158	147	39	37
R24	120	115	114	125	124	112	104	107	>135	117	102	110	111	88	110	111	1	1
R24a							58	64	88	87	65	80	109	76	84	78	36	29
Западная Сибирь																		
R1	134	141	129	129	136	101	114	129	134	136	164	163	186	148	178	141	15	18
R3	114	116	116	114	114	85	98	102	127	115	102	122	136	98	107	111	3	3
R5	94	97	94	92	93	76	87	87	102	103	95	102	114	102	94	96	6	6
R5a				72	75	47	67	67	77	80	71	76	87	66	66	71	11	7
R5b				72	73	81	65	65	77	78	70	77	91	75	70	75	9	5
R5c				112	113	82	106	114	128	126	111	129	144	118	116	117	29	22
R50a					84	65	77	72	87	70	76	85	74		40	79	-3	14
R50b					84	65	80	82	95	92	84	93	96		111	88	22	23
Центральная Сибирь																		
R29A	35	25	33	35	44	38	28	38	39	33	26	35			36	34	3	3
R29B	26	33	32	44	37	25	28	35	30	24	33	30	30	26	38	31	-3	-1
R32		81	91	90	94	94	94	96	104	86	95	102	84	106	104	94	9	11
R40					74	71	67	70	69	72	79	89	93		94	78	26	27
R42					203	199	197	201	201	201	203	201	201	203	201	201	2	2
R43					124	122	123	123	124	129	126	125	121	121	119	123	-1	-3
R51			50	46	52	54	42	56	57	55	46	51	53		54	51	3	3
Восточная Сибирь																		
R13A		50	42	55	50	36	52	46	43	47		36	46	43	43	45	3	3
R13B		46	32	56	37	25	50	46	41	47		27	41	38	44	40	0	0
R14		47	44		40	46	49	47	46	42		48	41	49	47	45	3	3
R15A			30	60	38	28	48	32	30	30		31	33	31	30	35	-2	-2
R15B			44	54	44	39	45	54	46	43		44	41	39	40	44	4	2
R16		54	42	75	49	43	56	72	54	50	57	60	57	56	52	56	11	10
R17	55	54	53	60	49	47	56	61	53	55	64	55	57	55	70	57	6	7
R18	85	82	83	86	80	78	84	84	77	74	79	83	85	87	89	82	9	9
R18A	97	100	96	104	98	96	104	104	97	94	101	102	109	111	119	102	8	11
R19	92	95	93		92	92	103	94	83	89	95	101	112	79	89	94	16	14
R20	56	53	54	57	55	49	53	59	54	61	65	59	53	64	64	57	6	6
R21	103	113	101	117	100	96	110	105	92	96	108	96	111	85	97	102	9	8
R22	51	53		57	53	51	57	50	52	49	45	56	53	54	55	53	3	3
R25		55	45	65	43	42	65	60	41	41		39	42	43	49	49	5	5
R31	39	42	44	48	47	49	52	53	50	47	47	46	49	41	39	46	3	0
R35				41	34	32	52	45	44	40	40	46	32	43	41	41	1	1
R36		38	37	43	43	41	31	35	34	44	38	38	42	43	44	39	2	4
R38A	77	80	81	84	79	78	82	79	72	66	75	75	72	75	74	77	-4	-4
R38B	39	42	44	48	47	49	52	53	50	47	47	46	49	41	39	46	3	0
R38C				41	34	32	52	45	44	40	40	46	32	43	41	41	1	1
Дальний Восток																		
R9	57	57	53	59	52	52	52	51	53	52	59	55	60	55	51	55	7	6
R11	64	62		67	61	60	53	57	54	57	60	58	64	60	65	60	6	6
R27	65	67	59	74	61	64	74	65	67	69		72	67	67	78	68	5	6
R41							47	47	47	51	56	55	56	55	59	53	15	16
R45							42	44	44	47	49	44	49	49	46	46	9	6
R30A			44	45	49	49	50	50	48	46		47	53	51	49	48	4	4
R30B	57	57	53	59	52	52	52	51	53	52	59	55	60	55	51	55	7	6
R30C	64	62		67	61	60	53	57	54	57	60	58	64	60	65	60	6	6

7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Мониторинг агрометеорологической составляющей климата за 2018 год осуществлялся по данным наблюдений за температурой воздуха и суммами осадков месячного разрешения для 455 станций на территории России и стран СНГ за период с 1951 г. по 2018 г., содержащихся в базе данных «Климат», поддерживаемой ФГБУ «ИГКЭ».

Расчеты агроклиматических показателей и показателей продуктивности за вегетационный период основных сельскохозяйственных культур выполняются с помощью систем Климат–Почва–Урожай (ФГБУ «ВНИИСХМ»).

Анализ текущих значений агроклиматических показателей

Расчет агроклиматических показателей в 2018 г. выполнялся по станционным данным сети наблюдений на территории земледельческой зоны России. Определены аномалии агроклиматических показателей по отношению к предшествующему двадцатилетию (1997–2017 гг.). Аномалии показателей термического и влажностного режима при возделывании сельскохозяйственных культур в 2018 г., осредненные по федеральным округам в пределах условной земледельческой зоны южнее 66.5° с.ш. (до 90° в.д.), 60° с.ш. (до 130° в.д.) и 55° с.ш., представлены в табл. 7.1 и 7.2.

Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур. Весна на территории земледельческой зоны России в 2018 г. была холоднее на 0.7–2.8 °С по сравнению с периодом 1998–2017 гг. за исключением ЮФО, СКФО и ДФО. (табл. 7.1). Здесь положительные аномалии температуры весны составили 1.4, 0.8 и 0.5 °С соответственно. В среднем по земледельческой зоне России отрицательные аномалии температуры воздуха весной составили –0.9 °С, вследствие чего возобновление вегетации (переход через 5 °С весной) наблюдалось на 3 суток позже, чем в среднем за последние двадцать лет. Ранние сроки начала вегетации наблюдались на территориях с положительными аномалиями температуры весны (на 1–7 суток раньше) и в СЗФО (на 2 суток раньше) (табл. 7.1).

Летние температуры в 2018 г. по сравнению со средними величинами последнего двадцатилетия были выше на 0.1 °С в среднем по территории земледельческой зоны России. Максимальные отрицательные аномалии наблюдались на территории УФО (–0.6 °С) и ДФО (–0.7 °С) (табл. 7.1).

Таблица 7.1 – Аномалии показателей термического режима в 2018 г. относительно средних значений за 1998–2017 гг.

Федеральный округ	Средняя температура воздуха (Т), °С				Т _{>5} , °С	Т _{зерн.} , °С	Дата перехода через 5 °С весной, сутки	Сумма температур, °С		Продолжительность периода, сутки	
	зима	весна	лето	осень				>5	>10	Т>5 °С	Т>10 °С
Северо-Западный	2.1	–0.7	0.6	1.2	0.9	0.9	–2	193	281	4	15
Центральный	1.6	–0.9	0.3	0.9	1.2	1.0	4	204	319	–1	14
Приволжский	0.8	–2.2	0.0	0.6	0.5	0.5	5	68	136	–2	7
Южный	1.7	1.4	1.2	0.5	1.4	1.3	–1	291	384	–4	7
Северо-Кавказский	1.8	0.8	0.9	0.6	1.5	1.5	–7	235	216	7	1
Уральский	0.4	–2.8	–0.6	0.8	–0.6	–0.4	5	–123	–199	0	–9
Сибирский	–0.1	–1.3	0.2	0.9	–0.1	–0.1	8	–43	–71	0	–5
Дальневосточный	–0.6	0.5	–0.7	1.2	–0.3	–0.2	–3	30	–37	10	2
Россия	0.7	–0.9	0.1	0.9	0.4	0.4	3	67	80	2	3

В 2018 г. аномалии средней температуры воздуха за период вегетации яровых зерновых культур от даты всходов до даты уборки (Т_{зерн.}) были положительными на ЕЧР и изменялись в интервале от 0.5 °С (ПФО) до 1.5 °С (СКФО). Отрицательные аномалии на АЧР изменялись в пределах от –0.1 °С (СФО) до –0.4 °С (УФО). Аномалии средней температуры теплого периода года (периода с температурой воздуха выше 5 °С, Т_{>5}) также были положительны на ЕЧР (от 0.5 °С в ПФО до 1.5 °С в СКФО) и отрицательны на АЧР (от –0.1 °С в СФО до –0.6 °С в УФО) (табл. 7.1).

Положительная аномалия сумм активных температур (выше 10 °С) на ЕЧР по сравнению с последним двадцатилетием изменяется в диапазоне от 136 °С (ПФО) до 384 °С (ЮФО). Отрицательные аномалии отмечались на территории АЧР: от –37 °С (ДФО) до –199 °С (УФО). Продолжительность периода вегетации (Т>5 °С) не превышала среднюю продолжительность за предшествующие два десятилетия практически на всей

рассматриваемой территории, за исключением СЗФО, СКФО и ДФО, где вегетационный период был длиннее на 4, 7 и 10 суток соответственно (табл. 7.1).

Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. В 2018 г. рассматривались следующие показатели степени увлажненности территории: сезонные аномалии суммы осадков; гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (ГТК) за май–август; индекс сухости М. И. Будыко (ИС); сумма осадков за период вегетации яровых зерновых культур от даты всходов до уборки ($\Sigma R_{\text{зерн.}}$); суммарное количество осадков за теплый период года ($\Sigma R_{T>5}$).

Анализ данных, приведенных в табл. 7.2, показывает, что сумма осадков за период вегетации яровых зерновых культур ($\Sigma R_{\text{зерн.}}$) в 2018 г. в среднем по территории земледельческой зоны России была ниже на 9 % относительно средней величины за предшествующие два десятилетия. На ЕЧР осадков выпало на 9–52 % меньше, чем в среднем за период с 1998 г. по 2017 г. В СКФО и ЮФО суммарное количество осадков было ниже среднего уровня на 52 % и 44 % соответственно. Практически на четверть ниже нормы выпало осадков в СЗФО (–27 %) и ПФО (–22 %). На АЧР сумма осадков за период вегетации яровых зерновых культур в 2018 г. была близка к норме или выше нормы на 2–26 %.

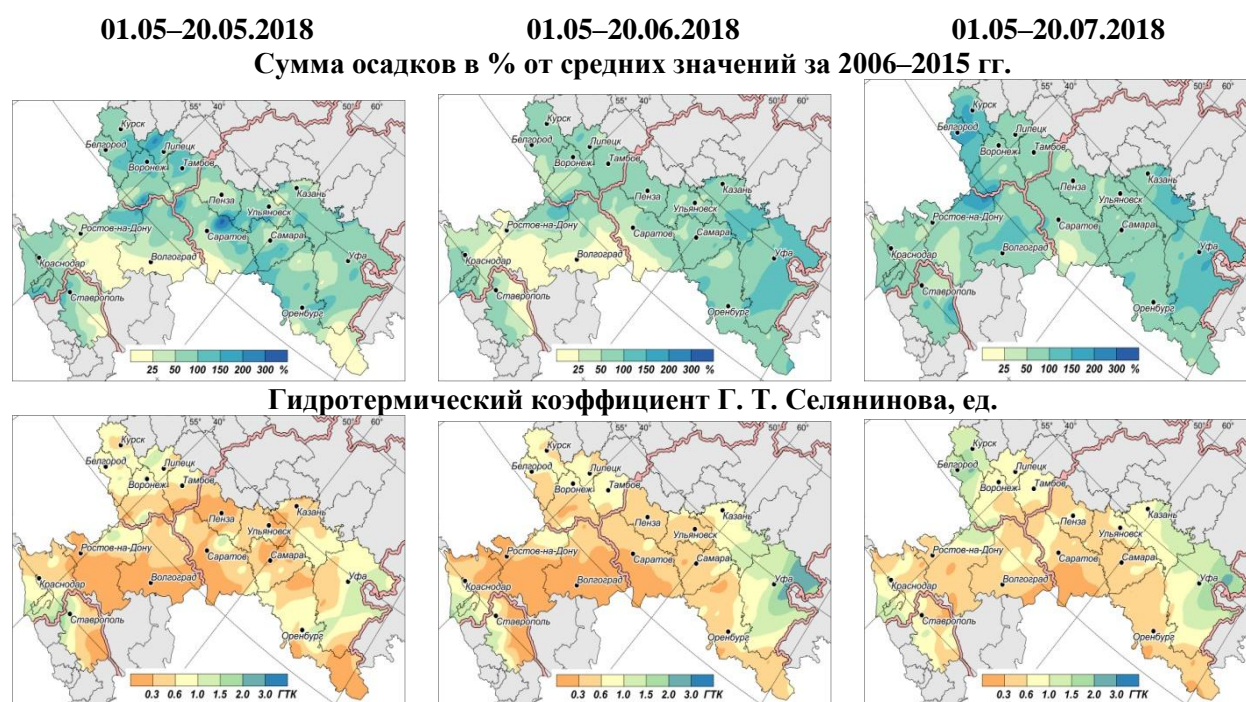


Рисунок 7.1 – Мониторинг условий увлажненности вегетационного периода 2018 г.: сумма осадков в % относительно средних значений за 2006–2015 гг. и гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова на 20 мая, 20 июня и 20 июля 2018 г.

Аномалии индекса увлажненности всего теплого периода года ($\Sigma R_{T>5}$) отрицательны для территории земледельческой зоны России, за исключением аномалий в СФО (3 %) и ДФО (22 %), и составляют 6 % относительно периода 1998–2017 гг. (табл. 7.2).

В среднем по земледельческой зоне России величина аномалии весенних осадков незначительна и составляет 3 % от уровня 1998–2017 гг. Отрицательные аномалии наблюдались в СЗФО и СКФО (–9 %), ДФО (–15 %) и ЮФО (–34 %) (табл. 7.2).

Аномалии летних осадков практически на всей территории земледельческой зоны России отрицательны (от –5 % в СФО до –22 % в ПФО), за исключением ДФО (6 %) и СКФО (10 %). В среднем по ФО летние осадки были ниже нормы на 6 %.

Таблица 7.2 – Аномалии показателей влажностного режима в 2018 г. относительно средних значений за 1997–2017 гг.

Федеральный округ	Сумма осадков, %				$\Sigma R_{\text{БКП}}$, %	$\Sigma R_{\text{зерн.}}$, %	ГТК _{май–авг.} , ед.	ИС, ед.
	зима	Весна	лето	осень				
Северо-Западный	11	-9	-10	-3	-4	-8	-27	-0,31
Центральный	40	9	-17	-29	-3	-13	-9	-0,24
Приволжский	-13	5	-22	-23	-15	-23	-22	-0,19
Южный	2	-34	-14	11	-9	-10	-44	-0,24
Северо-Кавказский	16	-9	10	-22	-6	-20	-52	-0,11
Уральский	-49	14	1	-16	-8	-7	2	0,13
Сибирский	8	35	-5	11	8	3	0	0,11
Дальневосточный	-3	-15	6	17	4	22	26	0,08
РФ	0	3	-6	-3	-2	-6	-9	-0,06

Величины ГТК за май–август и ИС, свидетельствуют о том, что уровень увлажненности сельскохозяйственных угодий в 2018 г. на ЕЧР был значительно ниже, чем в среднем за 1998–2017 гг. Например, в ЦФО и ЮФО величина ГТК была ниже нормы на 0.24 (табл. 7.2).

На рис. 7.1 представлено пространственное распределение сумм атмосферных осадков (в % от средних значений за 2006–2015 гг.) и ГТК в 2018 г. для трех периодов: с 1 мая по 20 мая, с 1 мая по 20 июня и с 1 мая по 20 июля. Расчеты выполнены для территории 16-ти субъектов (республик, краев, областей) ЦФО, ПФО, ЮФО и СКФО.

Тенденции изменения агроклиматических показателей

Пространственное распределение оценок линейного тренда ГТК за май–август за 1999–2018 гг. представлено на рис. 7.2 (б).

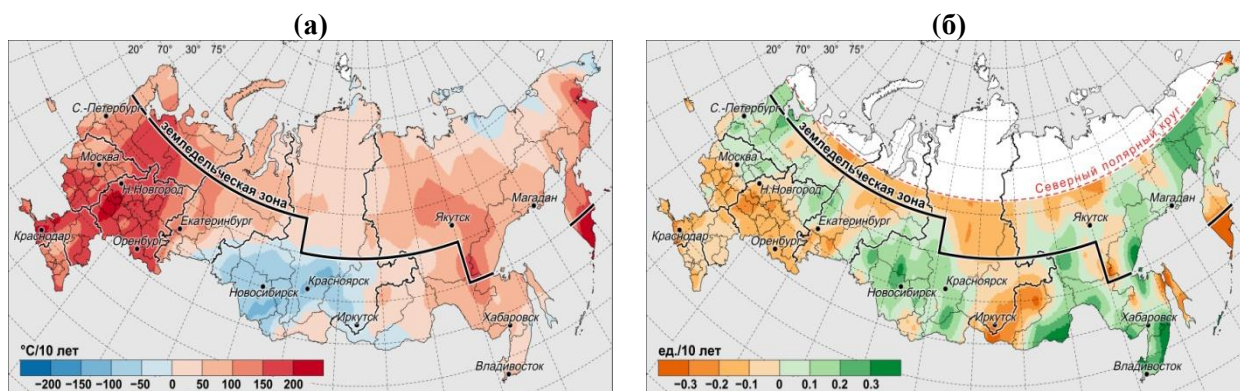


Рисунок 7.2 – Скорость изменения (тренд) (а) суммы активных температур выше 10 °C (°C/10 лет) и (б) ГТК за май–август (ед./10 лет) на территории России за 1999–2018 гг.

Анализ оценок линейного тренда сумм активных температур воздуха ($T > 10$ °C) показал, что положительная тенденция к росту этого показателя за последние десятилетия сохраняется на ЕЧР и на АЧР (табл. 7.3, рис. 7.2 а). За период с 1976 г. по 2018 г. на ЕЧР скорость его роста колеблется в диапазоне от 98 °C/10 лет в ПФО до 155 °C/10 лет в ЮФО. В среднем для территории России оценка линейной скорости роста сумм активных температур воздуха за 1976–2018 гг. составила 87 °C/10 лет.

Линейные тренды продолжительности вегетационного периода ($T > 5$ °C) и периода активной вегетации ($T > 10$ °C) с 1976 г. по 2018 г. (табл. 7.3) остаются положительными и изменяются по территории земледельческой зоны от 2.4 до 5.1 сут./10 лет и от 1.6 до 5.4 сут./10 лет.

Таблица 7.3 – Оценки линейных трендов показателей термического и влажностного режимов на территории сельскохозяйственной зоны России за периоды 1976–2018 гг. и 1998–2018 гг.

Федеральный округ	Температура воздуха, °С/10 лет		Сумма температур, °С/10 лет		Продолжительность периода, сутки/10 лет		Сумма осадков, мм/10 лет		ГТК _{май-авг.} , ед./10 лет	ИС, ед./10 лет
	весна	лето	>5 °С	>10 °С	T>5 °С	T>10 °С	весна	лето		
1976–2018 гг.										
Северо-Западный	0.4	0.5	101	112	4.0	5.4	3.2	1.0	-0.03	0.03
Центральный	0.5	0.6	126	130	4.2	4.4	3.3	-9.1	-0.09	0.05
Приволжский	0.4	0.5	99	98	3.4	3.1	5.2	-9.0	-0.07	0.05
Южный	0.4	0.8	168	155	5.1	3.7	5.2	-7.7	-0.04	0.06
Северо-Кавказский	0.4	0.6	137	125	5.0	3.0	4.3	-2.4	-0.02	-0.01
Уральский	0.4	0.2	53	57	2.4	3.0	7.2	0.7	-0.01	0.01
Сибирский	0.7	0.3	54	44	3.1	1.6	5.3	3.9	0.01	0.00
Дальневосточный	0.4	0.3	62	68	2.7	3.4	6.7	6.2	0.01	0.01
РФ	0.5	0.4	86	87	3.4	3.4	5.4	-0.7	-0.03	0.02
1998–2018 гг.										
Северо-Западный	0.4	0.0	32	128	-3.1	8.7	-0.6	20.7	0.05	0.01
Центральный	0.5	0.3	88	137	-3.4	1.8	16.8	-6.1	-0.05	0.04
Приволжский	0.3	0.6	103	168	-3.1	4.4	2.7	-10.3	-0.11	0.13
Южный	0.7	0.9	196	170	3.9	1.1	6.4	-36.9	-0.14	0.19
Северо-Кавказский	0.5	0.8	143	114	2.0	-2.2	5.1	-9.5	-0.06	0.08
Уральский	0.2	0.3	24	66	-1.8	2.8	-1.8	6.6	-0.03	0.06
Сибирский	0.6	0.2	-18	-64	1.9	-4.8	9.6	-4.0	0.05	-0.03
Дальневосточный	0.7	0.2	47	55	2.0	2.9	2.3	4.9	-0.03	0.01
РФ	0.5	0.4	59	81	-0.2	2.2	5.0	-1.4	-0.03	0.04

Сохраняется положительная тенденция к росту весенних осадков на всей территории сельскохозяйственной зоны России. В среднем по территории эти линейные тренды положительны и составляют 5.4 и 5.0 мм/10 лет за периоды 1976–2018 гг. и 1999–2018 гг. соответственно. Диапазон скорости роста осадков весной за период 1976–2018 гг. составляет от 3.2 до 7.2 мм/10 лет по отдельным ФО (табл. 7.3).

Тренды летних осадков за 1976–2018 гг. отрицательны в основных сельскохозяйственных регионах на ЕЧР и положительны в Сибири и на Дальнем Востоке.

Оценки линейного тренда ГТК, рассчитанные за период с мая по август, за 1976–2018 гг. отрицательны, за исключением территории Сибири и Дальнего Востока. Тренд ИС за период 1976–2018 гг. положителен на всей рассматриваемой территории, за исключением СКФО (табл. 7.3).

Продуктивность сельскохозяйственных культур

Данные ежедекадного мониторинга агроклиматических условий формирования урожайности зерновых культур получены для территории 16-ти субъектов (республик, краев, областей) ЦФО, ПФО, ЮФО и СКФО с 1 мая по 20 июня 2018 г.

