

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И  
МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
(РОСГИДРОМЕТ)

ДОКЛАД  
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТА  
НА ТЕРРИТОРИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ЗА 2016 ГОД

Москва, 2017 г.

**УДК 551.5**  
**ББК 26.2**  
**Д 63**

**Д 63 Доклад об особенностях климата на территории  
Российской Федерации за 2016 год. – Москва, 2017. –  
70 стр.**

**ISBN 978-5-906099-58-7**

В Докладе представлены результаты регулярного мониторинга климата Российской Федерации, выполняемого НИУ Росгидромета, за 2016 г. Приводятся данные о наблюдавшихся в 2016 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, 2017**

RUSSIAN FEDERAL SERVICE FOR HYDROMETEOROLOGY  
AND ENVIRONMENTAL MONITORING  
(ROSHYDROMET)

A REPORT  
ON CLIMATE FEATURES  
ON THE TERRITORY  
OF THE RUSSIAN FEDERATION  
IN 2016

Moscow, 2017

Настоящий ДОКЛАД подготовлен коллективом НИУ Росгидромета:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», головной)	Г.В. Груза, М.Ю. Бардин, Э.Я. Ранькова, Э.В. Рочева, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, В.И. Егоров, М.И. Афанасьев, С.Г. Парамонов, Б.А. Латышев
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. Карачёнок
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 .....	9
INTRODUCTION	
1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА .....	11
SURFACE AIR TEMPERATURE	
2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ .....	18
PRECIPITATION	
3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2015/2016 ГГ. ....	23
SNOWCOVER IN WINTER 2015/16	
4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК .....	28
RIVER FREEZE-UP AND SPRING BREAK	
5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ .....	31
NORTH POLAR REGION	
6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА .....	37
PERMAFROST	
7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ .....	39
CLIMATIC AGRICULTURE CONDITIONS	
8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ .....	44
DANGEROUS HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS	
9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ .....	47
SOLAR RADIATION	
10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ.....	50
TEMPERATURE IN FREE ATMOSPHERE	
11. РЕЖИМ ВЕТРА.....	54
WIND	
12. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ .....	59
GREENHOUSE GASES	
13. ОЗООНОВЫЙ СЛОЙ .....	63
OZONE LAYER	
ВЫВОДЫ .....	66

## ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Настоящий «Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2016 году» является ежегодным официальным изданием Росгидромета (одиннадцатый выпуск в серии ежегодных докладов). Доклад является источником регулярно обновляемых высококачественных данных о состоянии и тенденциях изменения климата на территории России. Он основан на результатах регулярного климатического мониторинга по данным государственной наблюдательной сети и климатических исследований, проводимых НИУ Росгидромета.

Глобальное потепление и ожидаемые в связи с ним негативные последствия требует регулярной оценки наблюдаемых глобальных и региональных изменений в климатической системе. На климатической конференции ООН в декабре 2016 г. принято Парижское соглашение, определяющее рамки многостороннего сотрудничества в связи с изменением климата на период после 2020 года. В отличие от Киотского протокола, где основным критерием являлись суммарные пороговые значения эмиссий парниковых газов, здесь принят другой подход, основанный непосредственно на целевых порогах изменения глобальной температуры. Целью совместных действий объявлено сдерживание роста глобальной температуры ниже 2°C по сравнению с доиндустриальным периодом, с продолжением усилий по ограничению роста температуры до 1.5°C. Таким образом, еще более важное значение приобретает постоянное слежение за текущим состоянием климатической системы, наблюдаемыми тенденциями и своевременным обнаружением их изменения. Важнейшее значение имеет мониторинг сопровождающих глобальное потепление изменений в системах взаимодействия океана и атмосферы, в гидрологическом цикле, криосфере, биоте, образующих цепочки разного рода прямых и обратных связей, в том числе нелинейного характера, способных резко усиливать сравнительно небольшой сигнал глобального потепления.

Изменение климата ведет к росту неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений. В 2017 году Всемирный экономический форум (ВЭФ) в 12-м ежегодном докладе, посвященном наиболее важным рискам, с которыми сталкивается человечество, объявил экстремальные погодные явления наиболее вероятными среди главных глобальных рисков, и вторыми по масштабу оказываемого воздействия (после оружия массового поражения). Ежегодные отчеты ВЭФ явно демонстрируют возрастание значимости гидрометеорологического фактора в устойчивом развитии общества.

В связи с этим необходимо отметить рост в России числа неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений, который может быть связан с происходящими изменениями климата. В 2016 году в целом на территории Российской Федерации отмечалось 988 опасных гидрометеорологических явлений, из них 380 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. Наиболее крупный ущерб нанесли сильные пожары на юге Восточной Сибири и дождевые паводки в Приморском крае.

Проблемы различного рода рисков, связанных с изменением климата, привели Всемирную метеорологическую организацию к необходимости создания Глобальной рамочной основы климатического обслуживания. Ее первоочередной задачей является своевременное получение надежных оценок и предоставление климатического обслуживания для целей снижения риска стихийных бедствий, рационального управления

водными ресурсами, повышения продовольственной безопасности и улучшения здоровья населения.

С учетом данных за 2016 год по-прежнему среднегодовая температура на территории Российской Федерации растет более чем в 2.5 раза быстрее глобальной, со скоростью  $0.45^{\circ}\text{C}$  за 10 лет, и особенно быстро в полярной области, где скорость роста достигает  $0.8^{\circ}\text{C}$  за 10 лет (Таймыр). Однако, характер потепления неодинаков в различные сезоны. Зимы после быстрого потепления в период до середины 1990-х годов стали холодать почти везде, кроме полярной области. Осенью, напротив, в середине 1990-х гг. произошло значительное ускорение потепления, аналогичное произошедшему в то же время «Арктическому усилению» - резкому потеплению в Арктике. Выявление подобных особенностей при регулярном мониторинге климата становится основой дальнейших исследований их причин, сопоставления и коррекции климатических проекций на временных масштабах до нескольких десятилетий.

Первые три четверти 2016 года осредненная по России температура превосходила исторический максимум. Однако, холодная вторая половина осени, особенно ноябрь, и близкий к норме декабрь привели к тому, что в целом по году отклонение от нормы составило  $+1.69^{\circ}\text{C}$ .

Рекордно теплое лето было характерно в основном отсутствием особо холодных дней на севере ЕЧР, Урале, Западной и юге Средней Сибири. Экстремально жаркие дни отмечены лишь на Ямале и Южном Урале. В Северной полярной области (СПО) 2016 г. был рекордно теплым за период с 1936 г. Аномалия составила  $3.3^{\circ}\text{C}$ . Предыдущий максимум  $2.3^{\circ}\text{C}$  наблюдался в 2011 г. Исключительно теплый 2016 год в морской Арктике привел к значительному увеличению тренда за последнее 30-летие: от  $0.68^{\circ}\text{C}$  до  $0.79^{\circ}\text{C}$  за 10 лет. Прошедший год стал рекордно теплым в тропосфере и рекордно холодным в нижней стратосфере в низких широтах и в Северном полушарии в целом.

На территории России наблюдается рост годовой суммы осадков: со скоростью 2.1% за 10 лет. Наиболее значительные аномалии осадков в 2016 г. наблюдались зимой и осенью. Зима была исключительно снежной: 121% климатической нормы для территории РФ и 138% (исторический максимум) в ЕЧР.

На значительной части страны обнаружена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова. Продолжительность залегания снежного покрова в 2015-2016 гг. в среднем по России была на 2.7 дня короче климатической нормы. Наблюдается увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова в среднем по России на 1.98 см за 10 лет. Вскрытие рек на всей территории России происходило раньше нормы, но на многих реках ЕЧР и Арктической части России (АЧР) лед появился в сроки близкие к норме или до двух недель раньше.

Потепление климата сопровождается выраженными изменениями в ледовых процессах и криосфере в целом. Потепление климата в Арктике обусловило быстрое уменьшение площади морского льда до 3.61 млн. кв. км. в сентябре 2012 года, что почти вдвое меньше, чем в 1980-е годы. В последующие более холодные годы она вновь несколько выросла и в сентябре 2016 года составила по данным ФГБУ «ААНИИ» 4.45 млн. кв. км. На большей части территории Российской Федерации происходит более раннее освобождение ото льда рек и водоемов, более позднее установление льда (но осенью 2016 г. на многих реках ЕЧР и АЧР лед появился в сроки близкие к норме или до двух недель раньше). Наблюдаемые тренды мощности сезонно-талого слоя вечной

мерзлоты положительны за период 2002-2016 для всех площадок, кроме одной вблизи Якутска.

По-прежнему растут показатели теплообеспеченности сельскохозяйственных культур. Продолжительность периода вегетации ( $T > 5^{\circ}\text{C}$ ) превышала среднюю продолжительность за предшествующие два десятилетия практически везде на 1-14 суток, за исключением Центрального и Дальневосточного ФО. Тенденции показателей влагообеспеченности на территории земледельческой зоны неоднозначны. Продолжается рост весенних осадков, но уменьшаются летние осадки в южной половине ЕЧР, на Урале. Величина гидротермического коэффициента, характеризующего благоприятность температурно-влажностного режима для сельскохозяйственных культур (май-август) убывает в среднем по Российской Федерации, кроме Сибирского и Дальневосточного ФО. Тренд индекса сухости положителен всюду в земледельческой зоне, за исключением Северо-Кавказского ФО.

По данным станций мониторинга парниковых газов Росгидромета, уровень концентрации диоксида углерода  $\text{CO}_2$  в приземном слое атмосферы в 2016 году достиг нового среднегодового максимума около  $405 \text{ млн}^{-1}$ . Увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  за год превысило  $3 \text{ млн}^{-1}$  для всех 3-х арктических станций при средней скорости роста в последнее десятилетие около  $2 \text{ млн}^{-1}$  в год.

Особенностью 2016 г. стало появление озоновой "мини-дыры" над севером Урала и Сибири в первой половине года. Это первое явление такого рода в истории наблюдений в данном регионе. "Мини-дыра" наблюдалась в течение 5 суток в конце января и в максимуме достигала площади около 3 млн. кв. км.

Представленные в Докладе данные будут полезны широкому кругу потребителей климатической информации – лицам, принимающим решения в государственных органах власти, в различных отраслях экономики, ученым, СМИ, общественности.



А.В. Фролов  
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 2016 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. 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 2016 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

Материалы Доклада расширены по сравнению с прошлым годом. В раздел об особенностях режима ветра на территории России добавлены оценки наблюдающихся тенденций изменения характеристик ветра у поверхности. В раздел «Парниковые газы» добавлены данные спутниковых измерений общего содержания озона (СО<sub>2</sub>). Добавлен анализ текущих аномалий температуры воздуха и осадков на станциях Кавказа.

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 неперевышения, 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.ru>), ФГБУ «ЦАО» (<http://www.cao-rhms.ru>), и Североевразийского климатического центра (<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.su>), из которых 310 станций расположены на территории России.

Приводятся оценки показателей аномальности 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 доступна на сайте ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» <http://climatechange.su>. 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 данным за 1936-2015 гг.

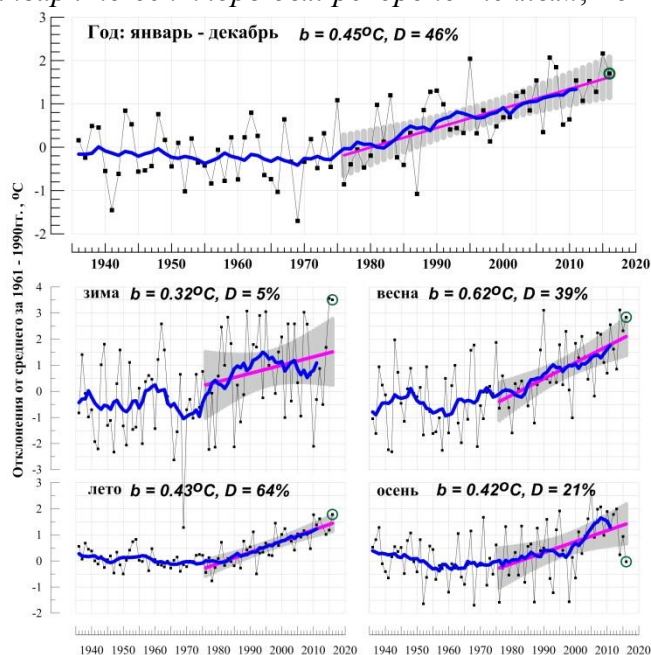
Оценки температурного режима 2016 года получены по данным станционных сводок КЛИМАТ и СИНОП, своевременно поступивших по каналам связи.

### Особенности температурного режима в 2016 г.

2016 год стал пятым 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.) составила  $+1.69^{\circ}\text{C}$  и соответствует средней тенденции роста за период с 1976 г. Самым теплым был 2015 г., когда аномалия  $+2.16^{\circ}\text{C}$  намного превзошла предыдущий максимум 2007 г. ( $+2.07^{\circ}\text{C}$ ). Аномалии на большей части РФ выше  $1.5^{\circ}\text{C}$ , повсеместно отмечались 95%-е экстремумы в европейской части России (ЕЧР) и Западной Сибири, в северной половине азиатской части России (АЧР). Рекордно теплым было лето: аномалия  $1.78^{\circ}\text{C}$  (предыдущий максимум был зафиксирован летом 2010 г.:  $1.77^{\circ}\text{C}$ ). Экстремально теплыми были зима 2015/16 гг. в целом по РФ (аномалия  $3.51^{\circ}\text{C}$ , ранг 2), особенно в ЕЧР ( $4.27^{\circ}\text{C}$  – ранг 1); и весна ( $2.84^{\circ}\text{C}$  – ранг 3). *Период с января по сентябрь был рекордно теплым*, но холодная вторая половина осени и близкий

к норме декабрь уменьшили результирующую годовую аномалию.

Ряды годовых и сезонных аномалий температуры по территории России приведены на рис. 1.1. Карты среднегодовых и сезонных аномалий температуры 2016 года представлены на рис. 1.2.



**Рисунок 1.1** – Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории России, 1936-2016 гг.

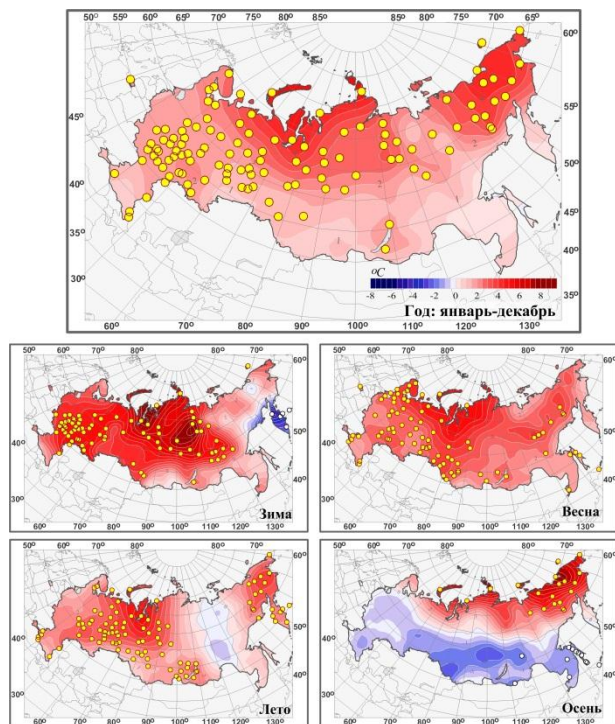
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2016 гг. с 95%-й доверительной полосой;  $b$  – коэффициент тренда ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет),  $D\%$  – вклад тренда в суммарную дисперсию.

В таблице 1.1 приведены количественные данные об аномалиях температуры, осредненных по территории России в целом, физико-географических регионов и федеральных округов.

**Зима 2015/16 гг.** Средняя по России зимняя аномалия  $+3.51^{\circ}\text{C}$  – *вторая* величина в



ряду. Осредненная по территории ЕЧР аномалия:  $4.27^{\circ}\text{C}$  – исторический максимум, все аномалии по ФО – среди десяти самых крупных, температуры на станциях в районе Обской губы и на Среднесибирском плоскогорье превышали норму на  $7^{\circ}\text{C}$ . Температуры ниже нормы наблюдались лишь на Камчатке (до  $-5.6^{\circ}\text{C}$ ) и побережье Охотского моря. Для сезона в целом и во все месяцы на больших территориях температуры на станциях были выше 95-го процентиля. В декабре 2015 г. осредненная по РФ аномалия:  $4.09^{\circ}\text{C}$  –



локализации 95%-х экстремумов (желтые кружки).

ранг 2: экстремально тепло на западе и в центре ЕЧР, на юге Сибири и Дальнего Востока. В январе – на севере АЧР, особенно на Таймыре и в Якутии: аномалии на станциях до  $15^{\circ}\text{C}$ . В феврале осредненная по РФ аномалия температуры:  $5.18^{\circ}\text{C}$  – ранг 3. Экстремально тепло в ЕЧР, в Западной Сибири: аномалии температуры  $8.12^{\circ}\text{C}$ ,  $8.93^{\circ}\text{C}$  – исторические максимумы.

Холодно в декабре в Восточной Сибири; в январе – на северо-западе ЕЧР, на юге Сибири, на Камчатке; в феврале – вдоль побережья Охотского моря.

**Рисунок 1.2** – Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2016 г. (отклонения от средних за 1961-1990 гг.) с указанием

**Весна.** Осредненная по территории России сезонная аномалия  $+2.84^{\circ}\text{C}$  – третья в ряду. На всей территории страны температуры были выше климатической нормы, экстремально тепло в ЕЧР, в Западной Сибири (аномалии на севере до  $5^{\circ}\text{C}$ ). Во всех федеральных округах аномалии – среди десяти наибольших. В марте тепло всюду, кроме Камчатки; экстремально тепло в южных районах страны: аномалии на юге СФО до  $7.1^{\circ}\text{C}$ . Апрель экстремально теплый: аномалия температуры по РФ  $+3.42^{\circ}\text{C}$  – вторая в ряду. На многих станциях севера ЕЧР, в УФО и СФО отмечены 95% экстремумы: в районе Обской губы аномалии до  $9.2^{\circ}\text{C}$ . В мае экстремально тепло в Северо-Западном ФО:  $4.16^{\circ}\text{C}$  – исторический максимум, тепло в Восточной Сибири; холодно на большей части Сибирского ФО (кроме Таймыра и Забайкалья), аномалии на станциях до  $-1.4^{\circ}\text{C}$ .

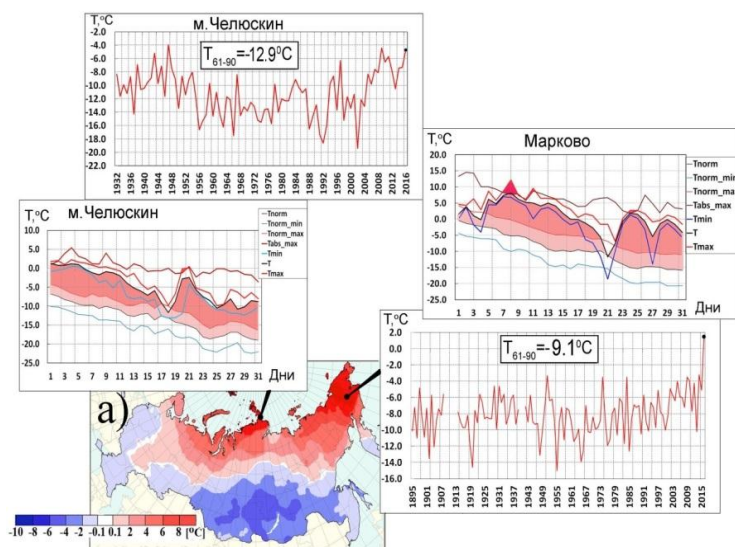
**Лето** в целом по РФ рекордно теплое: аномалия  $1.78^{\circ}\text{C}$ . Тепло на большей части страны (кроме нижнего и среднего течения Лены и гор Дальнего востока).

Экстремально тепло (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) на востоке ЕЧР, в Западной и Средней Сибири (осредненная по Уральскому ФО аномалия:  $3.52^{\circ}\text{C}$  – исторический максимум, аномалии на станциях до  $5.2^{\circ}\text{C}$ ); а также на Чукотке и Камчатке. Область отрицательных аномалий (до  $-1.2^{\circ}\text{C}$ ) температуры летом вытянута вдоль меридиана 125 градусов в. д. Все месяцы сезона были аномально теплые: осредненные по РФ аномалии июня ( $1.86^{\circ}\text{C}$ ) и июля ( $1.43^{\circ}\text{C}$ ) – 5-е в рядах. В августе – исторический максимум  $+2.05^{\circ}\text{C}$ . Экстремально тепло в июне было в Восточной Сибири ( $2.26^{\circ}\text{C}$  – ранг 1), аномалии на станциях до  $9.3^{\circ}\text{C}$ ; в июне – июле аномально теплые условия сохранялись в районе Обской губы: до  $6.4^{\circ}\text{C}$ . В августе обширная область экстремального тепла (выше 95-го процентиля) образовалась в восточной части ЕЧР на Среднем и Южном Урале. Рекордно высокая аномалия температуры летом 2016 г. была обусловлена в основном отсутствием особо холодных дней в обширной области на севере

и востоке ЕЧР, Урале, в Западной Сибири, на Алтае и в Прибайкалье. Особенно жаркие дни наблюдались в некоторых значительно меньших областях: район Ямала, Южный Урал, Камчатка.

**Таблица 1.1** – Средние годовые (январь - декабрь) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2016 году:  $\nu T$  - 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, голубым – 4-е из наименьших (ранг 78).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$
<b>Россия</b>	<b>1.69</b>	0.77	<b>3.51</b>	1.81	<b>2.84</b>	1.19	1.78	0.33	-0.03	0.90
<b>Физико-географические регионы</b>										
Европейская часть России	1.75	0.94	<b>4.27</b>	2.30	<b>2.80</b>	1.44	<b>2.31</b>	1.00	-0.41	1.04
Азиатская часть России	1.67	0.80	<b>3.20</b>	1.89	<b>2.86</b>	1.25	<b>1.57</b>	0.35	0.12	1.10
Западная Сибирь	1.82	1.09	<b>4.55</b>	2.91	<b>3.59</b>	1.62	<b>2.69</b>	0.80	-0.90	1.54
Средняя Сибирь	<b>1.88</b>	1.15	<b>5.17</b>	2.74	3.11	1.66	1.03	0.65	0.03	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	1.22	0.78	2.42	1.90	2.36	1.39	1.44	0.57	-1.13	1.23
Приамурье и Приморье	0.36	0.81	1.55	1.67	1.74	1.15	0.39	0.75	<b>-1.21</b>	0.89
Восточная Сибирь	<b>2.25</b>	0.64	0.65	1.39	2.66	1.22	<b>1.70</b>	0.56	<b>2.89</b>	0.94
<b>Федеральные Округа</b>										
Северо-Западный	<b>2.18</b>	1.14	4.18	2.88	<b>3.51</b>	1.54	<b>2.26</b>	1.17	0.25	1.24
Центральный	1.69	1.10	<b>4.37</b>	2.69	<b>2.47</b>	1.69	2.24	1.22	-0.57	1.13
Приволжский	<b>1.72</b>	1.05	<b>5.04</b>	2.54	<b>2.69</b>	1.69	<b>2.58</b>	1.19	-0.75	1.25
Южный	1.46	0.96	<b>3.80</b>	2.08	<b>2.30</b>	1.47	2.35	1.04	-0.60	1.05
Северо-Кавказский	0.89	0.73	<b>2.51</b>	1.59	<b>1.84</b>	0.96	1.66	0.76	-0.73	0.85
Уральский	<b>2.30</b>	1.18	<b>5.06</b>	3.12	<b>3.73</b>	1.75	<b>3.52</b>	1.02	-0.29	1.64
Сибирский	1.50	0.93	3.87	2.57	2.94	1.47	<b>1.75</b>	0.47	-1.16	1.49
Дальневосточный	1.64	0.69	2.10	1.46	2.52	1.23	0.85	0.48	1.32	1.01



**Рисунок 1.3** – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в октябре 2016 г.

холодно в Приамурье и Приморье ( $-1.21^\circ C$  – осень среди четырех самых холодных осенних сезонов); 5%-е экстремумы холода отмечались в Приамурье и Приморье (аномалия:  $-1.21^\circ C$  – осень среди четырех самых холодных осенних сезонов). Такая структура аномалий сложилась в основном за счет октября (рис.1.3). В Прибайкалье и Забайкалье ( $-3.66^\circ C$ ) и в Приамурье и Приморье ( $-2.03^\circ C$ ) октябрь был самым холодным с

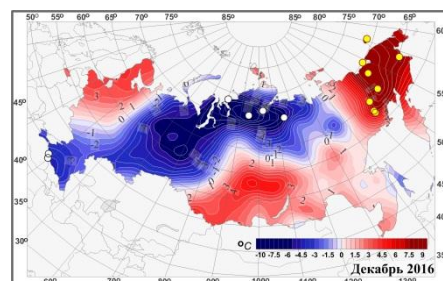
**Осенью** средняя по России аномалия  $-0.03^\circ C$  – значительно ниже ожидаемого при сохранении скорости потепления (разность между величинами осенней аномалии и тренда составила  $-1.45^\circ C$ ). Вся территория разделилась на 2 обширные области: севернее  $60^\circ$ – $63^\circ$  с.ш. было тепло, южнее – холодно. Наибольшие контрасты между положительными аномалиями на севере и отрицательными – на юге сложились в восточных районах страны: экстремально тепло в Восточной Сибири (аномалия:  $2.89^\circ C$  – ранг 4, аномалии на станциях до  $7.9^\circ C$ ); очень

1936 года, аномалии на станциях около Байкала до  $-5^{\circ}\text{C}$ . На севере, особенно северо-востоке РФ было экстремально тепло. На арктическом побережье Сибири и Дальневосточного ФО аномалии среднемесячной температура воздуха достигали  $7-9^{\circ}\text{C}$ , а на Чукотке превысили  $10^{\circ}\text{C}$ . На метеорологической станции Мыс Челюскин среднесуточная температура была выше нормы в течение всего месяца и выше среднемноголетнего значения максимальной суточной температуры. На метеорологической станции Марково впервые за весь период наблюдений на станции отмечена положительная среднемесячная температура октября. Осредненная по Восточной Сибири аномалия  $3.99^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина в ряду.

Сентябрь экстремально теплый: аномалия в целом по РФ  $+1.81^{\circ}\text{C}$  – ранг 1, тепло всюду в АЧР ( $2.29^{\circ}\text{C}$  – ранг 1), а также на севере ЕЧР. Температуры ниже нормы в сентябре – в южных районах ЕЧР (до  $-1.1^{\circ}\text{C}$ ).

В ноябре область с температурами ниже нормы значительно больше, чем в октябре. Холодно в ЕЧР, в Уральском и Сибирском ФО (кроме узкой полосы побережья и островов Арктики), на юге ДВФО. Экстремально тепло в ноябре на севере.

**Декабрь 2016 года** (рис. 1.4). Осредненная по территории РФ аномалия температуры  $0.1^{\circ}\text{C}$ . Холодно в огромной полосе от юго-запада страны до нижнего течения Лены, аномалии на станциях до  $-10.5^{\circ}\text{C}$ . Очень тепло на северо-востоке страны (на Чукотке аномалии около  $+8^{\circ}\text{C}$ , на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы), на юге Сибирского и Дальневосточного ФО (кроме Сахалина), на северо-западе страны (аномалии до  $+4.5^{\circ}\text{C}$ ).



**Рисунок 1.4** – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в декабре 2016 г.

### 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).

На рис. 1.5 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры воздуха за 1976-2016 гг. на территории России. Оценки получены по временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры и выражены в градусах за десятилетие ( $^{\circ}\text{C}/10$  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.

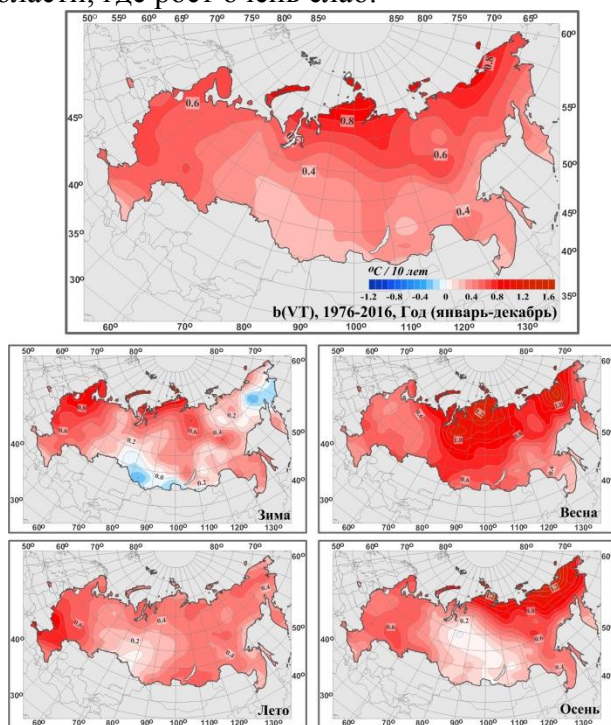
Потепление продолжается на всей территории России в целом за год и во все сезоны, кроме зимы, (рис. 1.1). Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составила  $0.45^{\circ}\text{C}/10$  лет (вклад в общую изменчивость 46%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ( $0.62^{\circ}\text{C}/10$  лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ( $0.43^{\circ}\text{C}/10$  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  $55^{\circ}$  с.ш. Кроме того необходимо отметить еще ряд особенностей. Весной интенсивное потепление наблюдается в Западной ( $+0.74^{\circ}\text{C}/10$  лет) и Средней Сибири ( $+0.77^{\circ}\text{C}/10$  лет). В Восточной Сибири очень быстро теплеет весной ( $+0.72^{\circ}\text{C}/10$  лет) и осенью  $+0.74^{\circ}\text{C}/10$  лет; летом в



Южном и Центральном ФО ( $+0.76^{\circ}\text{C}/10$  лет и  $+0.70^{\circ}\text{C}/10$  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 рост очень слаб.



**Рисунок 1.5** – Коэффициенты линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2016 гг. ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет)

Для зимы тренд в среднем по РФ за 1976-2016 гг. положительный ( $0.32^{\circ}\text{C}/10$  лет), но он статистически незначим. Зимние тренды температуры незначимы (на 5% уровне) для всех регионов; а осенью незначимые тренды отмечаются: в Западной и Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье. В Западной Сибири незначим и летний тренд.

**Таблица 1.2** – Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам по территории России, её регионов и федеральных округов за 1976-2016 гг.:  $b$  – коэффициент линейного тренда ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет),  $D$  – вклад тренда в дисперсию (%), показан серым цветом; курсив – тренды незначимые на 1%-м уровне

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$
<b>Россия</b>										
Россия	0.45	46	0.32	5	0.62	39	0.43	64	0.42	21
<b>Физико-географические регионы</b>										
ЕЧР	0.54	45	0.57	10	0.49	25	0.56	38	0.52	23
АЧР	0.42	39	0.22	3	0.67	37	0.38	60	0.39	16
Западная Сибирь	0.33	18	0.13	0	0.74	29	0.23	9	0.24	3
Средняя Сибирь	0.47	29	0.34	3	0.77	31	0.41	38	0.32	6
Прибайкалье и Забайкалье	0.34	24	0.15	1	0.56	22	0.49	44	0.15	2
Приамурье и Приморье	0.36	40	0.37	9	0.33	13	0.34	33	0.40	23
Восточная Сибирь	0.52	49	0.15	2	0.72	35	0.45	49	0.74	43
<b>Федеральные округа</b>										
Северо-Западный	0.56	38	0.72	9	0.51	19	0.47	33	0.52	19
Центральный	0.61	45	0.68	11	0.51	21	0.70	37	0.52	22
Приволжский	0.50	37	0.44	5	0.51	20	0.52	21	0.56	20
Южный	0.55	42	0.50	10	0.49	21	0.76	47	0.48	19
Северо-Кавказский	0.41	36	0.39	13	0.35	20	0.56	40	0.38	13
Уральский	0.39	20	0.28	1	0.72	23	0.30	9	0.29	4
Сибирский	0.35	21	0.15	1	0.71	32	0.35	38	0.16	2
Дальневосточный	0.49	53	0.27	7	0.62	34	0.42	56	0.60	40

В Сибири зимой наблюдается область похолодания, впервые проявившаяся в период 1976- 2010 г.; в настоящее время она захватывает юг Западной Сибири (до  $-0.3^{\circ}\text{C}/10$  лет), Саяны, восток Иркутской области. Другая область похолодания – на

крайнем северо-востоке (до  $-0.4^{\circ}\text{C}/10$  лет). Рост зимней температуры для России в целом прекратился в середине 1990-х гг., после чего наблюдалось ее убывание, в последние пять лет наметилась тенденция к росту. По-видимому, это связано с изменениями в основных циркуляционных системах Северного полушария, в первую очередь – Североатлантическом колебании (САК) и Скандинавской циркуляционной моде (СКА). До середины 1990-х гг. почти вся территория России, в особенности запад ЕЧР, испытывала избыточное потепление из-за переноса теплого воздуха Северной Атлантики. Потепление зим за период после 1994 г. наблюдалось в основном в арктической зоне России, включая Чукотку. На остальной территории России в зимние температуры убывали, слабо на ЕЧР (до  $\sim -0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) и значительно в АЧР, до  $-1.4^{\circ}\text{C}/10$  лет на юге Сибири. Возможно, эта тенденция прекратилась после 2010 г. (рис. 1.1; отметим экстремально теплые зимы 2014/15 и 2015/16 гг.), вместе с новым ростом САК.

