

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И
МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

ДОКЛАД
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТА
НА ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЗА 2013 ГОД

Москва, 2014 г.

RUSSIAN FEDERAL SERVICE FOR HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING
(ROSHYDROMET)

A REPORT
ON CLIMATE FEATURES
ON THE TERRITORY
OF THE RUSSIAN FEDERATION
IN 2013

Moscow, 2014

УДК 551.5
ББК 26.2
Д 63

**Д 63 Доклад об особенностях климата на территории
Российской Федерации за 2013 год. – Москва, 2014. –
109 стр.**

В Докладе представлены результаты регулярного мониторинга климата Российской Федерации, ведущегося НИУ Росгидромета, за 2013 г. Приводятся данные о наблюдавшихся в 2013 году аномалиях различных климатических переменных, агроклиматических условиях и опасных гидрометеорологических явлениях года, а также тенденции современных изменений климата на территории РФ и над Северным полушарием (температура свободной атмосферы). Доклад является официальным изданием Росгидромета.

УДК 551.5
ББК 26.2

Настоящий ДОКЛАД подготовлен коллективом НИУ Росгидромета:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ФГБУ ИГКЭ, 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
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ ААНИИ)	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 А.М. Стерин Н.Н. Коршунова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии» (ФГБУ ВНИИСХМ)	В.Н. Павлова Е.В. Абашина
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ ГГИ)	О.А. Анисимов, Е.Л. Жильцова, Ю.Г. Забойкина, В.А. Кокорев
Федеральное государственное бюджетное учреждение ГУ «Главная Геофизическая обсерватория» (ФГБУ ГГО)	Е.И. Хлебникова, И.А. Салль, В.В. Стадник Н.Н. Парамонова, А.В. Зинченко
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации» (ФГБУ Гидрометцентр РФ)	Н.С. Сидоренков, А.Д. Голубев С.В. Борщ
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральная аэрологическая обсерватория» (ФГБУ ЦАО)	А.М. Звягинцев Г.М. Крученицкий Н.С. Иванова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт» (ФГБУ ВГИ)	А.А. Ташилова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное объединение "Тайфун"» (ФГБУ НПО «Тайфун»)	В.Н. Арефьев, В.Н. Вишератин, Ф.В. Кашин

с участием и при координации

Начальник Управления научных программ, международного сотрудничества и информационных ресурсов (УНМР) Росгидромета	В.Г. Блинов
Главный специалист-эксперт УНМР Росгидромета	В.В. Кузнцова
Заместитель начальника отдела Управления гидрометеорологии и технического развития Росгидромета	Т.Р. Жемчугова

СОДЕРЖАНИЕ
TABLE OF CONTENTS

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО.....	6
OPENING ADDRESS	
ВВЕДЕНИЕ	8
INTRODUCTION	
1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	10
SURFACE AIR TEMPERATURE	
2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	23
PRECIPITATION	
3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2012/2013 гг.	36
SNOWCOVER IN WINTER 2012/13	
4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК	46
RIVER FREEZE-UP AND SPRING BREAK	
5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ	50
NORTH POLAR REGION	
6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА	59
PERMAFROST	
7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	64
CLIMATIC AGRICULTURE CONDITIONS	
8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	76
DANGEROUS HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS	
9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ	80
SOLAR RADIATION	
10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ.....	87
TEMPERATURE IN FREE ATMOSPHERE	
11. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ	94
GREENHOUSE GASES	
12. ОЗООНОВЫЙ СЛОЙ	103
OZONE LAYER	
ВЫВОДЫ	106

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Настоящий Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2013 году является официальным изданием Росгидромета. Он продолжает ежегодную серию докладов, начатую в 2005 г. в ответ на постоянные запросы федеральных органов исполнительной власти, средств массовой информации и общественности о достоверной информации по вопросам наблюдающихся аномалий и изменений климата. Доклад является авторитетным источником информации о состоянии и тенденциях изменения климата на территории Российской Федерации. Материалы Доклада подготовлены на основе данных государственной наблюдательной сети Росгидромета по апробированным и утверждённым методикам. Доклад содержит сведения об основных особенностях климатического режима на территории Российской Федерации и её регионов в 2013 году.

Для России прошедший 2013 год оказался очень тёплым: шестым среди наиболее тёплых лет за период инструментальных наблюдений с 1886 г. Средняя за год температура по России на 1.52°C превзошла норму (среднюю за период 1961-90 гг.) и на 0.45°C превысила температуру предыдущего 2012 г., который был лишь 12-м в ряду наблюдений. Средняя за год глобальная приземная температура воздуха в 2013 г. была выше нормы на $+0.50^{\circ}\text{C}$. Это 6 - 7-я величина в ряду глобальной температуры; такая же наблюдалась в 2007 г..

На территории России в целом за год и во все сезоны, кроме зимы, продолжается потепление. Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха с 1976 по 2013 гг. в целом по России ($0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет) более чем в два раза превысила скорость роста глобальной температуры. Важно отметить, что если средняя глобальная температура с начала 21-го века постепенно стабилизировалась, то средняя по России температура продолжает расти.

Основные сезонные особенности температурного режима 2013 года в России - очень тёплая осень (отклонение от нормы $+1.99^{\circ}\text{C}$: 3-я с 1936 г.) и лето ($+1.29^{\circ}\text{C}$: 5-е с 1936 г.). Ноябрь 2013 г. был самым тёплым за весь период инструментальных наблюдений (выше нормы на 5.30°C).

В Арктике 2013 год был умеренно тёплым: в среднем за год температура Северной полярной области была на 1.4°C выше нормы, 11-й с 1936 г. Лишь летом наблюдалась температура, близкая к максимальной: 2-я с 1936 г. Площадь морского льда в 2013 г. вновь возросла (на фоне наблюдавшегося в последние два десятилетия резкого сокращения) и достигла в сентябре 5.35 млн. км^2 (в сентябре 2012 года она составляла 3.61 млн. км^2).

В атмосфере Северного полушария продолжается потепление в тропосфере и значительное похолодание в нижней стратосфере.

По количеству выпавших осадков 2013 год был экстремальным. Годовая сумма осадков за год по России оказалась максимальной за период с 1936 г. Также максимальной была сумма осадков весеннего сезона, а осенью – 2-я за время наблюдений. Зимой 2012/13 гг. максимальная высота снежного покрова в среднем по России была на 8.9 см выше нормы: это 2-е по величине значение с 1966 года. Год был также рекордным по максимальному за зиму запасу воды в снеге в среднем по России: в бассейнах большинства крупных рек Европейской части России и Сибири он превышал норму на 20-70%. В период с 1976 по 2012 гг. на территории России преобладала тенденция к

уменьшению продолжительности залегания снежного покрова, и в то же время - к увеличению его высоты.

По сравнению с прошлым 2012 г. агрометеорологические условия сельскохозяйственного года в 2013 г. можно оценить как более благоприятные для большей части земледельческой зоны России. Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур была выше нормы 1961-90 гг., но ниже средних за последнее десятилетие. Показатели увлажнённости в целом для России были достаточно благоприятны. Однако, в ряде регионов, особенно на Южном Урале, в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах, климатические условия для урожая пшеницы были хуже, чем в среднем за пять лет с 2008 по 2012 гг.

В целом, на территории земледельческой зоны России в 2013 г. условия формирования урожая (биомассы) многолетних трав следует оценить как более благоприятные, чем в среднем за предшествующее пятилетие. Максимально благоприятные условия зафиксированы на Северном Кавказе. Среднее значение аномалии биоклиматического потенциала для территории земледельческой зоны составило 4,5%. Положительная аномалия биологической продуктивности пахотных земель составила 12,9% по отношению к 2012 г.

Общее число опасных гидрометеорологических явлений (включая агрометеорологические и гидрологические) в 2013 г. составило 963 (в 2012 году - 987), в том числе 455 явлений (в 2012 году - 469) нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. По-прежнему значительную часть составляют локальные конвективные явления (ливень, град, шквал), отмечавшиеся в весенне-летний период - около 25%. Наводнение 2013 года в бассейне реки Амур, охватившее огромные территории российского Дальнего Востока и северных районов Китая, стало одним из самых крупных стихийных бедствий последнего десятилетия - по продолжительности, площади распространения, по масштабу экономических потерь.

Впервые в Докладе представлены данные об изменении концентрации парниковых газов в атмосфере, полученные на станциях мониторинга парниковых газов Росгидромета. Ряды наблюдений, полученные в фоновых условиях на станции Териберка, подтверждают тенденцию к росту концентрации двуокиси углерода, которая за последнее десятилетие составила 21 млн^{-1} (5.7%).

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации основан на результатах регулярного мониторинга климата на территории Российской Федерации, ведущегося оперативно-производственными и научно-исследовательскими организациями Росгидромета и являющегося важным звеном поэтапной реализации Климатической доктрины Российской Федерации. Представленные в Докладе данные и информация будут полезны широкому кругу пользователей - населению, СМИ, органам государственной власти, лицам принимающим решения в экономике, бизнесе, в науке при разработке мер по адаптации к изменению климата и смягчению их неблагоприятных последствий.



Руководитель Росгидромета,
А.В. Фролов

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 2013 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. 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), кончающийся 2013 годом. Временные ряды приводятся, в основном, для средних годовых и сезонных аномалий рассматриваемых величин, осредненных по всей территории РФ и по территории избранных физико-географических регионов (рис.1) и федеральных округов (рис.2).



Рисунок 1 — Физико-географические регионы РФ, рассматриваемые в Докладе

В Доклад добавлен раздел «Парниковые газы», где рассматриваются наблюдаемые на станциях мониторинга парниковых газов (ПГ) Росгидромета тенденции изменения содержания в атмосфере двуокси углерода и метана.

В разделы «Температура воздуха» и «Атмосферные осадки» добавлены оценки трендов по данным некоторых станций в горных и предгорных районах Северного Кавказа.

Расширен раздел «Агроклиматические условия».

Все основные оценки, приведенные в Докладе, получены с использованием данных гидрометеорологических наблюдений на станциях государственной наблюдательной сети Росгидромета (ссылки на списки используемых станций приведены в соответствующих разделах Доклада). Аномалии определены как отклонения наблюдаемых значений от

«нормы», за которую принято многолетнее среднее за базовый период (в большинстве случаев в качестве базового используется период 1961-1990 гг.; в некоторых случаях, когда это было по тем или иным причинам нецелесообразно или невозможно, выбор базового периода специально оговорен в тексте). В качестве дополнительных характеристик аномалий используются показатели, основанные на функции распределения (вероятности непревышения, процентиля) и порядковые статистики (ранги); периоды для оценки этих статистик специально оговариваются в каждом случае.



Рисунок 2 – Федеральные округа Российской Федерации

Доклады за предыдущие годы можно найти на Интернет-сайте Росгидромета <http://www.meteorf.ru> и ИГКЭ: <http://climatechange.igce.ru>. Дополнительная информация о состоянии климата на территории РФ и бюллетени оперативного мониторинга климата регулярно размещаются на веб-сайтах НИУ Росгидромета: ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (<http://climatechange.igce.ru/>), ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (<http://www.meteo.ru/climate>), ФГБУ «Гидрометцентр России» (<http://meteoinfo.ru>, <http://seakc.meteoinfo.ru>), ФГБУ «ГГО» (<http://voeikovmgo.ru>), ФГБУ «ААНИИ» (<http://www.aari.ru/main.php>).

1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Данные. В докладе использованы данные о температуре приземного воздуха месячного разрешения на сети 455 метеостанций РФ, стран СНГ и Балтии (каталог станций см. на сайте <http://climatechange.su>), из которых 310 станций расположены на территории РФ. Данные текущего года получены из телеграмм КЛИМАТ.

Приводятся оценки аномалий метеорологических величин относительно стандартного базового периода 1961-90 гг., показателей аномальности и изменений климата в точках расположения станций и их региональные обобщения для всей территории РФ и регионов, изображенных на рис. 1 и 2 (см. Введение).

Рассматриваются осредненные оценки для календарных сезонов и года в целом, а также месячные данные для детализации. Зимний сезон включает декабрь предыдущего года. Среднегодовые значения относятся к календарному году, т.е. к интервалу времени с января по декабрь рассматриваемого года.

Осреднение по площади выполняется как взвешенное осреднение станционных аномалий климатических переменных с весами, учитывающими плотность сети в окрестности станции. Территория региона покрывается сеткой 2.5 градуса широты на 5 градусов долготы, и в каждой ячейке сетки рассчитывается среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях (таким образом, каждая станция получает вес, обратно пропорциональный плотности сети). Затем выполняется взвешенное осреднение средних по ячейкам с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Особенности температурного режима в 2013 г.

2013 год в целом был очень теплым: средняя годовая температура воздуха, осредненная по территории РФ, в 2013 году, превысила норму (среднее за 1961-1990 гг.) на 1.52°C (6-я величина с 1936 г.), что на 0.45°C выше температуры 2012 г., который был лишь 12-м в ряду наблюдений. Все кроме одной аномалии (1995г.: +2.04°C), превышающие текущую, относятся к последнему десятилетию. Особенно теплыми были лето: аномалия (отклонение от нормы) +1.29°C: 5-я по величине с 1936 г., и осень: +1.99°C: 3-я величина в ряду.

Ход средних годовых и сезонных аномалий температуры, осредненных по территории РФ, приведен на рис. 1.1. Показан также линейный тренд с 95%-й доверительной полосой и приведены оценки коэффициента линейного тренда и его вклада в суммарную дисперсию.

Географические распределения средних годовых и сезонных аномалий температуры 2013 года представлены на рис. 1.2. Градации аномалии показаны цветной заливкой. Кружками белого и желтого цвета указано местоположение станций, на которых осуществились значения температуры ниже 5-го процентиля (отрицательные, или 5%-е экстремумы) и выше 95-го процентиля (положительные, или 95%-е экстремумы); значения процентилей были получены для каждой станции по данным соответствующего сезона за 1936-2012 гг.

В дополнение к точечным оценкам (рис. 1.2), в таблице 1.1 приведены количественные данные об аномалиях температуры, осредненных по площади шести физико-географических регионов, восьми федеральных округов и территории РФ в целом (границы регионов приведены на рис. 1 и 2 Введения). Для каждого региона и сезона в таблице приведено значение аномалии и вероятность непревышения, оцененная по выборке 1936-2012 гг. Данные таблицы 1.1 характеризуют особенности температурных условий в целом для территории региона (федерального округа).

Изменение температурных условий в от месяца к месяцу показано на рис. 1.3 (с декабря 2012 г. по ноябрь 2013 г.) и на рис. 1.5 (для декабря 2013 г.).

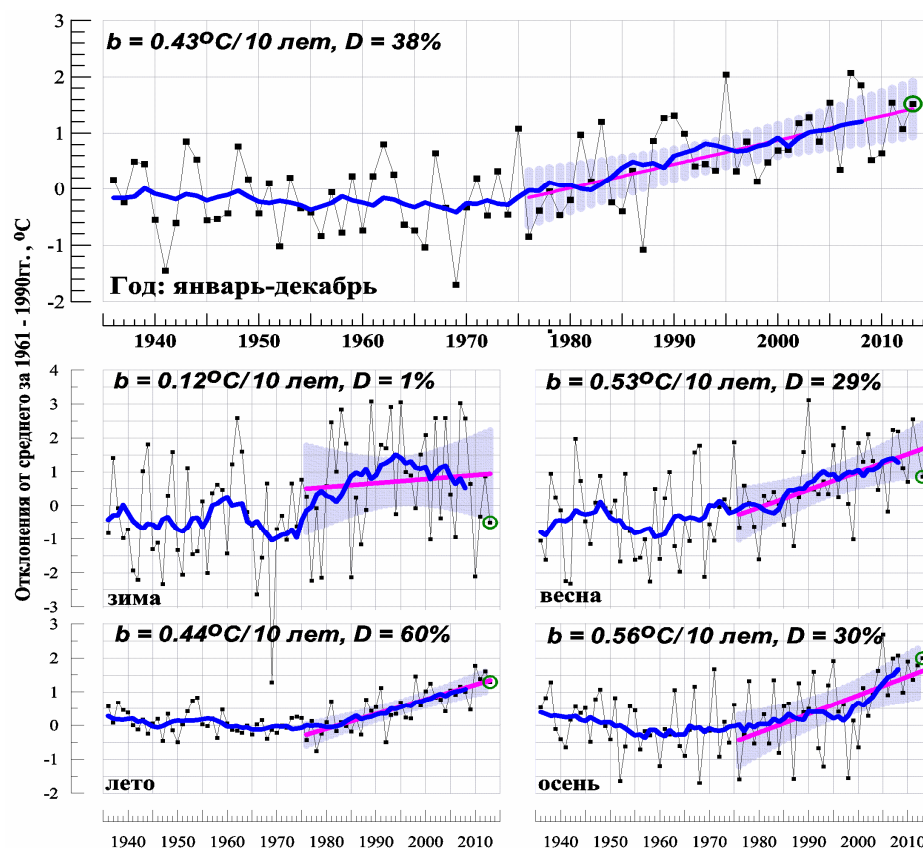


Рисунок 1.1 – Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2013 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2013 гг. с 95%-й доверительной полосой; b - коэффициент тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), D - вклад в суммарную дисперсию (%).

Приведенные материалы позволяют выделить следующие основные особенности температурного режима на территории РФ в 2013 г.

Аномалии среднегодовой температуры воздуха были положительны на всей территории страны (верхний фрагмент рис. 1.2) : максимальные значения до $+2^{\circ}\text{C}$. На многих станциях европейской части РФ (ЕЧР), на Алтае, на юге Якутии, на Сахалине отмечены 95%-е экстремумы среднегодовой температуры.

Зима. Осредненная по территории РФ зимняя аномалия температуры составила -0.5°C , заметно ниже середины (медианы) выборки наблюдений с 1936 г.: вероятность непревышения 36%. Во всех физико-географических регионах и федеральных округов, кроме ЕЧР и входящих в него ФО, наблюдались отрицательные региональные аномалии температуры, которые однако по модулю не превышали стандартного отклонения. Из федеральных округов следует отметить Северо-Кавказский ФО (СКФО), где зима была очень теплой: сезонная аномалия температуры $+2.27^{\circ}\text{C}$ - шестая величина в ряду, и Южный ФО (ЮФО: аномалия $+2.42^{\circ}\text{C}$, вероятность непревышения 83%).

Распределения локальных аномалий температуры (рис. 1.2, зима) согласуются с региональными оценками, но дополнительно указывают на области тепла (выше нормы) на Камчатке, в Хабаровском крае, на Сахалине и в районе Обской губы.

Наиболее холодные условия сложились в южной части Сибирского ФО (СФО: сезонные аномалии до -4°C) за счет очень холодного декабря 2012 г., а также на северо-западе Якутии в нижнем течении Лены и на севере Дальневосточного ФО (ДФО), севернее Пенжинской губы (сезонные аномалии до -4.5°C).

Январь. Средняя по территории РФ январская аномалия температуры была близка к норме: -0.09°C . Положительные аномалии наблюдались везде в ЕЧР, максимальные – в ЮФО и на Кольском п-ове (до $+4^{\circ}\text{C}$).

В азиатской части РФ (АЧР) наблюдались в основном отрицательные аномалии температуры, не столь значительные, как в декабре; наиболее холодные условия наблюдались на Северном Урале (аномалии до -4.9°C), на севере Иркутской области и на юге Якутии (аномалии до -5.5°C), в Магаданской области (аномалии до -3.8°C). Очаги тепла отмечались на Алтае, Камчатке, севере Хабаровского края.

Февраль. Февраль в целом был теплым: осредненная по территории РФ февральская аномалия температуры составила $+1.14^{\circ}\text{C}$. Однако наблюдался значительный контраст западной и северо-восточной частей РФ. Очень тепло было на ЕЧР и в Уральском ФО (УФО) – на всех станциях здесь наблюдались значительные аномалии температуры: на севере ЕЧР более $+6^{\circ}\text{C}$.

Очень холодно было на северо-востоке СФО и севере ДФО: здесь на многих станциях наблюдались аномалии ниже 5-го процентиля, в Магаданской области аномалии достигали -9.8°C . Февральская аномалия температуры, осредненная по региону Восточная Сибирь составила -4.14°C – это третья минимальная величина в ряду. Отрицательные аномалии наблюдались вдоль южных границ РФ от Тывы до Приморья с аномалиями до $-1.5.. -2^{\circ}\text{C}$. Между этими двумя областями холода располагалась полоса слабых положительных аномалий: в центральной части СФО, в центральной части ДФО (юг Якутии и Хабаровского края, Сахалин).

Весна. Весна была умеренно теплая. Отклонение от нормы средней по РФ температуры $+0.85^{\circ}\text{C}$; вероятность неперевышения 71.4% с 1936 г. (за 77 лет), но только 40% за последние два десятилетия, т.е. весна была даже несколько холоднее медианы последнего 20-летия. Обширная область отрицательных аномалий (до -2°C) сформировалась на ЕЧР, севернее 55°с.ш. , охватив также и значительную часть Западной Сибири (исключая северные районы). Незначительно холоднее нормы было в Забайкалье и Приморье. На остальной территории весна была теплее обычного. Экстремально тепло было в ЮФО и СКФО: региональные аномалии $+2.48^{\circ}\text{C}$ и $+1.86^{\circ}\text{C}$, ранг 2. Максимальная по региону сезонная аномалия зафиксирована в Краснодаре: $+3.1^{\circ}\text{C}$. Значительные аномалии тепла наблюдались также в Чукотском АО (до $+6^{\circ}\text{C}$) и на Алтае (до $+4^{\circ}\text{C}$). На многих станциях этих территорий наблюдались 95%-е экстремумы.

Март. Март был холодным. Осредненная по территории РФ мартовская аномалия температуры составила -1.56°C : за последние 20 лет лишь один март (1999 г.) был холоднее. На большей части страны наблюдались значительные отрицательные аномалии, наиболее холодно было на Северном Урале, в республике Коми – аномалии до -10.1°C (станция Хоседа-Хард). Практически везде в северной половине ЕЧР. наблюдались температуры ниже 5-го процентиля. Лишь на юге ЕЧР и далее на Южном Урале и на юге Сибири (до Байкала) было тепло, причем на станциях Алтая температура была выше 95-го процентиля, аномалии до $+10.4^{\circ}\text{C}$. Тепло было также в Магаданской области, в Чукотском АО.

Апрель. Осредненная по территории РФ апрельская аномалия температуры составила $+2.02^{\circ}\text{C}$ (более высокие температуры с 1936 года встречались в среднем 1-2 раза в 10 лет). Почти на всей территории РФ тепло, очень тепло – в АЧР, особенно на северо-востоке Якутии и в Чукотском АО, где во многих пунктах температуры превышали 95-й процентиль, аномалии достигали $+9.2^{\circ}\text{C}$ (станция Островное). Апрельская аномалия температуры, осредненная по территории региона Восточная Сибирь составила $+4.02^{\circ}\text{C}$ – (вторая после рекордного значения $+4.23^{\circ}\text{C}$ в 1954 году). Холодно было лишь в горах Забайкалья (до -3.6°C - станция Калакан) и в Приамурье и Приморье (до -2.2°C).

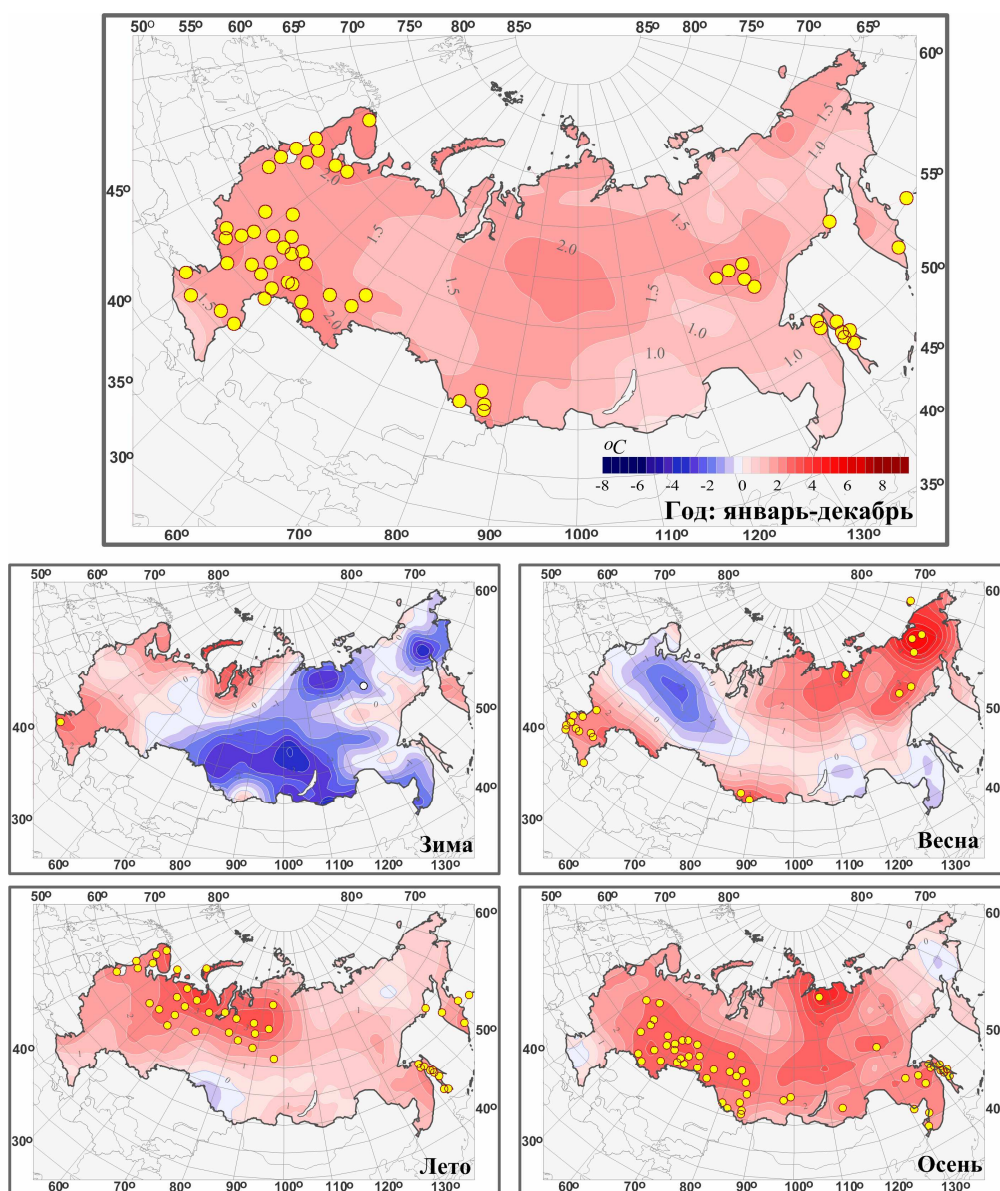


Рисунок 1.2 –Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории РФ в 2013 г. (отклонения от средних за 1961-1990 гг.) с указанием локализации 5%-х (белые кружки) и 95%-х (желтые кружки) экстремумов.