На рис. 7.3 представлено пространственное распределение оценок агрометеорологических условий вегетационного периода озимой пшеницы в 2018 г. на основные прогностические даты: 20 мая и 20 июня.

Из анализа данных, представленных на рисунке, можно сделать вывод, что в целом для рассматриваемых областей ЦФО и ПФО условия были благоприятны для роста и развития озимой пшеницы. На территории ЮФО и СКФО возможно снижение урожайности озимой пшеницы из-за недостаточной влагообеспеченности (см. рис. 7.1).

Оценки увлажненности в предпосевной и осенний периоды показывают, что для озимых культур урожая 2019 года на территории ЮФО и южной части ПФО наблюдалась недостаточная влагообеспеченность (рис. 7.4).

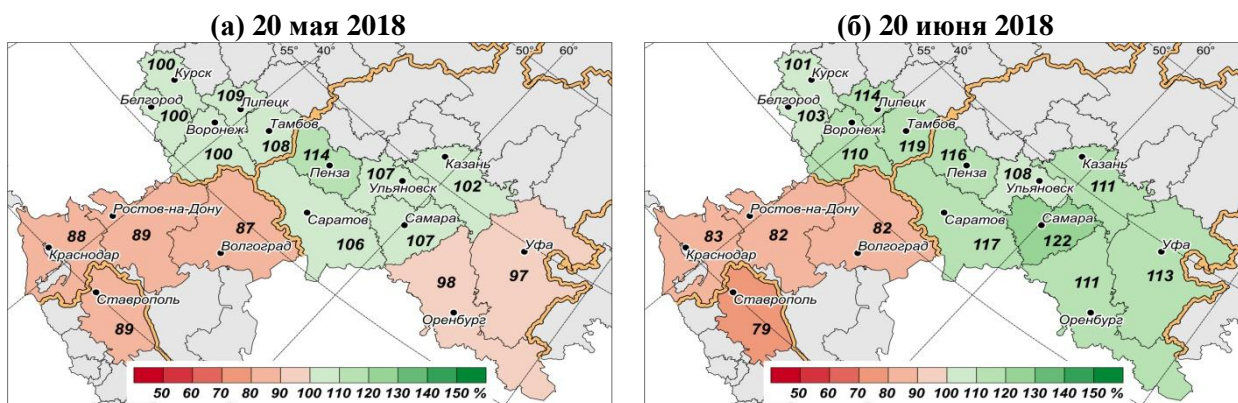


Рисунок 7.3 – Оценка (%) агрометеорологических условий вегетационного периода озимой пшеницы в 2018 г. относительно среднего за предшествующее десятилетие на территории отдельных субъектов ЕЧР на даты: (а) 20 мая и (б) 20 июня.



Рисунок 7.4 – Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы (0–20 см) под озимыми культурами на: (а) третью декаду августа и (б) первую и (в) вторую декады сентября 2018 года.

8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

По данным Росгидромета в 2018 году в целом на территории РФ отмечалось 1040 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), (включая агрометеорологические и гидрологические). Это на 133 явление больше, чем в 2017 году, когда их было 907. Напомним, что мониторинг общего числа ОЯ ведется с 2008 г. Динамика общего числа ОЯ за десять лет такова:

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1090	923	972	760	987	963	898	973	988	907	1040

Из всех ОЯ в 2018 г. 465 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения.

На рисунке 8.1 приведены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ за 1996 – 2018 гг., относящиеся лишь к опасным явлениям и комплексам гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (общее число и количество непредусмотренных ОЯ).

Прошедший год стал третьим по количеству ОЯ, нанесших ущерб. Число непредусмотренных ОЯ в 2018 г. составило 20.

По-прежнему наибольший ущерб нанесли сильные осадки (снег, дождь, ливень), очень сильный ветер (в т.ч. шквал), град, а также метели и аномально холодная погода в зимний период, чрезвычайная пожарная опасность, сохранявшаяся в ряде регионов на протяжении

нескольких месяцев.

В результате *аномально холодной погоды и сильных морозов*, отмечавшихся на юге Западной Сибири (с 18 по 29 января), в Красноярском крае (с 15 по 27 января), в Иркутской области (с 19 по 27 января), в Челябинской и Курганской областях (с 22 по 27 января) отмечались нарушения в тепло- и газоснабжении объектов ЖКХ и ТЭК, перерасход топлива в котельных, аварии на теплотрассах, перемерзание водонапорных

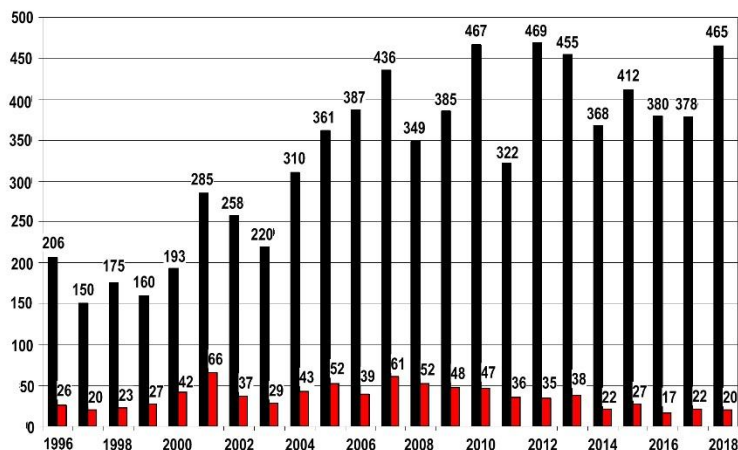


Рисунок 8.1 – Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (черный) и количество непредусмотренных ОЯ (красный)

оставались без электричества); 24-25 января местами отключалась электроэнергия, затруднялось движение автотранспорта, отменялись пригородные поезда. В Ханты-Мансийском автономном округе 19 марта очень сильный снег стал причиной увеличения числа дорожно-транспортных происшествий, при которых 5 человек погибли и 12 человек ранены.



Рисунок 8.2 – Разрушение моста через р. Макопсе

затоплены микрорайоны Кудепста и Хоста. На участке краевой автомобильной дороги к аулу Наджиги смыто 300 м дорожного покрытия.

На автодорогу А-149 Адлер – Красная Поляна произошёл вынос грунта склоновым стоком. Паводком был разрушен мост через р. Макопсе, размыва грунтовая дорога (рис. 8.2), разрушено береговое укрепление (рис.8.3), повреждены водо- и газопроводы, электроподстанции. В 29-ти населенных пунктах Туапсинского, Апшеронского районов и МО город-курорт Сочи было затоплено 2545 домовладений, 5748 приусадебных участков, погибли 6 человек.

Водами рек Лаба и Малая Лаба повреждены берегоукрепительные сооружения в Мостовском и Лабинском районах. Уникальные паводки, прошедшие 24-27.10 на реках

башен, локальные отключения электроэнергии, увеличение бытовых пожаров, затруднения в работе автотранспорта (отменялись и задерживались автобусные рейсы).

Из-за *сильных метелей и снегопадов* на Сахалине 9-11 января были заметены дороги (в Долинском районе застряли 50 автомобилей), закрывался аэропорт Южно-Сахалинск, не работала паромная переправа Ванино – Холмск, отключалась электроэнергия (более 4000 человек

Очень сильные дожди, прошедшие в Краснодарском крае 24-25 октября, и вызванные ими дождевые паводки привели к затоплению ж/д станции Гойтх, станции Пшиш, перегона Туапсе – Пшиш, вследствие чего было приостановлено ж/д сообщение; были частично затоплены несколько населенных пунктов, произошло затопление придомовых территорий в ст-це Куринская.

На территории города-курорта Сочи отмечались затопления придомовых территорий. В Адлере



Рисунок 8.3 – Разрушение берегового укрепления, размыв ж/д полотна в Сочи

Туапсе и Пшиш, превышали опасные отметки на 1,7-3,2 м и наблюдались впервые за период наблюдений (60-80 лет).

На рисунке 8.4 представлена информация о гидрометеорологических ОЯ в 2018 году детализированная по месяцам. Наибольшая активность возникновения опасных явлений на территории Российской Федерации наблюдалась в период с мая по сентябрь.

В Гидрометцентре России ведется статистика отдельно только опасных метеорологических явлений (ОЯ).

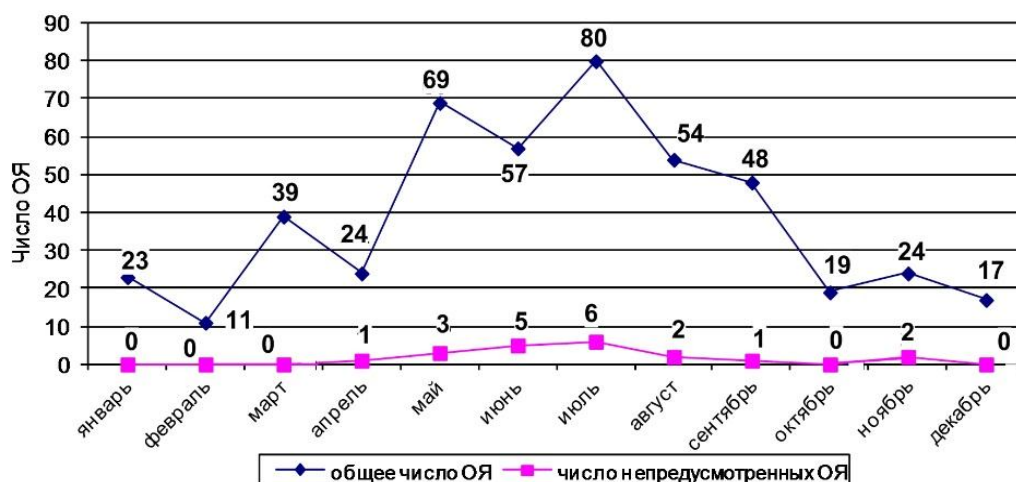


Рисунок 8.4 – Распределение гидрометеорологических ОЯ, нанесших ущерб, по месяцам в 2018 году

В 2018 году на территории России было зарегистрировано 580 случаев возникновения метеорологических (ОЯ) и комплексов метеорологических явлений (КМЯ). Это второй год из 21 лет по количеству ОЯ и КМЯ. В таблицах 8.1 и 8.2 показано распределение метеорологических ОЯ и КМЯ по месяцам и федеральным округам.

Учитывались все опасные явления погоды, имевшие место на территории РФ, о которых были получены донесения, независимо от наличия информации об ущербе. Следует отметить, что суммарное количество метеорологических ОЯ в табл. 8.1 и 8.2 может не совпадать, т.к. ОЯ часто охватывают большие территории и одновременно наблюдаются в 2-х и более округах.

Таблица 8.1 - Распределение метеорологических ОЯ по месяцам за 2018 год

Явления	Месяцы												2018	2017
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Сильный ветер	5	5	15	4	19	19	13	10	9	12	11	7	129	108
Сильные осадки	1	2	1	2	9	21	54	25	12	5	4	1	137	118
Метель и снег	6	3	11	1						1	3	3	28	32
Смешанные осадки	1	-	1	1	1	-	-	-	1	-	1	1	7	6
Смерч	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
Сильный мороз	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	3	9	11
Аномально холодная погода	3	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	4	14	15
Сильная жара	-	-	-	-	-	6	11	4	1	-	-	-	22	20
Аномально жаркая погода	-	-	-	-	4	2	4	-	1	-	-	-	11	9
Град	-	-	-	-	1	7	8	2	1	1	-	-	20	25
Гололедно-изморозные отложения	4	1	3	3	-	-	-	-	-	-	3	6	20	22
Заморозки	-	-	1	7	19	17	-	12	26	6	-	-	88	81
Туман	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	7
КМЯ	3	5	8	3	13	12	14	8	6	8	10	3	93	98
Итого	25	20	45	21	66	84	105	62	57	33	34	28	580	553

По сравнению с 2017 годом количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2018 г. увеличилось на 27 случаев. Высокой была повторяемость сильных осадков, сильного ветра, КМЯ и заморозков (137, 129, 93 и 88 случаев соответственно). Это составляет 77 % от всех опасных метеорологических явлений. КМЯ по своим параметрам

не достигали критериев ОЯ, но в значительной степени затрудняли хозяйственную деятельность регионов. Все эти явления, как правило, наносили наиболее значительный ущерб секторам

экономики и частного сектору.

Наибольшую повторяемость метеорологические ОЯ и КМЯ имели в теплый период года (с мая по сентябрь) – 374 случаев (64 %). Это связано с тем, что в этот период возрастает число ОЯ, обусловленных активной конвекцией, которая наблюдается по всей территории России. Периоды сильных морозов и аномально холодной погоды в 2018 г. отмечались

Таблица 8.2 - Распределение метеорологических ОЯ в 2018 году по территории федеральных округов

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДФО	
1	Сильный ветер	5	3	18	11	7	13	55	17	129
2	Сильные осадки	1	11	8	38	24	11	21	23	137
3	Метель и снег	1	3	2	-	1	2	6	13	28
4	Смешанные осадки	-	-	-	2	1	-	1	3	7
5	Смерч	-	-	-	1	-	-	-	-	1
6	Сильный мороз	-	-	1	-	-	3	5	-	9
7	Аномально холодная погода	3	1	2	-	-	4	4	-	14
8	Сильная жара	-	9	2	4	4	-	3	-	22
9	Аномально жаркая погода	2	2	-	2	-	1	3	1	11
10	Град	-	-	4	7	5	1	3	-	20
11	Гололедные явления	1	1	3	4	3	3	1	4	20
13	Заморозки	9	19	15	11	3	17	10	4	88
14	Туман	-	-	-	-	-	-	-	1	1
16	КМЯ	1	6	6	16	12	-	39	13	93
Всего – 2018		23	38	61	96	60	55	151	79	580
Всего – 2017		30	38	67	91	50	42	146	89	553

в 23 случае, то есть на 12 % меньше, чем в 2017 году.

Периодов с сильной жарой и аномально жаркой погодой в 2018 г. было 33, что на 14 % больше, чем в 2017 году. Жаркие периоды отмечались только с июня по август. В вегетационный период в 2018 году наблюдалось 88 заморозков, что на 9 % больше, чем в 2017 г.

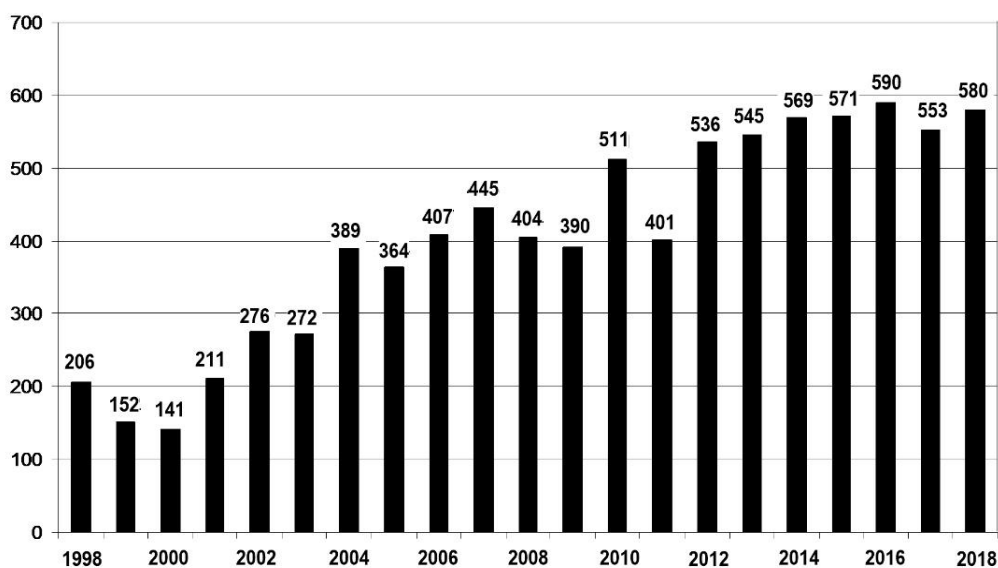


Рисунок 8.4 – Распределение метеорологических ОЯ по годам.

Из таблицы 8.2 следует, что на территории Сибирского, Южного и Дальневосточного федеральных округов зарегистрировано 326 случаев (56 %) всех ОЯ и КМЯ.

Это связано с тем, что территория этих округов обладает наибольшими размерами и характеризуется очень активными атмосферными процессами. По сравнению с 2017 г. в 2018 г. количество ОЯ и КМЯ в Уральском, Северо-Кавказском, Южном и Сибирском федеральных округах увеличилось на 4%-31 %, а в остальных федеральных округах уменьшилось на 0-23 %.

Динамика количества всех зарегистрированных метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2018 год приведена с годовой дискретностью на рис. 8.4 и с месячной в табл. 8.3. (Следует заметить, что анализируемый ряд не однороден, так как в Южный федеральный округ с 2015 года вошла Республика Крым).

Таблица 8.3 - Динамика количества всех метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2018 годы

Годы	Месяцы												2018 год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1998	19	15	12	12	14	17	28	16	19	19	20	15	206
1999	20	10	9	9	14	10	15	15	16	8	14	12	152
2000	9	2	6	10	15	17	18	17	20	7	8	12	141
2001	12	12	4	5	27	30	30	25	17	14	16	19	211
2002	16	15	17	11	24	27	41	35	28	17	16	29	276
2003	21	17	13	14	16	35	41	36	27	17	18	17	272
2004	23	29	27	21	23	54	49	61	26	20	28	28	389
2005	19	19	49	31	28	52	48	38	21	24	14	21	364
2006	27	20	29	21	39	64	49	56	26	22	30	24	407
2007	39	40	21	9	56	61	56	52	38	25	28	20	445
2008	29	25	18	19	28	47	83	45	27	12	30	41	404
2009	26	30	24	24	31	64	57	42	26	22	16	28	390
2010	39	23	33	28	31	68	73	64	35	16	35	66	511
2011	28	53	23	29	33	39	71	46	23	16	23	17	401
2012	24	14	18	22	53	71	82	89	32	37	28	66	536
2013	47	36	63	23	51	71	61	56	43	38	33	23	545
2014	46	44	35	33	70	75	69	64	29	37	23	44	569
2015	55	47	39	33	46	79	69	63	42	42	25	31	571
2016	46	14	36	34	64	84	80	104	34	17	28	49	590
2017	49	22	12	35	69	77	104	63	40	30	20	32	553
2018	25	20	45	21	66	84	105	62	57	33	34	28	580

9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

Действующая система регулярного мониторинга составляющих радиационного баланса земной поверхности основана на результатах сетевых измерений радиационных потоков в фиксированные сроки (т.н. «срочных» актинометрических наблюдений). Преимущественное внимание уделяется анализу таких видов радиации как прямая солнечная радиация на горизонтальной поверхности, рассеянная и суммарная радиация. Аномалии месячных, сезонных и годовых сумм этих видов радиации рассчитываются как отклонения от норм базового периода 1961-1990 гг. и выражаются в процентах от этих норм.

Для оценки условий 2018 г. использованы данные станций со срочными наблюдениями (всего 75 станций), для которых своевременно поступила оперативная информация.

Основной особенностью глобальных многолетних изменений приходящей радиации, обнаруживаемых на территории России, является пониженное поступление радиации (возможно, обусловленное воздействием крупных вулканических извержений) в конце 80-х – начале 90-х гг. XX века и связанный с этим отрицательный тренд прямой и суммарной радиации на интервале 1961-90 гг.

Анализ *многолетних* колебаний по данным о пространственно-осредненных аномалиях годовых сумм прямой радиации на интервале 1961-2017 гг. (рис. 9.1) показал,

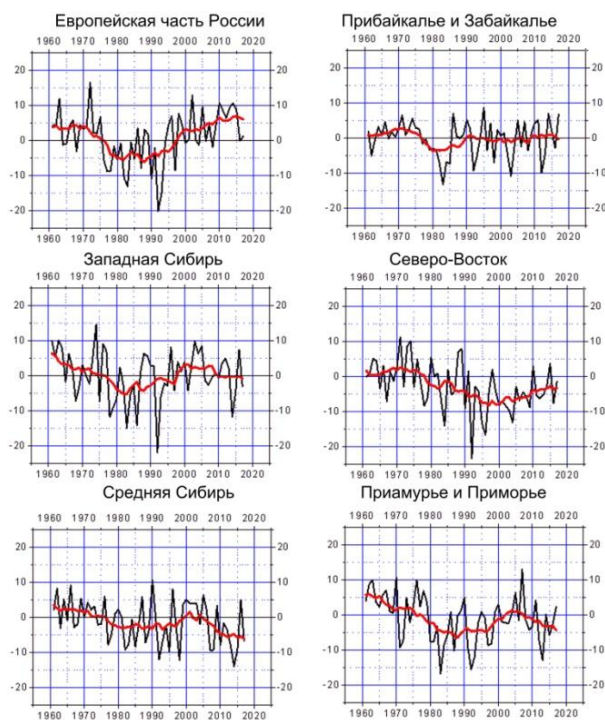


Рисунок 9.1 - Регионально-осредненные аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) годовых сумм прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность. Красная кривая показывает сглаженный ход (11-летние скользящие средние)

сильной межгодовой изменчивости.

Зимний сезон 2017/18 гг. характеризуется резкими изменениями в приходе прямой радиации от начала к концу зимы. В декабре и январе большая часть страны находилась в области глубокой отрицательной аномалии. Под влиянием полярных ложбин и активных атлантических циклонов, смещавшихся по северу, преобладала погода с плотной низкой облачностью и частыми обильными осадками. В феврале произошла смена циркуляционных процессов. Практически в течение всего месяца мощные гребни блокировали смещение атлантических циклонов на восток, что проявилось в изменении характера поля аномалий прямой радиации.

