

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И
МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

ДОКЛАД
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТА
НА ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЗА 2017 ГОД

Москва, 2018 г.

УДК 551.5
ББК 26.2
Д 63

**Д 63 Доклад об особенностях климата на территории
Российской Федерации за 2017 год. – Москва, 2018. –
69 стр.**

ISBN 978-5-906099-58-7

В Докладе представлены результаты регулярного мониторинга климата Российской Федерации, выполняемого НИУ Росгидромета, за 2017 г. Приводятся данные о наблюдавшихся в 2017 году аномалиях различных климатических переменных, об агроклиматических условиях и опасных гидрометеорологических явлениях года, а также 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, 2018

RUSSIAN FEDERAL SERVICE FOR HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING
(ROSHYDROMET)

A REPORT
ON CLIMATE FEATURES
ON THE TERRITORY
OF THE RUSSIAN FEDERATION
IN 2017

Moscow, 2018

Настоящий ДОКЛАД подготовлен коллективом НИУ Росгидромета:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», головной)	М.Ю. Бардин, Э.Я. Ранькова, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, М.А. Алешина, И.А. Корнева, В.И. Егоров, М.И. Афанасьев, С.Г. Парамонов,
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «АНИИ»)	Г.В. Алексеев В.Ф. Радионов
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»)	О.Н. Булыгина, Т.В. Дементьева, Н.Н. Коршунова, А.С. Лавров, А.М. Стерин, А.В. Хохлова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии» (ФГБУ «ВНИИСХМ»)	В.Н. Павлова А.А. Карачёнкова
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
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. Каменоградский
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.

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 2016/2017 гг.	21
SNOWCOVER IN WINTER 2016/17	
4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК	27
RIVER FREEZE-UP AND SPRING BREAK	
5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ	30
NORTH POLAR REGION	
6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА	36
PERMAFROST	
7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	39
CLIMATIC AGRICULTURE CONDITIONS	
8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	43
DANGEROUS HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS	
9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ	47
SOLAR RADIATION	
10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ.....	50
TEMPERATURE IN FREE ATMOSPHERE	
11. РЕЖИМ ВЕТРА.....	55
WIND	
12. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ	59
GREENHOUSE GASES	
13. ОЗООНОВЫЙ СЛОЙ	63
OZONE LAYER	
ВЫВОДЫ	65

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

«Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2017 году» является официальным изданием Росгидромета. Это авторитетный источник 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.

По-прежнему, на всей территории РФ, в целом за год и во все сезоны продолжается потепление (зимой незначительное похолодание отмечается на юге Сибири и на Чукотке). Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976-2017 гг. составила по данным ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» $0.46^{\circ}\text{C}/10$ лет. Это в 2.5 раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период: $0.18^{\circ}\text{C}/10$ лет, и более чем в 1.5 раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара: $0.28^{\circ}\text{C}/10$ лет (оценки по данным Центра Хэдли и Университета Восточной Англии: HADCRUT4, CRUTEM4). Наиболее быстрыми темпами росла температура Северной полярной области, особенно в последние десятилетия («Арктическое усиление» потепления): по данным ФГБУ «ААНИИ» в течение последних тридцати лет (1988-2017 гг.) рост среднегодовой температуры составил здесь $0.75^{\circ}\text{C}/10$ лет, т.е. 2.25°C за 30 лет. Следует отметить, что столь значительное потепление происходит на фоне предпринимаемых мировым сообществом усилий по сокращению выбросов парниковых газов.

2017 год в целом для Земного шара оказался третьим среди самых теплых за весь период инструментальных наблюдений со второй половины 19-го века. Согласно данным Центра Хэдли и Университета Восточной Англии (HADCRUT4) глобальная аномалия (совместно для суши и океана) составила $+0.68^{\circ}\text{C}$ относительно средней температуры за период 1961-90 гг., а аномалия температуры над сушей (CRUTEM4) $+1.12^{\circ}\text{C}$ – также третья величина (по данным ИГКЭ $+1.20^{\circ}\text{C}$: это вторая величина в ряду). Самым теплым годом остается предыдущий, 2016: глобальная аномалия почти 0.8°C .

Для России 2017 г. также был очень теплым: средняя за год температура на 2.02°C превысила норму 1961-1990 гг. – это четвертая величина в ряду наблюдений с 1886 г. Однако для Азиатской части России (АЧР) это был рекордно теплый год: среднегодовая аномалия $+2.27^{\circ}\text{C}$, на множестве станций отмечены экстремальные аномалии, вероятность превысить которые менее 5%. В течение года наблюдался ряд значительных климатических аномалий, самая значительная из которых – рекордно теплый март со средней аномалией по РФ $+6.03^{\circ}\text{C}$ и повсеместными экстремумами в Азиатской части (на севере Сибири среднемесячные аномалии достигали 12-13 градусов) и центре Европейской части России (ЕЧР). В АЧР рекордно теплой была и весна в целом, но в ЕЧР апрель был прохладным, а май – холодным (ниже нормы на 1.89 градуса: это самый холодный май с начала столетия). Холодным в ЕЧР было и начало лета (июньская аномалия -1.44°C – 8-я минимальная величина с 1936 года)..

Экстремально тепло было летом на Северном Кавказе: на станциях всех высотных зон отмечались 95%-е экстремумы.

В Арктике 2017 год также был очень теплым (третий с 1936 г.): среднегодовая температура на 2.2°C выше нормы и лишь на 0.1°C ниже рекордного 2011. Быстрое сокращение площади морского льда в СЛО в период с середины 1990-х годов, связанное с арктическим потеплением, когда минимальная за год площадь льда (в сентябре) с примерно 6 млн. кв. км уменьшилась до исторического минимума 3.37 млн. кв. км в конце

сентября 2012 г. в последние годы приостановилось и его площадь колеблется в пределах 4.5-5.5 млн. кв. км. В 2017 г. она составила 4.74 млн. кв. км.

В тропосфере Северного полушария продолжается потепление, а в нижней стратосфере значительное похолодание. 2017 год стал третьим самым теплым годом в тропосфере Северного полушария с 1958 года, а в нижней стратосфере вошел в пятерку самых холодных лет.

Год в целом был влажным: по России осадки составили 111% нормы, а в ЕЧР 115%: обе величины – вторые с 1936 года. В ЕЧР следует особо отметить очень влажные апрель, июнь и июль, снежный декабрь. В целом по России количество осадков увеличивается (2.2% нормы за 10 лет), главным образом за счет осадков весеннего сезона: 6% нормы за 10 лет. Однако зимой и летом на обширных территориях наблюдается их убывание, особенно заметное летом в ЕЧР.

На значительной части страны сохраняется тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова; в среднем по России зимой 2016-2017 гг. она была на 2.39 дня короче климатической нормы. Максимальная высота снежного покрова в среднем по России выше климатической нормы, аномалия +3.85 см. Максимальный за прошедшую зиму запас воды в снеге в поле в среднем по России оказался значительно выше нормы, а на Алтае и в Саянах - рекордным.

Тепло- и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в 2017 г. были благоприятны как для производства яровой пшеницы, так и для урожая озимых 2018 г. Теплообеспеченность с/х культур растет на всей территории земледельческой зоны РФ. В изменениях влагообеспеченности наблюдаются разнонаправленные тенденции: наряду с ростом весенних осадков наблюдается уменьшение летних осадков в ЕЧР и рост в Сибири и на Дальнем Востоке.

По количеству опасных гидрометеорологических явлений, нанесших значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения, прошедший год был не самым сложным; он лишь девятый по этому показателю за последние 22 года.

По данным мониторинга парниковых газов в атмосфере уровень концентрации CO₂ в северных широтах на российских фоновых станциях постоянно растет и в 2017 г. достиг очередного максимума: более 408 млн⁻¹. В последние годы возобновился рост концентрации метана, который по данным станции Глобальной службы атмосферы (ГСА) Териберка за последние 10 лет составил в среднем 7.3 млрд⁻¹ в год.

«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 2017 году. В частности, приводятся данные об основных 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 2017 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 основные 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 Росгидромета и РАН»: <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 Росгидромета и РАН» (<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 Северо-евразийского климатического центра (СЕАКЦ: <http://seakc.meteoinfo.ru>).

1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Данные. В докладе использованы данные о температуре приземного воздуха месячного разрешения на сети 455 метеостанций России, стран СНГ и Балтии (<http://climatechange.igce.ru>), из которых 310 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 1936-2016 гг.

Оценки температурного режима 2017 года получены по данным станционных сводок КЛИМАТ и СИНОП, своевременно поступивших по каналам связи.

Особенности температурного режима в 2017 г.

2017 год стал четвертым среди самых теплых с 1936 г. (далее везде начало ряда 1936 г.): осредненная по территории России среднегодовая аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-90 гг.), $+2.02^{\circ}\text{C}$ - выше значения, полученного экстраполяцией линейного тренда, на $\sim 0.33^{\circ}\text{C}$. Доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) составила 14.3%. Экстремально тепло было в азиатской части России (АЧР), восточнее Енисея повсеместно отмечались 95%-е экстремумы; в целом по региону 2017 год, а также весенний сезон, были рекордно теплыми (аномалии $+2.27^{\circ}\text{C}$ и $+3.69^{\circ}\text{C}$ – *исторические максимумы*).

Ряды годовых и сезонных аномалий температуры по территории России приведены

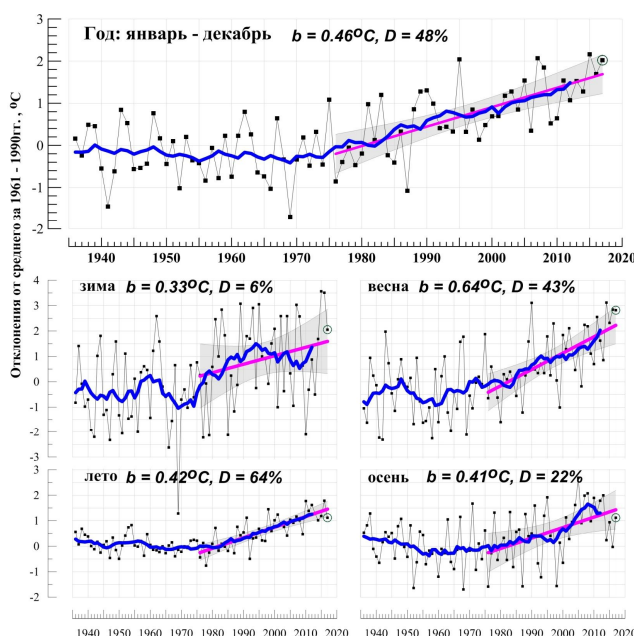


Рисунок 1.1 – Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории России, 1936-2017 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2017 гг. с 95%-й доверительной полосой; b - коэффициент тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), $D\%$ – вклад тренда в суммарную дисперсию.

на рис. 1.1. Карты среднегодовых и сезонных аномалий температуры 2017 года представлены на рис. 1.2.

Зима 2016/17 гг. Средняя по России аномалия $+2.05^{\circ}\text{C}$. Очень тепло (аномалии $+3$ - 5°C) в южных и центральных районах АЧР: средняя по региону Приамурье и Приморье аномалия: 3.49°C , ранг 3, а также на Чукотке. Холодно (аномалии до -2°C) в Западной Сибири, в Северо-Сибирской низменности, а также на юге европейской части России (ЕЧР). **Декабрь** 2016 был холодным на юге ЕЧР, Урале, в Западной и на севере Средней Сибири (аномалии севернее плато Путорана достигали -10°C); очень тепло (аномалии до $+8^{\circ}\text{C}$) на северо-востоке страны, тепло на юге Сибирского ФО и на северо-западе страны. В **январе** отрицательные аномалии наблюдались лишь в отдельных областях: значительные, до -6°C , в Магаданской и Камчатской области, и небольшие (около -1°C) в центре Западной Сибири, на юге Читинской

области, в Крыму и на юге СКФО. Очень тепло (аномалии выше 4°C) на Таймыре, в Якутии, в Приамурье и в Приморье (4.87°C – ранг 3). Самым теплым месяцем зимы был **февраль** – средняя по РФ аномалия: $+3.65^{\circ}\text{C}$ – ранг 8. Температуры выше нормы отмечены практически всюду, особенно в центре и на юге Сибирского ФО и Дальневосточного ФО (аномалии до $+7^{\circ}\text{C}$); экстремально тепло, как и в январе, в Приамурье-Приморье (аномалия $+4.95^{\circ}\text{C}$ – ранг 3). Лишь на юге СКФО наблюдались небольшие отрицательные аномалии.

Весна. Осредненная по территории России сезонная аномалия $+2.82^{\circ}\text{C}$ – ранг 4, рекордно тепло было в АЧР ($+3.69^{\circ}\text{C}$ – ранг 1), особенно в ДВФО ($+4.09^{\circ}\text{C}$ – ранг 1) и СФО ($+3.55^{\circ}\text{C}$ – ранг 3). В ЕЧР весна оказалась умеренно теплой ($+0.65^{\circ}\text{C}$ – 27-я в ряду) лишь за счет марта, в то время как апрель был прохладным, а май – холодным. **Март** был исключительно теплым: средняя по РФ аномалия: $+6.03^{\circ}\text{C}$ – ранг 1; рекордным он был также и для АЧР ($+6.79^{\circ}\text{C}$), а в ЕЧР – 3-м ($+4.14^{\circ}\text{C}$). Положительные аномалии наблюдались всюду, причем на всех станциях АЧР севернее 60°с.ш. отмечены 95%-е экстремумы. Северные районы ЕЧР и Сибири в течение всего месяца находились под влиянием североатлантических циклонов. В результате сформировался мощный очаг тепла с аномалиями среднемесячной температуры до $12\text{--}13^{\circ}\text{C}$. На многих станциях среднемесячные температуры стали рекордными за весь период наблюдений (см. врезки на рис. 1.3). В Нарьян-Маре абсолютные суточные максимумы температуры

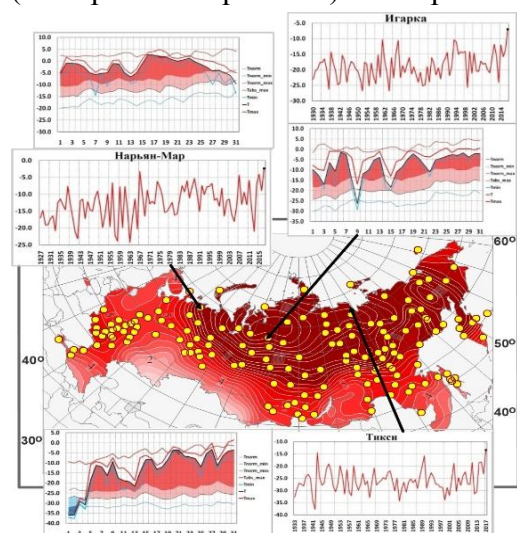


Рисунок 1.3 – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в марте 2017 г. На врезках ряды среднемесячной и суточной температуры воздуха на метеостанциях. Показаны средняя, минимальная и максимальная суточные температуры с нормами и абсолютный максимум

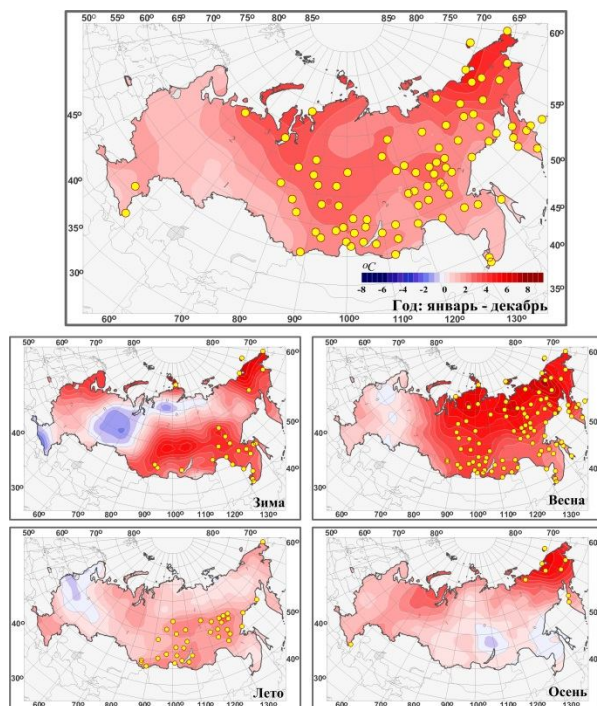


Рисунок 1.2 – Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2017 г. (отклонения от средних за 1961-1990 гг.) с указанием локализации 95%-х экстремумов (желтые кружки).

превышались в течение месяца пять раз. 21 марта в Тикси даже минимальная температура превысила прежний абсолютный максимум.

В **апреле** очень тепло было в АЧР, особенно в Восточной Сибири (4.79°C – ранг 1, повсеместно отмечались 95%-е экстремумы). В ЕЧР апрель был незначительно холоднее нормы (аномалия -0.3°C) – с 2010 г. это был самый холодный апрель, отрицательные аномалии наблюдались во всех федеральных округах европейской России.

Необычным для последних десятилетий был **май**. В целом по РФ температура была близка к климатической норме 1961-90 гг., аномалия составила 0.12°C : однако, это самый холодный май в 21-м веке. В ЕЧР и на западе Западной Сибири, а также на большей части Якутии температуры были

ниже климатической нормы (аномалии до -3°C). В ЕЧР (аномалия -1.89°C) это 9-й самый холодный май с 1936 г. и самый холодный с 2000 года. А на большей части СФО и в восточных районах ДВФО тепло, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы.

Лето в целом по РФ умеренно теплое: аномалия $+1.11^{\circ}\text{C}$ (ранг 11). Тепло было на юге АЧР: в Прибайкалье, на юге Якутии на многих станциях отмечены 95%-е сезонные экстремумы. В СФО сезонная аномалия $+1.53^{\circ}\text{C}$ – ранг 5. На северо-западе и в центре ЕЧР температуры были ниже климатической нормы: сезонные аномалии до -1°C за счет холодного **июня** в ЕЧР (-1.44°C – 8-я минимальная величина в ряду) и холодного **июля** в ЦФО и ПФО. В **июне** тепло в СФО

($+3.2^{\circ}\text{C}$ – ранг 2, аномалии на станциях более $+4^{\circ}\text{C}$; 95%-е экстремумы отмечены на многих станциях центральных и южных районов), в **июле** – в Приамурье и Приморье (1.65°C – ранг 5). В **августе** средняя по РФ аномалия $+1.81^{\circ}\text{C}$ – ранг 4, особенно тепло в ДВФО (2.16°C – ранг 2) и в ЮФО (3.23°C – ранг 5).

Осенью средняя по России аномалия 1.12°C (ранг 18-19). Температуры выше нормы всюду, кроме верхнего течения Лены и Приамурья и Приморья. Экстремальные условия (95%-е экстремумы отмечены повсеместно) наблюдались на северо-востоке страны. В **сентябре** экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) вдоль побережья Охотского моря (осредненная аномалия температуры по региону Восточная Сибирь: 1.81°C – ранг 4), а также на юге ЕЧР; холодно (аномалии около -2°C) на северо-востоке ЕЧР и, далее,

до течения Лены. В **октябре** было тепло всюду (аномалии в районе Обской губы выше 3°C), кроме отдельных областей на западе страны и южных районов АЧР. В **ноябре** экстремально тепло на северо-востоке страны (аномалии до 12°C): на многих станциях севера Якутии и на Чукотке (рис. 1.4) ноябрьские температуры 2017 года стали рекордными для всего периода наблюдений; особенно выделялась аномально теплая

Таблица 1.1 – Средние годовые (январь - декабрь) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2016 году: νT - 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	
	νT , $^{\circ}\text{C}$	s , $^{\circ}\text{C}$	νT , $^{\circ}\text{C}$	s , $^{\circ}\text{C}$	νT , $^{\circ}\text{C}$	s , $^{\circ}\text{C}$	νT , $^{\circ}\text{C}$	s , $^{\circ}\text{C}$	νT , $^{\circ}\text{C}$	s , $^{\circ}\text{C}$
Россия	2.02	0.77	2.05	1.81	2.82	1.19	1.11	0.33	1.12	0.90
Физико-географические регионы										
ЕЧР	1.41	0.94	1.14	2.30	0.65	1.44	0.46	1.00	1.49	1.04
АЧР	2.27	0.80	2.42	1.89	3.69	1.25	1.37	0.35	0.97	1.10
Западная Сибирь	1.96	1.09	0.62	2.91	2.70	1.62	1.12	0.80	1.13	1.54
Средняя Сибирь	2.56	1.15	3.00	2.74	4.38	1.66	1.63	0.65	0.59	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	2.13	0.78	3.12	1.90	3.40	1.39	1.96	0.57	0.26	1.23
Приамурье и Приморье	1.68	0.81	3.49	1.67	2.46	1.15	1.06	0.75	-0.05	0.89
Восточная Сибирь	2.68	0.64	0.65	1.39	4.86	1.22	1.14	0.56	2.31	0.94
Федеральные округа										
Северо-Западный	1.61	1.14	2.36	2.88	0.59	1.54	0.20	1.17	1.66	1.24
Центральный	1.47	1.10	1.69	2.69	1.04	1.69	0.23	1.22	1.14	1.13
Приволжский	1.19	1.05	0.51	2.54	0.36	1.69	0.17	1.19	1.61	1.25
Южный	1.55	0.96	-0.02	2.08	1.03	1.47	1.61	1.04	1.43	1.05
Северо-Кавказский	1.23	0.73	-0.94	1.59	0.75	0.96	1.62	0.76	1.38	0.85
Уральский	2.09	1.18	-0.60	3.12	2.56	1.75	1.09	1.02	1.70	1.64
Сибирский	2.20	0.93	2.84	2.57	3.55	1.47	1.53	0.47	0.35	1.49
Дальневосточный	2.35	0.69	2.94	1.46	4.09	1.23	1.29	0.48	1.29	1.01

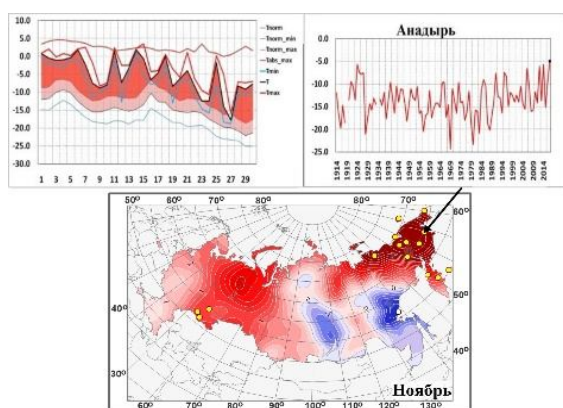


Рисунок 1.4 – Аналогично рис. 1.3, но в ноябре 2017 г.

первая декада месяца, когда во многих населенных пунктах Чукотки фиксировались суточные рекорды максимальной температуры воздуха, тепло (аномалии до 6°C) также в восточных районах ЕЧР и в Западной Сибири.

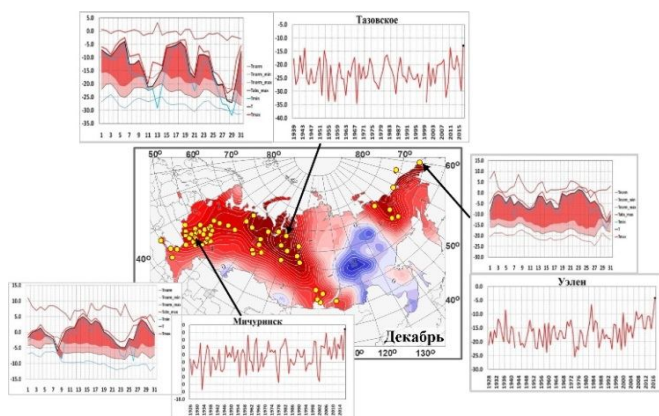


Рисунок 1.5 – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в декабре 2017 г.

максимальная температура приближалась к рекордным отметкам. Экстремально тепло и на северо-востоке страны (четвертый месяц подряд); в Уэлене аномально теплая погода продержалась в течение всего месяца, минимальная температура даже превышала климатическую норму максимальной температуры, за исключением трех последних дней. 24, 25 и 27 декабря в Уэлене перекрыты суточные абсолютные максимумы температуры. Холодно (аномалии до -3°C) в течении Лены и ее притоков, в Приморье.

Тенденции изменений температуры воздуха

Региональные оценки трендов, полученные по временным рядам регионально осредненных аномалий температуры, приведены в табл. 1.2 для всех рассматриваемых регионов (территория России, физико-географические регионы, федеральные округа).

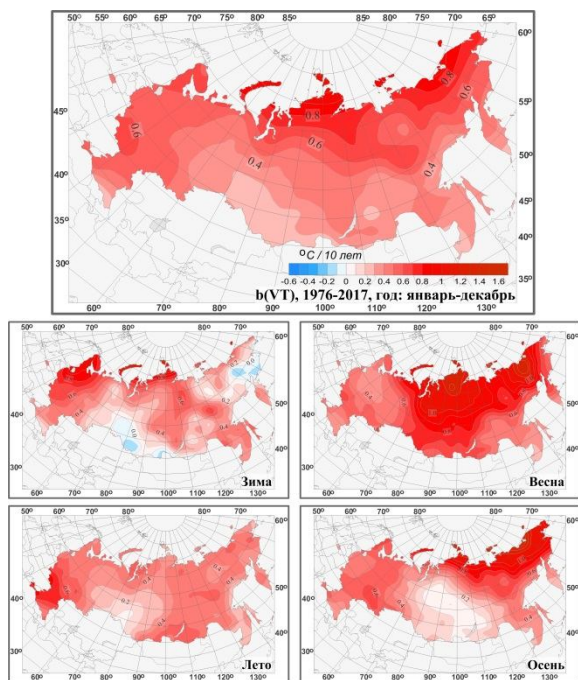


Рисунок 1.6 – Коэффициент линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2017 гг. (°C/10 лет)

составила 0.46°C/10 лет (вклад в общую изменчивость 48%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0.64°C/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше

Декабрь 2017 года (рис. 1.5). Осредненная по территории РФ аномалия температуры 3.05°C. В течение всего месяца оставалось устойчивым положение Сибирского антициклона, что способствовало выносу по его западной периферии теплого субтропического воздуха и формированию значительных положительных аномалий температуры на ЕЧР и в Западной Сибири (более 10°C в Ямало-Ненецком АО). Так, на станции Тазовское наблюдались три волны тепла в каждой декаде, когда среднесуточная температура воздуха значительно превышала климатическую норму, а

На рис. 1.6 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры воздуха за 1976-2017 гг. на территории России. Оценки получены по временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры и выражены в градусах за десятилетие (°C/10 лет). Коэффициент тренда является характеристикой средней скорости 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). Летом и осенью имеются области, где оно выражено слабо, а зимой даже наблюдается небольшое похолодание. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд)

всего выделяется летом ($0.42^{\circ}\text{C}/10$ 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 (более $+0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре). 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 ($+0.74^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Средней Сибири ($+0.83^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также в Восточной Сибири весной ($+0.80^{\circ}\text{C}/10$ лет) и осенью $+0.73^{\circ}\text{C}/10$ лет; летом в ЮФО и ЦФО ($+0.74^{\circ}\text{C}/10$ лет и $+0.64^{\circ}\text{C}/10$ 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.

Для зимы, в целом по РФ, тренд за 1976-2017 гг. положительный ($0.33^{\circ}\text{C}/10$ лет). Однако и в целом по России, и для всех регионов (кроме Приамурья и Приморья) зимние тренды температуры незначимы (на 5% уровне). Осенью незначимые тренды отмечаются

Таблица 1.2 – Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам по территории России, её регионов и федеральных округов за 1976-2017 гг.:
b – коэффициент линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), *D* – вклад тренда в дисперсию (%); курсив – 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	0.46	48	0.33	6	0.64	43	0.42	64	0.41	22
Физико-географические регионы										
ЕЧР	0.53	46	0.54	9	0.46	23	0.52	35	0.52	25
АЧР	0.44	42	0.26	4	0.72	41	0.38	62	0.37	16
Западная Сибирь	0.34	21	0.11	0	0.74	30	0.23	9	0.25	4
Средняя Сибирь	0.50	32	0.38	3	0.83	35	0.42	40	0.30	5
Прибайкалье и Забайкалье	0.36	28	0.22	2	0.60	25	0.49	47	0.13	2
Приамурье и Приморье	0.37	43	0.43	12	0.37	17	0.33	33	0.36	19
Восточная Сибирь	0.55	53	0.22	4	0.80	39	0.43	49	0.73	44
Федеральные округа										
Северо-Западный	0.55	39	0.71	10	0.47	17	0.43	29	0.52	21
Центральный	0.59	45	0.64	11	0.49	21	0.64	33	0.52	22
Приволжский	0.49	36	0.39	4	0.47	18	0.47	19	0.56	21
Южный	0.55	44	0.44	8	0.48	21	0.74	47	0.49	20
Северо-Кавказский	0.41	38	0.31	9	0.35	20	0.56	42	0.39	15
Уральский	0.40	22	0.21	1	0.72	25	0.29	10	0.31	5
Сибирский	0.37	24	0.21	1	0.74	35	0.35	41	0.15	2
Дальневосточный	0.50	56	0.32	11	0.69	38	0.42	57	0.58	39

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 $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) и значительно в АЧР, до $-2^{\circ}\text{C}/10$ лет на юге Сибири. Возможно, тенденция похолодания прекратилась после 2010 г. вместе с новым ростом САК (рис. 1.1; отметим экстремально теплые зимы 2014/15 и 2015/16 гг.). Оцененный за период 1976-2014 гг. зимний тренд по РФ был $+0.15^{\circ}\text{C}/10$ лет, а для 1976-

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 $-0.54^{\circ}\text{C}/10$ лет; в настоящее время похолодание менее выражено ($-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет на 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

2017 увеличился до $+0.33^{\circ}\text{C}/10$ лет. В последние годы для РФ в целом наметилась тенденция к убыванию осенней температуры.

По сравнению с 1976-2016 гг. скорость потепления за год в целом уменьшилась в ЕЧР и во всех субъектах европейской России на $\sim 0.01^{\circ} 0.02^{\circ}\text{C}/10$ лет (за счет зимнего, весеннего и летнего периодов); в АЧР, в СФО и ДВФО – увеличилась на $\sim 0.01^{\circ} 0.02^{\circ}\text{C}/10$ лет (в основном, за счет зимнего и весеннего периодов).

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 2017 г., а в таблице 1.4 - характеристики линейного тренда за 1976-2016 гг.