Май. Май на большей части РФ был теплым: осредненная по территории РФ майская аномалия температуры составила $+2.02^{\circ}\text{C}$ (4-я в ряду наблюдений). Выделяются две крупные области экстремальных аномалий тепла (выше 95-го перцентиля): на большинстве станций запада и юга ЕЧР (на юге ЦФО аномалии достигали $+5.1^{\circ}\text{C}$) и на севере СФО и в ДФО (до $+8^{\circ}\text{C}$ на северо-западе Якутии). Майские аномалии температуры, осредненные по регионам: ЕЧР, Средняя Сибирь, Восточная Сибирь, составили $+2.76^{\circ}\text{C}$, $+3.24^{\circ}\text{C}$, $+2.71^{\circ}\text{C}$ – пятая, третья и третья среди наибольших величин в соответствующих рядах. Холодно было на юге УФО и СФО (аномалии до -2.5°C).

Лето. Лето для РФ в целом было очень теплым, средняя по территории аномалия температуры $+1.29^{\circ}\text{C}$ (пятая величина в ряду наблюдений, т.е. более теплое лето с 1936 г. бывало в среднем примерно раз в 20 лет). Следует отметить, что три из четырех более высоких, чем в 2013 году, значений аномалии весенней температуры наблюдались непосредственно в предшествующие годы: 2012, 2011 и 2010 – абсолютный максимум, $+1.77^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1.1 – Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха, осредненные по территории РФ, ее регионов и федеральных округов в 2013 г.: νT_{2013} - отклонения от средних за 1961-1990 гг. (°C); **P** - вероятности непревышения $P(t \leq T_{2013})$, рассчитанные по данным за 1936-2012 гг. (%).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	νT_{2013}	P	νT_{2013}	P	νT_{2013}	P	νT_{2013}	P	νT_{2013}	P
РФ										
	1.52	93.5	-0.5	36.4	0.85	71.4	1.29	94.8	1.99	97.4
Физико-географические регионы РФ										
ЕЧР	1.82	97.4	1.23	61.0	0.35	64.9	1.84	92.2	1.90	89.6
Западная Сибирь	1.57	92.2	-0.94	37.7	0.21	51.9	1.02	87.0	2.48	97.4
Средняя Сибирь	1.57	81.8	-1.76	23.4	1.23	74.0	1.17	86.9	2.39	89.6
Прибайкалье и Забайкалье	1.03	83.1	-2.19	13.0	0.28	54.5	0.65	66.2	2.10	90.9
Приамурье и Приморье	1.10	88.3	-0.62	33.8	-0.08	50.6	1.50	94.8	2.03	97.4
Восточная Сибирь	1.41	89.6	-0.41	40.3	2.62	93.5	1.04	84.4	1.07	64.9
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	1.86	92.2	1.10	57.1	-0.91	29.9	2.42	98.7	2.10	92.2
Центральный	1.83	96.1	1.10	53.2	0.43	64.9	1.83	87.0	1.92	90.9
Приволжский	1.91	97.4	0.88	61.0	0.64	70.1	1.60	87.0	2.53	97.4
Южный	1.85	97.4	2.42	83.1	2.48	98.7	1.40	83.1	0.67	67.5
Северо-Кавказский	1.28	96.1	2.27	93.5	1.86	98.7	0.89	70.1	0.19	51.9
Уральский	1.52	84.4	-0.13	44.2	-0.40	39.0	1.85	94.8	2.45	92.2
Сибирский	1.45	88.3	-2.06	16.9	0.74	58.4	0.74	79.2	2.27	92.2
Дальневосточный	1.33	90.9	-0.70	27.3	1.69	87.0	1.13	89.6	1.71	92.2

Примечание. Жирным шрифтом выделены положительные аномалии, попавшие в число трех наибольших значений (ранг 1, 2 или 3) за период наблюдений с 1936 г.

Экстремально теплые условия наблюдались на многих станциях севернее 60° с.ш.: на ЕЧР, в Западной и Средней Сибири, а также на Сахалине и Камчатке. Максимальная сезонная аномалия зафиксирована в Ненецком АО на станции Хоседа-Хард (+3.9°C).

Слабые отрицательные аномалии наблюдались на Алтае (за счет июня-июля).

Осредненные по регионам РФ летние аномалии температуры положительны для всех регионов (таблица 1.1).

Положительные аномалии преобладали на территории РФ во все три летних месяца.

Июнь. Осредненная по территории РФ аномалия температуры +1.63°C – пятая величина в ряду наблюдений.

Температура выше 95-го перцентиля отмечена на северо-западе ЕЧР (на станциях Ленинградской, Псковской областей и Карелии, максимальная аномалия +4.2°C в Санкт-Петербурге), на Среднесибирском плоскогорье (до +4.6°C) и на Сахалине (до +3.7°C). В среднем по региону ЕЧР аномалия составила +2.73°C – третий максимум в ряду наблюдений с 1936 г.

Отрицательные аномалии температуры наблюдались на юге Западной Сибири (минимальная аномалия -2.7°C на станции Купино Новосибирской области).

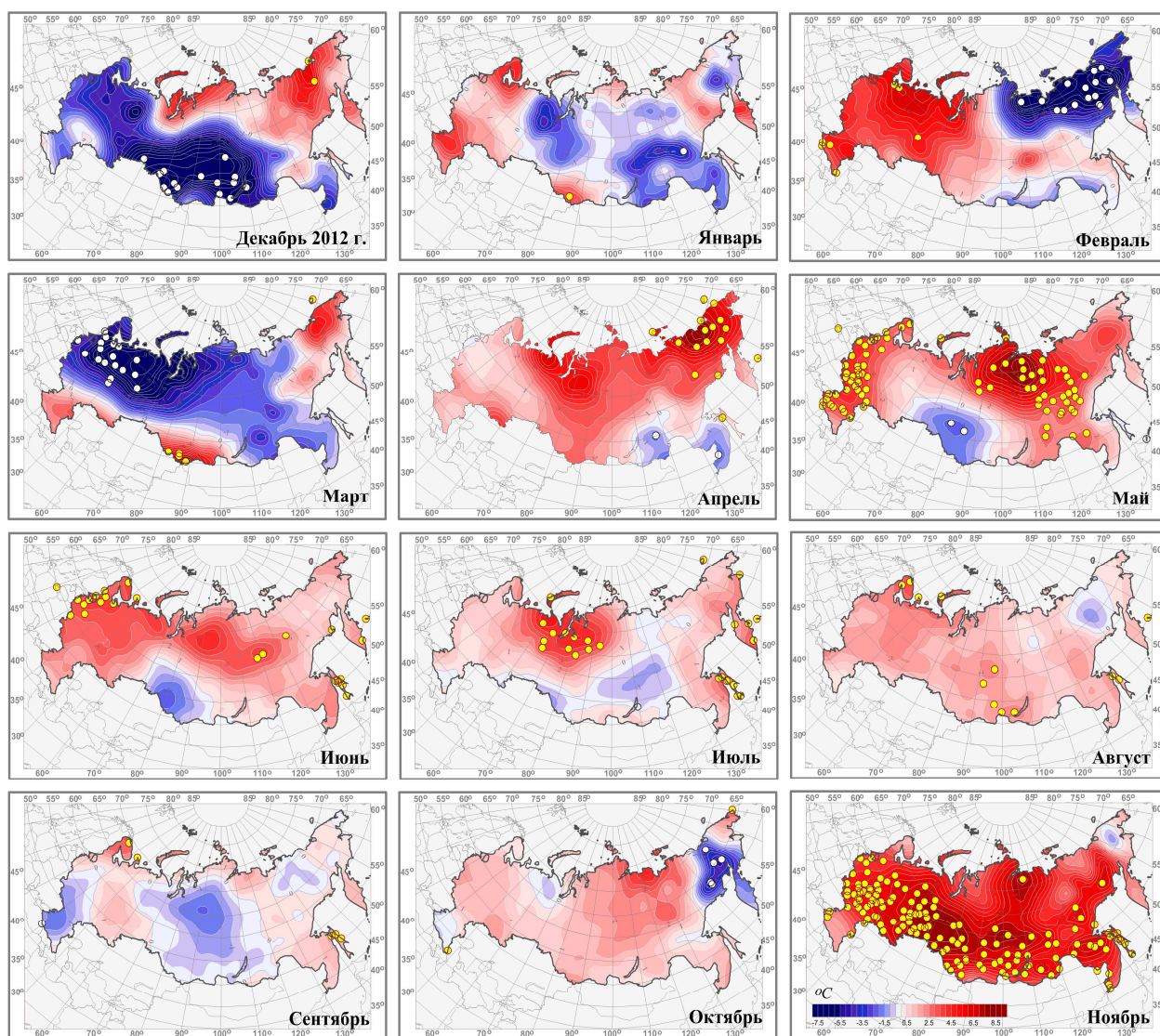


Рисунок 1.3 – См. рис. 1.2, но для среднемесячных аномалий (с декабря 2012 г. по ноябрь 2013 г.)

Июль. Осредненная по территории РФ июльская аномалия температуры $+0.88^{\circ}\text{C}$ (ранг 14).

Аномально теплые условия наблюдались на северо-востоке ЕЧР, на севере Западной и Средней Сибири и вдоль дальневосточного побережья. Температура выше 95-го перцентиля зафиксирована на большинстве станций Северного Урала, в низовьях Оби и Енисея (до $+5.2^{\circ}\text{C}$, ст. Хоседа-Хард), на Сахалине и Камчатке (до $+3.8^{\circ}\text{C}$, ст. Петропавловск-Камчатский).

Область отрицательных аномалий наблюдались на юге Западной Сибири и к северу от Байкала. Аномалии ниже -1°C наблюдались на Алтае и в верховьях Ангары и Лены.

Август. Средняя по РФ аномалия температуры составила $+1.38^{\circ}\text{C}$ - третий максимум в ряду наблюдений. Очень тепло было вдоль побережья Белого и Баренцева морей. Здесь на отдельных станциях температура была выше 95-го перцентиля (максимальная аномалия зафиксирована в Мурманске: $+3.5^{\circ}\text{C}$). Аномалии выше 95-го перцентиля наблюдались также на ряде станций Красноярского края (до $+2.6^{\circ}\text{C}$, ст. Байкит) и на Сахалине. Небольшая область отрицательных аномалий отмечена в Магаданской области.

Осень. Осень была наиболее аномальным сезоном 2013 г. Осредненная по территории РФ осенняя аномалия $+1.99^{\circ}\text{C}$ – третья величина в ряду наблюдений с 1936 года. Тепло было практически на всей территории страны, кроме отдельных районов СКФО и Чукотского АО. Сезонные 95%-е экстремумы наблюдались в Среднем Поволжье, на Южном Урале, юге Западной Сибири, в Приморье и на Сахалине. Осредненные по физико-географическим регионам и ФО РФ температуры были среди 10-ти самых высоких за период наблюдений (кроме региона Восточная Сибирь и Южного и Северо-Кавказского ФО). Особенно тепло в Западной Сибири и в Приамурье и Приморье (аномалии: 2.48°C , 2.03°C – третьи максимальные значения в рядах).

Следует отметить, что аномально теплая осень в целом сложилась за счет единственного месяца – ноября; сентябрь был прохладным, а октябрь – лишь умеренно теплым.

Сентябрь. Сентябрь в среднем по РФ был прохладным. Осредненная по территории РФ сентябрьская аномалия температуры несколько ниже нуля: -0.08°C , но за последние 20 лет наблюдалось всего 4 более холодных сентября.

На территории РФ не наблюдалось значительных аномалий. Максимально тепло было в Карелии и на Кольском полуострове (аномалия до $+2.9^{\circ}\text{C}$), холодно (до -2.2°C) – на юге и юго-западе ЕЧР на большей части УФО и СФО. На Сахалине на большинстве станций температура была выше 95-го перцентиля.

Октябрь. Осредненная по территории РФ октябрьская аномалия температуры $+0.81^{\circ}\text{C}$.

Очень холодно было в Магаданской области, на западе Чукотского АО, на Камчатке, на ряде станций отмечались температуры ниже 5-го перцентиля (аномалия до -5°C). Небольшие отрицательные аномалии (около -1°C) отмечены на юге ЕЧР и на Северном Урале. Практически на всей остальной территории – тепло, особенно на севере Якутии (до $+4.5^{\circ}\text{C}$).

Ноябрь. Ноябрь практически всюду был экстремально теплым. Регионально осредненные аномалии температуры во всех регионах, кроме Средней и Восточной Сибири, перекрыли исторические рекорды в соответствующих рядах. Средняя по РФ аномалия $+5.30^{\circ}\text{C}$ на 1.60°C превзошла предыдущий максимум 2010 г.: $+3.70^{\circ}\text{C}$). Более

чем на половине станций температура была выше 95-го перцентиля (рис. 1.3).

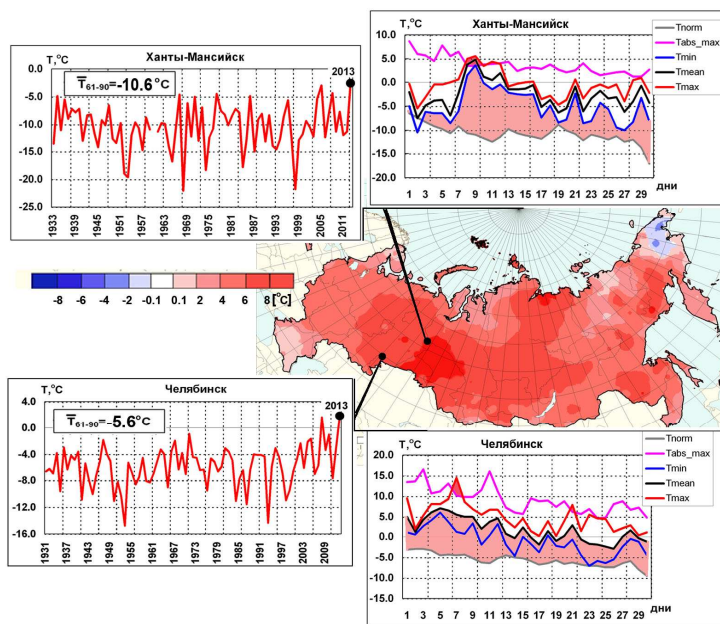


Рисунок 1.4 – Аномалии среднemesячной температуры воздуха в ноябре 2013 г. на территории РФ.

На врезках временные ряды среднemesячной ноябрьской температуры воздуха и ход среднесуточной температуры в ноябре 2013 г. на метеостанциях в очагах максимальных положительных аномалий

Максимальные (на многих станциях – рекордные) аномалии среднemesячной температуры воздуха ($8-10^{\circ}\text{C}$) отмечены в Западной Сибири в верховьях Оби и Иртыша. В течение всего месяца даже минимальная температура воздуха превышала норму среднесуточной температуры. В конце первой декады на многих станциях этого региона, а

также в ЦФО и Приволжском ФО (ПФО) превышены абсолютные максимумы температуры. В Челябинске 7 ноября абсолютный максимум был перекрыт сразу на 4°C (см. врезку на рис. 1.4). Вторая волна тепла на Южном Урале и в Западной Сибири наблюдалась в третьей декаде, когда в отдельные дни максимальная температура воздуха приближалась к рекордным отметкам. Единственным районом с отрицательными аномалиями среднемесячной температуры воздуха (-2...-4°C) оказался Чукотский АО.

Декабрь 2013 г. (рис.1.5). Осредненная по территории РФ декабрьская аномалия температуры +4.93°C - максимум за период наблюдений. Осредненные по всем физико-географическим регионам РФ, кроме ЕЧР, аномалии температуры попали в пять максимальных. На большей части страны (кроме предгорья Кавказа и вдоль побережья Карского моря) аномалии температуры были положительные и выше +3°C. В АЧР на большинстве станций, исключая север Западной и Средней Сибири, температура была выше 95-го перцентиля. И только в СКФО, на Ямале и на севере Краснодарского края среднемесячная температура воздуха оказалась на 1-3°C ниже климатической нормы.

Максимальные положительные аномалии среднемесячной температуры воздуха (более 10°C) отмечены в центральных районах Красноярского края и в Магаданской области. Однако внутримесячная структура аномалий в этих очагах тепла различна.

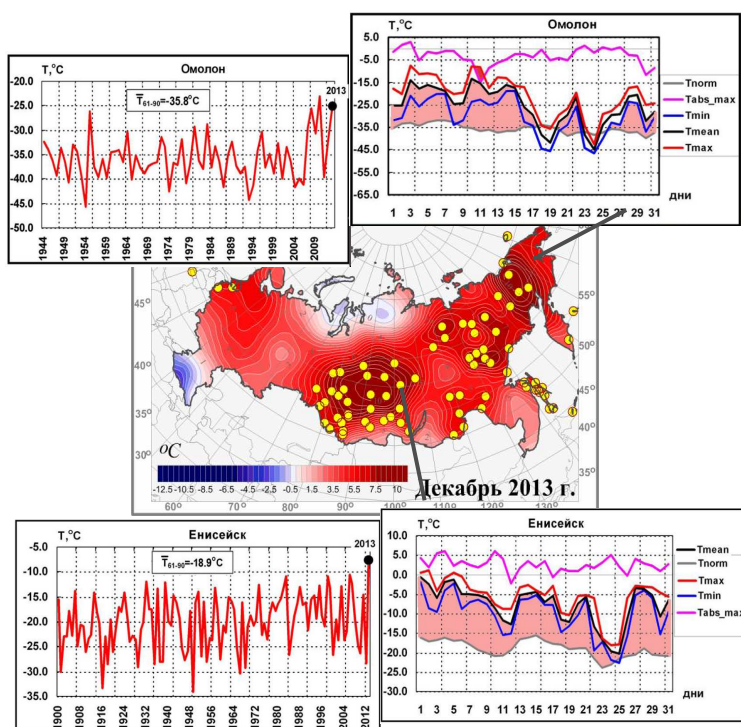


Рисунок 1.5 – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в декабре 2013 г. на территории РФ.
Содержание врезок см. рис. 1.4.

В центральных районах Красноярского края (см. Енисейск на врезке рис. 1.5) в течение всего месяца, за исключением нескольких дней в середине третьей декады, температура воздуха значительно превышала норму (на 10-15°C), но ни разу максимальная температура не превысила абсолютного максимума. В Магаданской области основной вклад в температурную аномалию внесла экстремально теплая первая половина месяца (см. Омолон на врезке рис. 1.5). В Омолоне 11 декабря абсолютный максимум температуры превышен на 6.9°C. Сибирский антициклон, который обычно в это время господствует над остывающим континентом, не мог установиться из-за активного западно-восточного переноса. В первой декаде отмечены рекорды максимальной температуры в юго-восточных районах Западной Сибири, где максимальные температуры достигали -3...+3°C, по Алтаю и югу Кемеровской области температура повышалась до +5-+13°C.

На большей части ЕЧР декабрь также был теплым, хоть и менее аномальным, чем на АЧР. Наибольший вклад в положительную месячную аномалию внесла третья декада,

которая выдалась необычно теплой в Северо-Западном, Центральном и Приволжском ФО. 24-28 декабря обновлены температурные рекорды во многих городах запада и центра ЕЧР. 25 декабря в Москве был перекрыт рекорд более чем 100-летней давности, максимальная температура воздуха составила 3,5°C (против 3.1°C в 1910 году). Рекордно теплым этот день оказался и в Санкт-Петербурге, где зафиксирована температура +5.4°C (прежний рекорд +4.0 °C, 1974 г.)

Тенденции современных изменений температуры воздуха

Региональные оценки трендов, полученные по временным рядам регионально осредненных аномалий температуры, приведены в таблице 1.2 для всех рассматриваемых регионов (территория РФ, физико-географические регионы, ФО РФ), а сами временные ряды приведены на рис. 1.1 (для РФ в целом) и 1.7, 1.8 (для регионов). На всех временных рядах показан линейный тренд за 1976 - 2013 гг. с 95%-й доверительной полосой.

Таблица 1.2 – Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам и осредненной по территории РФ, ее регионов и ФО за 1976-2013 гг.:

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

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	D	b	D	b	D	b	D	b	D
РФ										
	0.43	38	0.12	1	0.53	29	0.44	60	0.55	30
Физико-географические регионы РФ										
ЕЧР	0.53	39	0.41	5	0.37	14	0.60	37	0.66	31
Западная Сибирь	0.30	14	-0.15	0	0.60	18	0.20	6	0.48	11
Средняя Сибирь	0.43	22	0.12	0	0.63	21	0.43	34	0.43	8
Прибайкалье и Забайкалье	0.31	18	-0.06	0	0.47	14	0.48	39	0.30	8
Приамурье и Приморье	0.38	41	0.35	7	0.24	6	0.37	33	0.55	37
Восточная Сибирь	0.49	41	-0.07	0	0.76	33	0.45	43	0.75	38
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.52	30	0.54	5	0.31	7	0.53	36	0.62	22
Центральный	0.59	39	0.49	5	0.40	12	0.75	36	0.66	28
Приволжский	0.52	33	0.26	2	0.43	13	0.56	21	0.77	30
Южный	0.56	38	0.41	6	0.43	14	0.76	40	0.62	26
Северо-Кавказский	0.41	31	0.33	8	0.30	13	0.52	32	0.49	19
Уральский	0.37	16	0.07	0	0.54	13	0.28	8	0.51	10
Сибирский	0.31	15	-0.14	0	0.60	22	0.32	31	0.35	7
Дальневосточный	0.47	46	0.13	2	0.58	27	0.45	55	0.66	39

На рис. 1.6 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры воздуха на территории РФ за 1976-2013 гг. Оценки получены по стационарным временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры методом наименьших квадратов и выражены в градусах за десятилетие (°C/10 лет). Коэффициент тренда является характеристикой средней скорости изменения температуры на рассматриваемом отрезке времени. 1976 год выбран условно в качестве начала современного потепления.

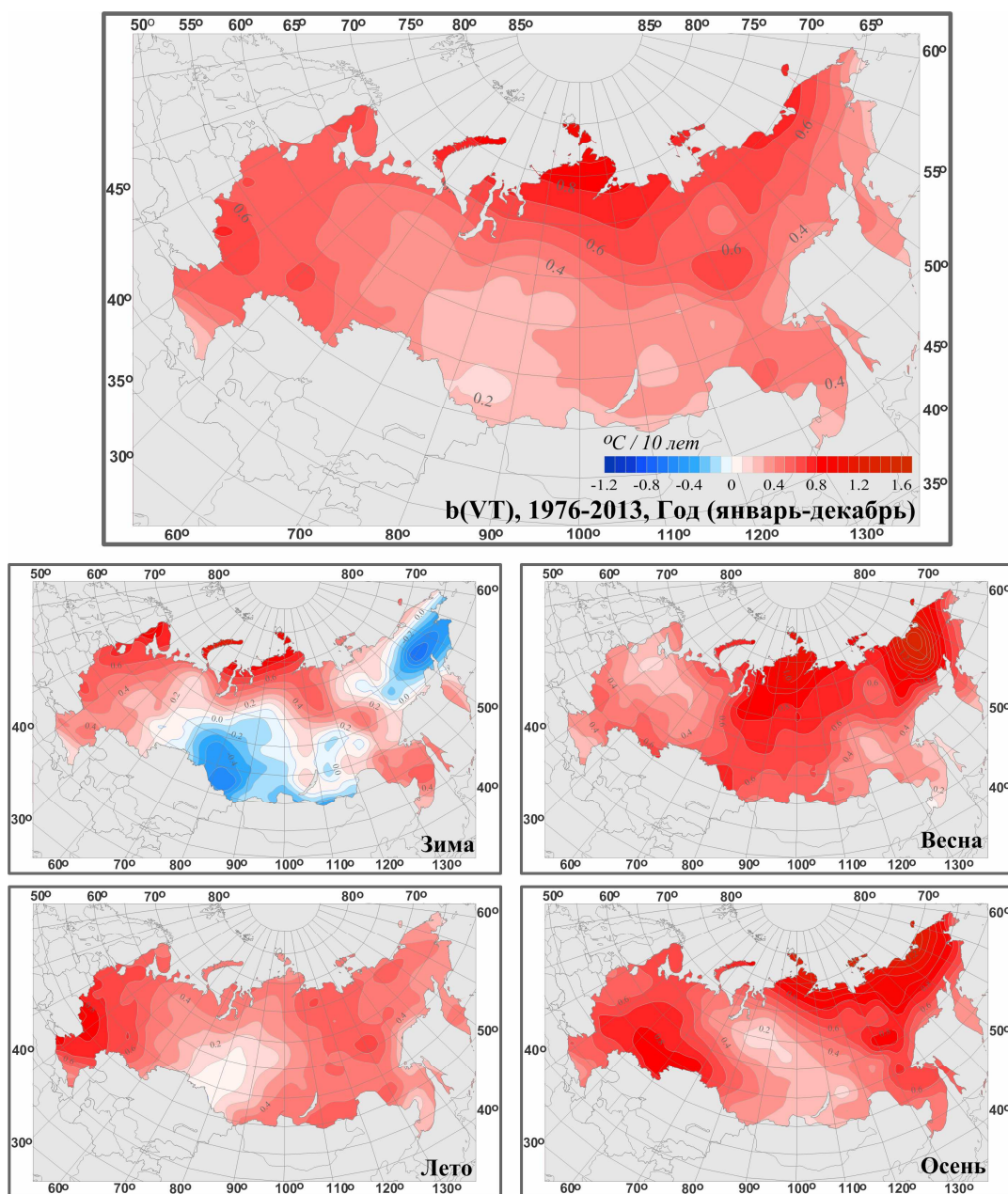


Рисунок 1.6 – Распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории РФ за период 1976-2013 гг. (в $^{\circ}\text{C}/10$ лет)

В целом за год и во все сезоны (рис. 1.6), кроме зимы, потепление продолжается на всей территории РФ.. Скорость роста осредненной по РФ среднегодовой температуры (линейный тренд) составила $0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет (вклад в общую изменчивость 38%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной и осенью ($0.53^{\circ}\text{C}/10$ лет и $0.55^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($0.44^{\circ}\text{C}/10$ лет: описывает 59% суммарной дисперсии).

Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана (более $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре): здесь максимум потепления наблюдается во все сезоны, кроме лета. Среднегодовые температуры растут во всех физико-географических регионах и ФО (таблица 1.2), но рис. 1.7 и 1.8 показывают, что в Средней Сибири и Приамурье и Приморье на потепление накладывается колебание с масштабом нескольких десятилетий; в Прибайкалье и Забайкалье и в Сибирском ФО с 1990-х годов роста температуры нет. Летом самое

быстрое потепление происходит на западе ЕЧР южнее 55°с.ш. Весной и осенью имеется еще один максимум потепления – на дальнем северо-востоке, а зимой – на северо-западе ЕЧР. Скорость роста средней по региону Восточная Сибирь температуры осенью +0.75°C/10 лет, и весной +0.76°C/10 лет – максимальные региональные величины потепления. Следует также отметить очень интенсивное потепление летом в Южном и Центральном ФО (+0.76°C/10 лет и +0.75°C/10 лет). Минимум потепления в среднем за год и летом – на юге Западной Сибири.

Для зимы тренд за 1976-2013 гг. продолжает оставаться положительным (0.12°C/10 лет), но он очевидно статистически незначим – описывает лишь 1% общей изменчивости. Тренд еще уменьшился по сравнению с предыдущим годом (для 1976-2012 гг. он был 0.18°C/10 лет). Следует отметить, что рост зимней температуры для РФ в целом прекратился в середине 1990-х гг., после чего наблюдалось ее слабое убывание. По-видимому, это следует связать с изменениями в основной циркуляционной системе атлантико-европейского сектора – Североатлантическом колебании. Последние 4 года с отрицательной аномалией зимней температуры вызвали резкое уменьшение тренда, который составлял еще для 1976-2009 гг. 0.44°C/10 лет. Текущее потепление зим наблюдается в основном в западной части арктической зоны РФ, включая Таймыр, на западе ЕЧР и в Приморье. На юге Западной Сибири наблюдается центр области похолодания, впервые проявившейся в 2010 г. и ежегодно расширяющейся: в настоящее время она захватывает центральную часть Западной и юг Средней Сибири, Забайкалье. Скорость похолодания в центре этой области достигает –0.5°C/10 лет. Другая область похолодания зимой – на дальнем северо-востоке (до –0.6°C/10 лет) – устойчиво наблюдается все последние годы.

Особенности изменения температуры в горных районах Северного Кавказа. В таблице 1.3 приведены оценки трендов среднегодовой и среднесезонных температур на трех станциях Северокавказского региона: предгорной станции Нальчик: Кабардино-Балкарская республика (493 м над уровнем моря) и горных станций Ахты, республика Дагестан (1281 м н.у.м.), и Теберда: Карачаево-Черкесская республика (1335 м н.у.м.). Данные по 2011 г. получены в Ростовском УГМС и пополнены за 2012-13 гг. данными телеграмм КЛИМАТ, полученными в оперативном потоке.

Таблица 1.3 – Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам, для станций Северного Кавказа за период 1976-2013 гг. *b* – коэффициент линейного тренда (°C/10 лет), *D* – вклад тренда в дисперсию (%)

	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>
Теберда	0.36	27	0.36	5	0.22	7	0.54	40	0.40	16
Нальчик	0.59	47	0.49	12	0.52	24	0.73	48	0.64	29
Ахты	0.37	27	0.38	8	0.20	3	0.46	29	0.49	15

На всех трех станциях среднегодовые и все сезонные температуры растут, однако зимой и весной тренд значим только для Нальчика. Во все сезоны как скорость роста, так и вклад тренда в общую изменчивость на горных станциях ниже, чем в предгорье. В отличие от средних по РФ и большинства регионов сезонных температур, для которых максимум скорости роста наблюдается весной и осенью, на станциях Северного Кавказа температуры наиболее быстро (и значимо) растут летом (аналогичная ситуация наблюдается только в Прибайкалье и Забайкалье). Осенью также на всех станциях наблюдается значимое потепление.

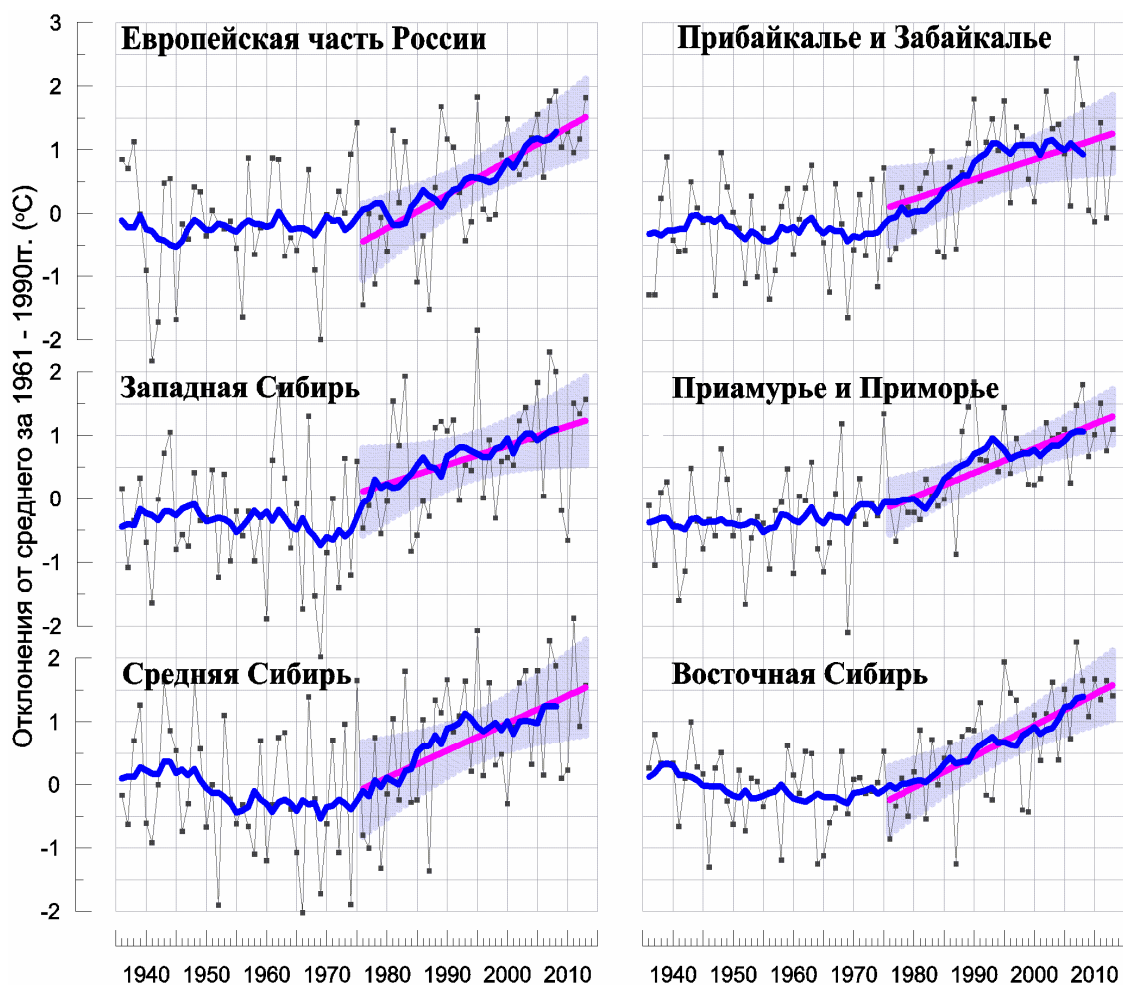


Рисунок 1.7 – Средние годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) для регионов РФ за 1936-2013 гг. Усл. обозначения см. на рис. 1.1.

Выводы. В целом для РФ 2013 год был очень теплым; среднегодовая аномалия температуры составила $+1.52^{\circ}\text{C}$ – шестая величина в ряду наблюдений с 1936 г. На всей территории страны отмечены положительные аномалии среднегодовой температуры воздуха, экстремальные (наблюдающиеся в среднем не чаще 1 раза в 20 лет) аномалии наблюдались на территории ЕЧР, на Алтае, на юге Якутии, на Сахалине.

Основными сезонными особенностями года были очень теплое лето ($+1.29^{\circ}\text{C}$: 5-я по величине аномалия с 1936 г.) и осень ($+1.99^{\circ}\text{C}$: 3-я с 1936 г.). Зима была умеренно холодная (во всех регионах РФ, кроме региона ЕЧР, наблюдались отрицательные аномалии температуры). Весна была умеренно теплая, при этом экстремально тепло было в ЮФО и СКФО.

Следует отметить очень теплые ноябрь и декабрь: осредненные по территории РФ аномалии составили $+5.30^{\circ}\text{C}$ и $+4.63^{\circ}\text{C}$ – исторические максимумы в соответствующих рядах.

В целом за год и во все сезоны, кроме зимы, потепление за период с 1976 г. наблюдается на всей территории РФ: тренд средней по РФ среднегодовой температуры за 1976-2013 гг. составил $+0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры наблюдается на побережье Северного Ледовитого океана (более $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре) Наиболее быстрый рост температуры наблюдается весной и осенью ($+0.53^{\circ}\text{C}/10$ лет и $+0.55^{\circ}\text{C}/10$ лет). По данным станций Северо-Кавказского региона, потепление в горных районах происходит несколько медленнее, чем в предгорье. Зимой

имеются области отрицательного тренда за 1976-2013 гг. на дальнем северо-востоке, на юге Сибири, в Забайкалье. Скорость похолодания в центре этой области достигает $-0.5^{\circ}\text{C}/10$ лет. Средняя по РФ зимняя температура росла до середины 1990-х гг., после чего наблюдается ее слабое относительное уменьшение.

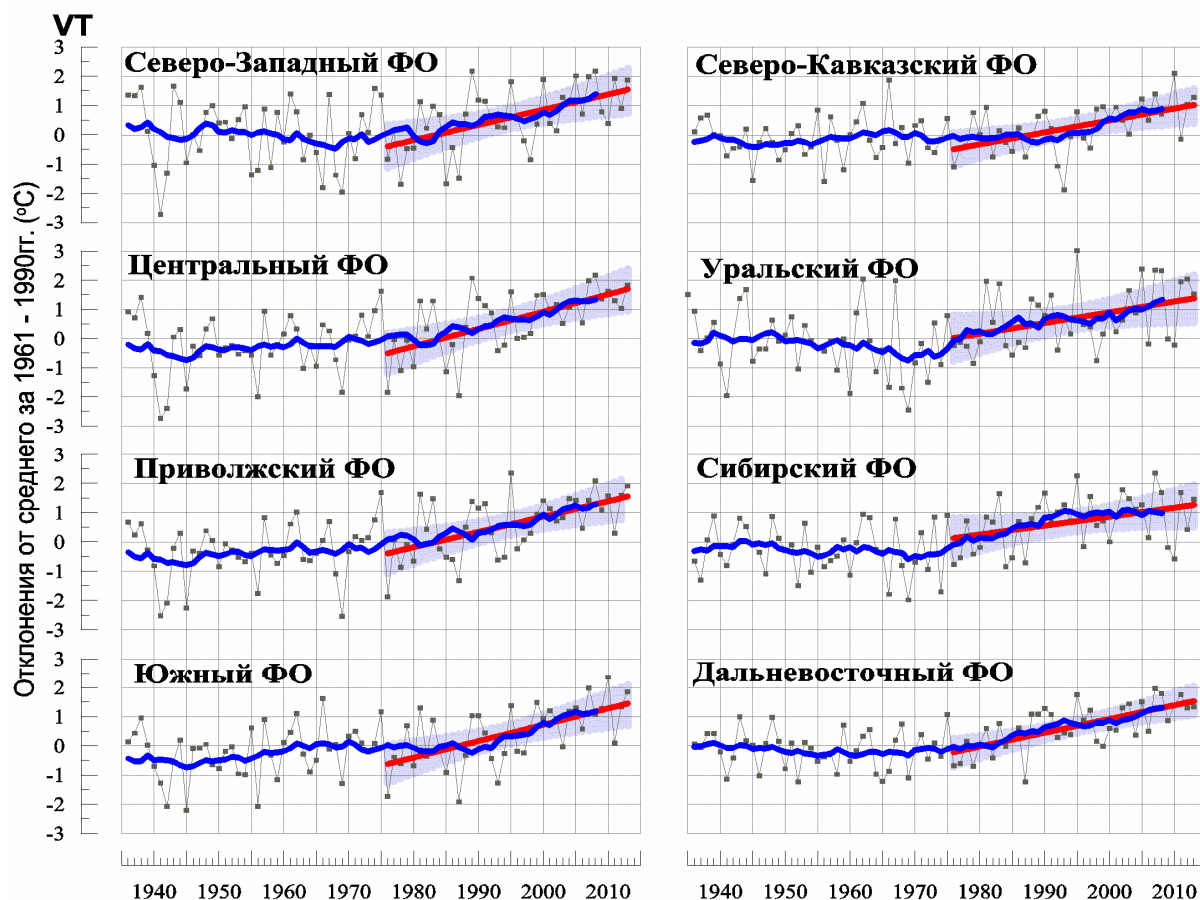


Рисунок 1.8 – См. рис. 1.7, но для федеральных округов РФ.

2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

Данные. Использованы данные о месячных суммах осадков на 455 станциях из базового массива ИГКЭ, расположенных на территории РФ, стран СНГ и Балтии (из них 310 станций на территории РФ). За 2013 год использованы оперативные данные 315 станций, своевременно поступившие по каналам связи. Данные усреднены внутри календарных сезонов каждого года и за год в целом. В результате, годовые и сезонные суммы осадков выражены в мм/месяц, т.е. приведены к масштабу месячных сумм осадков. Зимний сезон включает декабрь предыдущего года.

Особенности режима атмосферных осадков в 2013 г.

В таблице 2.1 приведены количественные данные об аномалиях пространственно осредненных осадков для шести крупных физико-географических регионов РФ, восьми ФО РФ и для территории РФ в целом (границы регионов приведены на рис. 1, 2 Введения). Для каждого региона в таблице приведены региональные значения аномалии (средние за год и за каждый сезон) и вероятности неперевышения (рассчитаны по данным за 1936-2012 гг.). Аномалии, попавшие на одно из первых или последних 3 мест по рангу убывания осадков, выделены жирным курсивом.

2013 г. оказался исключительным по количеству выпавших на территории РФ осадков (рис. 2.1): годовая сумма осадков в целом по стране (111% нормы; аномалия +4.6 мм/месяц) оказалась максимальной за период наблюдений с 1936 г.

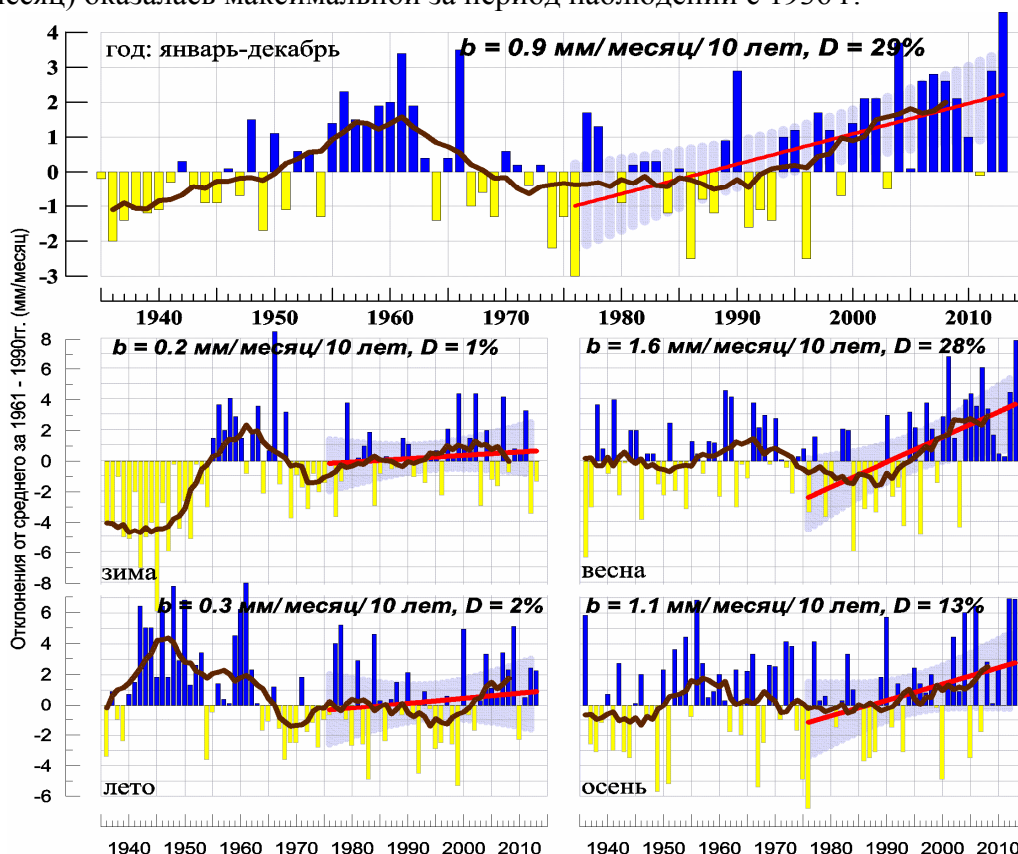


Рисунок 2.1 – Средние годовые и сезонные аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936-2013 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2013 гг.; b - коэффициент тренда (мм/мес/10 лет), D - вклад в суммарную дисперсию (%).

Экстремальные годовые суммы осадков наблюдались в регионах: Восточная Сибирь (120% нормы, аномалия +6.8 мм/месяц, ранг 2, особенно много осадков весной и

летом) и Приамурье и Приморье (123% нормы, аномалия +10.1 мм/месяц, ранг 4, особенно много осадков весной). Наибольший избыток осадков наблюдался весной (129% нормы, +7.9 мм/месяц: также максимум с 1936 г.) и осенью (116% нормы, +6.8 мм/месяц: 2-я величина в ряду). Весной близкие к рекордным величины осадков наблюдались во всех регионах АЧР; в СФО и ДФО отмечены максимумы за период с 1936 г.

Весной экстремальные сезонные аномалии осадков (ранги 2-3) зафиксированы во всех физико-географических регионах РФ кроме ЕЧР. В СФО и ДФО весенние аномалии осадков - максимумы в рядах наблюдений.

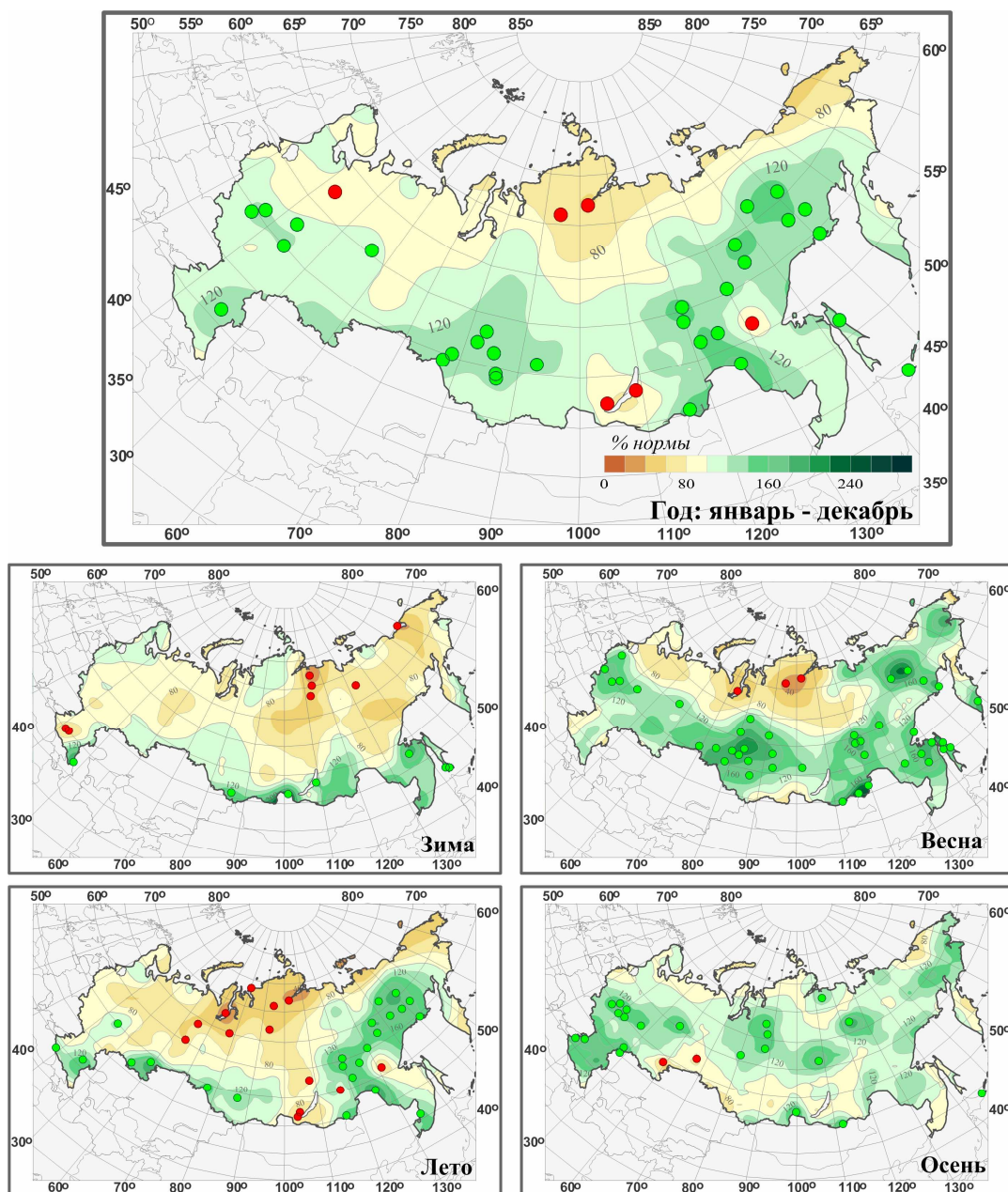


Рисунок 2.2 –Аномалии годовых и сезонных сумм осадков на территории РФ в 2013 г. (% от нормы 1961-1990 гг.). Кругами красного и зеленого цвета показаны станции, на которых осадки оказались соответственно ниже 5-го или выше 95-го процентиля.

Осенью экстремальное количество осадков выпало в регионе ЕЧР (125% нормы, аномалия +6.8 мм/месяц, ранг 2), особенно, ЮФО (158% нормы, аномалия +24.6 мм/месяц - вторая положительная величина в ряду).

Географические распределения годовых и сезонных аномалий осадков в 2013 г. представлены на рис. 2.2 в процентах от норм 1961-90 гг.; внутрисезонные особенности режима осадков показаны на рис. 2.3. На фоне географического распределения месячных

аномалий показано местоположение станций с 5%- и 95%-экстремумами – значения осадков на этих станциях попали в 5%-ые хвосты соответствующих распределений (ниже 5-го или выше 95-го процентилей), рассчитанных по периоду 1936-2012г.

Годовые суммы осадков превышали норму на большей части территории РФ; особенно значительный избыток осадков наблюдался в АЧР. Особенно крупные аномалии осадков отмечены в дальневосточных регионах (местами более 140% нормы) и на юге Западной Сибири, где на многих станциях выпало более 95-го процентиля осадков. Экстремумы годовых сумм осадков зафиксированы также в центре ЕЧР.

Дефицит осадков наблюдался в основном в северных районах страны: наиболее значительный (менее 80% нормы) – вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Небольшая область дефицита (однако, на нескольких станциях экстремального) отмечена вокруг Байкала.

Характер годового распределения осадков в АЧР во многом определили весенний и летний сезоны, а в ЕЧР – весна и осень.

Таблица 2.1 – Средние годовые и сезонные относительные аномалии месячных сумм осадков, осредненных по территории РФ и ее регионов, в 2013 году:

RR - % от нормы за 1961-1990 гг, P - вероятности непревышения $P(rr \leq RR_{2013})$, рассчитанные по данным за 1936-2012 гг. (%).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	RR	P	RR	P	RR	P	RR	P	RR	P
РФ										
	111	100	95	40.3	129	100	103	70.1	116	98.7
Физико-географические регионы РФ										
ЕЧР	105	74.0	93	32.5	111	70.1	94	29.9	125	98.7
Западная Сибирь	109	84.4	101	57.1	147	98.7	91	18.2	108	76.6
Средняя Сибирь	107	71.4	82	16.9	127	98.7	101	35.1	119	92.2
Прибайкалье и Забайкалье	109	74.0	103	51.9	136	97.4	104	58.4	103	46.8
Приамурье и Приморье	123	96.1	135	87.0	144	98.7	120	89.6	111	75.3
Восточная Сибирь	120	98.7	88	49.4	141	97.4	126	97.4	112	76.6
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	94	29.9	97	44.2	94	39.0	84	19.5	105	68.8
Центральный	112	92.2	94	42.9	139	96.1	89	33.8	138	93.5
Приволжский	111	89.6	87	37.7	122	79.2	101	59.7	131	94.8
Южный	110	74.0	84	27.3	88	29.9	109	68.8	158	98.7
Северо-Кавказский	109	70.1	108	61.0	103	50.6	102	55.8	122	74.0
Уральский	100	45.5	96	46.8	124	80.5	76	5.2	115	84.4
Сибирский	110	85.7	96	49.4	147	100	99	33.8	110	76.6
Дальневосточный	120	100	95	55.8	138	100	123	97.4	112	92.2

Примечание. Жирным курсивом выделены положительные аномалии, попавшие в число трех старших экстремумов (максимумов или минимумов).