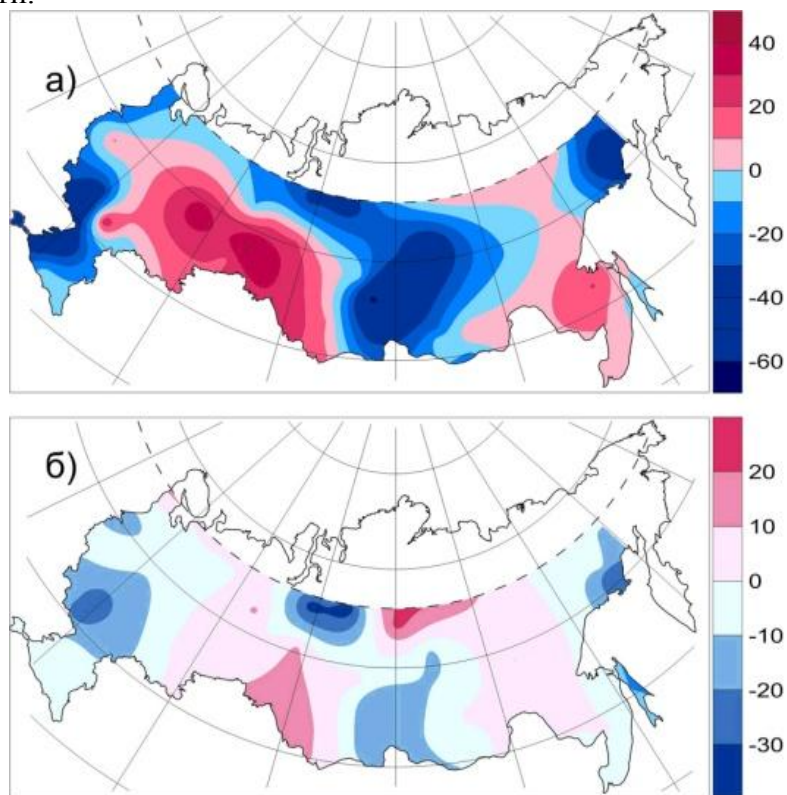


Рисунок 9.2 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) сезонных сумм прямой солнечной (а) и суммарной (б) радиации. Зима 2017/2018 гг.

что включение в анализ 2017 г. (последнего года со всеми доступными месячными аномалиями) практически не изменило выводы, полученные ранее. В последнее десятилетие 20-го столетия во всех крупных регионах России произошел возврат к значениям приходящей радиации, близким к норме. Изменения, происходящие в начале 21 в. в большей степени отражают региональные особенности. На территории ЕЧР сохраняется слабая положительная тенденция, наиболее выраженная в южных районах. Тенденция к увеличению наблюдается и на Северо-Востоке, но при этом необходимо отметить низкую плотность сети станций на северо-востоке страны, а также отсутствие в настоящее время регулярного поступления информации с Чукотского и Камчатского УГМС.

В Приамурье и Приморье в последнее десятилетие отмечается тенденция к снижению прямой радиации. В Средней Сибири в последние годы наблюдались крупные отрицательные аномалии, сопоставимые с рекордно низкими значениями, которые происходят на фоне

На ЕЧР сформировалась обширная положительная аномалия, захватившая средний и южный Урал и простирающаяся от северного полярного круга до 52°с.ш.

В значительной степени особенности атмосферных процессов, наблюдавшиеся в феврале, отразились на характере сезонного поля аномалий прямой радиации (рис. 9.2). Максимальные значения положительных аномалий отмечались в восточных районах ЕЧР и Западной Сибири и достигали 40% (Чермоз, Сытомино). В то же время обширная область отрицательных аномалий занимала всю центральную часть АЧР вплоть до южной границы РФ. На юге Красноярского края отмечался самый низкий за зимний сезон приход прямой радиации. Отклонения от нормы достигали 50-60% (Ербогачен, Солянка).

Весной наибольшее влияние на формирование поля аномалий прямой радиации оказали атмосферные процессы, наблюдавшиеся в апреле и мае. В западных районах Европейской территории России (рис. 9.3) сформировалась обширная интенсивная положительная аномалия прямой радиации. Этому способствовало постоянное присутствие с начала весны антициклонов и гребней в северных районах, а также сформировавшийся в мае антициклон с центром на северо-западе ЕЧР. Эти процессы блокировали смещение на восток атлантических циклонов и привели к преобладанию сухой малооблачной погоды в этом регионе. В Северо-Западном ФО средние за сезон значения прямой радиации превышали средние многолетние величины более чем на 40%, а на территории Центрального ФО – более чем на 50%.

Восточной Сибири и дальневосточных районах также преобладала антициклональная малооблачная погода. Максимальные значения положительных аномалий, превышающие 30%, отмечались в Хабаровском крае (Охотск, Хабаровск).

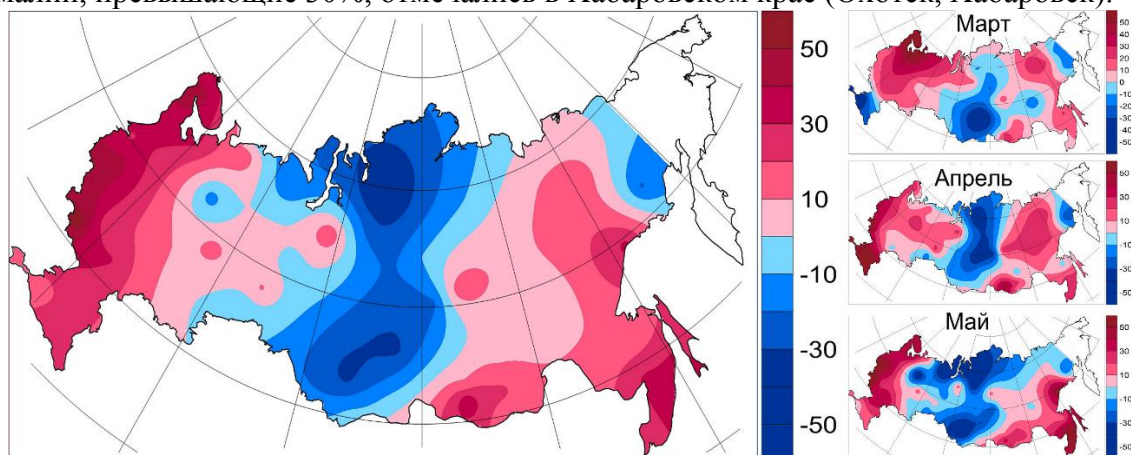


Рисунок 9.3 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Весна 2018 г.

В то же время вся центральная Сибирь - от полярных морей до южной границы - находилась в весенний сезон под воздействием активной циклонической деятельности, сопровождавшейся образованием плотной низкой облачности и выпадением осадков, что привело к формированию большого очага отрицательной аномалии прямой радиации (рис. 9.3). Наибольшие отклонения от нормы, превышающие 40%, наблюдались на севере Красноярского края.

В суммарном приходе мощная положительная аномалия прямой радиации проявилась в сильно ослабленном виде, а в центральных и юго-восточных областях ЕЧР знак аномалии изменился. Наибольшие положительные отклонения суммарной радиации от нормы, в основном, не превышали 15-20% (Цимлянск, Курск), а отрицательные - 10%.

В **летний** сезон на большей части территории России преобладала сухая малооблачная погода и отмечался повышенный приход прямой радиации (рис. 9.4).

На развитие этой большой по площади сезонной положительной аномалии оказали влияние атмосферные процессы, меняющиеся от месяца к месяцу, что проявилось в образовании положительных очагов различной интенсивности.

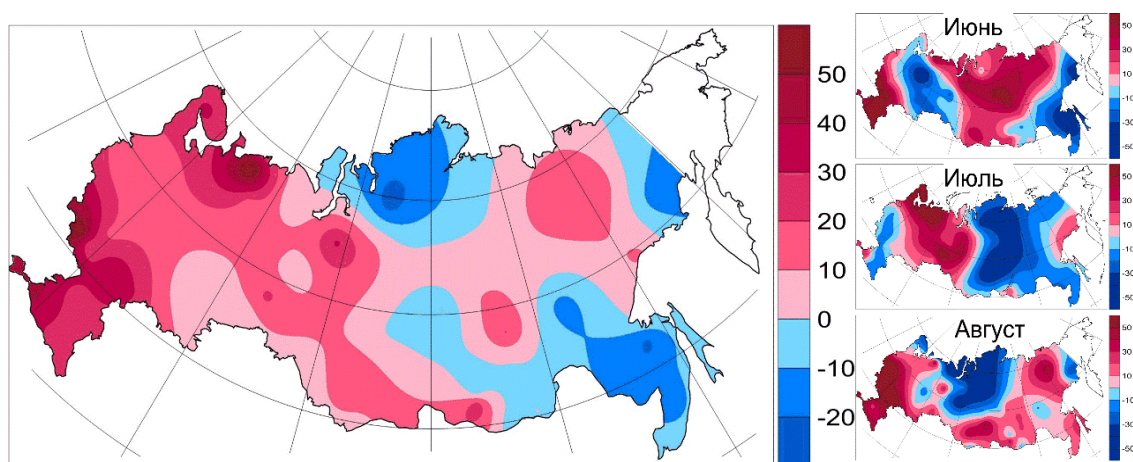


Рисунок 9.4 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Лето 2018 г.

В южных и юго-западных районах ЕЧР, находящихся под влиянием восточных и северо-восточных гребней Азорского антициклона, превышение сезонных значений прямой радиации достигало 45-60% (Краснодар, Курск). Такие же по величине аномалии (60%) отмечались на севере ЕТР (Коткино). Очень высокий приход прямой радиации в северных районах Европейской России был обусловлен антициклоном, сформировавшимся в июле над Республикой Коми. Влияние этого антициклона проявилось не только на севере ЕЧР, но и в Поволжье, на Урале и в Западной Сибири, но в этих районах превышение сезонной нормы не превышало 20%. Распространение положительной аномалии на северо-восток обусловлено антициклоном, образовавшимся в августе над морем Лаптевых. Наиболее интенсивный очаг положительных аномалий располагался на севере Якутии, где положительные отклонения от нормы достигали 20% (Верхоянск, Усть-Мома).

На севере Красноярского края - на фоне двух очень глубоких отрицательных аномалий в июле и августе и мощной положительной аномалии в июне - сформировалась отрицательная сезонная аномалия. Снижение прямой радиации в этом районе в среднем за сезон было в пределах 20%, и только в Норильске оно достигло 25%.

В весенний и летний сезоны, которые обеспечивают наибольший приход солнечной радиации, отмечались крупные положительные аномалии прямой радиации, вероятность превышения которых составляет менее 10% (рис. 9.5).

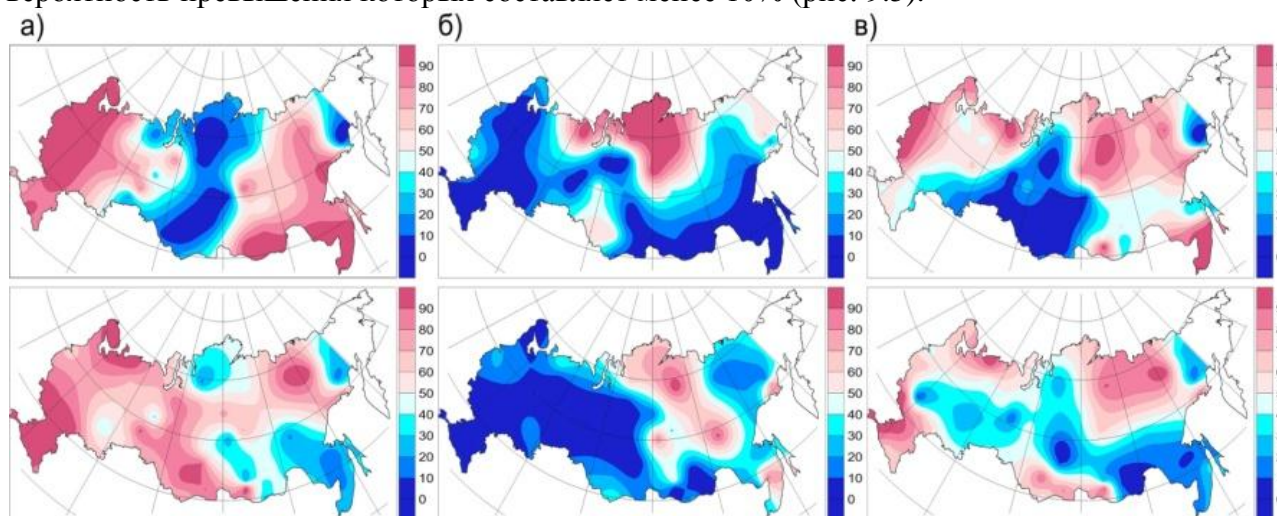


Рисунок 9.5 – Вероятности непревышения аномалий сезонных сумм прямой солнечной (а), рассеянной (б) и суммарной (в) радиации. Верхние фрагменты - весна 2018 г., нижние - лето 2018г.

Весной на значительной территории Азиатской части РФ, включающей Красноярский край и прилегающие районы, наблюдались также и крупные отрицательные

аномалии. В летний сезон в поле прямой радиации доминировали положительные аномалии. Фон рассеянной радиации – как и в предыдущие годы – был преимущественно пониженный. Особенностью 2018 г. является наличие крупной положительной аномалии в поле рассеянной радиации на Таймыре и прилегающих прибрежных территориях (рис. 9.5, б).

Анализ сезонных аномалий прямой радиации (рис. 9.6), осредненных по территории России, показывает, что зимой значения прямой радиации в среднем были близки к норме за 1961-90гг.

В весенний и летний сезоны наблюдался повышенный приход прямой радиации. Наибольшее положительное отклонение от нормы отмечается в летний сезон.

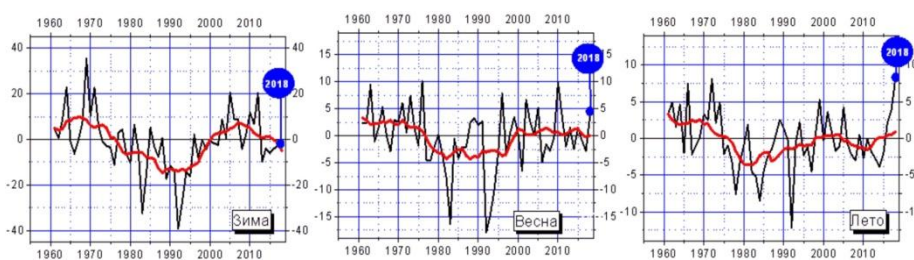


Рисунок 9.6 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) сезонных сумм прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, осредненные по территории РФ. 1961-2018гг.

10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ

Температура воздуха в слое атмосферы высотой до 30 километров, наряду с приземной температурой и температурой поверхности океана, является важнейшей характеристикой состояния климатической системы и происходящих в ней изменений. Основной особенностью полей температуры в свободной атмосфере является их зональный характер, т.е. в значительной мере выраженная гладкость полей в направлениях вдоль кругов широты. Поэтому для оценки текущих изменений климата свободной атмосферы применяют зонально обобщенные вдоль широтных кругов характеристики, для которых важнейшими пространственными координатами остаются географическая широта и высота по вертикали (или давление, убывающее с высотой). В этом состоит существенное отличие результатов данного раздела от результатов других разделов, где географическая долгота при расчетах и обобщении оценок играет существенную роль.

Приводимые оценки получены по срочным данным радиозондовых наблюдений, собираемым с каналов связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с глобальной сети аэрологических станций. Общее число станций, по которым ведется сбор аэрологических данных, превышает 900 и варьирует от месяца к месяцу. В их число входят более ста функционировавших в 2018 г российских станций, включая антарктические и СП. Около 700 станций глобальной сети расположены в Северном полушарии. На основе собранных месячных порций радиозондовых данных срочных наблюдений рассчитывается массив статистических характеристик различных метеовеличин в свободной атмосфере, включая статистические характеристики температуры, на стандартных изобарических поверхностях для каждой из станций. На основе взвешенного вертикального обобщения рассчитываются также значения температуры в основных слоях атмосферы: 850-300 гПа (тропосфера), 100-50 гПа (нижняя стратосфера), 300-100 гПа (переходный слой, характеризующийся значительной нестабильностью). Следующим этапом расчетов является расчет месячных аномалий температуры. Аномалии температуры на основных изобарических поверхностях и в каждом из указанных слоев атмосферы для каждого месяца, - вычислялись для каждой станции. В качестве норм использовались соответствующие характеристики температуры для этой станции, осредненные за период 1981-2010 гг. Такой выбор периода вычисления норм объясняется, во-первых, целесообразностью проводить в дальнейшем сопоставления с рядами аномалий температуры в свободной атмосфере, полученными на основе спутниковых наблюдений, начало которым положено с 1979 года. Во-вторых, оценки норм за такой период

вычисления наименее, по сравнению с другими вариантами выбора тридцатилетнего периода, подвержены влиянию возможных неоднородностей в рядах, возникающих из-за особенностей функционирования глобальной сети радиозондирования.

При осреднениях, как в пределах месяца, так и при дальнейших обобщениях, использовались веса, равные числу признанных при контроле корректными соответствующих срочных значений температуры.

Путем пространственного осреднения постанционных месячных аномалий рассчитывались аномалии по пятиградусным широтным поясам Северного полушария. Результаты этого осреднения использованы для расчетов и для графического отображения широтно-вертикальных сечений аномалий. Кроме этого, постанционные месячные аномалии взвешенно осреднялись по тридцатиградусным широтным поясам 0-30 с.ш., 30-60 с.ш. и 60-90 с.ш., а также по всему Северному полушарию. В таких осреднениях в качестве веса для учета месячной аномалии каждой станции был использован косинус географической широты этой станции.

Наконец, наряду с пространственным осреднением постанционных месячных аномалий по пятиградусным и тридцатиградусным широтным поясам Северного полушария и по Северному полушарию в целом, проводилось дополнительно осреднение постанционных месячных аномалий по сезонам для каждого сезона 2018 года (зимний сезон включал декабрь 2017 г и январь-февраль 2018 г), а также для 2018 года в целом.

Особенности температурного режима в свободной атмосфере в 2018 г.

В таблице 10.1 приведены значения аномалий температуры за 2018 год для каждого из 12 месяцев, для двух широтных зон Северного полушария (30-60° с.ш. и 60-90° с.ш.) для отдельных изобарических поверхностей: 850 гПа, 500 гПа, 300 гПа и 100 гПа. Перечисленные изобарические поверхности в среднем для года отвечают примерно высотам 1.23 км, 4.95 км, 8.52 км и 16.21 км над уровнем моря соответственно.

В таблице 10.2 приведены аномалии температуры, обобщенные для каждого из четырех сезонов 2018 года (зимний сезон включает период декабрь 2017-февраль 2018 г) и для года в целом осредненные по вертикали внутри слоев 850-300 гПа (тропосфера) и 100-50 гПа (нижняя стратосфера) для тридцатиградусных широтных зон Северного полушария и полушария в целом. Вертикально-широтная структура для годовых и сезонных аномалий температуры в 2018 г. показана на рис. 10.1 и 10.2

Таблица 10.1 - Аномалии температуры за 2018 год для двух широтных зон Северного полушария (30-60 с.ш. и 60-90 с.ш.) на отдельных изобарических поверхностях. Цветной заливкой показаны отрицательные (голубой) и положительные (желтый) аномалии

МЕСЯЦ	30-60 С.Ш.				60-90 С.Ш.			
	850 гПа	500 гПа	300 гПа	100 гПа	850 гПа	500 гПа	300 гПа	100 гПа
Январь	0.05	0.34	0.73	-0.37	0.82	0.40	-0.34	-1.22
Февраль	-0.71	-0.46	0.56	1.37	0.22	0.19	1.20	2.85
Март	0.89	1.04	0.19	0.30	-1.52	-1.08	-0.04	0.76
Апрель	0.91	1.32	1.06	-1.48	0.83	0.53	-0.11	-0.81
Май	1.43	1.46	1.31	-1.41	-0.23	-0.01	0.89	-0.43
Июнь	0.74	0.96	0.98	-0.72	1.06	0.81	0.43	-0.54
Июль	0.92	1.25	1.38	-0.98	0.50	1.13	0.91	-0.63
Август	0.76	1.10	1.00	-0.68	0.49	0.63	0.40	-0.23
Сентябрь	0.56	0.66	0.79	-0.82	0.64	0.17	0.07	-0.19
Октябрь	0.56	0.38	0.27	0.09	1.98	1.15	0.79	-0.06
Ноябрь	-0.08	0.26	-0.22	0.81	1.18	0.72	-0.18	-0.06
Декабрь	-0.01	0.10	0.15	-0.64	1.47	0.55	-0.85	0.13

В умеренных широтах в тропосфере преобладают положительные аномалии температуры, причем в апреле, мае и июле значения аномалий превышают 0.9°C, а в июне

и августе -0.7°C . Отрицательные аномалии в тропосфере наблюдаются только в феврале и ноябре и достигают значений -0.71°C и -0.22°C соответственно.

Таблица 10.2 – Аномалии температуры в тропосфере и нижней стратосфере от норм 1981-2010 гг., ΔT_{2018} - величина аномалии в градусах Цельсия, R (-R) – ранг (обратный ранг) в рядах, упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2018 гг.