В последние годы для России в целом наметилась тенденция к убыванию осенней температуры.

По сравнению с 1976-2015 гг. скорость потепления зимних, весенних, летних сезонов в среднем по регионам увеличилась на  $\sim 0.02^{\circ}\text{C}/10$  лет. Скорость потепления осенью немного уменьшилась во всех регионах, кроме Восточной Сибири.

### Аномалии температуры и тенденции изменений температурного режима горных районов 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 м/станций в предгорном и степном районах - Нальчик (500 м н.у.м.) и Прохладная (198 м н.у.м.). В таблице 1.3 приведены количественные данные об аномалиях температуры в 2016 г., а в таблице 1.4 - сводные характеристики линейного тренда за 1976-2015 гг.

**Таблица 1.3** – Среднегодовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для м/станций юга ЕТР в 2016 г.:  $\nu T$  – отклонения от нормы (средние за 1961-1990 гг.);  $\sigma$  – стандартное отклонение за 1961-2016 г., розовым цветом выделены значения с превышением межгодовой изменчивости более  $1\sigma$ , оранжевым - более  $1.69\sigma$  (5%-е экстремумы при Гауссовом распределении)

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	1,2	0,81	2,5	1,83	2,3	1,22	1,3	1,02	-0,7	1,5
Теберда	0,8	0,78	1,1	1,81	1,2	0,90	1,7	0,99	-0,5	1,04
Терскол	0,4	0,64	0,9	1,51	0,5	0,88	1,3	0,87	-0,4	1,04
Нальчик	1,4	0,95	3,5	1,81	2,0	1,21	1,9	1,18	-0,2	1,19
Прохладная	1,3	0,90	3,3	1,84	2,0	1,11	1,9	1,14	-0,3	1,14
Абсолютный максимум максимальной за сутки температуры										
Ахты	0,9	2,62	1,7	2,41	2,2	2,00	-0,6	2,57	0,9	2,94
Теберда	0,6	2,19	0,6	2,22	0,4	1,86	0,5	2,19	1,0	2,43
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	1,3	1,79	4,3	2,91	0,9	2,32	0,6	1,80	2,1	2,41
Прохладная	1,8	1,92	6,1	3,27	0,4	2,41	1,6	1,95	1,6	2,38
Абсолютный минимум минимальной за сутки температуры										
Ахты	0,2	2,46	1,2	2,78	0,1	3,58	1,8	2,32	-0,3	3,14
Теберда	1,3	2,87	2,0	2,66	0,5	4,04	2,7	1,8	0,9	3,84
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	2,1	4,2	3,9	4,37	4,5	4,36	2,5	2,11	-1,0	3,72
Прохладная	2,0	4,4	3,5	4,73	3,3	4,28	2,7	2,67	-0,1	3,54

На рис.1.6 показаны ряды среднегодовых температур на метеорологических станциях.

В летний сезон везде наблюдались положительные аномалии средних температур с превышением межгодовой изменчивости более  $1\sigma$  (табл. 1.3). Имели место аномально



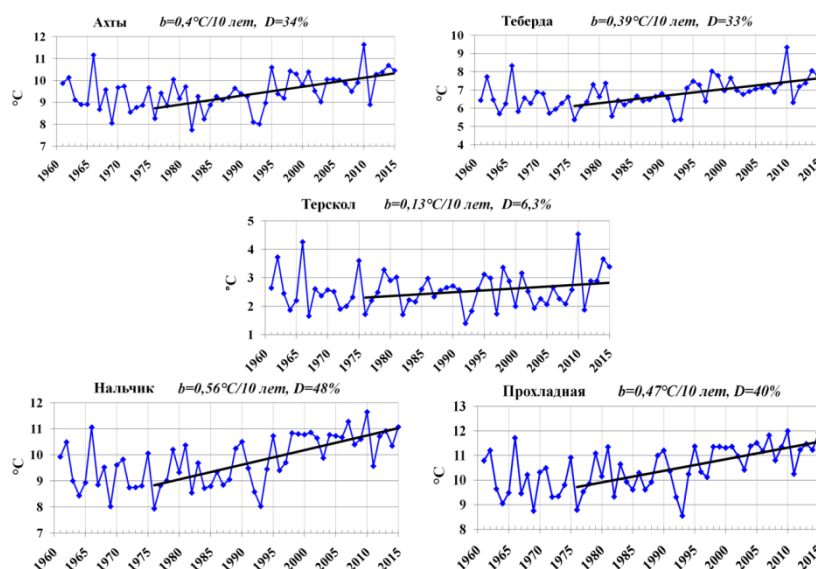
высокие зимние температуры за исключением горных Теберды, Терскола и весенние температуры за исключением Терскола. Выделялась степная станция Прохладная, где 95%-е экстремумы температуры наблюдались во все сезоны, кроме осени; в Нальчике такие экстремумы наблюдались зимой и весной. Осень была однородно но умеренно холодной: на всех станциях наблюдались отрицательные аномалии, но не было ни одного значения, превышающей по абсолютной величине стандартное отклонение.

**Таблица 1.4** - Характеристики линейного тренда  $b$  ( $D$ ) за 1976-2015 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. Сиреневая заливка показывает тренды, значимые на 1%-м уровне, розовая – на 5%-м.

		Ахты		Теберда		Терскол		Нальчик		Прохладная	
		$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$
Год	$T$	0,41	34	0,39	33	0,13	6,3	0,56	48	0,47	40
	$Min$	0,4	4	0,21	1	-	-	-0,05*	0,02	0,13	0,1
	$Max$	0,39	3	0,51	8	-	-	0,76	23	1,05	35
Зима	$T$	0,4	11	0,39	7	0,01**	0,01	0,45	12	0,37	8
	$Min$	0,25	1	0,06	0,0	-	-	-0,14	0,2	-0,07	0,0
	$Max$	0,74	14	0,74	15	-	-	0,1	0,2	0,26	1
Весна	$T$	0,28	7	0,24	9	0,07	0,7	0,51	26	0,37	17
	$Min$	1,0	11	1,29	13	-	-	1,2	13	0,95	7
	$Max$	0,13	0,5	0,44	7	-	-	0,38	4	0,72	13
Лето	$T$	0,52	36	0,55	44	0,41	33	0,70	49	0,66	47
	$Min$	-0,03**	0,02	0,74	23	-	-	0,56	9	0,64	8
	$Max$	0,14	0,4	0,44	6	-	-	0,76	22	1,06	34
Осень	$T$	0,43	13	0,51	8	0,006	0,5	0,56	25	0,45	17
	$Min$	0,1	0,2	1,19	12	-	-	0,27	0,3	0,37	1
	$Max$	0,08	0,1	0,43	5	-	-	0,96	23	0,81	17

\*серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной

\*\* отмечены коэффициенты трендов, поменявших направление



**Рисунок 1.6** - Среднегодовой ход температуры с линейным трендом м/станций Ахты, Теберда, Терскол, Нальчик и Прохладная, 1976-2015 гг.;  $b$  - значение углового коэффициента линейного тренда,  $^{\circ}\text{C}/10$  лет;  $D(\%)$  - вклад в суммарную дисперсию за 1976-2015 гг.

Терскола, летних - везде. На степных станциях значимы тренды годовых и всех сезонных температур, кроме зимней, а также тренды максимальных аномалий, кроме зимы и весны

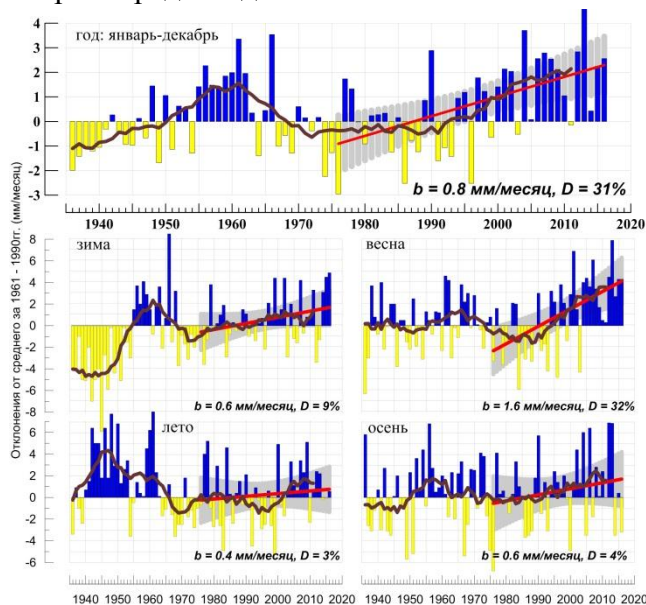
Отрицательный тренд с небольшими значениями скоростей имеет место лишь в нескольких случаях для минимальных температур.

## 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 2016 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 2016 г.

На рис. 2.1 приведены временные ряды аномалий среднегодовых и сезонных осадков для России в целом; (на всех временных рядах показаны 11-летние скользящие средние, линейные тренды за 1976 – 2016 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.

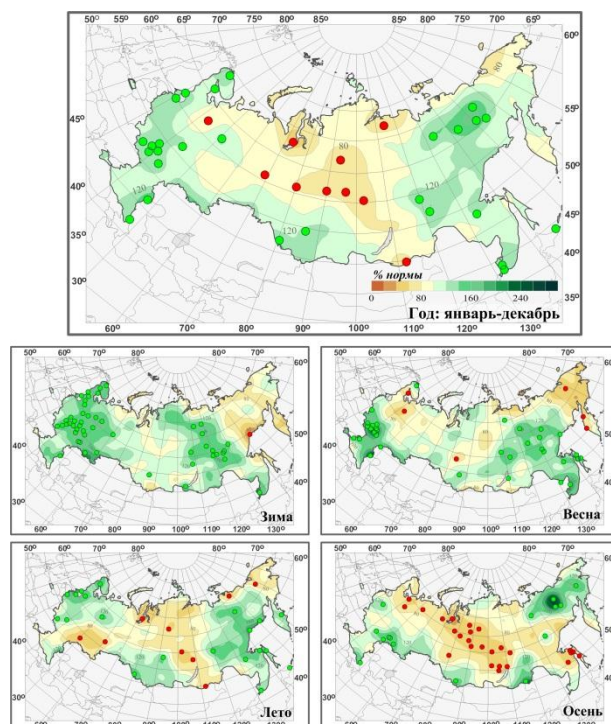


**Рисунок 2.1** – Средние годовые и сезонные аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории России, 1936-2016 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд оценен за 1976-2016 гг.;  $b$  - коэффициент тренда (мм/мес/10 лет),  $D$  - вклад тренда в суммарную дисперсию (%).

В 2016 году средняя по России годовая сумма осадков составила 107% нормы; близко к ожидаемой при сохранении наблюдающейся тенденции. Избыток осадков наблюдался в ЕЧР кроме севера и востока: (осадки по ЕЧР 112% - ранг 4; значительный избыток - в ЦФО: 122%, ранг 3, на юге Сибири, на большей части Дальневосточного ФО (112% - ранг 5); на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы. Дефицит осадков наблюдался в центре Сибири, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы. Из сезонов выделяется снежная зима на значительной части страны (осредненные по РФ зимние осадки 121% - ранг 2).

**Рисунок 2.2** – Аномалии годовых и сезонных сумм осадков на территории России в 2016 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.



*Важнейшая особенность осени* - сильный дефицит осадков, повсеместно экстремальный в огромной области в на севере ЕЧР, в Сибири, на Дальнем Востоке.

**Зима 2015/16 гг.** В целом по РФ выпало 121% нормы осадков: *2-я величина в ряду*. Зима 2014/15 гг. также была экстремально снежной – тогда выпало 119% нормы. Значительный избыток осадков (более 120%) наблюдался в двух обширных областях; в ЕЧР (138% - *исторический максимум*) и в Средней Сибири (125% – *ранг 3*). Избыток осадков здесь наблюдался во все месяцы сезона, на многих станциях отмечались 95% экстремумы. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в Восточной Сибири. Отметим сильный дефицит осадков в январе в СФО (53% нормы – *исторический минимум*).

**Весной** в России выпало 119% нормы осадков, особенно много в центральных и южных районах ЕЧР (в ЦФО выпало 143% - *ранг 3*, избыток наблюдался во все месяцы сезона), на Дальнем Востоке. На многих станциях ЦФО отмечались 95% экстремумы осадков. Значительный дефицит осадков (60%-80% - за счет марта и апреля) наблюдался на дальнем Северо-Востоке страны. Менее 80% нормы выпало на севере ЕЧР и в центральных районах Сибири.

**Таблица 2.1** Среднегодовые и сезонные осадки (в % от нормы 1961-90 гг.) для физико-географических регионов и федеральных округов России в 2016 г. Темно-зеленым выделены значения, попавшие в число трех наибольших (ранг 1, 2 или 3), светло-зеленым - в число пяти наибольших (ранг 4 или 5), красным - в число трех наименьших, желтым попавшие в число пяти наименьших с 1936 г

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
Россия	107	121	116	109	92
<b>Физико-географические регионы</b>					
Европейская часть России	112	138	114	107	100
Азиатская часть России	104	106	116	109	88
Западная Сибирь	101	109	108	106	88
Средняя Сибирь	96	125	119	98	66
Прибайкалье и Забайкалье	100	121	112	96	103
Приамурье и Приморье	114	105	140	124	87
Восточная Сибирь	110	80	104	123	105
<b>Федеральные округа</b>					
Северо-Западный	108	139	84	132	81
Центральный	122	146	143	114	104
Приволжский	107	152	122	72	116
Южный	117	117	137	103	104
Северо-Кавказский	114	111	97	108	129
Уральский	94	116	108	92	86
Сибирский	97	111	109	97	82
Дальневосточный	112	99	125	124	94

**Летом** в целом по России выпало 109% сезонной нормы. Значительный избыток осадков наблюдался в Дальневосточном ФО (кроме севера), за сезон выпало 124% нормы – *ранг 3*, на севере и западе ЕЧР (в Северо-Западном ФО осадки: 132% - *ранг 4*), на юге Сибири (в основном за счет июля). Во все месяцы сезона дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в Западной и Средней Сибири: в июне сильный дефицит осадков (менее 60%) в междуречье Оби и Лены (осредненные по Средней Сибири июньские осадки 75% - *третья среди наименьших* величин), на юго-востоке ЕЧР (осредненные по Приволжскому ФО осадки 72%).

**Осенью** осредненные по РФ осадки 92% нормы. Основная черта распределения осадков - сильный дефицит (менее 80% нормы, на многих станциях 5%-е экстремумы) на огромной территории на севере ЕЧР, севере Западной и в центре

Средней Сибири. В АЧР выпало 88% нормы - *четвертая среди минимальных величин*, меньше всего осадков выпало в Средней Сибири: 66% - *исторический минимум*.

Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций 95%-е экстремумы) на востоке Якутии и на Чукотке, а также в ряде регионов юга России.

Сентябрь и октябрь выделяются большими по площади областями с сильным дефицитом осадков: в сентябре это вся АЧР (80% - *третья среди наименьших величин*), в октябре - большая часть страны (кроме востока Якутии и Чукотки), осредненные по РФ осадки 82% - *третья среди наименьших величин*.

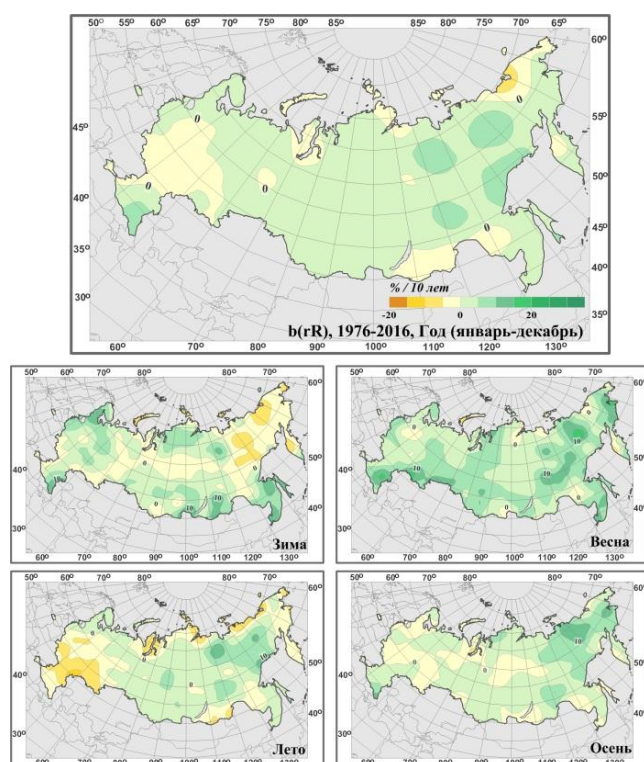
Кроме того значительный избыток осадков наблюдался в сентябре: на большей части ЕЧР (в Приволжском ФО выпало 173% - *ранг 3*), в октябре: на востоке Якутии и на Чукотке (осредненные по Восточной Сибири осадки 201% - *ранг 4*).



### Тенденции изменений режима осадков

На рис. 2.3 представлено географическое распределение коэффициента линейного тренда атмосферных осадков на территории России для 2016 г. в целом и для сезонов. Оценки получены по стационарным временным рядам годовых и сезонных аномалий осадков за 1976-2016 гг. Численные оценки трендов для регионально осредненных аномалий сезонных и годовых сумм осадков приведены в табл. 2.2 в % нормы / 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 Северо-Кавказского ФО. Убывают осадки на севере Чукотского АО. Незначительное убывание наблюдается в центральных районах ЕЧР. Тренд годовых осадков по территории России, составляет 2.1% /10 лет при вкладе в дисперсию 31%, т.е. тренд значим на уровне 1%. Рис. 2.1 показывает, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Наиболее значительные тренды наблюдаются в регионах Средняя Сибирь (3.1%/10 лет, вклад в дисперсию 24%), Восточная Сибирь (3.4%/10 лет; 16%), а также Сибирском ФО (2.2%/10 лет, 21%) и Дальневосточном ФО (3.0%/10 лет, 22%). 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 о наличии тренда, а лишь определенной фазы таких колебаний.



**Рисунок 2.3** - Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976-2016 гг. на территории России (% / 10 лет).

Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается **весной** (5.9%/10 лет, вклад в дисперсию 32%): рост осадков происходит всюду, особенно в Восточной Сибири (до 15-20%/10 лет). Значимый положительный на 5%-ном уровне тренд отмечается для всех субъектов РФ (кроме Центрального ФО). **Зимой** рост осадков происходит в основном на севере и юге страны. **Летом** и **осенью** рост осадков наблюдается в АЧР.

**Зимой** осадки уменьшаются на севере Дальневосточного ФО 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 Северо-Западного ФО; а также на арктическом побережье от Ямала на восток; 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	<b>2.1</b>	<b>31</b>	2.3	9	<b>5.9</b>	<b>32</b>	0.8	3	1.3	4
<b>Физико-географические регионы России</b>										
Европейская часть России	0.8	3	2.5	6	<b>4.7</b>	<b>15</b>	-2.3	5	0.2	0
Азиатская часть России	<b>2.5</b>	<b>38</b>	2.2	6	<b>6.4</b>	<b>35</b>	1.7	13	1.9	9
Западная Сибирь	2.7	13	1.9	2	<b>7.8</b>	<b>28</b>	1.6	2	1.0	1
Средняя Сибирь	<b>3.1</b>	<b>24</b>	1.4	1	<b>5.4</b>	<b>26</b>	<b>4.2</b>	<b>17</b>	1.5	2
Прибайкалье и Забайкалье	1.2	2	4.5	11	6.3	7	0.0	0	2.2	3
Приамурье и Приморье	1.9	5	8.9	14	6.5	11	0.9	1	-0.2	0
Восточная Сибирь	<b>3.4</b>	<b>16</b>	0.0	0	<b>6.5</b>	<b>23</b>	1.8	3	<b>4.8</b>	<b>17</b>
<b>Федеральные округа</b>										
Северо-Западный	2.0	10	4.9	12	3.6	8	1.0	1	-0.3	0
Центральный	-0.3	0	2.4	2	4.1	5	-4.5	7	-0.1	0
Приволжский	-0.5	0	1.1	0	5.5	8	-4.8	8	-0.8	0
Южный	0.4	0	-0.3	0	5.2	8	-4.1	4	1.7	0
Северо-Кавказский	2.7	9	3.0	3	5.0	8	-1.2	0	3.7	4
Уральский	2.2	7	1.7	1	<b>7.9</b>	<b>22</b>	0.5	0	1.0	1
Сибирский	<b>2.2</b>	<b>21</b>	2.4	4	<b>5.5</b>	<b>18</b>	1.8	7	1.2	2
Дальневосточный	<b>3.0</b>	<b>22</b>	2.0	3	<b>6.7</b>	<b>33</b>	2.0	4	<b>2.7</b>	<b>12</b>

### Осадки в 2016 г. и тенденции изменений режима осадков горных районов Кавказа

Аномалии показателей режима осадков (сумм осадков, суточных максимумов, числа дней с осадками не менее 5 мм) по данным 2016 года представлен в табл. 2.3. Из таблицы видно, что в основном наблюдались положительные аномалии годовых и сезонных сумм (исключая некоторые горные станции весной и осенью) и максимальных осадков осенью почти везде. Имеющиеся отрицательные значения аномалий режимных характеристик осадков не превышают межгодовую изменчивость (в пределах  $\pm 1 \sigma$ ).

**Таблица 2.3** – Годовые (январь-декабрь) и сезонные аномалии сумм осадков для м/станций юга ЕТР в 2016 году:  $\Delta$ , мм – отклонения от нормы (средних за 1961-1990 гг.);  $\sigma$  – стандартное отклонение за 1961-2016 гг., розовым цветом выделены положительные аномалии  $1\sigma < \Delta < 3\sigma$

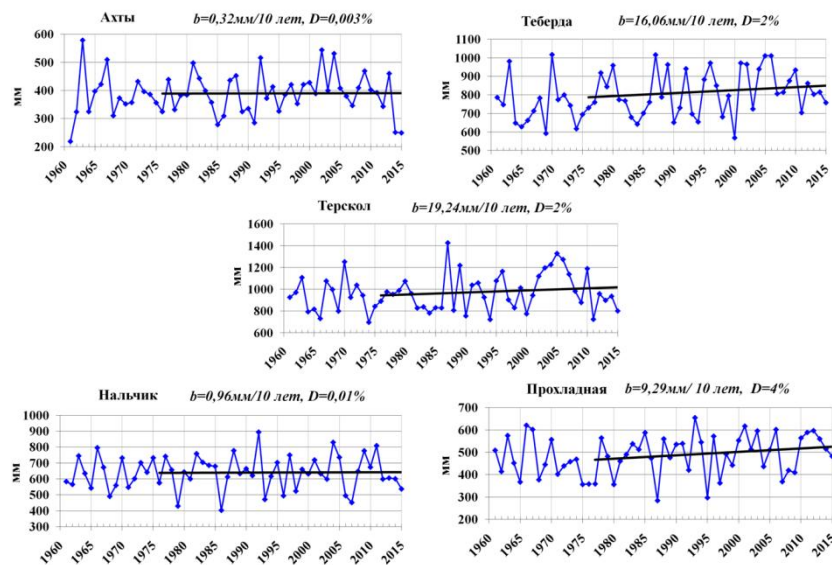
М/станция	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\Delta$ , мм	$\sigma$ , мм	$\Delta$ , мм	$\sigma$ , мм	$\Delta$ , мм	$\sigma$ , мм	$\Delta$ , мм	$\sigma$ , мм	$\Delta$ , мм	$\sigma$ , мм
Суммы осадков										
Ахты	27,1	73,14	22,0	14,74	-9,3	40,95	11,9	44,69	6,0	35,96
Теберда	186,8	124,24	57,8	82,77	43,1	64,65	94,8	54,61	-37,4	82,59
Терскол	168,1	168,3	11,2	87,6	105,3	76,6	45,0	66,0	-53,2	95,8
Нальчик	206,6	107,42	18,9	19,37	99,5	57,10	46,9	69,27	41,3	51,52
Прохладная	177,1	91,2	34,8	19,08	47,4	46,99	52,5	57,99	14,9	43,57
Максимум осадков										
Ахты	1,8	8,15	3,8	5,32	1,0	7,40	0,4	9,43	2,1	9,34
Теберда	2,3	13,64	3,8	15,21	-0,1	13,89	11,0	12,21	-3,8	12,84
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	5,3	11,49	1,4	5,42	8,7	11,29	10,8	10,51	-0,3	14,9
Прохладная	3,9	15,76	5,0	4,0	-4,2	14,6	15,6	14,59	-1,5	13,42
Число дней с осадками не менее 5 мм										
Ахты	0,0	4,40	1,0	1,61	0,0	2,85	0,0	3,26	0,0	2,5
Теберда	1,0	7,44	1,0	3,62	2,0	3,95	2,0	3,89	0,0	4,44
Терскол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нальчик	2,0	7,04	1,0	1,89	3,0	3,61	0,0	4,03	2,0	3,42
Прохладная	1,0	5,78	2,0	2,06	2,0	2,90	0,0	3,4	1,0	2,63

Изменение режима осадков не проявляется так явно, как изменение температурного режима. На всех станциях наблюдается рост годовых и осенних сумм осадков, но статистически незначимый даже на уровне 5% (табл. 2.4, рис.2.4), кроме станции Прохладная осенью (12.6 мм/10 лет, вклад в дисперсию 10%): здесь в этот сезон также значимо растут максимальные осадки, а также весной в Теберде (20.6%/10 лет, 11%). Летние осадки убывают на всех станциях (незначимо). В другие сезоны наблюдаются как увеличение, так и уменьшение сезонных сумм осадков.

**Таблица 2.4** – Характеристики линейного тренда  $b$  ( $D$ ) за 1976-2015 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	$R$	0,32	0,003	16,06	2	19,24	2	0,96	0,01	9,29	4
	$Max$	-0,6	0,6	0,08	0,004	-	-	0,43	0,2	3,7	7
	$NR5$	-0,24	0,5	2,21	17	-	-	0,4	0,5	0,41	1
Зима	$R$	0,33	0,07	-5,2	0,6	-4,19	0,4	-0,38	0,06	3,11	3
	$Max$	0,48	1	-2,87	4	-	-	-0,06	0,02	0,55	3
	$NR5$	0,15	1	0,02	0,003	-	-	0,25	3	0,32	4
Весна	$R$	-0,43	0,02	20,6	11	16,84	5	-1,97	0,09	6,61	3
	$Max$	0,8	2	1,32	1	-	-	-2,24	6	1,85	2
	$NR5$	-0,51	4	0,99	8	-	-	-0,02	0,0	0,14	0,3
Лето	$R$	-0,31	0,6	-4,77	1	-2,63	0,2	-3,87	0,4	-12,57	6
	$Max$	-0,009	0,0	-3,14	9	-	-	2,13	3	2,85	5
	$NR5$	-0,41	2,4	0,71	5	-	-	-0,74	5	-0,59	5
Осень	$R$	3,44	1,3	5,66	1	10,02	2	6,94	2	12,62	10
	$Max$	-0,6	0,6	0,32	0,08	-	-	4,77	18	5,51	23
	$NR5$	0,47	6	0,47	2	-	-	0,97	10	0,52	6

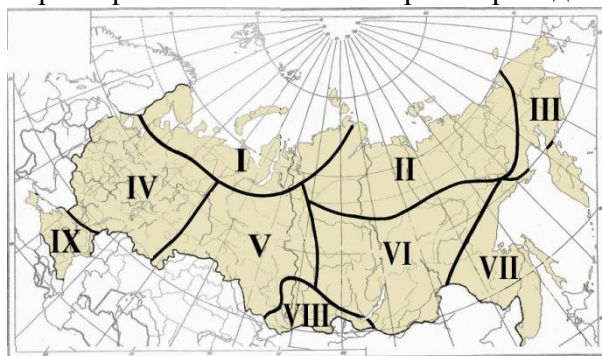
\*серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной



**Рисунок 2.4** – Среднегодовой ход сумм осадков (1961-2015 гг.) с линейным трендом (1976-2015 гг.) на м/станциях Северного Кавказа.

### 3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2015/2016 г.

Анализ изменений характеристик снежного покрова проводился по данным в точке и по рядам средних для 9 квазиоднородных климатических регионов характеристик. Для получения региональных средних аномалии на метеостанциях арифметически осреднялись по квадратам сетки ( $1^\circ \text{ш} \times 2^\circ \text{д}$ ), 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. Используются



нормы (среднемноголетние значения) характеристик снежного покрова за период 1971-2000 гг.

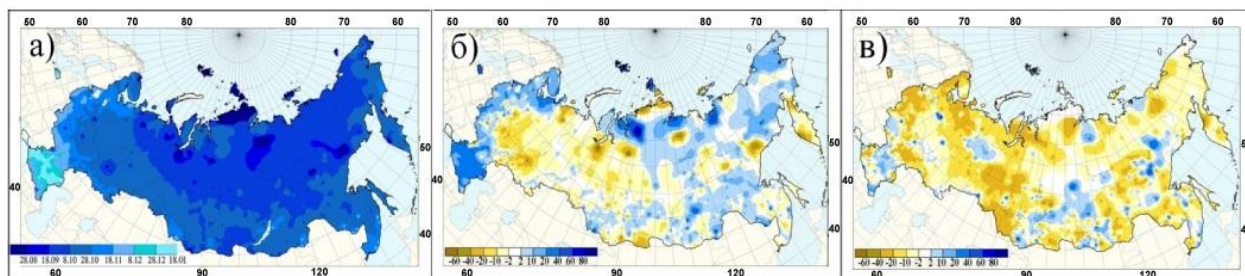
**Рисунок. 3.1** - Квазиоднородные климатические регионы:

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.

В табл. 3.1 приведены значения пространственно осредненных аномалий характеристик снежного покрова зимой 2015-2016 гг. для регионов России и их ранги по данным за 1967-2016 гг. Анализ состояния снежного покрова каждого зимнего сезона осуществляется по данным с 1 июля прошедшего года по 30 июня текущего года.

#### **Особенности состояния снежного покрова зимой 2015-2016гг.**

**Первый снег** зимой 2015-2016 гг. на Европейской территории выпал позже среднеклиматических сроков на 10-20 дней в западных и южных областях, в восточных областях и на Урале – на 2-10 дней раньше (рис. 3.2, б). На Азиатской территории России раньше обычных сроков снег появился на большей части Западной Сибири, за исключением крайних северных районов, Новосибирской области и Алтайского края. Раньше, чем в среднем многолетнем, снег выпал в Тыве, на Камчатке, на побережье Таймыра. В Тыве 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 на большей части Забайкалья, южных районов Красноярского края, в Амурской области. Сошел снег на большей части страны раньше средних многолетних сроков (рис. 3.2, в) из-за аномально теплых марта и апреля.



**Рисунок 3.2** - а) Даты появления первого снега и схода снега на территории России в зимний период 2015-2016 гг. б) Аномалии в датах появления первого снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2015-2016 гг. в) Аномалии в датах схода снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2015-2016 гг. (От норм 1971-2000 гг.)