Зима. Зимняя сумма осадков по РФ составила 95% средней за 1961-90 гг.; это незначительно ниже нормы (вероятность непревышения 40%). В целом за сезон на большей части территории осадки были ниже нормы. Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в центре Сибирского и на большей части Дальневосточного ФО, в ЮФО, на Среднем Урале; в отдельных районах ДФО осадков выпало 60% нормы и меньше, на побережье моря Лаптевых и Восточно-Сибирского местами менее 40%.

Сезонный избыток осадков наблюдался вдоль южных границ страны. Наибольшее количество осадков выпало в Дагестане, на Алтае, в Тыве, в Бурятии, в Читинской области. В регионе Приамурье и Приморье сезонная аномалия составила +5.1 мм/месяц (135% нормы).

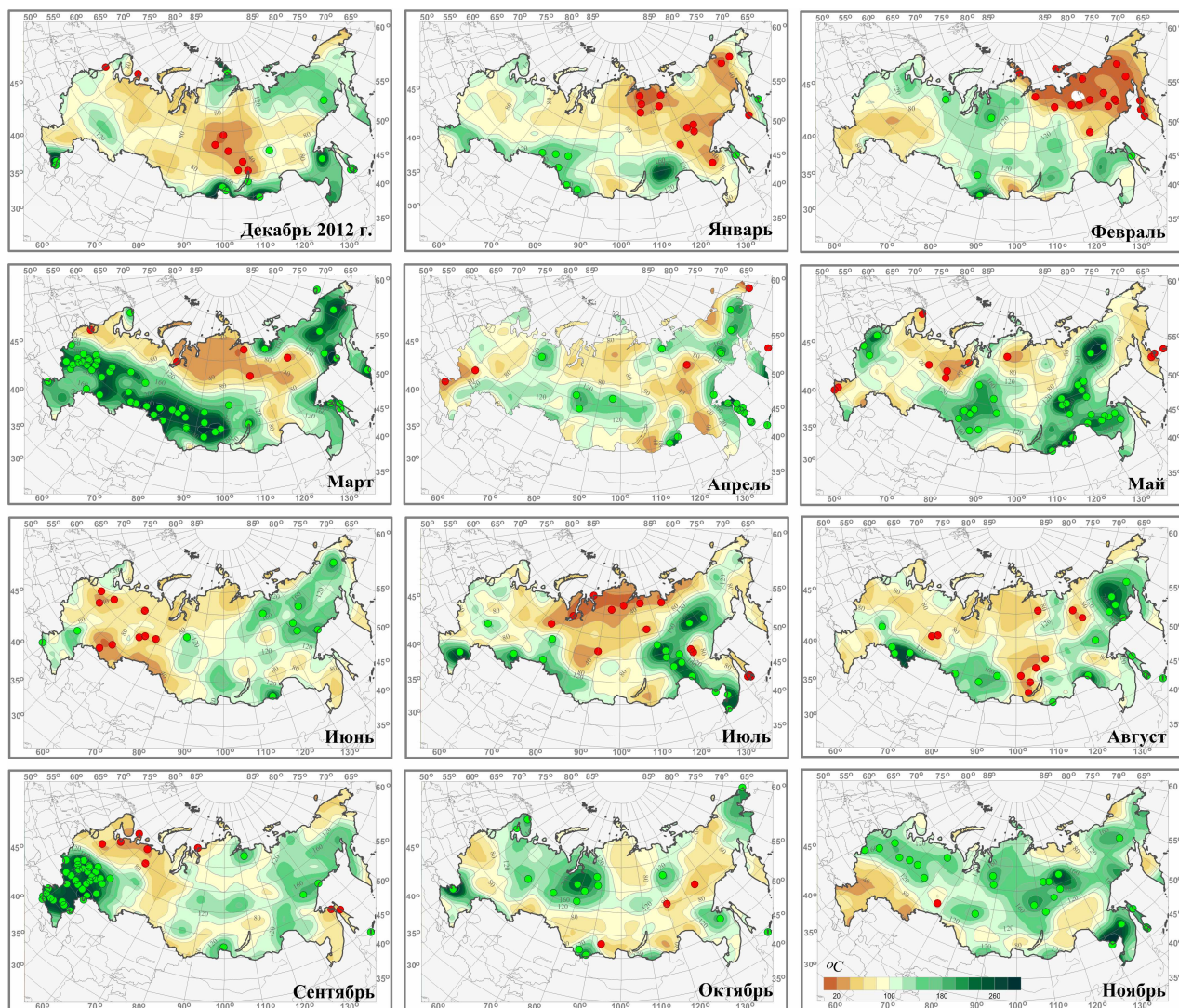


Рисунок 2.3 – См. рис. 2.2, но для среднемесячных аномалий (с декабря 2012 г. по ноябрь 2013 г.).

Январь. В январе в РФ выпало 95% нормы осадков (осредненная аномалия -1.1 мм/месяц). На большей части территории РФ наблюдался дефицит осадков (как и в декабре 2012 г.). Однако область максимального дефицита сместилась на север Средней Сибири, в районе побережья моря Лаптевых (здесь выпало менее 20% нормы). Значительный дефицит осадков, местами менее 40% нормы, наблюдался на большей части Дальневосточного ФО (на многих станциях количество выпавших осадков менее 5-го перцентиля). Дефицит осадков наблюдался также в центре ЕЧР, на севере Западной Сибири.

Избыток осадков наблюдался на юге РФ: в южных районах Западной Сибири (здесь наблюдались станционные аномалии выше 95-го перцентиля), в низовьях рек Дона и Волги; в Читинской области и в Бурятии осадки местами превосходили 200% нормы. Избыточные осадки наблюдались также на севере ЕЧР.

Февраль. В феврале суммарный по РФ дефицит осадков усилился: выпало 92% нормы осадков (вероятность непревышения около 35%; аномалия -1.4 мм/месяц). Значительно усилился дефицит осадков на северо-востоке страны: повсюду на севере

Якутии, в Магаданской области – менее 20% нормы; на многих станциях количество выпавших осадков было менее 5-го перцентиля. Осредненная по региону Восточная Сибирь аномалия составила -8.0 мм/месяц (51% нормы). Дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался также в ЮФО и ПФО.

На остальной территории наблюдался избыток осадков: очаги на севере ЕЧР, на севере Уральского ФО (УФО) и СФО, в Хакасии и на Алтае, в Бурятии, на юге Якутии, в Амурской области и в центральных районах Хабаровского края - более 120% нормы.

Весна. Весенний сезон 2013 г. оказался исключительным в смысле режима осадков. В целом по территории РФ выпало 129% нормы осадков – рекордная величина в ряду наблюдений (осредненная по территории аномалия +7.9 мм/месяц). Осадки существенно (более 120%) превысили сезонную норму на большей части территории страны, особенно в южной ее половине и на Дальнем Востоке; в нескольких крупных очагах (запад ЦФО, юг Западной Сибири, Забайкалье, Приморье, Якутия) количество выпавших осадков превышало 95-й перцентиль; всего по стране на экстремальные сезонные осадки отмечены на 15% станций.

Дефицит осадков наблюдался в Северо-Западном ФО (СЗФО), на севере УФО и СФО.

Дефицит осадков и высокие температуры в апреле и, особенно, в мае (на многих станциях ЕЧР выше 95-го перцентиля) создали предпосылки для возникновения засушливых условий в мае в СЗФО, ЮФО и в южных районах ЦФО и ПФО.

Март. Март оказался наиболее выдающимся весенним месяцем по режиму осадков: Мартовские осадки по территории РФ составили 160% нормы (осредненная аномалия +11.3 мм/месяц): это вторая величина в ряду наблюдений, больше было только в 2001 г. Везде в южной половине страны западнее Байкала, а также на Северо-Востоке и Сахалине наблюдались 95%-е экстремумы. Месячные нормы осадков превышены здесь в 2-4 раза и больше. Значительный избыток осадков отмечен вдоль побережья Тихого океана (на Чукотке, на Камчатке, в Магаданской области, в Хабаровском и Приморских краях). На отдельных станциях Тихоокеанского побережья выпало более 4-х норм. В целом по РФ количество выпавших осадков превысило 95-й перцентиль на 20% станций. Во всех физико-географических регионах и всех ФО, кроме Северо-Западного, месячные суммы осадков были выше нормы. Мартовские суммы осадков составили по регионам: ЕЧР - 156% нормы (6-я величина с 1936 г.), Западная Сибирь - 188% (5-я), Прибайкалье и Забайкалье - 187% (4-я), Восточная Сибирь - 191% (4-я).

Значительный дефицит осадков (менее 40% нормы) наблюдался в северных районах Сибири, в Якутии. Ниже нормы были осадки на севере ЕЧР (в СЗФО – 90% нормы), в Амурской и Читинской областях.

Географическое распределение осадков в марте в значительной степени определило общую картину сезонных аномалий.

Апрель. Осредненная по территории РФ апрельская аномалия осадков составила +1.6 мм/месяц (ранг 22). В основном распределение осадков носило мозаичный характер с чередованием областей не очень значительных по величине аномалий обоих знаков. Существенный избыток осадков наблюдался вдоль побережья Тихого океана, особенно на Сахалине, где на всех станциях количество выпавших осадков превышало 95-й перцентиль. Довольно крупная область избытка осадков отмечена в центре СФО.

Дефицит осадков (менее 60%) наблюдался вдоль Черноморского побережья и в областях, граничащих с Украиной, а также на юге Якутии, в Приамурье, в Читинской области, на севере ДФО (менее 40% нормы). Крупные области менее значительных по величине отрицательных аномалий отмечены в центре и на севере ЕЧР, на севере УФО и СФО.

Запасы продуктивной влаги в период восстановления вегетации в пахотном слое (0-20 см) в Северо-Кавказском ФО, на части Южного, Приволжского, Уральского ФО

составляли от 10 до 30 мм, что близко к пороговым значениям для возникновения засух средней интенсивности (11-19 мм).

Май. Значительный избыток осадков наблюдался также в мае (129% нормы; аномалия +10.8 мм/месяц: это 2-я величина за период наблюдений). Избыток осадков (более 140% нормы) наблюдался в западных районах ЕЧР, на востоке Западной Сибири, в Якутии (здесь на отдельных станциях выпало более 3 норм), Забайкалье, Приамурье и Приморье – в этих областях на многих станциях зафиксированы месячные экстремумы (выше 95-го перцентиля). Майские аномалии осадков, осредненные по регионам Средняя Сибирь, Приамурье и Приморье составили 14.5 мм/месяц (150%), 37.0 мм/месяц (165%) – торые максимальные величины в соответствующих рядах.

Значительный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в ЮФО, на севере ЕЧР и Урала, на севере Средней Сибири, на Чукотке, Камчатке, в Магаданской области.

На юге ЕЧР, наряду с дефицитом осадков, наблюдались температуры выше 95 перцентиля (среднемесячные температуры выше нормы на +3...+4°C), что вызвало сильную засуху во всех областях Южного ФО и среднюю засуху во всех областях Северо-Кавказского ФО.

Лето. Для территории РФ в целом выпало 103% нормы осадков; осредненная по территории аномалия составила +2.2 мм/месяц. Это близко к норме, однако такая ситуация сложилась при очень неоднородных географических условиях как для сезона в целом, так и отдельных месяцев.

Значительный (более 140%) избыток осадков наблюдался на большей части Дальнего Востока РФ. Крупная область экстремальных сезонных осадков отмечалась на Дальнем Востоке в Магаданской области и юге Якутии: здесь избыток осадков сохранялся все три летних месяца. На многих станциях здесь количество выпавших осадков превысило 95-й перцентиль. Избыток осадков отмечен также вдоль южной границы РФ: от Краснодарского края до Иркутской области.

В регионе Восточная Сибирь летом осадков выпало 126% нормы (третья величина в ряду наблюдений), а в регионе Приамурье и Приморье в среднем 120% нормы (9-ая величина в ряду наблюдений). В ДФО, напротив, средняя по региону сезонная аномалия осадков составила 123% нормы: это третья величина в ряду наблюдений.

Вся остальная территория РФ (значительная часть ЕЧР, Западной и Средней Сибири, регион Байкала, север восточной Сибири) находилась в области значительного дефицита осадков (менее 60% нормы). На севере УФО и СФО дефицит осадков сохранялся в течение всего летнего сезона. На ряде станций количество выпавших осадков было меньше 5-го перцентиля. На станциях Хатанга, Новый Порт выпало осадков менее 30% нормы. Следует отметить УФО, где выпало осадков 76% нормы (пятый минимум с 1936 г.).

Летний режим увлажнения и температуры не способствовали формированию сильных засух в основных сельскохозяйственных районах. Фиксировались засухи в основном средней интенсивности. Сильные засухи наблюдались летом лишь в отдельных областях ЮФО (Астраханская область) и СКФО (Ставропольский край).

Месячные суммы осадков в среднем по территории РФ, в июне, июле и в августе были близки к норме, но это происходило за счет компенсации значительных локальных аномалий разных знаков, особенно в июле, который в основном определил конфигурацию областей сезонных аномалий.

Июнь. Июньская сумма осадков по территории РФ составила 98% нормы (-1.2 мм/месяц). Дефицит осадков наблюдался на большей части ЕЧР (исключая юг и Карелию), в районе Южного Урала (в Уфе и Сорочинске Оренбургской области выпало лишь 11% нормы), в Западной и на севере Средней Сибири, в Приамурье и Приморье. На некоторых станциях количество выпавших осадков меньше 5-го перцентиля. В целом по ЕЧР выпало 82% нормы осадков (в СЗФО 76%, ЦФО 79%, ПФО 68%, СКФО 85%;

избыток осадков наблюдался только в ЮФО: 130%). По Уральскому ФО выпало 74% нормы осадков. Засухи разной степени интенсивности зафиксированы в большинстве областей ПФО, СКФО, на юге УФО, на юге СФО, на юге ДФО.

На большей части Восточной Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье наблюдался избыток осадков. В целом по соответствующим физико-географическим регионам выпало 132% и 121% месячной нормы осадков. В Иркутской, Читинской, Магаданской областях, на большей части Якутии и Чукотки, на севере Хабаровского края на ряде станций количество выпавших осадков составило более двух норм.

Июль. Июльская сумма осадков по территории РФ составила 109% (средняя аномалия +6.2 мм/месяц). Во многом именно июль определил распределение сезонных аномалий. Значительный избыток осадков (более двух норм) охватывал обширную территорию на Дальнем востоке РФ и на юге ЕЧР и Западной Сибири. На многих станциях месячные суммы осадков превысили 95-й процентиль. Осредненная по региону Приамурье и Приморье средняя июльская аномалия осадков составила 148% нормы (+55.3 мм/месяц) – третья максимальная величина в ряду наблюдений.

Менее 60% нормы осадков выпало на обширной территории на севере ЕЧР, в Западной и Средней Сибири. Дефицит осадков в районе Ямала и Таймыра, наблюдавшийся еще в июне, усилился до 20% нормы. На ряде станций выпали осадки менее 5-го процентиля.

Август. Августовские осадки по территории РФ составили 102% нормы (средняя аномалия +1.3 мм/месяц). Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на большей части ЕЧР кроме Среднего Поволжья, на Среднем Урале (на станции Шаим Ханты-Мансийского АО выпало 29% нормы), в Ямало-Ненецком АО, в Красноярском крае. На станциях Прибайкалья отмечен значительный дефицит осадков: менее 30% нормы. Меньше нормы выпало в восточных районах Якутии, в ЮФО и СКФО.

Значительный избыток осадков наблюдался в дальневосточных районах: прилегающих к Охотскому морю (276% нормы в Магадане, 239% нормы – в Южно-Курильске), в Приамурье, а также на Южном Урале (2-2.5 нормы; более трех норм в Верхнеуральске), в Омской области, на Алтае и в Саянах. На ряде станций выпали осадки более 95-го процентиля. Осредненная по региону Восточная Сибирь средняя августовская аномалия осадков составила 132% нормы (+19.4 мм/месяц) – шестая величина в ряду наблюдений.

Осень. На большей части страны - избыток осадков, наибольшее количество осадков наблюдалось на ЕЧР южнее 60°с.ш., в северных и центральных областях Западной и Средней Сибири, в Якутии: здесь местами выпало более полутора норм (в том числе, везде на ЕЧР южнее 50°с.ш.). Сумма осадков за сезон по территории РФ составила 116% нормы (осредненная по территории аномалия +6.8 мм/месяц) – вторая величина с 1936 г. (максимум осадков осенью зафиксирован в 2012 году: аномалия +6.9 мм/месяц). Больше всего осадков выпало в ЕЧР (125%, +12.9 мм/месяц, вторая величина в ряду), особенно в ЮФО (158%, +24.6 мм/месяц, 98.7%, ранг 2, за счет сентября и октября: в ноябре здесь наблюдался значительный дефицит осадков).

Дефицит осадков (80%-60%) наблюдался на западе страны (в основном, в Ленинградской области), в южных районах АЧР до Алтая, вдоль побережья Восточно-Сибирского моря, на Камчатке.

Сентябрь. Сумма осадков по территории РФ составила 121% нормы (+10.6 мм/месяц): 3-я величина с 1936 г. Контрастные условия увлажнения сложились на ЕЧР: Экстремальное количество осадков (более 200% нормы) выпало на ЕЧР южнее ~57° с.ш., на большинстве станций здесь количество выпавших осадков превысило 95-ый процентиль, особенно много осадков – в ЮФО и на юге ПФО (на станции Яшкуль выпало 408% нормы осадков). В то же время севернее 60°с.ш. наблюдался значительный дефицит осадков (60-40% нормы), местами экстремальный: на отдельных станциях дефицит осадков составил менее 30% нормы и менее 5-го процентиля.

На АЧР осадков выпало в основном больше нормы. Более 120% - в центральных районах СФО и на большей части ДФО, на отдельных станциях количество выпавших осадков – около двух норм. Дефицит осадков (80%-40% нормы) наблюдался на западе Западной Сибири, на Чукотке, в Приморье, на Сахалине.

Октябрь. В целом по территории РФ осадков выпало незначительно больше нормы: 108%; осредненная аномалия осадков составила +3.2 мм/месяц. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в северной части ЕЧР и ЮФО, на севере Западной Сибири, в республике Алтай, в низовье Амура, на Чукотке. Больше всего осадков выпало на юге ЕЧР (в Ростове-на Дону более 4-х норм), в районе Тазовской губы (на многих станциях количество выпавших осадков здесь более 2-х норм или более 95-го процентиля).

Дефицит осадков (80%-50% нормы) наблюдался в центральных районах ЕЧР, на большей части юга Сибири, на Таймыре, на большей части ДФО, на Камчатке.

Ноябрь. В ноябре на территории РФ наблюдался избыток осадков: месячная сумма составила 119% нормы; средняя аномалия +6.4 мм/месяц (ранг 7). На большей части страны осадки были выше нормы, причем преимущественно значительно (больше 140% нормы). На многих станциях северной части ЕЧР, в центральных районах АЧР, в Приморье выпало больше полутора норм осадков, особенно много осадков выпало в среднем течении Лены (более трех норм), в Приамурье (до пяти норм). На многих станциях наблюдались экстремумы выше 95-го процентиля. В регионах Средняя Сибирь и Приамурье и Приморье выпало осадков: 139% нормы (аномалия +10.3 мм/месяц) и 170% нормы (+20.8 мм/месяц) – вторая и четвертая величины в соответствующих рядах.

Дефицит осадков (80%-40%) наблюдался в южных районах ЕЧР; в ЮФО выпало 48% нормы осадков. Также дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в районах вдоль побережья моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, в Забайкалье и на Камчатке.

Декабрь 2013 г. (рис. 2.4) В целом по РФ осадки были существенно выше нормы: 111% (средняя аномалия +3.0 мм/месяц); это 11-я величина в ряду. Избыток осадков наблюдался на севере и востоке ЕЧР, в Западной Сибири (сумма осадков по региону составила 137% нормы, средняя аномалия +10.1 мм/месяц - ранг 6), в южных районах Средней Сибири, а также вдоль побережья Охотского моря. На многих станциях среднего

течения Оби, в районе Байкала выпало более 160% нормы осадков и превысило 95 процентиль.

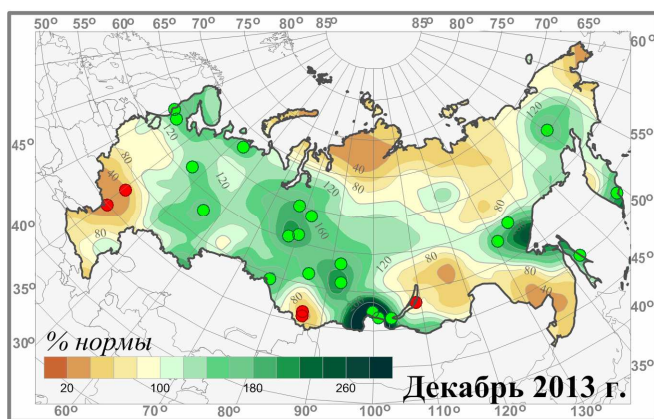


Рисунок 2.4 –Аномалия осадков (% нормы) в декабре 2013г. на территории РФ.

Дефицит осадков (80%-40%) наблюдался на ЕЧР (в Центральном ФО), в северных районах АЧР (особенно, на Таймыре), на Алтае, в Забайкалье, в Приамурье и Приморье.

Тенденции современных изменений режима осадков

На рис. 2.5 представлено пространственное распределение коэффициентов линейных трендов атмосферных осадков на территории РФ для 2013 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по станционным временным рядам годовых и сезонных аномалий осадков за 1976-2013 гг. в точках расположения станций.

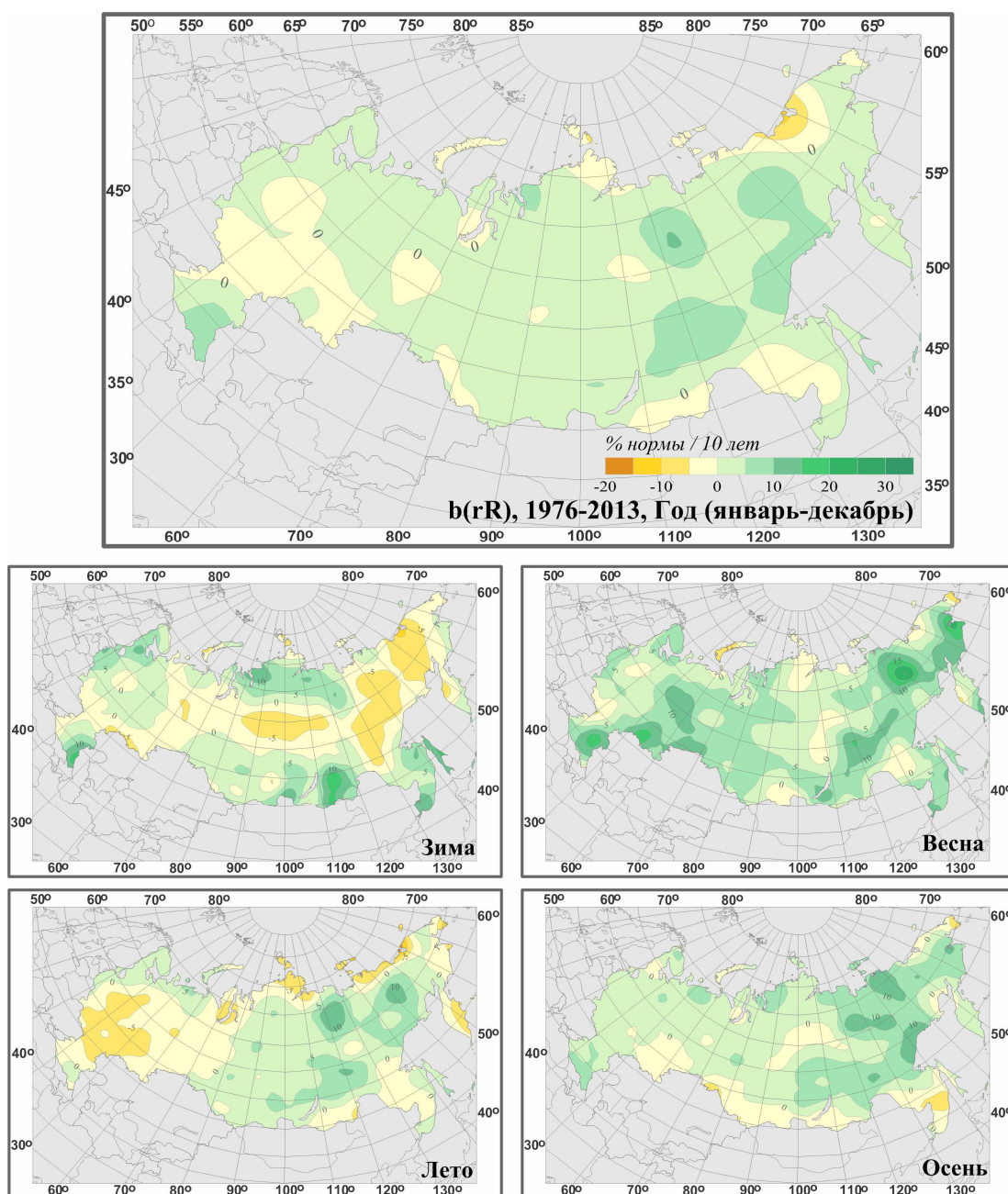


Рисунок 2.5 – Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976-2013 гг. на территории РФ (% от нормы за 10 лет).

Численные оценки трендов (значения коэффициентов линейного тренда и доля объясненной им дисперсии ряда) для регионально осредненных значений количества выпавших осадков приведены в таблице 2.2 в % нормы / 10 лет (для краткости в этом разделе часто будем писать просто % /10 лет). Временные ряды средних за год и за каждый сезон аномалий месячных сумм осадков (мм/месяц) представлены на рис. 2.2 для РФ и на рис. 2.6, 2.7 для физико-географических регионов и ФО РФ (среднегодовые аномалии). На всех временных рядах показаны 11-летние скользящие средние, линейные тренды за 1976 – 2013 гг. с 95%-й доверительной полосой, оцененные методом наименьших квадратов.