Также незначительная отрицательная аномалия наблюдалась в декабре на высоте 850 гПа (-0.01°C). В зимние, летние месяцы и в сентябре значения аномалий температуры в тропосфере растут с высотой. Наибольшие положительные аномалии в тропосфере наблюдались в мае и июле (1.46°C и 1.38°C соответственно). В нижней стратосфере преобладали отрицательные аномалии

Сезон	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
ТРОПОСФЕРА, 850-300 гПа								
	ΔT_{2018}	-R	ΔT_{2018}	-R	ΔT_{2018}	-R	ΔT_{2018}	-R
Зима	0.55	5	0.01	26	0.58	7	0.23	14
Весна	0.15	15	1.19	1	-0.22	37	0.75	2
Лето	0.28	9	1.00	2	0.77	3	0.74	2
Осень	0.15	15	0.41	9	0.78	6	0.35	10
Год	0.28	9	0.65	2	0.45	9	0.52	4
НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА, 100–50 гПа								
	ΔT_{2018}	R	ΔT_{2018}	R	ΔT_{2018}	R	ΔT_{2018}	R
Зима	-1.35	6	-0.23	18	-0.20	26	-0.57	13
Весна	-1.16	5	-0.92	6	-0.40	17	-0.96	6
Лето	-0.75	10	-0.75	8	-0.53	7	-0.74	8
Осень	-0.70	12	-0.12	21	-0.33	11	-0.31	16
Год	-1.02	4	-0.44	11	-0.18	15	-0.61	8

температуры. Наибольшие отрицательные аномалии наблюдались в апреле и мае (-1.48°C и -1.41°C соответственно). В феврале, марте, октябре и ноябре наблюдались положительные аномалии температуры, причем в феврале значение аномалии составило 1.37°C . Наибольшее изменение аномалий температуры с высотой наблюдалось в мае и составило $2,84^{\circ}\text{C}$. Наибольшая положительная аномалия в умеренных широтах наблюдалась в мае на высоте 500 гПа (1.46°C), а наибольшая отрицательная – в апреле на высоте 100 гПа ($-1,48^{\circ}\text{C}$).

В высоких широтах в тропосфере на протяжении всех месяцев, за исключением марта и мая, преобладали положительные аномалии температуры. Отрицательные аномалии наблюдались также в январе, апреле, ноябре и декабре на высоте 300 гПа. В январе, апреле, июне и в осенние месяцы аномалии температуры уменьшались с высотой, а в марте и мае – увеличивались. Наибольшая положительная аномалия температуры в тропосфере (1.98°C) наблюдалась в октябре на высоте 850 гПа, а отрицательная – в марте на высоте 850 гПа и составила -1.52°C . В нижней стратосфере отрицательные аномалии температуры наблюдались на протяжении всего года, за исключением февраля, марта и декабря. Причем с июля по ноябрь их абсолютное значение убывает с -0.63°C до -0.06°C . В феврале в нижней стратосфере наблюдалась большая положительная аномалия температуры со значением 2.85°C . Эта аномалия температуры является максимальной наблюдавшейся для высоких широт.

Столь существенные различия в величинах аномалий температуры от месяца к месяцу и по вертикали на отдельно рассматриваемых изобарических поверхностях сказываются и на результатах временного обобщения по отдельным сезонам, и на результатах пространственного вертикального обобщения по наиболее часто рассматриваемым слоям свободной атмосферы.

В тропосфере весна 2018 года стала рекордно теплой с 1958 года в умеренных широтах, аномалия температуры составила 1.19°C . Лето в умеренных и высоких широтах стало вторым и третьим самыми теплыми летними сезонами с 1958 года с аномалиями температуры 1.00°C и 0.77°C соответственно. Также в десятку самых теплых сезонов вошли зима и лето низких широт, осень умеренных широт, зима и осень высоких широт.

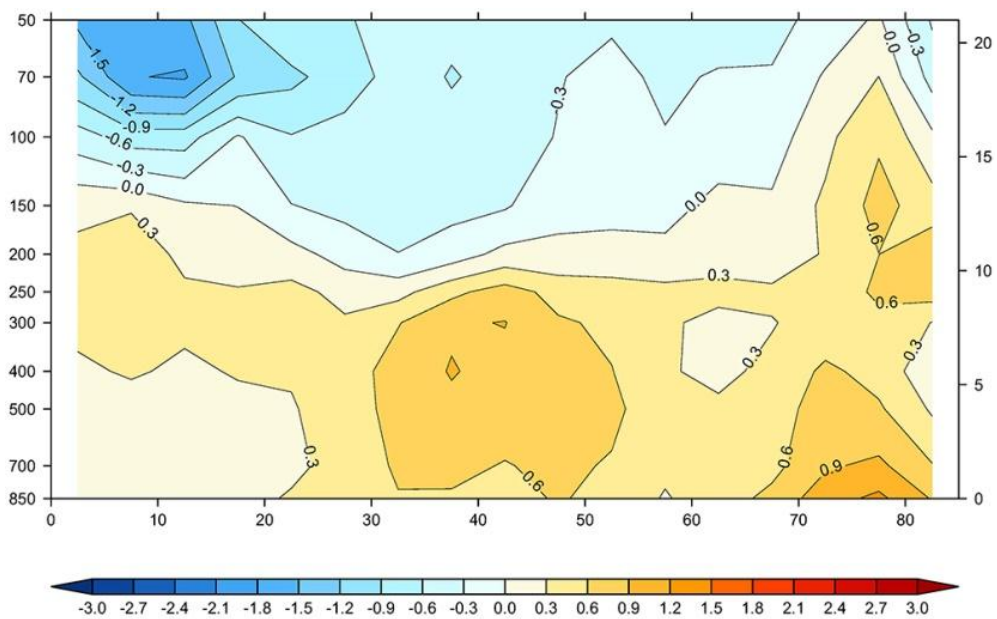


Рисунок 10.1 - Вертикально-широтная структура годовых аномалий температуры свободной атмосферы в 2018 году. Горизонтальная ось – широты, левая вертикальная ось – давление на стандартных изобарических поверхностях, правая вертикальная ось – высоты над уровнем моря в км.

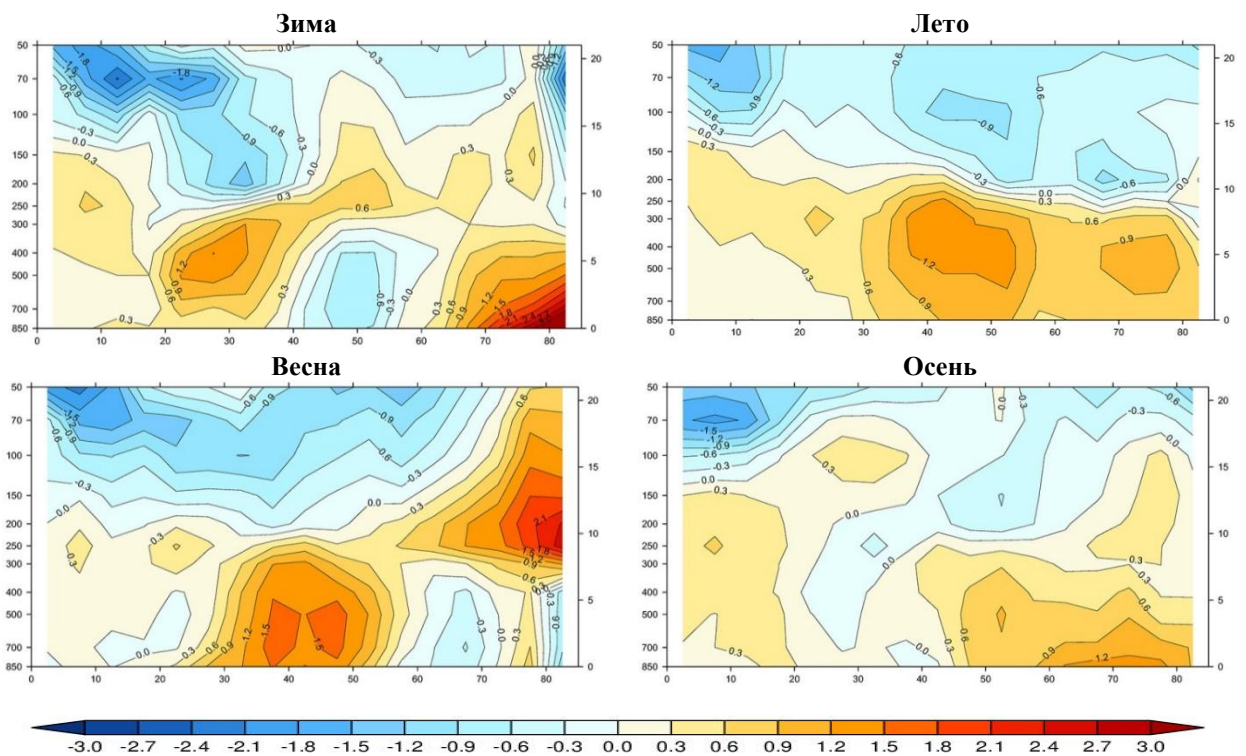


Рисунок 10.2 - То же, что на рис 10.1, но для отдельных сезонов (зима 2017-2018 гг., весна, лето и осень 2018 года)

Зимой в умеренных широтах наблюдалась нулевая аномалия температуры, а весной в высоких широтах – отрицательная, со значением аномалии -0.22°C . В целом по Северному полушарию весенний и летний сезоны 2018 года стали вторыми самыми теплыми сезонами с 1958 года. В целом 2018 год стал вторым самым теплым годом в умеренных широтах и четвертым – по всему Северному полушарию с аномалиями температуры 0.65°C и 0.52°C соответственно.

В нижней стратосфере отрицательные аномалии температуры наблюдались на протяжении всех сезонов во всех широтных зонах. Рекордно низких температур в 2018 году не наблюдалось, но в десятку самых холодных сезонов вошли зима и весна низких широт, весна и лето умеренных широт и лето высоких широт. В целом по Северному полушарию весна стала шестой самой холодной весной с 1958 года (-0.96°C), а лето – восьмым самым холодным летом (-0.74°C). В целом 2018 год стал четвертым самым холодным годом в нижних широтах и восьмым – по всему Северному полушарию с аномалиями температуры -1.02°C и -0.61°C соответственно.

На рисунке 10.3 представлены посезонно ранги 10 самых теплых в тропосфере и 10 самых холодных в нижней стратосфере лет, причем отдельно выделено положение 2018 г.

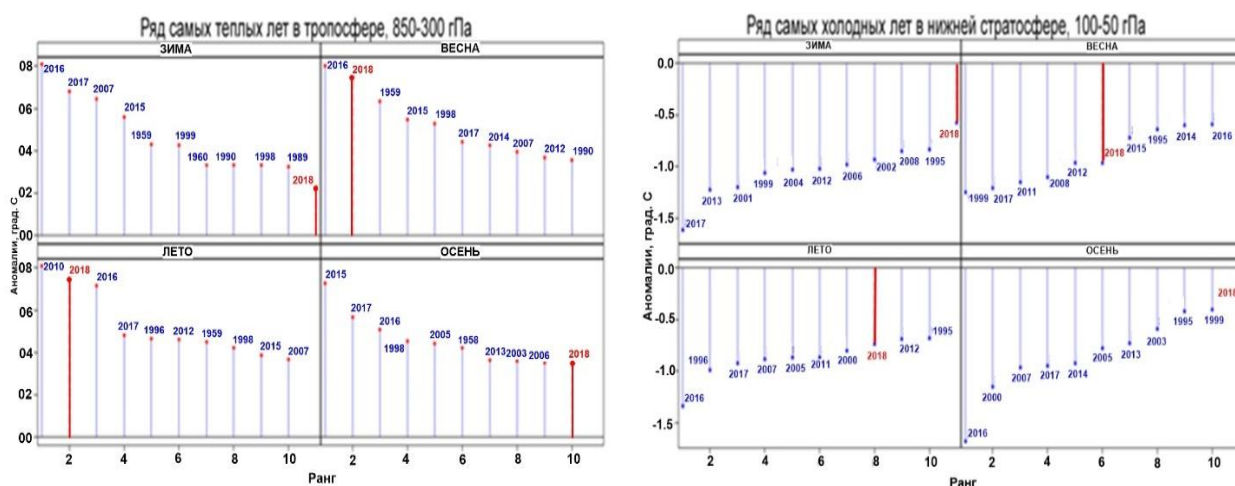


Рисунок 10.3 - Ранги самых значительных сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1958-2018 г. Левая панель – положительные аномалии, тропосфера (850-300 гПа), правая панель – отрицательные аномалии, нижняя стратосфера (100-50 гПа). 2018 год выделен красным цветом.

Тенденции современных изменений температуры воздуха в свободной атмосфере

Современные тенденции изменения температуры в свободной атмосфере, суть которых сводится к потеплению в тропосфере и похолоданию в нижней стратосфере, проиллюстрированы для сезонов Северного полушария на рис. 10.4, где, наряду с рядами сезонных аномалий, представлены линии трендов.

Таблица 10.4 содержит значения линейных трендов, вычисленных за период 1981-2018 на основе рядов сезонных и годовых аномалий отдельных широтных зон и Северного полушария в целом для тропосферы и нижней стратосферы соответственно.

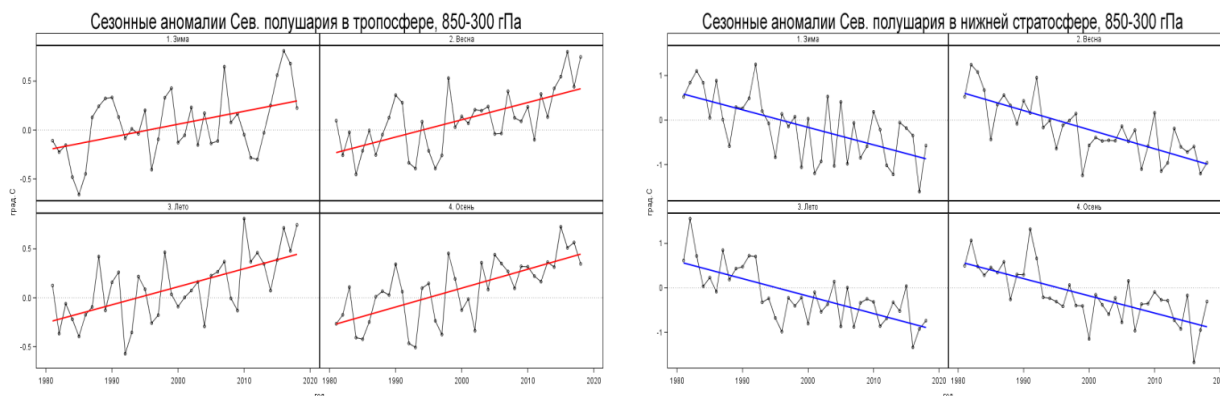


Рисунок 10.4 - Ряды сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1981-2018 г. Левая панель – тропосфера (850-300 гПа), правая панель – нижняя стратосфера (100-50 гПа). Линии трендов построены методом наименьших квадратов для тропосферы (красный цвет) и нижней стратосферы (синий цвет).

Как следует из табл. 10.3, статистически для тропосферы значимая тенденция потепления не наблюдается для зимнего сезона в зоне умеренных широт. Также не наблюдается статистически значимая тенденция потепления в низких широтах для весны и лета. По сравнению с 2017 годом значение весеннего тренда потепления в умеренных широтах увеличилось на $0.03^{\circ}\text{C}/10$ лет, а в высоких широтах – уменьшилось на $0.03^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Таблица 10.3 – Оценки линейного тренда температуры в тропосфере и нижней стратосфере (1981-2018 гг.), *b* – значения сезонного или годового тренда, ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), *D* – объясненная линейным трендом доля общей дисперсии ряда в %. Жирным курсивом выделены значения трендов, значимо отличные от нуля с вероятностью не менее 0.95

СЕЗОН	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>
ТРОПОСФЕРА, 850-300 гПа								
Зима	0.18	30	0.10	6	0.17	25	0.13	20
Весна	0.09	10	0.23	40	0.14	12	0.18	40
Лето	0.07	10	0.24	40	0.24	33	0.18	38
Осень	0.13	19	0.22	40	0.25	30	0.19	46
Год	0.12	25	0.19	48	0.20	41	0.17	47
НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА, 100–50 гПа								
Зима	-0.66	47	-0.31	18	-0.08	0	-0.39	38
Весна	-0.55	55	-0.39	40	-0.33	11	-0.43	57
Лето	-0.50	48	-0.36	44	-0.24	34	-0.39	50
Осень	-0.57	42	-0.33	43	-0.20	30	-0.39	50
Год	-0.57	64	-0.35	56	-0.22	17	-0.40	66

В целом по Северному полушарию весенний тренд увеличился на $0.02^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Летний тренд увеличился во всех широтных зонах и по Северному полушарию в целом. Зимний и осенний тренды по Северному полушарию уменьшились. В целом по Северному полушарию наблюдались статистически значимые положительные тренды изменения температуры: от $0.13^{\circ}\text{C}/10$ лет зимой до $0.19^{\circ}\text{C}/10$ лет осенью.

Среднегодовой тренд температуры в тропосфере численно не изменился по сравнению с прошлым годом и составил $0.17^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Для нижней стратосферы очевидное статистически значимое похолодание имеет место для всех осуществленных вариантов оценки тренда, за исключением зимнего сезона в высоких широтах. В низких широтах летний и осенний тренды уменьшились по сравнению с 2017 годом. В умеренных широтах уменьшился весенний тренд, а все остальные увеличились. В высоких широтах уменьшился весенний тренд. В целом по Северному полушарию уменьшились все абсолютные значения трендов за исключением весеннего. В Северном полушарии скорость стратосферного похолодания составляла от $-0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет для весны до $-0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет в остальные сезоны. Абсолютное значение среднегодового тренда температуры в нижней стратосфере уменьшилось на $0.02^{\circ}\text{C}/10$ лет по сравнению с предыдущим годом и составило $-0.40^{\circ}\text{C}/10$ лет.

11. РЕЖИМ ВЕТРА

Для анализа режима ветра использовались срочные данные с метеорологических станций (1449 станций) Российской Федерации. Используются данные архивов Госфонда и данные оперативного потока, собираемые с каналов связи ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Для анализа аномальности характеристик режима ветра в качестве норм использовались средние многолетние значения характеристик ветра за период **1981 - 2010** годы. Анализ изменений характеристик режима ветра проводился по рядам средних для 9 квазиоднородных климатических регионов характеристик. Регионы обозначены на рис. 3.1.

На рисунке 11.1, а представлено пространственное распределение максимальной за 2018 год скорости ветра, полученной из средних за 10-минутный интервал времени. Средняя скорость ветра 25 м/с и более наблюдалась в 2018 году повсеместно. Наибольшие скорости ветра без учета порывов, как и обычно, отмечались вдоль побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов. В тех же районах сосредоточены точки с максимальным количеством дней со средней скоростью ветра 15 м/с и более (рис. 11.1, в). Максимальное

количество таких дней (более 187) на территории РФ в 2018 году, как и в двух предыдущих, отмечалось на крайней южной точке полуострова Камчатка (метеостанция мыс Лопатка). На метеостанции мыс Крильон (Сахалин) наблюдалось 106 дней с сильным ветром. Помимо прибрежных районов высокое значение количества дней с ветром более 14 м/с отмечалось на Алтае (метеостанция Кара-Тюрек) и составило 58 дней.

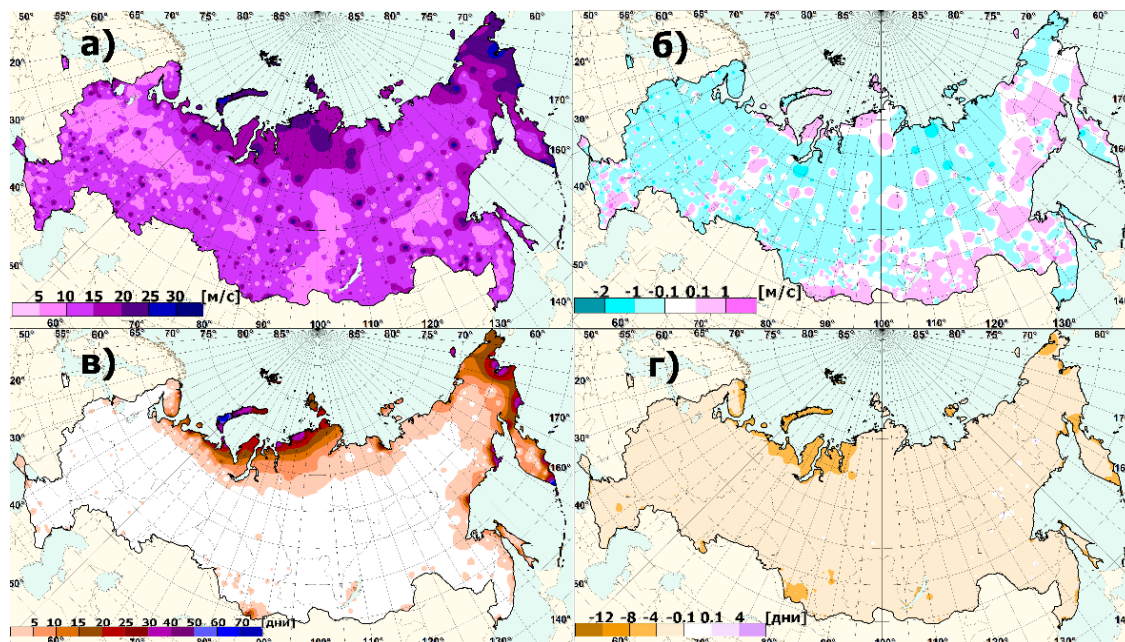


Рисунок 11.1 - а) Максимальная скорость ветра за 2018 год (без учета порывов); б) Аномалии среднегодовой скорости ветра в) Число дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с в 2018 году; г) Аномалии (отклонение от средних многолетних значений) числа дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с в 2018 году

Аномалии числа дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с представлены на рис. 11.1, г. Максимальное отрицательное значение наблюдалось на метеостанции Дальне-Зеленецкая Мурманской области (-12.62 дней).