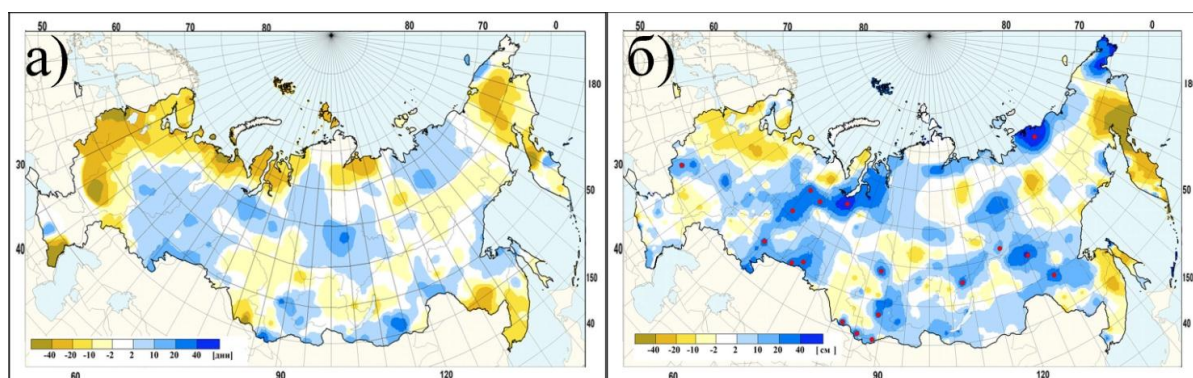
**Продолжительность залегания снежного покрова** в среднем по России была на 2.68 дня короче климатической нормы (табл. 3.1). При региональном осреднении максимальные положительные аномалии отмечены на Алтае и в Саянах (VIII регион); максимальные отрицательные - в I и III регионах, где они вошли в 10 самых больших отрицательных аномалий за период с 1967 по 2016 гг. Максимальные отрицательные аномалии продолжительности залегания снежного покрова отмечены на севере Западной Сибири, в северо-восточных районах Якутии и на Чукотке (рис. 3.3, а), и обусловлены поздним установлением снежного покрова. Отрицательные аномалии на севере и северо-западе ЕЧР обусловлены более ранним сходом снежного покрова.

**Таблица 3.1** – Средние за зимний период (2015-2016 гг.) аномалии характеристик снежного покрова, осредненные по территории квази-однородных климатических регионов России:

$\Delta$ - отклонения от средних за 1971-2000 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих характеристик зимнего периода за 1967-2016 гг.;  $\sigma$ – среднеквадратическое отклонение.

Р е г и о н	Максимальная высота			Число дней со снегом		
	$\Delta$	R	$\sigma$	$\Delta$	R	$\sigma$
Россия	1.98	22	3.08	-2.68	35	4.99
Север ЕЧР и Западной Сибири	1.27	21	7.88	-14.93	<b>42</b>	9.65
Сев. часть Восточной Сибири и Якутии	5.01	<b>6</b>	4.77	0.09	20	7.79
Чукотка и север Камчатки	-5.74	38	9.91	-17.85	<b>45</b>	10.84
Центр ЕЧР,	0.41	27	6.75	-5.72	31	10.22
Центр и юг Западной Сибири	6.41	<b>8</b>	6.85	-0.28	24	8.29
Центр и юг Восточной Сибири	4.08	11	6.20	0.85	27	6.06
Дальний Восток	-3.11	<b>42</b>	7.91	-3.29	36	6.99
Алтай и Саяны	8.98	<b>8</b>	6.91	6.69	15	9.55
Юг ЕЧР	1.09	20	4.51	-12.48	40	22.13

Примечание: Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за зимы 1967-2016 гг.



**Рисунок 3.3** - а) Аномалии числа дней с покрытием снегом более 50% территории вокруг метеостанции зимой 2015-2016 гг. (от среднееголетних значений за период 1971-2000 гг.). б) Аномалии максимальной высоты снежного покрова зимой 2015-2016 гг. (от среднееголетних значений за период 1971-2000 гг.). Кружками красного цвета показаны станции, на которых зарегистрирован абсолютный максимум высоты снежного покрова.

В зимний период 2015-2016гг. **максимальная высота снежного покрова** в среднем по России близка к климатической норме, аномалия составила 1.98 см (табл. 3.1). Однако в отдельных регионах наблюдались значительные аномалии максимальной за зиму высоты снежного покрова обоих знаков (рис. 3.3, б). В ЕЧР максимальная высота снежного покрова значительно превысила норму в центральных и восточных областях. На ряде станций Свердловской и Челябинской областей, Ханты-Мансийского АО были превышены абсолютные максимумы высоты снежного покрова. В АЧР значительные положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова отмечены на большей части Западной Сибири, в южных районах Красноярского края, в Тыве, в отдельных областях Якутии и Чукотского АО. На отдельных станциях здесь зафиксирована максимальная за период наблюдений высота снега. Очень снежным выдался декабрь 2015



года в Западной Сибири, особенно в Тюменской области и Алтайском крае, где выпало более 2.5-3 месячных норм осадков. Отрицательные аномалии максимальной высоты снежного покрова получены только для двух регионов – III и VII (табл. 3.1).

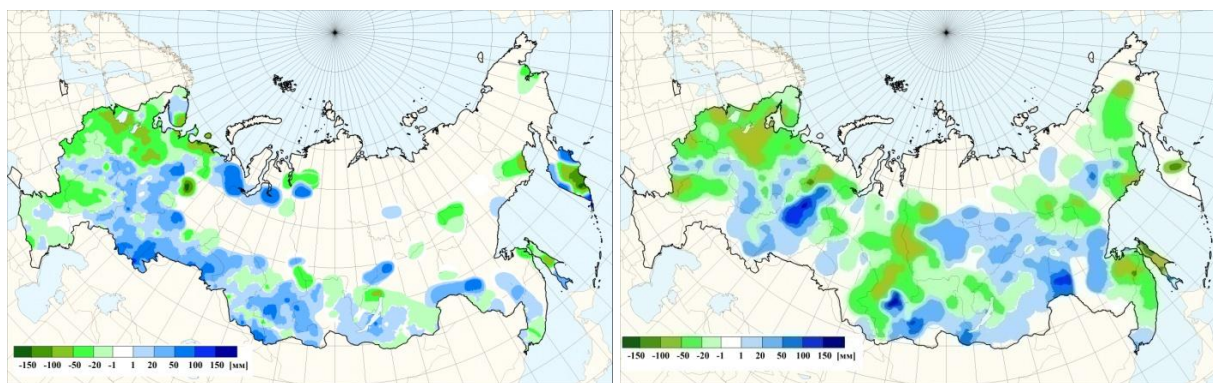
Максимальный за прошедшую зиму **запас воды в снеге** по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России оказался значительно ниже нормы в лесу и близким к норме в поле (табл. 3.2). Максимальные положительные аномалии запаса воды в снеге в поле отмечены в тех же районах, где наблюдались наибольшие аномалии максимальной высоты снежного покрова (районы V, VI и VIII). В V и VIII районах значения максимального запаса воды в снеге на полевом маршруте попали в первую десятку наибольших значений. В лесу максимальный запас в снеге оказался гораздо ниже нормы во всех квазиоднородных районах, кроме центра и юга Восточной Сибири (район VI), Алтая и Саян (район VIII). Отрицательные аномалии запаса воды в снеге на обоих маршрутах отмечены на северо-западе ЕЧР и Камчатке (рис. 3.4).

**Таблица 3.2** – Аномалии максимального за зимний период (2015-2016 гг.) запаса воды в снеге, осредненные по территории квази-однородных климатических регионов России

$\Delta$  - отклонения от средних за 1971-2000 гг.; R – ранг текущих значений в ряду убывающих характеристик за 1967-2016 гг.;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

Р е г и о н	Запас воды в снеге (поле)			Запас воды в снеге (лес)		
	$\Delta$	ранг	$\sigma$	$\Delta$	ранг	$\sigma$
Россия	0.33	23	8.49	-22.22	37	14.86
Север ЕЧР и Западной Сибири	-19.14	40	16.72	-31.82	38	25.4
Северная часть Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	-	-	-
Чукотка и север Камчатки	-	-	-	-36.98	<b>47</b>	26.69
Центр ЕЧР	-5.65	34	17.9	-17.52	<b>41</b>	19.12
Центр и юг Западной Сибири	18.59	<b>7</b>	16.94	-10.71	26	23.06
Центр и юг Восточной Сибири	0.81	24	6.61	1.63	20	8.15
Дальний Восток	-4.38	35	20.45	-20.63	<b>43</b>	24.99
Алтай и Саяны	20.72	<b>7</b>	13.56	16.72	13	29.91
Юг ЕЧР	-3.23	31	10.57	-	-	-

Примечание: Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за 1967-2016 гг.



**Рисунок 3.4** - Аномалии максимального запаса воды в снеге (мм) зимой 2015-2016 гг. (от среднеемноголетних 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 превышение запаса воды в снеге относительно нормы отмечено по бассейнам рек центра и юга. На северных реках ЕЧР, кроме Ваги, снегозапасы также превысили норму. К началу марта в бассейне Волги запас воды в снежном покрове составил 105% нормы, что на 8% больше, чем в предыдущем году. При этом в бассейнах Суры, Москвы, Оки наблюдался дефицит запаса воды, а в бассейнах Белой, Камы, Вятки, Куйбышевского, Саратовского водохранилищ - превышение нормы, а также запасов воды, накопившихся к началу марта в 2015 г. Меньше нормы снегозапасы на реках северо-запада ЕЧР Нарвы и Волхова (56-67%), и это еще меньше прошлогодних показателей. Аналогичная ситуация сложилась и на реках

бассейна Дона. На крупнейших реках Сибири снеготзапасы близки к климатической норме (93-113%). Исключение составляет Тобол, где запасы воды в снеге на 29 февраля значительно превышали норму и прошлогодние показатели. Следует отметить, что в бассейнах всех сибирских рек, за исключением Верхней Оби и Ангары, запасы в снеге больше, чем прошлой зимой.

**Таблица 3.3** – Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ европейской части РФ по состоянию на 29 февраля 2016 г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2015 г.): *w2015*, *w2016* – запасы воды в снеге в 2015 и 2016 гг.

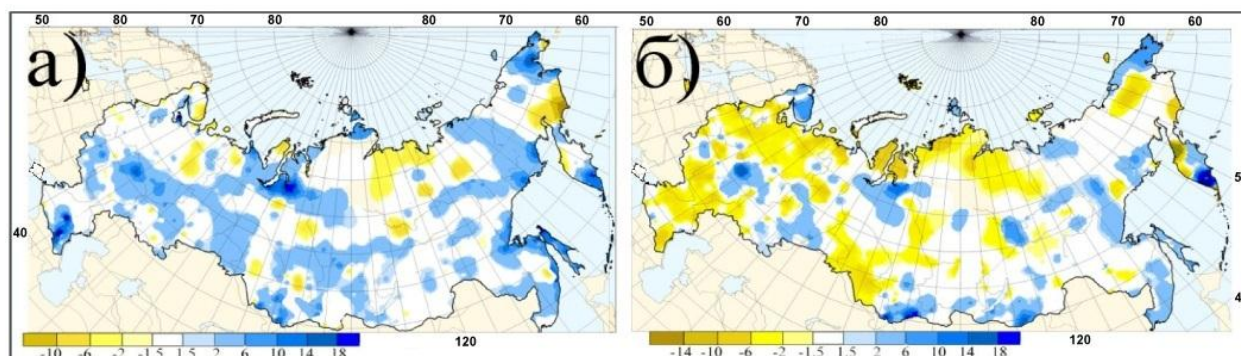
По азиатской части РФ сведения приведены по состоянию на 10 апреля 2016 г.

№ п/п	Бассейны рек	Запасы воды в снеге на 29 февраля 2016 г.				
		норма	w2015	w2016		
		мм	мм	мм	% от нормы	% от w2015
1	<b>ВОЛГА, в т.ч.</b>	111	107	116	105	108
2	до Рыбинского водохр.	96	84	67	65	80
3	р. Кострома и Унжа	117	125	131	112	105
4	р. Москва	89	65	56	63	86
5	р. Ока, включая бассейн р.Москвы	79	68	76	96	112
6	р. Сура	97	96	78	80	81
7	р. Ветлуга	126	151	144	114	95
8	Чебоксарское водохранилище	88	85	86	98	101
9	р. Вятка	134	151	157	117	104
10	Куйбышевское водохранилище	123	128	133	108	104
11	Саратовское водохранилище	94	77	104	111	135
12	Волгоградское водохранилище	67	69	67	100	97
13	р. Кама	172	174	190	110	109
14	р. Белая	128	100	140	109	140
15	<b>ДОН, в т.ч.</b>	50	56	16	30	29
16	Хопер	59		с/н		
17	Медведица	53	61	47	90	77
<b>Реки севера</b>						
18	Северная Двина	110	139	148	135	106
19	Сухона	115	140	128	111	91
20	Вага	110	119	93	85	78
21	Юг	105	147	151	144	103
22	Пинега	96	128	127	132	99
23	Вычегда	126	148	195	155	132
24	Мезень	125	142	150	120	106
25	Нарва	54	48	36	67	75
26	Волхов	63	52	35	56	67
<b>Реки и водохранилища Сибири на 10 апреля 2016 г.</b>						
27	Верхняя Обь	210	232	195	93	84
28	Тобол (на 29 февраля)	60	57	96	160	168
29	Енисей (Саяно-Шушенское водохранилище)	134	122	142	106	116
30	Енисей (Красноярское водохранилище)	153	149	173	113	116
31	Ангара (оз. Байкал)	88	82	86	98	105
32	Ангара (Братское водохранилище)	77	77	87	113	113
33	Ангара (Усть-Илимское водохранилище)	122	130	119	98	92

### Многолетние изменения характеристик снежного покрова

Пространственное распределение локальных оценок трендов, характеризующих знак и среднюю скорость изменений *максимальных за зимний период значений высоты снежного покрова и числа дней со степенью покрытия окрестностей станции снегом более 50%* на интервале 1976 - 2016 гг., рассчитанных по данным стационарных наблюдений на территории России, показано на рис. 3.5. Тренд выражен в см/10 лет и днях/10лет, соответственно. Как и в период 1976 - 2015 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. Уменьшение максимальной за зиму высоты снежного покрова наблюдается

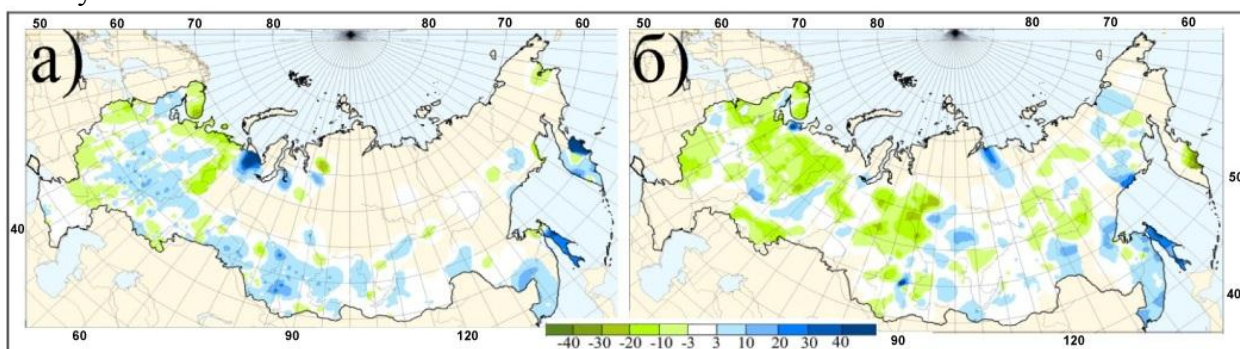
на отдельных станциях на севере ЕЧР, севере Камчатского края, северо-западе Республики Саха- Якутия (рис. 3.5, а). Статистически значимые на 5%-уровне положительные коэффициенты линейного тренда региональных средних получены как для России в целом, так и для большинства квазиоднородных районов, кроме 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%. 1976-2016.

В период с 1976 по 2016 гг. на значительной части страны обнаружена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова: на большей части ЕЧР, на севере и юге Западной Сибири, Таймыре и северо-западе Республики Саха (Якутия). В среднем для России число дней со снегом сокращается на 1.01 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.

Тенденции изменений **максимального за зиму запаса воды в снеге** с 1976 по 2016 гг. по данным маршрутных наблюдений в поле остались практически такими же, как и за период 1976-2015 гг. Наблюдается увеличение в центральных районах ЕЧР, северных и южных районах Западной Сибири, на Камчатке, Сахалине и в Приморье (рис. 3.6а). Средний для страны в целом запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в поле увеличивается на 1.84 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). 1976-2016 гг.

По данным маршрутных наблюдений в лесу (рис. 3.6б) 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 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 более чем на 7 мм за 10 лет (табл. 3.4). В I, IV и V районах 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 2 мм за 10 лет.

**Таблица 3.4** – Оценки линейного тренда (значимые на 5%-м уровне) регионально осредненных характеристик снежного покрова для регионов России за 1976-2016 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	1.92	-1.01	1.84	-1.99
Север ЕЧР и Западной Сибири	-	-	-	-6.50
Сев. Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	-
Чукотка и север Камчатки	-	-	-	-
Центр ЕЧР	1.63	-3.44	-	-6.52
Центр и юг Западной Сибири	1.75	-2.18	-	-6.02
Центр и юг Восточной Сибири	1.14	-	-	-
Дальний Восток	4.56	-	8.89	7.60
Алтай и Саяны	1.67	-	3.77	-
Юг ЕЧР	-	-	-	-

#### 4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК

**Вскрытие рек и очищение ото льда водохранилищ весной 2016 года.** Весной 2016 г. в третьей декаде января началось весеннее половодье на реках Калининградской области, что на 4-6 недели раньше среднемноголетних сроков. К концу первой декады февраля произошло полное очищение рек ото льда, что на 25-35 дней раньше нормы.

В связи с аномально теплой зимой во второй и третьей декадах февраля, на один – полтора месяца раньше нормы, вскрылись ото льда Верхний и Средний Дон, нижнее течение Хопра, Днепр на участке Смоленск – Лоев, Сож, Десна на участке Брянск – Новгород-Северский и Западная Двина на участке Витебск – Верхнедвинск, а верхнее и среднее течение Хопра - в первой декаде марта. В это же время начался дрейф льда на Цимлянском водохранилище.

На территории Ленинградской, Псковской и Новгородской областей весеннее половодье имело затяжной характер, было ранним и очень низким. Вскрытие большинства рек Псковской области произошло во второй декаде февраля (на 41-62 дня раньше нормы), рек Ленинградской и Новгородской областей – в конце марта – первой декаде апреля (на 1-3 недели раньше нормы). В это же время началось вскрытие озер Чудского (16 февраля), Псковского (28 февраля), Ильменя (31 марта), Онежского (13 апреля). Очищение ото льда водоемов в Псковской области произошло во второй-третьей декадах марта, Ленинградской и Новгородской – в третьей декаде марта – второй декаде апреля, что на 1-4 недель раньше нормы. В первой половине апреля очистились озера Ильмень, Чудско-Псковское, Ладожское.

В первой декаде марта начался ледоход на большинстве рек Ульяновской области, а реки Сельда, Барыш вскрылись ото льда в середине февраля, что на 5-24 дня раньше среднемноголетних дат. Реки Самарской области вскрылись в основном в третьей декаде марта, а река Чагра в начале третьей декады февраля. При этом ледоход на большинстве рек Самарской области начался раньше обычных сроков на 4-10 дней, а на р. Чагра - на 40 дней раньше среднемноголетних дат.

На 16-23 дня раньше нормы – в первой половине марта – вскрылись Ока выше устья р. Москвы, Днепр выше Смоленска, Западная Двина выше Витебска. На 9-10 дней раньше нормы – в конце марта – вскрылись Ока ниже устья р. Мокши, Сура ниже Алатыря и Белая выше Уфы. В это же время – в обычные сроки – вскрылась Верхняя Волга.

Из-за высоких температур воздуха в марте и первой половине апреля началось раннее вскрытие ото льда большинства рек Приморского края. Вскрытие рек в основном произошло на 4-13 дней раньше нормы; реки Комиссаровка (с. Ильинка), Большая Уссурка (с. Рожино) - на 1-3 дня раньше самых ранних сроков. На отдельных участках рек



Уссури, Илистая, Арсеньевка вскрытие сопровождалось маломощными заторами льда. Дрейф льда на оз.Ханка начался в период 4-5 апреля и к 20 апреля озеро очистилось ото льда.

В конце марта - начале апреля произошло вскрытие рек бассейна Оби: Бия, Катунь, Урсул, Ануй, Песчаная, Алей, отдельными участками Чарыш, Чумыш, Иня, Томь и Мрас – Су, а также реки Кондома, Бурла, Карасук, Майзас (на 8–13 дней раньше среднемноголетних сроков). Образованием заторов льда сопровождалось вскрытие ото льда рек Чарыш (у свх. Чарышский), Кондома (у пгт. Кузедеево). На р. Кондома в районе г. Калтан (Кемеровская область) отмечался затор протяженностью 15 км; была подтоплена прибрежная часть поселке Малиновка. В первой декаде апреля произошло вскрытие рек: Тогул, Сузун, Бердь, Уса, Кия, Яя, Чая, Омь, Тартас, Тара, в основном, на 7–14 дней раньше среднемноголетних сроков. Вскрытие сопровождалось заторами льда и подтоплением ряда населенных пунктов. Во второй декаде апреля вскрылись реки Бердь, Бакса, Чулым на участке с. Зырянское – пгт Батурино, Парабель, Васюган, Пайдугина в основном на 7 – 13 дней раньше среднемноголетних сроков. На 12–16 дней раньше нормы произошло очищение ото льда Новосибирского водохранилища до с. Завьялово (речная часть).

На 7-10 дней раньше средних многолетних дат - во второй половине апреля - началось вскрытие рек Забайкалья Хилок, Ингода, Баргузин, Шилка.

На 6-15 дней раньше нормы – в первой декаде апреля – произошло вскрытие Белой ниже Уфы, Оби выше Камня-на-Оби и ниже Новосибирска до устья Чулыма, Иртыша на участке Черлак – Омск и Тобола на участке Курган – Ялуторовск. В это же время очистились ото льда Саратовское и Волгоградское водохранилища.

Около нормы и до 6 дней раньше – во второй декаде апреля – вскрылись притоки Волги - Кострома, Унжа, Ветлуга, Вятка ниже Котельнича, а также Сухона, Юг, Северная Двина выше Абрамково, Тура, Тавда, Тобол ниже Ялуторовска, Амур от Иннокентьевки до Хабаровска. При вскрытии ото льда притока Северной Двины реки Сухона в нижнем ее течении сформировался мощный затор льда, вызвавший подъем уровня воды выше тела затора до неблагоприятных, а местами и до опасных отметок.

На 8-16 дней раньше нормы во второй декаде апреля – вскрылись Вятка выше Котельнича и Обь от Чулыма до Колпашево, Вычегда, Верхняя Кама, Северная Двина ниже Абрамково, Иртыш ниже Карташово, Кан, Амур на участке Хабаровск – Комсомольск, Шилка, Печора выше Усть-Щугора. В это же время на 11-13 дней раньше нормы очистились ото льда Чебоксарское, Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища.

На 8-19 дней раньше нормы – в третьей декаде апреля – вскрылись Пинега, Мезень, Печора ниже Усть-Щугора, Обь ниже Колпашево до Октябрьского, Енисей на участке Ярцево – Ворогово. В это же время очистились ото льда северная часть Рыбинского водохранилища, Шекснинское, Камское и Воткинское водохранилища.

На 5-8 дней раньше нормы – в третьей декаде апреля – вскрылась Лена от Качуга до Киренска и Киренга. В тоже время около нормы и до 5 дней раньше вскрылись Амур от Покровки до Иннокентьевки и ниже Комсомольска, Аргунь, Зея, Амгунь, а также очистились ото льда Рыбинское водохранилище (Переборский залив) и Горьковское водохранилище.

В конце апреля – первой половине мая на 12-17 дней раньше нормы вскрылись Обь ниже Октябрьского и Енисей на участке Ворогово – Верхнеимбатское; на 10 дней раньше нормы очистился ото льда Беломорско-Балтийский канал. В это же время вскрылись и очистились ото льда большинство рек Мурманской области, что раньше нормы на 10-15 дней, а реки северо-востока области - на 20 дней раньше обычного.

Около нормы в первой декаде мая вскрылись Лена на участке Киренск – Витим и река Витим; во второй-третьей декадах мая Енисей от Верхнеимбатского до Игарки. Около нормы и до 5 дней раньше – во второй декаде мая – вскрылись Лена от Витима до

Жиганска, Алдан, Вилуй, Колыма от Среднекана до Среднеколымска. В третьей декаде мая, в сроки близкие к норме и до 6 дней раньше, вскрылись Енисей от Туруханска до Дудинки, Лена на участке Жиганск – Кюсюр, Яна, Индигирка, Колыма ниже Среднеколымска.

В мае вскрылись и очистились ото льда реки Северная Сосьва, Ляпин, Сыня, Собь, Полуй, Пур, Пяку-Пур в сроки раньше среднемноголетних дат на 6-18 дней раньше, местами наблюдались неопасные заторы льда. В конце мая вскрылись и очистились ото льда реки Чукотского автономного округа.

Около нормы и до 5 дней раньше в первой декаде июня – вскрылись устьевые участки Енисея и Индигирки. В тоже время вскрылись и очистились ото льда река Таз (пгт Тазовский) и Тазовская Губа (у с. Находка) на 7 дней раньше нормы.

**Появление льда на реках и установление ледостава на водохранилищах осенью 2016 года.** Появление льда осенью 2016 г. началось в сроки близкие к норме в первой декаде октября на реках бассейнов Яны и Индигирки.

В конце первой – начале второй декады октября на 8 дней раньше нормы появился лед на Лене от Усть-Кута до Витима и около нормы от Витима до Кюсюра.

Во второй декаде октября позже нормы появился лед на Колыме (на 5-8 дней), на отдельных реках Охотского побережья – на 9-15 дней.

В конце второй декады и в третьей декаде октября около нормы и раньше ее появился лед на Енисее у Кызыла, Оби от Фоминского до Колпашево (на 4-5 дней), Амуре до Хабаровска и на Зее (на 1-4 дней). Раньше нормы на 7-12 дней началось ледообразование на Амуре от Хабаровска до Мариинского. В сроки близкие к норме лед появился на Сухоне ниже Тотьмы и на Вятке выше Котельнича. Позже нормы на 1-5 дней началось ледообразование на Северной Двине, Вычегде, Верхней Каме, Оби от Колпашево до Октябрьского, Енисее на участках Ворогово – Верхнеимбатское и Игарка – Дудинка. Также в третьей декаде октября позже нормы на 6-13 дней появился лед на Печоре, Оби на участке Мужы – Салехард и Енисее от Верхнеимбатского до Игарки.

В первой декаде ноября в сроки, близкие к средним многолетним и до 3 дней раньше появился лед на Ветлуге ниже Шарьи, Белой, Вятке ниже Котельнича и Сухоне выше Тотьмы. На 9-11 дней раньше нормы появился лед на Волге выше Твери и на Западной Двине. Около нормы и до 4 дней позже нее появился лед на Костроме и Унже, на Иртыше, Тавде, Туре и Тоболе. На 10 дней позже нормы появился лед на Оби на участке Октябрьское – Мужы. Около нормы и до 4 дней раньше началось образование ледостава на Камском водохранилище, на 6-14 дней раньше нормы ледостав образовался на Беломорско – Балтийском канале, Шекснинском и Рыбинском водохранилищах.

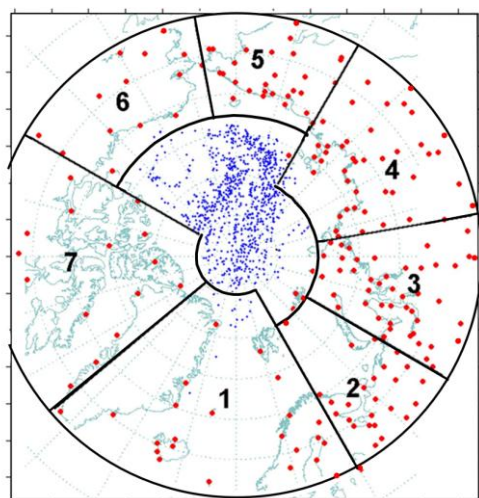
Во второй декаде ноября и начале третьей декады в сроки, близкие к норме и до 5 дней раньше появился лед на Волге на участке Нижний Новгород – Просек, на Оке, Москве-реке, Суре; начал образовываться ледостав на Чебоксарском и Нижнекамском водохранилищах. На 9-12 дней раньше нормы появился лед на Днепре выше Смоленска и образовался ледостав на Горьковском водохранилище.

В третьей декаде ноября на 14 дней раньше нормы началось установление ледостава на Саратовском и Волгоградском водохранилищах. На 2-4 дня раньше нормы появился лед на Среднем Дону и Десне. На 4 дня позже нормы появился лед на Днепре ниже Смоленска и на 7 дней позже нормы – на Верхнем Дону.

В конце первой и во второй декадах декабря на 4-10 дней раньше нормы появился лед на Волге ниже Волгограда и на Дону ниже Константиновска.

## 5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ

Мониторинг климата приземной атмосферы Северной полярной области (СПО) ведется как для области в целом, так и для отдельных ее частей (рис. 5.1) на основе постоянно пополняемой базы приземных метеорологических данных для полярных



районов (<http://www.aari.nw.ru>). Ниже приводятся оценки изменения температуры воздуха и количества осадков СПО за период 1936–2016 гг.

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

**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

**Температура воздуха.** Для расчета аномалий температуры воздуха, осредненных по территории СПО и территориям климатических районов использован метод оптимального осреднения. Оценки аномалий получены относительно рекомендованного ВМО стандартного базового периода 1961–1990 гг. За год принимался период, состоящий из 4 сезонов: с декабря предыдущего года по ноябрь рассматриваемого.

Оценка аномалий средних сезонных и среднегодовой температуры воздуха за 2016 г. по отдельным широтным зонам (70–85, 60–70 и 60–85° с.ш.) представлена в таблице 5.1.

**Таблица 5.1** – Аномалии температуры воздуха в 2016 г., осредненные по территории СПО и по широтным зонам, в среднем за год (декабрь 2015 - ноябрь 2016) и за сезоны:  $\Delta T$ , °C – отклонения от средних за 1961–1990;  $R$  – ранг в ряду убывающих температур за 1936–2016 гг.

Широтная зона, °с.ш.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\Delta T$	$R$	$\Delta T$	$R$	$\Delta T$	$R$	$\Delta T$	$R$	$\Delta T$	$R$
70–85	3.9	1	4.8	1	3.7	2	1.9	2	5.1	1
60–70	2.7	1	3.7	1	3.2	1	2.0	1	2.0	3
60–85	3.3	1	4.2	1	3.5	1	2.0	1	3.6	1

Значение пространственно осредненной аномалии среднегодовой температуры воздуха СПО составило 3.3°C, и 2016 г. стал наиболее теплым годом по рангу теплых лет за период с 1936 г. Аномалия среднегодовой температуры воздуха в широтной зоне 70–85° с.ш. оказалась равной 3.9°C, а в зоне 60–70° с.ш. – 2.7°C. Эти значения также стали первыми по рангу теплых лет.

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 2016 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>

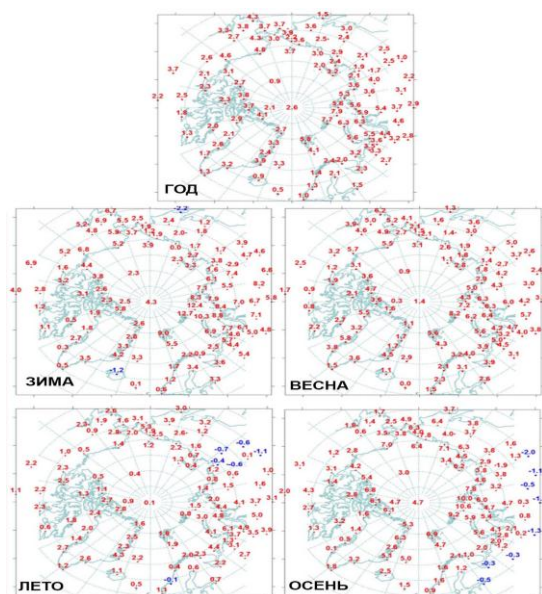
Можно видеть, что в 2016 г. области крупных положительных аномалий температуры располагались преимущественно в евразийском секторе и на западе североамериканского сектора, на территории Западносибирского и Аляскинского районов. Самые крупные аномалии наблюдались в районе Карского моря.

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.