В изменении годовых сумм осадков (рис. 2.5) на территории РФ преобладает тенденция к росту. Скорость роста почти нигде не превышает 5%/10 лет, исключая часть СКФО и ряд областей в Сибири и на Дальнем Востоке. Крупная область убывания

годовых осадков (также менее 5%/10 лет) – в южной (южнее 60°с.ш.) половине ЕЧР и на Южном Урале. Годовые осадки также убывают в полосе вдоль южной границы Дальневосточного ФО и на севере Чукотского АО.

Таблица 2.2 – Оценки линейного тренда регионально осредненных годовых и сезонных сумм атмосферных осадков в регионах РФ за 1976-2013 гг.: *b* – коэффициент линейного тренда (% нормы /10 лет), *D* - вклад тренда в дисперсию (%).

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>
РФ										
	2.2	29	0.9	1	5.9	28	0.5	2	2.4	13
Физико-географические регионы РФ										
ЕЧР	1.1	4	1.2	1	5.1	14	-2.5	5	1.9	2
Западная Сибирь	2.0	7	0.5	0	8.0	24	0.3	0	0.9	1
Средняя Сибирь	3.6	27	-0.8	0	4.5	16	4.6	16	3.7	16
Прибайкалье и Забайкалье	3.2	16	4.4	9	5.3	9	2.3	5	4.0	7
Приамурье и Приморье	1.6	4	8.0	11	5.7	8	0.4	0	0.5	0
Восточная Сибирь	3.4	14	-1.6	1	7.3	23	0.9	1	5.6	18
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	2.2	10	3.1	5	4.8	12	-0.2	0	2.1	2
Центральный	0.1	0	1.4	1	3.6	4	-4.6	6	2.8	2
Приволжский	-0.4	0	-1.3	0	6.8	10	-4.5	6	-0.3	0
Южный	0.6	0	-0.3	0	3.7	4	-3.4	2	4.1	2
Северо-Кавказский	3.1	9	3.6	4	4.8	6	0.1	0	3.8	3
Уральский	1.7	4	0.1	0	8.9	23	-1.7	2	2.0	2
Сибирский	2.6	25	1.0	1	5.0	13	2.7	14	2.0	5
Дальневосточный	3.0	19	0.6	0	6.6	29	1.6	3	3.6	18

Тренд среднегодовых осадков, осредненных по территории РФ, составляет 2.2% нормы /10 лет (+0.9 мм/мес/10 лет), и его вклад в дисперсию 29%, т.е. тренд формально значим на уровне 1%. Рис. 2.1 показывает, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Тренды региональных среднегодовых осадков наиболее существенны (в смысле их вклада в общую изменчивость годовых осадков) в физико-географических регионах Средней Сибири (3.6% /10 лет, вклад в дисперсию 27%), Прибайкалье и Забайкалье (3.2% /10 лет; 15%), Восточная Сибирь (3.4% /10 лет; 14%), а также Сибирском (2.6% /10 лет, 24%) и Дальневосточном ФО (3.0% /10 лет, 19%). Отрицательный, очень малый и незначимый тренд - лишь в ПФО. В Средней Сибири положительный значимый на 5%-ном уровне тренд отмечается во все сезоны, кроме зимы. Следует иметь в виду, что региональные тренды выявляются на фоне очень значительных колебаний с периодом нескольких десятилетий, так что нельзя с уверенностью утверждать именно о наличии тренда, а не определенной фазы таких колебаний, хотя для некоторых регионов после середины 1980-х гг. наблюдается явный рост годовых осадков (рис. 2.6, 2.7): Средняя и Восточная Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье, Северо-Западный, Сибирский и Дальневосточный ФО.

Количество осадков на территории РФ растет в основном за счет весеннего сезона (1.6 мм/мес/10 лет, вклад в дисперсию ряда 28%). Положительный и на обширных территориях превышающий 5% нормы/10 лет тренд наблюдается на всей территории страны (рис. 2.6.). Значимые тренды наблюдаются весной для ряда регионов.

Положительные изменения преобладают также осенью, с максимумом в Дальневосточном ФО. Тренд осенних сумм осадков за 1976-2013 гг. в среднем по РФ положительный, но он объясняет лишь 9% межгодовой изменчивости. Однако в физико-географических регионах Средняя и Восточная Сибирь и в ДФО рост осадков существен.

Зимой рост осадков более 5%/10 лет наблюдается на северо-западе ЕЧР и в регионе Каспия, севере Западной и Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье, Приамурье и Приморье; однако региональные тренды не достигают уровня значимости.

Летом осадки растут в основном в АЧР, с максимумами на севере, востоке и юге Якутии. На ЕЧР слабый рост осадков отмечается лишь севернее 65°с.ш. и востоке СКФО.

Зимой и летом имеются большие области, где осадки уменьшаются: зимой на севере ДФО и в Средней Сибири. Летом убывают осадки на ЕЧР (кроме севера), в районе Обской губы, на Арктическом побережье (Таймыр и восточнее), Камчатке и на юге Дальневосточного ФО (последняя тенденция сохраняется и для осени).

Особенности изменения атмосферных осадков в горных районах Северного Кавказа.

В таблице 2.3 приведены оценки трендов годовых и сезонных сумм осадков на трех станциях Северокавказского региона (характеристика станций и данных приведены в разделе 1).

Таблица 2.3 – Оценки линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков для станций Северного Кавказа за период 1976-2013 гг.

b – коэффициент линейного тренда (мм/10 лет), *D* – вклад тренда в дисперсию (%)

	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i> мм/10лет	<i>D</i> %	<i>b</i> мм/10лет	<i>D</i> %	<i>b</i> мм/10лет	<i>D</i> %	<i>b</i> мм/10лет	<i>D</i> %	<i>b</i> мм/10лет	<i>D</i> %
Теберда	21.5	4	-4.3	0	16.0	7	-3.4	0	13.9	4
Нальчик	5.8	0	0.7	0	-3.3	0	-2.7	0	11.9	6
Ахты	9.3	2	1.3	1	0.7	0	3.0	1	4.5	2

На всех станциях наблюдается положительный тренд годовых сумм осадков (как и в целом для СКФО), причем на горных станциях его величина значительно превышает тренд на предгорной станции Нальчик. Сезонно изменения осадков неоднородны и на каждой станции имеются свои особенности. В общем можно отметить, что положительный тренд на всех трех станциях отмечается осенью и он максимален в этот сезон (исключая станцию Теберда, где немного больший рост наблюдается весной). Летом на двух станциях тренд отрицателен, но на станции Ахты – положителен: это согласуется с общей нулевой тенденцией для СКФО (таблица 2.2). Все годовые и сезонные коэффициенты тренда статистически незначимы; это связано со значительной временной изменчивостью осадков.

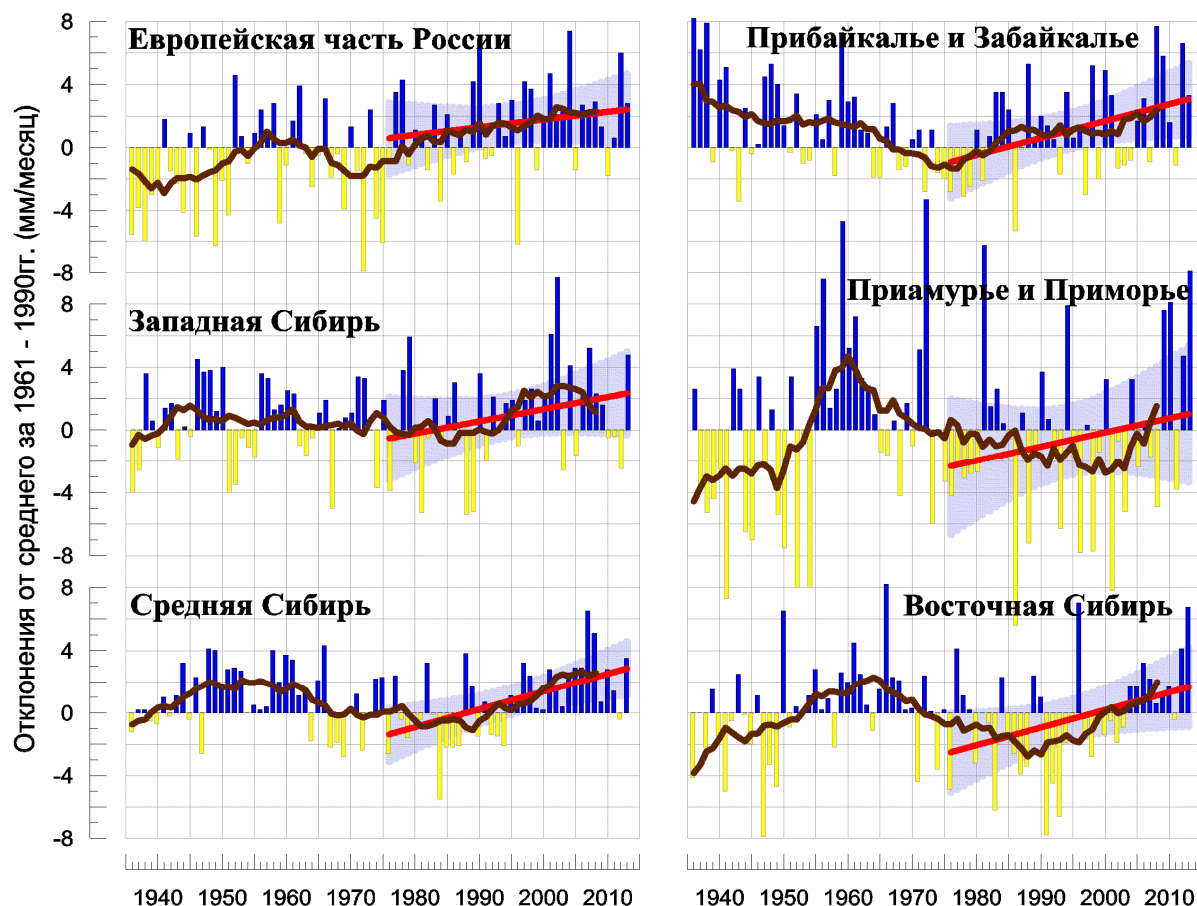


Рисунок 2.6 – Осредненные за год и по территории регионов РФ аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936-2013 гг. Сглаженная кривая соответствует 11-летнему скользящему осреднению. Линейный тренд показан за 1976-2013 гг. с 95%-й доверительной полосой.

Выводы. За год по территории РФ в целом количество выпавших осадков было экстремальным (111% нормы; аномалия +4.6 мм/месяц – исторический максимум в ряду с 1936 года). Экстремальные годовые суммы осадков наблюдались в регионах: Восточная Сибирь и Приамурье и Приморье (2-я и 4-я величины с 1936 г.). Весной и осенью в целом по РФ осадки намного превышали норму (сезонные аномалии 1-я и 2-я в рядах наблюдений). Экстремальные весенние аномалии осадков (2-3 в соответствующих рядах) зафиксированы во всех физико-географических регионах РФ кроме ЕЧР. В Сибирском ФО и Дальневосточном ФО весенние суммы осадков - максимумы в рядах наблюдений. Наибольшие аномалии осадков наблюдались в марте и мае: 2-е величины в соответствующих рядах. В марте экстремальные суммы осадков, в среднем наблюдающиеся не чаще 1 раза в 20 лет, зафиксированы повсеместно южнее 60°с.ш. от ЕЧР до Байкала, а в мае – в Дальневосточном ФО и в Западной Сибири. Осенью экстремальное количество осадков выпало в регионе ЕЧР (125% нормы, 2-я величина с 1936 г.), особенно в Южном ФО (158% нормы, также вторая величина в ряду). Летом экстремальное количество осадков наблюдалось в регионе Восточная Сибирь (126% нормы: 3-я величина с 1936 г.).

Тренд годовых сумм осадков за период 1976 - 2013 гг. положительный на большей части территории РФ. Положительный тренд наблюдается для РФ в целом и в отдельные сезоны, однако он незначим зимой и летом, когда уменьшение осадков заметно на значительной части территории: в восточных районах РФ зимой и летом, и на ЕЧР - летом. Наиболее выражен рост осадков весной, когда линейный тренд средних осадков по РФ объясняет 28% суммарной изменчивости осадков. Весенние осадки растут почти на всей территории страны, на обширных территориях со скоростью, превышающей 5%/10

лет. Максимум роста годовых осадков наблюдается в Средней Сибири, где растет количество осадков для всех сезонов, кроме зимы.

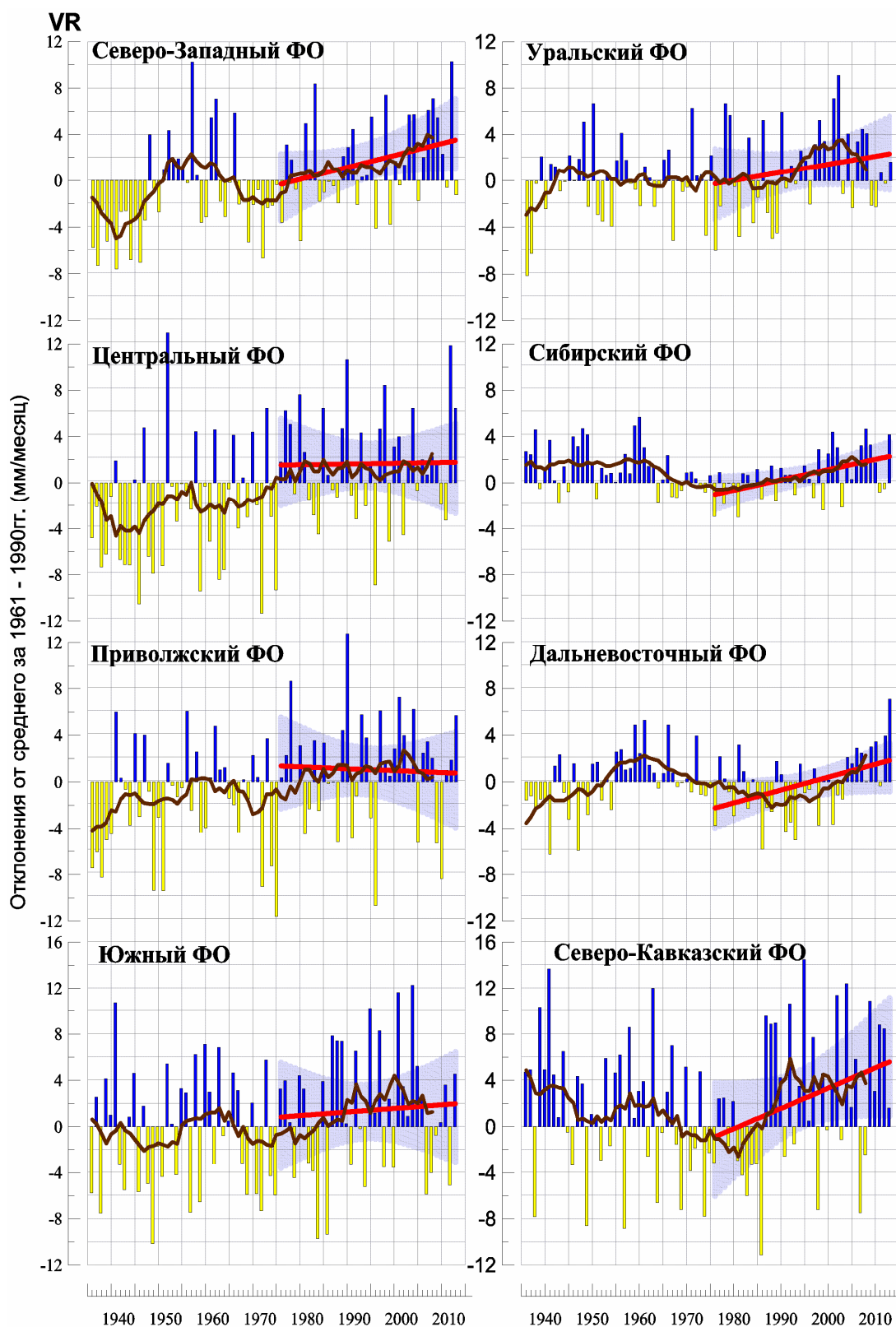


Рисунок 2.7 – То же, что на рис. 2.6., но для ФО РФ.

3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2012/2013 г.

Для описания состояния снежного покрова использовались следующие характеристики:

- число дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции по данным ежедневных наблюдений (для оценки продолжительности залегания снежного покрова);
- дата появления первого снега;
- максимальная за зимний сезон высота снежного покрова;
- запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок.

Анализ изменений характеристик снежного покрова проводился по данным в точке и по рядам средних для 9 квазиоднородных климатических регионов характеристик. Региональный анализ проводился по регионам, выбранным на основании классификации Алисова. Средние для регионов значения характеристик получены следующим способом. Аномалии на метеостанциях арифметически осреднялись по квадратам сетки ($1^{\circ}\text{N} \times 2^{\circ}\text{E}$), а затем с весовыми коэффициентами в зависимости от широты квадрата проводилось осреднение по регионам, показанным на рис. 3.1, и территории РФ. 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.

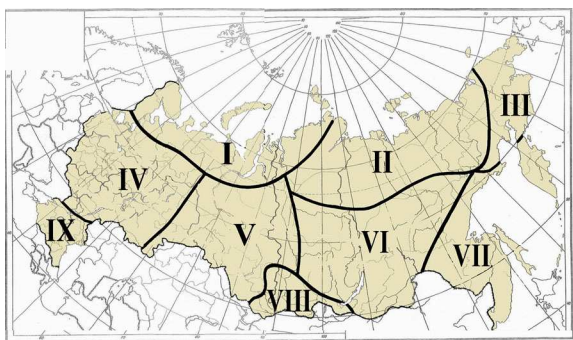


Рисунок 3.1 - Квазиоднородные климатические регионы:

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 таблице 3.1 приведены значения пространственно осредненных аномалий характеристик снежного покрова зимой 2012-2013 гг. для регионов РФ и их ранги по данным за 1966-2013 гг.

Особенности состояния снежного покрова зимой 2012-2013гг.

Зимой 2012-2013 ***продолжительность залегания снежного покрова*** в среднем по РФ была на 3.8 дня больше нормы (таблица 3.1). При этом, на очень значительной территории, охватывающей северные области РФ, число дней со снежным покровом было меньше, чем в среднем многолетнем (рис. 3.2). Так, на метеостанции Хатанга снежный покров лежал на 20 дней меньше, чем в среднем многолетнем. Аномально теплый сентябрь в этом регионе явился причиной того, что снег здесь появился на 10 дней позже обычного, аномальное тепло в мае обусловило более ранний сход снега. В южной половине РФ, исключая юг ЕЧР, снег лежал дольше обычного.

Снежный покров появился в северных и центральных районах ЕЧР в соответствии с нормой в конце октября 2012 г. Однако, вследствие теплой погоды его граница быстро отступила на северо-восток и в течение ноября колебалась около линии Петрозаводск, Казань, Оренбург. Так, в Твери первый снег появился в срок, соответствующий норме – 27 октября, но из-за положительных температурных аномалий устойчивый снежный покров

установился только 26 ноября (рис. 3.2). В Москве снежный покров установился 28 ноября 2012 г. (рис. 3.3).

Таблица 3.1 – Средние за зимний период (2012-2013 гг.) аномалии характеристик снежного покрова, осредненные по территории квазиоднородных климатических регионов РФ:

Δ - отклонения от средних за 1961-1990 гг.;

R – ранг текущих значений в ряду убывающих характеристик за 1966-2013 гг.;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Р е г и о н	Максимальная высота			Число дней со снегом		
	Δ	R	σ	Δ	R	σ
РФ	+8.9	2	3.6	+3.8	20	6.4
Север ЕЧР и Западной Сибири	-0.2	34	6.2	-5.7	37	9.9
Сев. часть Восточной Сибири и Якутии	-7.6	48	4.8	-9.0	41	11.3
Чукотка и север Камчатки	+5.8	28	9.9	-2.9	34	12.3
Центр ЕЧР	+8.7	11	6.8	+3.1	25	10.5
Центр и юг Западной Сибири	+15.6	3	9.9	+2.8	22	11.3
Центр и юг Восточной Сибири	+3.4	13	4.2	+8.5	10	6.7
Дальний Восток	+21.9	4	8.2	+14.4	15	10.0
Алтай и Саяны	+14.3	4	6.8	+15.8	6	12.4
Юг ЕЧР	-2.3	39	3.6	-8.5	39	13.0

Примечание: Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за 1966-2013

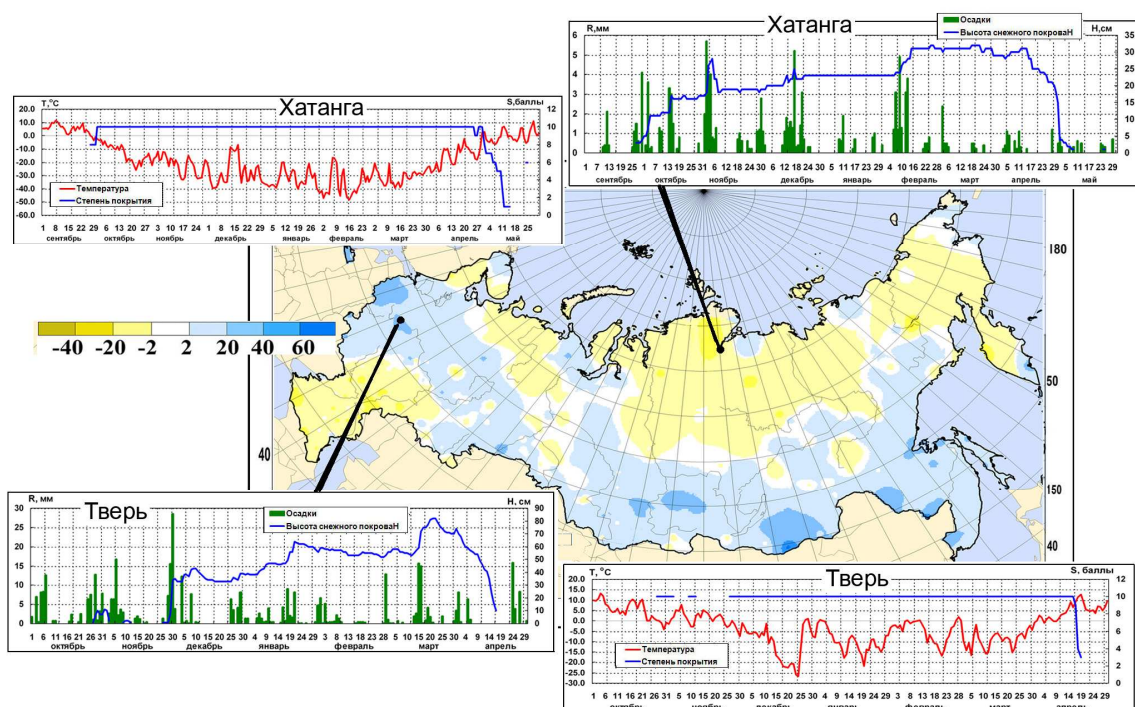


Рисунок 3.2 - Аномалии числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции зимой 2012-2013 гг. (от среднемноголетних значений за период 1961-1990 гг.). На врезках среднесуточные значения температуры воздуха, степени покрытия снегом окрестности метеостанции, высоты снежного покрова и сумма осадков за сутки на метеостанциях Тверь и Хатанга.

Положительные аномалии числа дней со снегом на ЕЧР объясняются более поздним сходом снега из-за экстремально холодной весенней погоды, таяние снега

задержалось здесь до 1 апреля, что почти на две недели позже нормальных сроков. На Чукотке временный снежный покров появился в конце сентября 2012 г. К 10 октября снежный покров на АЧР распространился на запад до Енисея и на юг – до 60° с.ш. В начале ноября снег покрывал Урал и всю Сибирь, На Дальнем Востоке в Приморском крае устойчивый снежный покров лег только 18 ноября 2012 г. Положительные аномалии числа дней со снегом в VI (Центр и юг Восточной Сибири) и VIII (Алтай и Саяны) районах вошли в 10 самых больших с 1966 года

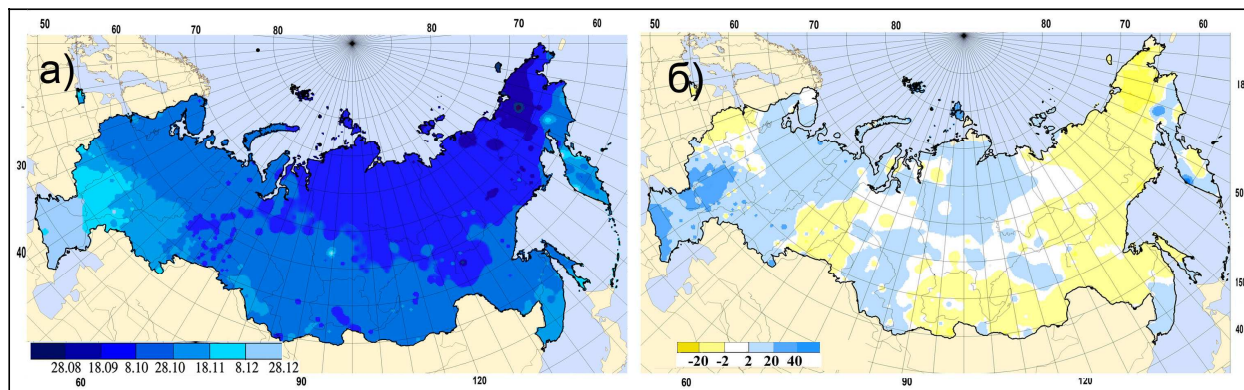


Рисунок 3.3 - а) Даты появления первого снега на территории РФ в зимний период 2012-2013 гг. б) Аномалии в датах появления первого снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории РФ в зимний период 2012-2013 гг. (от норм 1961-1990 гг.)

В зимний период 2012-2013 гг. **максимальная высота снежного покрова** в среднем по РФ была на 8.9 см выше нормы (рис. 3.4). Это 2 по величине значение за период с 1966 года. В число 10 самых снежных эта зима попала в 3-х квазиоднородных районах – в Центре и на юге Западной Сибири (3 ранг), на Дальнем Востоке (4-е значение в ранжированном ряду) и на Алтае и Саянах (4 ранг) (таблица 3.1). Во II-ом квазиоднородном районе эта зима была самой малоснежной (рис. 3.5). На отдельных станциях высота снежного покрова на 20-30 см была ниже среднееголетних значений. И на юге ЕЧР высота снежного покрова была значительно ниже нормы (10-я по величине отрицательная аномалия). В очагах наибольших положительных аномалий максимальной за зиму высоты снежного покрова на многих станциях были достигнуты рекордные значения высоты снежного покрова (рис. 3.6). Так, в Москве его высота значительно превышала норму и в марте 2013 г. достигла рекордного значения за весь период наблюдений 77 см; 18 марта рекордное значение в 98 см зарегистрировано в Томске, 31 марта высота снега в Усть-Камчатске достигла рекордного значения в 165 см.