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 2017 г.: νT – отклонения от нормы (средние за 1961-1990 гг.); σ – стандартное отклонение за 1961-2017 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	
	$\nu T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$	$\nu T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$	$\nu T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$	$\nu T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$	$\nu T, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, ^{\circ}\text{C}$
Средние температуры										
Ахты	1.4	0.81	-0.9	1.82	1.6	1.23	1.9	1.03	1.3	1.27
Теберда	1.0	0.78	-1.4	1.81	0.7	0.89	2.1	1.00	1.5	1.03
Терскол	0.4	0.64	-2.7	1.53	0.3	0.88	2.1	0.89	-0.2	1.03
Нальчик	1.5	0.95	0.2	1.80	1.1	1.20	2.0	1.2	0.4	1.20
Прохладная	1.6	0.91	-0.1	1.83	1.0	1.11	2.1	1.15	0.5	1.13
Индекс максимальных температур										
Ахты	0.8	2.64	-1.1	2.39	0.5	1.99	2.4	2.59	-0.6	2.91
Теберда	0.2	2.21	-2.3	2.26	-0.6	1.85	2.8	2.21	-0.4	2.41
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	1.1	1.78	-2.4	2.92	-0.8	2.34	1.6	1.79	-0.3	2.44
Прохладная	1.7	1.92	1.5	3.34	0.0	2.42	2.8	1.96	-0.1	2.46
Индекс минимальных температур										
Ахты	2.0	2.51	0.6	2.76	3.7	3.64	1.8	2.31	-0.9	3.13
Теберда	1.5	2.85	-2.2	2.64	2.3	4.10	3.2	1.79	0.5	3.81
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	2.2	4.16	-0.8	4.33	3.2	4.40	2.8	2.13	0.5	3.69
Прохладная	-0.6	4.36	0.6	4.68	2.3	4.29	3.4	2.68	-2.7	3.50

В 2017 г. среднегодовые аномалии для всех станций положительны: в Ахты и Прохладной наблюдались 95%-е экстремумы. Экстремально тепло было летом – на всех станциях отмечались 95%-е экстремумы средней температуры; индексы минимальных и максимальных температур также все положительны, но экстремален лишь индекс минимальных температур в Теберде. Положительные аномалии средней температуры наблюдались во всех районах и осенью - кроме Терскола. Зимние средние температуры

были достаточно холодными (в Ахты, Теберде, и особенно в Терсколе, где отмечался 5%-й экстремум) или в пределах нормы (в Нальчике, Прохладной).

Таблица 1.4 и рис. 1.6 показывают, что с 1976 года для всех станций Кавказа наблюдается положительный тренд средних годовых и сезонных температур; годовые тренды значимы на 1%-м уровне, сезонные – на 5% уровне (кроме зимнего тренда в Теберде). Рост годовых температур, особенно в предгорном и степном районах обусловлен ростом максимальных температур. Небольшой отрицательный тренд имеет место лишь в нескольких случаях для минимальных температур. На высокогорной станции Терскол годовой тренд положительный (за счет лета, летний тренд значим на 1% уровне), зимой, весной и осенью тренда здесь практически нет.

Таблица 1.4 Характеристики линейного тренда b (D) за 1976-2016 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	0.41	36	0.37	32	0.13	7	0.55	48	0.46	40
	Min	0.30	3	0.21	1	-	-	-0.02*	0	0.14	0
	Max	0.35	3	0.43	6	-	-	0.72	22	1.00	34
Зима	T	0.50	13	0.39	7	-0.05**	0	0.52	15	0.44	11
	Min	0.16	1	0.04	0	-	-	-0.10	0	-0.06	0
	Max	0.96	20	0.73	15	-	-	0.2	1	0.43	3
Весна	T	0.33	10	0.26	11	0.08	1	0.52	29	0.4	21
	Min	1.00	10	1.27	14	-	-	1.2	15	0.92	8
	Max	0.08	0	0.32	4	-	-	0.31	3.0	0.62	10
Лето	T	0.51	37	0.54	45	0.41	35	0.70	50	0.65	48
	Min	-0.03	0	0.71	22	-	-	0.55	1	0.64	9
	Max	0.13	0	0.37	4	-	-	0.72	22	1.01	33
Осень	T	0.37	10	0.37	16	-0.05**	0.4	0.5	21	0.39	14
	Min	0.10	0	1.18	13	-	-	0.13	0	0.31	1
	Max	0.12	0	0.33	2	-	-	0.86	19	0.74	15

*серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной

** отмечены коэффициенты трендов, поменявших направление

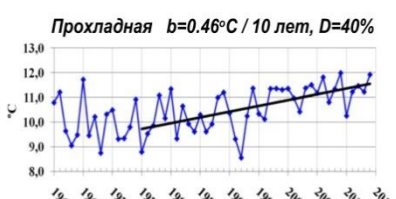
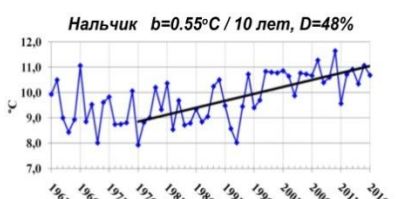
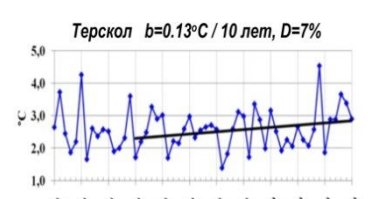
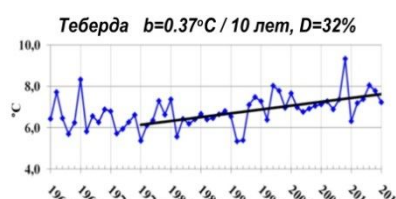
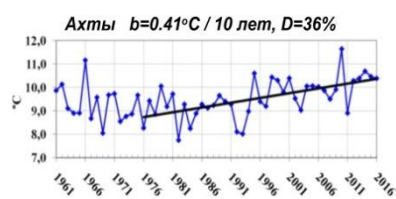


Рисунок 1.7 – Среднегодовой ход температуры с линейным трендом м/станций Ахты, Теберда, Терскол, Нальчик и Прохладная, 1976-2016 гг.; b – значение углового коэффициента линейного тренда, $^{\circ}\text{C}/10$ лет; D (%) – вклад в суммарную дисперсию за 1976-2016 гг.

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 2017 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 2017 г.

На рис. 2.1 приведены временные ряды аномалии среднегодовых и сезонных осадков для России в целом; (на всех временных рядах показаны 11-летние скользящие средние, линейные тренды за 1976 – 2017 гг. с 95%-й доверительной полосой), на рис. 2.2

карты среднегодовых и сезонных аномалий осадков. 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 осадков, выделены.

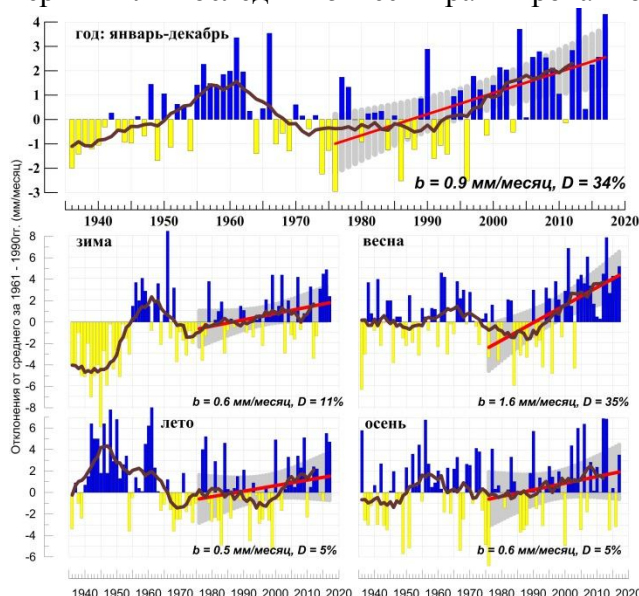


Рисунок 2.1 – Средние годовые и сезонные аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории России, 1936-2017 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд оценен за 1976-2017 гг.; b - коэффициент тренда (мм/мес/10 лет), D - вклад тренда в суммарную дисперсию (%).

осадки наблюдались на востоке АЧР: в низовьях Амура и на побережье Шантарского моря (более 200% месячной нормы), в центре Якутии.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на побережье моря Лаптевых весь сезон, особенно в **декабре 2016**, в **январе** - на Чукотке и в Забайкалье.

Весной преобладал избыток осадков: в целом по РФ выпало 119% нормы – ранг 4, доля площади с избытком осадков (выше 80-го процентиля) составила 31% площади страны – ранг 6. Почти всюду на юге, востоке ЕЧР, в центральных районах АЧР выпало более полутора норм осадков. Особенно много осадков было в Средней Сибири: 137% - исторический максимум. **Сильный дефицит** осадков наблюдался на Чукотке: менее 40%, на станциях отмечались 5%-е экстремумы. Во все месяцы сезона наблюдались крупные области **значительного избытка осадков**. В **марте** – на севере

В **2017 году** средняя по России годовая сумма осадков составила 111% нормы – вторая величина после рекордного 2013 г. (112%). В ЕЧР выпало 115% нормы осадков (также ранг 2). На многих станциях центра и севера ЕЧР, в АЧР - в бассейне Енисея, в Якутии отмечались 95%-е годовые экстремумы: в целом по Средней Сибири выпало 116% (ранг 3). На азиатском побережье Северного Ледовитого океана во все сезоны, кроме осени, осадки были ниже нормы (в среднем за год менее 80% нормы).

Зима 2016/17 гг. В целом по РФ выпало 110% нормы. Экстремальное количество осадков выпало на юге Западной Сибири в истоках Оби и Енисея: на станциях отмечались 95%-е экстремумы, значительный избыток осадков наблюдался во все месяцы сезона. Много осадков выпало на севере и востоке ЕЧР (в основном за счет **февраля**, когда избыток осадков наблюдался почти на всей ЕЧР). В **январе** экстремальные

Таблица 2.1 Среднегодовые и сезонные осадки (в % от нормы 1961-90 гг.) для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2017 г. зеленым 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	111	110	119	107	108
<i>Физико-географические регионы</i>					
Европейская часть России	115	106	123	118	107
Азиатская часть России	109	96	116	103	109
Западная Сибирь	110	106	127	110	97
Средняя Сибирь	116	95	137	105	119
Прибайкалье и Забайкалье	97	93	100	90	105
Приамурье и Приморье	101	123	99	106	86
Восточная Сибирь	114	107	99	104	134
<i>Федеральные округа</i>					
Северо-Западный	124	120	123	136	113
Центральный	116	100	114	108	119
Приволжский	111	108	121	116	101
Южный	100	98	136	79	97
Северо-Кавказский	106	103	132	100	87
Уральский	109	114	138	108	92
Сибирский	107	117	115	102	105
Дальневосточный	109	104	108	104	117

Западной Сибири. В **апреле** избыток осадков наблюдался почти всюду, кроме ДВФО; экстремальные осадки выше 200% нормы отмечены в северной половине УФО (на большинстве станций – 95%-е экстремумы), в ПФО, в Средней Сибири. В **мае** средние по РФ осадки были 123% нормы – ранг 5; избыток осадков выше 200% нормы, отмечен на юге ЕЧР (в СКФО выпало 183% нормы: исторический максимум) и западе ДВФО; много осадков выпало в Западной Сибири. **Сильный дефицит** осадков в **марте** наблюдался на юге СФО, в Амурской области, на Чукотке; в **апреле** – в ДВФО; в **мае** – вдоль азиатского побережья Северного Ледовитого океана и в СЗФО (90% нормы).

Летом в целом по России выпало 107% сезонной нормы (ранг 13-15). Значительный избыток осадков (на ряде станций более полутора норм) наблюдался в центре и на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 136% нормы осадков - ранг 3) и в Западной Сибири, а также на северном побережья Охотского моря (залив Шелихова). Наиболее значительное количество осадков в ЕЧР наблюдался в **июне** (135% - ранг 2) и **июле** (129% - ранг 2); влажно преимущественно в СЗФО и ПФО. В **июне** также очень много осадков выпало в УФО (143% нормы, на многих станциях 95%-е экстремумы).

Сезонный **дефицит** осадков наблюдался на севере страны восточнее п-ова Канин. Сильный дефицит наблюдался в **июле** на севере Урала, вокруг Обской и Тазовской губы: выпало менее 20% нормы, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы. В **июне** сильный дефицит отмечен в центральных районах ДВФО и в районе Байкала, в **августе** - в ЕЧР (82% нормы), особенно на юге (в ЮФО выпало 37% нормы - август среди трех самых «сухих»).

Осенью в целом по РФ осадки составили 108% нормы. Основная область избыточных осадков расположена в центральных и северных районах ДВФО (в Восточной Сибири выпало 134% нормы – ранг 3, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы). Избыток осадков наблюдался

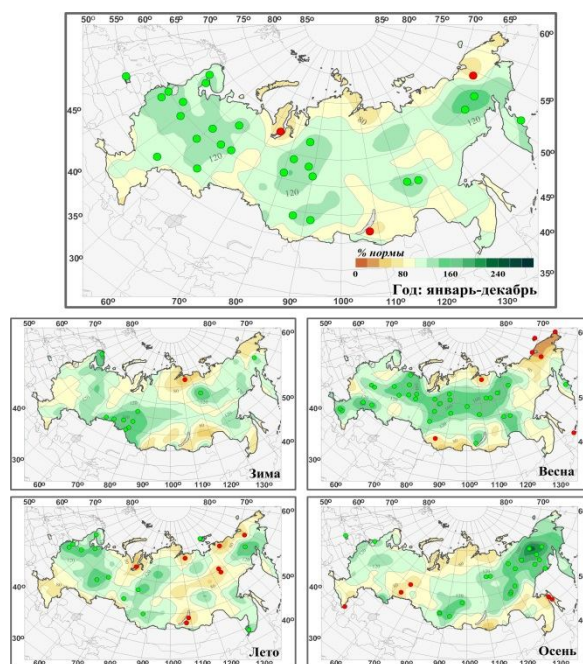


Рисунок 2.2 – Аномалии годовых и сезонных сумм осадков на территории России в 2017 г. (% от нормы 1961-1990 гг.). Кружками красного и зеленого цвета показаны станции, на которых осадки оказались соответственно ниже 5-го или выше 95-го процентиля.

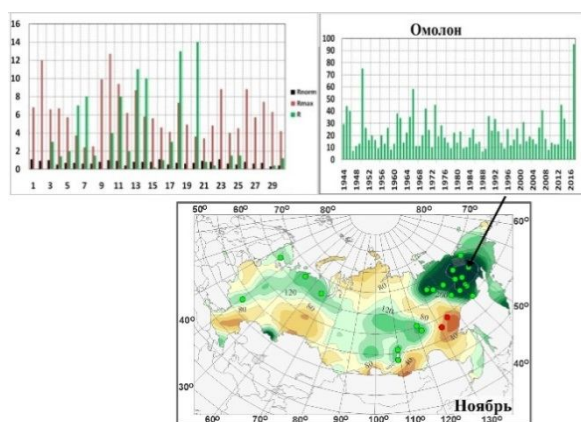


Рисунок 2.3 – Аномалии сумм осадков в ноябре 2017 г. На врезках ряды месячной суммы осадков и осадков за сутки в Оймяконе. Показаны также исторические максимумы осадков для каждого суток

декаде, когда 4 раза превышался суточный максимум осадков. Дефицит осадков **осенью**

также на юге СФО, на большей части ЕЧР. В **сентябре** значительный избыток осадков наблюдался на большей части АЧР (в среднем выпало 118%); в **октябре** – в центре и юге ЕЧР, на северо-востоке страны; в **ноябре** (рис. 2.3) - в Восточной Сибири (186% нормы – ранг 5). В Чукотском АО, Магаданской области, северо-западных районах Якутии и Камчатском крае месячная норма осадков была превышена в 3-4 раза, на многих станциях ноябрьские суммы осадков стали рекордными за всю историю наблюдений. Так в Оймяконе особенно сильные снегопады отмечались во второй

наблюдался на юге ЕЧР и на юге Западной Сибири; вдоль побережья Северного Ледовитого океана от Новой Земли до дельты Лены; а также в Саянах, в Забайкалье, в Приамурье и в Приморье. Из месяцев выделяется **сентябрь** в СКФО (48% нормы - сентябрь здесь в числе трех самых «сухих»), а также на севере АЧР; **октябрь** на юге АЧР, особенно (менее 60% нормы) на Алтае, в Прибайкалье и Забайкалье (68% нормы); **ноябрь** – на юге ДВФО, особенно в Хабаровском крае (до 30% нормы).

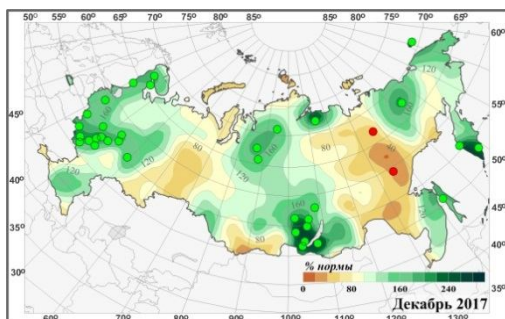


Рисунок 2.4 – Аномалии сумм осадков в декабре 2017 г.

Декабрь 2017 г. (рис.2.4). Осредненные по РФ осадки: 124% нормы – ранг 3. Экстремальные осадки (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдались в ЕЧР (128% - ранг 2) - особенно на северо-западе, западе и в центре, в районе Байкала (в Прибайкалье и Забайкалье выпало 159% нормы – ранг 2), в Якутии, на Чукотке, на Камчатке, в Приморье. Много осадков выпало в СФО; в Средней Сибири осадки составили 126% нормы - ранг 5. Дефицит осадков (40-80%) наблюдался в восточных и центральных районах ДВФО, в УФО (83% нормы), на Алтае.

Тенденции изменений режима осадков

На рис. 2.5 представлено географическое распределение коэффициента линейного тренда атмосферных осадков на территории России для 2017 г. в целом и для сезонов. Оценки получены по стационарным временным рядам годовых и сезонных аномалий осадков за 1976-2017 гг. Численные оценки трендов для регионально осредненных аномалий сезонных и годовых сумм осадков приведены в табл. 2.2 в % нормы за 10 лет.

На территории России в целом преобладает тенденция к росту годовых сумм осадков. Скорость роста 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 35%, т.е. тренд значим на уровне 1%.

Рис. 2.5 показывает, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Наиболее значительные тренды наблюдаются в регионах Средняя Сибирь (3.3%/10 лет, вклад в дисперсию 27%), Восточная Сибирь (3.7%/10 лет; 19%), а также СФО (2.2%/10 лет, 23%) и ДВФО (3.1%/10 лет, 24%). Отрицательный, очень малый и незначимый тренд наблюдается в ряде федеральных округов ЕЧР. 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.

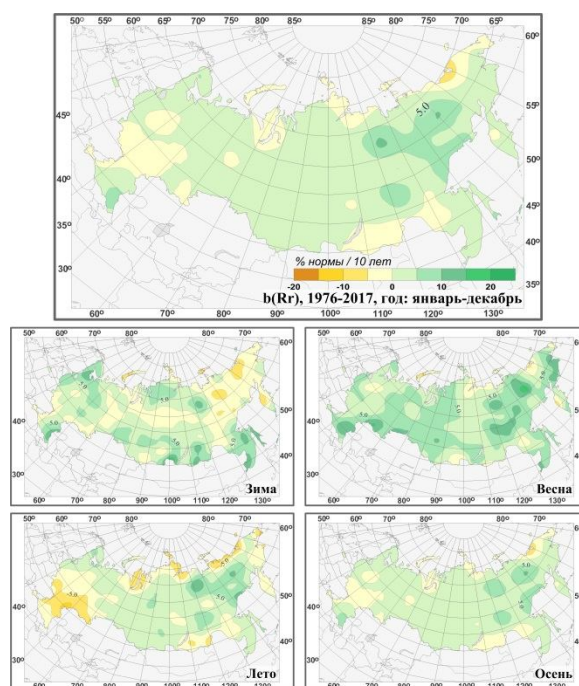


Рисунок 2.5 - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976-2017 гг. на территории России (% / 10 лет).

а лишь наличие определенной фазы таких колебаний.

Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается **весной** (6.0%/10 лет, вклад в дисперсию 35%): увеличение осадков

происходит практически всюду, особенно в ДВФО (до 15-20%/10 лет).

Статистически значимый на 5%-ном уровне положительный тренд отмечается во всех субъектах РФ (кроме ЦФО). **Зимой** рост осадков происходит в основном на севере и юге страны. **Летом** и **осенью** рост осадков наблюдается в АЧР. **Зимой** осадки уменьшаются на севере ДВФО 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.

Таблица 2.2 Оценки линейного тренда осредненных за год (январь - декабрь) и по сезонам месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2016 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	
	b	D%	b	D%	b	D%	b	D%	b	D%
Россия	2.2	35	2.4	11	6.0	35	0.8	5	1.4	5
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	1.2	5	2.5	6	5.0	17	-1.6	3	0.3	0
Азиатская часть России	2.6	41	2.4	8	6.4	33	1.6	13	2.1	11
Западная Сибирь	2.7	14	2.3	3	8.0	30	1.7	2	0.8	1
Средняя Сибирь	3.3	27	1.6	2	6.2	31	3.6	14	2.0	4
Прибайкалье и Забайкалье	0.9	2	3.8	8	3.9	6	-0.3	0	2.2	3
Приамурье и Приморье	1.8	5	7.9	12	5.7	9	1.2	1	-0.6	0
Восточная Сибирь	3.7	19	0.3	0	6.1	22	1.8	3	5.6	21
Федеральные округа										
Северо-Западный	2.5	15	4.9	13	4.0	10	2.0	2	0.2	0
Центральный	0.2	0	2.1	2	4.3	6	-4.0	6	0.4	0
Приволжский	-0.2	0	1.1	0	5.7	9	-3.9	6	-0.7	0
Южный	0.2	0	-0.2	0	5.7	10	-4.6	5	1.2	0
Северо-Кавказский	2.6	9	2.8	3	5.6	10	-1.1	0	2.8	2
Уральский	2.3	8	1.8	1	8.2	25	0.8	0	0.6	0
Сибирский	2.2	23	2.7	6	5.6	19	1.4	5	1.3	2
Дальневосточный	3.1	24	2.1	4	6.4	33	2.0	5	3.0	15

Осадки в 2017 г. и тенденции изменений режима осадков районов Северного Кавказа

Таблица 2.3 - Годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии сумм осадков для м/станций юга ЕЧР в 2017 году: Δ , мм – отклонения от нормы (средних за 1961-1990 гг.); σ – стандартное отклонение за 1961-2015 гг. Желтым цветом выделены отрицательные значения межгодовой изменчивости с превышением более 1σ , оранжевым - более 1.69σ (5%-е экстремумы при Гауссовом распределении), зеленым – положительные значения с превышением более 1.69σ .

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	-61,3	73,0	-10,5	14,7	12,9	40,6	-49,8	44,8	-15,2	35,8
Теберда	29,6	123,1	-45,1	82,2	39,9	64,2	-36,6	54,4	1,7	81,9
Терскол	120,8	167,2	-41,2	87,0	140,2	77,7	-58,8	65,8	71,9	95,2
Нальчик	-170,1	106,7	-25,6	19,5	-109,8	56,6	15,9	68,7	-50,6	51,7
Прохладная	-126,2	92,2	-8,8	19,0	-26,6	46,8	-56,8	57,8	-19,9	43,5
Максимум суточных осадков										
Ахты	-2,9	8,3	-1,8	5,3	0,0	7,4	-8,9	9,4	-1,2	9,3
Теберда	0,4	13,8	-8,3	15,2	-0,3	13,8	-6,0	12,1	11,7	13,4
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	-4,9	11,4	-3,0	5,4	-5,3	11,2	-4,7	10,4	-5,0	14,9
Прохладная	-3,4	15,7	-2,1	4,0	-0,9	14,5	-8,1	14,5	-1,1	13,4
Число дней с осадками не менее 5 мм										
Ахты	0,0	4,4	-0,3	1,6	0,5	2,8	-1,0	3,2	0,7	2,5
Теберда	0	7,4	1,0	3,6	-1,0	4,0	2,0	3,9	-1,0	4,4
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	0	7,0	-1,0	1,9	1,0	3,6	1,0	4,0	0	3,4
Прохладная	-0,3	5,8	-0,3	2,0	0,0	2,9	0,0	3,4	0,0	2,6

Аномалии показателей режима осадков (сумм осадков, максимума суточных осадков, числа дней с осадками не менее 5 мм) по данным 2017 года представлены в табл. 2.3.

Имеют место в основном отрицательные аномалии сезонных сумм осадков: в степных районах – во все сезоны, в предгорных районах – во все сезоны (кроме лета), в горных районах – во все сезоны (кроме весны, в Теберде еще и осени), в высокогорных районах – зимой и летом. Сильный дефицит осадков наблюдался весной в

Нальчике (5%-й экстремум осадков). Следует отметить избыток осадков в Терсколе весной (95%-й экстремум) и осенью. Суточный максимум, число дней не менее 5 мм не превышают межгодовую изменчивость (в пределах $\pm 1 \sigma$).

Изменение режима осадков не проявляется так явно, как изменение температурного режима. На всех станциях наблюдается рост годовых и осенних сумм осадков (табл. 2.4, рис. 2.6), но статистически незначимый даже на уровне 5%. Значимый на 5%-ом уровне рост осадков отмечен весной в Теберде (20.0%/10 лет, 12%), максимальные осадки - осенью в Прохладной. Летние осадки убывают на всех станциях (незначимо). В другие сезоны наблюдаются как изменения осадков разной направленности.

Таблица 2.4 – Характеристики линейного тренда b (D) за 1976-2016 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	0,2	0	19,8	4	20,1	2	8,2	1	13,3	3
	Max	0,4*	0	0,28	0	-	-	0,89	1	4,10	9
	$NR5$	-0,05	0	2,53	21	-	-	1,00	2	0,8	3
Зима	R	1,0	1	-2,76	0	-3,6	0	0,45*	0	4,00	6
	Max	0,74	3	-1,74	2	-	-	-0,08	0	0,73	5
	$NR5$	0,26	3	0,14	0	-	-	0,36	5	0,47	7
Весна	R	-0,6	0	20,0	12	16,6	6	2,7*	0	7,6	4
	Max	0,8	2	0,78	0	-	-	-1,12	1	1,40	1
	$NR5$	-0,41	3	1,05	10	-	-	0,26*	1	0,34	2
Лето	R	-2,3	0	-1,3	0	-0,8	0	-2,2	1	-9,2	3
	Max	0,009	0	-2,08	4	-	-	1,76	4	2,92	5
	$NR5$	-0,33	2	0,89	7	-	-	-0,66	4	-0,5	4
Осень	R	3,0	1	3,1	0	6,5	1	7,4	3	11,3	10
	Max	-0,6	1	0,11	0	-	-	-1,12*	1	4,12	14
	$NR5$	0,42	5	0,35	1	-	-	0,70	11	0,54	7

серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной

* отмечены коэффициенты трендов, поменявших направление

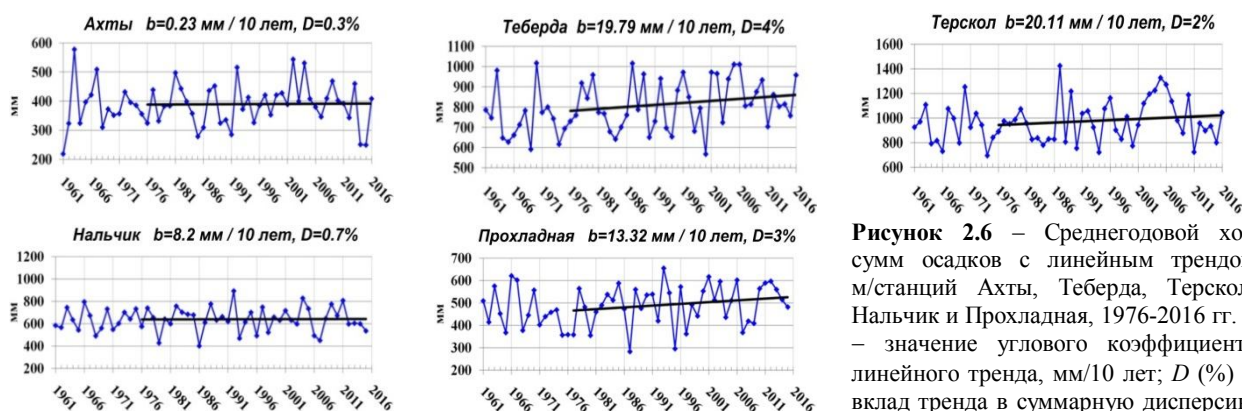


Рисунок 2.6 – Среднегодовой ход сумм осадков с линейным трендом м/станций Ахты, Теберда, Терскол, Нальчик и Прохладная, 1976-2016 гг. b – значение углового коэффициента линейного тренда, мм/10 лет; $D(\%)$ – вклад тренда в суммарную дисперсию за 1976-2016 гг.

3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2016/2017 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 ($1^\circ N \times 2^\circ E$), а затем с весовыми коэффициентами в зависимости от широты квадрата проводилось осреднение по регионам, показанным на рис. 3.1, и территории России. 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. Использованы нормы (средне многолетние значения) характеристик снежного покрова за период 1971-2000 гг.

В табл. 3.1 приведены значения пространственно осредненных аномалий характеристик снежного покрова зимой 2016-2017 гг. для регионов России и их ранги по данным за 1967-2017 гг. Анализ состояния снежного покрова каждого зимнего сезона осуществляется по данным с 1 июля прошедшего года по 30 июня текущего года.

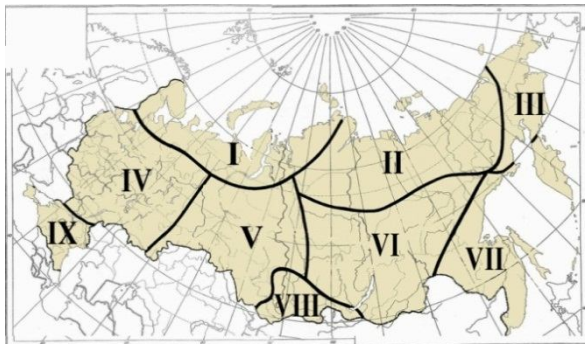


Рисунок 3.1 - Квази-однородные климатические регионы:

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.

Особенности состояния снежного покрова зимой 2016-2017гг.

Первый снег зимой 2016-2017 гг. на ЕЧР выпал позже среднеклиматических сроков на 10-20 дней в северных областях, на Верхней Волге и Среднем Урале, а в западных и южных областях – на 10-20 дней раньше (рис. 3.2, б). На АЧР раньше обычных сроков снег появился на юге Сибири, Якутии, на северном побережье Охотского моря, тихоокеанском побережье Чукотки, северных районах Камчатского края, в Приморье и на юге Сахалина. В Тыве и южных районах Красноярского края временное установление снежного покрова наблюдалось уже в первых числах октября (рис. 3.2, а). В северных и северо-восточных районах АЧР из-за теплого октября первый снег выпал позже климатических сроков. Более позднее появление первого снега отмечалось также в Таймырском и Эвенкийском муниципальных районах Красноярского края, в Республике Алтай, бассейне Колымы и южных районах Хабаровского края. Сошел снег на севере ЕЧР и Сибири позже средних многолетних сроков (рис. 3.2, в) из-за очень снежных, хотя и очень теплых, февраля и марта. В Тюменской области, в центральных и западных районах Якутии, на Чукотке и дальневосточном юге на фоне повышенных температур и дефицита весенних осадков снежный покров сошел раньше климатических сроков.