**Таблица 5.2** – Аномалии температуры воздуха в 2016 г. (отклонение от нормы за 1961-1990 гг.) для отдельных районов СПО (в среднем за год и сезоны), °С

Климатический район СПО	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\Delta T$	$R$	$\Delta T$	$R$	$\Delta T$	$R$	$\Delta T$	$R$	$\Delta T$	$R$
Атлантический	2.6	1	2.6	7	2.4	2	1.7	2	3.5	1
Североевропейский	3.4	1	4.7	8	4.2	1	2.3	2	2.3	7
Западносибирский	5.0	1	7.6	1	5.2	3	3.6	1	3.7	3
Восточносибирский	2.8	2	4.6	1	3.2	6	0.4	13	2.8	7
Чукотский	2.9	1	1.8	12	2.3	11	2.4	2	5.1	2
Аляскинский	3.7	1	5.5	2	4.8	1	1.5	4	3.1	5
Канадский район	2.5	3	2.8	7	2.4	7	1.8	3	2.9	6
Канадский район (северная часть)	2.8	3	2.7	10	2.8	7	1.8	4	3.8	2
Гренландское и Норвежское моря (сев. часть)	3.8	1	4.4	5	3.1	3	2.4	1	5.1	1
Баренцево море	4.5	1	5.9	5	5.0	1	2.6	2	4.6	1
Карское море	6.2	2	9.1	3	5.8	3	3.1	1	6.7	1
Море Лаптевых	3.4	2	4.2	4	2.9	7	0.9	12	5.4	1
Восточно-Сибирское море	2.7	4	2.0	11	2.0	11	1.5	5	5.3	1
Чукотское море	2.8	4	2.9	9	2.0	15	1.7	4	4.7	2
Море Бофорта	3.8	4	5.1	2	4.5	2	0.8	15	4.8	1

Характеристики линейного тренда, оцененные по этим рядам за 1936-2016 гг., приведены в таблице 5.3. В течение 1936-2016 гг. наблюдается статистически значимый (на 5-% уровне значимости) положительный линейный тренд среднегодовой температуры в целом для СПО и для отдельных широтных зон (60-70 и 70-85° с.ш.).



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

периоде наиболее высокими темпами повышение температуры происходит в районе Карского моря. Линейное повышение среднегодовой температуры воздуха здесь составило около 5.1°С за 30 лет.

**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.

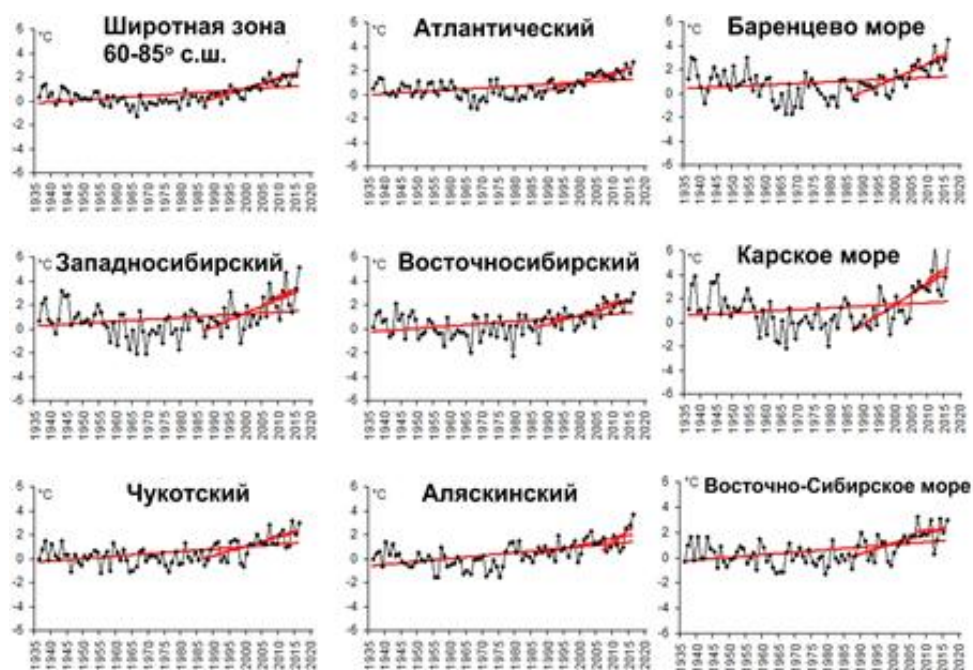
Линейное (по тренду) повышение температуры воздуха за 81 год в этих широтных зонах составило 1.38°С, 1.38°С и 1.46°С соответственно. Значимый годовой тренд потепления прослеживается во всех районах, за исключением Западносибирского. Потепление за 81 год составляет в районах от 1.13°С до 2.02°С. Для СПО в целом значимый тренд обнаруживается во все сезоны (линейное повышение температуры составило, соответственно, около 1.46°С, 1.86°С, 1.05°С и 1.13°С за 81 год).

В течение последних тридцати лет (1987-2016 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 2.4°С за 30 лет (или 0.79°С/10 лет).

В районах арктических морей в течение 1936-2016 гг. всюду знак тренда положительный. В последнем 30-ти летнем



В таблице 5.4 представлены относительные аномалии сезонных и годовых сумм осадков в 2015/16 г. для СПО и для отдельных климатических районов.



**Рисунок 5.3** – Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны 60-85° с.ш. и районов арктических морей (70-85° с.ш.).

**Таблица 5.3** – Коэффициенты линейного тренда средней за сезон и за год (декабрь-ноябрь) температуры воздуха за период 1936-2016 гг. по регионам СПО

*b*, °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, *D%* – вклад тренда в дисперсию

Район, широтная зона	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>
<b>Широтные зоны</b>										
70-85 °с.ш.	<b>0.16</b>	26.4	<b>0.25</b>	47.6	<b>0.13</b>	51.8	<b>0.16</b>	30.9	<b>0.18</b>	38.9
60-70 °с.ш.	<b>0.20</b>	38.6	<b>0.22</b>	50.3	<b>0.13</b>	57.0	<b>0.12</b>	32.8	<b>0.17</b>	52.2
60-85°с.ш	<b>0.18</b>	37.3	<b>0.23</b>	50.6	<b>0.13</b>	56.4	<b>0.14</b>	34.7	<b>0.17</b>	47.5
<b>Районы СПО</b>										
Атлантический	<b>0.20</b>	34.8	<b>0.16</b>	41.3	<b>0.12</b>	44.5	<b>0.10</b>	27.4	<b>0.15</b>	39.1
Североевропейский	0.09	8.7	<b>0.30</b>	43.7	<b>0.09</b>	23.7	0.08	14.7	<b>0.14</b>	25.1
Западносибирский	0.06	4.9	<b>0.32</b>	35.5	<b>0.12</b>	30.9	0.09	11.2	0.15	20.2
Восточносибирский	<b>0.22</b>	27.4	<b>0.31</b>	41.1	<b>0.12</b>	34.6	0.13	19.5	<b>0.20</b>	39.9
Чукотский	0.10	14.0	<b>0.25</b>	37.0	<b>0.19</b>	54.5	<b>0.26</b>	39.8	<b>0.20</b>	46.1
Аляскинский	<b>0.40</b>	43.6	<b>0.26</b>	33.4	<b>0.17</b>	50.8	<b>0.17</b>	25.3	<b>0.25</b>	52.1
Канадский	<b>0.23</b>	29.9	0.07	13.9	<b>0.12</b>	40.2	<b>0.20</b>	38.7	<b>0.16</b>	36.7
<b>Моря как часть климатического района</b>										
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	<b>0.28</b>	32.3	<b>0.25</b>	46.6	<b>0.19</b>	61.6	<b>0.17</b>	30.8	0.22	45.1
Баренцево море	0.03	3.2	<b>0.25</b>	37.0	<b>0.09</b>	25.9	0.10	17.5	0.12	17.7
Карское море	0.01	1.1	<b>0.33</b>	34.3	<b>0.09</b>	23.9	0.13	13.6	0.14	14.0
Море Лаптевых	0.06	8.0	<b>0.25</b>	32.9	<b>0.11</b>	27.9	0.11	13.7	0.13	22.0
Восточно-Сибирское море	<b>0.17</b>	27.3	<b>0.25</b>	35.0	<b>0.17</b>	44.1	<b>0.24</b>	32.9	0.21	44.5
Чукотское море	<b>0.26</b>	29.3	<b>0.27</b>	33.1	<b>0.19</b>	49.6	<b>0.26</b>	39.5	0.25	46.6
Море Бофорта	<b>0.43</b>	51.2	<b>0.21</b>	36.2	<b>0.15</b>	44.0	<b>0.26</b>	39.3	0.26	53.6
Северная часть Канадского района	0.15	18.3	0.07	11.5	<b>0.07</b>	20.7	<b>0.19</b>	35.4	0.12	25.8

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

В целом для СПО в 2015/16 г. годовая сумма осадков была выше нормы (на 3.0 %) – главным образом, за счет более влажного холодного периода (на 5.7 %). Наибольшее количество осадков за год выпало в Североевропейском районе (на 17.6 % выше нормы), наименьшее – в Чукотском районе (на 12.2 % ниже нормы) вследствие более сухого теплого периода (осадков выпало на 17.0 % ниже нормы).

На рис. 5.5 приведены временные ряды годовых сумм осадков для районов арктических морей. В таблице 5 представлены оценки трендов в изменении сезонных и годовых сумм осадков с 1936 по 2016 г. по северным (70–85° с.ш.), южным (60–70° с.ш.) частям климатических районов, а также для районов в целом.

**Таблица 5.4** – Относительные аномалии (%) сезонных и годовых сумм осадков в 2015/16 г. (в % от нормы 1961-1990 гг.)

Район, широтная зона	Холодный период	Теплый период	Год
Атлантический	114.2	94.2	108.0
Североевропейский	111.1	126.1	117.6
Западносибирский	102.7	84.7	94.1
Восточносибирский	96.9	84.2	90.1
Чукотский	91.6	83.0	87.8
Аляскинский	94.9	107.2	101.5
Канадский	95.6	117.0	106.7
70-85 °с.ш.	110.1	99.3	105.2
60-70 °с.ш.	108.5	101.7	105.6
60-85 °с.ш.	105.7	99.3	103.0

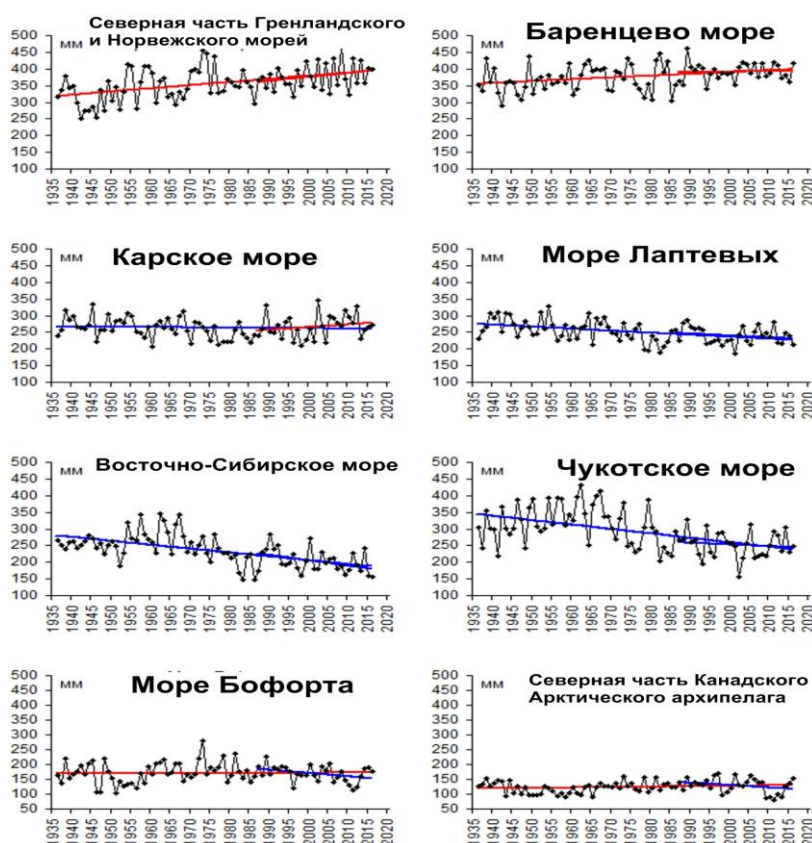
**Таблица 5.5** – Оценки линейного тренда регионально осредненных сезонных и годовых сумм осадков за период 1936-2016 гг. , *b*, мм/10 лет – коэффициент линейного тренда, *D*, % – вклад тренда в полную дисперсию

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	7.79	18.7	-0.74	5.0	7.05	16.9
Североевропейский (южная часть)	<b>14.89</b>	70.8	3.36	23.0	<b>18.25</b>	66.4
Западносибирский (южная часть)	<b>9.02</b>	60.9	-2.24	15.5	<b>6.78</b>	29.1
Восточносибирский (южная часть)	<b>2.43</b>	36.3	0.07	0.8	<b>2.5</b>	21.7
Чукотский (южная часть)	-0.77	5.3	-0.51	4.1	-1.28	8.4
Аляскинский (южная часть)	2.86	19.2	-0.08	0.4	2.78	6.5
Канадский (южная часть)	-0.18	2.5	<b>3.17</b>	38.0	<b>2.99</b>	29.1
60-70°с.ш.	5.37	48.1	0.48	8.6	<b>5.85</b>	45.2
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	<b>9.00</b>	50.0	0.39	3.7	<b>9.39</b>	45.7
Баренцево море	<b>6.27</b>	55.5	-0.61	5.5	<b>5.66</b>	34.6
Карское море	0.14	1.7	-0.98	10.4	-0.84	6.2
Море Лаптевых	<b>-3.12</b>	39.3	<b>-3.02</b>	30.3	<b>-6.14</b>	45.7
Восточно-Сибирское море	<b>-7.13</b>	55.6	<b>-5.04</b>	43.5	<b>-12.17</b>	59.5
Чукотское море	<b>-9.41</b>	54.5	<b>-4.12</b>	28.9	<b>-13.53</b>	51.6
Море Бофорта	-0.93	12.4	1.07	13.4	0.14	0.4
Канадский (северная часть)	0.53	8.9	0.65	11.4	1.18	15.5
70-85°с.ш.	<b>1.27</b>	25.6	-0.85	19.3	0.42	3.8
Атлантический	<b>8.39</b>	28.5	-0.36	3.5	<b>8.03</b>	26.8
Североевропейский	<b>11.41</b>	75.0	1.87	17.6	<b>13.28</b>	65.1
Западносибирский	<b>5.28</b>	57.2	-1.71	17.8	3.57	23.3
Восточносибирский	0.31	5.9	-1.11	14.6	-0.8	10.5
Чукотский	<b>-3.50</b>	27.9	-2.54	24.3	-6.04	35.2
Аляскинский	1.72	14.2	-1.09	6.9	0.63	0.5
Канадский	0.10	1.7	<b>2.23</b>	38.5	<b>2.33</b>	30.6
60-85°с.ш.	<b>3.45</b>	46.1	-0.35	8.3	<b>3.1</b>	35.2

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

В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936-2016 гг. в СПО наблюдается тенденция их статистически значимого их увеличения со средней скоростью

около 3 мм/10 лет. При этом рост осадков преимущественно отмечается в канадско-европейском секторе, включая Атлантику, и, в основном, в холодный период года.

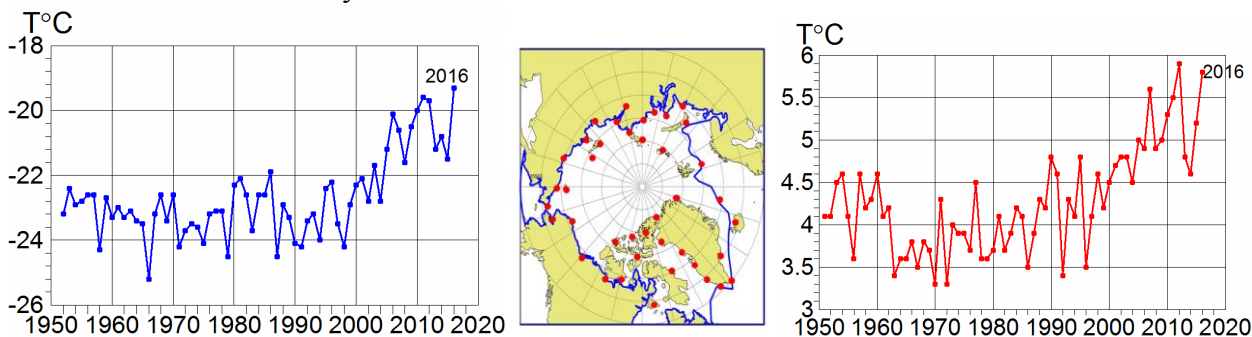


Тенденция к убыванию осадков уверенно обнаруживается в Чукотском районе в течение всего года и в районах арктических морей азиатского сектора СПО в теплый период года. Более всего рост осадков выражен в южной части Североевропейского района (14.9 мм/10 лет для осадков холодного периода и 18.2 мм/10 лет для годовых сумм), а уменьшение – в Восточно-Сибирском и Чукотском морях (12,2 и 13.5 мм/10 лет для годовых сумм осадков).

**Рисунок 5.5** – Временные ряды регионально осредненных годовых сумм осадков

## Морская Арктика

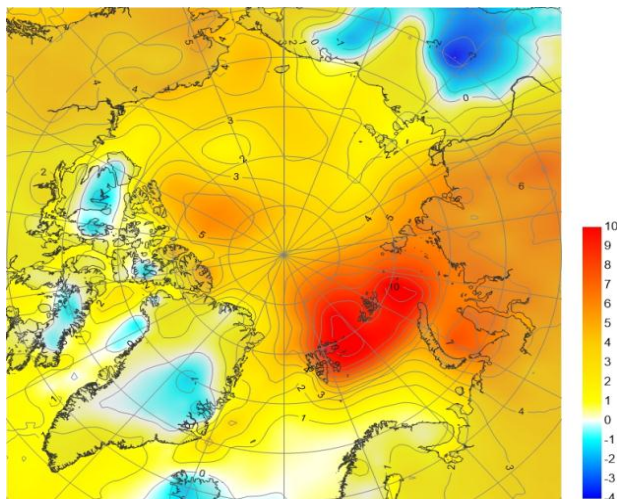
**Температура воздуха.** 2016 год в области морской Арктики также оказался самым теплым за период наблюдений с 1951 г., превзойдя на 0.7°C самый теплый до этого 2012 г. Средняя приповерхностная температура воздуха (ПТВ) зимой в этой области по данным 41 станции составила – 19.3°C (рис. 5.6, а), что более чем на 2.5 σ выше средней зимней температуры за 1951-2016 гг. Летом средние температуры 2016 и 2012 гг. разошлись всего на 0.1°C (рис. 5.6, в), что отодвинуло 2016 год на второе место в ряду теплых летних сезонов. Средняя температура воздуха весной 2016 года одинакова со средней ПТВ самой теплой весны в 2012 году. Осень 2016 г. стала самой теплой с начала наблюдений в 1951 г.



**Рисунок 5.6.** – Средняя за декабрь-февраль (а) и за июнь-август (в) месяцы приповерхностная температура воздуха на 41 станции в морской Арктике (б) в 1951-2016 гг. Точки на карте - положение станций.

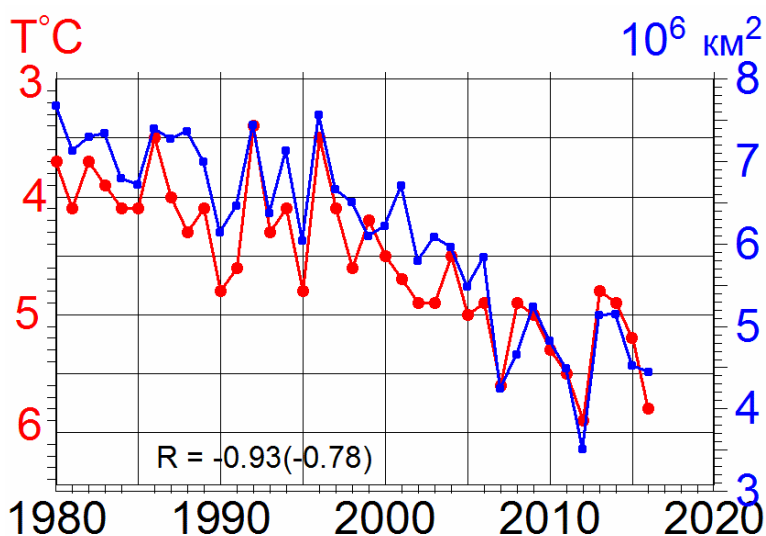
Положительные аномалии температуры воздуха зимой 2016 года (рис. 5.7), также как и в 2012 г., достигли наибольших значений в северной части Баренцева и Карского

морей. В значительной степени это вызвано усилением меридионального атмосферного притока тепла (МАПТ) через приатлантическую часть от 0 до 80° в.д. на 70° с.ш. (атлантические «ворота» в высокоширотную Арктику (Алексеев и др., 2016, а). Этот приток оказывает наибольшее влияние на аномалии ПТВ в районе Баренцева и, особенно, Карского морей.



**Рисунок 5.7** - Аномалия зимней ПТВ в 2016 году относительно среднего за 1979-2015 гг, рассчитанная по данным реанализа ERA-Interim ([www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim](http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim))

**Морские льды.** Зимнее увеличение площади морского льда в Арктике с начала 2016 г. происходило медленнее, чем когда либо ранее от начала спутниковых наблюдений в 1978 г. В результате в марте, когда наступает сезонный максимум площади льда, он оказался самым низким за период наблюдений. В последующем, с началом таяния льдов, сезонное сокращение площади также замедлилось и наступивший в сентябре сезонный минимум площади льда в Северном Ледовитом океане достиг по данным ФГБУ «ААНИИ» (<http://www.aari.ru/datasets>) 4.45 млн кв. км, что является лишь четвертым минимальным значением площади льда в сентябре. По данным центра по снегу и льду (NSIDC) из США сезонный минимум площади оценен большим значением (4.72 млн. кв. км), которое является пятым в ряду сезонных минимумов. Последовательность сезонных минимумов площади льда в Северном Ледовитом океане находится в тесном соответствии с последовательностью летних температур воздуха в морской Арктике (рис. 5.8).



**Рисунок 5.8** - Средняя площадь морского льда в сентябре в Северном ледовитом океане по данным ААНИИ (<http://www.aari.ru/datasets>) и летняя приповерхностная температура воздуха в морской Арктике в 1980-2016 гг. R – коэффициент корреляции между площадью льда и температурой воздуха. В скобках – тоже для отклонений от квадратичного тренда.



## 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 и проводятся во многом благодаря личной инициативе геокриологов, почвоведов, ботаников и иных специалистов, ежегодно выезжающих на полевые работы. Из-за этого большинство рядов наблюдений непродолжительны и имеют пропуски, а часть площадок, на которых когда-либо проводились измерения, в настоящее время закрыты.

Из 64 площадок CALM на территории России, на которых когда-либо проводились измерения, в 2016 году были задействованы 45. На ЕЧР представлены 5 площадок, в Западной Сибири – 8 площадок, в Центральной Сибири из 7 имевшихся площадок измерения проводились лишь на 5. Лучшее 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 2002-2016. Также приведены тренды СТС за период с начала наблюдений индивидуально на каждой площадке до 2015 г. и до 2016 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](http://permafrost.su).

**Таблица 6.1**– Мощность СТС (см), средние значения за период 2002-2016 (CP, см) и тренды (см/10 лет) за период с начала наблюдений по 2015 г. (TP1) и по 2016 г. (TP2) на площадках CALM.

Код	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	CP	TP1	TP2
<b>Европейский север</b>																		
<b>R2</b>	76	77	78	81	84	89	87	86	89	88	91	93	91	90	92	83	16	15
<b>R23</b>	110	113	125	131	137	138	152	144	138	144	161	156		150	169	134	42	42
<b>R24</b>	104	113	120	115	114	125	124	112	104	107	>135	117	102	110	111	112	4	4
<b>Западная Сибирь</b>																		
<b>R1</b>	143	126	134	141	129	129	136	101	114	129	134	136	164	163	186	136	9	15
<b>R3</b>	115	109	114	116	116	114	114	85	98	102	127	115	102	122	136	111	2	5
<b>R5</b>	92		94	97	94	92	93	76	87	87	102	103	95	102	114	94	4	6
<b>R5a</b>						72	75	47	67	67	77	80	71	76	87	72	13	19
<b>R5b</b>						72	73	81	65	65	77	78	70	77	91	75	3	12
<b>R5c</b>						112	113	82	106	114	128	126	111	129	144	117	29	38
<b>R50a</b>							84	65	77	72	87	70	76	85	74	77	7	3
<b>R50b</b>							84	65	80	82	95	92	84	93	96	86	25	25
<b>Центральная Сибирь</b>																		
<b>R29A</b>		35	25	33	35	44	38	28	38	39	33	26	35			34		
<b>R29B</b>			26	33	32	44	37	25	28	35	30	24	33	30	30	31	-2	-2
<b>R32</b>				81	91	90	94	94	94	96	104	86	95	102	84	93	13	6
<b>R40</b>							74	71	67	70	69	72	79	89	93	76	19	26
<b>R42</b>							203	199	197	201	201	201	203	201	201	201	2	2
<b>R43</b>							124	122	123	123	124	129	126	125	121	124	5	2
<b>R51</b>				50	46	52	54	42	56	57	55	46	51	53		51	3	
<b>Северо-Восточная Сибирь</b>																		
<b>R13A</b>	44	49		50	42	55	50	36	52	46	43	47		36	46	44	4	4
<b>R13B</b>		48		46	32	56	37	25	50	46	41	47		27	41	40	0	0
<b>R14</b>				47	44		40	46	49	47	46	42		48	41	44	4	3
<b>R15A</b>					30	60	38	28	48	32	30	30		31	33	36	-2	-2

Код	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	СР	ТР1	ТР2
<b>R15B</b>					44	54	44	39	45	54	46	43		44	41	44	7	5
<b>R16</b>				54	42	75	49	43	56	72	54	50	57	60	57	54	13	12
<b>R17</b>		51	55	54	53	60	49	47	56	61	53	55	64	55	57	54	6	6
<b>R18</b>	76	81	85	82	83	86	80	78	84	84	77	74	79	83	85	80	9	9
<b>R18A</b>		91	97	100	96	104	98	96	104	104	97	94	101	102	109	100	4	6
<b>R19</b>		84	92	95	93		92	92	103	94	83	89	95	101	112	91	18	19
<b>R20</b>		48	56	53	54	57	55	49	53	59	54	61	65	59	53	54	6	5
<b>R21</b>		96	103	113	101	117	100	96	110	105	92	96	108	96	111	100	12	13
<b>R22</b>			51	53		57	53	51	57	50	52	49	45	56	53	52	2	2
<b>R25</b>				55	45	65	43	42	65	60	41	41		39	42	45	9	6
<b>R31</b>			39	42	44	48	47	49	52	53	50	47	47	46	49	47	6	6
<b>R35</b>						41	34	32	52	45	44	40	40	46	32	41	8	0
<b>R36</b>				38	37	43	43	41	31	35	34	44	38	38	42	39	-1	1
<b>R38A</b>		115	129	148	137	151	133	122	145	149	130	124	132	134	135	135	1	1
<b>R38B</b>		148	155	167	156				154	157	139	147	150	152	154	153	-7	-5
<b>R38C</b>		72	77	80	81	84	79	78	82	79	72	66	75	75	72	77	-5	-5
<b>Дальний Восток</b>																		
<b>R9</b>	46	50	57	57	53	59	52	52	52	51	53	52	59	55	60	51	7	7
<b>R11</b>	52	55	64	62		67	61	60	53	57	54	57	60	58	64	57	6	6
<b>R27</b>	62	64	65	67	59	74	61	64	74	65	67	69		72	67	65	7	6
<b>R41</b>									47	47	47	51	56	55	56	51	20	19
<b>R45</b>									42	44	44	47	49	44	49	46	8	9
<b>R30A</b>		78	67	71	73	72	73	80	76	72	76							
<b>R30B</b>			49	56	54	53	56	63	58	59	57							
<b>R30C</b>					44	45	49	49	50	50	48	46		47	53	48	2	4

На севере ЕЧР измерения показали увеличение мощности СТС на всех станциях, причем на двух из них - в районе Воркуты (R23) и на о. Кашин (R24a) увеличение значительно и составило, соответственно, 19 и 29 см.

Из 8 площадок в Западной Сибири только три имеют продолжительность измерений больше 10 лет. За исключением одной площадки в районе Нового Уренгоя (R50a), где зафиксировано уменьшение СТС по сравнению с предыдущим годом, отмечается увеличение СТС, причем на 7 площадках более чем на 10 см, а на площадке в районе Надыма (R1) – на 23 см по сравнению с предыдущим годом.

В Центральной Сибири только две из 5 площадок имеют период наблюдений больше 10 лет. В этом регионе изменения были неоднородны. В районе Норильска (R32) наблюдалось уменьшение СТС на 18 см, в районе Игарки (R40) – небольшое увеличение на 4 см, при этом на площадках, расположенных на Ямале и вблизи Якутска, мощность СТС осталась неизменной (R42, R29B) или незначительно уменьшилась (на 4 см на площадке R43).

На территории северо-восточной Сибири из 20 площадок 13 показали увеличение СТС, 7 – уменьшение. Значительные увеличения СТС наблюдались на 5 площадках (7 – 15 см), на трех площадках измерения показали существенное уменьшение СТС на 6, 7 и 14 см, на остальных площадках данные изменялись разнонаправленно по сравнению с предыдущим годом, изменения не превышали 4 см.

На Чукотке из пяти имеющихся площадок только одна (R27) показала уменьшение СТС на 5 см, на остальных наблюдалось увеличение мощности СТС на 1 – 6 см. Единственная площадка на Камчатке показала увеличение СТС по сравнению с предыдущим годом на 6 см.

Сравнивая тренды СТС, рассчитанные за периоды до 2015 и 2016 гг. (последние 2 столбца таблицы 1), можно отметить следующие особенности. Условия 2016 года почти не изменили тренды на Европейском севере. В Западной Сибири наблюдается почти повсеместное увеличение тренда на 3 – 9 см/10 лет, за исключением двух площадок в районе Уренгойского газового месторождения. В Центральной Сибири тренд менялся разнонаправленно, уменьшение тренда наблюдалось в районе Норильска, в районе Якутска

тренд неизменен на одной площадке и незначительно уменьшился на другой, в то же время на площадке в районе Игарки тренд вырос на 7 см/10 лет. На севере Восточной Сибири тренд преимущественно не изменился, за исключением одной площадки в средней части р. Колымы (R35), где наблюдается уменьшение тренда на 8 см в связи с резким уменьшением СТС по сравнению с предыдущим годом. На Дальнем Востоке изменения тренда не превышали 1 см/10 лет на Чукотке, на Камчатке - 2 см/10 лет. Эти данные указывают на то, что наблюдаемые тренды мощности СТС устойчивы на Европейском севере, на севере Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и на Камчатке. В остальных регионах они заметно меняются с добавлением новых наблюдений.

По сравнению с предыдущим годом, незначительно выросло количество станций со значениями, превышающими средние многолетние, их количество составило 72 % от общего числа станций, что свидетельствует о продолжении тенденции увеличения СТС в 21 веке.

## 7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ 2016 ГОДА

Мониторинг агрометеорологической составляющей климата за 2016 год осуществляется 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 2016 г., содержащихся в базе данных «Климат», поддерживаемой ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН».

Расчеты агроклиматических показателей за вегетационный период основных сельскохозяйственных культур выполняются с помощью системы Климат–Почва–Урожай (ФГБУ «ВНИИСХМ»). Анализируются текущие показатели продуктивности сельскохозяйственных культур для территории земледельческой зоны России – биоклиматический потенциал и климатически обусловленная урожайность.

### Анализ текущих значений агроклиматических показателей

Расчет агроклиматических показателей в 2016 г. выполнялся по станционным данным сети наблюдений на территории земледельческой зоны России. Определялись аномалии агроклиматических показателей по отношению к предшествующему двадцатилетию (1996–2015 гг.). Аномалии показателей термического и влажностного режимов сельскохозяйственных культур в 2016 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 таблицах 7.1 и 7.2.

### Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур

Весна на территории земледельческой зоны РФ в 2016 г. была теплее на 1.0-2.2°C по сравнению с периодом 1996–2015 гг. (табл. 7.1).

**Таблица 7.1** – Аномалии показателей термического режима в 2016 г. относительно средних значений за 1996–2015 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	2.2	0.8	1.0	0.9	-2	200	284	4	16
Центральный	1.4	0.9	0.7	0.2	-3	70	108	-3	3
Приволжский	2.0	1.7	0.8	0.1	-7	196	212	3	5
Южный	1.3	1.0	-0.2	-1.6	-19	176	97	14	3
Северо-Кавказский	1.5	0.6	0.2	-0.5	-6	66	21	5	-3
Уральский	1.5	1.9	1.1	0.7	-9	279	353	6	16
Сибирский	1.4	1.0	0.6	0.3	-3	135	182	1	10
Дальневосточный	1.0	-0.2	0.0	-0.3	-1	-28	-8	-2	1
<b>РФ</b>	<b>1.5</b>	<b>1.0</b>	<b>0.6</b>	<b>0.1</b>	<b>-6</b>	<b>143</b>	<b>170</b>	<b>3</b>	<b>7</b>

В среднем по России аномалия температуры воздуха весной составила 1.5°C, вследствие чего возобновление вегетации наблюдалось на 1–19 суток раньше, чем в среднем за предшествующие двадцать лет. Самые ранние сроки начала вегетации отмечались в Крыму (Южный ФО) – в третьей декаде января и первой-второй декадах февраля или на 17-38 суток ранее по отношению к периоду 1996–2015 гг.