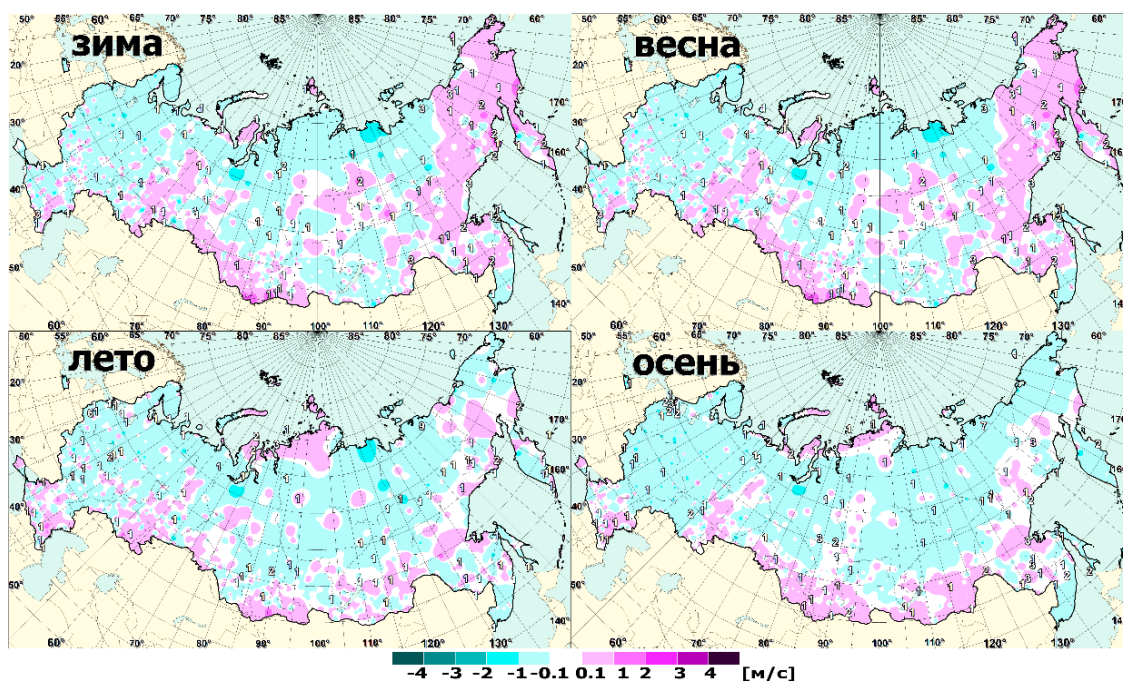


Рисунок 11.2 - Аномалии средней скорости ветра. Цифрами обозначены станции, на которых скорость ветра превышала 95-й процентиль и число дней с экстремальной скоростью ветра

Так же значительные отрицательные аномалии числа дней с сильным ветром отмечены на Курильских островах (Курильск). Положительные аномалии этой характеристики не превышают 0.3 дней, наблюдались они преимущественно на территории Дальнего Востока.

Аномалии скорости ветра, представленные на рисунке 11.1, б, на большей части территории РФ в 2018 году отрицательны. Максимальные по абсолютной величине отрицательные значения (более 2 м/с) отмечаются на метеостанциях Невельск (Сахалинская область) и Курган (-2.08 м/с и -2 м/с соответственно). Положительные аномалии скорости ветра за год не превышают 1.4 м/с, наибольшие значения получены для метеостанции Южно-Сухокумск (Дагестан) и Хабаровск.

Аномалии скорости ветра по сезонам в 2018 году на рис. 11.2 распределены таким образом, что картина зимне-весеннего периода отличается от летнего и осеннего большим количеством пунктов с положительными аномалиями на Дальнем Востоке. Отклонения от нормы редко превышают 2 м/с. Положительные аномалии более 2 м/с встречаются только весной на метеостанциях Кара-Тюрек (Алтай) и Усть-Воямполка (Камчатский край).

Набольшие отрицательные аномалии (меньше -2 м/с) отмечались зимой и осенью на метеостанции Невельск Сахалинской области, а также на метеостанциях Орёл (осенью) и Курган и Здвинск Новосибирской области (зимой). Максимальные по абсолютной величине отрицательные значения этого параметра отмечаются в Невельске (весной) и Тюмети (Якутия) (летом).

Количество дней с экстремальным ветром в 2018 году на территории РФ отмечено цифрами на рис. 11.2. Максимальные значения наблюдались летом и осенью. Так, на метеостанции Чокурдах (Якутия) летом отмечалось 9 таких дней, а осенью 7. В Сущево Псковской области количество дней с экстремальным ветром – 6. В другие сезоны количество таких дней не превышает 4 за сезон.

Многолетние изменения характеристик ветра

Пространственное распределение локальных оценок трендов, характеризующих знак и среднюю скорость изменений средней по сезонам скорости ветра и числа дней с большими скоростями на интервале 1976 – 2018 гг., которые рассчитаны по данным станционных наблюдений, показано на рис. 11.3 и 11.4. Тренд выражен в м/с за 10 лет и в днях за 10 лет соответственно. Регионально осредненные характеристики представлены в таблице 11.1.

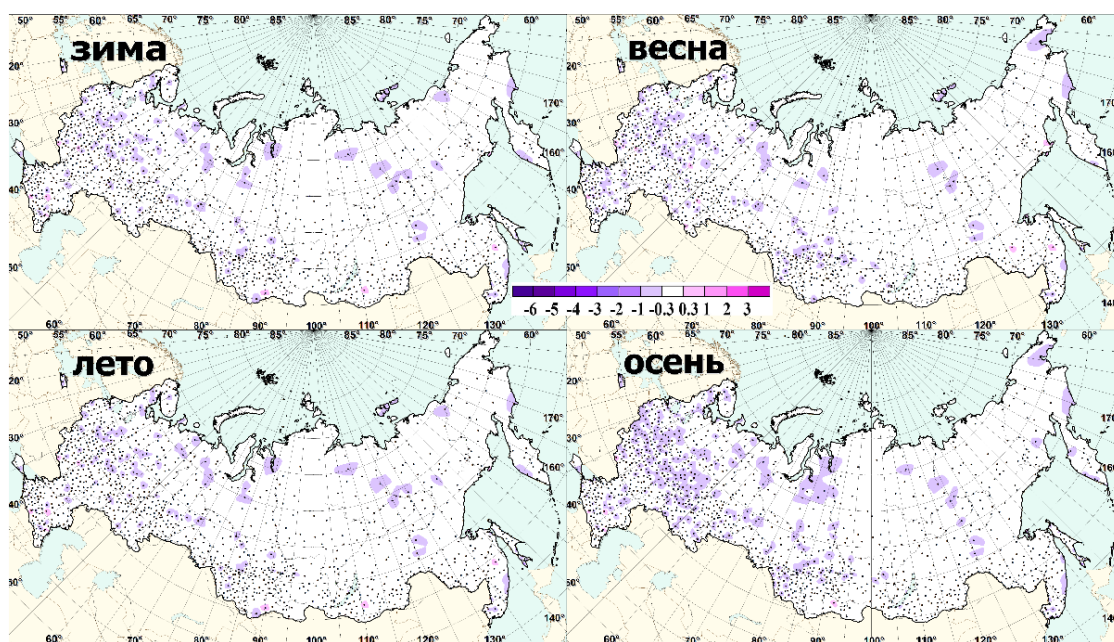


Рисунок 11.3 – Коэффициенты линейного тренда ((м/с)/10лет) в рядах средней скорости ветра (статистически значимые на 5%-ом уровне значимости). 1976-2018гг

Максимальный рост скорости ветра отмечается в Республике Дагестан (о. Тюлений) во все сезоны года. Рост не превышает 0.6 м/с за 10 лет. Наибольшая тенденция уменьшения скорости ветра отмечается в Невельске (Сахалинская обл.). Это единственный пункт, где скорость ветра во все сезоны уменьшалась больше, чем на 1 м/с за 10 лет.

На станции Серафимович коэффициент линейного тренда также меньше -1 м/с за 10 лет, но только зимой. В изменении числа дней с сильным ветром (более 15 м/с) также выявлена тенденция уменьшения на большей части территории РФ. Только в 19 пунктах наблюдений для всех сезонов был получен положительный коэффициент линейного тренда. Наибольшие значения получены за зимний период для метеостанций Малокурильское (Сахалинская область) и Уля (Хабаровский край), весной – для мс о. Тюлений (Дагестан). Во всех пунктах скорость изменения числа дней с сильным ветром превышает 2 дней/10 лет.

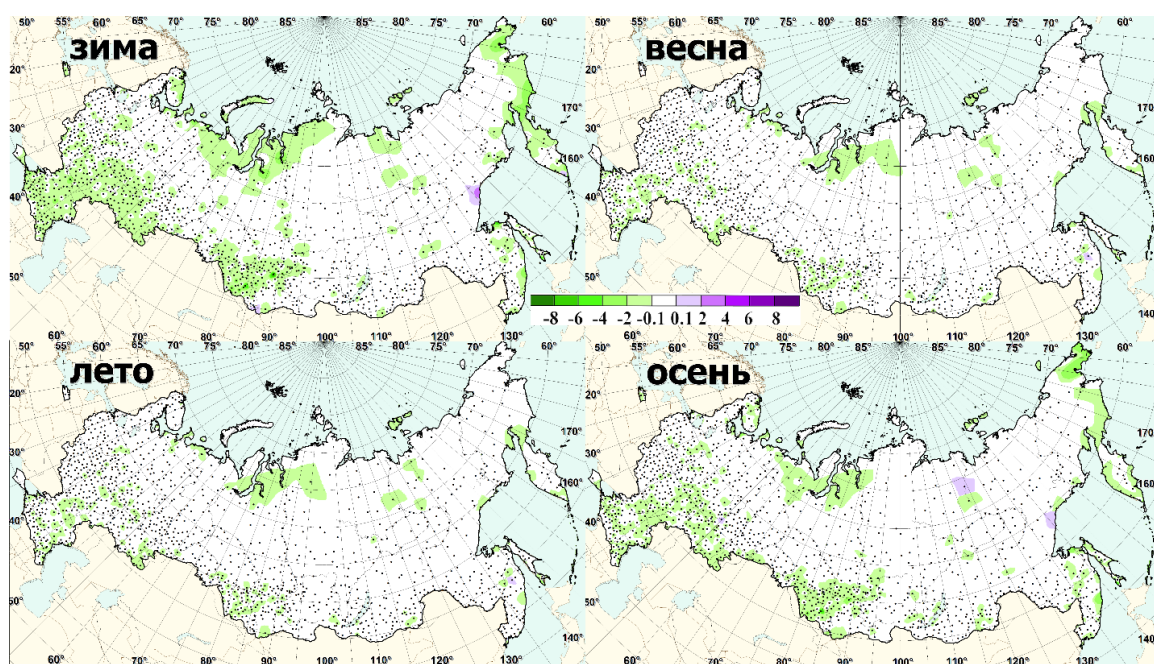


Рисунок 11.4 – Коэффициенты линейного тренда (день/10лет) в рядах числа дней со скоростью больше 15 м/с (статистически значимые на 5%-ом уровне значимости). 1976-2018гг.

Таблица 11.1 – Оценки линейного тренда (статистически значимые на 5%-уровне значимости) регионально осредненных характеристик ветра для регионов России за 1976-2018 гг.: bV , (м/с)/10 лет – средней сезонной скорости ветра; bNd , дни/10лет - числа дней со скоростью ветра больше 15 м/с

Регион	bV				bNd			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
Россия	-0.17	-0.12	-0.12	-0.16				
Север ЕЧР и Западной Сибири	-0.26	-0.18	-0.21	-0.24	-0.64	-0.39	-0.32	-0.66
Сев. Восточной Сибири и Якутии	-0.11		-0.14	-0.12				
Чукотка и север Камчатки	-0.27	-0.17		-0.24	-1.67	-0.83		-1.18
Центр ЕЧР	-0.25	-0.16	-0.16	-0.25	-0.48	-0.22		
Центр и юг Западной Сибири	-0.24	-0.13	-0.13	-0.19	-0.33	-0.24	-0.18	-0.32
Центр и юг Восточной Сибири						-0.23		
Дальний Восток	-0.12	-0.10	-0.10	-0.14			-0.24	-0.41
Алтай и Саяны								
Юг ЕЧР	-0.17	-0.13		-0.13	-0.38	-0.18		

Максимальный по абсолютной величине отрицательный коэффициент линейного тренда (-6.3 дней/10 лет) получен зимой на мс Ненастная (Республика Хакасия), весной, летом и осенью – на мс Невельск. В целом осенью, зимой и весной отрицательные

тенденции более выражены, чем летом. В эти же сезоны заметное уменьшение числа дней с сильным ветром отмечено на мс Усть-Чарышская пристань (Алтайский край): -5.8 дней/10 лет – зимой, -4 дней/10 лет – весной, -4.4 дней/10 лет – осенью.

При оценке региональных изменений получено, что во все сезоны года средняя по территории России скорость ветра уменьшается (табл. 11.1).

Скорости уменьшаются и в большинстве квазиоднородных регионов. Число дней с ветром более 15 м/с зимой и осенью также уменьшается в большинстве регионов, летом – на Европейской части России, на Чукотке и севере Камчатки. По двум представленным характеристикам положительные значимые оценки линейного тренда не получены.

Ветер в свободной атмосфере

Для анализа используются срочные данные радиозондовых наблюдений около 115 аэрологических станций Российской Федерации, собираемые с каналов связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». На основе собранных срочных наблюдений рассчитывается массив статистических характеристик метеовеличин в свободной атмосфере, включая характеристики скорости и направления ветра на стандартных изобарических поверхностях для каждой из станций. С использованием взвешенного вертикального обобщения рассчитываются также значения скорости и направления в следующих слоях атмосферы: 850-300 гПа (тропосфера), 100-50 гПа (нижняя стратосфера). Следующим этапом расчетов является расчет месячных аномалий скорости ветра. Аномалии скорости ветра на стандартных изобарических поверхностях и в каждом из указанных слоев атмосферы для каждого месяца вычислялись для каждой станции. В качестве норм использовались соответствующие характеристики скорости ветра для этой станции, осредненные за период 1985-2014 гг. Наконец, проводилось осреднение постанционных месячных аномалий по сезонам (зимний сезон 2018 г. включал декабрь 2017 г и январь-февраль 2018 г) и для 2018 года в целом.

Для анализа конкретного временного интервала: месяца или сезона – использовались только станции, число наблюдений на которых за соответствующий период составляет не менее 50% от максимального числа наблюдений за этот период на соответствующей изобарической поверхности или слое.

На рисунке 11.5 показаны годовые и среднесезонные аномалии скорости и направления ветра в тропосфере, а на рис. 11.6 - в нижней стратосфере.

В целом за год над всей территорией России в тропосфере аномалии скорости ветра были в пределах от -1 до 1 м/с. Положительные аномалии наблюдались на востоке ЕЧР, на западе Сибири и на юге Дальнего Востока, отрицательные – над остальной территорией России. Аномалии скорости ветра до 2 м/с наблюдались только на западе Карского моря. Над большей частью территории России аномалий направления ветра не наблюдалось.

Зимой 2018 года в тропосфере над ЕЧР преобладали отрицательные аномалии скорости ветра, достигающие -4 м/с. Положительные аномалии (до 2 м/с) в европейской части России наблюдались только на севере Уральских гор и в районе Черного и Азовского морей, при этом преобладало юго-западное направление ветра. Отрицательные аномалии (до -3 м/с) наблюдались также на западе Дальнего Востока. Положительные аномалии скорости ветра наблюдались в Сибири и на северо-востоке Дальнего Востока. В Сибири преобладало северо-западное направление ветра. Наибольшие аномалии скорости ветра наблюдались на юге Сибири: на западе – отрицательные (более -4 м/с), на востоке – положительные (до 4 м/с).

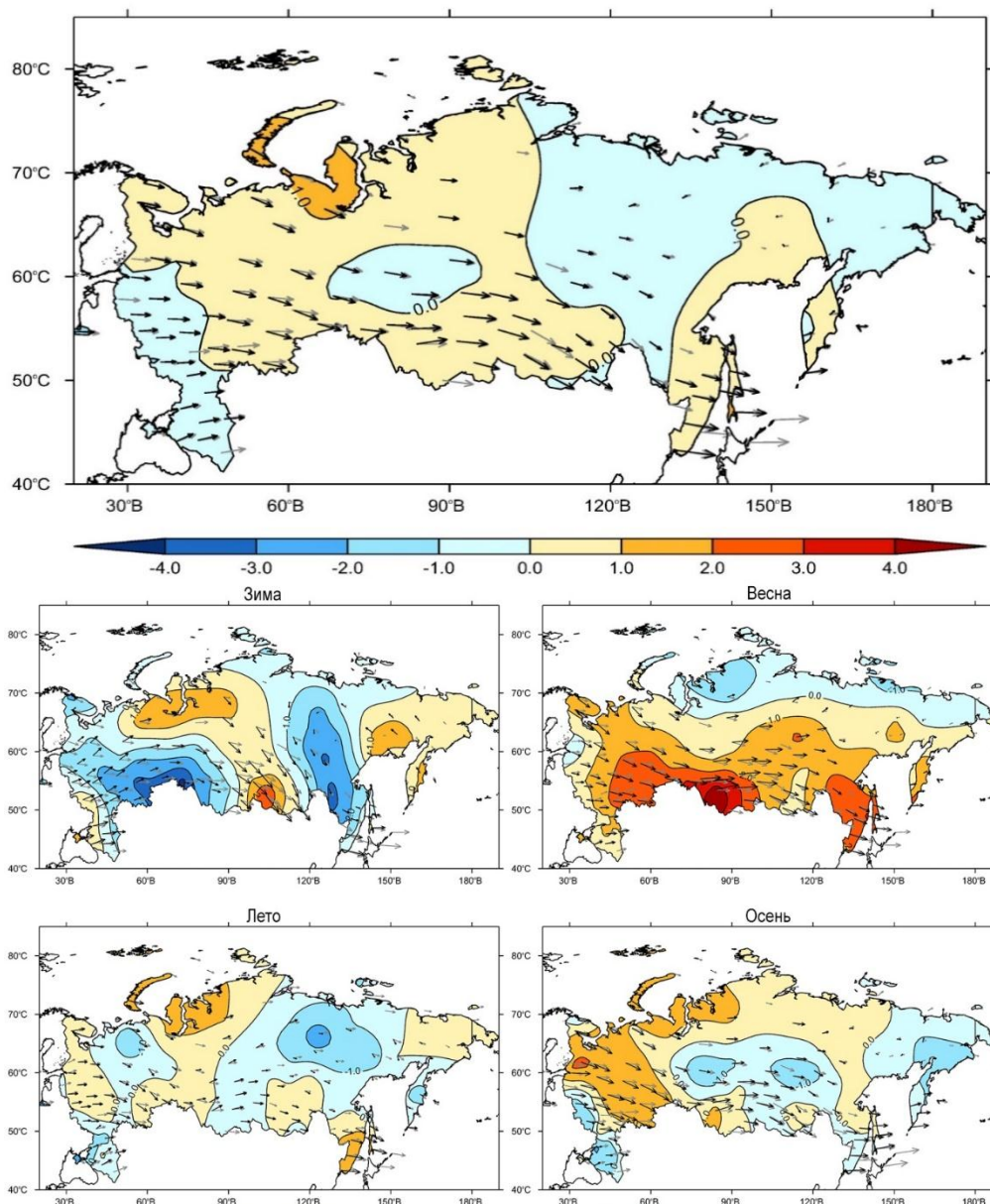


Рисунок 11.5 - Аномалии скорости ветра за год и для сезонов (зима 2017/18, весна, лето и осень 2018 г.) в тропосфере. Черные стрелки - среднее направление ветра в 2018 г., серые – за период 1985-2014 гг.

Весной 2018 года в тропосфере положительные аномалии скорости ветра имели место практически над всей территорией России. Наибольшие при этом наблюдались на юге Сибири и достигали более 4 м/с. Над ЕЧР небольшие отрицательные аномалии наблюдались только в районе Ленинградской и Калининградской областей, а над азиатской частью – на широтах выше 65°с.ш. Над ЕЧР преобладало северо-западное направление ветра, а над Сибирью - западное направление. Положительные аномалии зонального ветра наблюдались как над ЕЧР, так и над Сибирью.

Летом 2018 года практически над всей территорией России наблюдались аномалии скорости ветра в пределах от -1 до 1 м/с. Наибольшие положительные аномалии (до 2 м/с) имели место на северо-западе Сибири и в Приморском крае. Наибольшие отрицательные (до -2 м/с) – на востоке Сибири и в Крыму. Направление ветра в основном соответствовало среднему климатическому.

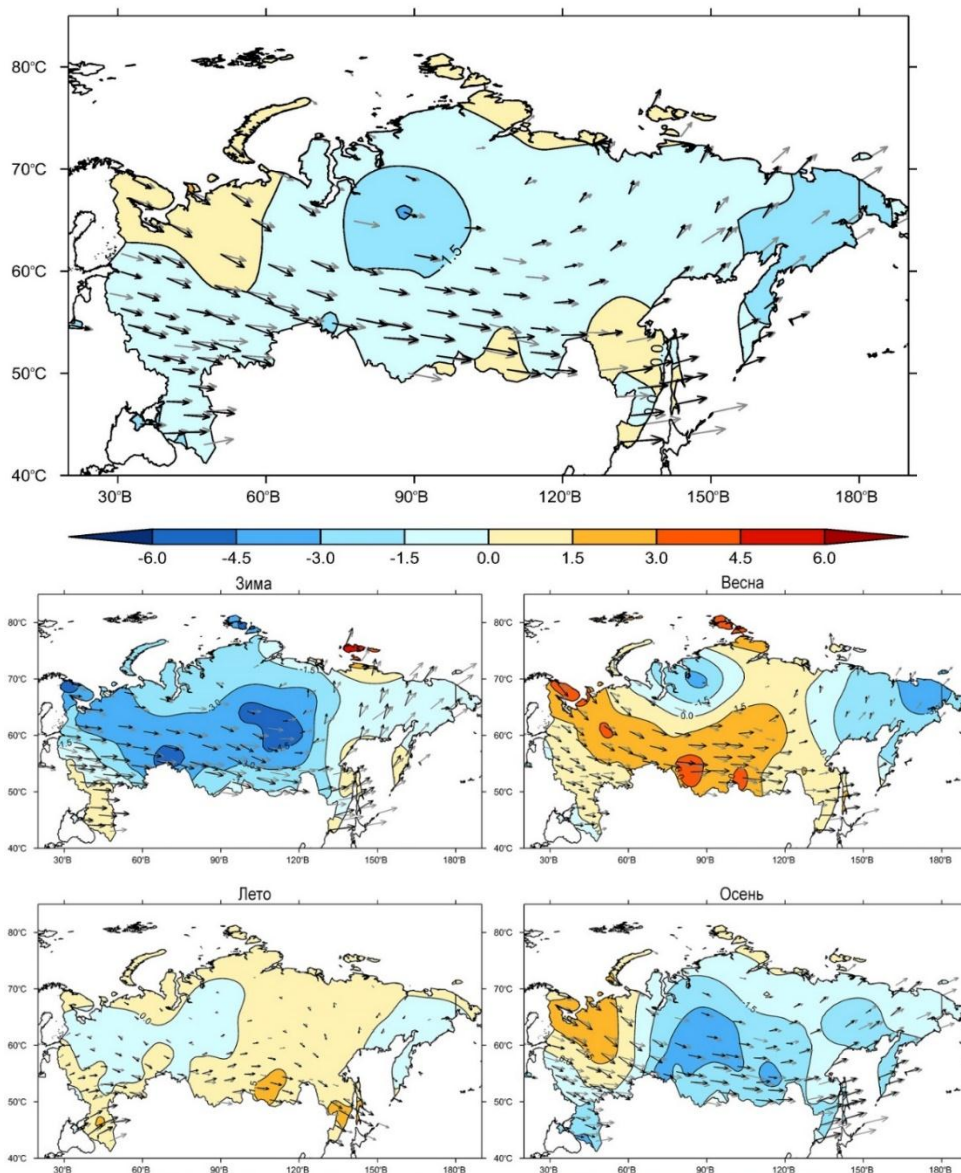


Рисунок 11.6 - Аномалии скорости ветра за год и для сезонов (зима 2017/18, весна, лето и осень 2018 г.) в нижней стратосфере. Черные стрелки указывают среднее направление ветра в 2018 г., серые – за период 1985-2014 гг.