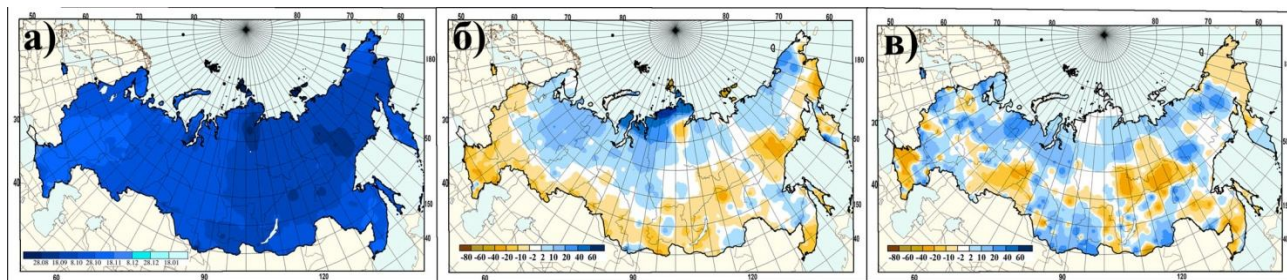


Рисунок 3.2 - а) Даты появления первого снега на территории России в зимний период 2016-2017 гг. б) Аномалии в датах появления первого снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2016-2017 гг. (от норм 1971-2000 гг.) в) Аномалии в датах схода снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2016-2017 гг. (от норм 1971-2000 гг.)

Продолжительность залегания снежного покрова в среднем по России была близка к климатической норме, всего на 2.39 дня меньше (табл. 3.1). В центре и на юге ЕЧР (IV и IX регионы) и Сибири (V и VI регионы), число дней со снегом превысило норму. Максимальные положительные аномалии отмечены на Алтае и в Саянах (VIII регион). Минимальная продолжительность залегания снежного покрова отмечена на Чукотке и севере Камчатки (рис. 3.3, а), и обусловлены она более поздним установлением и ранним сходом снежного покрова. Это рекордное значение в убывающем ряду аномалий числа дней со снегом с 1967 г. А отрицательные аномалии продолжительности залегания

снежного покрова в северных и северо-западных областях ЕЧР обусловлены более поздним установлением снежного покрова.

Таблица 3.1 – Средние за зимний период (2016-2017 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 1967-2017 гг.; σ – среднеквадратическое отклонение.

Регион	Максимальная высота			Число дней со снегом		
	Δ	R	σ	Δ	R	σ
Россия	3.85	10	2.90	-2.39	14	4.94
Север ЕЧР и Западной Сибири	4.40	11	7.72	-8.98	37	9.36
Сев. часть Восточной Сибири и Якутии	8.49	4	4.87	1.44	18	7.73
Чукотка и север Камчатки	2.15	28	10.09	-45.05	51	12.20
Центр ЕЧР,	6.78	12	6.69	5.36	14	10.23
Центр и юг Западной Сибири	9.94	5	7.00	7.40	4	8.32
Центр и юг Восточной Сибири	-0.79	34	6.23	5.89	11	6.04
Дальний Восток	1.29	27	7.14	-3.78	39	6.91
Алтай и Саяны	2.93	15	6.58	12.54	4	9.45
Юг ЕЧР	-0.45	27	4.73	7.64	17	21.94

Примечание: Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за зимы 1967-2017 гг.

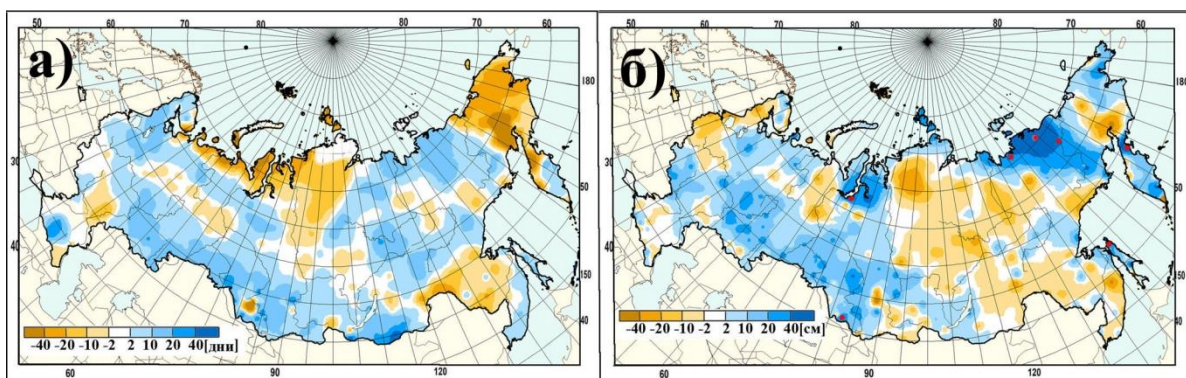


Рисунок 3.3 - а) Аномалии числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции зимой 2016-2017 гг. (от среднемноголетних значений за период 1971-2000 гг.). б) Аномалии максимальной высоты снежного покрова зимой 2016-2017 гг. (от средних многолетних значений за период 1971-2000 гг.). Кружками красного цвета показаны станции, на которых зарегистрирован абсолютный максимум высоты снежного покрова.

В зимний период 2016-2017 гг. **максимальная высота снежного покрова** в среднем по России была выше климатической нормы (табл. 3.1). Однако в отдельных регионах наблюдались значительные аномалии максимальной за зиму высоты снежного покрова обоих знаков (рис. 3.4). На ЕЧР высота снежного покрова значительно превысила норму в северных, юго-западных и восточных областях, а на северо-западе отмечены отрицательные аномалии. На АЧР значительные положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова отмечены на большей части Западной Сибири, в северных и восточных районах Якутии, в Чукотском АО, на Камчатке и Сахалине. Положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова получены для всех квази-однородных регионов, за исключением VI и IX (табл. 3.1). Очень снежным на юге Западной Сибири выдались ноябрь и декабрь 2016 года. Особенно сильные снегопады наблюдались в Алтайском крае и Республике Алтай, где выпало более 2.5-3 месячных норм осадков.

Максимальный за прошедшую зиму **запас воды в снеге** по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России оказался значительно выше нормы в поле и близким к норме в лесу (табл. 3.2). Значительные положительные аномалии запаса воды в снеге в поле отмечены во всех районах, за исключением юга ЕЧР, Чукотки и севера Камчатки. В V и II районах значения максимального запаса воды в снеге на полевом маршруте попали в первую десятку наибольших значений, а в районе VIII (Алтай и Саяны) значение максимального запаса воды в снеге стало рекордным. В лесу максимальный запас в снеге

значительно превысил норму во II, III, VIII квазиоднородных районах, значения аномалий здесь также вошли в число десяти наибольших значений. Отрицательные аномалии запаса воды в снеге на лесном маршруте отмечены в Сибири и на Дальнем Востоке (рис. 3.4, б).

Таблица 3.2 – Аномалии максимального за зимний период (2016-2017 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 1967-2017 гг.; σ – среднеквадратическое отклонение.

Регион	Запас воды в снеге (поле)			Запас воды в снеге (лес)		
	Δ	ранг	σ	Δ	ранг	σ
Россия	21.53	2	8.85	1.76	16	8.09
Север ЕЧР и Западной Сибири	26.58	2	16.95	1.48	17	25.08
Северная часть Восточной Сибири и Якутии	41.14	4	24.68	20.21	4	12.95
Чукотка и север Камчатки	-18.50	31	28.64	43.72	6	27.13
Центр ЕЧР	17.61	12	17.75	4.46	16	18.96
Центр и юг Западной Сибири	44.33	2	17.82	-0.26	18	22.84
Центр и юг Восточной Сибири	2.35	21	6.55	-7.42	42	8.13
Дальний Восток	21.76	11	20.37	-6.54	34	24.80
Алтай и Саяны	35.57	1	14.19	24.41	10	29.81
Юг ЕЧР	-0.72	26	10.46	-	-	-

Примечание: Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за 1967-2017 гг.

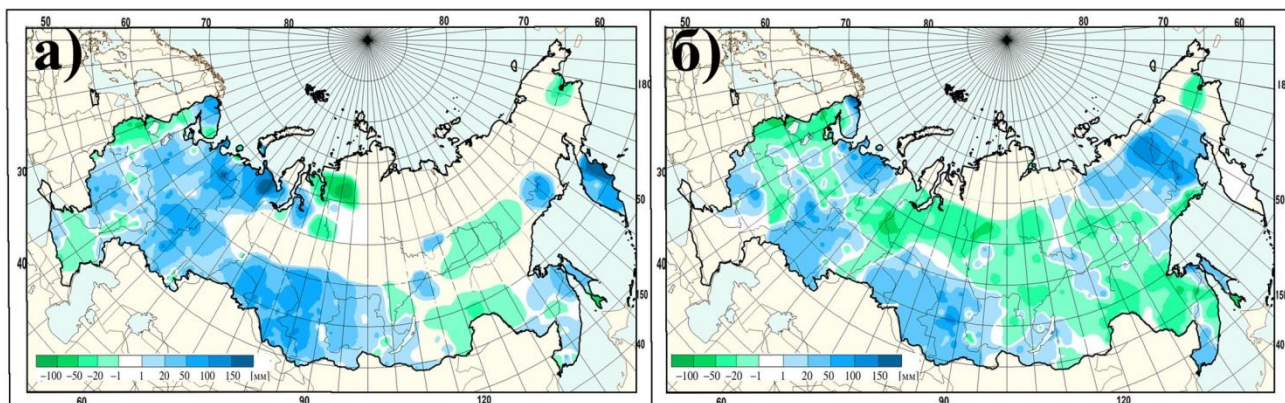


Рисунок 3.4 - Аномалии максимального запаса воды в снеге (мм) зимой 2016-2017 гг. (от среднемноголетних значений за период 1971-2000 гг.) в поле (а) и в лесу (б).

В таблице 3.3 приведены подробные данные о **запасах воды в снежном покрове** по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ. На ЕЧР к началу марта 2017 г. в бассейне р. Волги в целом запас воды в снежном покрове составил 136 мм (123% нормы и 117% от прошлогоднего значения). В большинстве частных бассейнов запасы воды превышали норму на 15-35%; в бассейнах Москвы, Камы и Волгоградского водохранилища были близки к ней. Почти на всем бассейне р. Волги снеготопасы оказались выше прошлогодних на 17-49 мм. В бассейне р. Дон выше Цимлянского водохранилища запасы воды в снеге составили 145% нормы (на 56 мм выше прошлогодних), а в бассейнах его притоков – рек Хопра и Медведицы – 135 и 80% нормы соответственно. В большинстве бассейнов северных рек ЕЧР запас воды в снежном покрове составил 132-141% нормы и на 7-53 мм превысил показатели 2016 г. Дефицит запаса воды отмечен в бассейне р. Нарва (31%), и это еще меньше прошлогодних показателей.

В бассейнах рек и водохранилищ Сибири запасы воды в снеге на конец февраля преимущественно составили 85-161% нормы. Наибольшие запасы воды (150-160% нормы) наблюдались на Верхней Оби и в бассейне Тобола. По сравнению с 2016 годом запасы воды были меньше на 5-20%. В бассейне р. Лена запасы воды в снеге почти повсеместно были близки к средним значениям, в бассейне р. Амур - преимущественно меньше нормы или близки к ней, лишь в бассейне р. Усури местами превышали её на 20-30%. Выше обычных (в 1.3-2.0 раза) были запасы воды в снеге в бассейне р. Колымы.

Таблица 3.3 – Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ европейской части РФ по состоянию на 28 февраля 2017 г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2016 г.): *w2016*, *w2017* – запасы воды в снеге в 2016 и 2017 гг.

По азиатской части РФ сведения приведены по состоянию на 10 апреля 2017 г.

№ п/п	Бассейны рек	Запасы воды в снеге на 28 февраля 2017 г.				
		норма	<i>w2016</i>	<i>w2017</i>		
		мм	мм	мм	% от нормы	% от <i>w2016</i>
1	ВОЛГА, в т.ч.	111	116	136	123	117
2	до Рыбинского водохр.	96	67	116	121	173
3	р. Кострома и Унжа	117	131	155	132	118
4	р. Москва	89	56	86	97	154
5	р. Ока, включая бассейн р.Москвы	79	76	95	120	125
6	р. Сура	97	78	112	115	144
7	р. Ветлуга	126	144	168	133	117
8	Чебоксарское водохранилище	88	86	108	123	126
9	р. Вятка	134	157	174	130	111
10	Куйбышевское водохранилище	123	133	155	126	117
11	Саратовское водохранилище	94	104	109	116	105
12	Волгоградское водохранилище	67	67	62	93	93
13	р. Кама	172	190	193	112	102
14	р. Белая	128	140	160	125	114
15	ДОН, в т.ч.	50	16	72	145	450
16	Хопер	59	с/н	80	135	
17	Медведица	53	47	42	80	89
Реки севера						
18	Северная Двина	110	148	155	141	105
19	Сухона	115	128	154	134	120
20	Вага	110	93	146	133	157
21	Юг	105	151	158	151	105
22	Пинега	96	127	134	140	106
23	Вычегда	126	195	167	132	86
24	Мезень	125	150	169	135	113
25	Нарва	54	36	17	31	47
26	Волхов	63	35	71	113	203
Реки и водохранилища Сибири весной 2017 г.						
27	Верхняя Обь (на 28 февраля)	80	86	129	161	150
28	Тобол (на 28 февраля)	60	97	90	150	93
29	Енисей (Саяно-Шушенское в-ще) (на 31 марта)	111	172	159	144	92
30	Енисей (Красноярское водохранилище) (на 31 марта)	132	181	157	119	87
31	Ангара (оз. Байкал) (на 31 марта)	82	91	88	107	97
32	Ангара (Братское водохранилище) (на 31 марта)	71	88	70	99	80
33	Ангара (Усть-Илимское водохранилище) (на 31 марта)	120	119	101	84	85

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 - 2017 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 - 2016 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. Тенденция к уменьшению наблюдается на отдельных станциях на севере ЕЧР, севере Камчатского края, северо-западе Якутии. Значительно замедлился рост высоты снежного покрова в восточных районах Северного Кавказа. 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, III и IX (табл. 3.4).

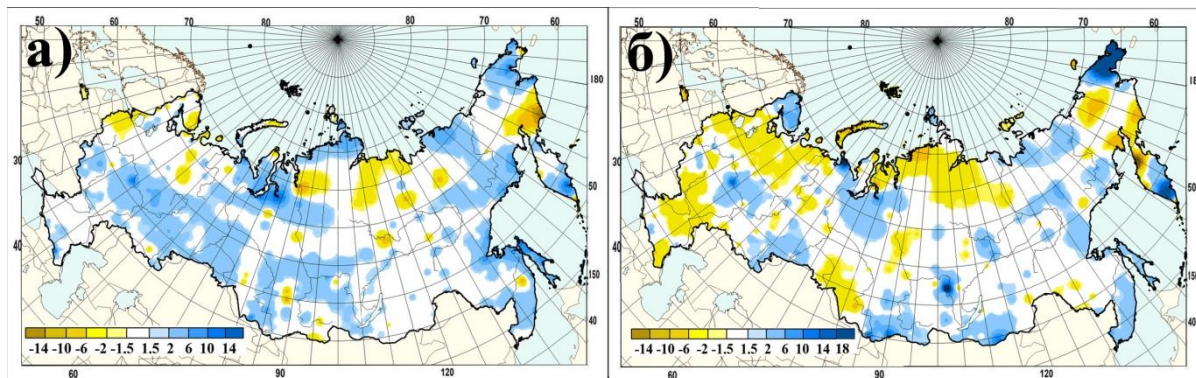


Рисунок 3.5 - а) Коэффициенты линейного тренда (см/10лет) в рядах максимальной за зимний период высоты снежного покрова. б) Коэффициенты линейного тренда (дни/10лет) в рядах числа дней со степенью покрытия окрестностей станции снегом более 50%. 1976-2017 гг.

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). На значительной части страны обнаружено уменьшение продолжительности залегания снежного покрова: на большей части ЕЧР, на арктическом побережье и юге Западной Сибири, Таймыре и северо-западе Якутии. 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 рекордной аномалией нынешней зимы. В среднем для России число дней со снегом сокращается на 0.85 дня за 10 лет (табл. 3.4). Сохраняется тенденция увеличения числа дней со снежным покровом в Забайкалье, на северном побережье Охотского моря, на южном и центральном Урале, в Приморье и южных районах Камчатки.

Тенденции изменений максимального за зиму запаса воды в снеге в 1976-2017 гг. по данным маршрутных наблюдений в поле практически не изменились по сравнению с 1976-2016 гг. Наблюдается увеличение запаса воды в центральных районах ЕЧР, северных и южных районах Западной Сибири, на Камчатке, Сахалине и в Приморье (рис.3.6, а). Средний для страны в целом запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в поле увеличивается на 2.33 мм за 10 лет.

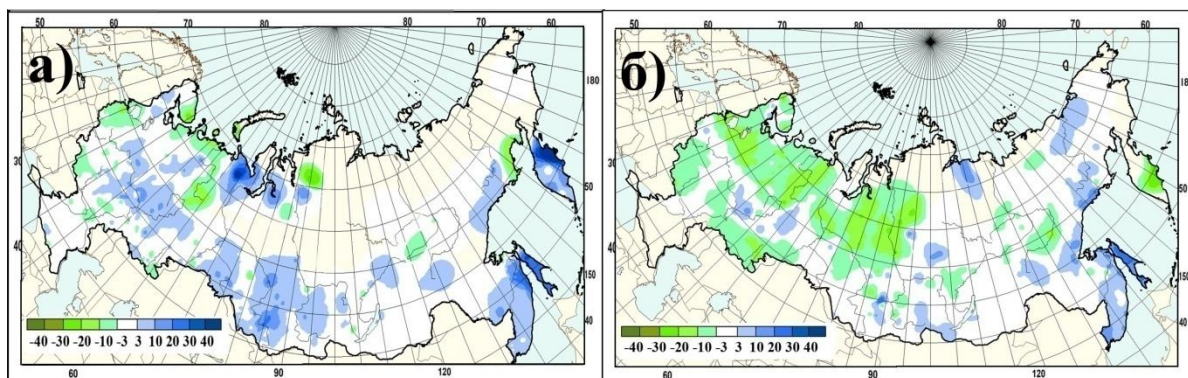


Рисунок 3.6 - Коэффициенты линейного тренда (мм/10лет) в рядах запаса воды в снеге за зимний период в поле (а) и в лесу (б). 1976-2017 гг.

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 6.67 мм за 10 лет (табл.3.4). В центре ЕТР (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 2мм за 10 лет.

Таблица 3.4 – Оценки линейного тренда (значимые на 5%-м уровне) регионально осредненных характеристик снежного покрова для регионов России за 1976-2017 гг.:

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

Регион	<i>Hmax</i>	<i>Nd</i>	<i>SWEn</i>	<i>SWEл</i>
Россия	1.75	-0.85	2.33	-1.73
Север ЕЧР и Западной Сибири	-	-	-	-
Сев. Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	-
Чукотка и север Камчатки	-	-	-8.18	-
Центр ЕЧР	1.56	-2.98	-	-5.84
Центр и юг Западной Сибири	1.89	-	4.16	-
Центр и юг Восточной Сибири	1.01	-	-	-
Дальний Восток	3.88	-	8.8	6.67
Алтай и Саяны	-	-	4.55	-
Юг ЕЧР	-	-	-	-

4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК

Вскрытие рек и очищение ото льда водохранилищ весной 2017 года. Весной 2017 года в связи с преобладанием теплой погоды во второй половине февраля началось развитие весеннего половодья на реках Калининградской области и в бассейне Дона. В конце февраля реки Калининградской области очистились ото льда. На реках Донского бассейна половодье началось раньше обычного в начале третьей декады февраля на реках Ростовской области – на 8-21 день, в середине декады на Среднем Дону (Ростовская и Волгоградская области) - на 20-29 дней.

В первой декаде марта раньше нормы на 14-23 дня вскрылись ото льда Верхняя и Средняя Ока, Хопер ниже устья р. Ворона, Днепр на участке Смоленск – Лоев, Сож, Десна и Западная Двина на участке Витебск – Верхнедвинск. Во второй декаде марта начался ледоход на реках Верхняя Волга, Хопер выше устья р. Ворона, Днепр выше Смоленска и Западная Двина выше Витебска. В третьей декаде марта вскрылись Ока ниже устья р. Мокша и Сура ниже Алатыря.

В результате потепления в конце февраля – начале марта на территории Ленинградской, Псковской и Новгородской областей начались весенние процессы, таяние снега, разрушение ледяного покрова и повышение уровней воды. Вскрытие большинства рек Псковской области произошло в первой-второй декадах марта, Ленинградской и Новгородской областей – во второй декаде марта-первой декаде апреля, что на 1-5 недель раньше нормы. Очищение большинства рек Псковской области произошло в третьей декаде марта, Ленинградской и Новгородской областей – в первой-второй декадах апреля, что также на 1-5 недель раньше нормы. Вскрытие озер Чудско-Псковского и Ильменя произошло 25-27 марта, что на 9-19 дней раньше нормы, центральной части Онежского озера – 15 апреля. Очищение озер Чудско-Псковского и Ильменя отмечалось – 7-14 апреля, Ладожского - в первой декаде мая, что на 1-3 недели раньше нормы.

В марте на реках Республики Татарстан раньше среднемноголетних сроков на 4-25 дней проходили процессы разрушения льда; на большинстве водотоков лед растаял на месте. Весенний ледоход отмечался на реках Свияга и Шешма на 7-16 дней раньше нормы; Меша, Мензель и Милла - на 3-5 дней позже нормы. К концу марта вскрылись и

очистились водохранилища: Куйбышевское в сроки раньше среднемноголетних дат на 1-13 дней; Нижнекамское - в сроки на 1-4 дня позже нормы.

Весенние процессы на территории Карелии начались в конце марта и носили затяжной характер. Вскрытие рек наблюдалось в период с 9 по 28 апреля, что на 2-10 дней раньше нормы. К концу мая все реки очистились ото льда. Вскрытие центральной части Онежского озера произошло 15 апреля, очищение – 24 мая.

В марте в связи с аномально теплой погодой на реках южной половины Камчатского края началось разрушение ледяного покрова в экстремально ранние сроки или близкие к ним; на 15-20 дней раньше нормы вскрылись реки Большая Воровская, Быстрая, Плотникова и Камчатка в верховьях. В конце марта началось вскрытие и очищение рек южных районов Сахалинской области, что на 7-10 дней раньше нормы; в конце апреля - рек центральных и северных районов острова (в сроки близкие к норме).

В конце марта – первой декаде апреля произошло вскрытие ото льда Оби в районе с. Фоминское, рек Бия, Катунь, Чарыш до с. Карпово, Кокса, Песчаная, Ануй, что раньше нормы на 2-10 дней. В первой декаде апреля на 12 дней раньше нормы очистилось ото льда Волгоградское водохранилище.

Во второй декаде апреля около нормы и до 12 дней раньше ее происходило вскрытие северных притоков Волги - Костромы, Унжи, Ветлуги, а также Вятки, Оби выше Камня и ниже Новосибирска до устья Чулыма, Иртыша на участке Черлак – Омск, Тобола, Туры, Тавды, Северной Двины выше Абрамково, Сухоны, Юга, Лены на участке Качуг – Усть-Кут, Амура от Кумары до Хабаровска, Зеи и Шилки. В это же время очистились ото льда Саратовское и Чебоксарское водохранилища. Во второй декаде апреля проходило вскрытие ото льда и Иртыша (участок: с. Татарка – г. Тобольск), а также его притоков: Омь, Тара, Ишим, Вагай, Тобол с притоками (Исеть, Тура, Пышма, Тавда) – в среднемноголетние сроки и до 3 – 6 дней раньше.

В третьей декаде апреля около нормы и до 12 дней раньше вскрылись Северная Двина ниже Абрамково, Вычегда, Кама, Обь от устья Чулыма до Сургута, Иртыш ниже Карташово, Енисей от Назимово до Ворогово, Лена от Усть-Кута до Витима, Киренга, Амур на участке Покровка – Кумара и ниже Комсомольска-на-Амуре, Аргунь и Амгунь; очистились ото льда Переборский залив Рыбинского водохранилища, Горьковское, Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища. В конце апреля – начале мая на 3-7 дней раньше нормы очистилось ото льда Новосибирское водохранилище. В третьей декаде апреля вскрылись реки: Большой Юган (у д. Таурово), Иртыш (на участке: п. Уват – г. Ханты-Мансийск), Конда – в сроки раньше среднемноголетних дат на 4–9 дней.

В республики Башкортостан процесс разрушения льда на реках бассейна Белой происходил в течение апреля и носил вялотекущий характер; вскрытие и очищение ото льда малых степных рек проходило на 5-6 дней позже нормы. Разрушение льда на горных реках произошло на 1-5 дней позже средних многолетних значений; на реках Инзер, Сим, Лемеза вскрытие сопровождалось неопасными заторами льда. Вскрытие р. Белая наблюдалось во второй декаде апреля, что на 1-7 дней позже нормы, р. Уфа - в первой декаде апреля, в сроки близкие к норме. В конце апреля полностью очистилось ото льда Павловское водохранилище.

В первой декаде мая около нормы и до 11 дней раньше вскрылись Пинега, Печора выше Усть-Щугора, Обь от Сургута до Октябрьского, Енисей на участке Ворогово – Верхнеимбатское, Лена от Витима до Олекминска; очистились ото льда северная часть Рыбинского водохранилища, Шекснинское, Камское и Воткинское водохранилища.

Во второй декаде мая начался ледоход на реках Мезень, Витим, Обь ниже Октябрьского до Мужей, Енисей на участке Верхнеимбатское – Туруханск, Лена от Олекминска до Сангар, Алдан, Вилуй, Яна, Колыма от Среднекана до Среднеколымска; очистился ото льда Беломорско-Балтийский канал. В третьей декаде мая – первой декаде июня в сроки близкие к норме вскрылись Обь ниже Мужей, Енисей ниже Туруханска, Лена ниже Сангар, Индигирка. На 5 дней раньше нормы начался ледоход на Колыме на

участке Среднеколымск – Черский. Позже нормы вскрылись Индигирка в районе Чонкурдаха (на 5 дней) и Печора на участке Усть-Уса – Усть-Цильма. Вскрытие Верхней Печоры и ее притоков произошло на 1-2 дня позже обычного; Средняя и Нижняя Печора с притоками вскрылись на 8-17 дней позже средних многолетних дат.

В течение мая вскрылись и очистились ото льда реки севера Тюменской области: Обь (участок с. Белогорье – г. Полноват), пр. Юганская Обь, пр. Сытоминка, пр. Малая Обь, Вах (с. Ларьяк), Назым в сроки раньше среднемноголетних дат на 6-8 дней; Казым, Северная Сосьва, Ляпин, Сыня, Еркал–Надей–Пур, Таз (с. Толька) - в сроки среднемноголетних дат на 3-15 дней позже. В конце мая – второй декаде июня вскрылись и очистились ото льда реки Чукотского автономного округа.

В Приморском крае особенностью весеннего периода 2017 г. явились высокие температуры воздуха марта и первой половине апреля, обусловившие раннее вскрытие рек, и интенсивный приток талых вод в русловую сеть. Вскрытие рек Приморского края произошло в третьей декаде марта – первой декаде апреля, что на 5-10 дней раньше средних многолетних сроков. На отдельных участках рек центральных районов края вскрытие сопровождалось маломощными заторами льда. Движение льда на оз. Ханка началось 5 апреля и к 11 апреля озеро очистилось ото льда.

В первой декаде июня на 3-4 дня позже средних многолетних сроков вскрылись низовья рек Яна и Индигирка. Во второй декаде июня на 10 дней позже нормы начался ледоход в низовьях Анабара, Оленька.

В первой половине июня на 8-15 дней позже нормы вскрылись небольшие озера Мурманской области и водохранилища Иовское, Князегубское, Имандра, Верхнее-Туломское и оз. Умбозеро.

В июне вскрылись и очистились ото льда реки Ямало-Ненецкого автономного округа: Собь, Полуй, Щучья, Надым, Ныда, Пур, Пяку-Пур, Таз (с. Красноселькуп – пгт Тазовский) и Тазовская Губа (с. Находка) в сроки близкие к среднемноголетним датам и на 3-12 дней позже нормы.

Появление льда на реках и установление ледостава на водохранилищах осенью 2017 года. Осенью 2017 года ледообразование на большинстве рек России проходило недружно, прерывисто и, в основном, в поздние сроки и близкие к экстремально поздним срокам.

В конце первой – начале второй декадах ноября на 8-13 дней позже нормы началось ледообразование на Средней Оби, на Иртыше ниже Омска и реках его бассейна. Около нормы и до 8 дней позже нее появился лед на Амуре ниже Иннокентьевки.

В конце второй и в третьей декадах ноября на 11-25 дней позже нормы появился лед на Северной Двине, Сухоне, Вычегде, Костроме, Унже, Ветлуге, Верхней Каме и Иртыше на участке Черлак – Омск. В эти же сроки установился ледостав на Камском, Шекснинском водохранилищах, в Шекснинском заливе Рыбинского водохранилища и на Беломорско - Балтийском канале.

В конце третьей декады ноября на 5-15 дней позже нормы началось неустойчивое ледообразование на Верхней и Средней Волге, Оке и Москве-реке.

В конце ноября и в первой декаде декабря на 5-25 дней позже нормы началось ледообразование на Суре, Белой, Западной Двине и установился ледостав на Переборском заливе Рыбинского водохранилища, на Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском, Воткинском и Нижнекамском водохранилищах.

Во второй декаде декабря установился ледостав на Саратовском и Волгоградском водохранилищах.

В третьей декаде декабря на 27-33 дней позже нормы началось неустойчивое ледообразование на Неве и Днепре.

5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ

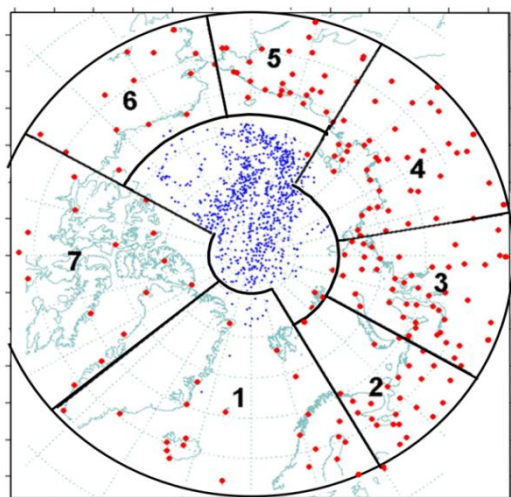


Рисунок 5.1 – Положение метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов: 1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский

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 принимался период с декабря предыдущего года по ноябрь рассматриваемого.