Летние температуры в 2016 г. по сравнению со средними величинами последнего двадцатилетия были выше на 1.0°C в среднем по территории земледельческой зоны РФ.

Максимальные положительные аномалии наблюдались на территории Уральского (1.9°C) и Приволжского (1.7°C) ФО. В 2016 г. знаки аномалий средней температуры воздуха за период вегетации яровых зерновых культур от даты всходов до даты уборки ( $\bar{T}_{\text{зерн.}}$ ) по отдельным ФО различались относительно средней температуры за период 1996–2015 гг. Максимальная положительная аномалия отмечена в Северо-Западном ФО (0.9°C), максимальная отрицательная – в Южном ФО (–1.6°C). Аномалии средней температуры теплого периода года от даты устойчивого перехода через 5°C весной до даты устойчивого перехода через 5°C осенью ( $\bar{T}_{\text{БКП}}$ ) на ЕЧ и АЧ России изменялись в пределах от 0.2°C до 1.1°C. Отрицательная аномалия наблюдалась только в Южном ФО (–0.2°C) (табл. 7.1).

Положительная аномалия сумм активных температур (сумма температур воздуха за период с температурой выше 10°C) по сравнению с последним двадцатилетием изменяется в диапазоне от 21°C (Северо-Кавказский ФО) до 353°C (Уральский ФО). В Дальневосточном ФО наблюдалась незначительная отрицательная аномалия сумм активных температур, –8°C. Продолжительность периода вегетации ( $T > 5^\circ\text{C}$ ) превышала среднюю продолжительность за предшествующие два десятилетия практически на всей рассматриваемой территории на 1-14 суток, за исключением Центрального и Дальневосточного ФО, где вегетационный период был короче на 3 и 2 суток, соответственно.

### ***Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур***

В число показателей степени увлажненности территории включены 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 ( $\Sigma R_{\text{зер}}$ ) 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 ( $\Sigma R_{\text{зер}}$ ) в 2016 г. на преобладающей части земледельческих регионов была выше соответствующей средней величины за предшествующие два десятилетия. На ЕЧР в Южном ФО выпало осадков на 51% больше, чем в среднем за 1996–2015 гг. и практически на четверть выше нормы выпало осадков в Центральном ФО (на 26%) , где основные сельскохозяйственные площади заняты под яровыми культурами (табл. 7.2). В то же время отрицательные аномалии наблюдались в Приволжском (–18%) и Уральском ФО (–16%).

Аномалии оценок увлажненности всего теплого периода года ( $\Sigma R_{\text{БКП}}$ ) положительны как для ЕЧР, так и для АЧР, за исключением незначительной отрицательной аномалии в Уральском ФО (–4%), и составляют 8% относительно средней за период 1996-2015 гг.

На преобладающей части рассматриваемой территории аномалии весенних осадков в 2016 г. положительны. В среднем величина аномалии составила 15 % от среднего уровня 1996–2015 гг. Максимальные положительные аномалии наблюдались в Центральном (66%), Южном (37%) и Дальневосточном (23%) ФО. На Северном Кавказе и в Поволжье весной выпало осадков на 11% выше нормы, что, вероятно, положительно повлияло на уровень продуктивности сельскохозяйственных культур в этих засушливых регионах.

Наблюдались отрицательные аномалии летних осадков в Поволжье, на юге ЕЧР и на Урале. Максимальная отрицательная аномалия на территории Поволжья составила

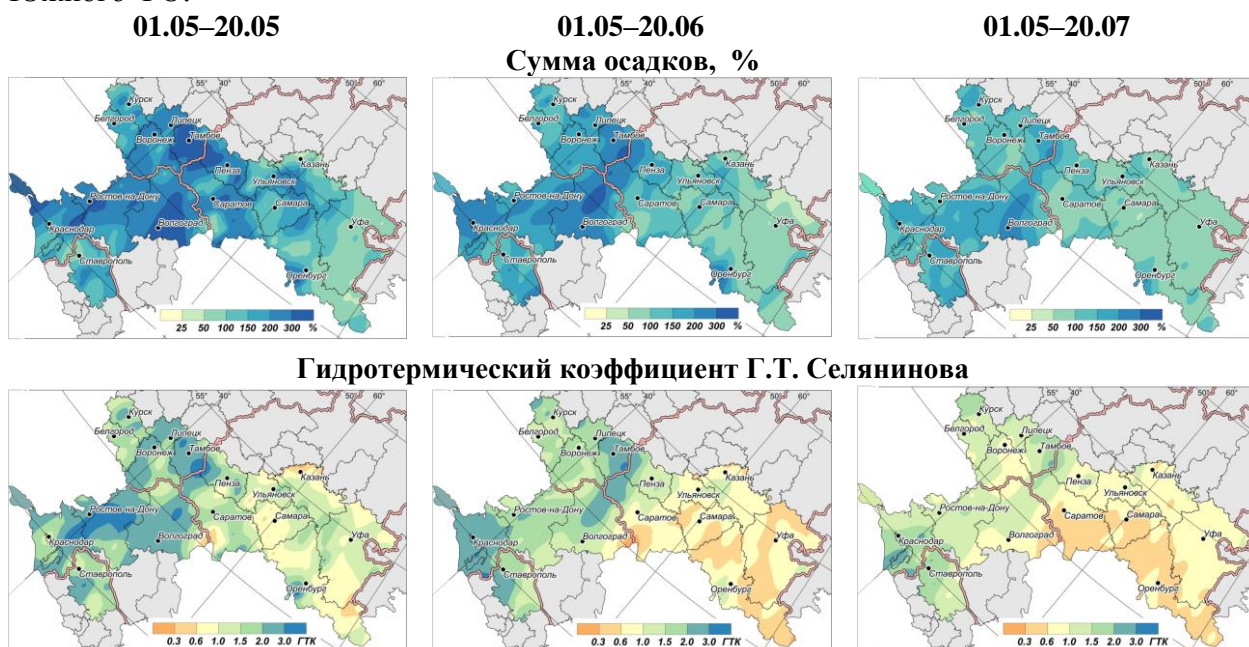


-26% относительно средней за 1996–2015 гг. В Сибирском и Дальневосточном федеральных округах летние осадки превысили соответствующие средние величины на 5 и 27%, соответственно.

Наметившаяся за последние годы тенденция к росту осенних осадков на территории возделывания озимых зерновых культур в 2016 г. сохранилась только в Приволжском (23%) и Северо-Кавказском ФО (33 %), а также на Урале (22%).

Оценки гидротермического коэффициента, рассчитанного за период с мая по август – основного периода для производства большинства сельскохозяйственных культур – свидетельствуют о том, что уровень увлажненности сельскохозяйственных угодий в 2016 г. был выше, чем в среднем за 1996-2015 гг. на территории всех федеральных округов, за исключением Приволжского, Уральского и Сибирского (табл. 7.2). Индекс сухости, характеризующий условия увлажненности за весь теплый период года, показывает, что уровень влагообеспеченности на большей части рассматриваемой территории также был выше, чем в среднем за предшествующие два десятилетия.

На рис. 7.1 представлено географическое распределение аномалий сумм атмосферных осадков и гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова 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 (краев, областей, республик) Центрального, Приволжского и Южного ФО.



**Рисунок 7.1** – Мониторинг условий увлажнённости вегетационного периода 2016 г.: сумма осадков в % относительно средних значений за период 1996–2015 гг. и ГТК Г.Т. Селянинова на 20 мая, 20 июня и 20 июля.

**Таблица 7.2** – Аномалии показателей влажностного режима в 2016 г. относительно средних значений за 1996–2015 гг.

Федеральный округ	Сумма осадков, %				$\Sigma R_{\text{БКП}}, \%$	$\Sigma R_{\text{зег}}, \%$	ГТК <sub>май–авг.</sub> б/р	ИС, б/р
	зима	весна	лето	осень				
Северо-Западный	32	–15	33	–10	9	6	0.15	0.02
Центральный	45	66	24	–3	23	26	0.26	–0.18
Приволжский	45	11	–26	23	3	–18	–0.30	–0.07
Южный	12	37	–7	–18	8	51	0.06	–0.12
Северо-Кавказский	8	11	7	33	5	4	0.02	–0.23
Уральский	27	–7	–12	22	–4	–16	–0.40	0.08
Сибирский	–3	5	5	–11	3	12	–0.03	0.09
Дальневосточный	–8	23	27	–15	23	35	0.55	–0.05
<b>РФ</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>–3</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>0.05</b>	<b>–0.02</b>

## Тенденции изменения агроклиматических показателей

При анализе оценок линейного тренда сумм температур воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  (табл. 7.3, рис. 7.2) выявлено, что положительная тенденция к росту этого показателя за последние десятилетия сохраняется на ЕЧР и на АЧР. За период с 1976 по 2016 гг. на ЕЧР России скорость его роста колеблется в диапазоне от  $110^{\circ}\text{C}/10$  лет в Приволжском ФО до  $137^{\circ}\text{C}/10$  лет в Центральном ФО. В среднем для территории России оценка линейной скорости роста сумм активных температур воздуха за 1976–2016 гг. составляет  $93^{\circ}\text{C}/10$  лет.

Линейные тренды продолжительности вегетационного периода (периода с температурой воздуха  $> 5^{\circ}\text{C}$ ) и периода активной вегетации ( $T > 10^{\circ}\text{C}$ ) с 1976 по 2016 гг. (табл. 7.3) остаются положительными и изменяются по территории земледельческой зоны от 2.4 до 5.2 сут./10 лет и от 2.1 до 5.9 сут./10 лет.

Сохраняется положительная тенденция к росту весенних осадков на всей территории земледельческой зоны РФ. В среднем по территории эти линейные тренды положительны и составляют 5.6 и 4.3 мм/10 лет за периоды 1976–2016 гг. и 1997–2016 гг. соответственно. Диапазон скорости роста осадков весной – от 3.0 до 9.5 мм/10 лет по отдельным ФО (табл. 7.3). Тренды летних осадков за 1976–2016 гг. отрицательны на ЕЧР (за исключением Северо-Западного ФО) и положительны в Сибири и на Дальнем Востоке. Оценки линейного тренда ГТК, рассчитанные за период с мая по август, за 1976–2016 гг. отрицательны, за исключением территории Сибири и Дальнего Востока (табл. 7.3, рис. 7.3). Тренд ИС положителен на всей рассматриваемой территории, за исключением Северо-Кавказского ФО (табл. 7.3).

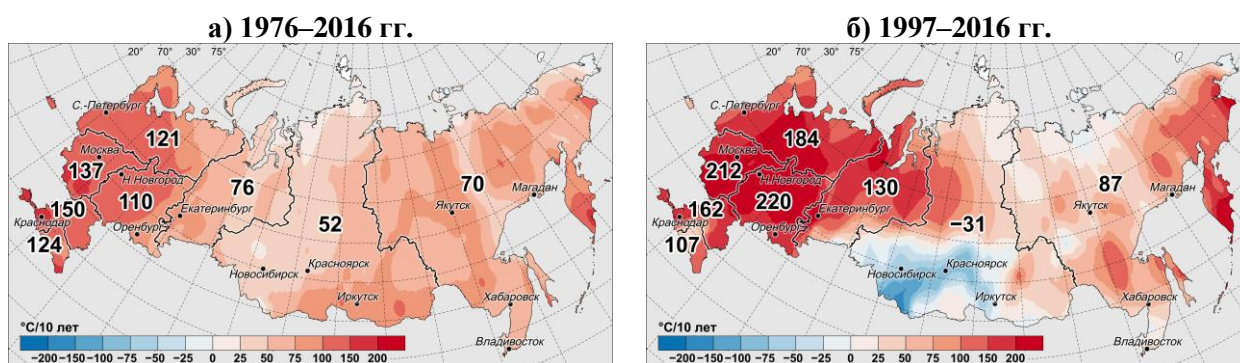


Рисунок 7.2 – Средняя скорость изменения (тренд) суммы активных температур  $>10^{\circ}\text{C}$  на территории РФ за периоды а) 1976–2016 гг. и б) 1997–2016 гг. (в  $^{\circ}\text{C}/10$  лет).

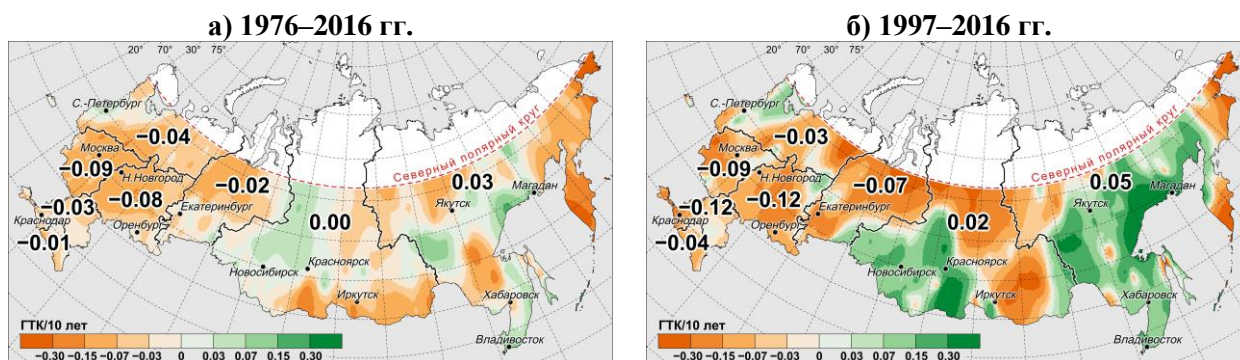


Рисунок 7.3 – Средняя скорость изменения (тренд) гидротермического коэффициента за май–август на территории РФ за периоды а) 1976–2016 гг. и б) 1997–2016 гг. (ед./10 лет).



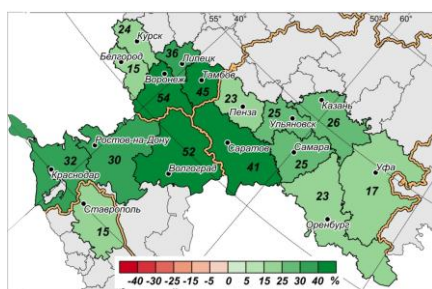
**Таблица 7.3** – Оценки линейных трендов показателей термического и влажностного режимов на территории сельскохозяйственной зоны России за периоды 1976–2016 гг. и 1997–2016 гг.

Федеральный округ	Температура воздуха, °С/10 лет		Сумма температур, °С/10 лет		Продолжительность периода, сутки/10 лет		Сумма осадков, мм/10 лет		ГТК <sub>май-авг.</sub> , ед./10 лет	ИС, ед./10 лет
	весна	лето	>5 °С	>10 °С	T>5 °С	T>10 °С	весна	лето		
1976–2016 гг.										
Северо-Западный	0.4	0.5	112	121	4.8	5.9	3.5	0.1	−0.04	0.03
Центральный	0.5	0.7	136	137	4.7	4.6	3.0	−9.3	−0.09	0.06
Приволжский	0.5	0.6	112	110	4.0	3.5	4.5	−9.8	−0.08	0.05
Южный	0.4	0.8	164	150	5.2	3.7	6.2	−6.3	−0.03	0.04
Северо-Кавказский	0.4	0.5	133	124	4.6	3.2	4.5	−2.1	−0.01	−0.04
Уральский	0.5	0.2	68	76	3.1	4.0	7.6	−0.2	−0.02	0.02
Сибирский	0.7	0.3	62	52	3.5	2.1	4.4	3.7	0.00	0.01
Дальневосточный	0.3	0.3	62	70	2.4	3.5	9.5	7.4	0.03	0.01
<b>РФ</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>	<b>93</b>	<b>93</b>	<b>3.8</b>	<b>3.7</b>	<b>5.6</b>	<b>−0.8</b>	<b>−0.03</b>	<b>0.02</b>
1997–2016 гг.										
Северо-Западный	1.1	0.2	125	184	5.0	12.1	−1.5	10.4	−0.03	0.04
Центральный	1.0	0.6	177	212	2.6	6.0	9.6	−9.1	−0.09	0.10
Приволжский	1.0	0.7	162	220	0.6	7.3	−9.9	−4.3	−0.12	0.12
Южный	0.6	0.9	235	162	10.6	1.1	7.1	−35.1	−0.12	0.19
Северо-Кавказский	0.6	0.7	153	107	4.4	−2.5	10.7	−8.5	−0.04	−0.02
Уральский	0.7	0.4	63	130	−1.1	6.6	0.2	2.3	−0.07	0.08
Сибирский	0.3	0.2	−13	−31	−0.1	−2.9	8.7	−2.9	0.02	0.00
Дальневосточный	0.4	0.5	59	87	0.3	3.6	12.1	21.7	0.05	−0.02
<b>РФ</b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>	<b>98</b>	<b>120</b>	<b>2.0</b>	<b>4.3</b>	<b>4.3</b>	<b>0.3</b>	<b>−0.04</b>	<b>0.05</b>

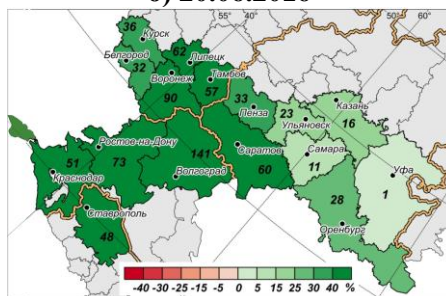
### Продуктивность сельскохозяйственных культур

В 2016 г. осуществлялся ежедекадный мониторинг агроклиматических условий формирования урожайности зерновых культур на территории 16-ти субъектов (краев, областей, республик) Центрального, Приволжского и Южного ФО с 01 мая по 20 августа (по системе КПУ (Климат–Почва–Урожай): климатически обусловленная урожайность пшеницы). На рис. 7.4 представлено пространственное распределение ожидаемого в 2016 г. отклонения урожайности яровой пшеницы от 2015 г. на основные прогностические даты – 20 мая, 20 июня и 20 июля.

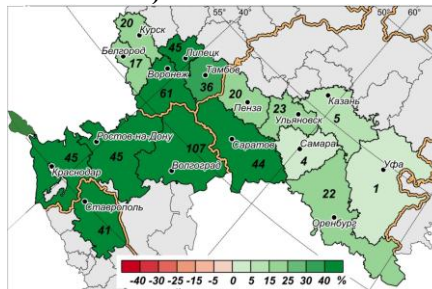
**а) 20.05.2016**



**б) 20.06.2016**



**в) 20.07.2016**



**Рисунок 7.4** – Оценка потерь/выгод (%) прогнозируемой урожайности яровой пшеницы в 2016 г. относительно расчетной урожайности за 2015 г.: а) 20.05, б) 20.06 и в) 20.07.

Из анализа данных, представленных на рисунке можно сделать вывод, что 2016 г. в целом по региону следует ожидать значительного увеличения валового сбора яровой пшеницы – в восьми регионах из шестнадцати (50 %) урожайность более чем на 35 % превышает уровень 2015 г.

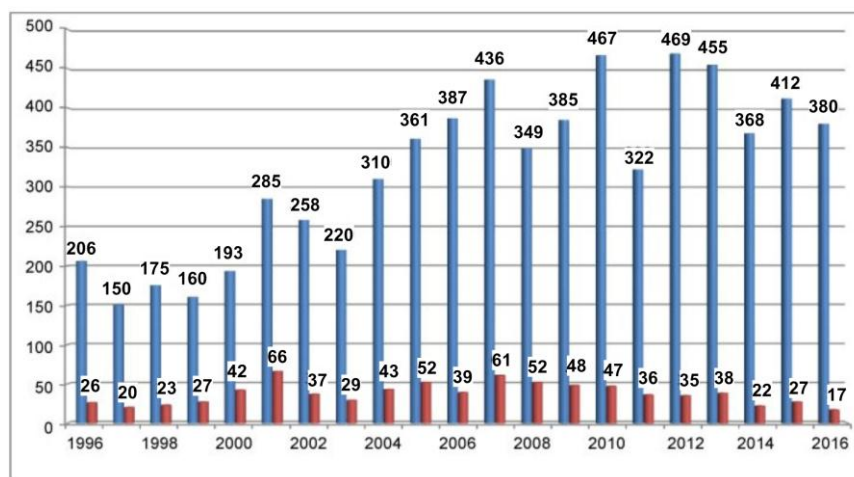
## 8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

По данным Росгидромета в 2016 году в целом на территории РФ отмечалось 988 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), включая агрометеорологические и гидрологические. Это на 15 явлений больше, чем в 2015 году, когда их было 973. Напомним, что мониторинг общего числа ОЯ ведется с 2008 г. Динамика общего числа ОЯ за девять лет такова:

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

Из всех ОЯ в 2016 г. 380 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения.

На рис. 8.1 приведены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ за 1996 – 2016 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 восьмым по количеству ОЯ, нанесших



ущерб. Число непредусмотренных ОЯ в 2016 г. составило 17.

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

Из наиболее

значительных по нанесенному ущербу были:

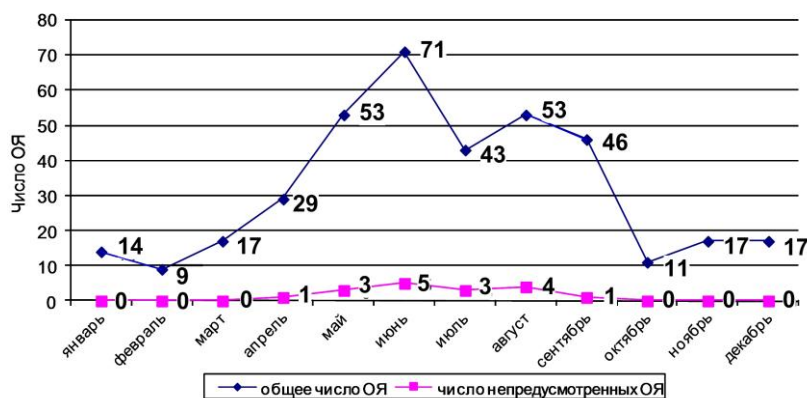
сильные пожары на юге Восточной Сибири. С начала пожароопасного периода площади пожаров составили: в Иркутской области более 305 тысяч га, в Бурятии – более 150 тысяч га;

очень сильный дождь 30 июня в Ростове-на-Дону, в результате которого в пониженных местах были подтоплены улицы, размыто дорожное покрытие, тротуары (местами с образованием провалов размером до 5 м<sup>2</sup>), разрушено 2 пролёта пешеходного моста к главному автовокзалу, повреждены линии электропередач (пострадало 6 человек, из них один погиб);

очень сильный ветер в Башкортостане 12 мая, ставший причиной повреждений крыш жилых домов и муниципальных зданий, повреждений линий электропередач (в 16 населенных пунктах (1678 жилых домов) происходило отключение электроэнергии).

В период с 4 по 13 мая в Амурской области сохранялся комплекс метеорологических явлений: сильный порывистый ветер при высокой пожарной опасности. В с. Малиновка Бурейского района сгорело 5 жилых домов (пострадали 17 человек), в г. Шимановск сгорел 1 жилой дом (пострадали 8 человек).

На рис. 8.2 представлена информация о гидрометеорологических ОЯ в 2016 году детализированная по месяцам. Наибольшая активность возникновения опасных явлений на территории Российской Федерации наблюдалась в период с мая по сентябрь.



**Рисунок 8.2** – Распределение гидрометеорологических ОЯ, нанеших ущерб, по месяцам в 2016 году

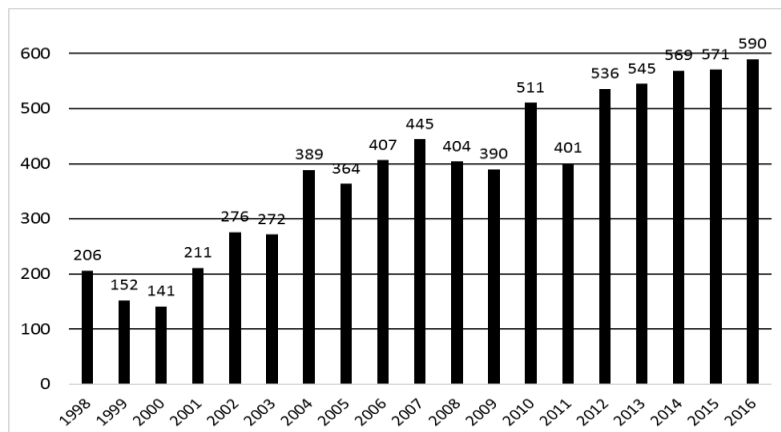
**В Гидрометцентре России** ведется статистика отдельно только опасных метеорологических явлений (ОЯ). В таблицах 8.1 и 8.2 показано распределение метеорологических ОЯ и КМЯ по месяцам и федеральным округам. Учитывались все опасные явления погоды, имевшие место на территории РФ, о которых были получены донесения, независимо от наличия информации об ущербе. Следует отметить, что суммарное количество метеорологических ОЯ в 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. Динамика количества всех зарегистрированных метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2016 год приведена с годовой дискретностью на рис. 8.3 и с месячной в таблице 8.3.

**Таблица 8.1** - Распределение метеорологических ОЯ по месяцам за 2016 год

Явления	Месяцы												ГОД 2016	ГОД 2015
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Сильный ветер	9	5	17	8	15	11	5	10	–	3	3	13	99	118
Сильные осадки	–	–	1	4	18	32	36	45	16	1	–	1	154	112
Метель и снег	15	2	5	2	–	–	–	–	–	3	6	5	38	16
Смешанные осадки	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	3	3
Смерч	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	5
Сильный мороз	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	5	9	14
АХП*	9	1	–	–	–	–	–	–	–	–	4	8	22	19
Сильная жара	–	–	–	–	–	1	7	14	–	–	–	–	22	29
АЖП**	–	–	–	3	2	5	4	4	–	–	–	–	18	13
Град	–	–	–	2	4	6	3	6	–	–	–	–	21	20
ГИО***	8	3	2	1	–	–	–	–	–	4	7	6	31	17
Заморозки	–	–	6	11	12	9	2	9	17	1	–	–	67	63
Туман	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–
КМЯ	2	2	3	3	12	20	23	16	1	5	5	11	103	142
<b>Итого</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>64</b>	<b>84</b>	<b>80</b>	<b>104</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>49</b>	<b>590</b>	<b>571</b>

\*Аномально холодная погода \*\*Аномально жаркая погода \*\*\* Гололедно-изморозевые явления

В 2016 году на территории России было зарегистрировано 590 случаев возникновения



метеорологических (ОЯ) и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений (КМЯ). Это наибольшее количество ОЯ за все 18 лет наблюдений (рис. 8.3).

**Рисунок 8.3** – Распределение метеорологических ОЯ по годам.



По сравнению с 2015 годом количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2016 г. увеличилось на 19 случаев. Высокой была повторяемость сильных осадков, КМЯ и сильного ветра (154, 103 и 99 случаев соответственно). Это составляет 60% 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 летний период года (с мая по август) – 332 случаев (56%). Это связано с тем, что в этот период возрастает число ОЯ, обусловленных активной конвекцией, которая наблюдается по всей территории России.

**Таблица 8.2** - Распределение метеорологических ОЯ в 2016 году по территории федеральных округов

№	Явления	Федеральные округа								сего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДВФО	
1	Сильный ветер	8	3	11	10	8	9	37	13	<b>99</b>
2	Сильные осадки	8	8	19	50	16	5	16	32	<b>154</b>
3	Метель и снег	2	5	3	9	3	2	3	11	<b>38</b>
4	Смешанные осадки	–	–	–	2	–	–	1	–	<b>3</b>
5	Смерч	–	–	–	1	–	–	–	–	<b>1</b>
6	Сильный мороз	–	–	1	2	–	2	4	–	<b>9</b>
7	Аномально холодная погода	4	3	6	–	1	3	4	1	<b>22</b>
8	Сильная жара	–	4	4	4	2	4	4	–	<b>22</b>
9	Аномально жаркая погода	–	3	6	2	–	5	2	–	<b>18</b>
10	Град	–	–	–	8	11	1	1	–	<b>21</b>
11	Гололедные явления	1	3	6	12	1	1	5	2	<b>31</b>
12	Заморозки	9	8	12	11	4	10	9	4	<b>67</b>
13	Туман	–	–	1	–	–	1			<b>2</b>
14	КМЯ	5	9	19	23	12	2	26	7	<b>103</b>
<b>Всего – 2016</b>		<b>37</b>	<b>46</b>	<b>88</b>	<b>134</b>	<b>58</b>	<b>45</b>	<b>112</b>	<b>70</b>	<b>590</b>
<b>Всего – 2015</b>		<b>30</b>	<b>48</b>	<b>74</b>	<b>90</b>	<b>44</b>	<b>55</b>	<b>124</b>	<b>106</b>	<b>571</b>

Периоды сильных морозов и аномально холодной погоды в 2016 г. отмечались в 31 случае, что почти совпадает с уровнем 2015 года. Периодов с сильной жарой и аномально жаркой погодой в 2016 г. было 40, что тоже близко к уровню 2015 г. В вегетационный период в 2016 году наблюдалось 67 случаев заморозка: на 4 случая больше, чем в 2015 г.

**Таблица 8.3** - Динамика количества всех метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2016 годы

Годы	Месяцы												Всего за 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
<b>2015</b>	<b>55</b>	<b>47</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>46</b>	<b>79</b>	<b>69</b>	<b>63</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>571</b>
<b>2016</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>64</b>	<b>84</b>	<b>80</b>	<b>104</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>49</b>	<b>590</b>

Из таблицы 8.2 следует, что максимальное количество (134 случая) всех ОЯ и КМЯ в 2016 г. произошло на территории Южного федерального округа. Это связано с тем, что в нем весь год наблюдались очень активные атмосферные процессы с сильными осадками. По сравнению с 2015 г. в 2016 г. количество ОЯ и КМЯ в Северо-Западном, Приволжском, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах увеличилось на 19-49 %, а в Уральском, Сибирском и Дальневосточном ФО уменьшилось на 10-34%.

## 9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

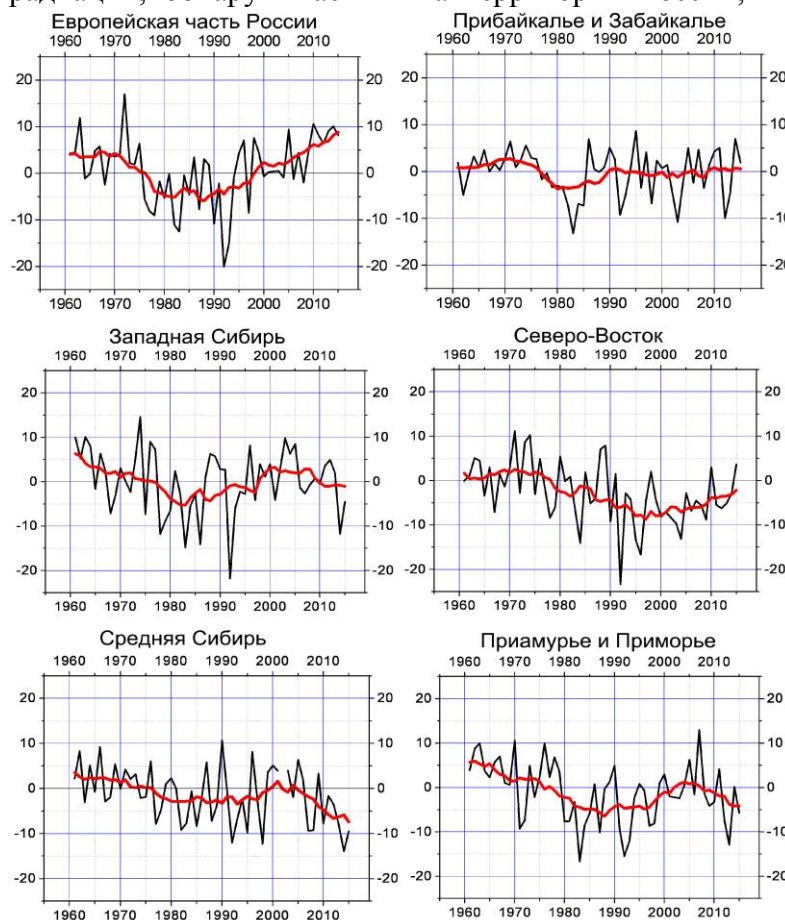
Действующая система регулярного мониторинга составляющих радиационного баланса земной поверхности базируется на результатах сетевых измерений радиационных потоков в фиксированные сроки (т.н. «срочных» актинометрических наблюдений). Преимущественное внимание уделяется анализу таких видов радиации как 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 1961-1990гг. и выражаются в процентах от этих норм.

Для оценки условий 2016г. 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 1961-90гг.