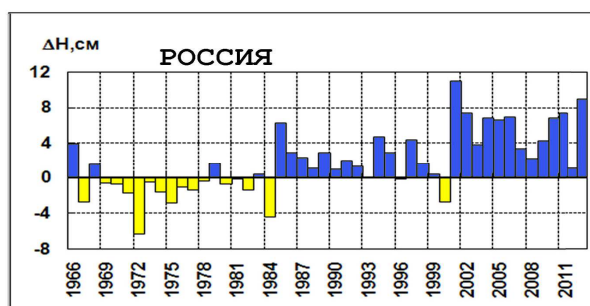


Рисунок 3.4 – Аномалия максимальной за зимний период высота снежного покрова, осредненная по территории РФ, 1966-2013 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг.

Еще одной важной характеристикой является **запас воды в снеге**. Наблюдения за этой характеристикой осуществляются по программе маршрутных снегомерных съемок в поле и в лесу. Регулярные наблюдения маршрутных снегомерных съемок доступны с 1966 года, поэтому в качестве норм использованы средние многолетние значения запаса воды в снеге за период 1971-2000 гг.

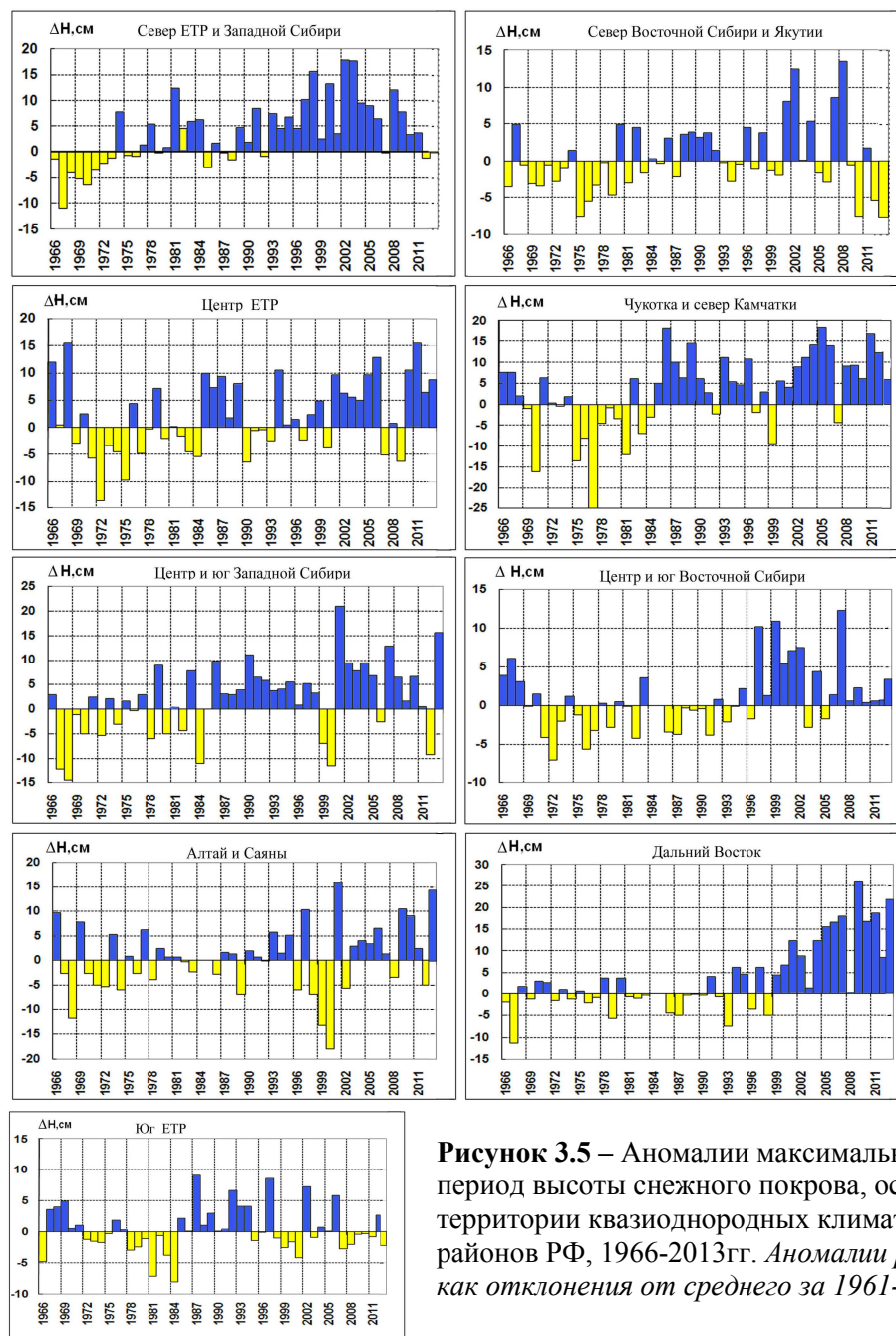


Рисунок 3.5 – Аномалии максимальной за зимний период высоты снежного покрова, осредненные по территории квазиоднородных климатических районов РФ, 1966-2013гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг.

Прошедшая зима по данным маршрутных снегосъемок в поле стала рекордной по максимальному за зиму запасу воды в снеге (таблица 3.2). Во всех квазиоднородных районах (кроме I и IX) положительные аномалии по величине попали в десятку самых больших с 1967 года, причем в центре и на юге Западной Сибири она стала первой в ранжированном ряду, на Алтае и Саянах – второе значение, а в центре и на юге Восточной Сибири – третье. Ниже нормы значения запаса воды в снеге в поле, осредненные по территории регионов, оказались только в I (север ЕЧР и Западной Сибири) и в IX (юг ЕЧР) регионах.

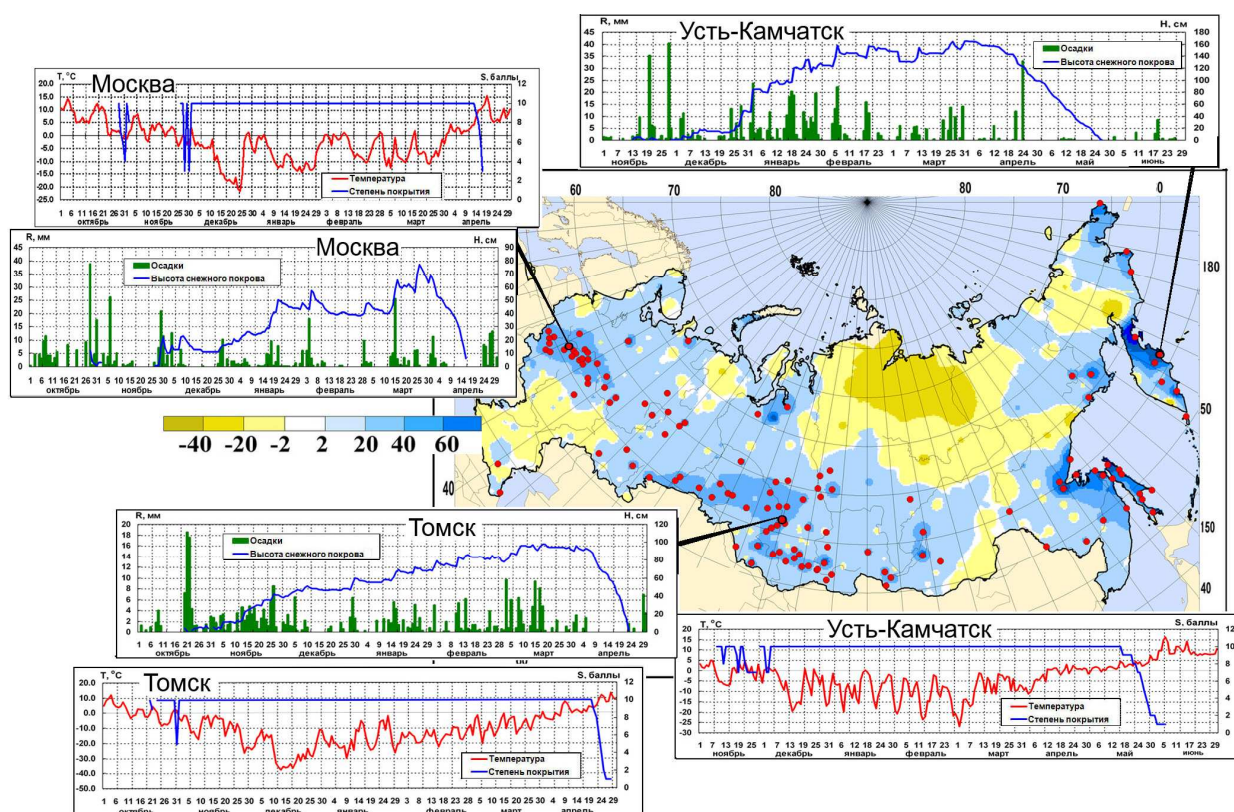


Рисунок 3.6 - Аномалии максимальной высоты снежного покрова зимой 2012-2013 гг. (от среднееголетних значений за период 1961-1990 гг.). Кружками красного цвета показаны станции, на которых зарегистрирован абсолютный максимум высоты снежного покрова. На врезках среднесуточные значения температуры воздуха, степени покрытия снегом окрестности метеостанции, высоты снежного покрова и сумма осадков за сутки на метеостанциях Москва, Томск и Усть-Камчатск.

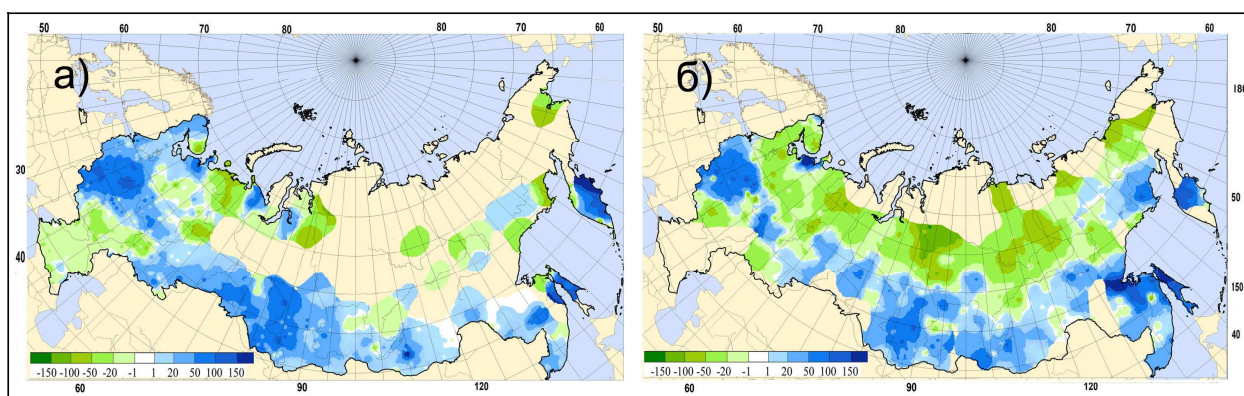


Рисунок 3.7 - Аномалии максимального запаса воды в снеге (мм) зимой 2012-2013 гг. (от среднееголетних значений за период 1971-2000 гг.) в поле (а) и в лесу (б).

Средняя по территории РФ аномалия максимального за зимний период запаса воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в лесу также попала в десятку самых больших значений. При этом в северных регионах (I и II) запас воды в снеге был существенно ниже нормы, а в северной части Восточной Сибири и Якутии аномалия стала первой по величине отрицательной аномалией с 1967 года. На Дальнем Востоке осредненная по региону аномалия запаса воды в снеге стала второй в ранжированном ряду.

Таблица 3.2 – Аномалии максимального за зимний период (2012-2013 гг.) запаса воды в снеге, осредненные по территории квазиоднородных климатических регионов РФ
 Δ - отклонения от средних за 1971-2000 гг.;
R – ранг текущих значений в ряду убывающих характеристик за 1967-2013 гг.;
 σ – среднеквадратическое отклонение.

Р е г и о н	Запас воды в снеге (поле)			Запас воды в снеге (лес)		
	Δ	ранг	σ	Δ	ранг	σ
РФ	+21.0	1	8.5	+6.3	9	7.7
Север ЕЧР и Западной Сибири	-7.4	28	16.7	-21.3	33	25.7
Север Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	-25.9	47	12.8
Чукотка и север Камчатки	-	-	-	+32.6	6	24.6
Центр ЕЧР	+20.7	8	17.9	+3.7	16	18.6
Центр и юг Западной Сибири	+44.9	1	16.4	-2.6	18	23.0
Центр и юг Восточной Сибири	+11.8	3	6.8	-0.1	22	8.3
Дальний Восток	+28.2	7	19.9	+50.4	2	22.8
Алтай и Саяны	+31.8	2	13.5	+37.4	7	30.4
Юг ЕЧР	-7.5	37	10.8	-	-	-

Примечание. Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за 1967-2013. Прочерк означает отсутствие маршрутных наблюдений данного типа

В таблице 3.3 приведены подробные **данные о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ** (на ЕЧР по состоянию на 31 марта, а в АЧР – на 20 апреля 2013 года). Такие даты выбраны, чтобы отразить максимальные запасы воды в снеге, достигнутые к весне 2013 г. Для сравнения в той же таблице приведены значения норм и данные о запасах воды соответственно либо на 31 марта 2012 г., либо на 20 апреля 2012 г. По состоянию на 31 марта 2013 года в большинстве речных бассейнов ЕЧР накопленные запасы воды в снеге были значительно выше нормы. В бассейне Волги в целом они составили 135 мм или 124% нормы, при этом на Верхней Волге, и в бассейнах рек Оки, Суры, Ветлуги, Костромы, Унжи, Вятки, Рыбинского и Чебоксарского водохранилищ запасы воды в снеге на 20 – 80% превышали обычные значения. В бассейнах реки Кама, Саратовского и Волгоградского водохранилищ были на 5 – 17% ниже нормы и прошлогодних значений. Это было связано с более ранним таянием снега из-за частых волн тепла в юго-восточной части ЕЧР и юге УФО. На АЧР в бассейнах большинства крупных рек и водохранилищ запасы воды в снеге на 20 апреля 2013 г. преимущественно составили 122 – 141% нормы, лишь в бассейне Усть-Илимского водохранилища - 103% нормы. На территории Республики Саха (Якутия) значительные снегозапасы (120 - 170% нормы) были накоплены в верховьях бассейна р. Алдан, а также в верхнем и среднем течении р. Амга. В бассейнах рек Вилюй, Оленек и Анабар они значительно меньше нормы (менее 70%). В бассейне р. Амур накопленные за зиму запасы воды в снеге составляли 70-130% нормы, местами 170 - 230%. Повышенные снегозапасы (более 200% нормы) отмечались в бассейнах рек Большой Невер, Гиллой, Большая Бира и Уда.

Таблица 3.3 – Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ европейской части РФ по состоянию на 31 марта 2013 г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2012 г.): *w2012*, *w2013* – запасы воды в снеге в 2012 и 2013 гг. По АЧР сведения приведены по состоянию на 20 апреля 2013 г.

№ п/п	Бассейны рек	Запасы воды в снеге на 31 марта				
		норма	<i>w2012</i>	<i>W2013</i>		
		мм	мм	мм	% от нормы	% от <i>w2012</i>
1	ВОЛГА, в т.ч.	109	119	135	124	113
2	до Рыбинского водохр.	89	107	155	174	145
3	р. Кострома и Унжа	116	143	180	155	126
4	р. Москва	74	89	173	234	194
5	р. Ока, включая бассейн р.Москвы	82	101	148	180	147
6	р. Сура	74	130	92	124	71
7	р. Ветлуга	127	173	178	140	103
8	Чебоксарское водохранилище	84	117	142	169	121
9	р. Вятка	139	159	170	122	107
10	Куйбышевское водохранилище	119	149	132	111	89
11	Саратовское водохранилище 20 марта	89	90	74	83	82
12	Волгоградское водохранилище 20 марта	57	103	49	86	48
13	р. Кама	183	129	174	95	135
14	р. Белая	127	97	141	111	145
15	ДОН, в т.ч.	22	52	37	168	71
16	Хопер	28	116	39	139	34
17	Медведица	27	63	24	89	38
	Реки севера					
18	Северная Двина	118	151	144	122	95
19	Сухона	120	166	128	107	77
20	Вага	123	139	117	95	84
21	Юг	112	175	157	140	90
22	Пинега	100	134	146	146	109
23	Вычегда	135	155	162	120	105
24	Мезень	140	136	166	119	122
25	Нарва	51	63	76	149	111
26	Волхов	62	67	105	169	154
	Реки и водохранилища Сибири					
27	Верхняя Обь	224	126	292	130	232
28	Тобол (31 марта)	48	49	114	237	233
29	Енисей (Саяно-Шушенское в-ще)	143	111	185	129	167
30	Енисей (Красноярское в-ще)	163	136	218	134	160
31	Ангара (оз. Байкал)	94	88	133	141	151
32	Ангара (Братское в-ще)	82	97	100	122	103
33	Ангара (Усть-Илимское в-ще)	126	114	130	103	114

Многолетние изменения характеристик снежного покрова

Пространственное распределения локальных оценок трендов, характеризующих тенденцию (среднюю скорость) изменений **максимальных за зимний период значений высоты снежного покрова** на интервале 1976 - 2013 годов, рассчитанных непосредственно по данным станционных наблюдений на территории РФ, показано на рис. 3.8. Тренд рассчитан методом наименьших квадратов и выражен в сантиметрах за

десятилетие (см/10 лет). Как и в период с 1976 по 2012 гг., наблюдается увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова на севере Западной и на значительной части Восточной Сибири, на побережье Охотского моря и дальневосточном юге, в центральных областях ЕЧР. Сохраняется тенденция уменьшения максимальной за зиму высоты снежного покрова на северо-востоке Республики Саха (Якутия) (рис. 3.8а).

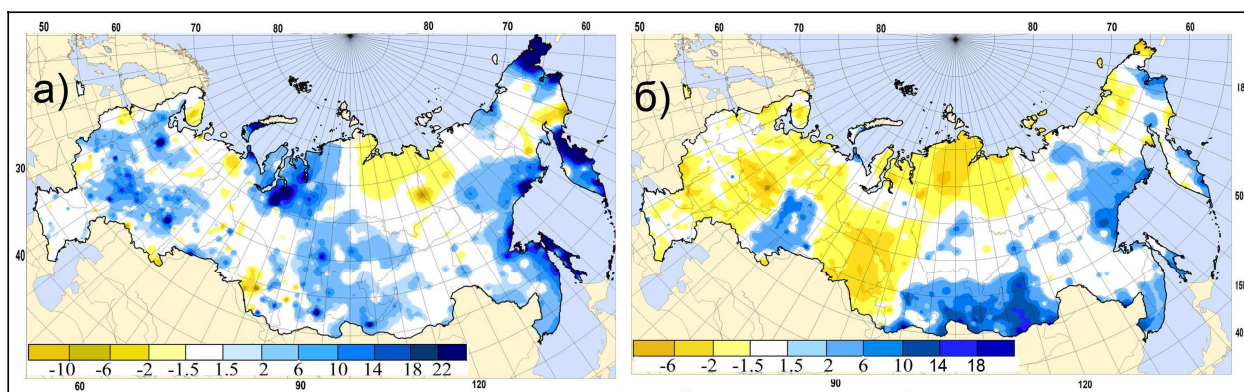


Рисунок 3.8 – Коэффициенты линейного тренда за 1976-2013 гг. (а) в рядах максимальной за зимний период высоты снежного покрова, см/10лет; (б) в рядах числа дней со степенью покрытия окрестностей станции снегом более 50% (дни/10лет).

Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда в рядах *числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции* приведено на рис. 3.8 б (в анализе использованы оценки, статистически значимые на 5%-уровне значимости). В период с 1976 по 2013 гг. обнаружена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова на ЕЧР, в Западной Сибири, на Таймыре, на северо-востоке Республики Саха (Якутия). Увеличилась продолжительность залегания снежного покрова на юге Восточной Сибири, в Забайкалье, Приморье и на восточном побережье Камчатки. В отличие от предыдущего периода выявлена тенденция увеличения числа дней со снежным покровом на южном и центральном Урале. Однако при осреднении по регионам, статистически значимые на 5%-уровне значимости коэффициенты линейного тренда получены только для V, VI и VII квазиоднородных регионов РФ (таблица 3.4)

Тенденции изменений *максимального за зиму запаса воды в снеге* в последние десятилетия (1976-2013гг.) по данным маршрутных наблюдений в поле во многом совпадают с тенденциями изменений максимальной за зиму высоты снежного покрова. Наблюдается увеличение в центральных районах ЕЧР, на Камчатке, на острове Сахалин и в Приморье (рис. 3.9а).

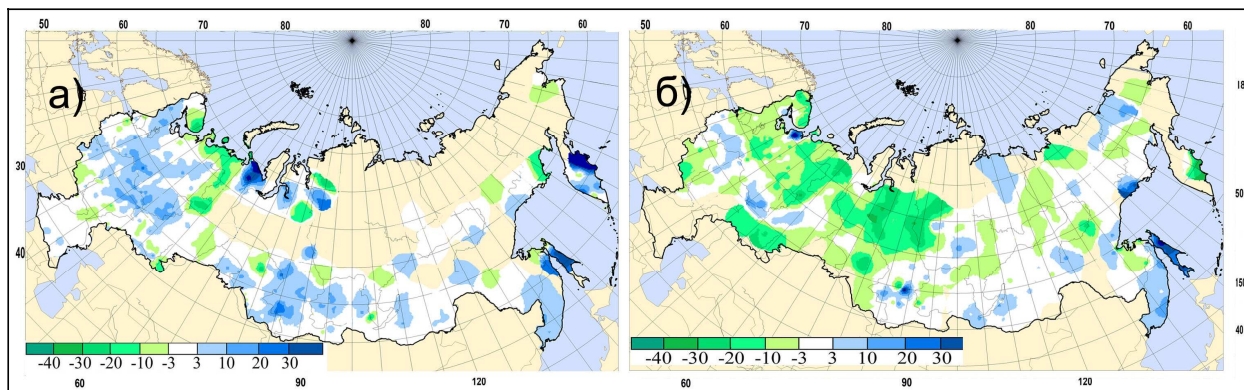


Рисунок 3.9 - Коэффициенты линейного тренда (мм/10лет) в рядах запаса воды в снеге за зимний период в поле (а) и в лесу (б). 1976-2013

По данным маршрутных наблюдений в лесу (рис. 3.9 б) на большей части ЕЧР и Западной Сибири наблюдается уменьшение максимального за зиму запаса воды в снеге. В Восточной Сибири, на северо-востоке Якутии, в Приморье и на Сахалине выделяются области с положительными значениями коэффициентов линейного тренда.

Таблица 3.4 – Оценки линейного тренда (статистически значимые на 5%-уровне значимости) регионально осредненных характеристик снежного покрова для регионов РФ за 1976-2013гг.:

Hmax, см/10 лет – максимальная за зимний период высоты снежного покрова

Nd, дни/10лет - число дней со снежным покровом

SWEn, мм/10лет - запас 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>
РФ	+1.94	-	-	-2.59
Север ЕЧР и Западной Сибири	+1.38	-	-	-
Сев. Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	-
Чукотка и север Камчатки	+4.78	-	-	-
Центр ЕЧР	+1.75	-	-	-
Центр и юг Западной Сибири	-	-2.23	-	-
Центр и юг Восточной Сибири	+1.76	+2.07	+1.87	-
Дальний Восток	+5.75	+3.07	-	-
Алтай и Саяны	-	-	-	-
Юг ЕЧР	-	-	-	-

Выводы

В период 1976 – 2013 гг. обнаружена тенденция увеличения максимальной за зиму высоты снежного покрова на севере Западной и на значительной части Восточной Сибири, на побережье Охотского моря и дальневосточном юге, в центральных областях ЕЧР. Сохраняется тенденция уменьшения максимальной за зиму высоты снежного покрова на северо-востоке Республики Саха (Якутия).

Уменьшается продолжительность залегания снежного покрова на ЕЧР, в Западной Сибири, на Таймыре, на северо-востоке Республики Саха (Якутия). Увеличилась продолжительность залегания снежного покрова на юге Восточной Сибири, в Забайкалье, Приморье и на восточном побережье Камчатки.

Зимой 2012-2013 **продолжительность залегания снежного покрова** в среднем по РФ была на 3.8 дня больше нормы. На значительной территории, охватывающей северные области РФ, при этом, число дней со снежным покровом было меньше, чем в среднем многолетнем. В южной половине РФ, исключая юг ЕЧР, снег лежал дольше обычного. Положительные аномалии числа дней со снегом на ЕЧР объясняются более поздним сходом снега из-за экстремально холодной весенней погоды. Положительные региональные аномалии числа дней со снегом в VI (центр и юг Восточной Сибири) и VIII (Алтай и Саяны) квазиоднородных районах вошли в 10 самых больших с 1966 года.