Оценка аномалий средних сезонных и среднегодовой температуры воздуха за 2017 г. по отдельным широтным зонам (70–85, 60–70 и 60–85° с.ш.) представлена в таблице 5.1. Значение пространственно осредненной аномалии среднегодовой температуры воздуха СПО составило 2.2°C, и 2017 г. стал третьим теплым годом по рангу теплых лет за период с 1936 г. Аномалия среднегодовой температуры воздуха в широтной зоне 70–85° с.ш. оказалась равной 2.7°C, а в зоне 60–70° с.ш. – 1.8°C. Эти значения стали также третьими по рангу теплых лет.

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 1936–2017 гг. Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев Международной программы арктических буёв.

Температура воздуха. Для расчета аномалий температуры воздуха, осредненных по территории СПО и территориям климатических районов использован метод оптимального осреднения. Оценки аномалий получены относительно рекомендованного

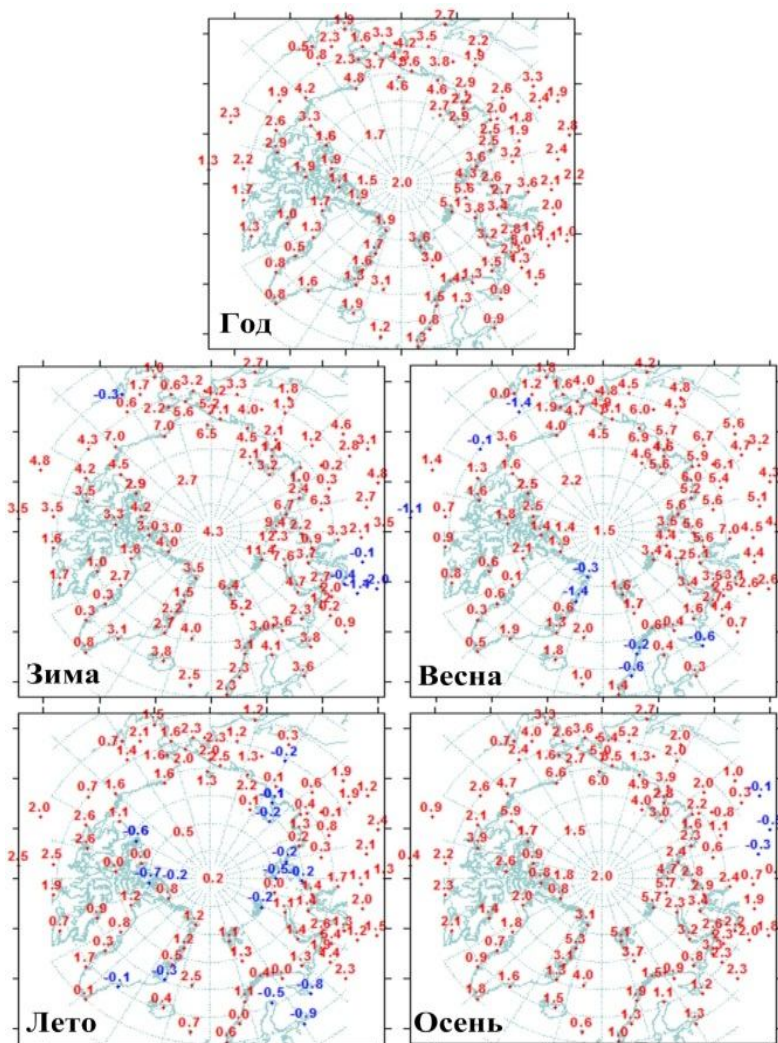


Рисунок 5.2 – Аномалии среднегодовой и средних сезонных температур воздуха на станциях СПО, °C.

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 2017 году, по отдельным климатическим районам СПО приведены в таблице 5.2. Более подробные данные для северных и южных частей районов см. на сайте <http://www.aari.ru/main.php>.

Можно видеть, что в 2017 г. области крупных положительных аномалий температуры располагались преимущественно в азиатском секторе, на территории Западносибирского и Чукотского районов. Самые крупные аномалии наблюдались в районе Карского и Чукотского морей.

Временные ряды пространственно осредненных аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов широтной зоны 60-85° с.ш. и их линейные тренды за весь период с 1936 года, за последние тридцать и десять лет, представлены на рис. 5.3, а для районов арктических морей (70-85° с.ш.) – на рис. 5.4.

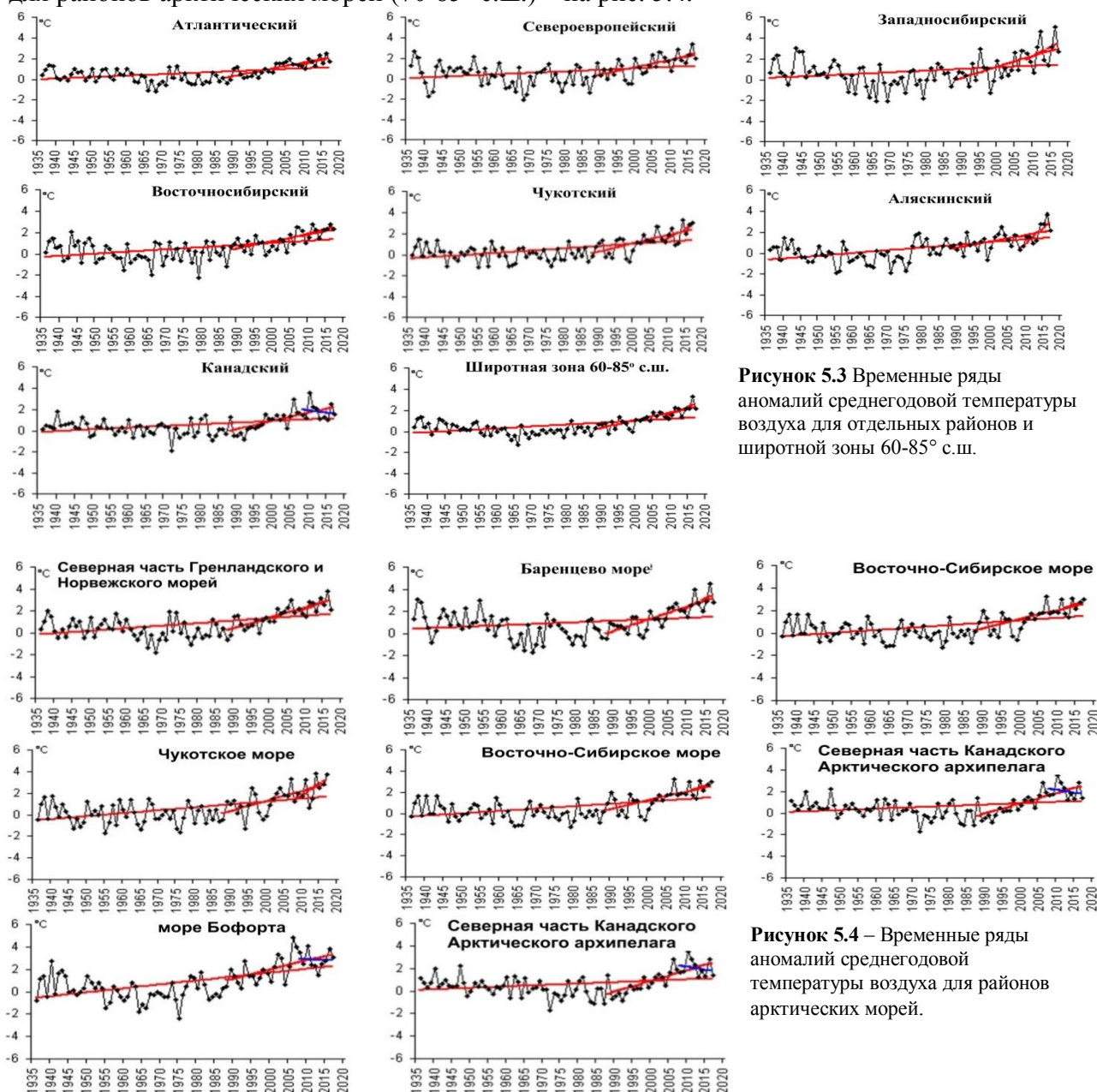


Рисунок 5.3 Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для отдельных районов и широтной зоны 60-85° с.ш.

Рисунок 5.4 – Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов арктических морей.

Характеристики линейного тренда, оцененные по этим рядам за 1936-2017 гг., приведены в таблице 5.3. В течение 1936-2017 гг. наблюдается статистически значимый (на 5-% уровне) 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 82 года составило соответственно 1.39, 1.56 и 1.48°C. Значимый тренд в среднегодовой температуре воздуха прослеживается во всех районах, кроме Западносибирского. Потепление за 82 года составляет в различных районах от 1.23 до 2.13°C.

Таблица 5.1 – Аномалии температуры воздуха в 2017 г., осредненные по территории СПО и по широтным зонам, в среднем за год (декабрь 2016 - ноябрь 2017) и за сезоны: ΔT , °C – отклонения от средних за 1961-1990; R – ранг в ряду убывающих температур за 1936-2017 гг.

Широтная зона, °с.ш.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R
70-85	2.7	3	4.3	2	3.2	5	0.8	10	2.4	9
60-70	1.8	3	2.1	7	2.5	5	1.2	4	1.6	6
60-85	2.2	3	3.1	2	2.8	3	1.0	6	2.0	7

Таблица 5.2 – Аномалии температуры воздуха в 2017 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	
	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R
Атлантический	1.7	4	3.1	4	0.8	16	0.7	10	2.2	3
Североевропейский	2.0	8	3.5	15	1.4	15	1.0	10	1.9	11
Западносибирский	2.7	7	3.1	15	4.3	6	1.1	10	2.1	11
Восточносибирский	2.4	3	2.7	8	5.3	3	0.8	9	0.9	23
Чукотский	3.2	2	3.7	4	5.0	1	1.2	8	2.7	10
Аляскинский	2.2	4	2.7	10	1.7	13	1.3	6	3.0	4
Канадский район	1.6	8	2.8	7	1.1	17	1.1	8	1.3	15
Канадский район (северная часть)	1.4	11	2.6	7	1.5	18	0.3	16	1.1	17
Гренландское и Норвежское моря (северная часть)	2.1	8	3.6	8	0.8	18	1.1	11	3.0	3
Баренцево море	2.8	6	5.3	8	2.1	14	0.8	13	3.0	5
Карское море	3.5	7	5.5	10	4.6	5	0.8	13	3.2	12
Море Лаптевых	2.5	7	2.9	8	5.4	3	0.2	19	1.4	23
Восточно-Сибирское море	3.1	3	3.6	3	5.2	2	0.9	10	2.5	13
Чукотское море	3.7	2	5.8	1	4.7	2	1.8	2	2.5	10
Море Бофорта	3.1	7	5.3	1	2.9	9	0.9	10	3.2	6

Таблица 5.3 – Коэффициенты линейного тренда средней за сезон и за год (декабрь-ноябрь) температуры воздуха за период 1936-2017 гг. по регионам СПО;
 b , °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ – вклад тренда в дисперсию

Район, широтная зона	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$
Широтные зоны										
70-85 °с.ш.	0.19	29.8	0.26	49.7	0.13	52.4	0.17	32.6	0.19	44.9
60-70 °с.ш.	0.17	35.5	0.23	52.3	0.14	58.7	0.12	34.6	0.17	56.5
60-85°с.ш.	0.20	40.1	0.24	52.6	0.13	57.4	0.15	36.5	0.18	52.4
Районы СПО										
Атлантический	0.21	37.3	0.16	41.1	0.12	44.7	0.11	30.1	0.15	44.0
Североевропейский	0.11	10.4	0.30	44.1	0.10	24.8	0.09	16.4	0.15	30.6
Западносибирский	0.07	6.4	0.34	37.7	0.12	31.9	0.10	12.4	0.16	27.3
Восточносибирский	0.23	29.2	0.34	44.1	0.12	35.2	0.13	19.5	0.21	44.8
Чукотский	0.12	17.8	0.28	40.3	0.19	55.5	0.27	41.2	0.22	51.4
Аляскинский	0.40	44.8	0.26	34.1	0.18	52.3	0.18	27.7	0.26	56.1
Канадский	0.24	31.9	0.08	14.4	0.12	41.5	0.20	39.0	0.16	41.1
Моря как часть климатического района										
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0.29	33.9	0.25	46.0	0.19	61.9	0.18	33.4	0.23	49.3
Баренцево море	0.06	6.1	0.25	37.9	0.09	26.6	0.12	20.2	0.13	25.0
Карское море	0.05	3.6	0.35	36.3	0.09	24.4	0.14	15.1	0.16	21.9
Море Лаптевых	0.08	10.3	0.28	36.4	0.10	26.9	0.11	13.9	0.14	27.8
Восточно-Сибирское море	0.19	30.6	0.28	38.4	0.17	44.6	0.24	33.9	0.22	49.4
Чукотское море	0.30	33.0	0.29	36.0	0.19	51.4	0.27	40.8	0.26	51.3
Море Бофорта	0.46	53.4	0.23	38.2	0.15	45.0	0.27	41.2	0.28	57.0
Северная часть Канадского района	0.16	20.3	0.07	12.4	0.07	20.0	0.19	35.3	0.12	30.5

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

В течение последних 30 лет (1988-2017 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 2.25°C за 30 лет (или $0.75^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В районах арктических морей в течение 1936-2017 гг. знак тренда всюду положительный (рис. 5.4). В последнем 30-ти летнем периоде наиболее высокими темпами повышение температуры происходит в районе Карского моря. Линейное повышение среднегодовой температуры воздуха здесь составило около 4.95°C за 30 лет.

Таблица 5.4 – Относительные аномалии (%) сезонных и годовых сумм осадков в 2016/17 г. (в % от нормы 1961-1990 гг.)

Район, широтная зона	Холодный период	Теплый период	Год
Атлантический	98.8	87.7	95.4
Североевропейский	104.1	95.7	100.5
Западносибирский	105.0	97.0	101.1
Восточносибирский	101.7	94.9	98.1
Чукотский	101.7	91.8	97.4
Аляскинский	86.9	109.9	99.3
Канадский	93.3	97.4	95.4
70-85 °с.ш.	93.7	116.0	104.4
60-70 °с.ш.	96.8	99.9	98.1
60-85 °с.ш.	99.6	95.7	97.9

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. В таблице 5.4 представлены относительные аномалии сезонных и годовых сумм осадков в 2016/17 г. для СПО и для отдельных климатических районов. На рис. 5.5 приведены временные ряды годовых сумм осадков для районов арктических морей.

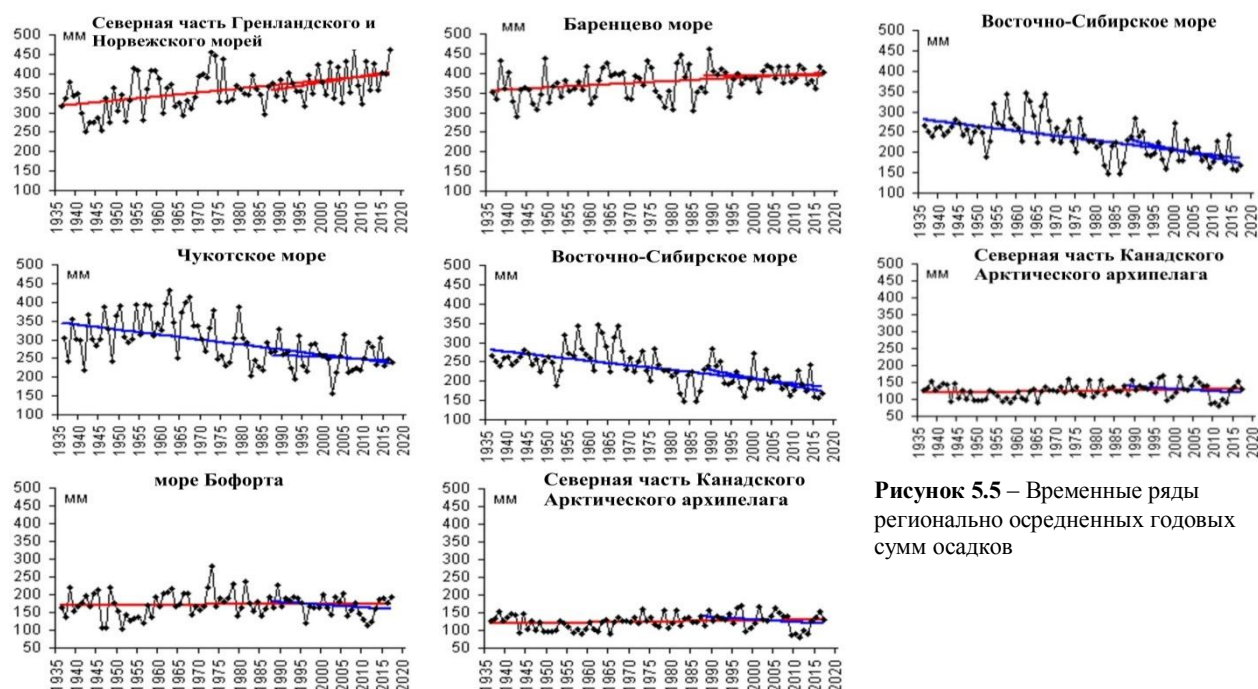


Рисунок 5.5 – Временные ряды регионально осредненных годовых сумм осадков

В целом для СПО в 2016/17 г. годовая сумма осадков была ниже нормы (на 2.1 %) – главным образом, за счет более сухого холодного периода в обеих широтных зонах и теплого периода к югу от 70° с.ш. В отдельных районах самое малое количество осадков выпало в Атлантическом и Канадском (в обоих районах на 4.6 % ниже нормы), из-за более сухого теплого периода в Атлантическом (на 12.3 % ниже нормы) и более сухого холодного периода в Канадском (на 6.7 % ниже нормы).

В таблице 5.5 представлены оценки трендов в изменении сезонных и годовых сумм осадков с 1936 по 2017 г. по северным ($70-85^{\circ}$ с.ш.), южным ($60-70^{\circ}$ с.ш.) частям климатических районов, а также для районов в целом. В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936-2017 гг. в СПО наблюдается тенденция их статистически

значимого 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 в течение всего года и в районах арктических морей азиатского сектора СПО в теплый период года. Более всего рост осадков выражен в южной части Североевропейского района (14.3 мм/10 лет для осадков холодного периода и 17.5 мм/10 лет для годовых сумм), а уменьшение – в Восточно-Сибирском и Чукотском морях (12.3 и 13.5 мм/10 лет для годовых сумм).

Таблица 5.5 – Оценки линейного тренда регионально осредненных сезонных и годовых сумм осадков за период 1936-2017 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	7.13	17.4	-1.06	7.3	6.07	14.9
Североевропейский (южная часть)	14.30	69.2	3.24	22.7	17.54	65.0
Западносибирский (южная часть)	8.79	60.4	-2.10	14.7	6.69	29.5
Восточносибирский (южная часть)	2.46	37.2	-0.01	0.1	2.45	21.7
Чукотский (южная часть)	-0.42	2.9	-0.45	3.8	-0.87	6.2
Аляскинский (южная часть)	2.52	17.2	0.19	1.0	2.71	6.6
Канадский (южная часть)	-0.22	3.0	2.99	36.5	2.77	27.5
60-70°с.ш.	5.15	47.0	0.44	8.1	5.59	44.0
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	9.63	52.4	0.36	3.5	9.99	48.1
Баренцево море	6.41	56.9	-0.74	6.8	5.67	35.2
Карское море	0.20	2.5	-1.14	12.2	-0.94	7.0
Море Лаптевых	-3.09	39.5	-3.03	31.0	-6.12	46.2
Восточно-Сибирское море	-7.12	56.3	-5.19	45.1	-12.31	60.7
Чукотское море	-9.28	54.7	-4.21	30.0	-13.49	52.3
Море Бофорта	-0.84	8.6	1.17	14.9	0.33	1.8
Канадский (северная часть)	0.52	8.9	0.69	12.2	1.21	15.9
70-85°с.ш.	1.43	28.7	-0.89	20.4	0.54	5.6
Атлантический	8.15	28.2	-0.59	5.7	7.56	25.7
Североевропейский	11.11	74.3	1.75	16.7	12.86	64.2
Западносибирский	5.17	57.1	-1.70	17.9	3.47	23.3
Восточносибирский	0.33	6.6	-1.16	15.6	-0.83	11.0
Чукотский	-3.27	26.4	-2.54	24.7	-5.81	34.4
Аляскинский	1.43	12.0	-1.03	6.6	0.4	0.5
Канадский	0.07	1.3	2.13	37.5	2.2	29.5
60-85°с.ш.	3.35	45.5	-0.41	9.9	2.94	34.0

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

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.

Морская Арктика

Температура воздуха. В области морской Арктики самым теплым за период наблюдений с 1951 г. остался 2016 год. Средняя приповерхностная температура воздуха (ПТВ) зимой в этой области составила – 19.3°C. Летом она стала второй в ряду теплых летних сезонов. В 2017 году обе температуры понизились, особенно летом (рис. 5.6).

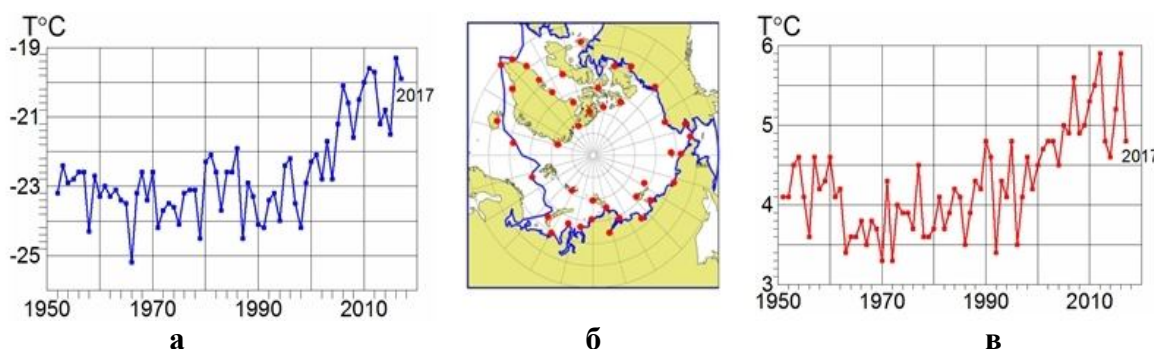


Рисунок 5.6 – Средняя за декабрь-февраль (а) и за июнь-август (в) приповерхностная температура воздуха на 41 станции в морской Арктике (б) в 1951–2017 гг.

Морские льды. По данным ААНИИ минимальная среднемесячная площадь морского льда в 2017 году, наблюдаемая в сентябре, составила 4.74 млн. кв. км (рис. 5.7). Абсолютный минимум был достигнут в сентябре 2012 года, в 2016 году сентябрьский минимум оказался четвертым, в 2017 году – восьмым.

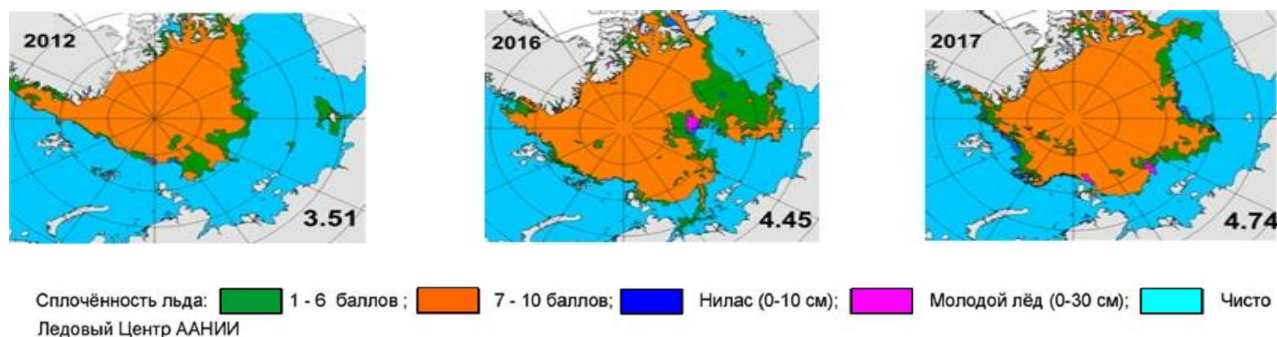


Рисунок 5.7 – Морской ледяной покров Арктики в середине сентября 2012–2017 гг.

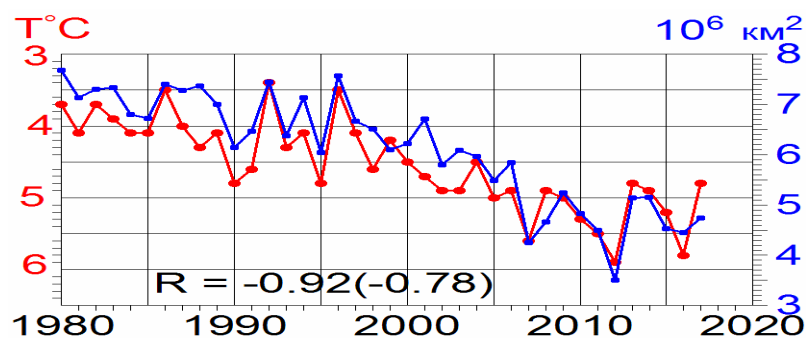


Рисунок 5.8 – Средняя сентябрьская площадь морского льда в Северном Ледовитом океане по данным ААНИИ и летняя (июнь-август) приповерхностная температура воздуха в морской Арктике

Сокращение площади льда в Северном Ледовитом океане в сентябре и повышение летней температуры воздуха находятся в тесном согласии (коэффициент корреляции равен -0.92), испытывая при этом значительные межгодовые колебания (рис. 5.8).

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.

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 2012 году, а летом – в 2016 году.

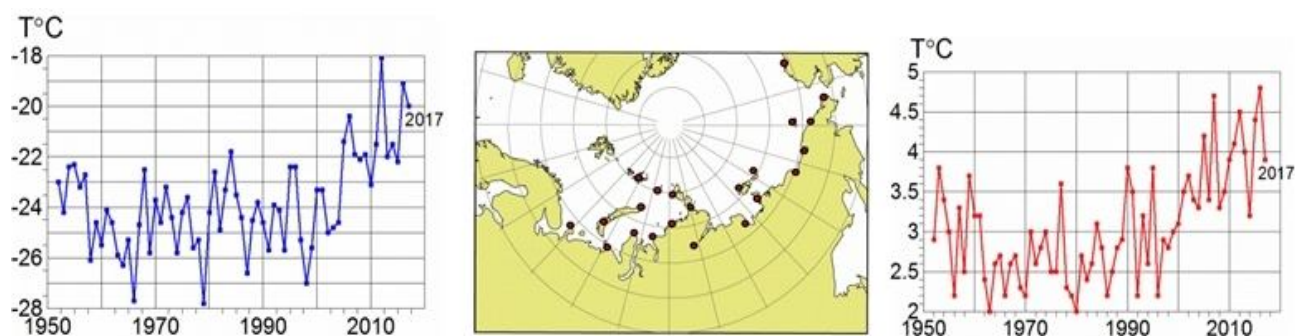


Рисунок 5.9 - Средняя температура воздуха зимой (а) и летом (в) на акватории арктических морей, по которым проходит трасса СМП по данным 22 метеорологических станций (б).

В 2017 году обе температуры понизились. Морской ледяной покров в арктических морях к концу лета быстро сокращался, начиная с 1998 года, уменьшившись к 2005 году до 200 тыс. км². В последние 13 лет его площадь в сентябре колеблется около этого уровня, что в 7 раз меньше, чем в 1996–1998 гг. (рис. 5.10).

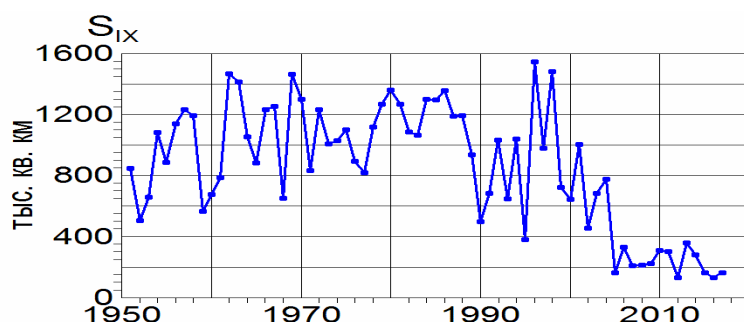


Рисунок 5.10 – Площадь, занятая морским льдом в сентябре в Сибирских арктических морях (моря Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) по данным отдела ледовых прогнозов ААНИИ

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 стандартизированной 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.

Из 66 площадок CALM на территории России, на которых когда-либо проводились измерения, в 2017 году были задействованы 46. На ЕЧР представлены 5 площадок, в Западной Сибири – 10 площадок, в Центральной Сибири из 9 имевшихся площадок измерения проводились лишь на 5. Лучше всего представлен Северо-восток Сибири, где измерения проводились на 20 площадках. На Дальнем Востоке были задействованы 6 площадок.

В таблице 6.1 представлены данные о мощности СТС и средних величинах за 15-ти летний период 2003-2017 гг. Также приведены тренды СТС за период с начала наблюдений индивидуально на каждой площадке до 2016 г. и до 2017 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 permafrost.su.

Таблица 6.1– Мощность СТС (см), средние значения за период 2003-2017 (СР, см) и тренды (см/10 лет) за период с начала наблюдений по 2016 г. (ТР1) и по 2017 г. (ТР2) на площадках CALM.