Анализ **многолетних** колебаний по данным о пространственно-осредненных аномалиях годовых сумм прямой радиации на интервале 1961-2015 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 XXI в., не столь однозначны. На территории ЕЧР наблюдается сохранение положительной тенденции, наиболее выраженное в южных районах. В Прибайкалье и Забайкалье, а также в Северо-восточном регионе, значения прямой

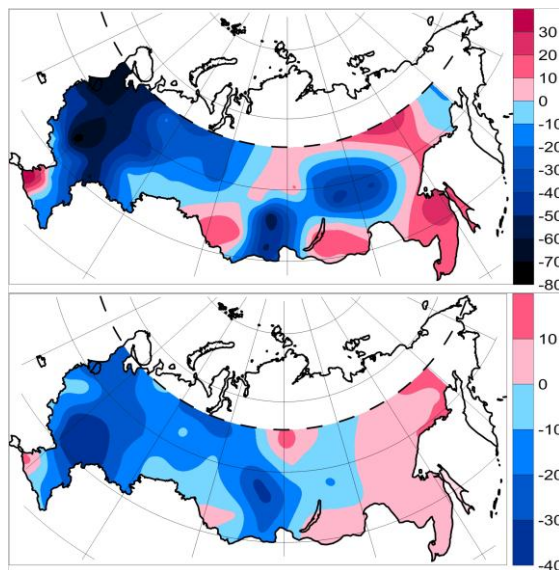


**Рисунок 9.1** - Регионально-осредненные аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) годовых сумм прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность. Красная кривая показывает сглаженный ход (11-летние скользящие средние)

радиации практически стабилизировались (при этом необходимо отметить низкую плотность сети станций на северо-востоке страны). В Приамурье и Приморье в последнее десятилетие отмечается тенденция к снижению прямой радиации. В Западной Сибири и, особенно, в Средней Сибири в последние годы наблюдаются крупные отрицательные аномалии, сопоставимые с рекордно низкими значениями.

**Зимний** сезон 2015/16гг. в целом характеризуется преобладанием пониженного прихода прямой радиации на большей части России (рис. 9.2). Обширная и глубокая область с отрицательными аномалиями занимала практически всю европейскую территорию России и Западную Сибирь от полярного круга до южной границы России. Формирование такого очага было связано с частым выносом в эти районы тепла и влаги глубокими атлантическими циклонами, смещающимися в широтном направлении вглубь континента, вплоть до Енисея. Преобладание погоды с плотной низкой облачностью уменьшило сезонный приход прямой солнечной радиации по сравнению с нормой на 40-50% и более (в отдельных районах - на 65-75%). Менее глубокая отрицательная аномалия прямой радиации наблюдалась в центральной части АТР. Здесь лишь в отдельных пунктах под влиянием особенностей образования облачности в условиях пересеченной местности отмечалось снижение прямой радиации по сравнению с нормой на 45-60%.

**Рисунок 9.2** - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) сезонных сумм прямой (а) и суммарной (б) солнечной радиации. Зима 2015/2016 гг.

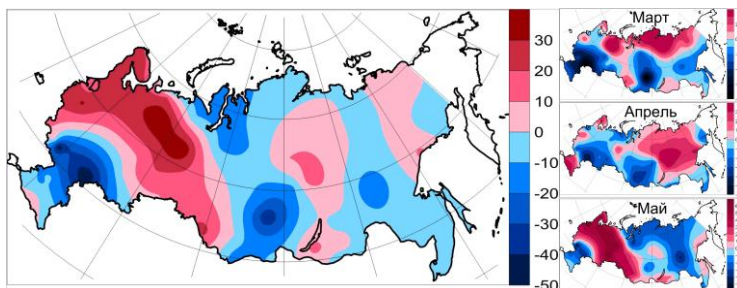


На остальной территории АЧР в зоне влияния антициклона приход прямой радиации был выше нормы. На Дальнем Востоке - в Хабаровском и Приморском краях, на Сахалине и Магаданской области, а также в Забайкалье, южных и восточных районах Западной Сибири, сезонное превышение прямой радиации по сравнению с нормой составляло в основном 10-15% и только в отдельных районах Хабаровского края приблизилось к 30%.

В приходе суммарной солнечной радиации в зимний период прослеживаются основные особенности, характерные для распределения прямой радиации.

В **весенний** период в северных и центральных районах Европейской территории России сформировалась обширная положительная аномалия, распространившаяся на юго-восток и захватившая центральные и южные районы Западной Сибири (рис. 9.3). На юге и юго-востоке ЕТР, где большую часть сезона преобладал циклонический характер погоды с большим количеством осадков, наблюдалась глубокая отрицательная аномалия прямой радиации. В отдельных пунктах Приволжского ФО приход прямой радиации за весенний сезон был ниже нормы на 40-50%.

**Рисунок 9.3** - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Весна 2016 г.



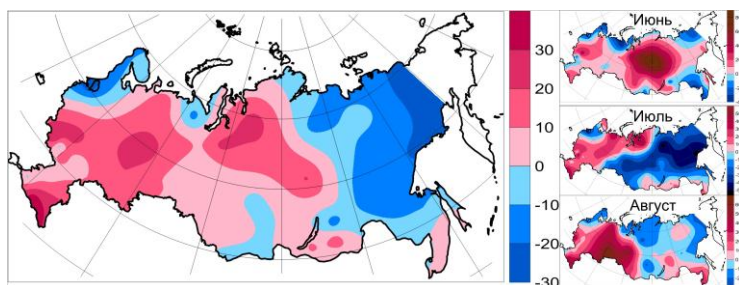
На Азиатской территории отмечалось чередование очагов довольно слабых отрицательных и положительных аномалий. Наиболее существенная отрицательная аномалия отмечалась в северной части Западной Сибири, куда атлантические циклоны



приносили влажную морскую массу. Влияние северных циклонов распространилось также на Алтайский край и Прибайкалье, что проявилось в снижении прямой радиации, достигавшее в отдельных пунктах 40% от нормы.

На формирование поля аномалий прямой радиации за весенний сезон наибольшее влияние оказали атмосферные процессы, наблюдавшиеся в мае. Обширная область положительных аномалий прямой солнечной радиации, занимающая северную половину ЕТР, южные районы Уральского и юго-западные районы Сибирского ФО, была обусловлена влиянием располагавшегося севернее своего обычного положения Азорского антициклона и его гребней, а также интенсивного околополярного антициклона. Максимальные значения положительных аномалий на северо-востоке ЕТР и Западной Сибири составляли 50-65% в мае, а в среднем за сезон достигали 30-40%.

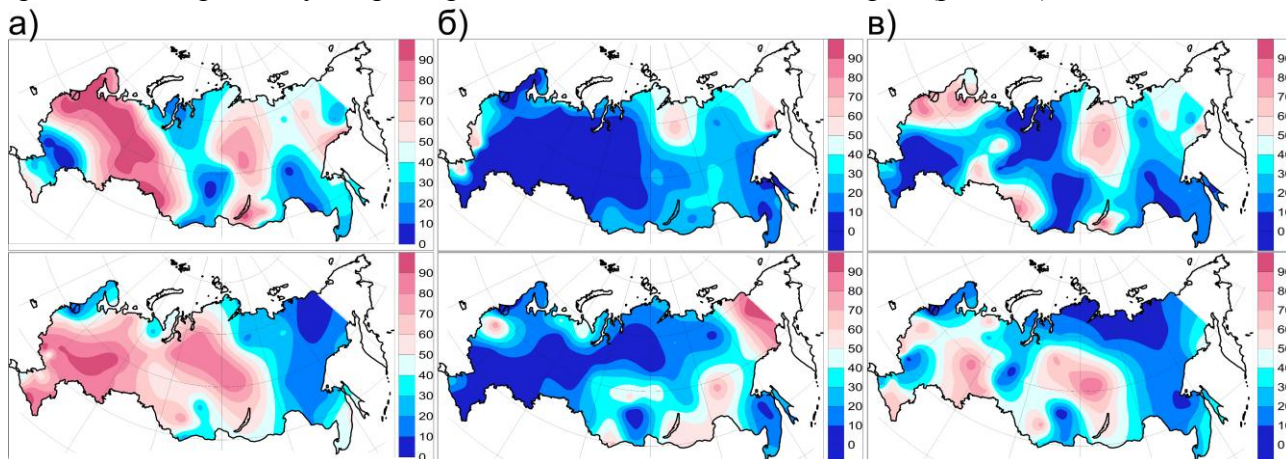
В **летний** сезон на Европейской территории России (за исключением северо-западных областей и Кольского полуострова), на Урале, в Западной Сибири и центральной части Средней Сибири преобладала малооблачная погода, связанная с влиянием восточных гребней Азорского максимума. На формирование этой обширной сезонной положительной аномалии наибольшее влияние оказали июнь и август. В отдельных пунктах месячные аномалии прямой солнечной радиации достигли рекордно высоких значений - 70-90% от нормы (рис. 9.4).



**Рисунок 9.4** - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Лето 2016 г.

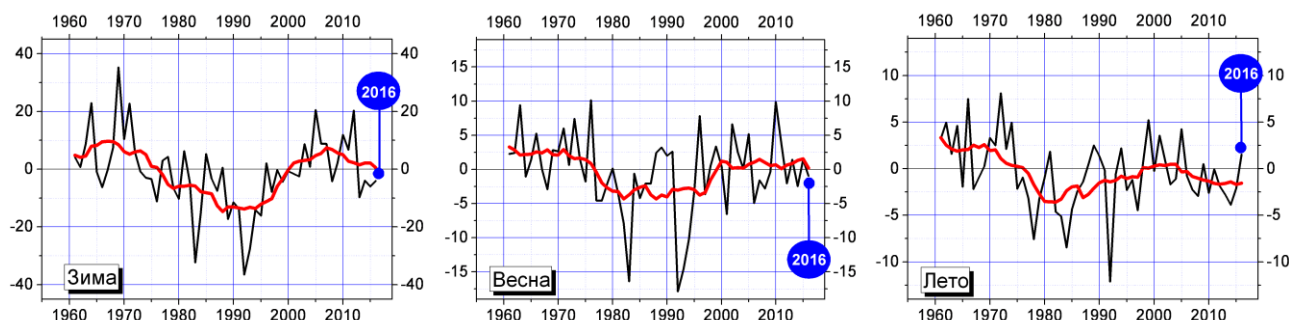
Низкий приход прямой радиации в летний сезон отмечался в восточных регионах России - Якутии и Дальнем Востоке. На формирование сезонной отрицательной аномалии прямой радиации в этих регионах наибольшее влияние оказал июль, когда азиатская сезонная депрессия оказалась наиболее глубокой. Небольшой по площади очаг пониженного прихода прямой радиации сформировался также на северо-западе Европейской территории и на Кольском полуострове, где были чрезвычайно активны атлантические циклоны, приносящие мощную дождевую облачность и сильные осадки.

Характерная особенность 2016 г. связана с пониженным фоном рассеянной радиации во все сезоны года. Наиболее ярко это проявилось в весенний сезон, когда на большой территории крупные положительные аномалии прямой радиации были полностью скомпенсированы значительными отрицательными аномалиями рассеянной радиации и приход суммарной радиации оказался близок к норме (рис. 9.5).



**Рисунок 9.5** – Вероятности превышения аномалий сезонных сумм прямой солнечной (а), рассеянной (б) и суммарной (в) радиации. Наверху - весна 2016 г., внизу - лето 2016г.

Анализ сезонных аномалий прямой радиации (рис. 9.6), осредненных по территории России, показывает, что в 2016 г. во все рассмотренные сезоны значения близки 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. 1961-2016гг.

## 10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ

Температура воздуха в слое атмосферы высотой до 30 километров, наряду с приземной температурой и температурой поверхности океана, является важнейшей характеристикой состояния климатической системы и происходящих в ней изменений. Для оценки текущих изменений климата свободной атмосферы применяют зонально обобщенные вдоль широтных кругов характеристики, для которых важнейшими пространственными координатами остаются географическая широта и высота по вертикали (или давление, убывающее с высотой).

Приводимые оценки получены по срочным данным радиозондовых наблюдений, собираемым с каналов связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с глобальной сети аэрологических станций. Общее число станций, по которым ведется сбор аэрологических данных, превышает 900 и варьирует от месяца к месяцу. В их число входят более ста функционирующих в 2016 г. российских станций, включая антарктические и СП. Около 700 станций глобальной сети расположены в Северном полушарии (СП). На основе собранных месячных порций радиозондовых данных срочных наблюдений рассчитывается массив статистических характеристик различных метеовеличин в свободной атмосфере, включая статистические характеристики температуры, на стандартных изобарических поверхностях для каждой из станций. На основе взвешенного вертикального обобщения рассчитываются также значения температуры в основных слоях атмосферы: 850-300 гПа (тропосфера), 100-50 гПа (нижняя стратосфера), 300-100 гПа (переходный слой, характеризующийся значительной неустойчивостью). Следующим этапом расчетов является расчет месячных аномалий температуры. Аномалии температуры на основных изобарических поверхностях и в каждом из указанных слоев атмосферы для каждого месяца, - вычислялись для каждой станции. В качестве норм использовались соответствующие характеристики температуры для этой станции, осредненные за период 1981-2010 гг. При осреднениях, как в пределах месяца, так и при дальнейших обобщениях, использовались веса, равные числу признанных при контроле корректными соответствующих срочных значений температуры.

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



качестве веса для учета месячной аномалии каждой станции был использован косинус географической широты этой станции.

Наконец, наряду с пространственным осреднением постанционных месячных аномалий по пятиградусным и тридцатиградусным широтным поясам Северного полушария и по Северному полушарию в целом, проводилось дополнительно осреднение постанционных месячных аномалий по сезонам для каждого сезона 2016 года (зимний сезон включал декабрь 2015 г и январь-февраль 2016 г), а также для 2016 года в целом.

### Особенности температурного режима в свободной атмосфере в 2016 г.

В таблице 10.1 приведены значения аномалий температуры за 2016 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.

**Таблица 10.1** - Аномалии температуры за 2016 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	-0.38	-0.14	-0.02	0.42	2.23	1.68	0.13	-3.73
Февраль	1.27	0.84	0.94	-0.32	2.35	0.84	-0.18	-3.49
Март	1.70	1.14	0.24	-0.91	1.87	1.25	0.36	0.44
Апрель	1.21	0.87	0.81	-0.23	2.41	1.54	0.56	1.84
Май	0.15	0.49	0.43	0.05	1.14	0.31	0.23	-0.61
Июнь	0.72	0.59	0.44	-0.70	1.27	0.74	-0.13	-0.89
Июль	0.80	0.92	1.02	-0.97	0.77	0.53	0.10	-0.54
Август	0.83	1.19	1.30	-1.12	0.98	1.03	0.63	-0.60
Сентябрь	1.00	0.98	0.68	-0.69	2.08	1.68	0.75	-0.82
Октябрь	-0.57	0.07	0.47	-0.74	1.12	1.32	0.32	-0.83
Ноябрь	0.10	0.33	-0.12	-1.11	0.01	-0.28	-0.57	1.42
Декабрь	0.55	0.77	0.60	-1.33	-0.06	-0.91	-0.28	0.21

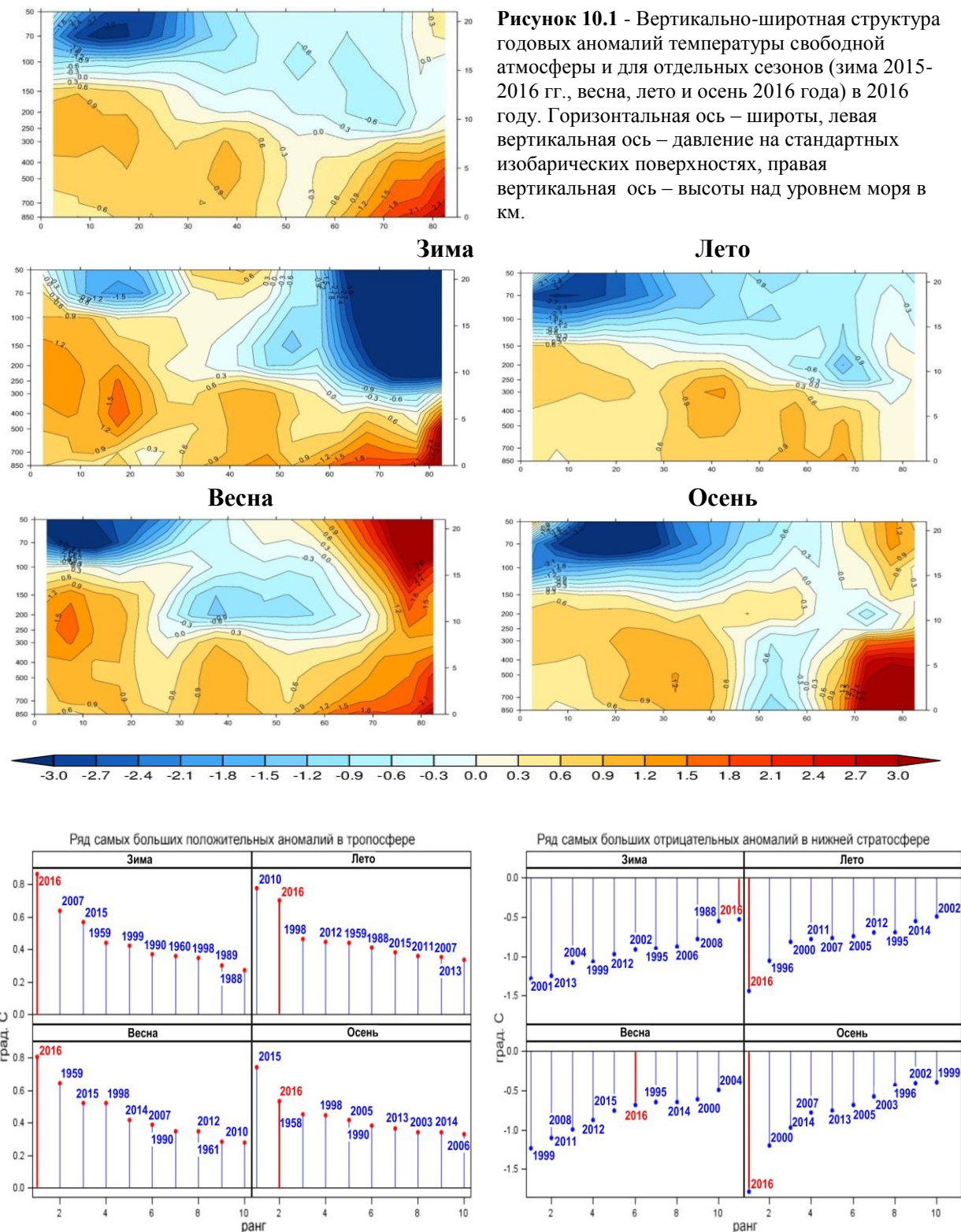
Следует обратить внимание на январь и февраль в высоких широтах Северного полушария - большие положительные аномалии на 850 гПа и отрицательные на 100 гПа, разность аномалий температуры между этими поверхностями с высотой: 5.96 и 5.84°С соответственно, большая разность аномалий температуры между поверхностями наблюдается также в сентябре: 2.90°С. В умеренных широтах наибольшим изменением аномалий температуры с высотой характеризуется март (2.61°С).

**Таблица 10.2** – Аномалии температуры в тропосфере и нижней стратосфере от норм 1981-2010 гг.,  $\Delta T_{2016}$  - величина аномалии в градусах Цельсия, R (-R) – ранг (обратный ранг) в рядах, упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2016 гг.

Сезон	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
ТРОПОСФЕРА, 850-300 гПа								
	$\Delta T_{2016}$	-R	$\Delta T_{2016}$	-R	$\Delta T_{2016}$	-R	$\Delta T_{2016}$	-R
Зима	0.80	1	0.89	1	0.98	4	0.87	1
Весна	0.71	2	0.86	2	1.14	1	0.81	1
Лето	0.45	1	0.83	2	0.75	3	0.70	2
Осень	0.76	1	0.35	13	0.90	4	0.54	2
Год	0.70	1	0.62	2	0.90	2	0.67	1
НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА, 100–50 гПа								
	$\Delta T_{2016}$	R	$\Delta T_{2016}$	R	$\Delta T_{2016}$	R	$\Delta T_{2016}$	R
Зима	-0.79	8	-0.04	19	-3.39	2	-0.53	11
Весна	-1.69	1	-0.29	18	1.16	41	-0.68	6
Лето	-2.14	1	-1.08	1	-0.67	3	-1.43	1
Осень	-2.88	1	-1.32	1	0.03	23	-1.78	1
Год	-2.07	1	-0.77	3	-0.52	11	-1.21	1

В целом на протяжении всего года преобладают положительные аномалии температуры, за исключением нижней стратосферы (100 гПа). В таблице 10.2 приведены аномалии температуры, обобщенные для каждого из четырех сезонов 2016 года (зимний сезон: включает период декабрь 2015-февраль 2016 г.) и для года в целом осредненные по вертикали внутри слоев 850-300 гПа (тропосфера)

и 100-50 гПа (нижняя стратосфера) для тридцатиградусных широтных зон Северного полушария и полушария в целом. Более детально вертикально-широтная структура для годовых аномалий температуры и аномалий температуры отдельных сезонов в 2016 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 2016 г.



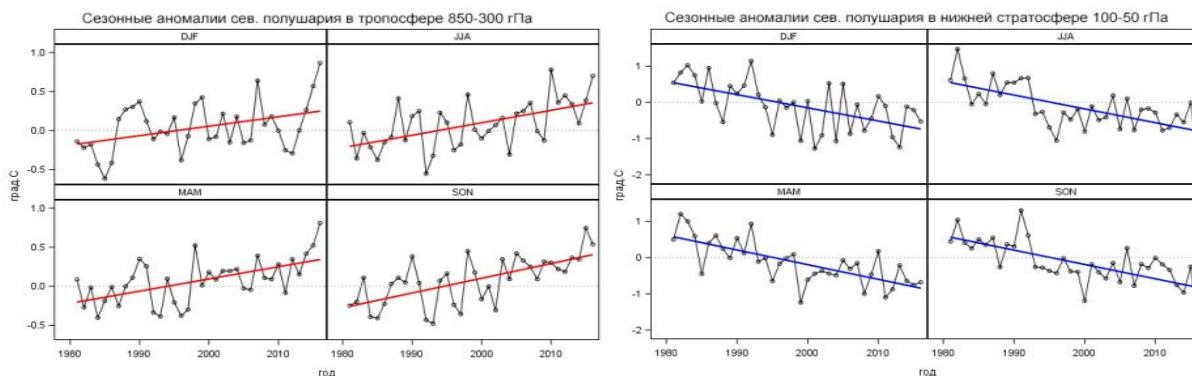
**Рисунок 10.2** - Ранги самых крупных сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере СП за период 1958-2016 г. Левая панель – положительные аномалии, тропосфера (850-300 гПа), правая панель – отрицательные аномалии, нижняя стратосфера (100-50 гПа), 2016 год выделен красным пунктиром.

В тропосфере 2016 год в целом и сезоны были либо рекордными, либо вторыми самыми теплыми за время наблюдений с 1958 г. в нижних, умеренных широтах и в Северном полушарии (за исключением осени в умеренных широтах). В высоких широтах 2016 г. – второй самый теплый ( $0.90^{\circ}\text{C}$ ), весна – рекордно теплый сезон (аномалия  $1.14^{\circ}\text{C}$ ), зима и осень – среди четырех самых теплых.

В нижней стратосфере в сезонах наблюдаются отрицательные аномалии, кроме весны ( $1.16^{\circ}\text{C}$ ) и осени ( $0.03^{\circ}\text{C}$ ) в высоких широтах. Причем 2016 г. стал рекордно холодным в нижних широтах весной, летом и осенью, а также летом и осенью – в умеренных широтах и в Северном полушарии в целом. 2016 г в целом стал рекордно холодным в нижних широтах и в Северном полушарии в целом, а в умеренных широтах стал третьим самым холодным годом за время наблюдений.

### 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 1981-2016 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. 11.2.

Как следует из таблицы 10.3, для тропосферы статистически значимая тенденция потепления не наблюдается для зимнего сезона в зоне умеренных широт. Но, по сравнению с 2015 г, положительные зимние тренды во всех широтных зонах увеличились, а тренд в Северном полушарии в целом стал статистически значимым. Также не наблюдается статистически значимая тенденция потепления в нижних широтах для весны и лета. Но, опять же, тренды выросли по сравнению с 2015 г, осенний положительный тренд стал статистически значимым. Положительный тренд для

**Таблица 10.3** – Оценки линейного тренда температуры в тропосфере и нижней стратосфере (1981-2016 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	
	$b$	$D$	$b$	$D$	$b$	$D$	$B$	$D$
<b>ТРОПОСФЕРА, 850-300 гПа</b>								
Зима	<b>0.16</b>	<b>23</b>	0.09	5	<b>0.17</b>	<b>21</b>	<b>0.12</b>	<b>16</b>
Весна	0.08	7	<b>0.19</b>	<b>34</b>	<b>0.18</b>	<b>18</b>	<b>0.16</b>	<b>33</b>
Лето	0.05	4	<b>0.21</b>	<b>33</b>	<b>0.24</b>	<b>29</b>	<b>0.16</b>	<b>30</b>
Осень	<b>0.11</b>	<b>14</b>	<b>0.22</b>	<b>38</b>	<b>0.24</b>	<b>28</b>	<b>0.19</b>	<b>42</b>
Год	<b>0.10</b>	<b>17</b>	<b>0.18</b>	<b>42</b>	<b>0.21</b>	<b>37</b>	<b>0.16</b>	<b>40</b>
<b>НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА, 100-50 гПа</b>								
Зима	<b>-0.56</b>	<b>38</b>	<b>-0.30</b>	<b>16</b>	-0.06	0	<b>-0.36</b>	<b>33</b>
Весна	<b>-0.45</b>	<b>37</b>	<b>-0.37</b>	<b>35</b>	-0.36	11	<b>-0.41</b>	<b>52</b>
Лето	<b>-0.48</b>	<b>43</b>	<b>-0.36</b>	<b>39</b>	<b>-0.22</b>	<b>27</b>	<b>-0.38</b>	<b>44</b>
Осень	<b>-0.51</b>	<b>32</b>	<b>-0.36</b>	<b>46</b>	<b>-0.21</b>	<b>29</b>	<b>-0.40</b>	<b>47</b>
Год	<b>-0.50</b>	<b>53</b>	<b>-0.35</b>	<b>54</b>	<b>-0.22</b>	<b>14</b>	<b>-0.39</b>	<b>62</b>



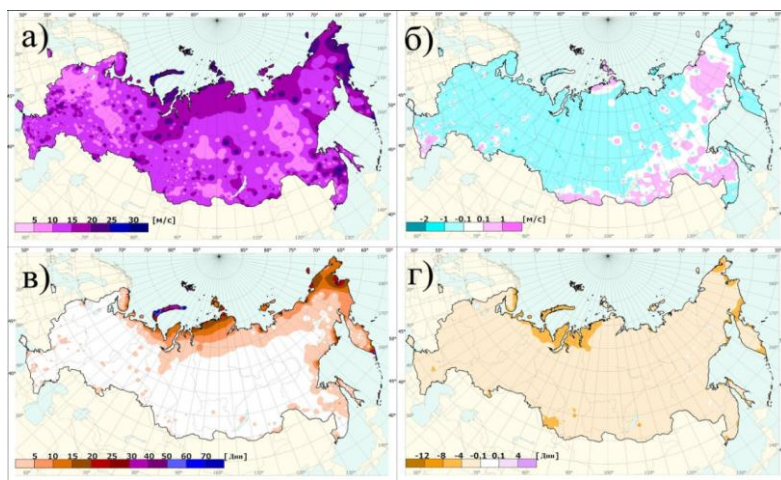
весеннего сезона в высоких широтах стал статистически значимым. В остальных широтных зонах и в Северном полушарии в целом, в весенний, летний и осенний периоды сохраняются статистически значимые положительные тренды, которые и определяют для этих трех сезонов значимый положительный тренд для Северного полушария в целом (от 0.16 для весны до 0.19 для осени, °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. Зимний тренд в высоких широтах уменьшился по сравнению с 2015 г. и стал отрицательным, но не статистически значимым. Весенний тренд потерял статистическую значимость, а тренд за год в целом стал статистически значимым. В Северном полушарии скорость стратосферного похолодания составляла от  $-0.41^{\circ}\text{C}/10$  лет для весны до  $-0.36^{\circ}\text{C}/10$  лет для зимы, а для рядов по году в целом составила  $-0.39^{\circ}\text{C}/10$  лет.

## 11. РЕЖИМ ВЕТРА

Для анализа режима ветра использовались срочные данные с метеорологических станций (более 1339 станций) Российской Федерации. Используются данные архивов Госфонда и данные оперативного потока, собираемые с каналов связи ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Для анализа аномальности характеристик режима ветра в качестве норм использовались средние многолетние значения характеристик ветра за период **1981 - 2010** годы. Анализ изменений характеристик режима ветра проводился по данным в точке и по рядам средних для 9 квази-однородных климатических регионов характеристик. Регионы обозначены на рис. 3.1.

На рис. 11.1а представлено пространственное распределение максимальной за 2016 год скорости ветра, полученной из средних за 10-минутный интервал времени. Наибольшие значения максимальной скорости ветра (более 25 м/с) отмечены на Новой



Земле, западном побережье Ямала, в прибрежных районах Чукотки и Камчатки, на Сахалине.

**Рисунок 11.1** а) Максимальная скорость ветра за 2016 год (без учета порывов); б) Аномалии среднегодовой скорости ветра в) Число дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с в 2016 году; г) Аномалии (отклонение от средних многолетних значений) числа дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с в 2016 году

В тех же районах отмечалось большее количество дней со скоростью ветра больше или равно 15 м/с (рис. 11.1в). Так, на мысе Лопатка число таких дней (более 161) значительно превышает другие значения по территории РФ. На мысе Крильон (о. Сахалин) за 2016 год отмечалось 86 дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с.

Случаи со штормовым ветром ( $\geq 25$  м/с) также отмечались в континентальной части России, например, в центрально-черноземном районе, восточной части Сибири, на юге западной Сибири, в приполярных и заполярных районах Сибири, на Дальнем Востоке. На большей части России в течение 2016 г. средняя скорость ветра больше 14 м/с вообще не наблюдалась (рис. 11.1а и 11.1в). В районе бассейна сибирской реки Алдан и вдоль 60 параллели на ЕТР максимальные скорости ветра без учета порывов не превышали 10 м/с.

Среднегодовая скорость ветра на территории России преимущественно, как и в 2015 году, ниже климатической нормы (рис. 11.1б). Положительные аномалии средней за год скорости ветра в основном получены на востоке и на юге страны. Области с положительной аномалией выделяются на Дальнем Востоке, в бассейне реки Колыма ближе к Чукотке, на полуострове Таймыр, в архипелаге Северная земля, в южной части центральной и восточной Сибири, в Прикаспийских районах Северного Кавказа.

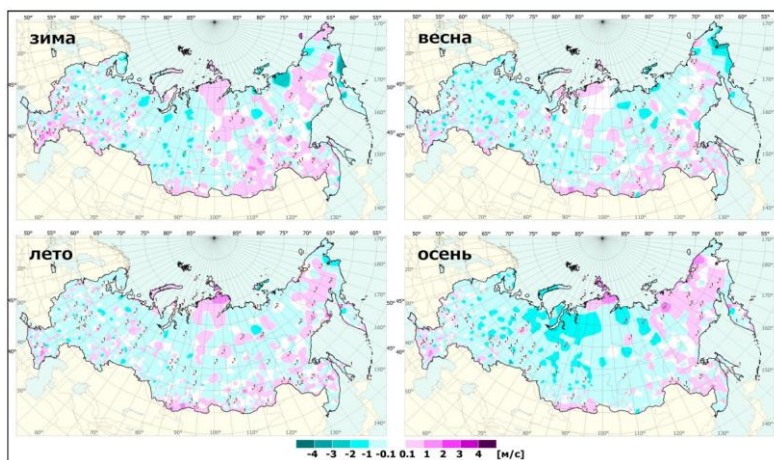
Пространственное распределение аномалий числа дней со скоростью ветра большей или равной 15 м/с показано на рис. 11.1г. Положительные аномалии отмечаются лишь в 12 пунктах, значительная часть которых находится в Хабаровском крае. Дней с сильным ветром в 2016 году значительно меньше, чем в среднемноголетнем было на побережье Северного Ледовитого океана ЕТР, Западной Сибири, Чукотки, на побережье Тихого океана в районах Анадырского залива, Корякского нагорья, Камчатки, а так же в районе верхней Оби. На берегу Баренцева моря (метеостанции Дальне-Зеленецкая и Териберка) дней с ветром более 15 м/с было на 12.9 и 11.3 дней, соответственно, меньше нормы. В целом, отрицательные аномалии на территории России редко превышали отметку в 4 дня.