В зимний период 2012-2013 гг **максимальная высота снежного покрова** в среднем по РФ была на 8.9 см выше нормы. Это 2 по величине значение за период с 1966 года. В число 10 самых снежных эта зима попала в 3-х квазиоднородных районах – в Центре и на юге Западной Сибири (3-е значение в ранжированном ряду), на Дальнем Востоке (4-е) и на Алтае и Саянах (4-е). В очагах наибольших положительных аномалий максимальной за зиму высоты снежного покрова на многих станциях были достигнуты рекордные значения высоты снежного покрова. В северной части Восточной Сибири и Якутии (II-й квазиоднородный район) эта зима была самой малоснежной. На отдельных станциях

высота снежного покрова на 20-30 см была ниже среднемноголетних значений. И на юге ЕЧР высота снежного покрова была значительно ниже нормы. Прошедшая зима стала рекордной *по максимальному за зиму запасу воды в снеге* (в поле). Во всех квазиоднородных районах (кроме I и IX) положительные аномалии по величине попали в десятку самых больших с 1967 года. Средняя по территории РФ аномалия максимального за зимний период запаса воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в лесу также попала в десятку самых больших значений. При этом в северных регионах (I и II) запас воды в снеге был существенно ниже нормы, а в северной части Восточной Сибири и Якутии аномалия стала первой по величине отрицательной аномалией с 1967 года. По состоянию на 31 марта 2013 года в большинстве речных бассейнов ЕЧР накопленные запасы воды в снеге были значительно выше нормы. На АЧР в бассейнах большинства крупных рек и водохранилищ запасы воды в снеге на 20 апреля 2013 г. преимущественно составили 122 – 141% нормы. В бассейне р. Амур накопленные за зиму запасы воды в снеге составляли 70-130% нормы, местами 170 - 230%. Повышенные снегозапасы (более 200% нормы) отмечались в бассейнах рек Большой Невер, Гиллой, Большая Бира и Уда.

4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК

Вскрытие рек РФ весной 2013 года

Вскрытие рек ото льда и начало весеннего половодья на реках Донского бассейна началось в конце первой - начале второй декады марта, начиная с бассейнов рек севера Ростовской области (на реках юга Ростовской области оно было выражено слабо) и южной половины Волгоградской области, что на 6-18 дней раньше средних многолетних сроков. Во второй декаде марта вскрылись реки Сельда и Барыш (Ульяновская область) на 1-2 дня раньше нормы, Чагра (Самарская область) – на 12 дней раньше среднемноголетних дат, началось разрушение льда на реках Орловской, Брянской, Белгородской, Курской, Воронежской, Липецкой и Тамбовской областях.

В третьей декаде марта вскрылись ото льда большинство рек Пензенской области и начался ледоход (на 5-9 дней раньше средних многолетних сроков) на большинстве рек Саратовской области.

В начале апреля началось вскрытие ото льда большинства рек Ульяновской, Самарской областей, что на 2-4 и раньше среднемноголетних дат. На реках Свияга, Сельда, Большой Черемшан наблюдались заторы льда, местами отмечалось подтопление пониженных участков местности. Полностью очистились ото льда Куйбышевское, Саратовское (на 3 дня раньше нормы) и Волгоградское водохранилища (на 6 дней раньше среднемноголетних дат).

В первой декаде апреля началось вскрытие и очищение ото льда степных рек Башкортостана, которое было дружным, сопровождалось заторами льда и резкими подъемами уровней воды. Вскрытие горных рек Башкортостана произошло в сроки близкие к норме (в конце первой – начале второй декады апреля), при этом на реках Инзер и Лемеза оно сопровождалось образованием опасных заторов льда, в результате которых были подтоплены отдельные населенные пункты. Вскрытие верхнего и среднего течения р. Белая и р. Уфа проходило в сроки, близкие к норме; нижнего течения р. Белая до 3 дней раньше обычных сроков.

В первой половине апреля началось разрушение ледового покрова на реках бассейна Верхней Волги - Оке, Суре, Мокше и их притоках, на Вятке, Ветлуге и Верхней Каме. В обычные сроки вскрылись и очистились ото льда реки Сура, Цивиль, Теша, Исса, Алатырь, Пьяна. На 3-5 дней позже нормы вскрылись Ока в нижнем течении, Мокша, Угра, Инсар, Вад, Явас и Сивинь, а также на южные притоки р. Вятки - реки Ярань, Немда, Уржумка, Б.Кокшага, Свияга, Филипповка.

На 1-5 дней позже нормы начался ледоход на р. Ветлуга, на 4-8 дней позже обычных сроков вскрылись ее притоки - Б.Какша и Лапшанга.

Ледоход на верхней Каме и участке р. Вятки от г. Слободского до устья прошел в сроки близкие к норме. На 2-7 дней позже обычных сроков началось разрушение льда в верховьях р. Вятки и её центральных и южных притоков - Быстрица, Пижма, Воя, Кильмезь, Лобань, Чепца. Ледоход на северных притоках р. Вятка - Черной и Белой Холунице, Летке, Великой, Кобре, Моломе начался в конце апреля, в основном в среднемноголетние сроки. На 2 дня раньше нормы очистилось ото льда Чебоксарское водохранилище.

В первой половине апреля вскрылись ото льда также реки юга Западной Сибири: Обь (с. Фоминское), Кокса (с. Усть-Кокса), Урсул, Ануй, Песчаная, Алей (с. Локоть-г. Рубцовск), Чарыш (с. Белоглазово) в основном на 4-11 дней раньше среднемноголетних сроков.

Вскрытие большинства рек северо-запада происходило дружно, на 5-22 дня позже нормы, а рек востока Ленинградской области – в сроки близкие к среднемноголетним датам и сопровождалось заторами льда и подтоплением населенных пунктов. На 10-15 дней позже нормы вскрылись озера Теплое, Чудско-Псковское и Ильмень. Наиболее

мощные заторы наблюдались на реке Великой, притоках Свири и на реках бассейна озера Ильмень.

Сложная гидрологическая обстановка в весенний период складывалась на реках Вологодской и Архангельской областей. Вскрытие нижнего течения р. Сухона и р. Северная Двина прошло с образованием заторов льда, что привело к резким подъемам уровней воды и потоплению пониженных участков отдельных населенных пунктов в районе Великого Устюга и г. Красавино. К 1 мая все реки Вологодской области очистились ото льда. Ледоход на р. Вага начался в конце апреля с заторными остановками. В среднем течении р. Паденьга (приток Ваги) произошло подтопление группы деревень. Река Онега вскрылась в обычные сроки. Реки Пинега и Вычегда вскрывались в сроки близкие к обычным с образованием маломощных заторов льда. На р. Мезень ледоход прошел на неделю ранее среднемноголетних сроков. На 1-7 дней раньше обычного вскрылась р. Печора

Вскрытие рек Приморского края произошло на 4-11 дней позже средних многолетних сроков, а на отдельных участках рек Большая Уссурка, Бикин – на 1-3 дня позже самых поздних сроков за период наблюдения. В третьей декаде апреля начался дрейф льда на оз. Ханка и к 5 мая (в сроки до 2 позже самых поздних за период наблюдений) озеро очистилось ото льда. При прохождении ледохода отмечались маломощные заторы льда. Вскрытие южных рек Хабаровского края началось на 7-11 дней позже обычных.

В конце апреля - начале мая произошло вскрытие водных объектов Карелии, что в пределах нормы для южных и центральных районов, а для северных – на неделю раньше. На 9-14 дней раньше нормы начался ледоход на реках Мурманской области, полное очищение их от ледяного покрова произошло на 3 дня раньше средних многолетних сроков.

В мае очистились ото льда Горьковское водохранилище (на неделю позже среднемноголетних сроков) и Воткинское водохранилище (на 6 дней раньше нормы). Вскрылись ото льда Енисей (с. Назимово – с. Курейка), Нижняя Тунгуска (п. Кислокан – ф. Большой Порог) на 11-14 дней, Ангара и Подкаменная Тунгуска в нижнем течении - на 2-10 дней раньше нормы; вскрытие сопровождалось неопасными заторами льда. На 14 дней раньше нормы, начался ледоход в низовьях Енисея, вскрытие также сопровождалось затором льда. Вскрытие рек севера Камчатского края произошло на 7-14 дней раньше обычных сроков.

В мае произошло вскрытие Онежского озера и очищение ото льда озер Псковское, Ильмень, Чудское, Ладожское. На 5-10 дней раньше нормы вскрылся ледяной покров озер и водохранилищ Мурманской области, на 10-15 дней раньше нормы очистились ото льда их прибрежные части, за исключением вдхр. Серебрянское и озер Умбозеро, Ловозеро. На 1-3 дня позже обычных сроков начался ледоход на реках Республики Коми - на Вишере, Нившере, Выми, на р. Мезень с притоками. На 1-4 дня раньше нормы вскрылись левые притоки р. Печора - Ижма, Цильма, Илыч.

В мае вскрылись и очистились ото льда реки Обь, Вах, Аган, Большой Юган, Казым, Иртыш (низовье), Конда, Северная Сосьва, Ляпин, Сыня, Полуй, Надым, Пур, Пяку-Пур, Еркал-Надей-Пур, Таз (Тюменская область) в сроки близкие к среднемноголетним датам и на 3-10 дней раньше (наблюдались маломощные заторы льда).

В мае раньше обычных сроков произошло вскрытие Вилюя на всем протяжении (на 2-4 суток); рек Алдан и Амга, верховьев Яны, нижнего течения Индигирки и Колымы (на 5-8 суток); верхнего течения Оленька и Индигирки (на 11-14 суток); верхнего и среднего течений Колымы (на 2 суток раньше экстремально ранних сроков). Во второй и третьей декадах мая очистились ото льда Средняя и Нижняя р. Лена, вскрытие реки сопровождалось заторами льда и на 6-7 суток раньше нормы. На 9-10 суток раньше нормы, начался ледоход в низовьях р. Оленек и р. Тауй.

Во второй половине мая на 2-8 дней раньше среднемноголетних дат вскрылись: устьевой участок Оби, среднее течение Надыма, Пура, Пяку-Пура и Таза. На 18 дней раньше нормы началось вскрытие р. Майн у с. Ваеги (Чукотский А.О.), которое сопровождалось образованием затора льда.

На реках Забайкальского края начался ледоход в сроки около и на 2-7 дней позже, отдельных реках северных районов – на 5-12 дней раньше среднемноголетних дат. При вскрытии на отдельных участках Шилки, Онона, Ингоды наблюдались заторы льда, выход воды на пойму. На р. Шилка у с. Усть-Карск уровень воды превышал опасную отметку.

В последние дни мая и в начале июня ледоход продвинулся в устьевые участки рек Лена, Оленек, Яна, Индигирка и Колыма. На 3 суток раньше экстремально ранней даты, осуществилось вскрытие р. Яна у метеостанции Юбилейная. При вскрытии рек наблюдались мощные заторы льда и подтопление ряда населенных пунктов.

Появление льда на реках РФ осенью 2013 года

В связи с повышенными температурами воздуха процессы ледообразования на реках РФ происходили преимущественно позже нормы и неравномерно.

В ноябре позже нормы появился лед на Амуре (на 4-12 дней), Зее (на 7 дней) и Енисее у г. Кызыл (на 15 дней). Во второй и третьей декадах ноября на 14 дней позже нормы появился лед на Оби ниже Новосибирского водохранилища до г. Сургут. На реках Омской области, юга Тюменской области и Ханты-Мансийского АО (участок п. Горноправдинск – г. Ханты-Мансийск) появление плавучего льда отмечалось в третьей декаде ноября, что на 17 - 29 дней позже нормы, в сроки близкие к наиболее поздним многолетним датам. На р. Конда, после ослабления ледовых явлений и полного их исчезновения, произошло вторичное ледообразование – на 23 - 29 дней позже нормы и на 1-9 дней позже экстремально поздних сроков. На р. Обь (до с. Горки), протоках Юганская Обь и Сытоминка отмечалось неравномерное установление ледостава: на участках – г. Нижневартовск, г. Нефтеюганск, с. Полноват – с. Горки в сроки близкие к норме и позже на 3-5 дней, а в с. Сытомино – на 23 дня позже нормы.

На 20-30 дней позже нормы в экстремально поздние и близкие к ним сроки появился лед на Северной Двине и реках её бассейна, на Костроме, Унже, Ветлуге, Верхней Каме, Вятке и Белой, на Оби выше Камня, на Иртыше и реках его бассейна. На 11-17 дней позже нормы образовался ледостав на Беломорско-Балтийском канале, в Шекснинском заливе Рыбинского водохранилища и на 19-23 дня позже нормы – на Камском водохранилище. Ледостав на р. Обь у г. Сургут и д. Белогорье установился на 22-29 дней позже нормы и позже самых поздних многолетних дат на 2-6 дней. На р. Иртыш (от г. Ханты-Мансийск до с. Татарка) установление ледостава произошло в сроки на 19-36 дней позже нормы.

В декабре на 10-14 дней позже нормы появился плавучий лед на верхнем Днепре и Западной Двине. На 16-21 день позже нормы появился лед на Верхней и Средней Волге, в верхнем и нижнем течении Оки, на Суре. На 11-19 дней позже нормы образовался ледостав в Переборском заливе Рыбинского водохранилища, на Угличском, Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском, Воткинском, Нижнекамском и Шекснинском водохранилищах.

В сроки близкие к норме появился плавучий лед на Волге ниже Волгограда, на Дону ниже Константиновска. Позже нормы на 14-25 дней появился плавучий лед на Верхнем и Среднем Дону, на Десне и в среднем течении Оки. На 5-7 дней позже нормы образовался ледостав на Саратовском и Волгоградском водохранилищах.

22 декабря, в экстремально поздний срок, установился ледостав на Енисее у с. Ворогово.

Выводы. В большинстве регионов Российской Федерации вскрытие рек происходило раньше средних многолетних сроков (местами до двух и более недель). Позже обычного

вскрылись реки северо-запада (кроме севера Карелии и мурманской области), Забайкалья и Приморья, юга Хабаровского края. Во многих случаях вскрытие рек сопровождалось заторами льда и подтоплением населенных пунктов.

В связи с повышенными температурами воздуха процессы ледообразования на реках России происходили преимущественно позже нормы и неравномерно. Во многих случаях появление льда и установление ледостава происходило в сроки на 20-30 дней позже нормы в экстремально поздние и близкие к ним сроки (бассейны Северной Двины, Оби и Иртыша, Енисея).

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 1936–2013 гг.

Исходными данными послужили данные наблюдений 250 стационарных метеорологических станций, а также данные, поступающие с дрейфующих буев Международной программы по арктическим буям (МПАрБ) и дрейфующей станций СП-40.

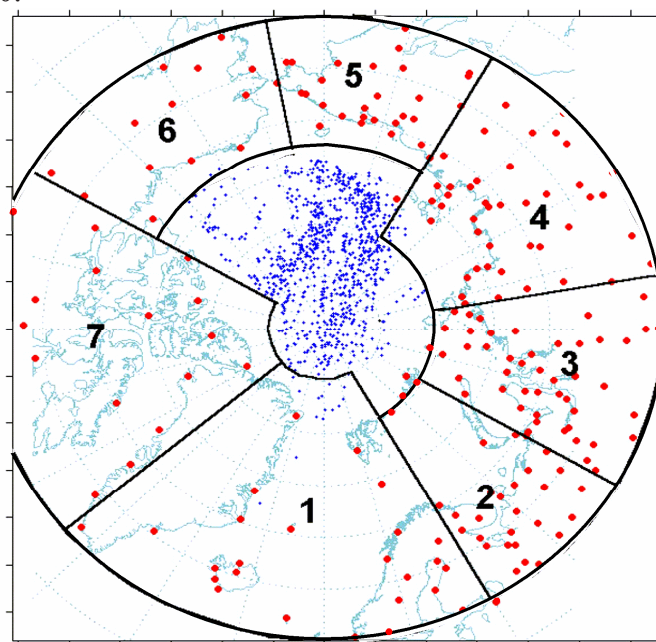


Рисунок 5.1 – Положение метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов:
1 – Атлантический; 2 – Североевропейский;
3 – Западносибирский;
4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский;
6 – Аляскинский; 7 – Канадский

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

Оценка аномалий средних сезонных и среднегодовой температуры воздуха за 2013 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 2013 г., осредненные по территории СПО и по широтным зонам, в среднем за год (декабрь 2012 - ноябрь 2013) и за сезоны:
 ΔT , °C – отклонения от средних за 1961–1990; R – ранг в ряду убывающих температур за 1936–2013 гг.

Широтная зона, °с.ш.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R
70–85	1.9	10	2.0	17	2.3	7	1.1	9	2.2	11
60–70	1.0	17	0.2	44	0.6	32	1.5	1	1.8	4
60–85	1.4	11	1.0	25	1.2	19	1.4	2	2.0	6

Значение пространственно осредненной аномалии среднегодовой температуры воздуха СПО составило 1.4°C, и 2013 г. стал одиннадцатым теплым годом по рангу теплых лет за период с 1936 г. Наиболее теплым годом был 2011 г. с аномалией температуры 2.3°C. Аномалия среднегодовой температуры воздуха в широтной зоне 70–

85° с.ш. оказалась равной 1.9°C, а в зоне 60-70° с.ш. – 1.0°C. Соответственно эти значения оказались десятым и семнадцатым 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 2013 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>

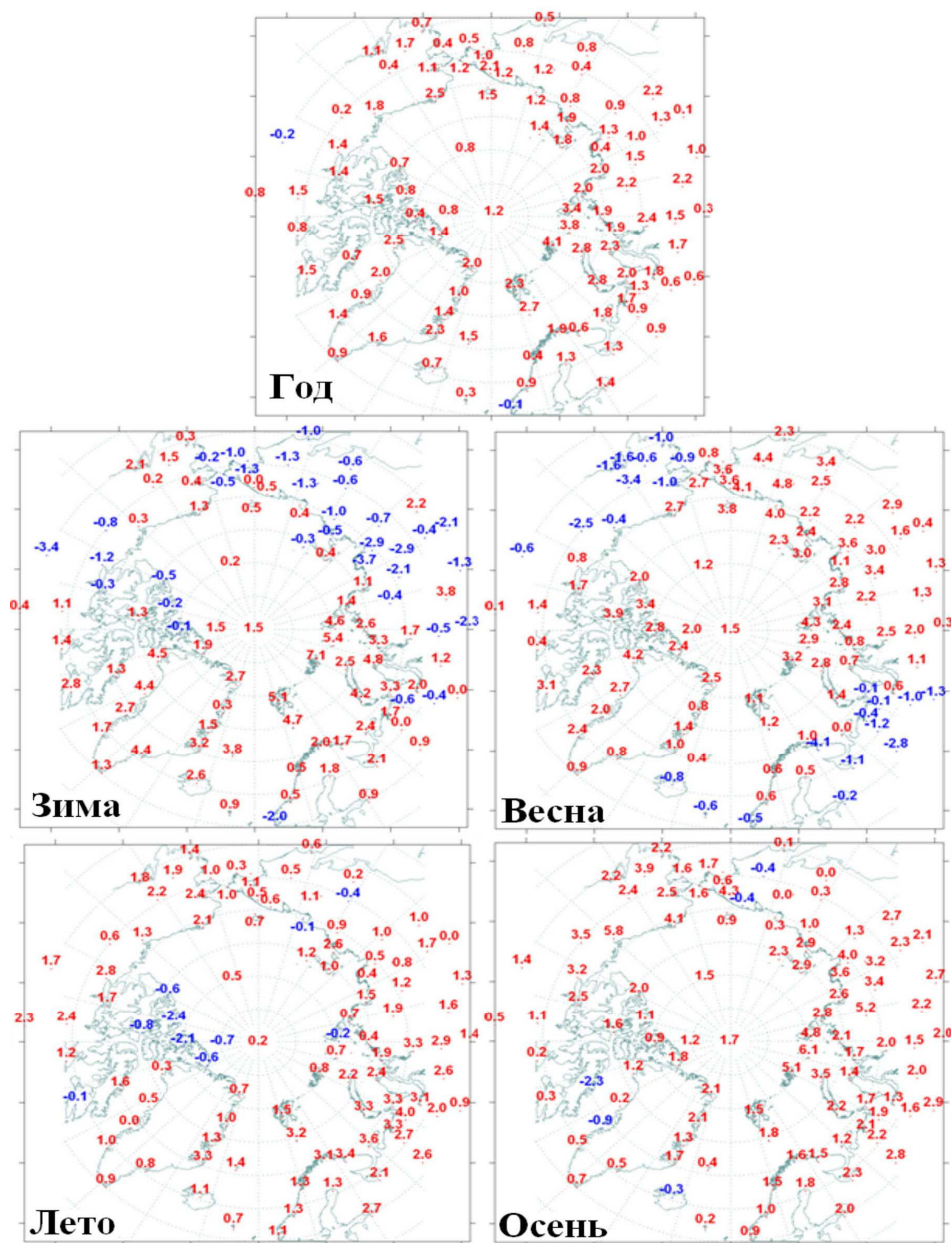


Рисунок 5.2 – Аномалии среднегодовой и средних сезонных температур воздуха на станциях СПО, °C.

Можно видеть, что в 2013 г. году области крупных положительных аномалий температуры располагались преимущественно в евразийском секторе, на территории Североевропейского, Западносибирского и Восточносибирского районов. Самые крупные аномалии наблюдались на территории Западносибирского района в целом, а также в районе морей Баренцева и Карского.

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 2013 г. (отклонение от нормы за 1961-1990 гг.) для отдельных районов СПО (в среднем за год и сезоны), °C

Климатический район СПО	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R
Атлантический	1.3	14	2.1	10	0.7	33	1.4	5	1.1	22
Североевропейский	1.8	12	2.2	30	-0.2	52	2.8	1	2.2	9
Западносибирский	1.9	13	2.0	28	1.3	30	1.9	2	2.5	15
Восточносибирский	1.5	12	-0.5	57	2.3	10	1.1	18	2.9	6
Чукотский	1.1	22	-0.5	46	3.1	7	0.7	20	1.0	31
Аляскинский	1.2	17	0.7	34	-0.8	63	1.8	2	3.1	3
Канадский район	1.1	21	1.0	32	1.8	13	0.5	30	1.0	26
Канадский район (северная часть)	1.2	19	1.8	20	2.9	6	-0.5	69	0.6	42
Гренландское и Норвежское моря (северная часть)	1.9	10	3.0	17	1.2	26	1.8	6	1.6	19
Баренцево море	2.7	6	4.1	15	1.4	27	2.8	1	2.4	9
Карское море	2.6	15	3.8	17	2.0	21	1.5	8	3.0	17
Море Лаптевых	1.6	19	-0.3	54	2.5	11	1.2	12	3.0	12
Восточно-Сибирское море	1.4	17	0.2	50	3.1	7	1.0	17	1.8	23
Чукотское море	1.5	15	0.0	38	3.4	10	0.7	20	1.9	13
Море Бофорта	1.5	20	0.3	45	1.3	23	0.6	19	3.9	3

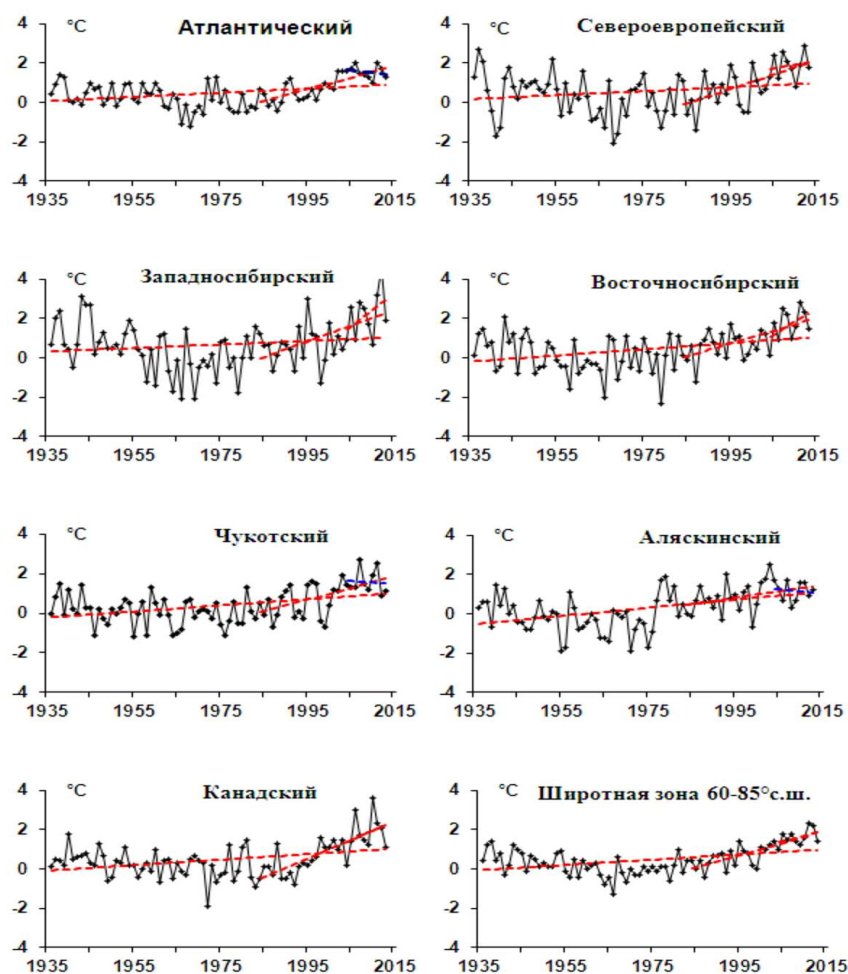


Рисунок 5.3 – Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для отдельных районов и широтной зоны 60-85° с.ш.

Характеристики линейного тренда, оцененные по этим рядам за 1936-2013 гг., приведены в таблице 5.3.

В течение 1936-2013 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.). Линейное (по тренду) повышение температуры воздуха за 78 лет составило в этих широтных зонах 1.0, 1.1 и 1.0°C, соответственно. Значимый годовой тренд потепления прослеживается во всех районах, за исключением Североевропейского и Западносибирского. Потепление за 78 лет составляет в районах от 0.78 до 1.56°C. Для СПО в целом значимый тренд обнаруживается в зимнем, весеннем, летнем и осеннем сезонах (линейное повышение температуры составило, соответственно, около 0.78, 1.40, 0.94 и 0.86°C за 78 лет).

В течение последних тридцати лет (1984-2013 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 1.7°C за 30 лет (или 0.57°C/10 лет).

В районах арктических морей в течение 1936-2013 гг. всюду знак тренда положительный. Наиболее высокими темпами повышение температуры происходит в районе Карского моря и на севере Канадского Арктического архипелага. Линейное повышение среднегодовой температуры воздуха здесь составило около 3.7 и 3.3°C за 30 лет.