Код	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	СР	ТР1	ТР2
Европейский север																		
R2	77	78	81	84	89	87	86	89	88	91	93	91	90	92	80	86	16	13
R23	113	125	131	137	138	152	144	138	144	161	156		150	169	155	143	42	39
R24	113	120	115	114	125	124	112	104	107	>135	117	102	110	111	88	113	4	1
R24 a								58	64	88	87	65	80	109	76	78	58	36
Западная Сибирь																		
R1	126	134	141	129	129	136	101	114	129	134	136	164	163	186	148	138	15	15
R3	109	114	116	116	114	114	85	98	102	127	115	102	122	136	98	111	5	3
R5		94	97	94	92	93	76	87	87	102	103	95	102	114	102	96	6	6
R5a					72	75	47	67	67	77	80	71	76	87	66	71	19	11
R5b					72	73	81	65	65	77	78	70	77	91	75	75	12	9
R5c					112	113	82	106	114	128	126	111	129	144	118	117	38	29
R50 a						84	65	77	72	87	70	76	85	74		46	3	-3
R50 b						84	65	80	82	95	92	84	93	96		76	25	22
Центральная Сибирь																		
R29 A		35	25	33	35	44	38	28	38	39	33	26	35			34		
R29 B		26	33	32	44	37	25	28	35	30	24	33	30	30	26	30	-2	-3
R32			81	91	90	94	94	94	96	104	86	95	102	84	106	94	6	9
R40						74	71	67	70	69	72	79	89	93		76	26	26
R42						203	199	197	201	201	201	203	201	201	203	201	2	2
R43						124	122	123	123	124	129	126	125	121	121	124	2	-1
R51				50	46	52	54	42	56	57	55	46	51	53				
Северо-Восточная Сибирь																		
R13 A	49		50	42	55	50	36	52	46	43	47		36	46	43	46	4	3
R13 B	48		46	32	56	37	25	50	46	41	47		27	41	38	41	0	0
R14			47	44		40	46	49	47	46	42		48	41	49	45	3	3
R15 A				30	60	38	28	48	32	30	30		31	33	31	35	-2	-2
R15 B				44	54	44	39	45	54	46	43		44	41	39	45	5	4
R16			54	42	75	49	43	56	72	54	50	57	60	57	56	56	12	11
R17	51	55	54	53	60	49	47	56	61	53	55	64	55	57	55	55	6	6
R18	81	85	82	83	86	80	78	84	84	77	74	79	83	85	87	82	9	9
R18 A	91	97	100	96	104	98	96	104	104	97	94	101	102	109	111	100	6	8
R19	84	92	95	93		92	92	103	94	83	89	95	101	112	79	93	19	16
R20	48	56	53	54	57	55	49	53	59	54	61	65	59	53	64	56	5	6
R21	96	103	113	101	117	100	96	110	105	92	96	108	96	111	85	102	13	9
R22		51	53		57	53	51	57	50	52	49	45	56	53	54	52	2	3
R25			55	45	65	43	42	65	60	41	41		39	42	43	49	6	5
R31		39	42	44	48	47	49	52	53	50	47	47	46	49	41	47	6	3
R35					41	34	32	52	45	44	40	40	46	32	43	41	0	1
R36			38	37	43	43	41	31	35	34	44	38	38	42	43	39	1	2
R38 A	115	129	148	137	151	133	122	145	149	130	124	132	134	135	136	135	1	1
R38 B	148	155	167	156				154	157	139	147	150	152	154		153	-5	-5
R38 C	72	77	80	81	84	79	78	82	79	72	66	75	75	72	75	76	-5	-4
Дальний Восток																		
R9	50	57	57	53	59	52	52	52	51	53	52	59	55	60	55	55	7	7
R11	55	64	62		67	61	60	53	57	54	57	60	58	64	60	59	6	6
R27	64	65	67	59	74	61	64	74	65	67	69		72	67	67	67	6	5
R41								47	47	47	51	56	55	56	55	52	19	15
R45								42	44	44	47	49	44	49	49	46	9	9
R30 A	78	67	71	73	72	73	80	76	72	76								
R30 B		49	56	54	53	56	63	58	59	57								
R30 C				44	45	49	49	50	50	48	46		47	53	51	48	4	4

На севере ЕЧР измерения в 2017 году показали уменьшение мощности СТС по сравнению с предыдущим годом на всех станциях более чем на 10 см, за исключением R52 (70 км южнее Воркуты), где уменьшение составило 7 см. При этом на двух станциях –

на мысе Болванский в районе дельты реки Печора (R24) и на о. Кашин (R24a) увеличение еще более значительно и составило, соответственно, 23 и 33 см.

На 10 площадках в Западной Сибири также зафиксировано уменьшение СТС: в районе Надыма (R1) – 38 см, на Ямале (R5, R5A, R5B, R5C, R5D) – 12-26 см. На площадке R3 на Ямале измерения проводились раньше обычного, что, скорее всего, и объясняет резкое уменьшение толщины СТС; в районе Уренгойского газового месторождения (R50A и R50B) и полярного Урала (R53) толщина СТС уменьшилась на 5-7 см.

В Центральной Сибири 4 из 5 площадок имеют период наблюдений 10 и более лет. Изменения СТС были неоднородны. В районе Норильска (R32) наблюдалось увеличение СТС на 22 см, при этом на площадках, расположенных на Ямале (R29B и R29C) измерения показали в первом случае незначительное уменьшение до -4, а во втором - увеличение на 1 см. Вблизи Якутска (R43) мощность СТС осталась неизменной.

На территории Северо-Восточной Сибири из 20 площадок на половине наблюдалось уменьшение СТС, на остальных – увеличение. Значительное увеличение СТС было отмечено на 2 площадках (R20 и R35, 11 см), существенное уменьшение зафиксировано на 4 площадках (-33 см на R19, -26 см на R21, -8 и -9 см на двух площадках в районе бассейна Индигирки), на одной из площадок в районе Колымы наблюдалось увеличение на 8 см, тогда как остальные площадки в этом же районе показали незначительное уменьшение мощности СТС. Такие противоположные изменения на площадках в близкорасположенных районах связаны, скорее всего, с индивидуальными особенностями рельефа, почвы и растительности. На оставшихся площадках данные изменялись разнонаправленно по сравнению с предыдущим годом, изменения не превышали 3 см.

На Чукотке все 5 имеющихся площадок показали незначительное или нулевое уменьшение. Единственная площадка на Камчатке показала уменьшение СТС по сравнению с предыдущим годом на 2 см.

В целом уменьшение толщины СТС по сравнению с предыдущим годом на Европейской территории России и в Западной Сибири можно объяснить аномально холодным летом.

Сравнивая тренды СТС, рассчитанные за периоды до 2016 и 2017 гг. (последние 2 столбца таблицы 6.1), можно отметить следующие особенности. Условия 2017 года привели к уменьшению коэффициентов тренда на Европейском севере. В Западной Сибири также наблюдается почти повсеместное уменьшение коэффициентов тренда на 2 – 9 см/10 лет, за исключением двух площадок в районе Надыма и на Ямале, где он не изменился. В Центральной Сибири коэффициент тренда менялся разнонаправленно, но незначительно. На севере Восточной Сибири он преимущественно не изменился, за исключением одной площадки в районе Колымы (R21), где наблюдается уменьшение коэффициента тренда с 13 до 9 см/10 лет в связи с резким уменьшением СТС по сравнению с предыдущим годом. На Дальнем Востоке и на Камчатке значения коэффициентов тренда по сравнению с предыдущим годом остались неизменными, либо их изменения незначительны.

7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Мониторинг агрометеорологической составляющей климата за 2017 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 2017 г., содержащихся в базе данных «Климат», поддерживаемой ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН».

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

Анализ текущих значений агроклиматических показателей

Расчет агроклиматических показателей в 2017 г. выполнялся по станционным данным сети наблюдений на территории земледельческой зоны России. Определены аномалии агроклиматических показателей по отношению к предшествующему двадцатилетию (1997–2016 гг.). Аномалии показателей термического и влажностного режима при возделывании сельскохозяйственных культур в 2017 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 РФ в 2017 г. была теплее на 1.2–1.5°C в Сибири и на Дальнем Востоке и близкой к среднему за период 1997–2016 гг. на ЕЧР за исключением СЗФО и ПФО (таблица 7.1). Здесь отрицательные аномалии весны составили –0.7°C и –0.6°C соответственно. В среднем по земледельческой зоне России положительные аномалии температуры воздуха весной составили 0.5°C. Фаза возобновления вегетации наблюдалось в сроки, близкие к средним за предшествующие двадцать лет (лишь на 1–4 суток раньше). Лишь на территории СЗФО и ПФО отмечались более поздние сроки возобновления вегетации, на 16 и 5 суток, соответственно. Летние температуры в 2017 г. по сравнению со средними величинами последнего двадцатилетия были ниже на –0.2°C в среднем по территории земледельческой зоны РФ. Максимальные отрицательные аномалии наблюдались на территории СЗФО и ЦФО (–1.2°C) и ПрФО (–1.0°C).

Таблица 7.1 – Аномалии показателей термического режима в 2017 г. относительно средних значений за 1997–2016 гг.

Федеральный округ	Средняя температура воздуха, °C		$\bar{T}_{БКП}$, °C	$\bar{T}_{зерн.}$, °C	Возобновление вегетации, сутки	Сумма температур, °C		Продолжительность периода, сутки	
	весна	лето				>5 °C	>10 °C	T>5 °C	T>10 °C
Северо-Западный	–0.7	–1.2	–0.7	–1.2	16	–338	–306	–20	–17
Центральный	0.0	–1.2	–0.9	–1.9	–1	–213	–258	–3	–9
Приволжский	–0.6	–1.0	–0.7	–1.7	5	–243	–247	–9	–10
Южный	0.2	0.4	–0.3	–1.0	–4	193	69	16	2
Северо-Кавказский	0.1	0.4	0.2	–1.1	–1	144	20	10	–3
Уральский	0.0	–0.3	–0.5	–1.0	1	–208	–211	–11	–13
Сибирский	1.5	0.5	0.2	0.5	–2	–1	18	–4	–2
Дальневосточный	1.2	–0.1	0.2	0.1	–3	6	18	–1	1
РФ	0.5	–0.2	–0.3	–0.8	2	–99	–102	–5	–6

В 2017 г. аномалии средней температуры воздуха за период вегетации яровых зерновых культур от даты всходов до даты уборки ($\bar{T}_{зерн.}$) на ЕЧР и на Урале были отрицательными и изменялись в интервале –1.0°C (УФО) до –1.9°C (ЦФО). Положительные аномалии отмечены в СФО (0.5°C) и незначительные в ДВФО (0.1°C). Аномалии средней температуры теплого периода года от даты устойчивого перехода через 5°C весной до даты устойчивого перехода через 5°C осенью ($\bar{T}_{БКП}$) на ЕЧР были отрицательны и изменялись в пределах от –0.3 до –0.9°C, за исключением территории

СКФО (таблица 7.1). На АЧР положительные аномалии наблюдались в Сибири и на Дальнем Востоке (0.2°C). Следствием холодной весны и лета явилось значительное снижение сумм активных температур (сумма температур воздуха за период с температурой выше 10°C) по сравнению с последним двадцатилетием. На ЕЧР и Урале аномалии этого показателя изменялись в диапазоне от -211°C (УФО) до -306°C (СЗФО). В ДВФО, СФО, ЮФО и СКФО наблюдалась незначительная положительная аномалия сумм активных температур от 18 до 69°C. Продолжительность периода вегетации ($T > 5^\circ\text{C}$) не превышала среднюю продолжительность за предшествующие два десятилетия практически на всей рассматриваемой территории, за исключением ЮФО и СКФО, где вегетационный период был длиннее на 16 и 10 суток, соответственно.

Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. В 2017 г. рассматривались следующие показатели степени увлаженности 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 ($\Sigma R_{\text{зерн.}}$) и суммарное количество осадков за теплый период года ($\Sigma R_{\text{БКП}}$).

Анализ данных, приведенных в таблице 7.2, показывает, что сумма осадков за период роста и развития яровых зерновых ($\Sigma R_{\text{зерн.}}$) в 2017 г. на территории всех сельскохозяйственных регионов была выше соответствующей средней величины за предшествующие два десятилетия. На ЕЧР осадков выпало на 19–57% больше, чем в среднем за период с 1997 по 2016 гг. В ПФО суммарное количество осадков превысило средний уровень на 50%. Практически на четверть выше нормы выпало осадков в ЦФО (23%), где основные сельскохозяйственные площади заняты под яровыми культурами. Аномалии индекса увлаженности всего теплого периода года ($\Sigma R_{\text{БКП}}$) положительны как для ЕЧР, так и для АЧР, за исключением незначительных отрицательных аномалий в ЮФО (-3%) и ЦФО (-1%), и составляют 7% относительно периода с 1997 по 2016 гг.

На ЕЧР аномалии весенних осадков в 2017 г. положительны. Отрицательные аномалии наблюдались УФО (-10%) и ДВФО (-14%). В ПФО и ЮФО весной выпало осадков на 19 и 20% выше нормы, соответственно, что, вероятно, положительно сказалось на урожайности зерновых в этих регионах. В среднем по сельскохозяйственной зоне величина аномалии составляет 4% от уровня 1997–2016 гг. Аномалии летних осадков практически на всей территории положительны, за исключением отрицательных аномалий на юге ЕЧР в ЮФО (-22%) и СКФО (-16%). В среднем по федеральным округам летние осадки превысили соответствующие средние величины на 6%.

Таблица 7.2 – Аномалии показателей влажностного режима в 2017 г. относительно средних значений за 1997–2016 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	-5	9	23	25	18	57	0.42	-0.16
Центральный	-10	4	6	16	-1	23	0.19	-0.13
Приволжский	-3	19	20	-6	12	50	0.37	-0.15
Южный	12	20	-22	-22	-3	19	-0.05	0.10
Северо-Кавказский	-14	6	-16	-33	6	32	0.03	0.44
Уральский	17	-10	13	-21	4	18	0.23	-0.09
Сибирский	9	3	0	7	11	3	-0.01	-0.02
Дальневосточный	-17	-14	3	-12	10	8	-0.14	0.03
РФ	-1	4	6	-1	7	23	0.12	-0.04

Тенденция к росту осенних осадков на территории возделывания озимых зерновых культур в 2017 г. сохранилась только в СЗФО (25%) и в ЦФО (16%), а также в Сибири (7%).

Величины ГТК, рассчитанные за период с мая по август, свидетельствуют о том, что уровень увлаженности сельскохозяйственных угодий в 2017 г. был значительно выше, чем в среднем за 1997–2016 гг. на территории всех федеральных округов, за

исключением ДВФО. Например, в ЦФО и ПФО величина ГТК превышала норму на 0.19 и 0.37, соответственно (таблица 7.2). В ЮФО, СФО и ДВФО отмечались незначительные отрицательные аномалии ГТК -0.05 , -0.01 и -0.14 , соответственно. Индекс сухости, рассчитанный по данным 2017 г., в среднем по сельскохозяйственным регионам России ниже, чем за предыдущие два десятилетия.

На рис. 7.1 представлено пространственное распределение сумм атмосферных осадков (в % от средних значений за 2006–2015 гг.) и гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова в 2017 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 субъектов (республик, краев, областей) ЦФО, ПФО, ЮФО и СКФО.

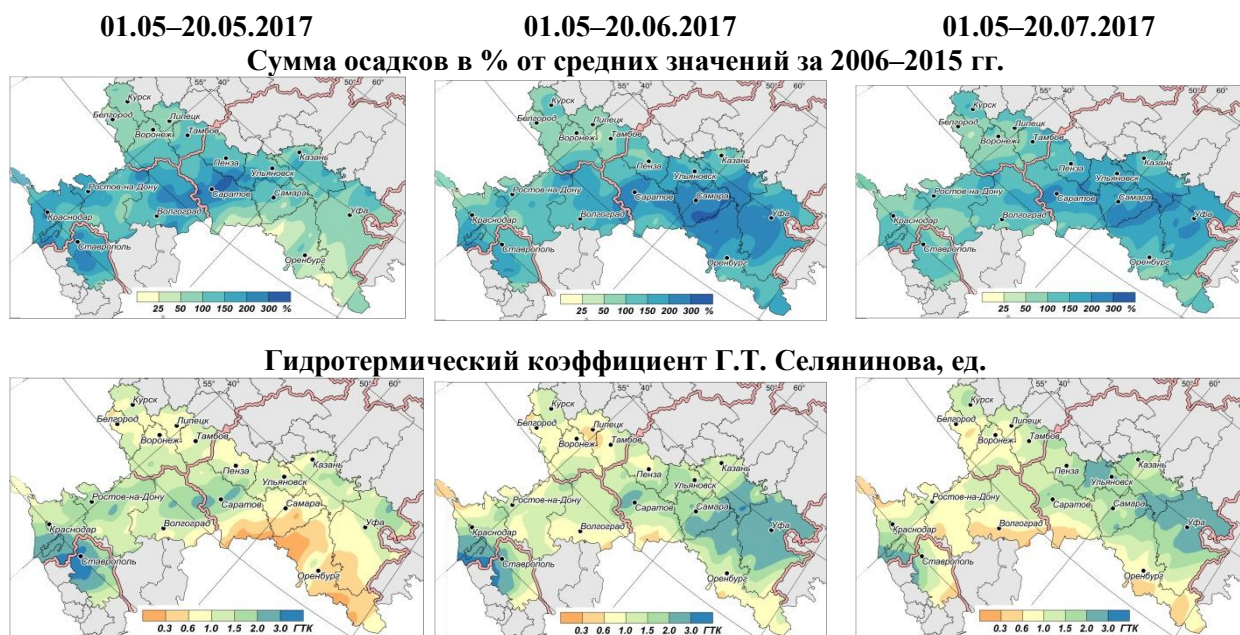


Рисунок 7.1 – Мониторинг условий увлажнения вегетационного периода 2017 г.: сумма осадков в % относительно средних значений за 2006–2015 гг. и гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова на 20 мая, 20 июня и 20 июля 2017 г.

Тенденции изменения агроклиматических показателей

Анализ оценок линейного тренда сумм активных температур воздуха ($T > 10^{\circ}\text{C}$) показал, что положительная тенденция к росту этого показателя за последние десятилетия сохраняется на ЕЧ и на АЧ России (таблица 7.3, рис. 7.2). В 1976 - 2017 гг. на ЕЧР скорость его роста колеблется в диапазоне от $97^{\circ}\text{C}/10$ лет в ПФО до $147^{\circ}\text{C}/10$ лет в ЮФО. В среднем для территории России оценка линейной скорости роста сумм активных температур воздуха за 1976–2017 гг. составили $87^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Линейные тренды продолжительности вегетационного периода ($T > 5^{\circ}\text{C}$) и периода активной вегетации ($T > 10^{\circ}\text{C}$) с 1976 по 2017 гг. (таблица 7.3) остаются положительными и изменяются по территории сельскохозяйственной зоны от 2.3 до 5.4 сут./10 лет и от 2.0 до 5.1 сут./10 лет.

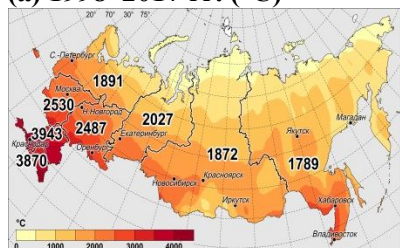
Сохраняется положительная тенденция к росту весенних осадков на всей территории сельскохозяйственной зоны РФ. В среднем по территории эти линейные тренды положительны и составляют 5.5 и 5.3 мм/10 лет за периоды 1976–2017 гг. и 1998–2017 гг., соответственно. Диапазон скорости роста осадков весной за период 1976–2017 гг. составляет от 3.1 до 8.2 мм/10 лет по отдельным ФО. Тренды летних осадков за 1976–2017 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 1976–2017 гг. отрицательны, за исключением

территории Сибири и Дальнего Востока (таблица 7.3, рис. 7.3). Тренд ИС за период 1976–2017 гг. положителен на всей рассматриваемой территории, за исключением СКФО.

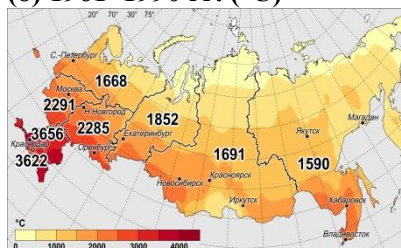
Таблица 7.3 – Оценки линейных трендов показателей термического и влажностного режимов на территории сельскохозяйственной зоны России за периоды 1976–2017 гг. и 1998–2017 гг.

Федеральный округ	Температура воздуха, °C/10 лет		Сумма температур, °C/10 лет		Продолжитель- ность периода, сутки/10 лет		Сумма осадков, мм/10 лет		ГТК _{май-авг.} ед./10 лет	ИС, ед./10 лет
	весна	лето	>5 °C	>10 °C	T>5 °C	T>10 °C	весна	лето		
1976–2017 гг.										
Северо-Западный	0.4	0.5	97	107	4.0	5.1	3.7	1.7	−0.02	0.02
Центральный	0.5	0.6	124	123	4.4	4.1	3.1	−8.4	−0.08	0.05
Приволжский	0.5	0.5	100	97	3.6	3.0	5.1	−8.1	−0.07	0.05
Южный	0.4	0.7	164	147	5.4	3.6	7.0	−7.2	−0.03	0.04
Северо-Кавказский	0.4	0.5	133	122	4.8	3.0	4.9	−2.5	−0.01	−0.02
Уральский	0.5	0.2	59	66	2.5	3.4	7.0	0.7	−0.01	0.01
Сибирский	0.7	0.3	61	51	3.3	2.0	4.3	3.3	0.00	0.01
Дальневосточный	0.3	0.3	60	69	2.3	3.4	8.2	7.4	0.02	0.01
РФ	0.5	0.4	87	87	3.5	3.4	5.5	−0.4	−0.03	0.02
1998–2017 гг.										
Северо-Западный	0.8	0.0	29	106	−1.9	7.3	3.1	8.3	0.00	0.01
Центральный	0.8	0.3	83	110	−1.2	0.8	9.0	−9.1	−0.07	0.05
Приволжский	0.9	0.4	97	144	−0.7	4.4	1.9	−1.8	−0.05	0.07
Южный	0.5	0.7	175	104	7.9	−0.6	13.1	−23.8	−0.07	0.13
Северо-Кавказский	0.4	0.6	108	61	2.4	−4.0	8.6	−4.0	−0.02	0.04
Уральский	0.9	0.1	33	93	−0.3	6.5	0.9	4.5	−0.03	0.07
Сибирский	1.0	0.1	2	−28	2.6	−1.8	5.6	−4.4	0.02	0.02
Дальневосточный	0.5	0.3	34	52	−0.3	1.8	5.0	22.3	0.05	−0.02
РФ	0.8	0.3	57	72	0.9	2.4	5.3	1.6	−0.01	0.04

(а) 1998–2017 гг. (°C)



(б) 1961–1990 гг. (°C)



(в) 1998–2017 гг. (°C/10 лет)

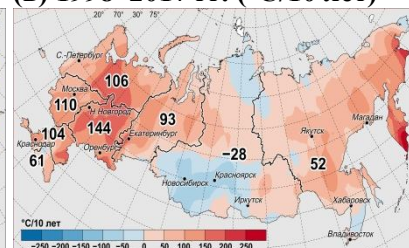
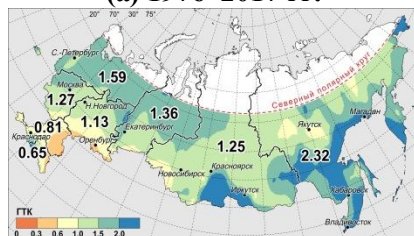


Рисунок 7.2 – Сумма активных температур ($T > 10^{\circ}\text{C}$) на территории РФ: средние значения за (а) 1998–2017 гг., (б) 1961–1990 гг. и (в) средняя скорость изменения (тренд, $^{\circ}\text{C}/10$ лет) за 1998–2017 гг.

(а) 1976–2017 гг.



(б) 1976–2017 гг.

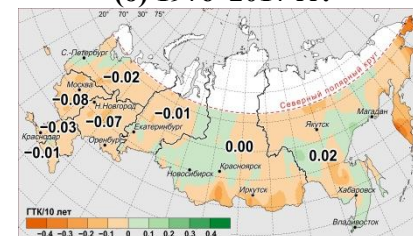


Рисунок 7.3 – Средние значения (а) и скорость изменения (тренд) (б) гидротермического коэффициента за май–август на территории РФ за 1976–2017 гг.

Продуктивность сельскохозяйственных культур

Данные ежедневного 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 июля 2017 г. (рис. 7.4). Анализ показывает, что агроклиматические условия 2017 г. на этой территории способствовали формированию более высокого уровня урожайности по сравнению с предшествующим десятилетием.

На рис. 7.4 представлено пространственное распределение оценок ожидаемой в 2017 г. урожайности яровой пшеницы на основные прогностические даты – 20 мая, 20 июня и 20 июля. Из анализа данных, представленных на рисунке можно сделать вывод, что в 2017 г. в целом по рассматриваемой территории следует ожидать значительного увеличения валового сбора яровой пшеницы: в десяти регионах из шестнадцати (63%) урожайность более чем на 40% превышает среднемноголетний уровень. В Саратовской, Самарской и Оренбургской областях агрометеорологические условия были благоприятными для производства яровой пшеницы: оценки ожидаемой урожайности превысили среднемноголетний уровень (норму) в 2.2–2.4 раза.



Рисунок 7.4 – Оценка (%) ожидаемой урожайности яровой пшеницы в 2017 г. на территории отдельных субъектов ЕЧР на даты: (а) 20 мая, (б) 20 июня и (в) 20 июля.

Оценки увлажненности в предпосевной и осенний периоды показывают, что для озимых культур урожая 2018 года на территории ЮФО и юго-восточных областей ПрФО наблюдалась достаточная влагообеспеченность (рис. 7.5).



Рисунок 7.5 – 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 2017 года.

8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

По данным Росгидромета в 2017 г. в целом на территории РФ отмечалось 907 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), (включая агрометеорологические и гидрологические). Это на 81 явление меньше, чем в 2016 г., когда их было 988. 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
1090	923	972	760	987	963	898	973	988	907

Из всех ОЯ в 2017 г. 378 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения.

На рис. 8.1 приведены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ за 1996 – 2017 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 девятым по количеству ОЯ, нанесших ущерб. Число непредусмотренных ОЯ в 2017 г. составило 22.

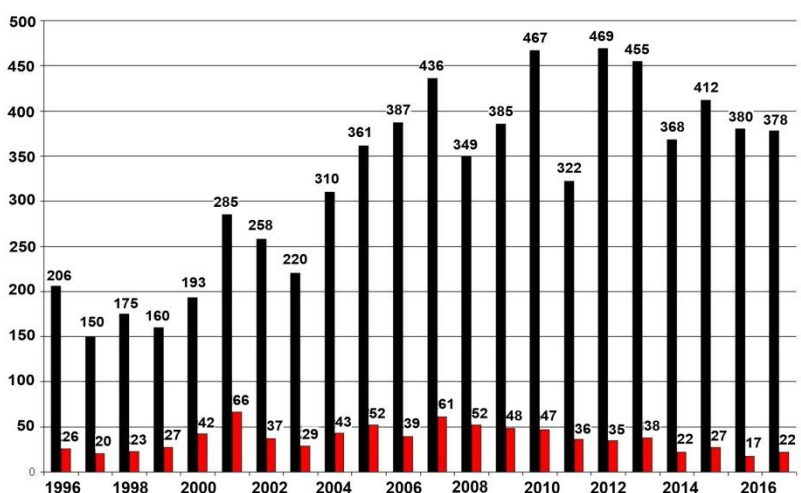


Рисунок 8.1 – Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (черный) и количество непредусмотренных ОЯ (красный)

строю 4 крупных трансформатора (без света и тепла остались 86 тысяч человек); в общей сложности аварийное отключение затронуло 150 тысяч человек населения, 1862 дома, 12 промышленных предприятий и 5 социально значимых объектов;

5-10 января на территории деятельности Верхне-Волжского УГМС температура была на 7-27° ниже нормы (в ряде регионов морозы достигали -40...-45°C); в ряде районов Кировской области в результате промерзания водопроводов и замерзания воды в водонапорных башнях без холодного и горячего водоснабжения оставались частные дома и социально-значимые объекты (в целом пострадал 1131 человек); с 5 по 10 января на территории области были зарегистрированы 45 пожаров, ущерб составил 3768.5 тыс. рублей), были травмированы 5 человек, 4 человека погибли;

очень сильный ветер в Свердловской, Челябинской и Курганской областях 3 июня; в Свердловской области были повреждены крыши жилых домов и административных зданий, автомобили, линии электропередач, повалены деревья, местами отключалась электроэнергия, пострадали 11 человек (1 – погиб); повреждены сельхозкультуры; нанесен огромный ущерб экономике и имуществу граждан;

крупный град в Алтайском крае 17 июля; на полях хозяйства ООО «Восход» пострадали посевы сельхозкультур на общей площади 1765 га (ущерб – 16.8 млн. рублей); на полях ООО «Нектар», «Сана» и «Предгорное» пострадали посевы гречихи, яровой пшеницы, овса и подсолнечника на общей площади 2381 га (ущерб – 19 млн. рублей);

очень сильный дождь в Приморском крае 7-8 августа; были затоплены речные поймы, обширные площади сельхозугодий, населенные пункты, отмечались переливы, затопление и разрушение участков автомобильных дорог и мостов, в ряде населенных пунктов отсутствовала связь и электроснабжение; на участках Транссибирской железной дороги Кипарисово – Раздольное произошли размыты железнодорожного полотна, которые привели к сходу с рельс железнодорожного состава, остановке транспортного сообщения, задержке пассажирских и грузовых поездов и электричек.

Из наиболее значительных по нанесенному ущербу были:

аномально холодная погода, отмечавшаяся в январе в ряде регионов: в период со 2 по 10 января в Республике Коми, Ненецком автономном округе, Архангельской и Вологодской областях температура была на 15-24°C (в отдельные дни на 25-30°C) ниже нормы;

8 января произошла авария на линиях электропередач в городе Вологда, пожар вывел из



Рисунок 8.2 – Разрыв ж/д полотна в Приморском крае

На рис. 8.3 представлена информация о гидрометеорологических ОЯ в 2017 году, детализированная по месяцам. Наибольшая активность возникновения опасных явлений на территории Российской Федерации наблюдалась в период с апреля по сентябрь.

В Гидрометцентре России ведется статистика отдельно только опасных метеорологических явлений (ОЯ). В 2017 году на территории России было зарегистрировано 553 случаев возникновения метеорологических (ОЯ) и комплексов метеорологических явлений (КМЯ).

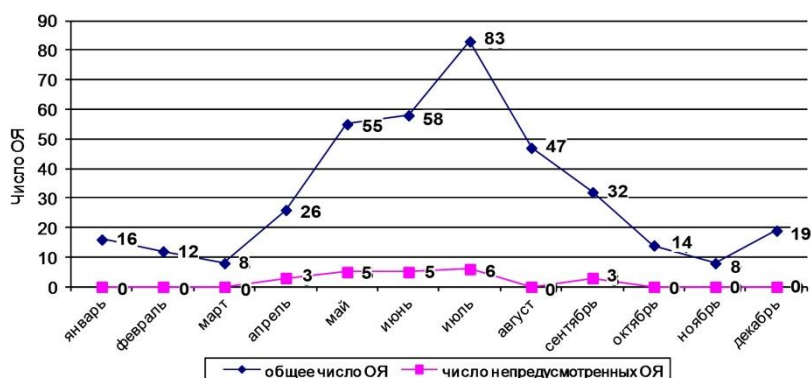


Рисунок 8.3 – Распределение гидрометеорологических ОЯ, нанесших ущерб, по месяцам в 2017 году

Это четвертый год из 20 лет по количеству ОЯ и КМЯ. В таблицах 8.1 и 8.2 показано распределение метеорологических ОЯ и КМЯ по месяцам и федеральным округам.

Таблица 8.1 - Распределение метеорологических ОЯ по месяцам за 2017 год

Явления	Месяцы												2017	2016
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Сильный ветер	11	5	5	13	17	9	15	5	5	6	7	10	108	99
Сильные осадки	–	–	–	1	12	26	39	24	8	4	3	1	118	154
Метель и снег	11	5	2	5	–	–	–	–	1	1	–	7	32	17
Смешанные осадки	1	–	–	–	–	–	–	–	–	3	2	–	6	3
Смерч	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	1	1
Сильный мороз	8	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11	9
Аномально холодная погода	8	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	15	22
Сильная жара	–	–	–	–	–	3	12	5	–	–	–	–	20	22
Аномально жаркая погода	–	–	–	–	–	2	2	5	–	–	–	–	9	18
Град	–	–	–	–	3	7	12	2	1	–	–	–	25	21
Гололедно-изморозные отложения	5	1	3	2	1	–	–	–	1	–	4	5	22	31
Заморозки	–	–	–	10	27	12	–	8	20	4	–	–	81	67
Туман	–	–	–	–	–	–	1	1	–	2	2	1	7	2
КМЯ	5	5	2	4	9	17	23	13	4	10	2	4	98	103
Итого	49	22	12	35	69	77	104	63	40	30	20	32	553	590

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 таблицах 8.1 и 8.2 может не совпадать, т.к. ОЯ часто охватывают большие территории и одновременно наблюдаются в 2-х и более округах.