Во все сезоны преобладают отрицательные аномалии средней скорости ветра. Зимой максимальные положительные отклонения средней скорости ветра относительно климатической нормы отмечались на территории республики Дагестан и о. Врангеля. На рис. 11.2 можно выделить районы, где сосредоточены станции, на которых скорость ветра зимой чаще всего достигала экстремальных значений (превышала 95 процентиль). Это район Хабаровского края и район вдоль реки Лена до реки Вилуи.

Весной при общем преобладании отрицательных аномалий средней скорости ветра, кроме Восточно-Европейской равнины, имеются станции с положительными аномалиями.

Летом максимальные положительные аномалии средней сезонной скорости ветра получены на метеостанциях Джека Лондона (Магаданская обл.), Солекули (Хабаровский край), мыс Челюскин (Таймыр). Но эти аномалии не превышают 2 м/с.

**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.



Осенью также преобладают отрицательные аномалии скорости ветра. На севере Западной Сибири выделен очаг наибольших значений отрицательных аномалий. В Якутии, в Хабаровском крае, западе Чукотского АО получены положительные аномалии скорости ветра. Значительное количество дней со скоростью ветра, превышающей 95-й процентиль, зафиксировано на станциях вдоль берега Чаунской губы (Чукотский АО) и западнее от него. Такое распределение отмечается и в летний период.

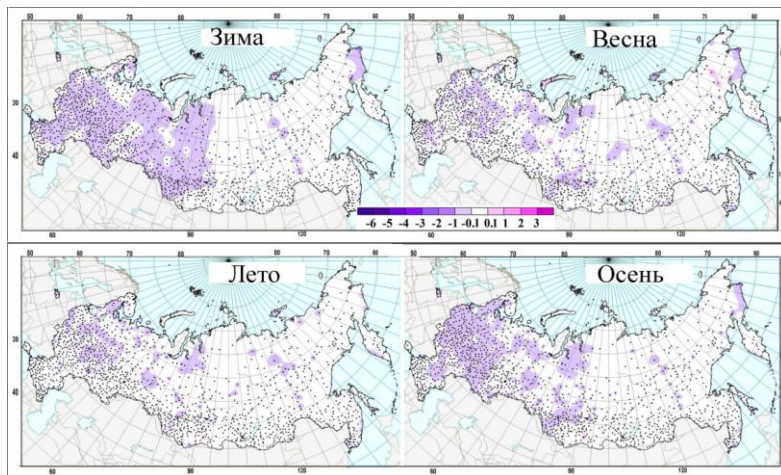
В целом по РФ в переходные сезоны (осенью и весной) число дней с экстремальными значениями (более 95 процентиля) меньше, чем зимой и летом (123 и 129 дней). Зимой скорость ветра достигала экстремальных значений 164 дня, летом – 161 день.

### Многолетние изменения характеристик ветра

Пространственное распределение локальных оценок трендов, характеризующих знак и среднюю скорость изменений средней по сезонам скорости ветра и числа дней с большими скоростями на интервале 1976 - 2016 гг., рассчитанных по данным

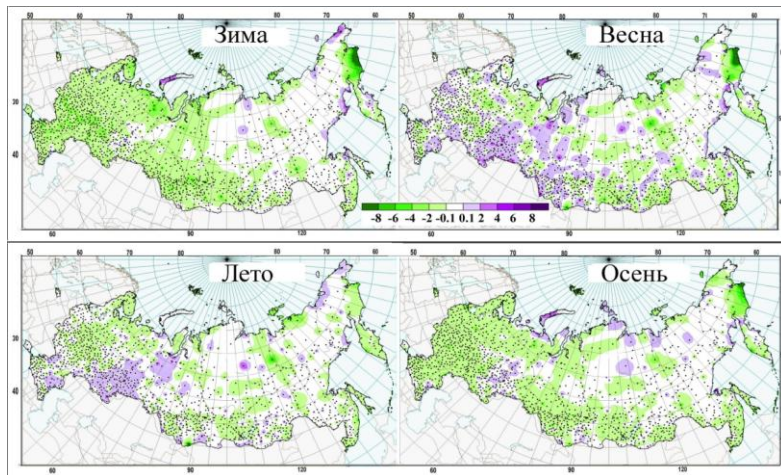


станционных наблюдений на территории России, показано на рисунках 11.3. и 11.4. Тренд выражен в м/с за 10 лет и в днях за 10 лет, соответственно. На ЕЧР и в Западной Сибири наблюдается тенденция уменьшения скорости ветра, особенно в зимний и осенний сезоны (рис. 11.3). В изменениях числа дней со скоростью ветра более 15 м/с также преобладают отрицательные тенденции (рис. 11.4), однако весной на значительном числе метеостанций



(особенно, в Западной Сибири) фиксируется рост числа дней с большими скоростями. Летом положительные тенденции этой характеристики получены на юго-востоке Европейской территории и в Западной Сибири.

**Рисунок 11.3** - Коэффициенты линейного тренда ((м/с)/10лет) в рядах средней скорости ветра (статистически значимые на 5%-уровне).1976-2016 гг.



**Рисунок 11.4** - Коэффициенты линейного тренда (день/10лет) в рядах числа дней со скоростью ветра более 15 м/с (статистически значимые на 5%-уровне).1976-2016 гг.

При оценке региональных изменений получено, что во все сезоны года средняя по территории России скорость ветра уменьшается (таблица 11.1), значимая тенденция уменьшения среднего по территории России числа дней с большими скоростями получена только для осенне-зимнего периода. Скорости уменьшаются в большинстве квази-однородных регионов. Число дней с ветром более 15 м/с зимой и осенью также уменьшается в большинстве регионов, весной - только в центре и на юге Восточной Сибири, летом еще на Дальнем Востоке и в III регионе. Важно отметить, что весной в V регионе (Центр и юг Западной Сибири) зафиксирован рост числа дней с большими скоростями ветра (тенденция составила 0.55 дня за 10 лет).

**Таблица 11.1** – Оценки линейного тренда (статистически значимые на 5%-уровне значимости) регионально осредненных характеристик ветра для регионов России за 1976-2016гг.:  $bV$ , (м/с)/10 лет – средней сезонной скорости ветра;  $bNd$ , дни/10лет - числа дней со скоростью ветра больше 15 м/с

Регион	$bV$				$bNd$			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
Россия	-0.16	-0.11	-0.11	-0.14	-0.67	-	-	-0.51
Север ЕЧР и Западной Сибири	-0.18	-0.11	-0.13	-0.12	-1.07	-	-	-
Сев. Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	-	-0.28	-	-0.24	-0.21
Чукотка и север Камчатки	-0.12	-	-	-0.12	-1.45	-	-	-1.10
Центр ЕЧР	-0.26	-0.17	-0.16	-0.29	-1.18	-	-	-0.84
Центр и юг Западной Сибири	-0.27	-0.14	-0.14	-0.19	-0.71	0.55	-	-0.44
Центр и юг Восточной Сибири	-	-0.10	-	-	-	-0.35	-0.15	-0.21
Дальний Восток	-	-	-	-	-	-	-0.55	-0.62
Алтай и Саяны	-	-0.13	-	-0.18	-0.84	-	-0.31	-
Юг ЕЧР	-0.20	-0.13	-0.07	-0.16	-0.87	-	-	-0.70

## Ветер в свободной атмосфере

Для анализа режима ветра в свободной атмосфере используются срочные данные радиозондовых наблюдений около 100 аэрологических станций Российской Федерации, собираемые с каналов связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». По этим данным рассчитывается массив статистических характеристик метеовеличин в свободной атмосфере, включая статистические характеристики скорости 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). Далее производится расчет месячных аномалий скорости ветра. В качестве норм используются многолетние средние характеристик скорости ветра за период 1985-2014 гг. Наконец, проводится осреднение постанционных месячных аномалий по сезонам для каждого сезона 2016 г. (зимний сезон включает декабрь 2015 г и январь-февраль 2016 г) и для 2016 г. в целом. Для анализа конкретного временного интервала используются 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 рис. 11.5 показаны аномалии скорости и направления ветра в тропосфере целом за год и по сезонам 2016 г. Черные стрелки указывают среднее направление ветра в 2016 г., серые – за период 1985-2014 гг.

Над большей частью территории России преобладали отрицательные среднегодовые аномалии скорости ветра, наибольшие (до -2 м/с) - на востоке ЕЧР, в Западной Сибири, на Камчатке. Положительные аномалии скорости ветра наблюдались в районе Кавказских гор, в Приморском крае (более 2 м/с), на Дальнем Северо – Востоке, на севере Сибири. Отклонения направления ветра от многолетнего среднего незначительны.

Зимой 2016 г. отрицательные аномалии скорости ветра наблюдались на Дальнем Востоке и в Западной Сибири. В Западной Сибири отрицательные аномалии достигали -3 м/с. Наибольшие положительные аномалии скорости ветра (до 4,5 м/с) имели место на юге европейской части России. На востоке европейской части России наблюдалось юго-восточное направление ветра, а в Восточной Сибири – северо-восточное, в то время как средним за период 1985-2014 гг. направлением ветра является западное. В январе на западе от Уральских гор наблюдалось южное направление ветра, а на востоке – северное.

Весной 2016 г. преобладали отрицательные аномалии скорости ветра, и наибольшие (до -3 м/с) имели место в европейской части

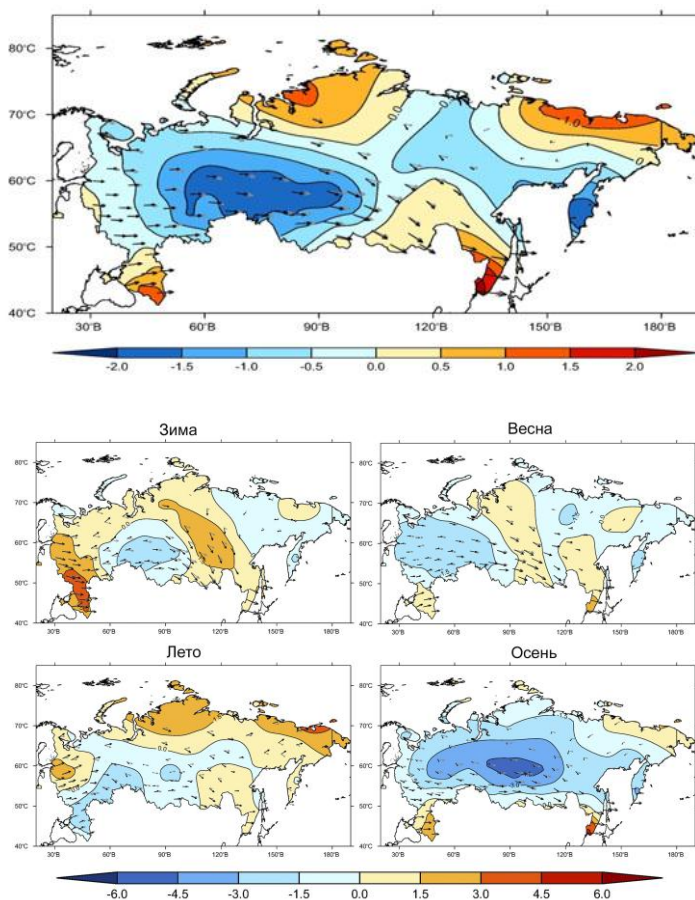


Рисунок 11.5 - Аномалии скорости ветра за год и для отдельных сезонов (зима 2015-2016 гг., весна, лето и осень 2016 года) в тропосфере.

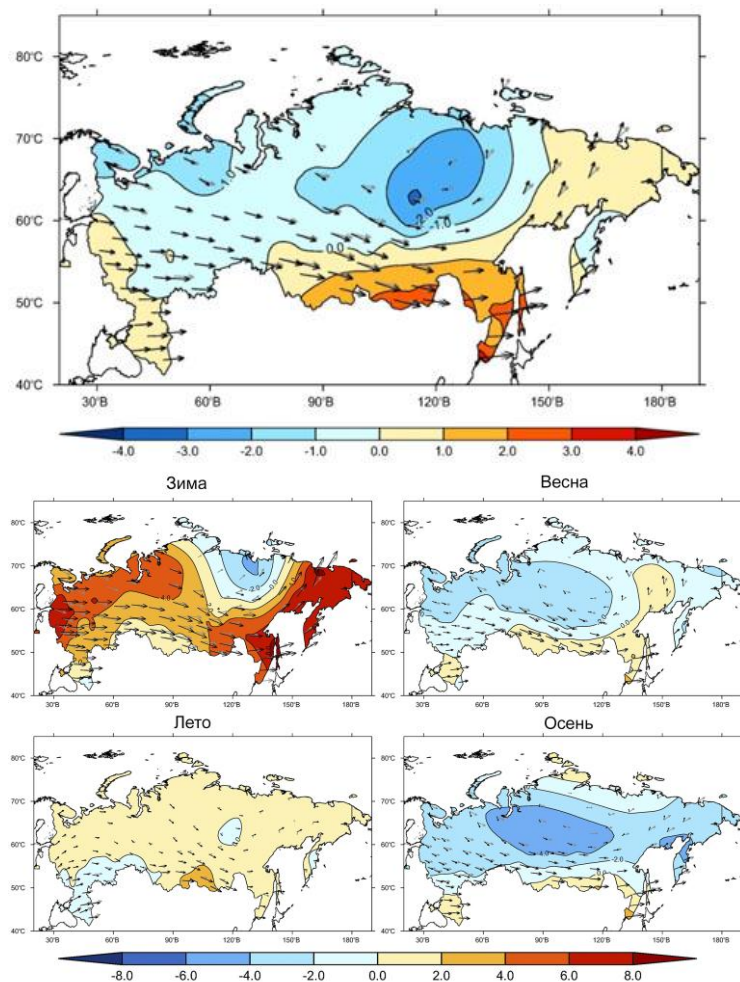


России. Значительных отклонений направления ветра от многолетнего среднего не наблюдалось.

Летом 2016 г. положительные аномалии скорости ветра наблюдались на северо-западе европейской части России, а также на севере Сибири и Дальнего Востока и достигали 3 м/с. Наибольшие отрицательные аномалии (до -3 м/с) имели место на юге европейской части России. В Западной Сибири не наблюдалось выраженного направления ветра, в Восточной Сибири преобладало северо-западное направление ветра, а на северо-востоке Дальнего Востока – юго-западное. Наиболее значительные отклонения направления ветра от многолетнего среднего наблюдались в июне.

Осенью 2016 г. над большей частью территории России преобладали отрицательные аномалии скорости ветра, достигая -6 м/с в центральной Сибири. При этом наблюдалось незначительное северо-западное направление ветра, а на севере Дальнего Востока – северо-восточное. Положительные аномалии скорости ветра имели место только в районе Кавказских гор, в Приморском крае и на северо-востоке Дальнего Востока.

В нижней стратосфере (рис. 11.6) в целом за год над большей частью России преобладали отрицательные аномалии скорости, достигая -3 м/с в Средней Сибири. На



**Рисунок 11.6** - Аномалии скорости ветра в 2016 году в нижней стратосфере

юго-западе европейской части России, на Дальнем Востоке и на юге Сибири наблюдались положительные аномалии скорости ветра, вплоть до 3 м/с. Значительных отклонений направления ветра от многолетнего среднего не наблюдалось.

Зимой преобладали большие положительные аномалии скорости ветра. На западе европейской части России они достигали 8 м/с, а на Дальнем Востоке более 8 м/с. Отрицательные аномалии скорости ветра наблюдались только на севере Восточной Сибири и достигали -4 м/с. Значительных отклонений направления ветра от многолетнего среднего не наблюдалось.

Весной преобладали отрицательные аномалии скорости ветра, достигающие -4 м/с на севере европейской части России и в центральной Сибири. На севере Сибири наблюдался северо-западный

ветер, а на севере Дальнего Востока – южный. Наибольшие отклонения направления ветра от многолетнего среднего наблюдались в апреле. Летом преобладали небольшие положительные аномалии (до 2 м/с), а на Дальнем Востоке наблюдалось значительное отклонение направления ветра на западное.

Осенью преобладали отрицательные аномалии скорости ветра, достигающие -6 м/с в центральной Сибири. В сентябре на большей части России наблюдалось северо-западное направление ветра, только на юго-востоке европейской части России наблюдалось юго-западное направление, и в районе Кавказских гор и Приморского края – западное. В октябре в европейской части России наблюдалось северо-западное направление ветра, а на северо-востоке Дальнего Востока – южное. Южное направление на северо-востоке Дальнего Востока сохранилось и в ноябре.

## 12. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Анализ изменчивости концентрации парниковых газов (ПГ - CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>) представлен по данным 5 станций Росгидромета. Станции на Арктическом побережье - Териберка (Кольский полуостров,) и Тикси (море Лаптевых,) обеспечивают данные о фоновом содержании CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> в приполярной зоне. Остальные 3 станции находятся под влиянием как антропогенных так и естественных источников/стоков ПГ.

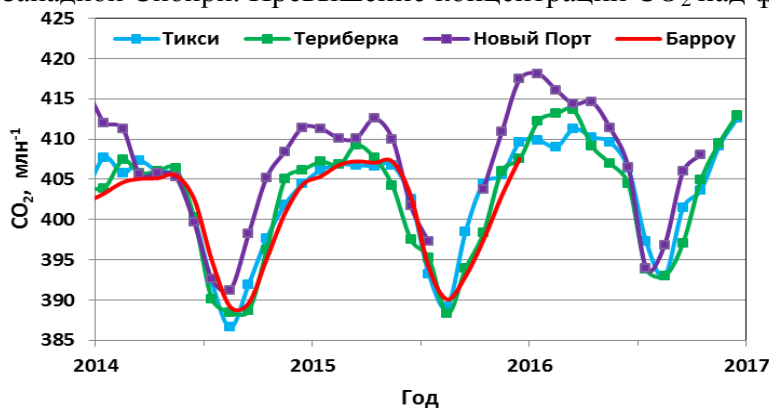
Станция Новый Порт на полуострове Ямал находится в окрестностях газовых месторождений Западной Сибири, естественных источников ПГ (увлажненные территории, естественные арктические резервуары метана). Станции в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике (ФГБУ «ИГКЭ») и Обнинске (ФГБУ «НПО «Тайфун») подвержены влиянию урбанизированных территорий Москвы и Московской области и естественных источников/стоков ПГ.

Мониторинг ПГ на арктических станциях выполняется ФГБУ «ГГО» при поддержке соответствующих УГМС (Мурманское, Якутское, Северное). Измерения проводятся по единой методике в соответствии с требованиями ГСА ВМО. Качество получаемых данных подтверждено официальными сравнениями ВМО (2015г.). Получаемые ФГБУ «ГГО» данные сопоставимы с данными других станций ГСА ВМО в пределах 0.1млн<sup>-1</sup> для CO<sub>2</sub> и 2млрд<sup>-1</sup> для CH<sub>4</sub>. Данные измерений на станциях Териберка и Тикси представляются в Мировой центр данных по ПГ. В настоящем докладе для сравнения результатов измерений привлечены данные станции США (НОАА) Барроу (п-ов Аляска).

Информация об общем содержании метана получена со спутника «Метеор-М» №2 по данным установленного на его борту ИК Фурье-18 спектрометра ИКФС-2.

### *Концентрация метана и диоксида углерода в северных широтах России*

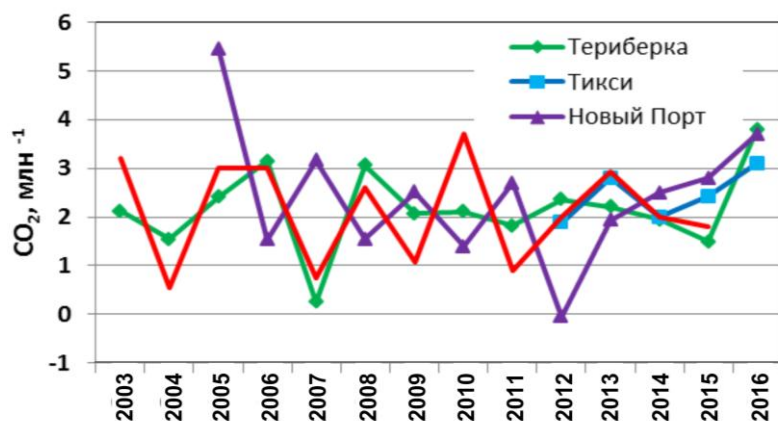
Концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере северных широт достигла в 2016 г. очередного максимума. Среднегодовое значение концентрации CO<sub>2</sub> достигло уровня 405 млн<sup>-1</sup>, а максимальные за год концентрации, наблюдаемые с марта по май, превысили значение 410 млн<sup>-1</sup>. Уровень концентрации и амплитуда сезонного хода на российских станциях Териберка и Тикси близки к данным станции Барроу (рис. 12.1). Данные станции Новый Порт демонстрируют влияние региональных источников, в основном газовых месторождений Западной Сибири. Превышение концентрации CO<sub>2</sub> над фоновым уровнем для этой станции



составляет в среднем за период наблюдений 1.5% (около 6 млн<sup>-1</sup>).

**Рисунок 12.1** - Временной ход концентрации CO<sub>2</sub> на российских арктических станциях для последних трех лет наблюдений в сравнении с доступными для общего пользования данными станции Барроу (НОАА, США).

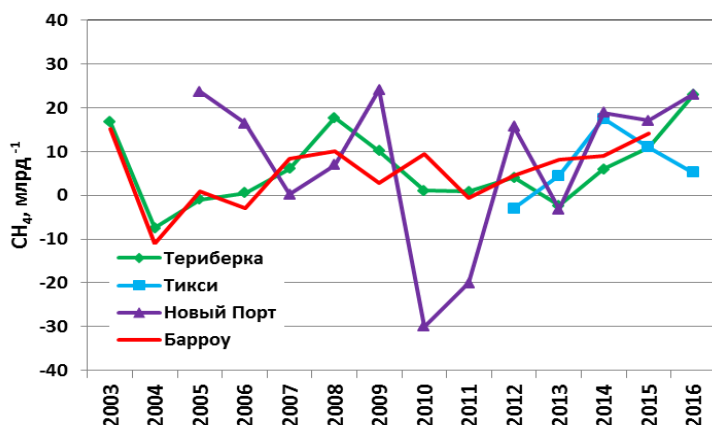
В 2016 г. наблюдаются более высокие скорости изменения концентрации  $\text{CO}_2$  по сравнению с предыдущим пятилетним периодом. На всех станциях увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  за 2016 г. превысило  $3 \text{ млн}^{-1}$  и составило 3,8, 3,1 и  $3,7 \text{ млн}^{-1}$  на станциях Териберка, Тикси и Новый Порт соответственно. Межгодовые изменения  $\text{CO}_2$  для станций Териберка и Тикси близки к данным, полученным на станции Барроу (рис. 12.2). Для станции Новый Порт, подверженной влиянию региональных источников, указанная величина периодически выходит за пределы изменений, наблюдаемых в фоновых условиях. Наблюдаемое в 2016 г. увеличение концентрации за год не привело к



изменению величины средней за десятилетний период скорости роста. С 2006 г. по 2016 г. концентрация  $\text{CO}_2$  в приземном слое атмосферы по данным станции Териберка возросла на  $21 \text{ млн}^{-1}$ .

**Рисунок 12.2** - Межгодовые изменения концентрации  $\text{CO}_2$  на арктических станциях.

С 2009 г. по 2013 г. в северных широтах РФ наблюдался период стабилизации концентрации метана. С 2014 г. возобновился рост концентраций  $\text{CH}_4$ . В 2016 г. снизился рост концентрации метана на станции Тикси (от  $11 \text{ млрд}^{-1}$  в 2015 г. до  $5 \text{ млрд}^{-1}$ ), в то время как на станции Териберка за этот период он превысил  $20 \text{ млрд}^{-1}$  (рис. 12.3).



**Рисунок 12.3** - Межгодовые изменения концентрации метана на арктических станциях.

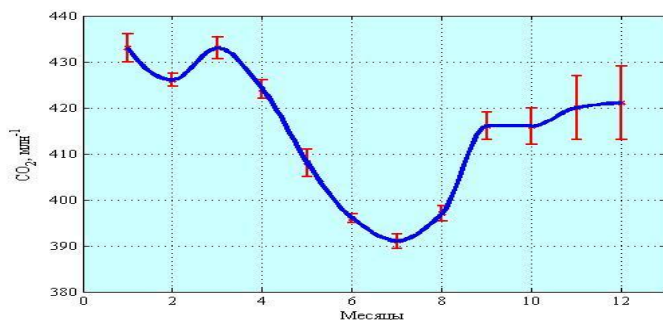
Возобновившийся рост концентраций метана, отчетливо проявившийся в последние 3 года, привел к увеличению значения скорости роста и за весь период наблюдений на станции Териберка. За период 2006-2016 гг. по данным станции Териберка концентрация метана в приземном слое

атмосферы увеличилась на  $77 \text{ млрд}^{-1}$ .

## Содержание и изменчивость $\text{CO}_2$ и $\text{CH}_4$ в атмосфере в центре ЕЧР

### Станция Обнинск

Результаты измерений приземных концентраций углекислого газа на ст. Обнинск в 2016 году (среднемесячные значения) показаны на рис. 12.4.

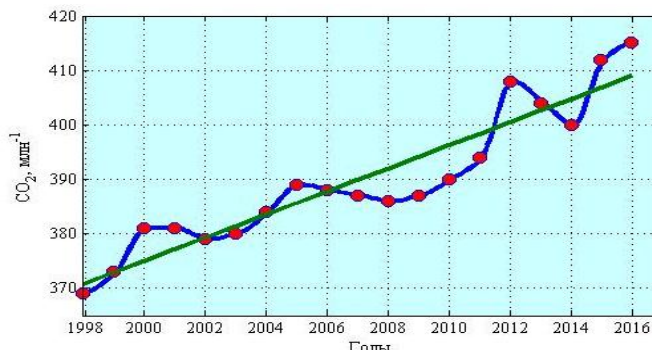


**Рисунок 12.4** – Изменения концентрации углекислого газа в пробах приземного воздуха на ст. Обнинск в 2016 г. Вертикальные отрезки – среднеквадратичное отклонение среднемесячных значений на уровне 95%.

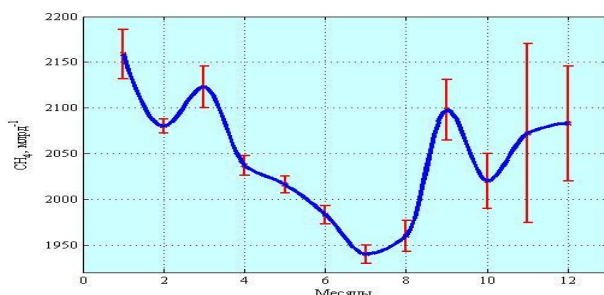


Среднегодовая концентрация  $\text{CO}_2$  в приземном воздухе на станции «Обнинск» в 2016 г. составила  $415 \text{ млн}^{-1}$  и выросла по сравнению с 2015 г. на  $3 \text{ млн}^{-1}$ . За время наблюдений с 1998 по 2016 гг. (рис. 12.5) значение положительного тренда среднегодовых концентраций  $\text{CO}_2$  составило  $2,1 \pm 0,2 \text{ млн}^{-1}$  в год. Величина тренда в пределах погрешности совпадает с данными ВМО, согласно которым скорость роста концентрации углекислого газа за 1998 по 2015 гг. равна  $1,98 \pm 0,14 \text{ млн}^{-1}$  в год (для глобально-усредненных данных). Согласно полученным данным, наибольшая скорость роста содержания углекислого газа в воздухе наблюдалась в 2012 и 2015 гг.

**Рисунок 12.5** - Среднегодовые значения концентрации углекислого на ст. Обнинск в 1998-2016 гг. Прямая линия – линейный тренд



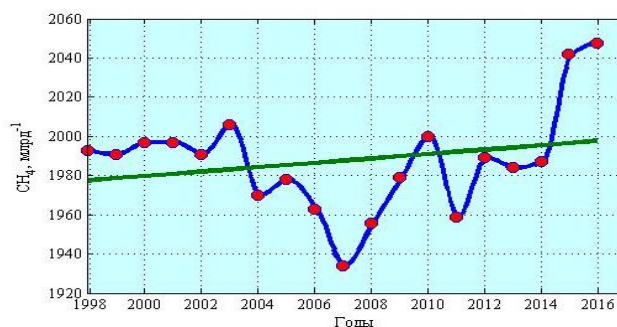
Среднегодовая концентрация  $\text{CH}_4$  в приземном воздухе на ст. «Обнинск» в 2016 г. составила  $(2047 \pm 35) \text{ млрд}^{-1}$ . Для сравнения среднегодовые значения в 2014 и 2015 гг. составили соответственно  $(1987 \pm 44)$  и  $(2042 \pm 45) \text{ млрд}^{-1}$  (рис. 12.6).



**Рисунок 12.6** – Концентрации метана в пробах приземного воздуха на ст. Обнинск в 2016 г. Вертикальные отрезки – среднеквадратичное отклонение среднемесячных значений на уровне 95%.

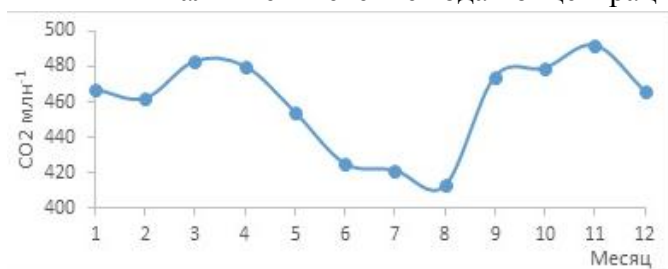
Линейный тренд за весь период измерений незначим. Начиная с 2007 года, среднегодовые значения концентрации метана увеличивались (рис. 12.7). Для периода с 2007 по 2016 гг. линейный тренд метана на станции Обнинск равен  $9.5 \pm 2.0 \text{ млрд}^{-1}$  в год. Среднее значение линейного тренда метана в широтном поясе  $(36-72)^\circ$  с.ш. по данным Мирового центра данных по парниковым газам ВМО за 2007-2015 гг. равно  $6.9 \pm 0.8 \text{ млрд}^{-1}$  в год. Наибольшая скорость роста содержания метана в воздухе по отношению к предыдущему году наблюдалась в 2015 г.

**Рисунок 12.7** - Среднегодовые значения концентрации метана в приземном воздухе на ст. Обнинск в 1998-2016 гг. Прямая линия – линейный тренд.



### Приокско-Тerrasный заповедник (ПТЗ).

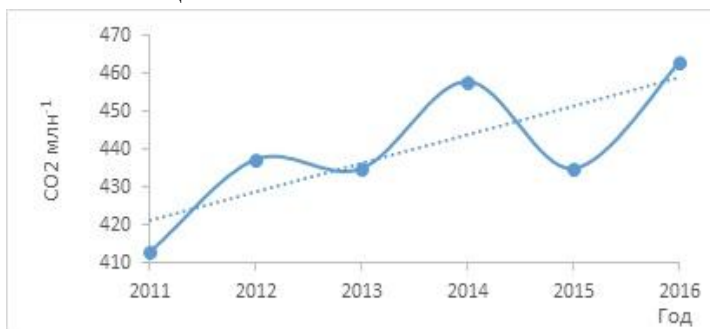
Минимальные в течение года концентрации  $\text{CO}_2$  регистрируются в летний период, что является типичным для сезонной изменчивости  $\text{CO}_2$ , наблюдаемой в средних широтах Северного полушария.



**Рисунок 12.8** - Изменения средних месячных концентраций  $\text{CO}_2$  ( $\text{млн}^{-1}/\text{год}$ ) в приземном слое атмосферы в 2016 г. на станции ПТЗ

Однако, в холодный период года, уровень концентраций  $\text{CO}_2$  в районе станции ПТЗ заметно превышает уровень фона, что связано с влиянием региональных источников диоксида углерода на результаты наблюдений (рис. 12.8).

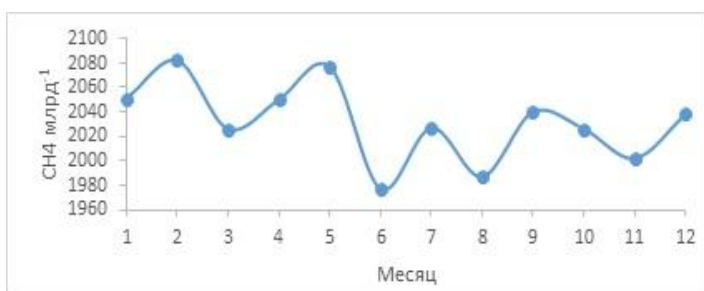
За период проведения наблюдений наблюдается тенденция роста концентраций  $\text{CO}_2$  в приземном слое атмосферы. Результаты измерений также свидетельствуют о значимых изменениях средней годовой концентрации диоксида углерода в воздухе (рис. 12.9). Наибольшая скорость роста концентрации  $\text{CO}_2$  наблюдалась в 2012 и 2016 годах, что согласуется с результатами измерений изменений, выполненных в северных районах РФ и станции Обнинск.