Осенью 2018 года над ЕЧР преобладали положительные аномалии скорости ветра, достигавшие 2 м/с. Направление ветра при этом наблюдалось северо-западное. Отрицательные аномалии скорости ветра наблюдались на юго-западе европейской части России. Над АЧР отрицательные аномалии скорости ветра наблюдались в центре Сибири и на северо-востоке Дальнего Востока. Направление ветра над АЧР в основном было близко к среднему.

В целом за 2018 год положительные аномалии скорости ветра наблюдались только на севере ЕЧР, на юге Хабаровского края и в районе моря Лаптевых. Положительные аномалии скорости ветра при этом не превышали 1.5 м/с. Наибольшие отрицательные аномалии (до 3 м/с) наблюдались в центре Сибири, на Камчатке и Чукотке. Значительных аномалий направления в целом за год не наблюдалось, только в районе Уральских гор направление ветра было северо-западным.

Зимой 2018 года в нижней стратосфере над большей частью территории России наблюдались отрицательные аномалии скорости ветра достигавшие -6 м/с в центре Сибири и на западе Мурманской области. На юге России и на побережье Охотского моря наблюдались небольшие положительные аномалии скорости ветра, а над Новосибирскими

островами аномалии скорости ветра достигали 6 м/с. Значительных аномалий направления ветра над большей частью территории России не наблюдалось, только на востоке Сибири из-за отрицательных аномалий зонального ветра преобладало южное направление ветра.

Весной 2018 года отрицательные аномалии скорости ветра в стратосфере, достигавшие -4.5 м/с, наблюдались только северо-востоке Дальнего Востока и на северо-западе Сибири. Небольшие отрицательные аномалии наблюдались также и на юге России. Положительные аномалии скорости ветра в Мурманской области и на юге Сибири достигали 4.5 м/с. Над ЕЧР преобладало северо-западное направление ветра, а в Сибири - западное направление.

Летом 2018 года в нижней стратосфере над всей территорией РФ преобладали небольшие, близкие к нулю, аномалии. Над ЕЧР, Западной Сибирью и Камчаткой – отрицательные, над остальной частью России – положительные. В Приморском крае и на юге Сибири положительные аномалии скорости ветра превышали 1.5 м/с. Направление ветра в целом соответствовало среднему климатическому.

Осенью 2018 года над всей территорией РФ преобладали отрицательные аномалии скорости ветра с максимум (до -4.5 м/с) над Западной Сибирью. Положительные аномалии скорости ветра наблюдались только над островами в Северном Ледовитом океане и над европейской частью России. На северо-западе ЕЧР значения аномалий превышали 1.5 м/с. Над ЕЧР наблюдалось северо-западное направление ветра за счет отрицательных аномалий меридионального ветра, а над АЧР аномалий направления ветра не наблюдалось.

12. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Содержание и изменчивость метана и диоксида углерода в северных широтах России

Систематические измерения парниковых газов (углекислый газ и метан) на территории РФ выполняются на сети станций мониторинга Росгидромета, расположенных в северных широтах арктической зоны и центральном районе ЕЧР.

Анализ изменчивости концентрации парниковых газов (ПГ) выполнен на основе результатов измерений в приземном слое атмосферы на трех арктических станциях ФГБУ ГГО,

Таблица 12.1 - Станции мониторинга парниковых газов в северных широтах РФ.

Станция	Широта	Долгота	Высота над у.м.	Период наблюдений	Программа наблюдений
Териберка	69°12' с.ш.	35°06' в.д.	40	с 1988	CO ₂ , CH ₄ (с1996г.)
Новый порт	67°41' с.ш.	72° 53' в.д.	11	с 2002	CO ₂ , CH ₄
Тикси	71°35' с.ш.	128°55' в.д.	15	с 2011	CO ₂ , CH ₄

характеристики которых приведены в табл. 12.1. Станция Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и станция Тикси (арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого) расположены в условиях близких к фоновым, входят в систему станций Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО, результаты их измерений поступают в Мировой центр данных по парниковым газам (WDCGG).

Станция Новый Порт (полуостров Ямал, берег Обской губы) находится в районе влияния антропогенных (газовые месторождения Западной Сибири) и природных (увлажненные территории, естественные арктические резервуары метана) источников парниковых газов. «Новый Порт» выполняет измерения по согласованным методикам, но не передает данные в Мировой центр.

Для сравнения полученных результатов, привлечены данные станции Барроу (Аляска, США), расположенной в том же широтном поясе (71.32° с.ш., 156.6° з.д.). В Мировой

центр данных ВМО по парниковым газам (WDCGG) данные этой станции представляет Национальная Администрация по Океану и Атмосфере США (NOAA ESRL GMD). Сопоставимость данных ГГО и NOAA подтверждена результатами 6 раунда официальных сравнений ВМО по парниковым газам, прошедшего в 2015 г.

Диоксид углерода

Сезонные изменения концентрации CO_2 в приземном слое атмосферы на российских арктических станциях, а также на станции Барроу (США) показаны на рис. 12.1, а. Межгодовые изменения среднегодовых значений от года к году представлены на рис. 12.1, б.

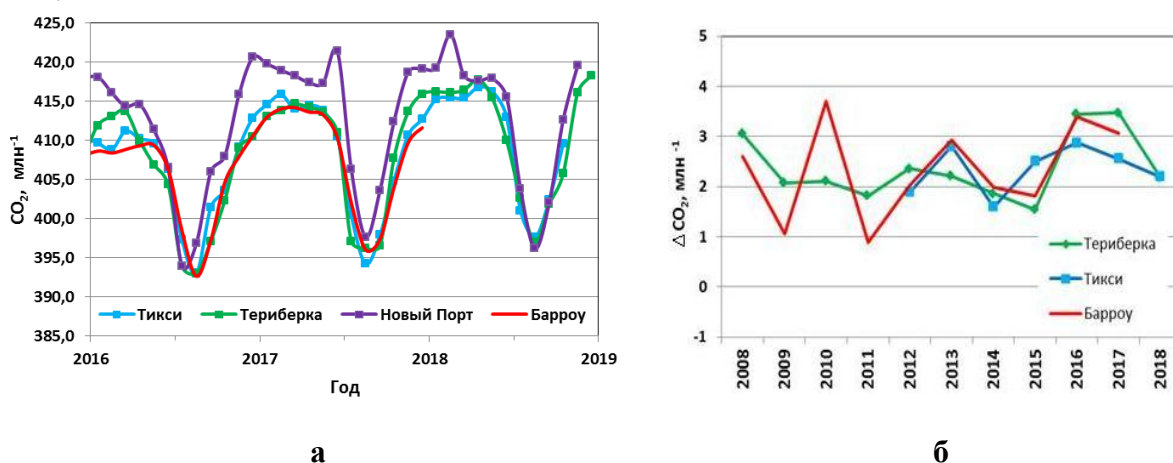


Рисунок 12.1 - Временной ход концентрации CO_2 для последних трех лет наблюдений (а) и межгодовые изменения концентрации CO_2 на российских арктических станциях (б) в сравнении с данными станции Барроу

В 2018 г. зафиксированы очередные максимальные уровни концентрации CO_2 в атмосфере северных широт: среднегодовое значение на станциях, расположенных в фоновых условиях, превысило 410 млн^{-1} , а максимальные за год (с марта по май, в ноябре и декабре), превысили 415 млн^{-1} . Уровень концентрации и амплитуда сезонных изменений на станциях Териберка и Тикси близки к результатам на станции Барроу. Наиболее существенные межсезонные изменения CO_2 наблюдаются на станции Новый Порт, подверженной влиянию переносов из мощных региональных источников выбросов, включая нефтяные и газовые месторождения Западной Сибири, а средние значения концентраций превышают фоновые на 1.5%.

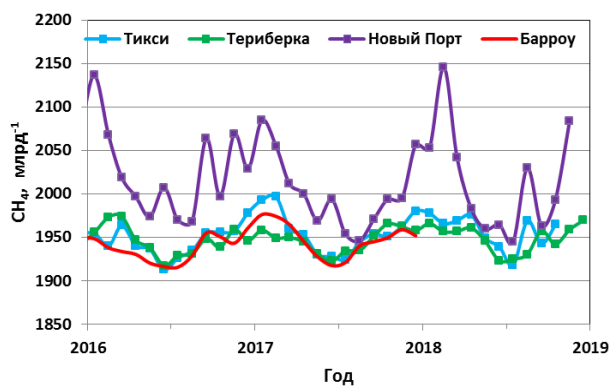
В 2018 г. величина межгодовых изменений концентрации CO_2 , после периода наблюдавшихся повышенных значений скорости роста в 2016-2017 гг., снизилась до уровня средней за десятилетний период, равной $2.2 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$ (Бюллетень ВМО по парниковым газам, № 14 от 22 ноября 2018 г.).

Метан

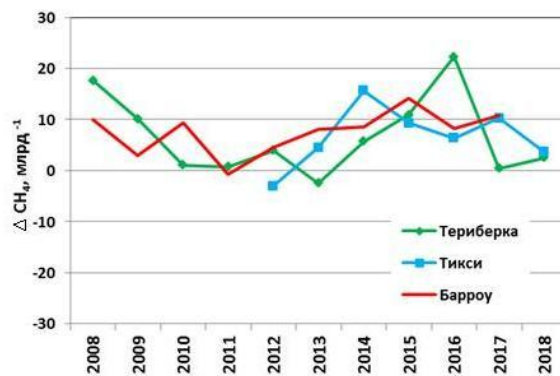
Ход среднемесячных значений концентрации CH_4 на российских арктических станциях и на станции Барроу в течение последних трех лет наблюдений показан на рис. 12.2, а. Изменения среднегодовых значений от года к году для станций, расположенных в фоновых условиях, представлены на рис. 12.2, б.

Уровни содержания CH_4 и их изменчивость по сезонам на станциях ГСА (Териберка, Тикси и Барроу) достаточно близки.

В 2018 г. рост концентрации метана сильно замедлился по сравнению с периодом значительного повышения (2014-2017 гг.). Среднегодовое значение CH_4 увеличилось на 2.5 млрд^{-1} на станции Териберка и 3.6 млрд^{-1} на станции Тикси по сравнению с 2017 г.



а



б

Рисунок 12.2 - Динамика концентрации CH_4 в 2016-2018 гг. (а) и межгодовые изменения (б) на российских арктических станциях и на станции Барроу (NOAA, США).

На формирование повышенных уровней концентрации и значительной амплитуды сезонного хода метана, регистрируемых на станции Новый Порт, оказывает влияние поступление газа из районов выбросов мощных региональных источников, включая эксплуатируемые нефтяные и газовые месторождения Западной Сибири. Превышение регистрируемых значений концентрации над фоновым уровнем составляет около 5%.

12.2 Динамика парниковых газов над центром Европейской территории России

Для анализа уровня содержания и изменчивости основных парниковых газов в приземном слое и их общего содержания в атмосфере использовались данные систематических измерений на станции Обнинск.

Результаты *измерений парниковых газов в приземном слое атмосферы* представлены в виде изменений средних месячных концентраций (с оценкой изменчивости в виде среднеквадратичных отклонений результатов измерений) в 2018 г. и динамика средних годовых значений за 20-летний период для CO_2 на рис. 12.3, а, для CH_4 – на рис. 12.4.

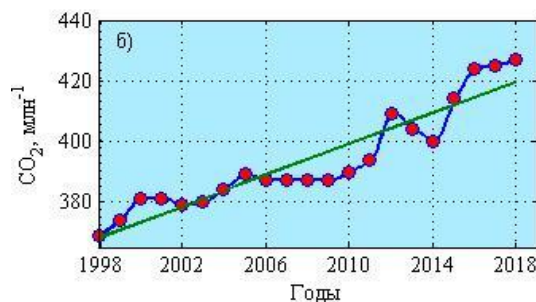
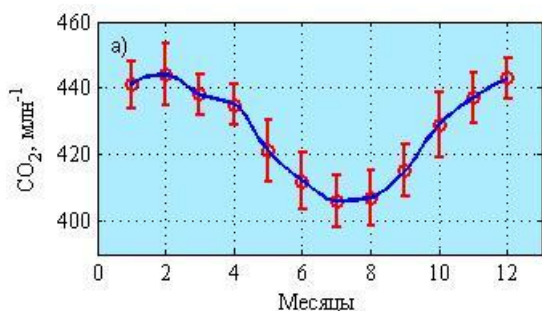


Рисунок 12.3 – Изменения концентрации CO_2 в приземном слое атмосферы в 2018 году (а) и изменения среднегодовых концентраций CO_2 в 1998-2018 гг. (б) на станции Обнинск. Прямая линия – линейный тренд

Среднегодовая концентрация CO_2 в приземном воздухе на станции Обнинск в 2018 г. увеличилась по сравнению с 2017 г. на 2 млн^{-1} и составила 427 млн^{-1} (рис. 12.3, б).

Величина положительного тренда среднегодовых концентраций за период наблюдений с 1998 по 2018 гг. составила $2.6 \pm 0.6 \text{ млн}^{-1}$ в год, что соответствует в пределах погрешности результатам расчетов скорости роста по глобально-усредненным данным за период 01.1998–09.2018 гг. ($2.06 \pm 0.13 \text{ млн}^{-1}$ в год).

Среднегодовая концентрация CH_4 на станции Обнинск в 2018 г. составила 1985 млрд^{-1} , снизившись по сравнению с 2017 г. на 20 млрд^{-1} (рис. 12.4, б). Рассчитанный по результатам измерений в период 1998-2018 гг. линейный тренд содержания CH_4 является незначимым ($1.0 \pm 0.9 \text{ млрд}^{-1}$ в год), тогда как значение линейного тренда для глобально-усредненных концентраций CH_4 за 1998-2018 гг. составило $4.3 \pm 0.3 \text{ млрд}^{-1}$ в год.

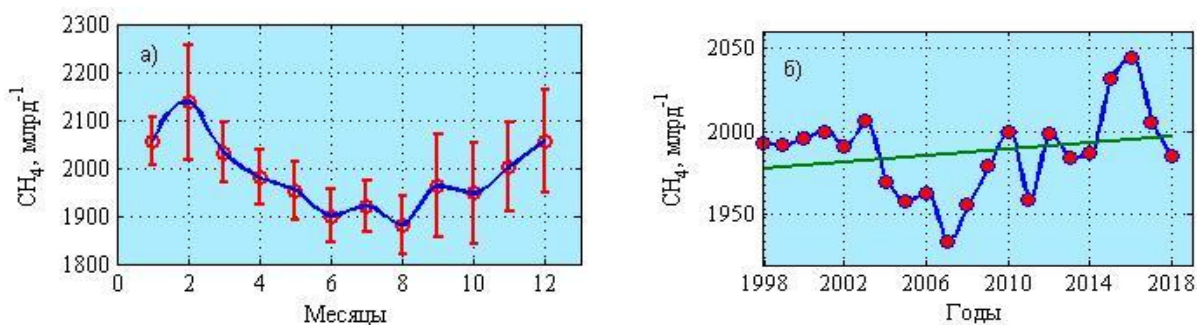


Рисунок 12.4 –Изменения концентрации метана в приземном воздухе в 2018 году (а) и изменения среднегодовых концентраций метана в 1998-2018 гг. (б) на станции Обнинск. Прямая линия – линейный тренд

Результаты *измерений общего содержания парниковых газов в толще атмосферы* (средние по высоте объемные концентрации) на станции Обнинск и станциях сети NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change) Санкт-Петербург и Юнгфрауйох (Швейцария) представлены на рис. 12.5.

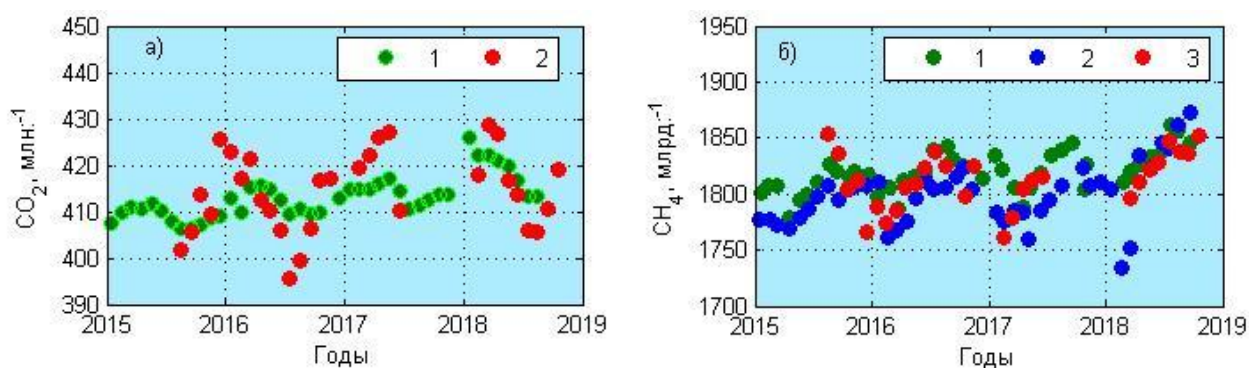


Рисунок 12.5 – Среднемесячные значения средней по высоте объемной концентрации углекислого газа (а) на ст. Санкт-Петербург (1), ст. Обнинск (2) и метана (б) на ст. Санкт-Петербург (1), ст. Юнгфрауйох (2) и ст. Обнинск (3).

Средние значения CO_2 за период 08.2015–10.2018 гг. составляют для станций Обнинск и Санкт-Петербург 414 ± 8 и 414 ± 5 млн⁻¹ соответственно (рис. 12.5, а), но амплитуда сезонных колебаний заметно выше для станции Обнинск. Для результатов наблюдений обеих станций характерен положительный тренд значений концентраций за период 2015–2018 гг., составляющий 2.4 ± 2.2 и 3.7 ± 0.9 млн⁻¹ в год.

Средние значения содержания метана за период 08.2015–10.2018 гг. составляют 1812 ± 24 , 1822 ± 17 и 1798 ± 27 млрд⁻¹ для станций Обнинск, Санкт-Петербург и Юнгфрауйох соответственно (рис. 12.5, б). Для всех станций характерен положительный тренд: 9.6 ± 6.1 , 9.7 ± 3.2 и 8.0 ± 2.6 млрд⁻¹ в год соответственно.

13. ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ

Данные о температуре почвы на глубинах используются при решении многих прикладных задач в строительстве зданий и технических сооружений, при эксплуатации дорог и подземных коммуникаций и т. д. При этом важнейшей характеристикой является минимальная за год температура. Сведения о минимальной температуре почвы необходимы для определения глубины сезонного промерзания почвы. Мощность мерзлого слоя учитывается при закладывании дренажной системы в мелиорируемых районах.

Минимальная температура почвы на глубинах зависит от минералогического состава и влажности почвы, мощности снежного покрова и других факторов. Наблюдения за температурой почвы на сети метеорологических станций Росгидромета имеют более широкое пространственное покрытие территории России, в сравнении с данными о температуре почвы на глубинах из других источников.

Данные. Используются данные о суточной температуре почвы на глубинах до 320 см по 467 метеорологическим станциям России. Для анализа выбраны наблюдения по вытяжным термометрам на глубинах 80 см, 160 см, 320 см. Используются нормы (среднегодовые значения) минимальной температуры почвы на глубинах за период 1971-2000 гг.

Приводятся оценки аномалий и показатели тенденций (тренды) изменений минимальной за год температуры почвы в точках расположения станций, а также региональные обобщения для России и её регионов.

Особенности температурного режима почвы в 2018 г.

Пространственное распределение аномалий минимальной температуры почвы за 2018 год (отклонение от нормы за период 1971-2000 гг.) на глубинах 80, 160, 320 см представлено на рис. 13.1.