По сравнению с 2016 г. количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2017 г. уменьшилось на 37 случаев. Высокой была повторяемость сильных осадков, сильного ветра, КМЯ и заморозков (118, 108, 98 и 81 случаев соответственно). Это составляет 73 % 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 частному сектору.

Наибольшую повторяемость метеорологические ОЯ и КМЯ имели в теплый период года (с мая по август) – 313 случаев (57%). 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 2017 г. отмечались в 26 случае, то есть на 16% меньше, чем в 2016 г.

Периодов с сильной жарой и аномально жаркой погодой в 2017 г. было 29, что на 27% меньше, чем в 2016 г. Жаркие периоды отмечались только с июня по август. В вегетационный период в 2017 году наблюдалось 81 заморозков, что на 21% больше, чем в 2016 г.

Таблица 8.2 - Распределение метеорологических ОЯ в 2017 году по территории федеральных округов

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДВФО	
1	Сильный ветер	8	3	9	3	7	8	53	17	108
2	Сильные осадки	5	7	16	28	14	7	19	22	118
3	Метель и снег	3	—	3	7	—	—	—	20	33
4	Смешанные осадки	—	—	—	2	1	—	—	3	6
5	Смерч	—	—	1	—	—	—	—	—	1
6	Сильный мороз	1	1	2	3	—	2	2	—	11
7	Аномально холодная погода	1	1	4	1	—	3	4	1	15
8	Сильная жара	—	3	2	3	4	—	6	2	20
9	Аномально жаркая погода	—	1	1	1	—	1	5	—	9
10	Град	1	1	1	6	8	1	7	—	25
11	Гололедные явления	—	2	7	6	1	—	4	1	21
13	Заморозки	8	14	10	12	4	12	12	9	81
14	Туман	—	—	3	—	—	2	1	1	7
16	КМЯ	3	5	8	19	11	6	33	13	98
Всего – 2017		30	38	67	91	50	42	146	89	553
Всего – 2016		37	46	88	134	58	45	112	70	590

Из таблицы 8.2 следует, что на территории Сибирского, Южного и Дальневосточного федеральных округов зарегистрировано 326 случаев (59%) всех ОЯ и КМЯ. Это связано с тем, что территория этих округов обладает наибольшими размерами и характеризуется очень активными атмосферными процессами. По сравнению с 2016 г. в 2017 г. количество ОЯ и КМЯ в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах увеличилось почти на 30%, а в остальных федеральных округах уменьшилось на 7-32%,

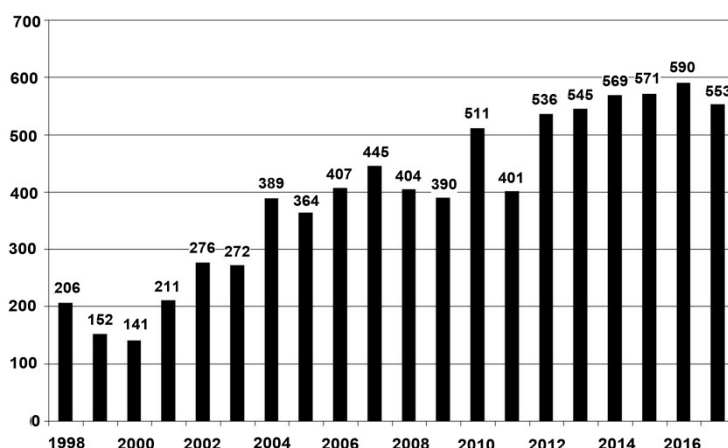


Рисунок 8.4 – Распределение метеорологических ОЯ по годам.

Динамика количества всех зарегистрированных метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2017 год приведена с годовой дискретностью на рис. 8.3 и с месячной в таблице 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 2017 годы

Годы	Месяцы												2017 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

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 2017 г. использованы данные станций со срочными наблюдениями (всего 89 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 1961-2016 гг. (рис. 9.1) показывает, что 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., по-видимому, в большей степени отражают региональные особенности. На территории ЕЧР сохраняется положительная тенденция, более ярко выраженная в южных районах. Тенденция к увеличению наблюдается и в Северо-восточном регионе, 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

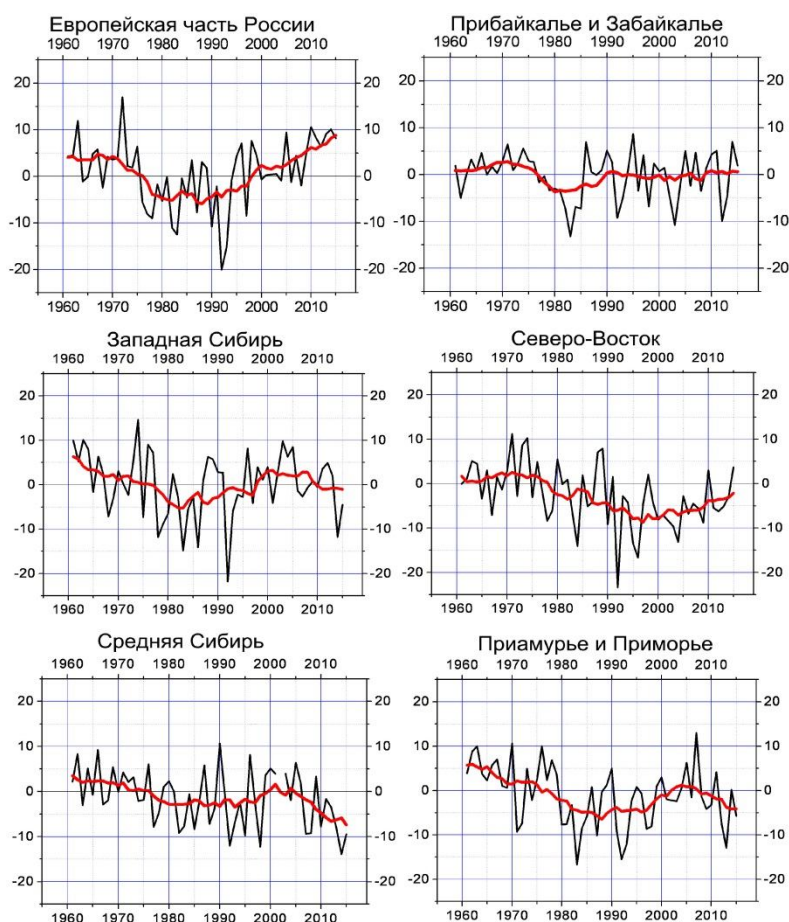
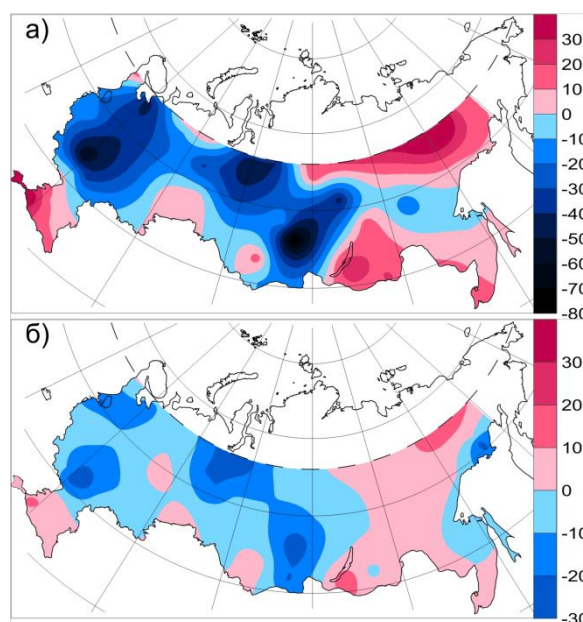


Рисунок 9.1 - Регионально-осредненные аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) годовых сумм прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность. Красная кривая показывает сглаженный ход (11-летние скользящие средние)

части наиболее сильное снижение прямой солнечной радиации (до 80%) зарегистрировано в южных районах Восточной Сибири.

Выраженные очаги положительных аномалий прямой солнечной радиации (до 20-30%) отмечались на севере Якутии, в Забайкалье, Приморье, а также на Северном Кавказе. В приходе суммарной солнечной радиации в зимний сезон на территории России отразились характерные особенности распределения прямой радиации.

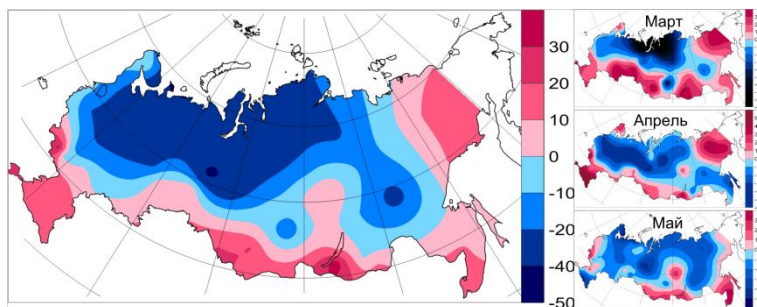
Рисунок 9.2 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) сезонных сумм прямой солнечной (а) и суммарной (б) радиации. Зима 2016/2017 гг.



рекордно низкими значениями. Однако эти изменения происходят на фоне сильной межгодовой изменчивости, и говорить о формировании тенденции, видимо, преждевременно.

Зимний сезон 2016/17гг.
- как и предыдущая зима – отличался пониженным приходом прямой радиации на территории России (рис. 9.2). Высокая повторяемость пасмурной погоды с частыми осадками, обусловленная влиянием североатлантических и южных циклонов, привела к образованию обширной области с отрицательными аномалиями. Эта область включала большую часть европейской территории России (от 50°с.ш. до северного полярного круга), а также значительную территорию Западной, Средней и Восточной Сибири. В Центральном и Приволжском федеральных округах приход прямой радиации был ниже нормы на 65-70%. В Азиатской

Весной поле аномалий прямой радиации в значительной степени воспроизводит пространственную структуру поля аномалий зимнего сезона (рис. 9.3). В связи с активным циклогенезом на севере ЕЧР, в Западной Сибири и на большей части Восточной Сибири преобладала погода с плотной низкой облачностью, сильными осадками, что привело к значительному снижению прямой радиации и сохранению обширной сезонной отрицательной аномалии.



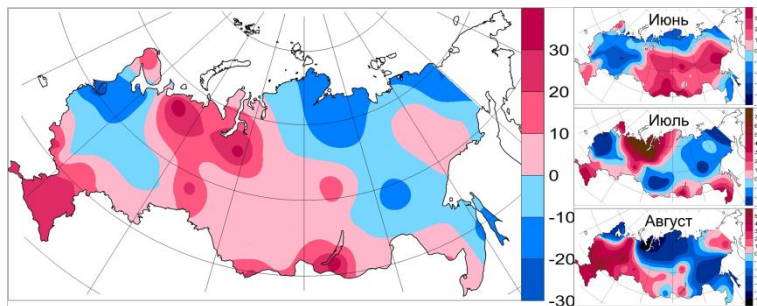
Снижение сезонных значений прямой радиации по отношению к норме составило 30-40%.

Рисунок 9.3 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Весна 2017 г.

Низкий приход прямой радиации в этих регионах отмечался во все весенние месяцы. При этом в марте на севере (в Республике Коми, на севере Красноярского края) зарегистрированы рекордно низкие значения прямой радиации, которые были меньше нормы более чем на 80%.

Южные районы Европейской и Азиатской России оказались под влиянием антициклональной погоды и характеризовались увеличением повторяемости малооблачных дней. Это особенно ярко проявилось в марте и апреле. Образование блокирующей системы антициклонов привело также к повышенному приходу прямой радиации на территории Якутии и в Магаданской области.

Весной поле сезонных аномалий суммарной радиации существенно не отличается от поля прямой радиации. Выраженные отличия полей аномалий прямой и суммарной радиации отмечались только на территории Южного федерального округа, где очень низкие значения рассеянной радиации в условиях малооблачной погоды привели к пониженному приходу суммарной радиации (по сравнению с нормой - до 10%).



Формирование поля сезонных аномалий в **летний** период отражает существенно различающиеся циркуляционные условия в течение сезона (рис. 9.4).

Рисунок 9.4 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Лето 2017 г.

Отличительной особенностью радиационного режима в июне является повышенный приход прямой радиации на огромной территории Сибири и Дальнего Востока. Обширная область повышенных значений простиралась от границы РФ на юге до полярного круга.

В июле область положительных аномалий прямой радиации занимала всю территорию Западной Сибири, включала северную часть Красноярского края, Архангельской и Мурманской областей. В центре этой области повышенного прихода радиации (на территории ЯНАО и Ненецкого АО) были зарегистрированы рекордные значения прямой радиации, превышающие месячную норму более чем на 80%. В то же время на Европейской территории в июне и июле – в связи с господством приземных и высотных циклонов – приход прямой радиации практически во всех районах был существенно ниже нормы.

В августе ситуация резко изменилась. В условиях преобладания поступления сухих прогретых воздушных масс в антициклонах азорского происхождения и установившейся

малооблачной погоды поступление прямой радиации значительно увеличилось, в отдельных пунктах месячные значения превысили норму более чем на 50%.

Отмеченные изменения циркуляционных условий в разных географических районах в течение летнего периода привели к доминированию в поле сезонных аномалий положительных значений. Наиболее высокие аномалии, превысившие 30% от нормы, зарегистрированы в Прибайкалье и Забайкалье, на территории ЯНАО и на северо-востоке Европейской территории, а также на Северном Кавказе и прилегающих районах, где в течение всего лета наблюдался повышенный приход прямой радиации. Наиболее низкие по сравнению с нормой значения поступающей прямой солнечной радиации зафиксированы на территории Ленинградской области.

В 2017 г. – как и в предыдущий год – во все сезоны года наблюдался пониженный фон рассеянной радиации (рис. 9.5). Это привело к тому, что в некоторых регионах с высокими положительными аномалиями прямой радиации значения суммарной радиации оказались ниже нормы (как, например, весной в южных районах ЕЧР).

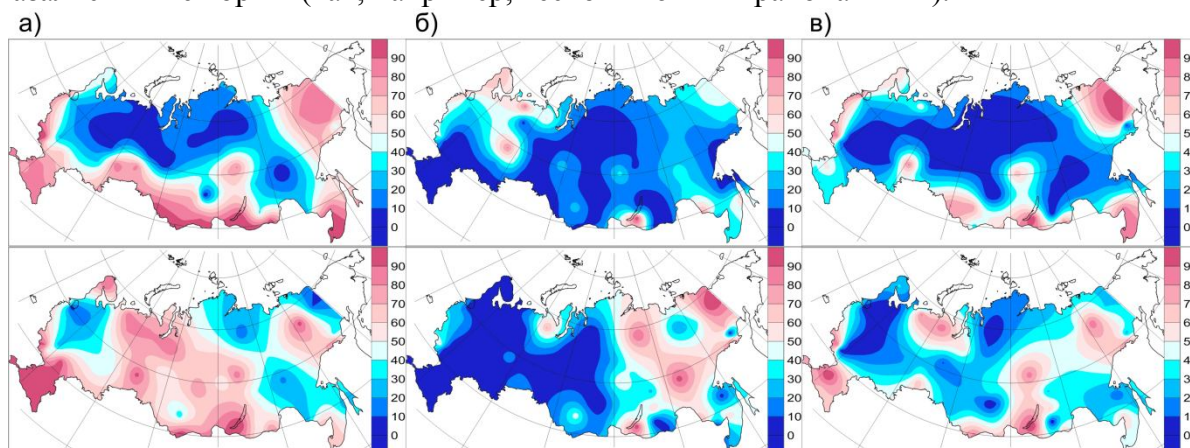


Рисунок 9.5 – Вероятности непревышения аномалий сезонных сумм прямой солнечной (а), рассеянной (б) и суммарной (в) радиации. Наверху - весна 2017 г., внизу - лето 2017 г.

Анализ сезонных аномалий прямой радиации (рис. 9.6), осредненных по территории России, показывает, что в зимний и весенний сезоны в регионе преобладали пониженные значения прямой радиации, близкие к норме за 1961-90 гг. Наибольшее положительное отклонение от нормы отмечается в летний сезон.

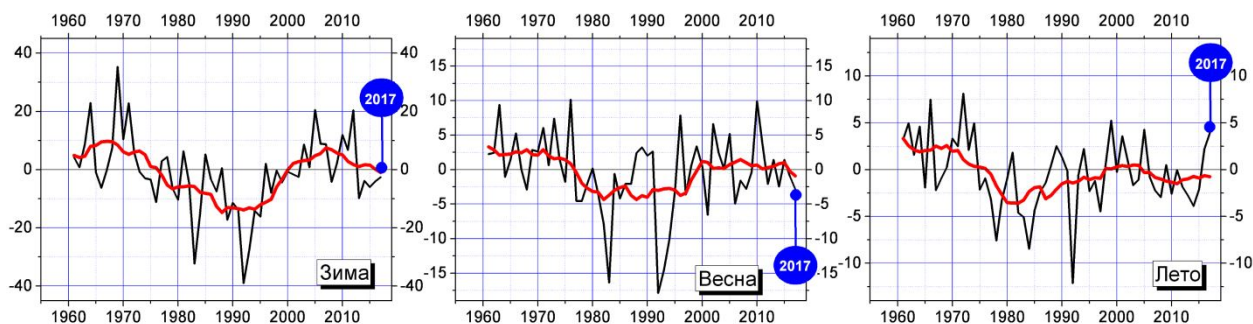


Рисунок 9.6 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) сезонных сумм прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, осредненные по территории РФ. 1961-2017гг.

10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ

Температура воздуха в слое атмосферы высотой до 30 км, 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. гладкость полей в направлениях вдоль кругов широты. Поэтому для оценки

климата свободной атмосферы применяют зонально обобщенные вдоль широтных кругов характеристики, для которых 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 при расчетах и обобщении оценок важна географическая долгота.

Приводимые оценки получены по срочным данным радиозондовых наблюдений, собираемым в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с глобальной сети аэрологических станций. Общее число станций в массиве аэрологических данных превышает 900 и варьирует от месяца к месяцу, из них в 2017 г. в РФ функционировало более ста, включая антарктические и СП. В Северном полушарии расположены около 700 станций. На основе собранных месячных порций данных срочных наблюдений рассчитывается массив статистических характеристик различных метеовеличин в свободной атмосфере, включая 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 неустойчивостью). Затем выполняется расчет месячных аномалий температуры на основных изобарических поверхностях и в каждом из указанных слоев атмосферы для каждой станции. В качестве норм использовались соответствующие характеристики температуры для этой станции, осредненные за период 1981-2010 гг. Выбор периода вычисления норм объясняется, во-первых, целесообразностью дальнейшего сопоставления с рядами аномалий температуры в свободной атмосфере, полученными по спутниковым наблюдениям, начало которым положено с 1979 г. Во-вторых, оценки норм за такой период наименее, по сравнению с другими вариантами выбора 30-летнего периода, подвержены влиянию возможных неоднородностей в рядах, возникающих из-за особенностей функционирования глобальной сети радиозондирования.

При осреднениях 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, которые использовались для расчетов и для графического отображения широтно-вертикальных сечений аномалий. Также постанционные месячные аномалии взвешенно осреднялись по тридцатиградусным широтным поясам 0-30 с.ш., 30-60 с.ш., 60-90 с.ш., и по всему Северному полушарию. В этом случае в качестве веса для учета месячной аномалии каждой станции использовался косинус географической широты этой станции.

Наконец, наряду с пространственным осреднением постанционных месячных аномалий проводилось дополнительно осреднение постанционных месячных аномалий по сезонам для каждого сезона 2017 года (зимний сезон включал декабрь 2016 и январь-февраль 2017 г.), а также для 2017 года в целом.

Особенности температурного режима в свободной атмосфере в 2017 г.

В таблице 10.1 приведены значения аномалий температуры за 2017 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 умеренных широтах на протяжении всего года, за исключением ноября, наблюдались положительные аномалии в тропосфере и отрицательные аномалии в стратосфере. Ноябрь отличился наименьшими абсолютными значениями аномалий температуры с максимальным значением 0.19°C (500 гПа), а в верхней тропосфере и нижней стратосфере аномалии были близки к нулю (-0.03°C и 0.07°C, соответственно). Наибольшее изменение значений аномалий с высотой наблюдалось в феврале (на 2.63°C) и в марте (на 2.83°C). В августе и октябре в тропосфере аномалии температуры

увеличивались с высотой; в июне - практически не менялись. В январе минимум аномалий температуры (0.18°C) наблюдался на высоте 500 гПа. В остальные месяцы аномалии температуры в тропосфере уменьшались с высотой.

В высоких широтах в стратосфере во всех месяцах, за исключением ноября, наблюдались отрицательные аномалии температуры. Причем с января по октябрь они не превышали -0.79°C , а в октябре аномалия вообще близка к нулю (-0.02°C). В декабре наблюдалась наибольшая отрицательная аномалия температуры в нижней стратосфере, равная -1.46°C . В тропосфере отрицательные аномалии температуры наблюдались на всех высотах в мае и июле. В апреле и октябре отрицательные аномалии наблюдались на высотах 500 гПа и 300 гПа, а в июне и декабре – на высоте 300 гПа. В ноябре значение аномалии температуры убывало с высотой с -0.20°C при 850 гПа до 0.32°C при 100 гПа. Наибольшее изменение значения температуры с высотой наблюдалось в марте и декабре (2.39°C и 3.23°C соответственно).

Таблица 10.1 - Аномалии температуры за 2017 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	0,48	0,18	0,44	-0,90	0,68	0,40	0,48	-0,33
Февраль	1,57	1,28	0,68	-1,06	1,24	1,22	0,38	-0,36
Март	1,26	0,63	0,06	-1,51	1,74	0,74	0,48	-0,65
Апрель	0,74	0,56	0,02	-1,65	0,28	-0,59	-0,80	-0,48
Май	0,67	0,51	0,27	-0,83	-0,50	-0,80	-0,73	-0,38
Июнь	0,57	0,58	0,50	-0,62	0,51	0,17	-0,79	-0,60
Июль	0,79	0,46	0,50	-1,14	-0,25	-0,14	-0,51	-0,57
Август	0,46	0,55	0,79	-1,09	1,08	0,82	0,23	-0,79
Сентябрь	0,64	0,39	0,40	-0,32	1,07	1,39	0,51	-0,79
Октябрь	0,26	1,05	1,50	-1,39	0,45	-0,08	-0,36	-0,02
Ноябрь	0,12	0,18	-0,03	0,07	-0,20	0,08	0,27	0,32
Декабрь	0,14	0,29	0,48	-1,40	1,77	0,83	-0,24	-1,46

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 таблице 10.2 приведены сезонные и годовые аномалии температуры 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.

В тропосфере в низких широтах осень 2017 г. является рекордно теплой с аномалией температуры 0.79°C ; зима - 2-ой самой теплой зимой, начиная с 1958 г., а лето - 3-им самым теплым летом (аномалии 0.71 и 0.37°C соответственно). В тропосфере умеренных широт 2017 год входит в число 7-ми самых теплых лет с 1958 г. в течение всех сезонов. В высоких широтах 2017 год не входит даже в десятку самых теплых лет, а весной наблюдалась незначительная отрицательная аномалия температуры (-0.03°C). В целом по Северному полушарию 2017 год вошел в пятерку самых теплых лет на протяжении всех сезонов, а зима и осень 2017 года заняли второе место в ряду самых теплых лет с аномалиями 0.68 и 0.57°C соответственно. В целом 2017 год стал 3-им самым теплым годом начиная с 1958 г. в низких и умеренных широтах, а также по всему Северному полушарию.

В нижней стратосфере на протяжении всех сезонов во всех широтных зонах наблюдались отрицательные аномалии температуры. Рекордно холодная температура наблюдалась зимой в низких широтах (аномалия -2.29°C) и летом в высоких широтах (-0.92°C). В низких широтах 2017 год вошел в пятерку самых холодных лет во всех

сезонах и в целом стал вторым самым холодным годом с 1958 г. с аномалией температуры -1.51°C . Несмотря на то, что в умеренных широтах 2017 год не был рекордно холодным ни в одном сезоне, низкая температура воздуха держалась на протяжении всего года. Это привело к тому, что в целом 2017 год стал рекордно холодным в стратосфере

Таблица 10.2 – Аномалии температуры в тропосфере и нижней стратосфере от норм 1981-2010 гг., ΔT_{2017} – величина аномалии в градусах Цельсия, R (-R) – ранг (обратный ранг) в рядах, упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2017 гг.

Сезон	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
ТРОПОСФЕРА, 850-300 гПа								
	ΔT_{2017}	-R	ΔT_{2017}	-R	ΔT_{2017}	-R	ΔT_{2017}	-R
Зима	0,71	2	0,70	4	0,32	14	0,68	2
Весна	0,27	11	0,59	5	-0,03	28	0,44	5
Лето	0,37	3	0,56	5	0,27	18	0,48	3
Осень	0,79	1	0,47	7	0,41	11	0,57	2
Год	0,50	3	0,54	3	0,37	11	0,52	3
НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА, 100–50 гПа								
	ΔT_{2017}	R	ΔT_{2017}	R	ΔT_{2017}	R	ΔT_{2017}	R
Зима	-2,29	1	-1,37	3	-0,42	24	-1,61	1
Весна	-1,33	3	-1,19	4	-0,73	11	-1,20	2
Лето	-1,11	5	-0,83	5	-0,92	1	-0,92	3
Осень	-1,83	3	-0,60	8	-0,38	9	-0,95	4
Год	-1,51	2	-0,99	1	-0,74	7	-1,14	1

умеренных широт с аномалией -0.99°C . В целом по Северному полушарию 2017 год вошел в четверку самых холодных лет, причем зимой и в среднем за год наблюдались рекордно холодные аномалии (-1.61 и -1.14°C соответственно).

Более детально вертикально-широтная структура для годовых аномалий температуры и аномалий температуры отдельных сезонов в 2017 г. показана на рис. 10.1;

на рис. 10.2 представлены посезонно ранги 10 самых теплых в тропосфере и 10 самых холодных в нижней стратосфере лет, причем отдельно выделено положение 2017 г.

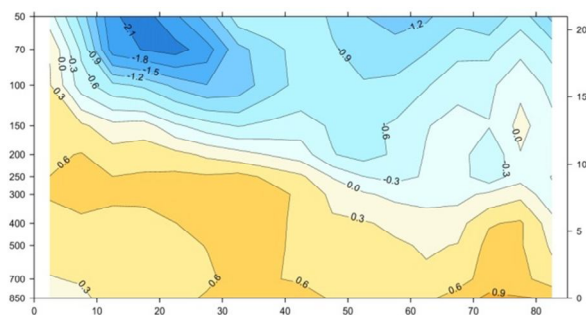
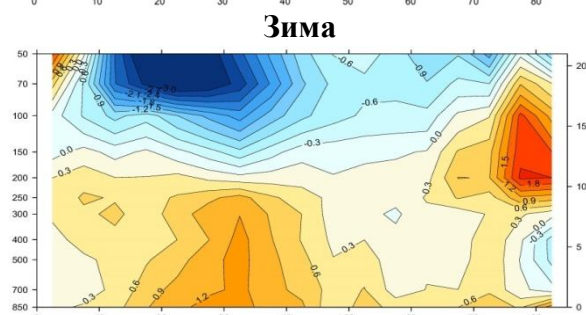
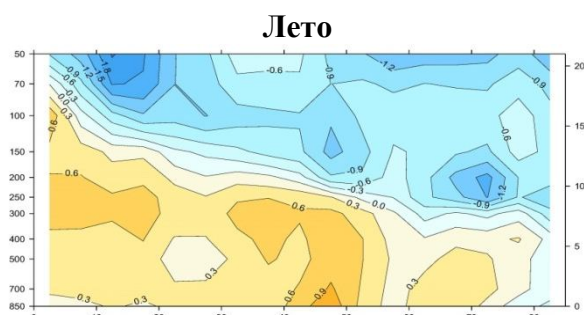


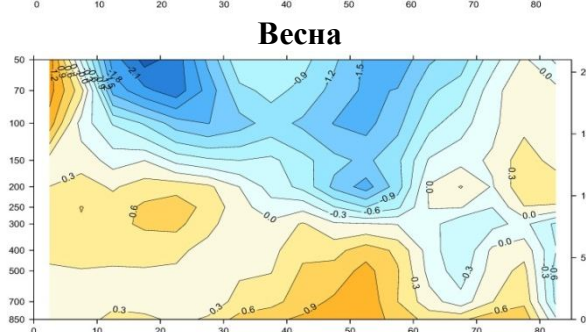
Рисунок 10.1 - Вертикально-широтная структура годовых аномалий температуры свободной атмосферы и для отдельных сезонов (зима 2016-2017 гг., весна, лето и осень 2017 года) в 2017 году. Горизонтальная ось – широты, левая вертикальная ось – давление на стандартных изобарических поверхностях, правая вертикальная ось – высоты над уровнем моря в км.



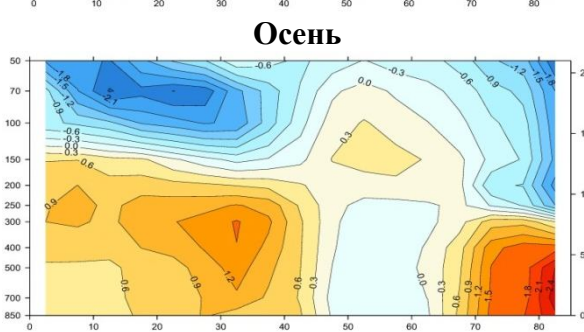
Зима



Лето



Весна



Осень

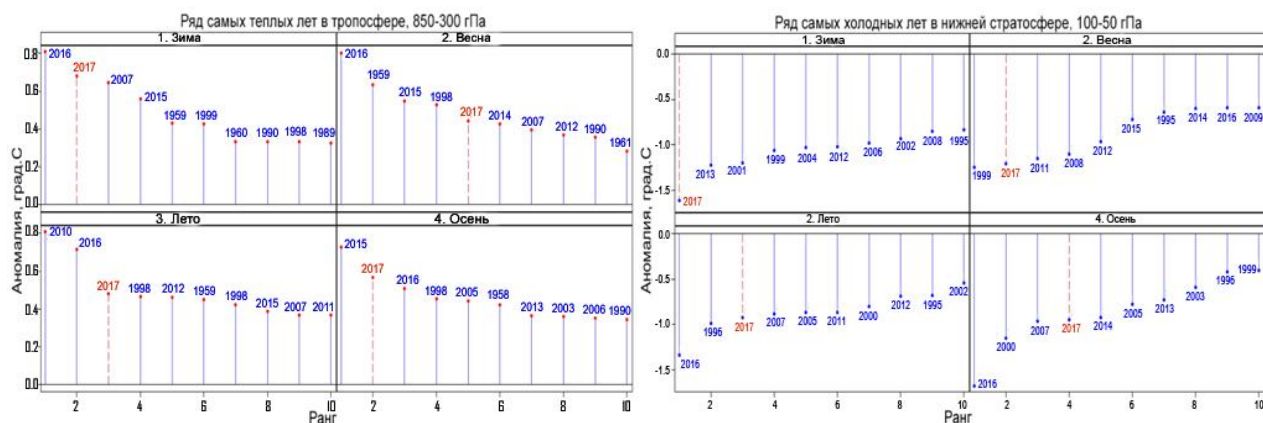


Рисунок 10.2 - Ранги самых значительных сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1958-2017 г. Левая панель – положительные аномалии, тропосфера (850-300 гПа), правая панель – отрицательные аномалии, нижняя стратосфера (100-50 гПа). Обозначения сезонов по аналогии с рис. 11.2, 2017 год выделен красным пунктиром.