**Рисунок 12.9** - Изменение средних годовых концентраций  $\text{CO}_2$  (млн<sup>-1</sup>/год) в воздухе на станции ПТЗ за весь период наблюдений

Минимальные в течение года концентрации метана регистрировались в июне и августе, наиболее высокое содержание метана в воздухе наблюдалось в феврале (2082 млрд<sup>-1</sup>) (рис. 12.10).

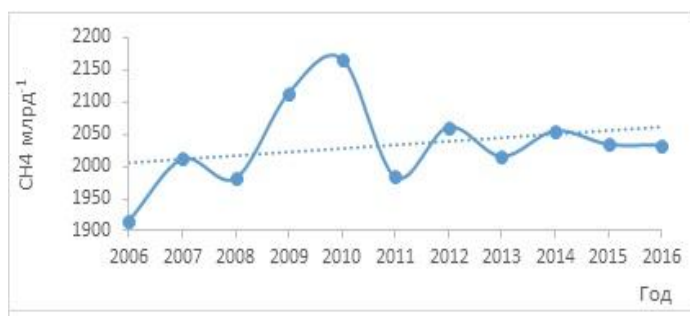
Средняя годовая концентрация метана в 2016 году составляла 2034 млрд<sup>-1</sup>.



**Рисунок 12.10** - Изменения средних месячных концентраций  $\text{CH}_4$  (млрд<sup>-1</sup>/год) в приземном слое атмосферы в 2016 г. на станции ПТЗ

Наиболее высокое содержание метана в воздухе за период проведения наблюдений

регистрировалось в 2010 году (рис. 12.11) и было связано с процессами регионального атмосферного переноса загрязнённых воздушных масс из зоны крупномасштабных лесных и торфяных пожаров в район проведения измерений. За период (2006 – 2016) г. отмечается общая тенденция роста концентрации метана в воздухе (от 1916 до 2034 млрд<sup>-1</sup>). Наиболее высокие скорости изменений метана в приземном слое атмосферы по отношению к предшествующему году наблюдались в 2009 и 2011 годах и составляли соответственно 133 и -184 млрд<sup>-1</sup> соответственно.



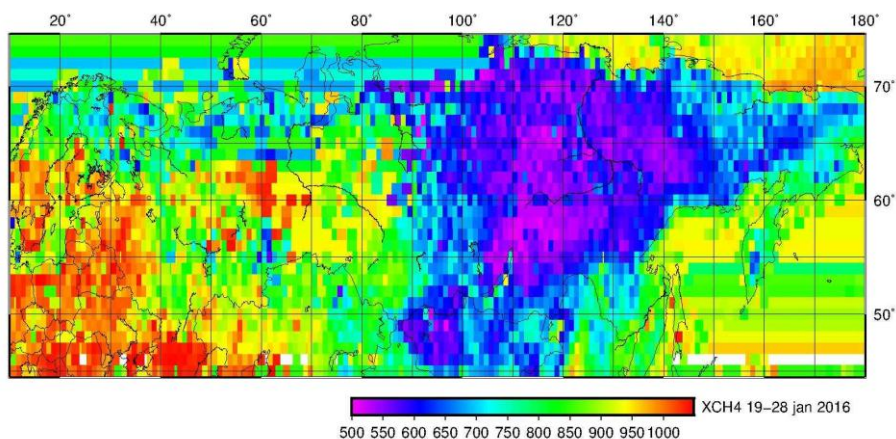
**Рисунок 12.11** - Изменение средних годовых концентраций  $\text{CH}_4$  (млрд<sup>-1</sup>/год) в воздухе на станции ПТЗ за весь период наблюдений

### **Общее содержание метана в атмосфере по результатам ДЗЗ**

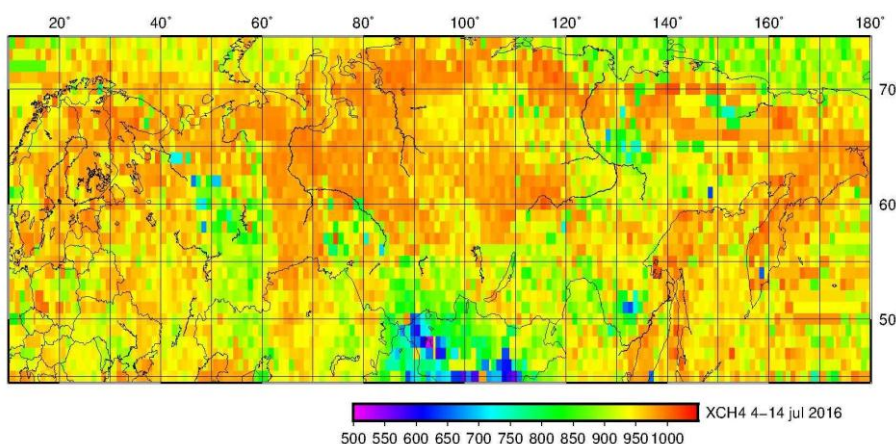
Географическое распределение определения общего содержания (ОС) метана выполняется также с использованием методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) со спутников. Проведенная валидация метода ОС метана по результатам спектрометрических измерений, показала, что различие между спутниковыми оценками и наземными измерениями находится в пределах 3÷5%, что соответствует современному

мировому уровню. Результаты восстановления распределения ОС метана над Северным полушарием для различных месяцев 2016 года показаны на рис. 12.12 и 12.13.

**Рисунок 12.12** -  
Глобальное распределение  
ОС метана, январь 2016  
года



**Рисунок 12.13** -  
Глобальное распределение  
ОС метана, июль 2016 года



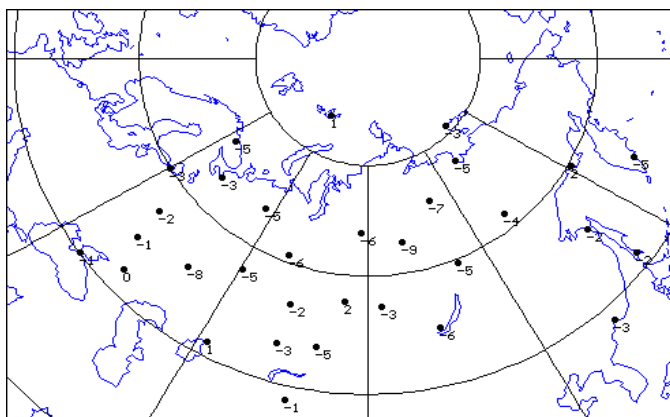
### 13. ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ

Анализ общего содержания озона (ОСО) выполнен по данным отечественной сети фильтровых озонметров М-124 с привлечением данных, поступающих в Мировой центр данных ВМО по озону и ультрафиолетовой радиации (WOUDC) в Канаде, а также данных аппаратуры OMI, размещенной на спутнике США. Более подробная оперативная информация о поведении озонового слоя в различные сезоны с указанием отдельных аномалий 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, а также над ЕЧР она составляет около 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.

В целом за 2016 г. поле отклонений среднегодовых значений ОСО от нормы (рис. 13.1) достаточно ровное. Отклонения среднегодовых значений ОСО от нормы для всех анализируемых станций лежат в интервале от -9 (Тура) до +2 % (Магадан-Нагаево).





**Рисунок 13.1** - Поле отклонений (%) общего содержания озона в целом за 2016 г. от нормы по данным озонометрической сети СНГ.

В течение 2016 года отдельные непродолжительные существенные отклонения ежедневных значений ОСО от нормы отмечались в январе, феврале, марте, июне, ноябре и декабре:

257 ед. Д.; рис. 13.2);

- с 20 февраля по 3 марта пониженные на 30-50 % значения ОСО над северными районами Сибири (227-321 ед. Д.);

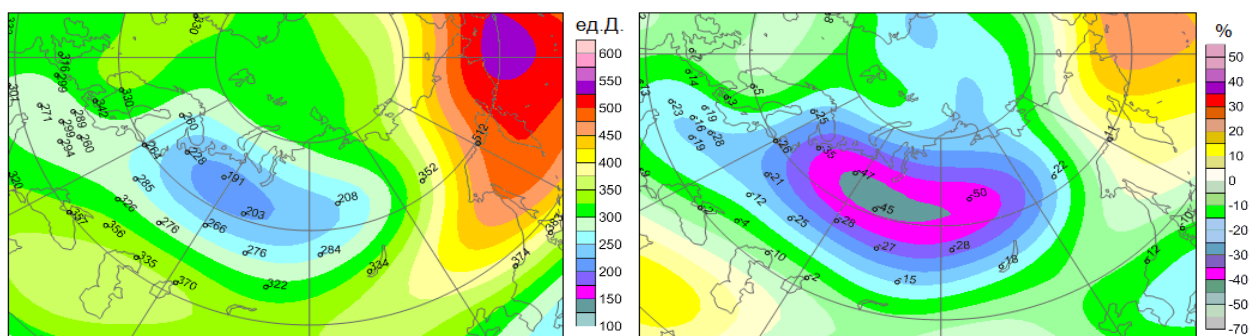
- с 9 по 19 марта пониженные на 27-39 % значения ОСО над центральными районами Сибири (257-332 ед. Д.);

- с 10 по 16 июня пониженные на 17-24 % значения ОСО над восточными районами Казахстана (263-297 ед. Д.);

- с 8 по 11 ноября повышенные на 25-40 % значения ОСО над восточными районами Западной Сибири и Центральной Сибирью (364-403 ед. Д.);

- 16 и 17 декабря повышенные на 26-46 % значения ОСО над центральными и восточными районами ЕЧР, Уралом, югом Западной Сибири и Казахстаном (411-468 ед. Д.).

Особенностью 2016 г. стало обнаружение впервые в истории наблюдений над севером Урала и Сибири озоновой "мини-дыры" (территории, на которой значения ОСО меньше 220 ед.Д.) в первой половине года (рис. 13.2). Озоновая "мини-дыра" существовала 5 суток и в максимуме достигала площади до 3 млн. кв. км. К возникновению "мини-дыры" привел необычно интенсивный и холодный циркумполярный вихрь зимы 2015/2016 г. По некоторым оценкам химические потери озона в зимне-весенний период в начале 2016 г. составили около 27%, что является третьим результатом после потерь 2011 (38%) и 1996 гг. (30%). В связи с неопределенностью дальнейших изменений температур в стратосфере и объема полярных стратосферных облаков в будущем в Арктике не исключено возникновение более крупных озоновых аномалий в зимне-весенний период.

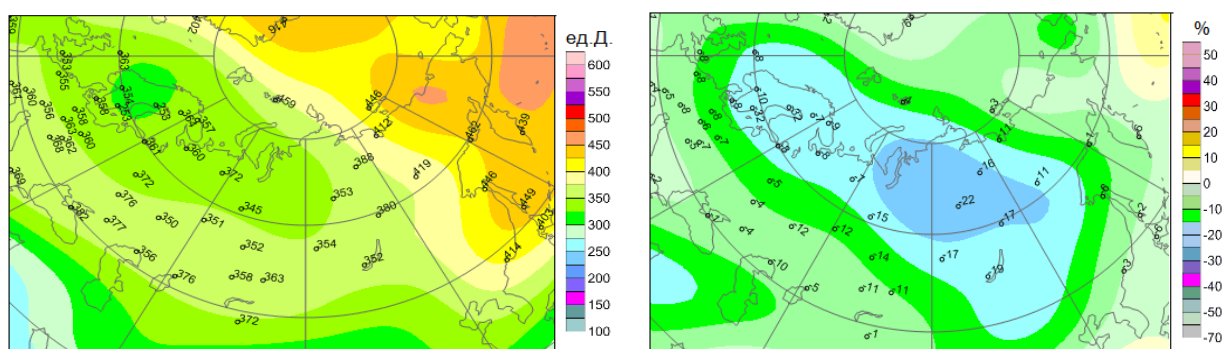


**Рисунок 13.2** - Поле общего содержания озона (ед.Д.; слева) 28 января 2016 г. и его отклонения (%) (справа) от средних многолетних (1978-1988 гг.) значений по данным WOUDC, Канада.

Согласно наблюдениям минувших лет, наиболее крупные аномалии среднемесячных значений ОСО обычно имеют место в марте, реже в апреле. Однако благодаря ранней весенней перестройке в стратосфере высоких широт отклонения от

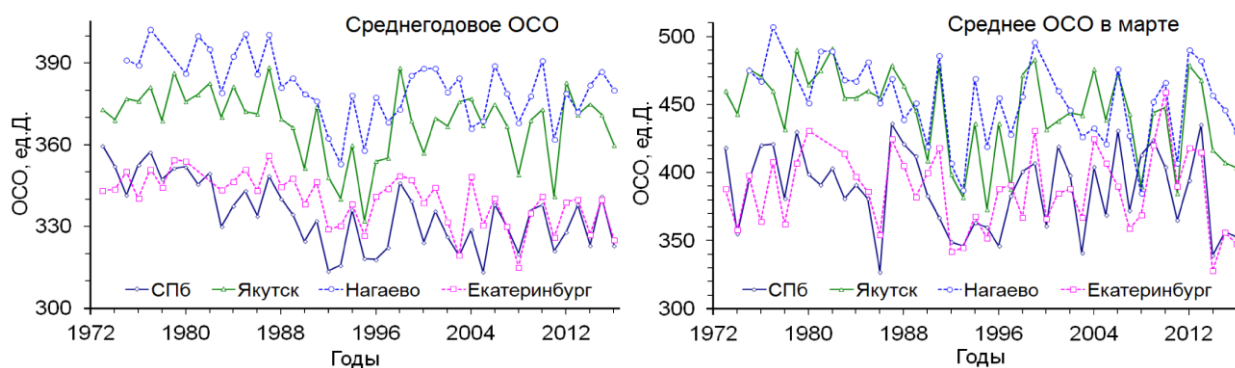


нормы среднемесячных значений ОСО над территорией России в марте 2016 г. были относительно невелики (рис. 13.3).



**Рисунок 13.3** - Поле общего содержания озона (ед.Д.; слева) в марте 2016 г. и его отклонения (%) (справа) от средних многолетних (1978-1988 г.г.) значений по данным WOUDC, Канада.

Долговременные изменения ОСО над территорией России иллюстрируются ходом среднегодовых и среднемартовских значений в отдельных пунктах наблюдений (рис. 13.4). Практически на всех российских станциях различия среднемесячных ОСО в 2016 г. и предыдущем году находились в пределах погрешностей измерений. В целом, по данным наземных станций озонометрической сети и спутниковым данным можно констатировать, что после заметного понижения ОСО в период 1979-1996 гг., вызванного, по-видимому, увеличением содержания хлорфторуглеродов в стратосфере и извержением вулкана Пинатубо в 1991 г., в последние полтора десятилетия озоновый слой над умеренными широтами Северного полушария четко выраженных однонаправленных долговременных изменений не испытывал. При сохранении тенденций изменений ОСО, наблюдаемых с начала нынешнего тысячелетия, ощутимые изменения ОСО можно будет заметить, вероятно, лишь через несколько десятилетий.

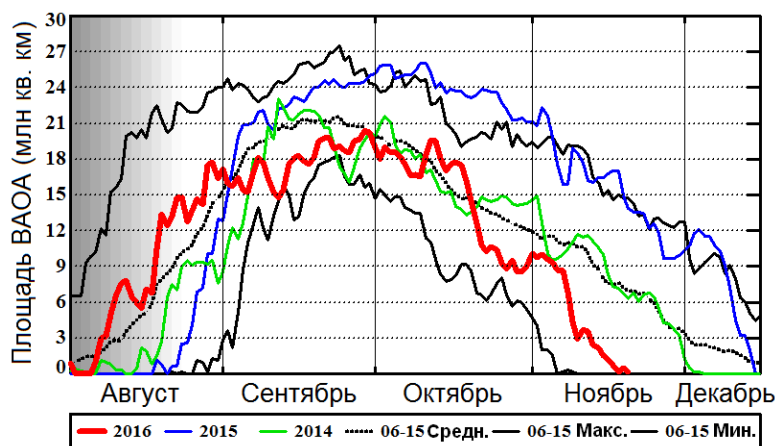


**Рисунок 13.4** - Ход среднегодовых (слева) и средних за март (справа) значений ОСО в отдельных пунктах наблюдений.

Как и в последние 30 лет, также имела место весенняя Антарктическая озоновая аномалия (ВАОА или "озоновая дыра"). Информацию 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, Россией, и спутниковых наблюдений аппаратурой производства США и западноевропейских стран. Площадь, занятой ВАОА, считают площадь территории, над которой ОСО меньше 220 е.Д.; ее временной ход в 2016 г., по данным NOAA, США, приведен на рис. 13.5.

По сравнению с ВАОА последнего десятилетия ВАОА 2016 г. рано началась и очень рано закончилась - устойчиво проявляться она стала в первой декаде августа и закончилась уже в середине ноября (рис. 13.5). По основным количественным показателям ВАОА 2016 г. в период максимального развития примерно соответствовала

средней за последние 10 лет. Хотя содержание так называемых озоноразрушающих веществ в атмосфере уменьшается достаточно медленно, появляется все больше свидетельств тенденции к уменьшению ВАОА, что, по-видимому, указывает на уже начавшее восстановление озонового слоя над Антарктидой.



**Рисунок 13.5** - Эволюция площади весенней Антарктической озоновой аномалии по данным аппаратуры SBUV/2 по данным NOAA, США (ранее наибольшие по площади ВАОА наблюдались в 1998 и 2006 гг.; для сравнения приведены средняя, максимальные и минимальные площади ОСО для каждого календарного дня в период 2006-2015 гг.).

## ВЫВОДЫ

- 2016 год был очень теплым: 5-й в ряду с 1936 г., средняя по РФ аномалия температуры  $+1.69^{\circ}\text{C}$  (базовый период 1961-90 гг.).

Первые 3 сезона года (зима 2015/16, весна и лето) были экстремально теплыми (ранги 2, 3, 1 соответственно) с рекордно теплым летом: аномалия температуры  $+1.78^{\circ}\text{C}$ , в основном обусловленная экстремально теплым августом. Период с января по сентябрь был рекордно теплым, но холодная вторая половина осени и близкий к норме декабрь уменьшили результирующую годовую аномалию.

Рекордно высокая аномалия температуры летом 2016 г. была обусловлена в основном отсутствием особо холодных дней в обширной области на севере и востоке ЕЧР, Урале, в Западной Сибири, на Алтае и в Прибайкалье. Особенно жаркие дни наблюдались в некоторых значительно меньших областях: район Ямала, Южный Урал, Камчатка.

- В целом по России осадки были выше нормы: 107% и близки к ожидаемым при наблюдаемой за 1976-2016 гг. средней скорости роста около 2.1% за 10 лет.

Наиболее значительные аномалии осадков в 2016 г. наблюдались зимой и осенью. Зима была исключительно снежной: 121% - 2-я среди наибольших сумм. В ЕЧР выпало 138% - исторический максимум. Много осадков было в Средней Сибири: 125% - 3-я среди наибольших величин. Напротив, осень была в основном сухой - 92% нормы. Огромная область сильного дефицита (менее 80% нормы, повсеместно 5%-е экстремумы) охватила север ЕЧР и Западной Сибири, центр Средней Сибири. В АЧР выпало 88% нормы - 4-я среди минимальных величин, меньше всего осадков выпало в Средней Сибири: 66% - исторический минимум.

- В период с 1976 по 2016 гг. на значительной части страны обнаружена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова. В среднем для России число дней со снегом сокращается на 1.01 дня за 10 лет. Наблюдается увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова в среднем по России на 1.98 см за 10 лет. Максимальная высота снега увеличивается на севере Западной Сибири, на побережье Охотского моря и дальневосточном юге, в центре ЕЧР, в Чукотском АО и на юге Камчатки.

Средний для страны в целом запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в поле увеличивался за период 1976 по 2016 гг. на 1.84 мм за 10 лет. По данным маршрутных наблюдений в лесу на территории России преобладают тенденции уменьшения максимального за зиму запаса воды в снеге.

Продолжительность залегания снежного покрова в 2015-2016 гг. в среднем по России была на 2.68 дня короче климатической нормы. Максимальные положительные аномалии отмечены на Алтае и в Саянах. Максимальные отрицательные аномалии залегания снежного покрова, отмеченные на севере Западной Сибири, в северо-восточных районах Якутии и на Чукотке, обусловлены поздним установлением снежного покрова. Отрицательные аномалии продолжительности залегания снежного покрова в северных и северо-западных областях ЕЧР обусловлены более ранним сходом снежного покрова.

Максимальная высота снежного покрова в среднем по России была близка к климатической норме, аномалия +1.98 см. Однако в отдельных регионах наблюдались значительные аномалии обоих знаков. На ряде станций превышены абсолютные максимумы высоты снежного покрова. Значительные положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова отмечены в центре и востоке ЕЧР, большей части Западной Сибири, в отдельных областях Якутии и Чукотского АО.

Максимальный запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России был значительно ниже нормы в лесу и близок к норме в поле. В центре и на юге Западной Сибири, на Алтае и Саянах значения максимального запаса воды в снеге в поле попали в первую десятку наибольших значений. Отрицательные аномалии запаса воды в снеге на обоих маршрутах отмечены на северо-западе ЕЧР и Камчатке.

- Вскрытие рек на всей территории России происходило раньше нормы. Особенно рано очистились реки запада ЕЧР в связи с аномально теплой погодой во второй и третьей декадах февраля, на один и даже два месяца раньше нормы. Реки азиатской части также вскрылись раньше срока, но в основном лишь на 1-2 недели. При вскрытии ото льда притока Северной Двины реки Сухона в нижнем ее течении сформировался мощный затор льда, вызвавший подъем уровня воды выше тела затора до неблагоприятных, а местами и до опасных отметок.

На многих реках ЕЧР и АЧР лед появился в сроки близкие к норме или до двух недель раньше. Заметно (до 1-2 недель) позже срока началось ледообразование на Печоре, отдельных участках Оби, Енисея

- Для СПО в целом 2016 г. был рекордно теплым с 1936 г. (аномалия 3.3°C), рекордным 2016 год был и в широтной зоне 70-85° с.ш. (3.9°C) и в зоне 60-70° с.ш. (2.7°C).

В целом для СПО в 2015/16 г. годовая сумма осадков была выше нормы (103.0 %) Наибольшая аномалия отмечена в теплый период в Североевропейском районе: 126.1%..

За период (1987-2016 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 2.4°C за 30 лет (или 0.79°C/10 лет). В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936-2016 гг. в СПО наблюдается тенденция их статистически значимого их увеличения со средней скоростью около 3 мм/10 лет.

В сентябре 2016 г. сезонный минимум площади льда в Северном Ледовитом океане достиг по данным ААНИИ (<http://www.aari.ru/datasets>) 4.45 млн кв. км.: 4-е минимальным значение (по данным центра по снегу и льду NSIDC, США, сентябрьский минимум площади несколько больше: 4.72 млн. кв. км., 5-й), В марте, когда наступает сезонный максимум площади льда, он оказался *самым низким* за период наблюдений.

- На 72% всех площадок мониторинга мощности сезонно-талого слоя многолетнемерзлых грунтов CALM на территории России в 2016 году

зафиксированы значения, превышающие средние многолетние.

Наблюдаемые тренды мощности СТС положительны за период 2002-2016 для всех площадок, кроме одной вблизи Якутска. Добавление 2016 года к рядам на площадках на Европейском севере, на севере Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и на Камчатке не вызвало заметного изменения значений тренда, в остальных регионах они заметно меняются с добавлением новых наблюдений.

- **Радиационный режим 2016 г.** характеризуется заметными внутригодовыми контрастами и региональными различиями. 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. В то же время зимой область отрицательных аномалий прямой радиации охватывала практически всю европейскую территорию России и Западную Сибирь от полярного круга до южной границы России. Важная особенность 2016г. – 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 на территории Европейской части России по-прежнему наблюдается восходящий тренд в изменении прямой солнечной радиации, наиболее выраженный в южных районах. В Средней и Западной Сибири, а также в прибрежных районах дальневосточных морей и в Приамурье, сохраняется наметившаяся в последнее десятилетие тенденция к снижению прямой радиации.

- 2016 г. стал рекордно теплым в тропосфере в низких широтах и в Северном полушарии в целом, и вторым самым теплым годом в умеренных и высоких широтах. 2015 и 2016 гг. являются двумя самыми теплыми для тропосферы годами в рядах осенних аномалий в низких широтах и Северном полушарии в целом, а также в рядах годовых аномалий в низких и умеренных широтах и Северном полушарии в целом.

2016 г. был рекордно холодным в нижней стратосфере в низких широтах и Северном полушарии в целом. Рекордно низкие температуры наблюдались также летом и осенью во всех широтных зонах за исключением высоких широт, а в низких широтах рекорд наблюдался также весной. Весной и осенью в высоких широтах аномалии положительные. Структура климатических трендов температуры, исследованных за период с 1981 г по 2016 г, подтверждает тенденции потепления в тропосфере и значительного похолодания в нижней стратосфере.

- Среднегодовая скорость ветра на территории России преимущественно, как и в 2015 году, ниже климатической нормы. Положительные аномалии средней за год скорости ветра в основном отмечены на Дальнем востоке и на юге страны. Наибольшее количество дней с сильным ветром ( $\geq 15$  м/с) наблюдалось на арктическом побережье страны и на побережье Тихого океана, но их было значительно меньше, чем в норме.

В тропосфере и нижней стратосфере над большей частью территории России преобладали отрицательные аномалии скорости ветра. Положительные аномалии в тропосфере наблюдались в районе Кавказских гор, в Приморском крае, на северо-востоке Дальнего Востока и на севере Сибири. Наибольшие отрицательные аномалии наблюдались осенью в центральной Сибири (до -6 м/с), а положительные – на юго-западе европейской части России (до 4,5 м/с). В нижней стратосфере положительные аномалии наблюдались на юго-западе ЕЧР, на Дальнем Востоке и на юге Сибири. Зимой преобладали положительные аномалии скорости ветра, до 8 м/с. Наибольшие отрицательные аномалии наблюдались в центральной Сибири осенью, достигая -6 м/с. В среднем за год значительных отклонений направления ветра от многолетнего среднего не наблюдалось.



В период с 1976 по 2016 гг. в целом по России, в ЕЧР и в Западной Сибири обнаружена тенденция уменьшения скорости ветра, особенно в зимний и осенний сезоны. В изменениях числа дней со скоростью ветра более 15 м/с также преобладают отрицательные тенденции, но весной на многих метеостанциях (особенно, в Западной Сибири) фиксируется рост числа дней с большими скоростями. Значимая тенденция уменьшения среднего по России числа дней с большими скоростями получена только для осенне-зимнего периода.

- Возобновление вегетации на территории земледельческой зоны РФ в 2016 г. наблюдалось на 1–19 суток раньше, чем в среднем за предшествующие двадцать лет (из-за теплой весны). Продолжительность периода вегетации ( $T > 5^{\circ}\text{C}$ ) превышала среднюю продолжительность на 1-14 суток, кроме Центрального ФО (на 3-е суток короче) и Дальневосточного ФО (на 2 суток короче).

Гидротермический коэффициент (май-август) был выше, чем в среднем за 1996–2015 гг. всюду, кроме Приволжского ФО, Уральского ФО и Сибирского ФО, это связано с тем, что в период роста и развития яровых зерновых сумма осадков во многих ФО была выше средней за 1996–2015 гг.

За период 1976 по 2016 гг. линейные тренды продолжительности вегетационного периода (периода с температурой воздуха  $> 5^{\circ}\text{C}$ ) и периода активной вегетации ( $T > 10^{\circ}\text{C}$ ). остаются положительными всюду, в среднем по РФ: 3.8 сут./10 лет и 3.7 сут./10 лет соответственно. Сохраняется положительная тенденция к росту весенних осадков на всей территории земледельческой зоны РФ (в среднем по РФ: 5.6 мм/10 лет). Оценки линейного тренда гидротермического коэффициента, характеризующего благоприятность температурно-влажностного режима для сельскохозяйственных культур (май-август) отрицательны (в среднем по РФ: -0.03 ед./10 лет), кроме Сибирского ФО и Дальневосточного ФО. Тренд индекса сухости положителен всюду в земледельческой зоне, за исключением Северо-Кавказского ФО.

- В 2016 году в целом на территории РФ отмечалось 988 опасных гидрометеорологических явлений (включая агрометеорологические и гидрологические), из них 380 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. Наиболее крупный ущерб нанесли сильные пожары на юге Восточной Сибири: в Иркутской области площади пожаров составили  $> 305$  тыс. га, в Бурятии  $> 150$  тыс. га. В результате очень сильного дождя 30 июня в Ростове-на-Дону пострадало 6 человек, из них один погиб. Очень сильный ветер 12 мая в Башкортостане стал причиной повреждений крыш жилых домов и муниципальных зданий, линий электропередач; в Амурской области 4 - 13 мая комплекс метеорологических явлений (сильный порывистый ветер при высокой пожарной опасности) стал причиной пожаров: в с. Малиновка Бурейского района сгорело 5 жилых домов (пострадали 17 человек), в г. Шимановск сгорел 1 жилой дом (пострадали 8 человек).

В 2016 году на территории России было зарегистрировано 590 случаев возникновения опасных метеорологических явлений и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений - максимум за все 18 лет наблюдений. По сравнению с 2015 г. в 2016 г. количество ОЯ и КМЯ в Северо-Западном, Приволжском, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах увеличилось на 19-49 %, а в Уральском, Сибирском и Дальневосточном ФО уменьшилось на 10-34%. Максимальное количество (134 случая) всех ОЯ и КМЯ, связанных, в основном, с сильными осадками, зафиксировано на территории Южного федерального округа. В течение всего периода с 1998 г. наблюдается рост числа метеорологических ОЯ и КМЯ на территории России

- Согласно полученным данным на станциях мониторинга парниковых газов Росгидромета, уровень концентраций  $\text{CO}_2$  в приземном слое атмосферы в 2016 году

достиг своего нового максимума. Среднегодовое значение концентрации диоксида углерода приблизилось к  $405 \text{ млн}^{-1}$  для всех арктических станций, средние месячные концентрации превысили значение  $410 \text{ млн}^{-1}$ . Увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  за год превысило  $3 \text{ млн}^{-1}$  для всех 3-х арктических станций. Содержание диоксида углерода в приземном слое атмосферы центрального района ЕЧР составляло  $415\text{--}463 \text{ млн}^{-1}$ . Данные свидетельствуют о тенденциях роста содержания  $\text{CO}_2$  в приземном слое атмосферы за весь период наблюдений.

В 2016 г. продолжился рост концентраций метана: среднегодовое значение  $\text{CH}_4$  увеличилось более, чем на  $20 \text{ млрд}^{-1}$  на станции Териберка, на  $4 \text{ млрд}^{-1}$  на станции Тикси и  $6 \text{ млрд}^{-1}$  на станции Обнинск. Данные, полученные на станции Приокско-Террасного заповедника, свидетельствуют о незначительном ( $-1 \text{ млрд}^{-1}$ ) уменьшении концентрации метана по сравнению с уровнем 2015 года. Уровень содержания метана в приземном слое атмосферы в 2016 году изменялся от  $2034$  до  $2040 \text{ млрд}^{-1}$  в центральном районе ЕЧР и от  $1910$  до  $2070 \text{ млрд}^{-1}$  – на станциях в северных районах РФ. Повышенные уровни концентрации метана и амплитуда сезонной изменчивости на станции Новый Порт свидетельствуют о влиянии региональных источников.

- Уровень общего содержания озона практически над всей территорией России в течение 2016 г. был ниже наблюдаемого в конце 1970-х гг. примерно на 4 % и близок к среднему, наблюдаемому в последние полтора десятилетия.

Особенностью 2016 г. стало появление первой в истории наблюдений озоновой "мини-дыры" над севером Урала и Сибири в первой половине года. "Мини-дыра" наблюдалась в течение 5 суток в конце января и в максимуме достигала площади около  $3 \text{ млн кв. км}$ . Оценки химических потерь озона в высоких широтах Северного полушария оказались одними из крупнейших за весь период наблюдений с 1973 г. С учетом неожиданного возникновения крупных озоновых аномалий 2011 г. и 2016 г., а также неопределенности тенденций изменения температуры в стратосфере высоких широтах Северного полушария в будущем в Арктике возможно появление более крупных озоновых аномалий в зимне-весенний период.

Весенняя Антарктическая озоновая аномалия 2016 г. была сравнительно невелика, что, по-видимому, указывает на тенденцию ее уменьшения.