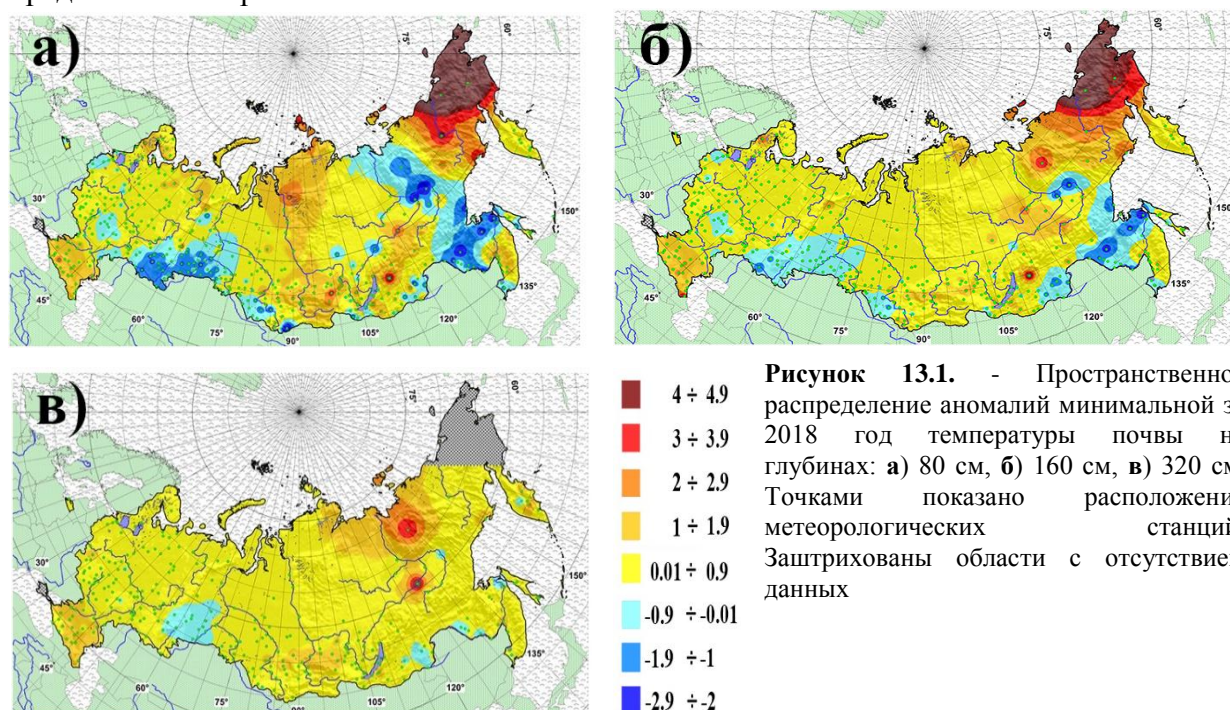


Рисунок 13.1. - Пространственное распределение аномалий минимальной за 2018 год температуры почвы на глубинах: а) 80 см, б) 160 см, в) 320 см. Точками показано расположение метеорологических станций. Заштрихованы области с отсутствием данных

На глубине 80 см (рис. 13.1, а) на преобладающей части территории России аномалии минимальной за год температуры почвы положительные и составляют менее 1°C. В некоторых районах средней Сибири аномалии достигают 2°C. Более высокие значения аномалий (3°C – 5°C) наблюдаются на востоке Восточной Сибири. Но на юге Западной Сибири, а также на западе Восточной Сибири наблюдаются отрицательные аномалии около -1°C.

На глубине 160 см (рис. 13.1, б) пространственное распределение аномалий во многом повторяет особенности распределения в вышележащем слое. На территории России аномалии минимальной за год температуры почвы на глубине 160 см преимущественно положительные и составляют менее 1°C. Наиболее высокие положительные аномалии 3°C–5°C наблюдаются на востоке Восточной Сибири. Отрицательные аномалии наблюдаются на юге Западной Сибири и в Приамурье и составляют преимущественно менее -1°C.

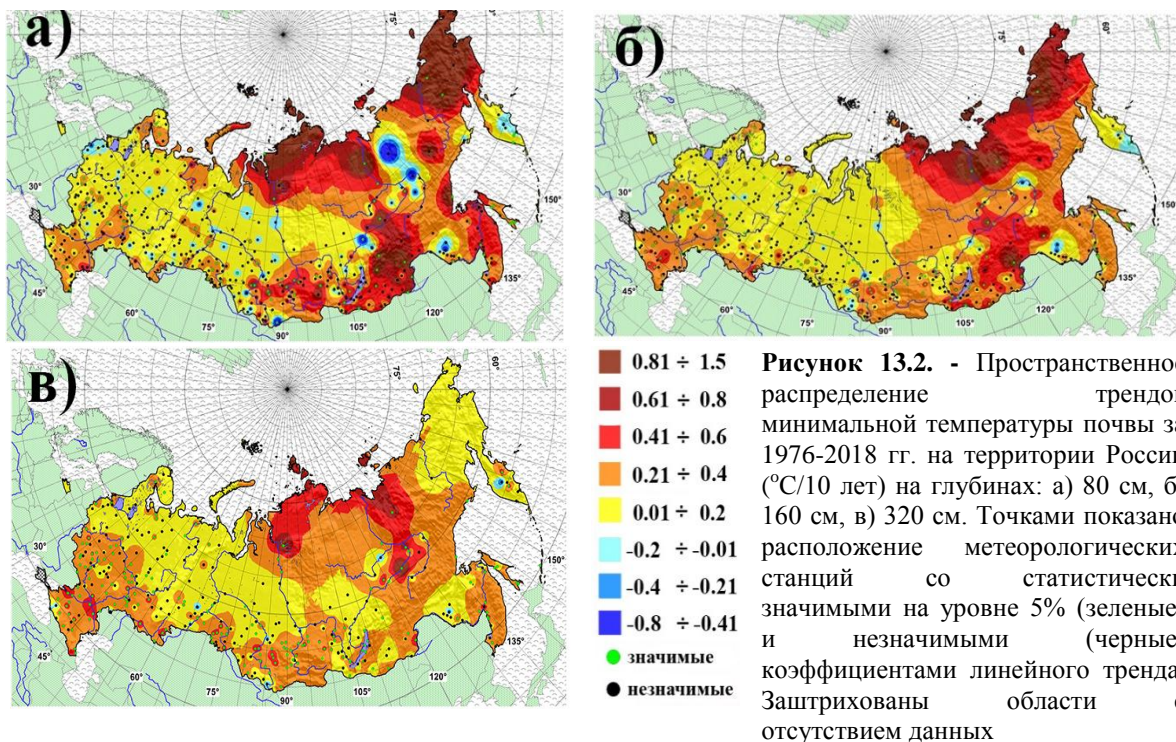
На глубине 320 см (рис. 13.1, в) отток тепла в холодный сезон, также как приток тепла в теплый сезон, и межгодовые изменения температуры почвы ослаблены. На этой

глубине преобладают слабые положительные аномалии минимальной за год температуры почвы.

Из сопоставления трех карт (рис. 13.1) можно сделать вывод, что с увеличением глубины уменьшаются как положительные, так и отрицательные аномалии минимальной температуры почвы. На большей части территории России во всем слое до 320 см преобладают положительные аномалии менее 1°C. Наибольшие аномалии потепления почвы, проникающие до нижней анализируемой глубины 320 см, наблюдаются в Восточной Сибири.

Тенденции изменений температуры почвы

Пространственное распределение трендов минимальной температуры почвы на глубинах до 320 см показано на рис. 13.2.



На глубине 80 см (рис. 13.2, а) тренды минимальной за год температуры почвы преимущественно положительные на большей части территории России. Повышенные значения трендов 0.4 – 0.8°C/10 лет наблюдаются в зоне многолетней мерзлоты. Статистически достоверные (с вероятностью 95%) положительные тренды охватывают южную половину Средней Сибири, а также север Восточной Сибири. В этих районах преобладают тренды 0.2 – 0.8°C/10 лет. Исключением являются бассейны рек Яны и Алдана с отрицательными трендами около -0.4°C/10 лет. В ЕЧР и в Западной Сибири преобладают слабые положительные тренды.

На глубине 160 см (рис. 13.2, б) по всей России преобладают положительные тренды, но область повышенных значений (>0.4°C/10 лет) сокращается и смещается к востоку. Статистически достоверное потепление (>0.2°C/10 лет) также наблюдается в Средней Сибири. В ЕЧР и в Западной Сибири наблюдаются слабые положительные тренды.

На глубине 320 см (рис. 13.2, в), тренды положительные на всей территории России, повышенные значения (>0.4°C/10 лет) местами встречаются в северной половине Средней и Восточной Сибири. Статистически достоверные тренды >0.2°C/10 лет наблюдаются в южных частях ЕЧР, Западной и Средней Сибири, а также в Прибайкалье и Забайкалье.

Из сопоставления трех карт (рис. 13.2) можно сделать вывод, что в 1976-2018 гг. тенденция повышения минимальной температуры почвы ослабевала с глубиной. На

большой части территории России преобладают тренды $<0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет на всех глубинах до 320 см. Наибольшее и статистически достоверное повышение минимальной температуры почвы, проникающие до нижней анализируемой глубины 320 см, наблюдается в северных частях Сибири в районе устья рек Енисей и Лена.

14. ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ

Анализ общего содержания озона (ОСО) выполнен по данным отечественной сети фильтровых озонметров М-124 с привлечением данных мировой озонметрической сети, поступающих в Мировой центр данных ВМО по озону и ультрафиолетовой радиации (WOUDC) в Канаде, а также данных спутниковой аппаратуры OMI (США). Более подробная информация о поведении ОСО в различные месяцы с указанием отдельных аномалий в различные месяцы ежеквартально публикуется в журнале «Метеорология и гидрология».

ОСО является важнейшей характеристикой озонового слоя, которая определяет поглощение ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца в области длин волн 290-315 нм (так называемая УФ-Б область). Количественно ОСО выражают приведенной толщиной слоя озона, которая получилась бы, если бы весь содержащийся в атмосфере озон привести к нормальному давлению и температуре 0°C . В среднем по земному шару она равна ~ 3 мм, но может изменяться от менее чем 1 мм (в Антарктиде в период весенней озоновой аномалии) до 6 мм (в конце зимы – начале весны над Дальним Востоком и Канадой). ОСО измеряют в так называемых единицах Добсона (ед.Д.); приведенная толщина слоя озона 3 мм соответствует 300 ед.Д.

Основные результаты наблюдений за 2018 г. детально описаны в журнале «Метеорология и гидрология» №№ 5, 8, 11 за 2018 г. и №2 2019 г. Поле отклонений среднегодовых значений ОСО от нормы (рис. 14.1) в 2018 г. достаточно ровное. В отличие 2016-2017 гг. знак отклонений среднегодовых значений ОСО распределён между озонметрическими

станциями примерно поровну. Равны и наибольшие абсолютные величины относительных отклонений (4%). Наибольший дефицит среднегодового значения ОСО (-4%) зарегистрирован на станциях Тура и Оленек. Максимальное превышение среднегодового значения ОСО над нормой (4%) зарегистрировано во Владивостоке.

Особенностью 2018

г. является наличие значительной положительной аномалии ОСО в Северном полушарии, продолжавшейся почти целый месяц в феврале (рис. 14.2-14.3). Видно, что и по затрагиваемой площади и по величине отклонений аномалия на территории России существенно превосходит наблюдаемую в районе Южной Гренландии.

Более подробное описание этой значительной и длительной положительной аномалии приведено в журнале Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018.

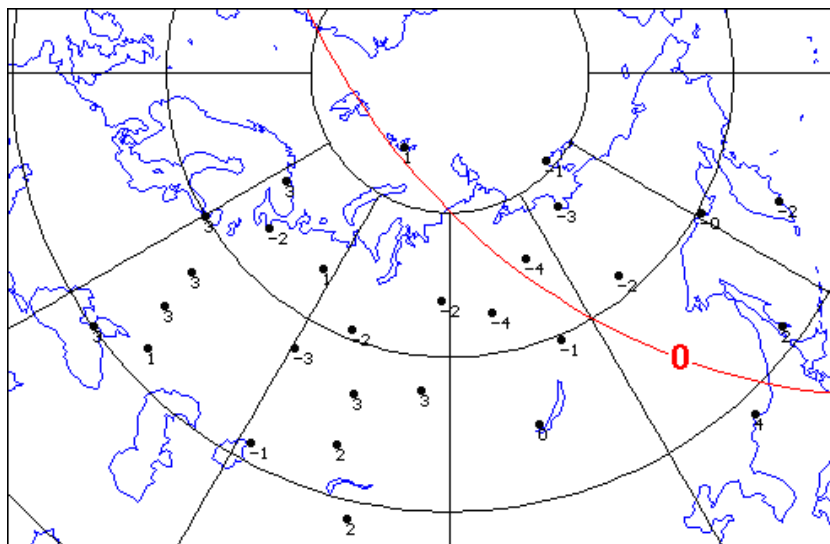


Рисунок 14.1 - Поле отклонений (%) общего содержания озона от средних многолетних значений по данным озонметрической сети СНГ в 2018 г.

№ 4. Упомянутая аномалия ОСО внесла свой вклад в среднегодовое значение ОСО в высоких и умеренных широтах в 2018 г. и закрепила наметившуюся тенденцию восстановления озона в высоких широтах Северного полушария. С февраля по декабрь 2018 г. среднемесячные значения ОСО в широтном поясе 60⁰-90⁰ с.ш. превышали аналогичные значения 2017 г. В широтном поясе 30⁰-60⁰ с.ш. такая же картина наблюдалась все месяцы, кроме сентября и декабря.

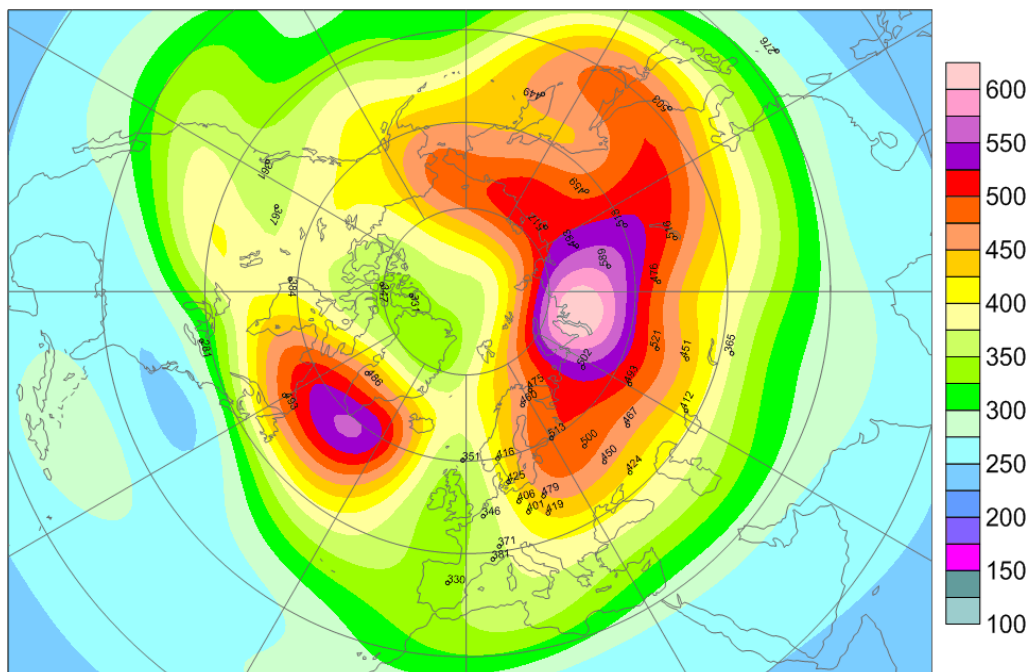


Рисунок 14.2 - Поле значений ОСО (ед.Д.) 24 февраля 2018 года по данным WOUDC

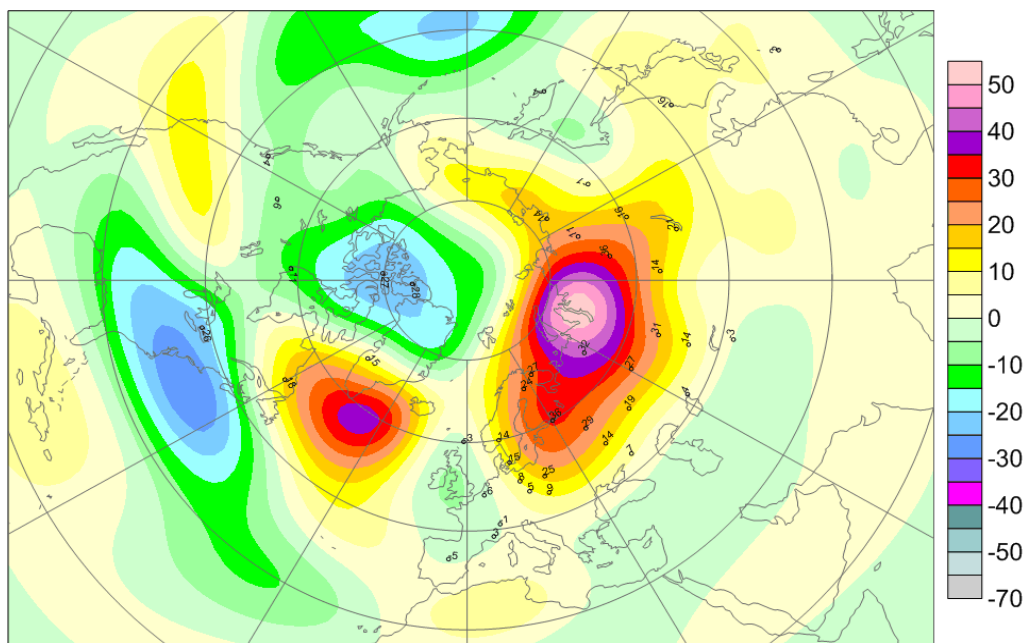


Рисунок 14.3 - Поле отклонений ОСО (%) от климатической нормы 24 февраля 2018 года по данным WOUDC

Наблюдения за весенней Антарктической озоновой аномалией (ВАОА или "озоновой дырой"), проводимые под методическим руководством ВМО, выполняются специалистами многих стран, в том числе, России (на станциях «Мирный», «Новолазоревская» и «Восток»). Россия, в лице АНИИ, проводит наземные наблюдения, которые служат реперными для анализа спутниковых данных. Основной объем данных о характеристиках ВАОА (максимальная площадь, минимальное значение ОСО в ней и

общий дефицит озона за время существования ВАОА) получают из спутниковых наблюдений приборами производства США и западноевропейских стран. Площадь, занятой ВАОА, считают площадь территории, на которой ОСО меньше 220 ед. Д. Количественные показатели ВАОА и рисунки, приведённые ниже, заимствованы с сайта NASA, США (<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>).

В 2018 г. ВАОА появилась в начале августа (как и в 2017 г.) и закончилась в первых числах декабря (рис. 14.4), что примерно соответствует средним срокам появления и исчезновения аномалии. 20 сентября её площадь достигла максимального значения и составила 24.8 млн. кв. км, что больше среднего за период 1979-2017 гг. значения площади аномалии для этого дня (21.5 млн. кв. км.). Особенность аномалии 2018 г. состоит в том, что всё время её существования площадь аномалии и дефицит массы озона существенно превышали ежедневные средние многолетние значения. Достигнув максимума, площадь ВАОА начала медленно уменьшаться, но с 7 октября вновь подросла до 22.6 млн.

кв. км и не опускалась ниже 19 млн. кв. км до 6 ноября. Средняя площадь аномалии за период с 7 сентября по 13 октября в 2018 г. составила 22.9 млн. кв. км и стала пятой по величине с 2006 г., когда был зафиксирован её абсолютный максимум 26.6 млн. кв. км (в 2008 г. – 25.2 млн. кв. км, в 2011 г. – 24.7 млн. кв. км и в 2015 г. – 25.6 млн. кв. км, то есть максимумы фиксировались с интервалами в 2-4 года).

Усреднённые за период с 7 сентября по 13 октября значения площади ВАОА и усреднённые за период с 21 сентября по 16 октября значения минимального ОСО в ней (рис. 14.4) позволяют проследить динамику развития ВАОА с 1979 г.

По спутниковым данным минимальные значения общего содержания озона на широтах южнее 40° ю.ш. оставались ниже средних многолетних значений с середины сентября до окончания аномалии. Среднее значение минимального озона за период с 21 сентября по 16 октября в 2018 г. составило 112 ед. Д., что является самой низкой величиной за последние семь лет. Дефицит массы озона в 2018 г. оставался существенно больше среднего всё время ВАОА и достиг 28 сентября максимума 34 млн. т. при среднем значении его максимума 26 млн. т. Полярный озон в Антарктиде (среднее значение ОСО южнее 63° ю. ш.) с июня и до начала декабря был ниже среднего многолетнего уровня, достигнув 19 сентября 2018 г. минимума 182 ед. Д..

Для оценки количества аномальных отклонений ОСО от климатической нормы и их изменчивости за последние годы были привлечены данные спутниковых измерений аппаратуры OMI (<ftp://toms.gsfc.nasa.gov/pub/omi/data/ozone/>), осреднённые с разрешением

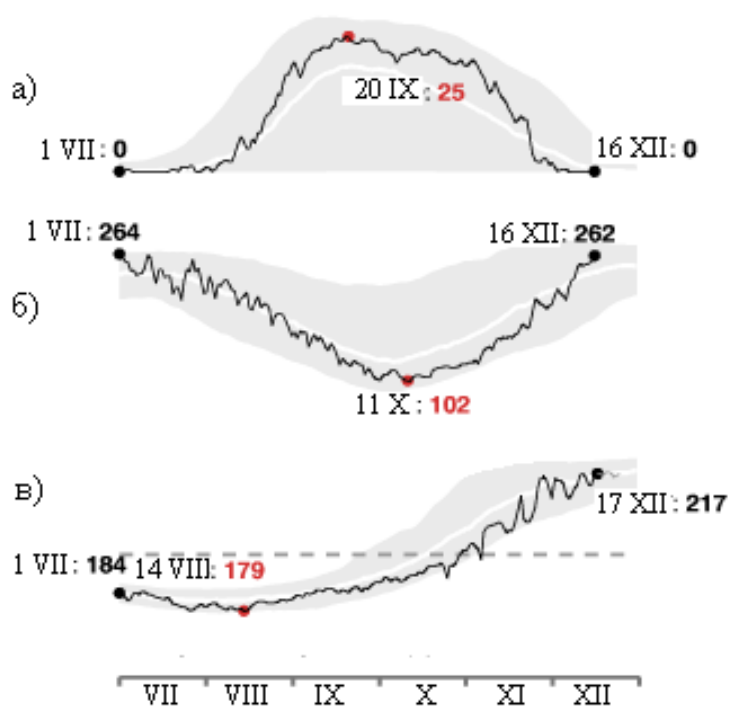


Рисунок 14.4 - Основные характеристики весенней Антарктической озоновой аномалии 2018 г. по данным спутниковых наблюдений NASA, США: площадь, занимаемая территорией с ОСО меньше 220 ед. Д. (млн. км², а), минимальное ОСО (ед. Д., б) и минимальная температура в стратосфере (К, в). Серым цветом отмечены области между минимальными и максимальными величинами, наблюдаемыми в 1979-2018 гг.; светлые линии внутри этих областей – средние за этот период.