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. 10.3, где, наряду с рядами сезонных аномалий, представлены линии трендов.

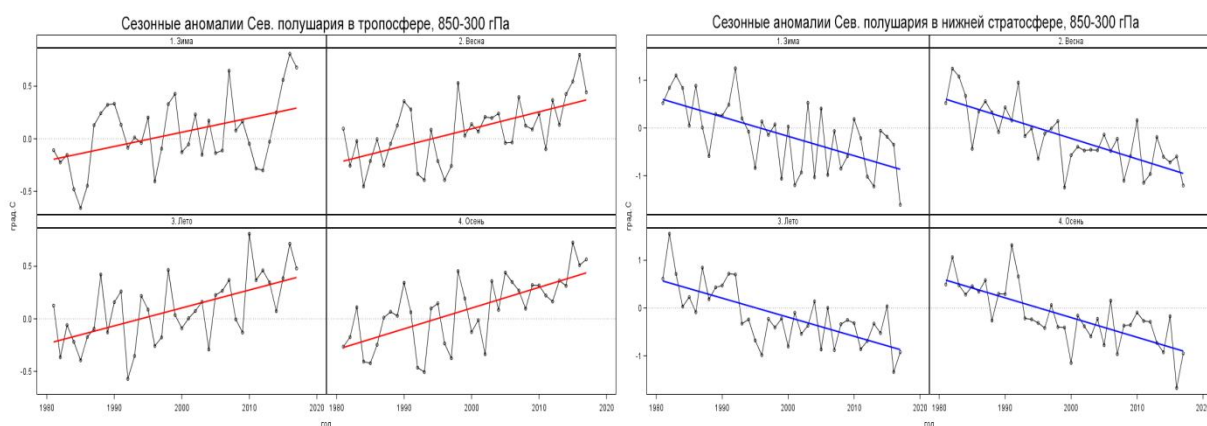


Рисунок 10.3 - Ряды сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1981-2017 г. Левая панель – тропосфера (850-300 гПа), правая панель – нижняя стратосфера (100-50 гПа). Линии трендов построены методом наименьших квадратов для тропосферы (красный цвет) и нижней стратосферы (синий цвет). Обозначения сезонов по аналогии с рис. 10.2.

Таблица 10.3 содержат значения линейных трендов, вычисленных за период 1981-2017 гг. на основе рядов сезонных и годовых аномалий отдельных широтных зон и Северного полушария в целом для тропосферы и нижней стратосферы соответственно.

Как следует из таблицы 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 2016 годом значения трендов потепления в тропосфере увеличились во всех широтных зонах и сезонах за исключением высоких широт. В высоких широтах значение тренда для всех сезонов и года в целом уменьшилось в среднем на $0.01^{\circ}\text{C}/10$ лет. В целом по Северному полушарию наблюдались статистически значимые положительные тренды изменения температуры: от $0.14^{\circ}\text{C}/10$ лет зимой до $0.20^{\circ}\text{C}/10$ лет осенью.

Таблица 10.3 – Оценки линейного тренда температуры в тропосфере и нижней стратосфере (1981-2017 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	28	0,11	7	0,16	22	0,14	19
Весна	0,09	10	0,20	35	0,17	16	0,16	36
Лето	0,06	8	0,22	36	0,23	30	0,17	34
Осень	0,13	19	0,22	39	0,24	30	0,20	45
Год	0,12	23	0,19	44	0,20	39	0,17	44
НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА, 100–50 гПа								
Зима	-0,66	45	-0,33	19	-0,08	0	-0,41	38
Весна	-0,55	53	-0,38	38	-0,35	11	-0,43	55
Лето	-0,52	48	-0,37	42	-0,24	32	-0,40	49
Осень	-0,60	43	-0,35	47	-0,20	30	-0,41	53
Год	-0,58	64	-0,36	57	-0,23	17	-0,42	66

году в целом составила $-0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Для нижней стратосферы очевидное статистически значимое похолодание имеет место для всех осуществленных вариантов оценки тренда, за исключением зимнего сезона в высоких широтах. Все абсолютные значения трендов увеличились по сравнению с 2016 годом. В Северном полушарии скорость стратосферного похолодания составляла от $-0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет для весны до $-0.40^{\circ}\text{C}/10$ лет для лета, а для рядов по

11. РЕЖИМ ВЕТРА

Для анализа режима ветра использовались срочные данные с метеорологических станций (1375 станций) Российской Федерации. Использованы 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 рис. 11.1а представлено пространственное распределение максимальной за 2017 год скорости ветра, полученной из средних за 10-минутный интервал времени. Максимальная скорость ветра ≥ 25 м/с наблюдалась в 2017 г. во всех рассматриваемых регионах. Как видно по рис. 11.1а, высокие скорости ветра преимущественно отмечаются вдоль побережья Северного-Ледовитого и Тихого океанов. В тех же районах сосредоточены максимальные значения количества дней со средней скоростью ветра 15 м/с и более (рис. 11.1в). Максимальное количество таких дней (более 163) на территории РФ в 2017 г., как и в 2016 г., отмечалось на крайней южной точке полуострова Камчатка (метеостанция Мыс Лопатка). На метеостанции Малые Кармакулы (Ненецкий АО) наблюдалось 99 дней с сильным ветром. Помимо прибрежных районов, высокое значение количества дней с ветром 15 м/с и более отмечалось на Алтае (метеостанция Кара-Тюрек,

65 дней), но максимальная скорость ветра там не превышала 21 м/с.

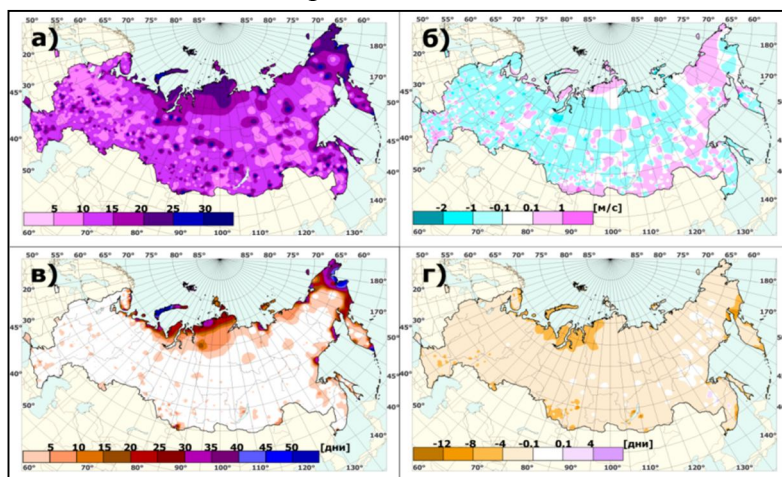


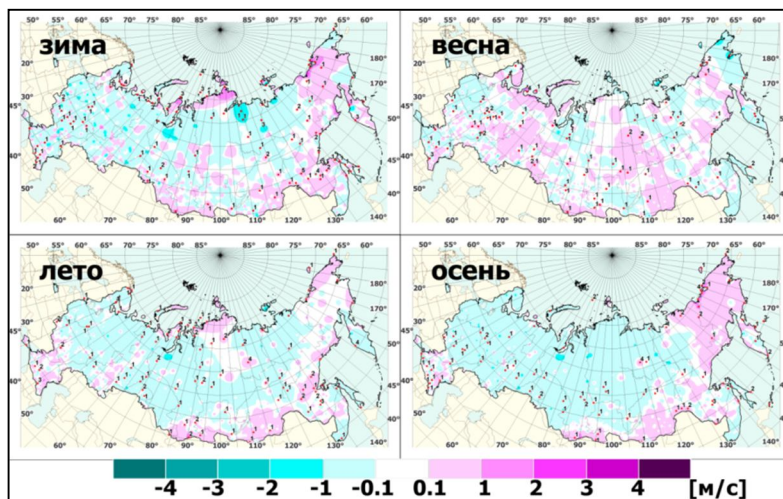
Рисунок 11.1 - а) Максимальная скорость ветра за 2017 год (без учета порывов); б) Аномалии среднегодовой скорости ветра в) Число дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с в 2017 году; г) Аномалии (отклонение от средних многолетних значений) числа дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с в 2017 году

Аномалии числа дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с представлены на рис. 11.1г. Максимальное отрицательное значение наблюдалось на метеостанции Дальне-Зеленецкая Мурманской области (-11.93 дней). Близкие значения отмечены также на Сахалине (мыс Крильон) и на Курильских островах (Малокурильское). Положительные аномалии этой характеристики не превышают 0.3 дней, наблюдаются они только в Хабаровском крае.

Аномалии скорости ветра, представленные на рисунке 11.1б, на большей части РФ в 2017 г. отрицательны, но по сравнению с 2016 г. положительные аномалии встречаются чаще. Максимальные отрицательные значения (более 2 м/с) отмечены на метеостанциях Невельск (Сахалин) и Курган (-2.27 м/с и -2.04 м/с соответственно). Положительные аномалии скорости ветра за год не превышают 1.4 м/с, наибольшие значения получены для Ростова-на-Дону и Южно-Сухокумск (Дагестан).

Для всех сезонов в 2017 г. (рис. 11.2) характерно появление большего числа очагов положительных аномалий средней скорости ветра (по сравнению с 2016 г.), особенно это выражено весной. Отклонения от нормы редко превышают 2 м/с. Положительные аномалии более 2 м/с встречаются зимой на метеостанциях Певек (Чукотский АО), Кара-Тюрек (Алтай) и летом на метеостанции Гридино (Карелия). Наибольшие отрицательные аномалии (меньше -2 м/с) отмечались зимой и осенью на метеостанции Невельск Сахалинской обл., а также на метеостанциях Курган (осенью) и Орёл (зимой), метеостанциях пролив Санникова (Якутия) и Невельск (весной).

Рисунок 11.2 - Аномалии средней скорости ветра. Точками красного цвета обозначены станции, на которых скорость ветра превышала 95-й процентиль. Цифрой обозначено число дней с экстремальной скоростью ветра.



Количество дней с экстремальным ветром (отмечено красными точками на рис. 11.2) на территории РФ в 2017 г. было меньше на 12%, чем в 2016 г. В переходные сезоны количество дней, превышающих 95-й процентиль (110 дней в каждый сезон), меньше, чем летом и зимой на 25% и 43% соответственно.

Многолетние изменения характеристик ветра

При оценке региональных изменений коэффициентов линейного тренда в рядах средней скорости ветра, получено, что во все сезоны года средняя по территории России скорость ветра уменьшается (таблица 11.1). Скорости ветра уменьшаются и в большинстве квази-однородных регионов. Число дней с ветром более 15 м/с также уменьшается зимой, весной и осенью в большинстве регионов, летом – в Европейской части России, на Чукотке и севере Камчатки. По двум представленным характеристикам положительные значимые оценки линейного тренда не получены.

Таблица 11.1 – Оценки линейного тренда (статистически значимые на 5%-уровне значимости) регионально осредненных характеристик ветра для регионов России за 1976-2017 гг.: *bV, (м/с)/10 лет* – средней сезонной скорости ветра; *bNd, дни/10лет* - числа дней со скоростью ветра больше 15 м/с – средней сезонной скорости ветра; *bNd, дни/10лет* - числа дней со скоростью ветра больше 15 м/с

Регион	<i>bV</i>				<i>bNd</i>			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
Россия	-0.17	-0.12	-0.12	-0.17	-0.34	-0.24		-0.24
Север ЕЧР и Западной Сибири	-0.25	-0.2	-0.2	-0.22	-0.71	-0.38	-0.21	-0.48
Сев. Восточной Сибири и Якутии								
Чукотка и север Камчатки	-0.25			-0.19	-1.52	-0.82	-0.12	-1.04
Центр ЕЧР	-0.25	-0.16	-0.16	-0.25	-0.25			-0.13
Центр и юг Западной Сибири	-0.23	-0.14	-0.14	-0.2	-0.24			-0.15
Центр и юг Восточной Сибири						-0.11		
Дальний Восток					-0.42	-0.36		-0.44
Алтай и Саяны					-0.27	-0.33		-0.27
Юг ЕЧР	-0.18			-0.13	-0.7	-0.36		-0.29

Ветер в свободной атмосфере

Для анализа используются срочные данные радиозондовых наблюдений около 100 аэрологических станций Российской Федерации, собираемые с каналов связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». На основе собранных срочных наблюдений рассчитывается массив статистических характеристик различных метеовеличин в свободной атмосфере, включая статистические 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 основных 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 2017 г. включал декабрь 2016 г и январь-февраль 2017 г) и для 2017 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 11.3 изображены годовые и сезонные аномалии скорости и направления ветра в тропосфере. В целом за год в 2017 году над всей территорией России в тропосфере скорость ветра была близка к норме. Только на западе европейской части России и на Чукотке наблюдались положительные аномалии скорости ветра до 2 м/с. Значительных аномалий направления ветра не наблюдалось.

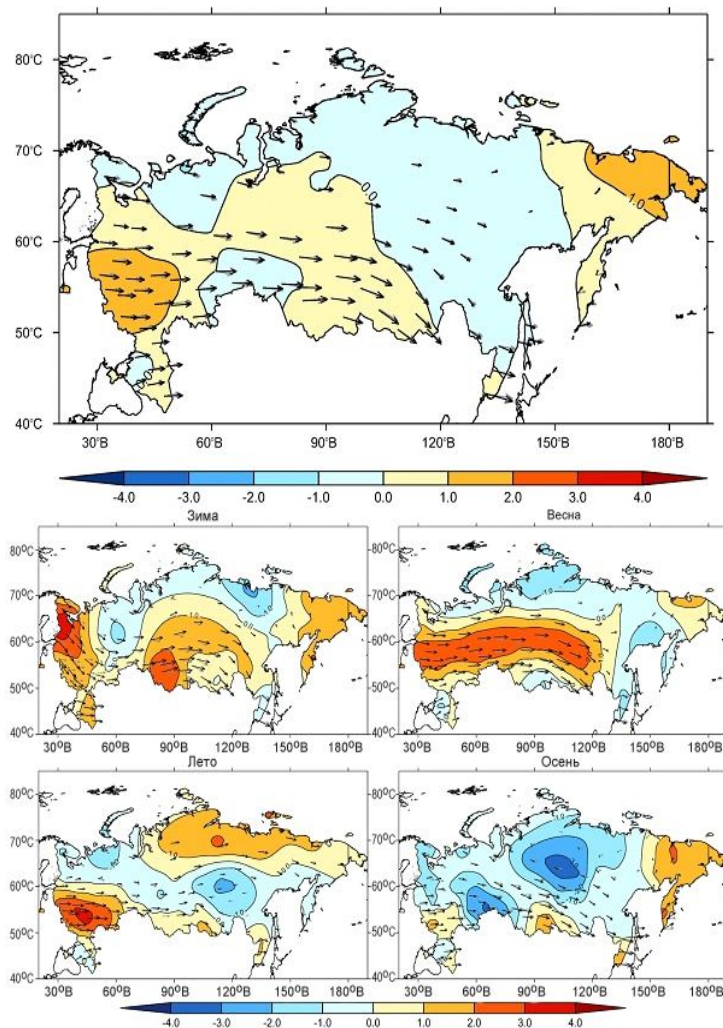
Зимой 2017 г. большие положительные аномалии скорости ветра наблюдались на северо-западе европейской части России, на юге Сибири и на востоке Дальнего Востока. Большие аномалии скорости ветра на европейской части России сопровождалась большими отрицательными аномалиями меридионального ветра, вследствие чего доминирующим направлением ветра было северо-западное.

Весной 2017 г. в тропосфере большие аномалии скорости ветра (до 3 м/с) наблюдались в широтной зоне 50-65 с.ш., проходящей через ЕЧР и Сибирь. Направление ветра соответствовало нормальному, но при этом наблюдались значительные положительные аномалии зонального ветра.

Летом 2017 г. положительные аномалии наблюдались на севере Сибири и Дальнего Востока (до 3 м/с), а на юго-западе европейской части России они достигали 4 м/с. Направление ветра соответствовало нормальному, но наблюдались значительные положительные аномалии зонального ветра на европейской части России.

Осенью 2017 г. отрицательные аномалии скорости ветра наблюдались над большей частью территории РФ. Наибольших значений они достигли в Сибири (до -4 м/с). Значительные положительные аномалии (до 2 м/с) наблюдались только на востоке Дальнего Востока. Направление ветра в целом соответствовало нормальному, но практически над всей территорией наблюдались небольшие отрицательные аномалии зонального ветра.

Рисунок 11.3 - Аномалии скорости ветра за год и для отдельных сезонов (зима 2016-2017 гг., весна, лето и осень 2017 года) в тропосфере.

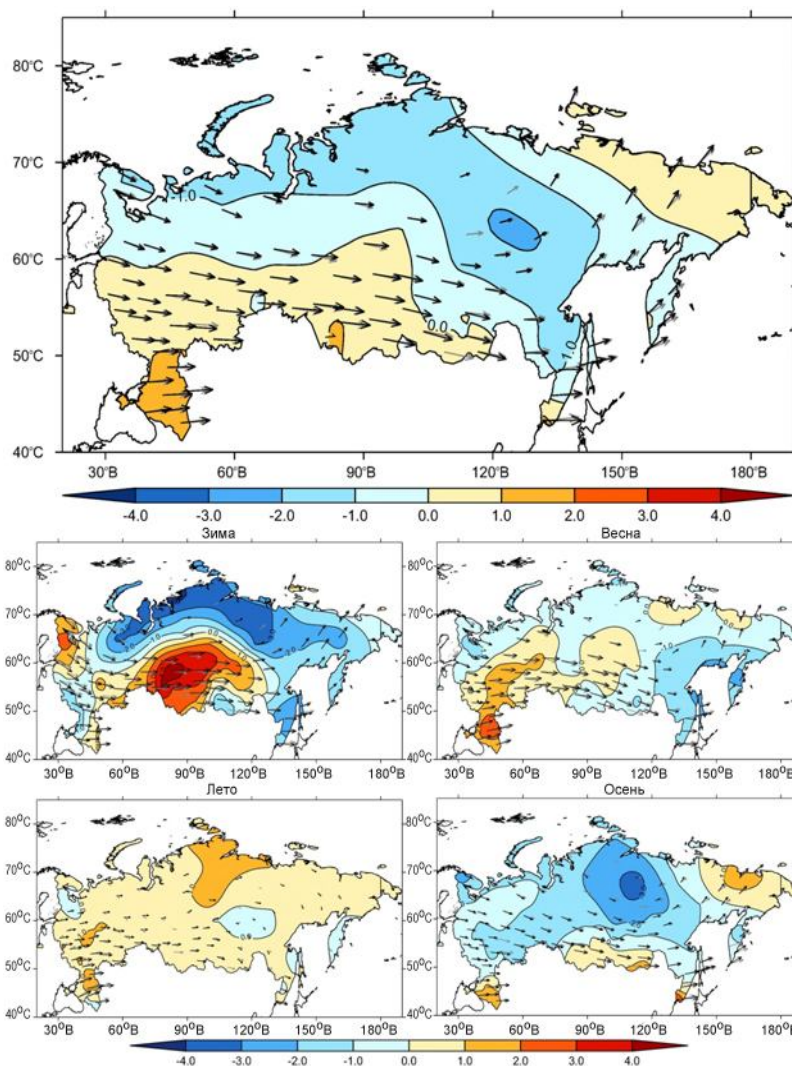


На рисунке 11.4 показаны среднегодовые и среднесезонные аномалии скорости и направления ветра в нижней стратосфере. В целом за год в 2017 г. положительные аномалии скорости ветра наблюдались только на юге ЕЧР, на юго-западе Сибири и на северо-востоке Дальнего Востока. Наибольшие положительные аномалии (до 2 м/с) наблюдались на Юге России. Значительных аномалий направления в целом за год не наблюдалось.

Зимой 2017 г. на юге Сибири наблюдались большие положительные аномалии скорости ветра (более 4 м/с), а на всей северной части России – большие отрицательные аномалии скорости ветра (до 4 м/с). Положительные аномалии наблюдались также на северо-западе ЕЧР. Над ЕЧР России наблюдалось северо-западное направление ветра вследствие значительных отрицательных аномалий меридионального ветра.

Весной 2017 г. практически над всей территорией России, за исключением юга ЕЧР наблюдались отрицательные аномалии скорости ветра. Наибольших значений (до 2 м/с) они достигали на юго-востоке Дальнего Востока. Направление ветра в целом соответствовало нормальному, но на ЕЧР наблюдались большие положительные аномалии зонального ветра.

Летом 2017 г. в нижней стратосфере над всей территорией РФ преобладали положительные, близкие к нулю, аномалии. Наибольших значений (до 2 м/с) они достигали на севере Сибири. Над ЕЧР доминировало западное направление ветра. На востоке России выраженного доминирующего направления не было.



Осенью 2017 г. над всей территорией РФ преобладали отрицательные аномалии скорости ветра с максимум (до -4 м/с) в Сибири. Небольшие области положительных аномалий наблюдались только на Юге России, юге Сибири и на северо-востоке Дальнего Востока. Направление ветра в целом соответствовало нормальному, но на востоке России наблюдались положительные аномалии скорости меридионального ветра.

Рисунок 11.4 - Аномалии скорости ветра за год и для отдельных сезонов (зима 2016-2017 гг., весна, лето и осень 2017 года) в нижней стратосфере. Черные стрелки указывают среднее направление ветра в 2017 г., серые – за период 1985-2014 гг.

12. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Содержание и изменчивость метана и диоксида углерода в северных широтах России

Анализ изменчивости концентрации парниковых газов (ПГ) выполнен на основе результатов измерений в приземном слое атмосферы на трех арктических станциях, характеристики которых приведены в таблице 12.1. Станция Териберка (Кольский полуостров, побережье Баренцева моря) и станция Тикси (арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого) расположены в условиях близких к фоновым (измерения содержания ПГ в пробах приземного воздуха выполняется в лаборатории ФГБУ «ГГО»). Станция Новый Порт (полуостров Ямал, берег Обской губы) находится в районе антропогенных (газовые месторождения Западной Сибири) и природных (увлажненные территории, естественные арктические резервуары метана) источников парниковых газов. Станции «Териберка» и «Тикси» входят в сеть станций ГСА ВМО, результаты измерений которых поступают в Мировой центр данных по парниковым газам; «Новый Порт» выполняет измерения по

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

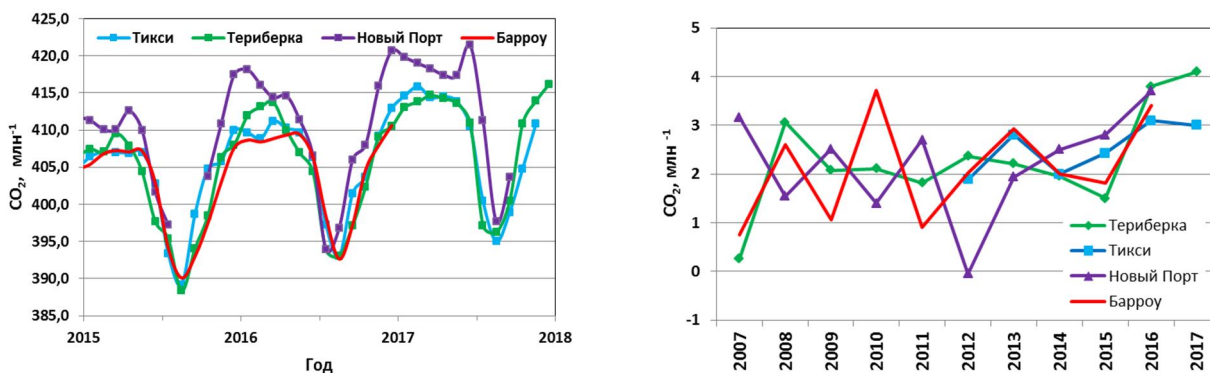
согласованным методикам, но не передает данные в Мировой центр.

Две станции выполняют наблюдения по различным программам мониторинга Росгидромета и не передают данных для международного обмена. Обе подвержены влиянию антропогенных источников. На станции в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике (54°54' с.ш., 37°46' в.д.) измерения проводятся ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Мониторинг концентрации ПГ в приземном слое атмосферы выполняется также на станции Обнинск (55°11' с.ш., 36°57' в.д., ФГБУ «НПО «Тайфун»»).

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).

Диоксид углерода

Изменения концентрации CO_2 в приземном слое атмосферы на российских арктических станциях, а также на станции Барроу (США) показаны на рисунке 12.1 (на рисунке 12.1б показана разность концентраций текущего и предыдущего года: положительной величине отвечает рост концентрации).



а)

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 доступными для общего пользования данными станции Барроу

Уровень концентрации CO_2 в атмосфере северных широт достиг в 2017г. очередного максимума. Среднегодовое значение концентрации CO_2 на станциях, расположенных в фоновых условиях, превысили 408 млн⁻¹, а максимальные за год концентрации, наблюдаемые с марта по май приблизились значению 415 млн⁻¹. Уровень концентрации и амплитуда сезонного хода на российских станциях Териберка и Тикси достаточно близки к данным станции Барроу (71.32° с. ш., 156.6° з. д.). Для станции Новый Порт, подверженной влиянию региональных источников, указанная величина периодически выходит за пределы изменений, наблюдаемых в фоновых условиях.

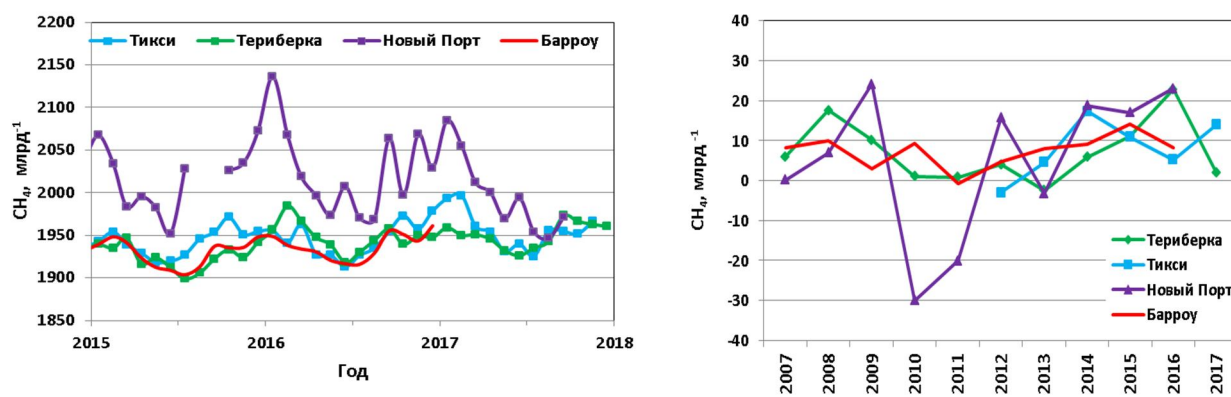
В 2017г. межгодовые изменения концентрации CO_2 (рис. 12.1.б) превысили значение 3 млн⁻¹/год, что заметно выше средней за десятилетний период скорости роста среднего глобального значения 2.2 млн⁻¹/год.

В последние годы наблюдается рост содержания CO_2 в северных широтах. С 2007г. по 2017г. концентрация CO_2 по данным станции Териберка возросла на 23млн⁻¹.

Метан

Для станций ГСА Тикси и Териберка концентрация CH_4 составляла в 2017 году 1950÷1970 млрд⁻¹.

В 2017 г. продолжилось возрастание концентрации метана на станции Тикси (рис. 12.2 б), начавшееся в российской Арктике в 2014 г. Возрастание концентрации метана привело к увеличению и долговременной скорости его роста.



а)

б)

Рисунок 12.2 - Изменения концентрации CH_4 для последних трех лет наблюдений (а) и межгодовая изменчивость концентрации метана в приземном слое атмосферы северных широт (б) на российских арктических станциях в сравнении с доступными для общего пользования данными станции Барроу (NOAA, США).

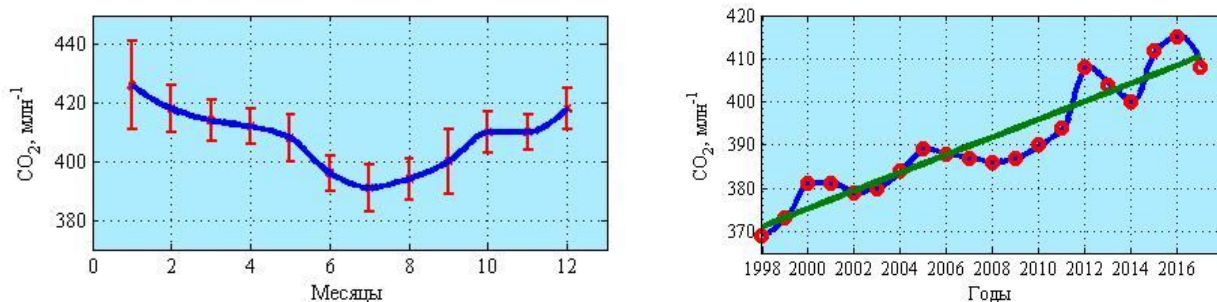
Возобновившийся рост концентрации метана, отчетливо проявившийся в последние 4 года, привел к увеличению долговременной скорости роста. По данным станции Териберка эта величина возросла на 7.3 млрд^{-1} в год для периода 2007-2017 гг.

Результаты измерений содержания и изменчивости диоксида углерода и метана в атмосфере в центральном районе Европейской территории России.

Для анализа уровня содержания и изменчивости ПГ в приземном слое атмосферы использовались данные измерений CO_2 и CH_4 , выполняемых на станции Обнинск и станции Приокско-Тerrasный биосферный заповедник.

Станция Обнинск

Результаты измерений изменчивости в 2017 году средних месячных значений концентраций диоксида углерода в приземном слое атмосферы и их среднеквадратичных отклонений приведены на рисунке 12.3. Данные измерений представлены в единицах объемного отношения смеси - в частях на миллион (млн^{-1}).



а)

б)

Рисунок 12.3 – Изменения концентрации CO_2 в приземном слое атмосферы в 2017 году (а) и изменения среднегодовых концентраций CO_2 в 1998-2017 гг. (б) на станции Обнинск. Прямая линия – линейный тренд

Среднегодовая концентрация CO_2 в приземном воздухе на станции «Обнинск» за 12 мес. в 2017 г. составила 408 млн^{-1} (рис. 12.3 а) и уменьшилась по сравнению с 2016 г. на 7 млн^{-1} и по сравнению с 2015 г. на 4 млн^{-1} .