3^0 по широте и 5^0 по долготе. Назовем сигнатурой аномалий на выбранной для анализа территории величину:

$$V = (\sigma_+ S_+ + \sigma_- S_-) / (\sigma_+ S_+ - \sigma_- S_-)$$

где: S_+ - площадь внутри выбранной территории, на которой зарегистрированы положительные аномалии ОСО; σ_+ - средняя величина положительных аномальных отклонений на выбранной территории в единицах СКО; S_- , σ_- - то же для отрицательных аномальных отклонений.

Данные о сигнатуре аномалий для территории России и всей Земли и их трендах за последние три года иллюстрирует рис. 14.5. Из него видно, что соотношение положительных и отрицательных аномальных отклонений ОСО для России гораздо ближе к равновесному и изменяется в сторону равновесного почти в 40 раз быстрее, чем для Земли в целом. Детально вопрос о вариациях аномальных отклонений в полях ОСО для различных регионов за весь период спутниковых наблюдений, его сезонной и долговременной изменчивости будет рассмотрен в специальной публикации в журнале «Метеорология и гидрология».

Данные, приведенные на рис. 14.5, а также то обстоятельство, что прямые оценки долговременной изменчивости даже зональных значений ОСО на основе трендов (т.е. однонаправленных изменений) выглядят разноречиво и не слишком статистически достоверно, указывают на возможность колебательного характера наблюдаемых изменений в состоянии озонового слоя. Причём, этот характер может быть выявлен только при длительности периода инструментальных наблюдений, сравнимой с ожидаемыми периодами колебаний. В соответствии с принципом Норманда – Добсона можно ожидать, что упомянутую долговременную изменчивость формируют в первую очередь колебания, ответственные за вертикальные движения в атмосфере, т.е. низкочастотные приливные колебания и их унтертоны, соответствующие явлению параметрического резонанса. Выполненное регрессионное моделирование

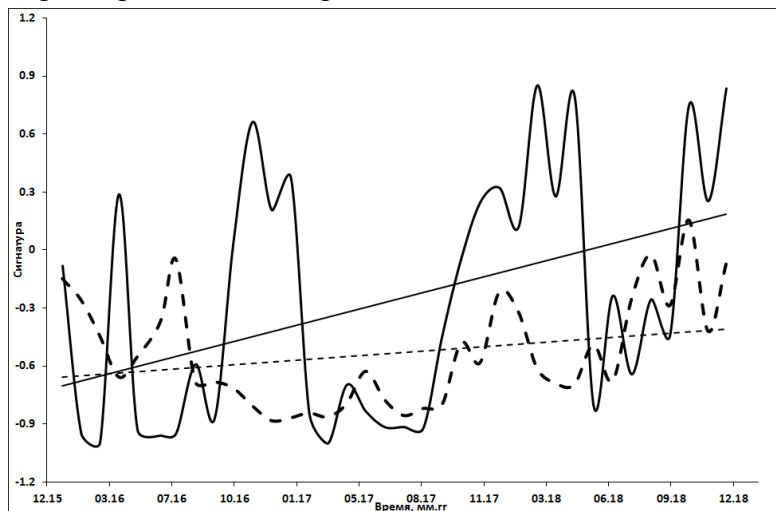


Рисунок 14.5 - Эволюция и тренды сигнатуры аномалий ОСО для России (сплошные линии) и всей Земли (пунктирные линии)

среднезональных значений ОСО с удаленным сезонным ходом на колебания с периодами 18.6, 37.2 и 55.8 года демонстрирует очень высокие оценки показателей качества регрессии и практически исключают наличие тренда. Это обстоятельство является решающим аргументом при выборе характера долговременной изменчивости в пользу приливных колебаний и параметрического резонанса с ними.

ВЫВОДЫ

- 2018 год в России был теплым: 9-й в ряду с 1936 г., средняя по РФ аномалия температуры $+1.58^{\circ}\text{C}$ (базовый период 1961-90 гг.). Очень тепло было в Восточной Сибири: аномалия $+2.62^{\circ}\text{C}$, 2-я величина в ряду, в СКФО: $+2.04^{\circ}\text{C}$ – также ранг 2.

Аномально теплой была *осень*, средняя по РФ аномалия: $+2.32^{\circ}\text{C}$ (2-я с 1936 г.). Особенно выделяется *октябрь*: средняя по РФ аномалия: $+3.90^{\circ}\text{C}$ – исторический максимум; рекордным он был также и для АЧР (аномалия $+4.50^{\circ}\text{C}$). В *сентябре* средняя по РФ аномалия: $+1.80^{\circ}\text{C}$ (2-я), а в ЕЧР ($+2.70^{\circ}\text{C}$) – третья. *Зимой* экстремально тепло было в Восточной Сибири (4.13°C – исторический максимум); *летом* – в СКФО (2.27°C – ранг 2) и в Средней Сибири (1.77°C – ранг 3); *весной* – в СКФО (1.93°C – ранг 4). Следует отметить *май* в Западной Сибири: аномалия -2.42°C (среди трех максимальных по величине отрицательных величин в ряду) и *март* в ЕЧР (аномалия -3.31°C).

В 2018 году средние годовые и средние сезонные аномалии для всех высотных зон Северного Кавказа положительны. За год в целом, весной и летом на всех анализируемых станциях (кроме степной Прохладной) зафиксированы 95%-е экстремумы.

- Потепление продолжается на всей территории России в целом за год и во все сезоны. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры составила $0.47^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 50%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.61^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($0.41^{\circ}\text{C}/10$ лет: описывает 64% суммарной дисперсии). Минимум потепления в среднем за год – на юге Сибири, где зимой по-прежнему наблюдается область убывания температуры, хотя и на существенно меньшей территории и значительно более слабого, чем в период 1976-2014 гг., а летом рост очень слаб.

- В Арктике 2018 год был очень теплым (второй с 1936 г.): среднегодовая температура на 2.5°C выше нормы. Среднегодовые температуры воздуха в широтных зонах: $70-85^{\circ}$ с.ш. (аномалия 3.0°C) и $60-70^{\circ}$ с.ш. (аномалия $+2.1^{\circ}\text{C}$) также вторые в соответствующих рядах. Области крупных положительных аномалий температуры в России располагались преимущественно в восточной части евразийского сектора и особенно в Чукотском районе: аномалия $+3.9^{\circ}\text{C}$ – ранг 1. В последние тридцать лет (1989-2018 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный тренд среднегодовой температуры составил $0.76^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наиболее высокие темпы роста отмечены в районе Карского моря: около $1.59^{\circ}\text{C}/10$ лет.

В районе Северного морского пути температуры быстро росли с конца 1990-х годов; за этот период зимние температуры выросли примерно на 5°C , а летние на 1°C . Ледяной покров в Сибирских арктических морях к концу лета быстро сокращался начиная с 1998 года, уменьшившись к 2005 году до 300 тыс. км². В последние 14 лет его площадь в сентябре колеблется около этого уровня, что в 4 раза меньше, чем в 1980-х гг.

- Структура климатических трендов температуры за период с 1981 по 2018 год, подтверждает тенденции потепления в тропосфере и значительного похолодания в нижней стратосфере. Добавление аномалий за 2018 год к рядам до 2017 года привело к увеличению весенних и летних трендов в тропосфере и уменьшению абсолютных значений трендов в нижней стратосфере в большинстве случаев. Абсолютное значение тренда среднегодовой температуры в нижней стратосфере уменьшилось на $0.02^{\circ}\text{C}/10$ лет по сравнению с предыдущим годом: тренд за 1981-2018 гг. составил $-0.40^{\circ}\text{C}/10$ лет.

В тропосфере Северного полушария 2018 год стал четвертым самым теплым годом с 1958 года, уступая 2017 году менее чем на 0.01°C . Среднегодовая аномалия температуры составила $+0.52^{\circ}\text{C}$. Весна и лето были вторыми в ряду самых теплых лет, а зима не вошла и в десятку самых теплых лет. В тропосфере умеренных широт наблюдалась рекордно высокая температура в весенний сезон, аномалия составила $+1.19^{\circ}\text{C}$. Летний сезон и год в целом в умеренных широтах стали вторыми в ряду самых теплых лет.

В нижней стратосфере 2018 год был значительно теплее предыдущего и занял восьмое место в ряду самых холодных лет по всему Северному полушарию со среднегодовой аномалией -0.61 °С. Шестое и восьмое место в ряду самых холодных лет по всему Северному полушарию заняли весенний и летний сезоны соответственно. Наиболее низкая среднегодовая аномалия температуры (-1.02 °С) наблюдалась в низких широтах. Там 2018 год стал четвертым самым холодным годом с 1958 года.

- Годовые осадки в целом по России растут со средней за 1976-2018 гг. скоростью 2.2% / 10 лет (тренд значим на уровне 1%). Рост осадков происходит во все сезоны, наиболее значительный рост сезонных сумм осадков наблюдается *весной* (5.9% /10 лет, вклад в дисперсию 36%). Следует отметить продолжающуюся тенденцию убывания летних осадков в ЕЧР: в ЦФО и ПФО около -4% /10 лет, а в ЮФО -4.9% /10 лет.

- Осадки в 2018 г. в целом по России составили: 104% нормы. В АЧР выделяются влажная весна (118% - ранг 5) и осень (115% - ранг 4). Значительный избыток осадков отмечен в марте: 159% - ранг 3. В июне на большей части страны наблюдался дефицит осадков, особенно в ЕЧР: в ЮФО выпало 22% нормы, в СКФО 50% , в ЦФО 58% , в ПФО 70% ; существенный дефицит отмечен и в Средней Сибири: 72% нормы.

В 2018 году на Северном Кавказе в основном отмечались положительные аномалии годовых, зимних и весенних сумм осадков и отрицательные – летних и осенних. Экстремальный избыток зимних осадков отмечался на горной станции Ахты: сезонная сумма превысила стандартное отклонение более чем в 3 раза. В Терсколе в марте сумма осадков составила 246.5 мм при норме 57.8 мм: максимум за 60 лет. Это привело к массовому сходу снежных лавин в районе Приэльбрусья.

- В СПО в целом холодный сезон с октября 2017 по май 2018 г. характеризовался избытком осадков: 107.9% нормы, наибольшим на территории России для Чукотского района (116.1%). Теплый сезон (июнь-сентябрь 2018 г.) был сухим: 92.2% нормы для СПО и 80.4% в Чукотском районе.

Явная тенденция к убыванию осадков обнаруживается в Чукотском районе и в районах арктических морей азиатского сектора СПО в течение всего года (около 13 мм/10 лет). Рост осадков (14.2 мм/10 лет) выражен в южной части Североевропейского района.

- Продолжительность залегания снежного покрова в среднем по России зимой 2017-2018 гг. была на 1.32 дня короче нормы. Максимальные отрицательные аномалии продолжительности залегания снежного покрова отмечены в северных областях ЕТР и на Таймыре. Максимальная высота снежного покрова в среднем по России оказалась рекордной за рассматриваемый период (аномалия $+7.52$ см). Максимальный за прошедшую зиму запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России оказался выше нормы и в поле, и лесу. Для района северной части Восточной Сибири и Якутии, а также для Чукотки и севера Камчатки значение максимального запаса воды в снеге стало рекордным.

На значительной части страны сохраняется тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова. По сравнению с предыдущим периодом усилилась тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова на севере Камчатского края и в западных районах Чукотского АО, что в значительной степени обусловлено рекордными аномалиями последних двух зим. Наблюдается увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова на большей части страны.

- Весенние процессы на реках южных областей ЕЧР проходили в сроках близких к многолетним средним; на реках центра и севера ЕЧР вскрытие рек и водохранилищ в марте проходило в более поздние сроки или в сроки близкие к норме.

В апреле и в мае вскрылись реки Омской и Тюменской областей (на 2-8 дней позже сроков); на 4-11 дней раньше сроков из-за повышенного фона температуры происходило вскрытие рек Хабаровского края, Еврейской автономной и Амурской областей, Приморского края; на отдельных участках вскрытие сопровождалось заторами льда.

В мае (около нормы) происходило вскрытие Мезени, Енисея, Оби; а на 1-8 дней раньше - вскрытие Лены, Алдана, Амги, Колымы, рек Мурманской области.

В июне на 3-12 дней позже нормы очистились ото льда реки Ямало-Ненецкого автономного округа.

Осенью 2018 года ледообразование на большинстве рек России осенью 2018 года проходило недружно, прерывисто, в основном в поздние сроки.

- В 2018 году на территории России для измерения мощности сезонно-талого слоя вечной мерзлоты (СТС) были задействованы 49 площадок САЛМ. ЕЧР представлена 5, Западная Сибирь – 12, в Центральной Сибирь 7 площадками. На ЕЧР отмечается небольшое (от 3 до 11 см) увеличение мощности СТС в 2018 по сравнению с 2017 годом. Тренды положительные, минимальные на мысе Болванский. В Западной Сибири увеличение мощности СТС наиболее значительное, на 37 см по сравнению с 2017 годом, отмечалось в районе Надыма. На Ямале изменения незначительные, тренды СТС положительные. Небольшое уменьшение мощности СТС отмечается в районе Норильска и Игарки. В районе Якутска изменения мощности СТС и величины тренда минимальные. В Восточной Сибири, вдоль течения р. Колыма, изменения мощности СТС и трендов незначительные. На Чукотке и на Камчатке колебания мощности СТС незначительные и разнонаправленные.

- В среднем по земледельческой зоне России в 2018 г. возобновление вегетации (переход через 5°C весной) наблюдалось на 3 суток позже, чем в среднем за последние 20 лет (1998–2017 гг.). Ранние сроки начала вегетации наблюдались в СЗФО, СКФО и ДФО (на 2 суток раньше). Продолжительность периода вегетации ($T > 5^\circ\text{C}$) не превышала среднюю продолжительность (за исключением СЗФО, СКФО и ДФО). Сумма осадков за период вегетации яровых зерновых культур ($\Sigma R_{\text{зерн.}}$) в 2018 г. в среднем по территории была ниже на 9 % относительно средней за 1998–2017 гг. Уровень увлажненности (ГТК) сельскохозяйственных угодий на ЕЧР был значительно ниже среднего.

Для производства озимой пшеницы тепло- и влагообеспеченность были благоприятны в ЦФО и ПФО; в ЮФО и СКФО недостаточная влагообеспеченность могла повлечь снижение урожайности озимой пшеницы. Увлажненность в предпосевной и осенний периоды для озимых культур урожая 2019 года в ЮФО и юге ПФО была недостаточная.

Теплообеспеченность с/х культур растет на всей территории земледельческой зоны РФ (скорость роста сумм активных температур воздуха за 1976–2018 гг. составила 87 °C/10 лет). В изменениях влагообеспеченности наблюдаются разнонаправленные тенденции: наряду с ростом весенних осадков (5.4 мм/10 лет за 1976–2018 гг.) наблюдается уменьшение летних осадков в ЕЧР и рост в Сибири и на Дальнем Востоке. Линейные тренды ГТК (май-август), за 1976–2018 гг. отрицательны, за исключением Сибири и Дальнего Востока.

- В 2018 году в целом на территории РФ отмечалось 1040 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), включая агрометеорологические и гидрологические. Это на 50 (4 %) ОЯ меньше, чем в рекордном 2008 году, и на 133 (15 %) ОЯ больше, чем в прошлом году. По сравнению с 2017 г. в 2018 г. количество ОЯ и КМЯ в УФО, СКФО, ЮФО и СФО увеличилось на 4%-31%, а в остальных федеральных округах уменьшилось на 0-23 %. По количеству ОЯ (465), нанесших значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения, прошедший год стал третьим по этому показателю за последние 23 года. Число непредусмотренных ОЯ в 2018 г. составило 20.

Очень сильные дожди, прошедшие в Краснодарском крае 24-25 октября, и вызванные ими дождевые паводки привели к затоплению участков железной дороги в районе побережья, повреждены водо- и газопроводы, электроподстанции. В 29-ти населенных пунктах Туапсинского, Апшеронского районов и МО город-курорт Сочи было затоплено 2545 домовладений, 5748 приусадебных участков, погибли 6 человек. Уникальные паводки,

прошедшие 24-27.10 на реках Туапсе и Пшиш, превышали опасные отметки на 1.7-3.2 м и наблюдались впервые за период наблюдений (60-80 лет).

- Наибольшие скорости ветра без учета порывов, как и обычно, отмечались вдоль побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов. В тех же районах и на Алтае сосредоточены пункты с максимальным количеством дней со средней скоростью ветра 15 м/с и более. Аномалии среднегодовой скорости ветра на большей части территории РФ в 2018 году отрицательны. В зимне-весенний период положительные аномалии скорости ветра наблюдались на Дальнем Востоке (отклонения от нормы редко превышали 2 м/с).

Во все сезоны года средняя по территории России скорость ветра уменьшается.

В изменении числа дней с сильным ветром (более 15 м/с) выявлена тенденция уменьшения на большей части территории РФ; зимой и осенью число дней с сильным ветром уменьшается в большинстве регионов, летом – на Европейской части России, на Чукотке и севере Камчатки.

В тропосфере зимой 2018 года отрицательные аномалии скорости ветра, достигающие -4 м/с преобладали над европейской частью России, югом Западной Сибири и на западе Дальнего Востока. Значительные положительные аномалии до 4 м/с отмечены в Прибайкалье. В нижней стратосфере отрицательные аномалии наблюдались почти повсеместно и достигали -6 м/с в центре Сибири и на западе Мурманской области. Весной географическое распределение аномалий в тропосфере было практически противоположным: преобладали положительные аномалии, наблюдались на юге, в Сибири достигали более 4 м/с. Сходным было распределение аномалий в нижней стратосфере; положительные аномалии скорости ветра в Мурманской области и на юге Сибири достигали 4.5 м/с. Летом аномалии ветра были минимальны, осенью в нижней стратосфере преобладали отрицательные аномалии скорости ветра с максимумом (до -4.5 м/с) над Западной Сибирью.

- По данным мониторинга парниковых газов в атмосфере уровень концентрации CO_2 в северных широтах на российских фоновых станциях постоянно растет (в среднем $2.2 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$) и в 2018 г. достиг очередного максимума: более 410 млн^{-1} . В 2018 г. рост концентрации метана сильно замедлился по сравнению с периодом значительного повышения в 2014-2017 гг. В центре ЕЧР среднегодовая концентрация CO_2 в приземном воздухе на станции Обнинск в 2018 г. увеличилась по сравнению с 2017 г. на 2 млн^{-1} и составила 427 млн^{-1} . Величина положительного тренда среднегодовых концентраций за период наблюдений с 1998 по 2018 гг. составила $2.6 \pm 0.6 \text{ млн}^{-1}$ в год.

- В целом радиационный режим 2018 г. характеризуется преобладанием повышенного прихода солнечной радиации в весенний и летний сезоны в большинстве регионов и в среднем по территории России. В Красноярском крае отмечалось значительное снижение прямой солнечной радиации, наиболее выраженное в весенний сезон. Осредненное по территории России значение сезонной аномалии прямой радиации для лета оказалось рекордно высоким с начала 21-го века и совпало с максимальным значением для интервала 1961-2017 гг., достигнутым в 1972 г.

В многолетнем режиме солнечной радиации на территории ЕЧР сохраняется положительная тенденция, наиболее выраженная в южных районах. Тенденция к увеличению наблюдается и на Северо-Востоке (но там оценки недостаточно точные из-за низкой плотности сети). В Приамурье и Приморье в последнее десятилетие отмечается тенденция к снижению прямой радиации. В других крупных регионах значения прямой радиации либо стабилизировались, либо изменения происходят на фоне сильной межгодовой изменчивости, препятствующей надежному выявлению тенденций.

- Знак отклонений среднегодовых значений OSO в 2018 г. распределён между озонметрическими станциями России примерно поровну. Равны и наибольшие абсолютные величины относительных отклонений (4%). Наблюдавшаяся в течение почти всего года крупная положительная аномалия внесла свой вклад в среднегодовое значение

ОСО в высоких и умеренных широтах в 2018 г. и закрепила наметившуюся тенденцию восстановления озона в высоких широтах Северного полушария.

В 2018 г. весенняя Антарктическая озоновая аномалия (ВАОА: «озоновая дыра») появилась в начале августа (как и в 2017 г.) и закончилась в первых числах декабря, что примерно соответствует средним срокам появления. Особенность аномалии 2018 г. состоит в том, что всё время её существования площадь аномалии и дефицит массы озона существенно превышали ежедневные средние многолетние значения.

- На большей части РФ в 2018 г. во всем слое до 320 см преобладают положительные аномалии минимальной за год температуры почвы менее 1°C. В слое до 160 см в отдельных регионах наблюдаются более значительные аномалии: до +3 – +5° на дальнем Северо-Востоке. На юге Западной Сибири, а также на западе Восточной Сибири наблюдаются отрицательные аномалии около -1°C.

На всей территории России минимальные за год температуры почвы на глубине до 320 см растут в период 1976-2018 гг. Преобладают тренды <0,4°C/10 лет на всех глубинах до 320 см. Величины трендов уменьшаются с глубиной. Максимум роста на глубинах до 160 см отмечается в азиатской части, особенно в арктической зоне и в Забайкалье: величины трендов здесь достигают 0.8°C/10 лет. Наибольшее и статистически достоверное повышение минимальной температуры почвы, проникающие до нижней анализируемой глубины 320 см, наблюдается в северных частях Сибири в районе устья рек Енисей и Лена.