За время наблюдений с 1998 по 2017 г. величина положительного тренда среднегодовых концентраций CO_2 равна 2.1 ± 0.5 млн⁻¹ в год (рис. 12.3 б). Величина тренда в пределах погрешности совпадает с расчетом для глобально-усредненных данных (за период 01.1998 – 07.2017 гг. скорость роста концентрации диоксида углерода составляла 2.08 ± 0.14 млн⁻¹ в год).

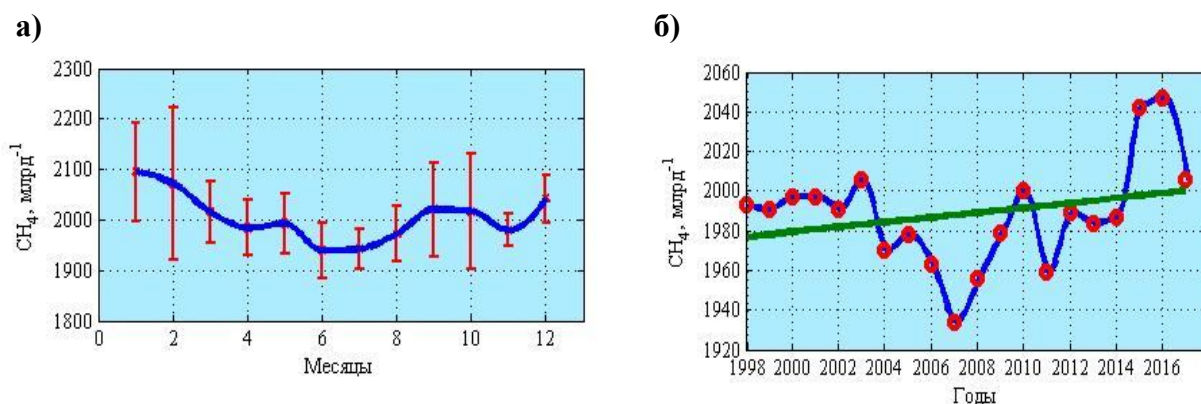


Рисунок 12.4 –Изменения концентрации метана в приземном воздухе в 2017 году (а) и изменения среднегодовых концентраций метана в 1998-2017 гг. (б) на станции Обнинск. Прямая линия – линейный тренд

Средняя годовая концентрация CH_4 в приземном слое атмосферы на станции Обнинск в 2017 г. (рис. 12.4 а) составила (2006 ± 48) млрд⁻¹ и уменьшилась по сравнению с данными за 2016 и 2015 г. (рис. 12.4 б). Значения средних годовых концентраций метана в воздухе в эти годы составили 2047 и 2042 млрд⁻¹ соответственно. Рост концентрации метана по данным измерений в Обнинске наблюдался, начиная с 2007 г. Для периода 1998-2017 гг. линейный тренд метана на ст. «Обнинск» равен 1.2 ± 1.0 млрд⁻¹ в год, для периода с 01.2007 по 12.2017 гг.: 8.3 ± 3.3 млрд⁻¹ в год. Значение линейного тренда для глобально-усредненных концентраций метана за 01.2007-07.2017 гг. составляло 6.7 ± 0.6 млрд⁻¹ в год.

Станция Приокско-Тerrasный биосферный заповедник

Согласно данным многолетних наблюдений на станции Приокско – Террасный заповедник (ПТЗ) сезонные изменения диоксида углерода и метана в течение года характеризуются летним минимумом. Наиболее высокие концентрации измеряемых парниковых газов регистрируются в зимние месяцы года. Указанная закономерность согласно данным станций ГСА, расположенных в средних широтах Северного полушария, является характерной для сезонных изменений метана и диоксида углерода. Многолетние изменения средних зимних (декабрь-февраль) и средних летних (июнь-август) концентраций диоксида углерода и метана представлены на рис. 12.5.

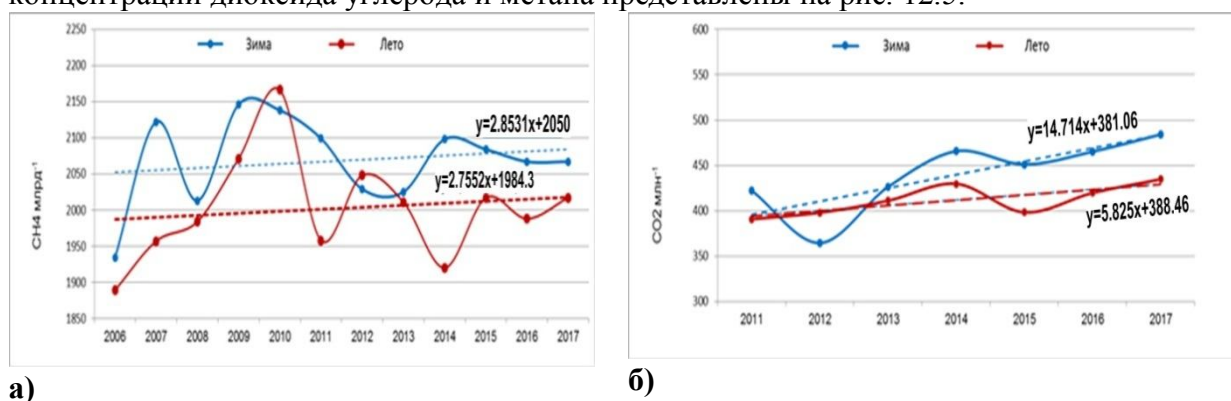


Рисунок 12.5 - Изменения средних летних и средних зимних концентраций CH_4 (а) и CO_2 в (б) приземном слое атмосферы на станции ПТЗ.

Результаты проведённых измерений свидетельствуют о продолжающейся в 2017 году тенденции роста содержания CO_2 в приземном слое атмосферы на станции ПТЗ как в зимний, так и в летний периоды года, метана – в летние месяцы

13. 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 ОМІ (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 1 мм (в Антарктиде в период весенней озоновой аномалии) до 6 мм (в конце зимы – начале весны над Дальним Востоком). ОСО измеряют в так называемых единицах Добсона (ед.Д.); приведенная толщина слоя озона 3 мм соответствует 300 ед.Д.

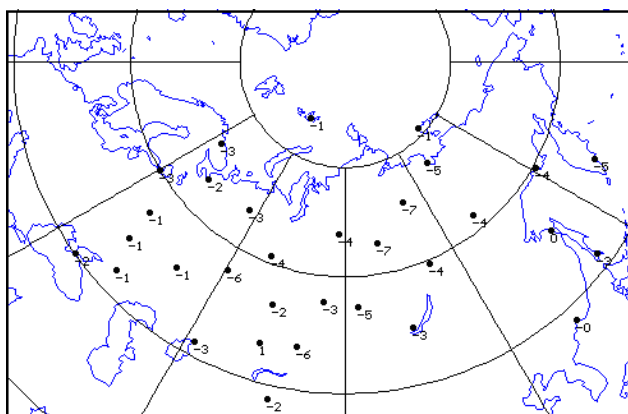


Рисунок 13.1 - Поле отклонений (%) общего содержания озона от средних многолетних значений по данным озонметрической сети СНГ в 2017 г.

Поле отклонений среднегодовых значений ОСО от нормы (рис. 13.1) в 2017 г. достаточно ровное. Как и в 2016 г. на большинстве озонметрических станций среднегодовые значения ОСО ниже средних многолетних значений за 1974-1984 гг. Особенностью 2017 г. являются

низкие среднемесячные значения ОСО в декабре и, как следствие, низкие средние за четвёртый квартал значения ОСО над северными регионами России (рис. 13.2).

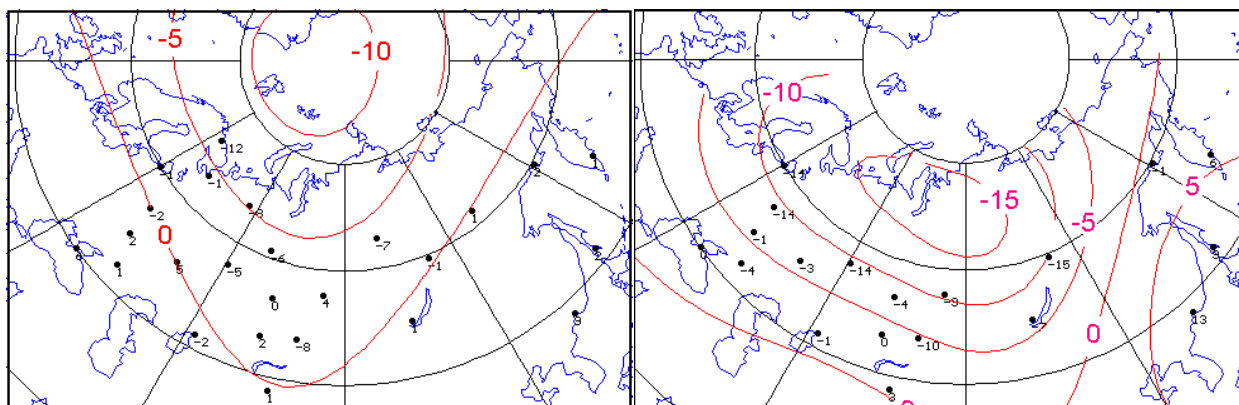


Рисунок 13.2 - Поле отклонений (%) общего содержания озона от средних многолетних значений по данным озонметрической сети СНГ в четвёртом квартале 2017 г. (слева) и в декабре 2017 г. (справа).

Отклонения среднегодовых значений ОСО от нормы для всех анализируемых станций лежат в интервале от -7 до $+1\%$. Наибольший дефицит среднегодового значения ОСО (-7%) зарегистрирован на станциях Тура и Оленек на севере Центральной Сибири. Максимальное превышение среднегодового значения ОСО над нормой ($+1\%$) зарегистрировано на станции Караганда на северо-востоке Казахстана.

В течение 2017 года отдельные существенные отклонения ежедневных значений ОСО от нормы отмечались в марте и ноябре:

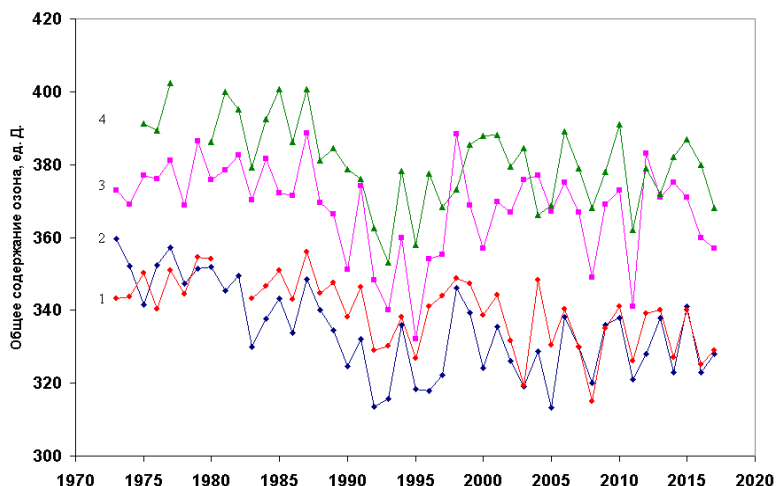
- с 17 по 31 марта пониженные на 24-44 % среднесуточные значения ОСО над северными районами Сибири и Якутией (252-361 ед.Д.);

- с 19 по 21 ноября повышенные на 26-44 % среднесуточные значения ОСО над Санкт-Петербургом, Карелией, западными и центральными районами Европейской части территории России (369-401 ед. Д.).

Наиболее крупные и продолжительные аномалии ОСО обычно наблюдаются в марте, реже в апреле. Аномалия в марте 2017 г. была средней по продолжительности и наблюдалась около двух недель.

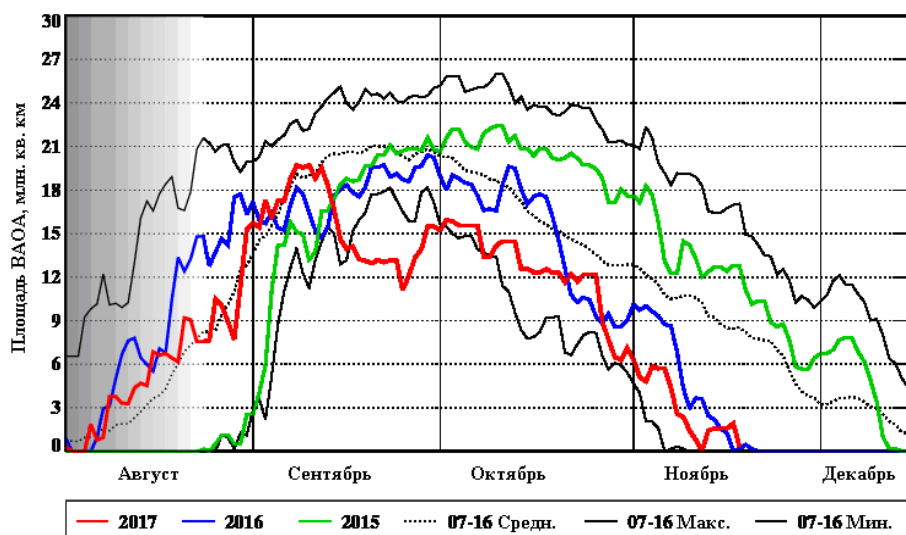
Долговременные изменения ОСО над территорией России иллюстрирует ход среднегодовых значений ОСО над различными станциями (рис. 13.3). Ход ОСО в целом над станциями наблюдений в России удовлетворительно согласуется со среднезональным ходом ОСО в средних широтах Северного полушария ($35-60^\circ$ с.ш.).

Рисунок 13.3 - Ход среднегодовых значений ОСО в пунктах наблюдений: 1 - Екатеринбург (57° N, 61° E), 2 - С.-Петербург (60° N, 30° E), 3 - Якутск (62° N, 130° E), 4 - Нагаево (60° N, 151° E).



В 2017 г. продолжались наблюдения за весенней Антарктической озоновой аномалией (ВАОА). Основной объем данных о характеристиках ВАОА (максимальная площадь, минимальное значение ОСО в ней и общий дефицит озона за время существования ВАОА) получают с помощью наземных озонометрических наблюдений (проводимых, в том числе и Россией), спутниковых наблюдений аппаратурой производства США и западноевропейских стран. Площадью, занятой ВАОА, считают площадь территории, над которой ОСО меньше 220 е.Д., ее временной ход в 2017 г., по данным NOAA, США, приведен на (рис. 13.4).

Рисунок 13.4 - Вариации площади ВАОА в 2017 г. по данным аппаратуры SBUV/2 с сайта NOAA, США (наибольшая ВАОА наблюдалась в 1998 г.; для сравнения для периода 2003-2012 гг. приведены средняя, максимальные и минимальные площади ОСО для каждого календарного дня).



В 2017 г. ВАОА появилась в начале августа и закончилась в середине ноября. 11 сентября 2017 г. её площадь достигла максимального значения и составила 19.58 млн. кв. км, что меньше максимальной площади аномалии за последние несколько лет. Все годы, начиная с 1989 г., максимальная площадь озоновой аномалии была выше этой величины. Минимальное значение ОСО в период с 21 сентября по 16 октября на территории ВАОА в 2017 г. составило 131 ед. Д. и достигалось дважды: 9 и 12 октября. Последние 14 лет минимальное значение ОСО было меньше. Поведение параметров ВАОА, зафиксированное спутниковыми наблюдениями, указывает на её возможное ослабление, но окончательные выводы делать ещё рано. Согласно новейшим исследованиям, анализ пяти различных рядов данных показал положительные тренды ОСО с 2000 года над Антарктикой в сентябре, но близкие к нулю тренды в октябре.

ВЫВОДЫ

- 2017 год был очень теплым: 4-й в ряду с 1936 г., средняя по РФ аномалия температуры $+2.02^{\circ}\text{C}$ (базовый период 1961-90 гг.). Доля площади, занятая положительными экстремумами (больше двух стандартных отклонений) составила 14.3%. Рекордно тепло было в АЧР: аномалия $+2.27^{\circ}\text{C}$.

Рекордно теплой была весна в АЧР ($+3.69^{\circ}\text{C}$). Выделялся *март*: средняя по РФ аномалия: $+6.03^{\circ}\text{C}$ – исторический максимум; рекордным он был также и для АЧР ($+6.79^{\circ}\text{C}$), а в ЕЧР – 3-м ($+4.14^{\circ}\text{C}$). Положительные аномалии наблюдались всюду, причем на всех станциях АЧР севернее 60° с.ш. отмечены 95%-е экстремумы..

Экстремально тепло было зимой в ДВФО (аномалия: $+2.94^{\circ}\text{C}$ – ранг 1), летом – в СФО ($+1.53^{\circ}\text{C}$ – ранг 5); осенью – на северо-востоке страны.

Необычным для последних десятилетий явился продолжительный холод на ЕЧР в конце весны – начале лета: в мае - в ЕЧР (самый холодный май с 2000 г.) и на западе Западной Сибири, в июне - в ЕЧР, аномалия -1.44°C – 8-я минимальная величина в ряду, в июле - в ЦФО и ПФО.

- Потепление продолжается на всей территории России в целом за год и во все сезоны. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры составила $0.46^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 48%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.64^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет: описывает 64% суммарной дисперсии). Минимум потепления в среднем за год – на юге Сибири, где зимой наблюдается область убывания температуры (на существенно меньшей территории и значительно более слабого убывания, чем в период 1976-2014 гг.), а летом и осенью имеются области, где рост очень слаб.

- В 2017 году средние годовые аномалии для всех высотных зон Северного Кавказа положительны; в Ахты и в Прохладной наблюдались 95%-е экстремумы. Экстремально тепло было летом – на всех станциях отмечались 95%-е экстремумы. За период 1976-2016 гг. на всех станциях наблюдается значимый рост годовых температур, который обусловлен в основном ростом максимальных суточных температур.

- В Арктике 2017 год был очень теплым (третий с 1936 г.): среднегодовая температура на 2.2°C выше нормы и лишь на 0.1°C ниже рекордного 2011. Области крупных положительных аномалий температуры располагались преимущественно в азиатском секторе, на территории Западносибирского и Чукотского районов. Самые крупные аномалии наблюдались в районе Карского и Чукотского морей.

В течение последних тридцати лет (1988-2017 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный тренд среднегодовой температуры составил $0.75^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наиболее высокими темпами повышение температуры происходит в районе Карского

моря. Линейное повышение среднегодовой температуры воздуха здесь составило около 1.65 °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 2.5 градуса. Морской ледяной покров в Сибирских арктических морях к концу лета быстро сокращался, начиная с 1998 года, уменьшившись к 2005 году до 200 тыс. км². В последние 13 лет его площадь в сентябре колеблется около этого уровня, что в 7 раз меньше, чем в 1996–1998 гг.

- 2017 год стал третьим самым теплым годом для тропосферы Северного полушария с 1958 года. Рекордно теплой стала осень 2017 года в низких широтах (аномалия температуры 0.79 °C). В нижней стратосфере 2017 год вошел в пятерку самых холодных лет с 1958 года. Лето в высоких широтах стало рекордно холодным. Рекордно холодные температуры наблюдались также зимой в низких широтах и Северном полушарии в целом и Северном полушарии и умеренных широтах за год в целом.

Структура климатических трендов температуры за период 1981-2017 гг. подтверждает тенденции потепления в тропосфере и значительного похолодания в нижней стратосфере. Добавление аномалий за 2017 год к соответствующим рядам за период до 2016 года привело к тому, что абсолютные значения всех трендов увеличились, за исключением трендов тропосферы высоких широт.

- В целом по России осадки составили: 111% нормы - вторая величина в ряду. Наибольшее количество осадков выпало в ЕЧР (115% - 2-я *среди наибольших* сумм), в Средней Сибири (116% – ранг 3), в Восточной Сибири (114% – ранг 5-6).

Избыток осадков преобладал во все сезоны; экстремальный сезон – весна: в целом по РФ выпало 119% - ранг 4; особенно много осадков выпало в Средней Сибири: 137% - ранг 1. В июне и июле много осадков выпало в ЕЧР (135 и 129%: 2-е величины в рядах), осенью - в восточных районах РФ (в Восточной Сибири выпало 134% нормы – ранг 3), зимой - в истоках Оби и Енисея.

Области с дефицитом осадков наблюдались во все сезоны, особенно сильный дефицит (40%-80% нормы) наблюдался весной на Чукотке.

Средняя скорость роста сумм осадков в целом по территории России составляет за 1976-2017 гг. 2.2% за 10 лет (тренд значим на уровне 1%). Рост осадков происходит во все сезоны, наиболее значительный рост сезонных сумм осадков наблюдается *весной* (6.0%/10 лет, вклад в дисперсию 35%). Следует отметить продолжающуюся тенденцию убывания летних осадков в ЕЧР: в ЦФО и ПФО около -4%/10 лет, а в ЮФО -4.6%/10 лет.

В целом для СПО в 2016/17 г. годовая сумма осадков была ниже нормы на 2.1 %; в теплый период года в российской части СПО заметный дефицит осадков наблюдался в Восточносибирском и Чукотском районах (94.9% и 91.8% нормы, а летом избыток (105% нормы) – в Западносибирском.

Явная тенденция к убыванию осадков обнаруживается в Чукотском районе в течение всего года и в районах арктических морей азиатского сектора СПО в теплый период года. Рост осадков выражен в южной части Североевропейского района.

В районах Северного Кавказа в 2017 году наблюдались в основном отрицательные аномалии сезонных сумм осадков: в степных районах – во все сезоны, в предгорных районах – во все сезоны (кроме лета), в горных районах – во все сезоны (кроме весны, в Теберде еще и осени), в высокогорных районах – зимой и летом. Из сезонов выделяется весна: на высокогорной станции Терскол отмечен 95%-й экстремум осадков, а в предгорном Нальчике – 5%-й экстремум (отклонение от нормы -109,8 мм/месяц). На всех станциях наблюдается рост годовых сумм осадков за период 1976-2016, но статистически незначимый даже на уровне 5%.

- Продолжительность залегания снежного покрова в среднем по России зимой 2016-2017гг. была на 2.39 дня короче климатической нормы. Максимальные отрицательные

аномалии продолжительности залегания снежного покрова на Чукотке и севере Камчатки обусловлены более поздним установлением и ранним сходом снежного покрова. Максимальная высота снежного покрова в среднем по России выше климатической нормы, аномалия +3.85 см. Максимальный за прошедшую зиму запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России оказался значительно выше нормы в поле и близким к норме в лесу. На Алтае и в Саянах 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 рекордной аномалией нынешней зимы. Как и в период 1976 - 2016 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 2017 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.

- Из-за теплой погоды февраля – марта весенние процессы на реках многих областей ЕЧР проходили в сроки значительно более ранние, чем многолетние средние (половодье началось на 20-29 дней раньше обычного на Среднем Дону в Ростовской и Волгоградской областях, но на многих реках Башкортостана (бассейн р. Белая) – позже нормы, хотя и незначительно. Высокие температуры воздуха марта и первой половины апреля обусловили раннее вскрытие рек (на 5-10 дней раньше нормы) и интенсивный приток талых вод в русловую сеть в Приморском крае. На отдельных участках рек центральных районов края вскрытие сопровождалось маломощными заторами льда.

Осенью 2017 года ледообразование на большинстве рек России проходило недружно, прерывисто и, в основном, в поздние сроки и близкие к экстремально поздним срокам. Так, неустойчивое ледообразование на Неве и Днепре началось лишь в третьей декаде декабря, то есть на 27-33 дней позже нормы.

- В 2017 году на ЕЧР (5 площадок) и в Западной Сибири (10 площадок) по сравнению с предыдущим годом повсеместно произошло уменьшение мощности сезонно-талого слоя (СТС) на 5 – 38 см. В Центральной Сибири (5 площадок) изменения были разнонаправлены, от небольшого уменьшения на Ямале (-4 см), до увеличения на 22 см в Норильске. В Северо-Восточной Сибири (20 площадок) на половине площадок наблюдалось уменьшение на 8 – 33 см, на 10 других – увеличение на 8 – 11 см. На Чукотке (5 площадок) везде произошло незначительное или нулевое уменьшение СТС, на Камчатке (1 площадка) также уменьшение на 2 см.

Условия 2017 г. привели к уменьшению коэффициентов тренда мощности СТС, рассчитанных за весь период наблюдений, на Европейском севере и на большей части Западной Сибири (на 3 – 9 см/10 лет), что можно объяснить аномально холодным летом. На остальной части криолитозоны коэффициенты тренда изменились незначительно или остались неизменны.

- Агроклиматические условия 2017 г. на территории ЦФО, ПФО, ЮФО и СКФО благоприятствовали формированию более высокого уровня урожайности по сравнению с предшествующим десятилетием. В Саратовской, Самарской и Оренбургской областях оценки ожидаемой урожайности яровой пшеницы превысили среднемноголетний уровень в 2.2–2.4 раза. На территории ЮФО и юго-восточных областей ПФО в предпосевной и осенний периоды наблюдалась достаточная влагообеспеченность для озимых культур урожая 2018 года.

Положительная тенденция к росту показателей теплообеспеченности с/х культур за последние десятилетия сохраняется на ЕЧ и на АЧ России. В среднем для территории

России оценка скорости роста сумм активных температур воздуха за 1976–2017 гг. составила $87^{\circ}\text{C}/10$ лет, продолжительности вегетационного периода ($T > 5^{\circ}\text{C}$) и периода активной вегетации ($T > 10^{\circ}\text{C}$) 3.4 сут./10 лет и 3.5 сут./10 лет.

Сохраняется положительная тенденция к росту весенних осадков на всей территории земледельческой зоны РФ, а тренды летних осадков за 1976–2017 гг. отрицательны в основных сельскохозяйственных регионах ЕЧР и положительны в Сибири и на Дальнем Востоке.

- Концентрация CO_2 в атмосфере северных широт РФ достигла в 2017 г. нового максимума: среднегодовые значения превысили 408 млн^{-1} для всех арктических станций РФ. Максимальные за год концентрации CO_2 были близки к 415 млн^{-1} .

Для арктических станций, расположенных в фоновых условиях, концентрация CH_4 составляла в 2017 году $1950 \div 1970 \text{ млрд}^{-1}$. Возобновившийся рост концентрации метана, отчетливо проявившийся в последние 4 года, привел и к увеличению скорости роста метана за последние 10 лет, которая по данным станции Териберка составила 7.3 млрд^{-1} в год для периода 2007-2017 гг.

В центральной части Европейской территории России в 2017 г. по данным станции Обнинск концентрация CO_2 в воздухе уменьшилась по сравнению с 2016 г. и составила 408 млн^{-1} (среднегодовое значение). За период наблюдений с 1998 по 2017 гг. величина положительного тренда среднегодовых концентраций CO_2 составила $2.1 \pm 0.5 \text{ млн}^{-1}$ в год (за указанный период скорость роста средних глобальных значений диоксида углерода составляла $2.08 \pm 0.14 \text{ млн}^{-1}$ в год). Средняя годовая концентрация метана в приземном слое атмосферы в 2017г. составила $2006 \pm 48 \text{ млрд}^{-1}$ и уменьшилась по сравнению с данными за 2016 и 2015 гг. Для периода с 01.2007 по 12.2017 линейный тренд метана равен $8.3 \pm 3.3 \text{ млрд}^{-1}$ в год.

- В 2017 году в целом на территории РФ отмечалось 907 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), включая агрометеорологические и гидрологические. Это на 183 (17 %) ОЯ меньше, чем в рекордном 2008 году, и на 81 (8 %) ОЯ меньше, чем в прошлом году. По сравнению с 2016 г. в 2017 г. количество ОЯ и КМЯ в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах увеличилось почти на 30 %, а в остальных федеральных округах уменьшилось на 7-32 %. По количеству ОЯ (378), нанесших значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения, прошедший год стал девятым за последние 22 года и, таким образом, был не самым сложным в плане опасных явлений.

- Аномалии скорости приземного ветра на большей части РФ в 2017 г. отрицательны в среднем за год и все сезоны, кроме весны. Однако по сравнению с 2016 г. во все сезоны и особенно весной отмечено больше областей с положительными аномалиями скорости ветра. Зимой и осенью скорости ветра, превышающие норму, отмечены на большей части Дальневосточного региона; заметные превышения зимой наблюдались на Арктическом побережье, особенно на Ямале, Таймыре и в районе Певека.

Во все сезоны года средняя по территории России скорость ветра уменьшается. Число дней с ветром более 15 м/с также уменьшается зимой, весной и осенью в большинстве регионов, летом – в ЕЧР, на Чукотке и севере Камчатки.

В тропосфере и в нижней стратосфере в среднем за год больших аномалий скорости ветра не наблюдалось. Отрицательные аномалии до -1 м/с наблюдались в Восточной Сибири, а над остальной территорией наблюдались положительные аномалии, достигающие 2 м/с над ЕЧР и на Чукотке. Наибольшие положительные аномалии скорости ветра (до 4 м/с) наблюдались зимой и весной над ЕЧР и над центральной Сибирью. Наибольшие отрицательные аномалии скорости ветра (до -4 м/с) наблюдались осенью над центральной Сибирью. Направление ветра в целом соответствовало нормальному, только зимой над ЕЧР наблюдалось северо-западное направление ветра.

Наибольшие положительные аномалии (более 4 м/с) наблюдались зимой на юге Западной Сибири, а наибольшие отрицательные (до -4 м/с) – зимой в северной части России и осенью в центральной Сибири.

- Режим солнечной радиации в 2017 г. характеризуется заметными внутригодовыми и внутрисезонными контрастами. В среднем по территории России значения прямой солнечной и суммарной радиации были близки к норме во все сезоны. При этом в летний сезон в поле прямой радиации доминировали положительные аномалии. На Крайнем Севере (ЯНАО) в июле были зарегистрированы рекордные значения месячных сумм. Осредненное по территории России значение сезонной аномалии оказалось рекордно высоким с начала 21 в. В то же время зимой и весной область отрицательных аномалий прямой радиации охватывала практически всю Европейскую территорию России и простиралась далеко на восток. Важная особенность 2017 г. – как и ряда других лет начала 21-го столетия – связана с преобладанием отрицательных аномалий в поле рассеянной радиации во все сезоны года.

В многолетнем режиме солнечной радиации на территории ЕЧР сохраняется положительная тенденция, наиболее выраженная в южных районах. 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 выявлению тенденций.

- Уровень общего содержания озона (ОСО) практически над всей территорией России в течение 2017 г. был несколько ниже средних многолетних значений за 1974-1984 гг. (как и в 2016 году). Весенняя аномалия ОСО в умеренных и высоких широтах территории России наблюдалась в течение двух недель. Весенняя Антарктическая озоновая аномалия 2017 г. была небольшой по продолжительности и занимаемой площади, а также имела высокое минимальное значение ОСО по сравнению с минимумами за последние 14 лет, что может указывать на её возможное ослабление.