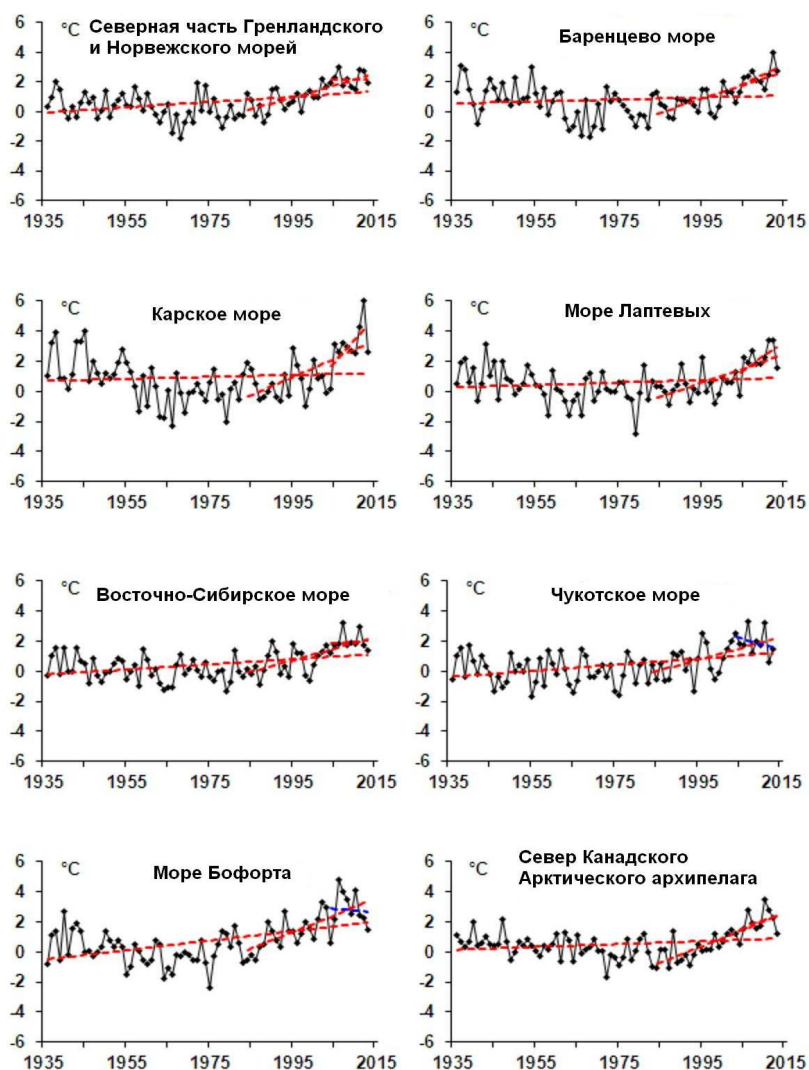


Рисунок 5.4 – Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов арктических морей

Таблица 5.3 – Коэффициенты линейного тренда средней за сезон и за год (декабрь-ноябрь) температуры воздуха за период 1936-2013 гг. по регионам СПО *b*, °C/10 лет – коэффициент линейного тренда, *D%* – вклад тренда в дисперсию

Район, широтная зона	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>
Широтные зоны										
70-85° с.ш.	0.09	15.5	0.19	39.1	0.12	47.2	0.11	21.4	0.13	33.0
60-70° с.ш.	0.14	28.7	0.18	42.4	0.12	52.6	0.10	26.5	0.14	47.5
60-85° с.ш.	0.10	23.0	0.18	42.3	0.12	51.3	0.11	26.3	0.13	42.0
Районы СПО										
Атлантический	0.15	27.6	0.13	34.5	0.10	38.0	0.06	16.2	0.11	33.5
Североевропейский	0.03	3.1	0.24	35.6	0.09	21.1	0.06	9.7	0.10	20.8
Западносибирский	-0.03	2.5	0.23	26.1	0.09	25.0	0.06	7.4	0.09	15.8
Восточносибирский	0.17	21.1	0.24	33.5	0.11	31.6	0.10	14.3	0.16	34.9
Чукотский	0.02	3.1	0.24	34.0	0.16	48.2	0.20	31.4	0.16	40.6
Аляскинский	0.32	32.1	0.19	24.3	0.17	47.5	0.12	18.3	0.20	47.0
Канадский	0.22	27.4	0.06	10.5	0.11	35.1	0.19	35.3	0.14	35.1
Моря как часть климатического района										
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0.21	24.3	0.22	40.4	0.17	56.6	0.11	21.1	0.18	39.9
Баренцево море	-0.04	3.7	0.18	27.4	0.08	21.6	0.05	9.2	0.07	12.7
Карское море	-0.08	5.9	0.23	24.6	0.06	17.4	0.06	6.2	0.06	9.1
Море Лаптевых	0.00	0.4	0.19	25.1	0.10	24.5	0.04	4.6	0.08	15.7
Восточно-Сибирское море	0.12	19.2	0.23	31.3	0.15	39.3	0.18	24.5	0.17	39.4
Чукотское море	0.17	19.7	0.25	30.1	0.17	44.6	0.18	29.6	0.19	41.3
Море Бофорта	0.38	48.4	0.14	25.8	0.15	42.5	0.21	32.5	0.22	51.0
Северная часть Канадского района	0.12	14.4	0.04	6.4	0.06	15.2	0.16	29.5	0.11	22.4

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

Атмосферные осадки. Оценка многолетних изменений количества осадков в СПО проводится по тем же климатическим районам, что и для температуры воздуха. За холодный сезон принимается период с октября по май, а за теплый – с июня по сентябрь. В таблице 5.4 представлены относительные аномалии сезонных и годовых сумм осадков в 2012/13 г. для СПО и для отдельных климатических районов.

Таблица 5.4 – Относительные аномалии сезонных и годовых сумм осадков в 2012/13 г. (в % от нормы 1961-1990 гг.)

Климатический район, широтная зона	Холодный период	Теплый период	Год
Атлантический	99.5	106.4	101.6
Североевропейский	106.9	78.5	94.6
Западносибирский	92.3	74.6	83.8
Восточносибирский	89.1	96.7	93.1
Чукотский	80.7	104.6	91.2
Аляскинский	119.0	106.8	112.4
Канадский	70.6	83.6	77.4
70-85° с.ш.	101.4	89.3	96.0
60-70° с.ш.	95.1	97.5	96.5
60-85° с.ш.	96.7	93.7	95.4

В целом для СПО в 2012/13 г. годовая сумма осадков была ниже нормы (на 4.6 %) – главным образом, за счет более сухого холодного периода к югу от 70° с.ш. (на 4.9 %

ниже нормы) и более сухого теплого периода к северу от 70° с.ш. (на 10.7 % ниже нормы).

Меньше всего осадков выпало в Канадском районе (на 22.6 % ниже нормы) из-за существенно меньшего количества осадков в холодном периоде (на 29.4 % ниже нормы), а более всего – в Аляскинском районе (на 12.4 % выше нормы).

На рис. 5.5 приведены временные ряды годовых сумм осадков для районов арктических морей. В таблице 5.5 представлены оценки трендов в изменении сезонных и годовых сумм осадков с 1936 по 2013 г. по северным (70–85° с.ш.), южным (60–70° с.ш.) частям климатических районов, а также для районов в целом.

Таблица 5.5 – Оценки линейного тренда регионально осредненных сезонных и годовых сумм осадков за период 1936-2013 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 (60-70° с.ш.)						
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	5.17	12.3	-0.36	2.3	4.81	10.4
Североевропейский (южная часть)	15.09	69.5	2.71	18.3	17.80	65.6
Западносибирский (южная часть)	8.45	57.7	-3.07	21.2	5.38	28.1
Восточносибирский (южная часть)	2.32	33.3	0.40	4.4	2.72	24.4
Чукотский (южная часть)	-1.30	8.4	-0.33	2.5	-1.62	8.5
Аляскинский (южная часть)	2.86	18.6	-1.17	6.0	1.69	6.4
Канадский (южная часть)	0.23	3.0	3.10	35.6	3.33	29.1
60-70° с.ш.	4.76	42.5	0.23	4.0	5.00	41.1
Северная часть (70-85° с.ш.)						
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	8.94	47.9	0.67	6.0	9.61	44.6
Баренцево море	6.22	53.2	-0.43	3.8	5.78	35.3
Карское море	0.36	4.0	-1.31	13.2	-0.95	6.7
Море Лаптевых	-3.06	36.8	-3.14	30.0	-6.19	44.9
Восточно-Сибирское море	-7.01	52.8	-4.48	38.0	-11.48	57.8
Чукотское море	-10.25	56.3	-3.62	24.5	-13.86	51.6
Море Бофорта	-0.95	9.0	0.60	7.3	-0.35	2.4
Канадский (северная часть)	0.70	11.2	0.43	7.2	1.12	11.9
70-85° с.ш.	1.11	21.4	-0.91	19.6	0.20	2.6
СПО (60-85° с.ш.)						
Атлантический	6.63	22.5	-0.02	0.2	6.61	20.6
Североевропейский	11.47	73.7	1.55	14.2	13.02	64.7
Западносибирский	5.04	54.3	-2.33	23.8	2.71	21.7
Восточносибирский	0.26	4.8	-0.95	12.0	-0.69	7.9
Чукотский	-4.03	30.4	-2.21	20.3	-6.24	34.7
Аляскинский	2.13	16.8	-1.43	8.6	0.35	1.6
Канадский	0.42	7.0	2.10	35.0	2.52	29.2
60-85° с.ш.	3.18	41.5	-0.44	9.9	2.73	31.8

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

В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936–2013 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 (15.1 мм/10 лет для осадков холодного периода и 17.8 мм/10 лет для годовых сумм), а уменьшение – в Восточно-Сибирском и Чукотском морях (11,5 и 13.9 мм/10 лет для годовых сумм осадков).

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

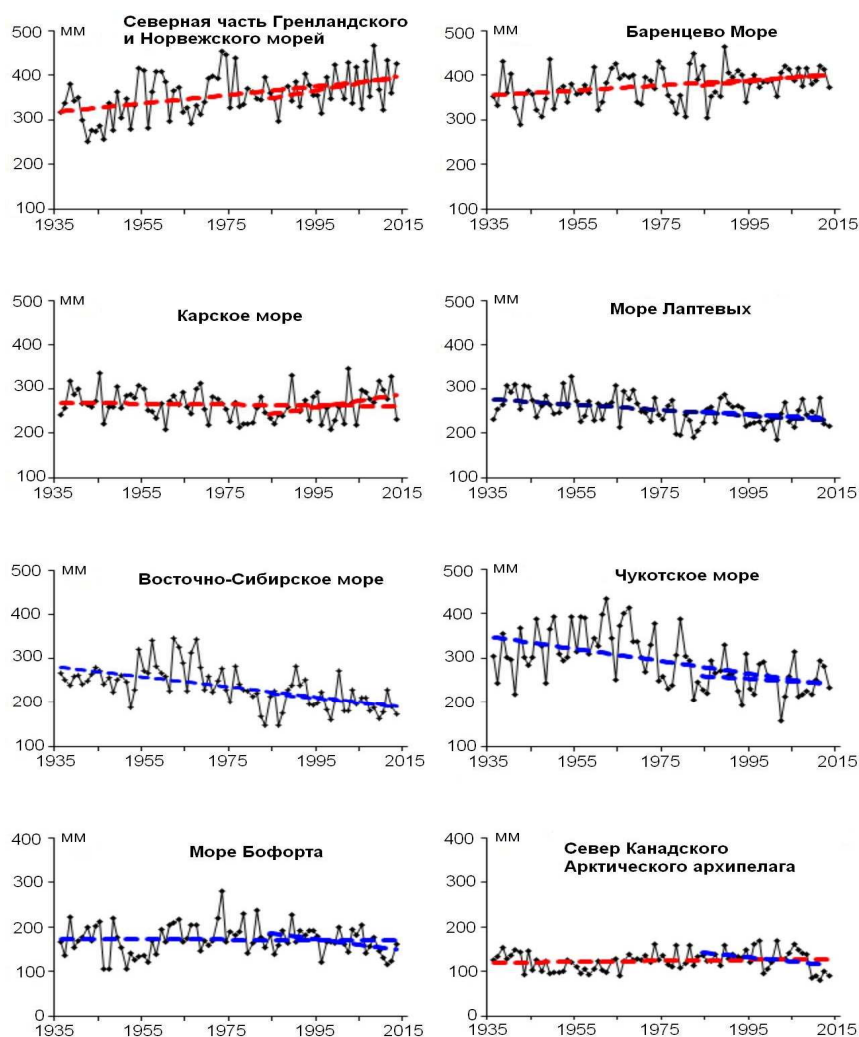


Рисунок 5.5 – Временные ряды регионально осредненных годовых сумм осадков

Морская Арктика. Присутствие океана и морского льда в центре Арктики влияет на формирование арктического климата и определяет влияние на глобальный климат. Поэтому изменениям климата в морской Арктике уделяется особое внимание. К морской Арктике здесь относятся морская часть Арктической зоны РФ (арктические моря от Баренцева на западе до Чукотского на востоке и прилегающая часть Арктического бассейна в пределах 200 мильной экономической зоны), а также остальные акватории Северного Ледовитого океана (СЛО), покрываемые льдом в зимний период.

Изменения температуры воздуха в области морской Арктики влияют на зимнее разрастание ледяного покрова и его летнее таяние. Для оценки изменений приповерхностной температуры воздуха в этой области использованы данные 41 метеорологической станции на островах и побережье Северного Ледовитого океана (рис.

5.6). Средняя за летние месяцы (июнь-август) температура воздуха достигла наибольшего значения (5.9°C) за весь период наблюдений в 2012 году. Летом 2013 года температура понизилась до 4.8°C . Средняя приповерхностная температура воздуха за зимний сезон (декабря – февраль) понизилась на 1.5°C по сравнению с 2012 годом и составила -21.2°C . Из рис. 5.6 видно, что рост обеих температур начался после 1990 года и достиг максимума в 2011-2012 гг.

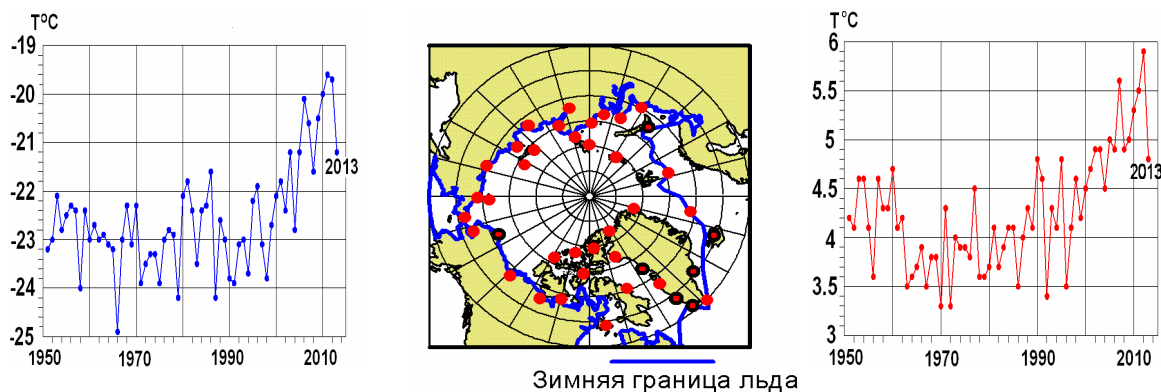


Рисунок 5.6 – Средняя за декабрь-февраль (слева) и за июнь-август (справа) месяцы приповерхностная температура воздуха на 41 станции в морской Арктике в 1951-2013 гг. Положение станций показано в центре.

Морские льды. Морской ледяной покров играет важную роль во взаимодействии между Арктикой и остальной частью глобальной климатической системы и, в то же время, является индикатором изменений арктического климата. В результате усиления потепления в с конца 1990-х годов сентябрьская площадь арктического морского льда к 2012 году сократилась почти в два раза по сравнению с 1980-ми годами. При этом летняя приповерхностная температура воздуха в морской Арктике может служить индикатором влияния потепления на площадь льда. Последовательно углубляющимся сентябрьским минимумам площади льда за последнее десятилетие с самым глубоким минимумом в сентябре 2012 года, соответствуют максимумы летней температуры с абсолютным максимумом в 2012 году (рис. 5.7). В сентябре 2012 года средняя площадь льда в Арктике составила 3.61 млн. кв. км с минимальным значением 3.37 млн. кв. км 22-25 сентября. В сентябре 2013 года средняя площадь льда увеличилась до 5.35 млн. кв. км. (рис. 5.8).

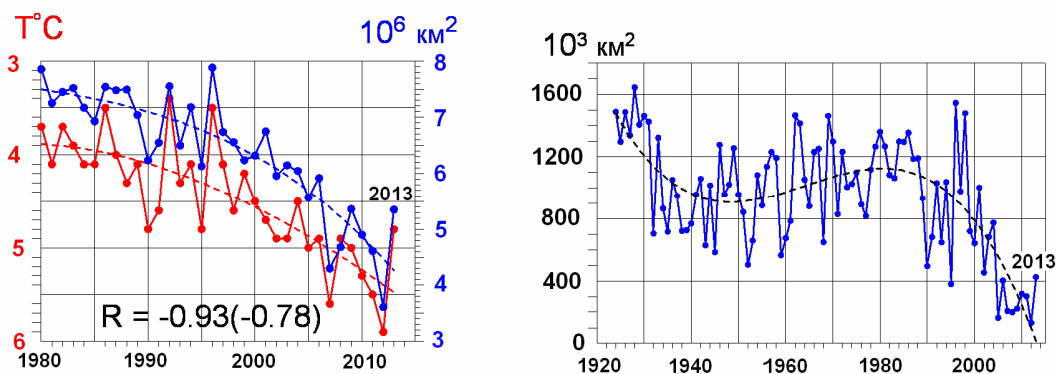


Рисунок 5.7 – Средняя площадь морского льда в сентябре по данным NSIDC (http://nsidc.org/data/seaice_index/index.html) и летняя приповерхностная температура воздуха в Арктике (слева) в 1979-2013 гг. Справа - средняя площадь морского льда в сентябре в Сибирских арктических морях по данным ААНИИ (<http://www.aari.nw.ru/>) в 1924-2013 гг. Пунктирные кривые - аппроксимация ортогональными полиномами 3 степени. R – коэффициент корреляции между площадью льда и температурой воздуха. В скобках – то же для отклонений от полинома.

В Сибирских арктических морях (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) сентябрьская площадь льда после 1998 года сокращалась еще более быстрыми темпами до 2005 года (рис. 5.7). В последующие годы площадь льда колебалась около 250 тыс. кв. км в пределах от 400 до 132 тыс. кв. км. В сентябре 2013 года ее значение возросло до 425 тыс. кв. км.

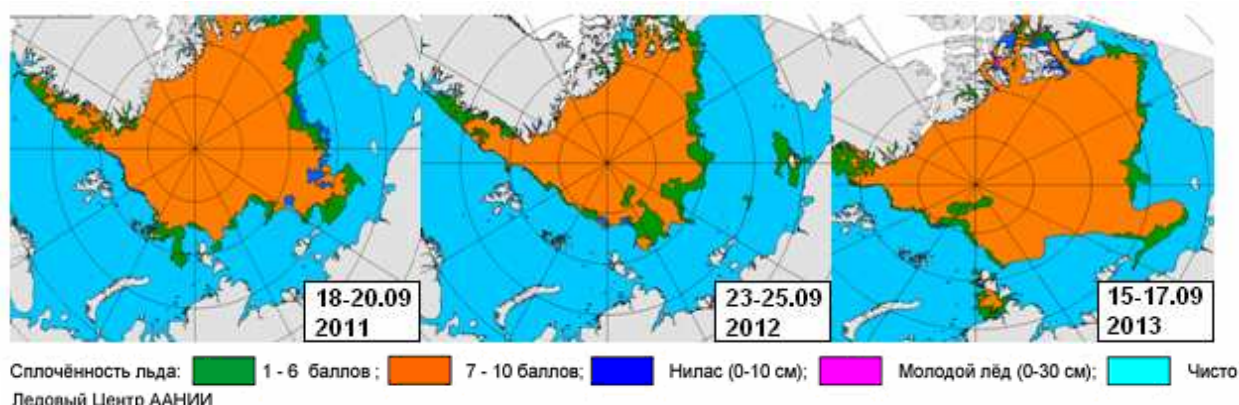


Рисунок 5.8 – Распределение сплоченности льда во второй половине сентября в 2011, 2012 и 2013 гг. (Данные сайта ААНИИ <http://www.aari.ru/projects/ECIMO/index.php>).

Северный Ледовитый океан. Для мониторинга изменений климата в морской Арктике особое значение имеет слежение за атлантической водой, поступающей в Арктический бассейн (конечное звено североатлантической части глобального океанического «конвейера»). Данные о температуре в слое атлантической воды в Арктическом бассейне, полученные в ходе экспедиционных исследований по 2013 год включительно (рис. 5.9) показывают сохранение повышенных ее значений, установившихся с середины 1990-х годов.

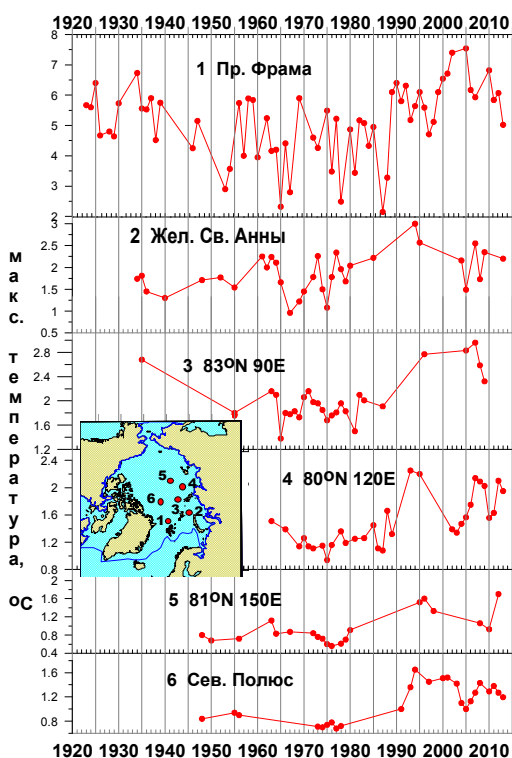


Рисунок 5.9 – Изменения температуры в слое атлантической воды по данным измерений в шести районах Арктического бассейна (см. врезку) за 1920-2013 гг. Данные за 2013 год получены в экспедициях «Северный полюс-2013 Барнео», «АВЛАП-НАБОС-2013».

Более детальные сведения о происходящих изменениях климата в Северном Ледовитом океане можно найти в ежеквартальном «Обзоре гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане» на сайте ААНИИ <http://www.aari.nw.ru>.

6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА ¹.

В качестве показателя состояния многолетнемерзлых грунтов используется **мощность сезонно-талого слоя (СТС)**. Главным источником данных о мощности СТС являются измерения, проводимые в рамках международного проекта циркумполярного мониторинга (CALM). Они осуществляются на площадках, характеризующих типичные ландшафтно-топографические условия различных участков криолитозоны. Измерения проводятся в конце теплого периода в соответствии со стандартным протоколом в 121 узле регулярной сетки с шагом 100 метров на площадках размером 1×1 км или с шагом 10 м на площадках размером 100×100 м погружением щупа в грунт до упора о мерзлый слой.

На рис. 6.1 приведена карта расположения 34 российских площадок CALM с длительностью наблюдений более 7 лет, причем необязательно в непрерывной последовательности (см. таблицу 6.1). Различия в обозначающих их символах на карте характеризуют тренд мощности СТС, рассчитанный по имеющимся данным в период с 1999 по 2013 г. Данные до 1999 г. немногочисленны, по этой причине они не учитывались при расчете тренда, как и данные остальных площадок. Вместе с тем, используя отрывочные данные за более ранние годы, в том числе и по другим площадкам, можно констатировать на большей части криолитозоны увеличение мощности СТС в первом десятилетии 21 века по сравнению с серединой 1990-х годов. Она было наибольшим на Европейском Севере, где тренд достигал 44 см/10 лет (см. таблицу 6.1).

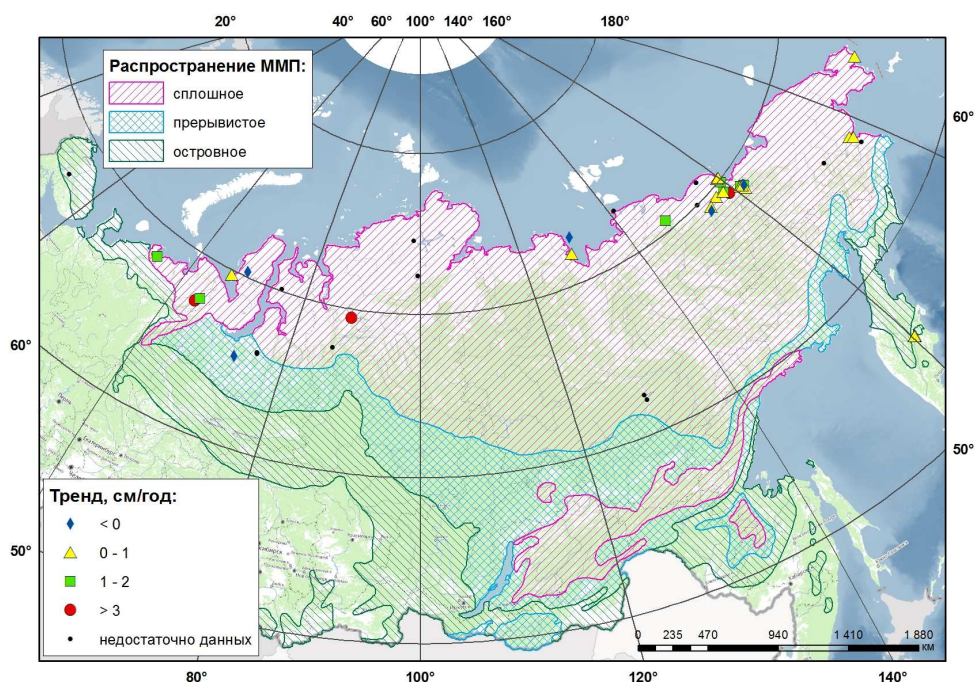


Рисунок 6.1. – Расположение российских площадок CALM с указанием величины тренда мощности СТС (см/год), рассчитанного по данным за период 1999-2013 г. (см. пояснения к символам на карте).

¹ В сборе данных о состоянии вечной мерзлоты и в подготовке текста большую помощь оказали Д.А. Стрелецкий и Н.И. Шикломанов, координаторы международной программы CALM по измерению мощности СТС. В отличие от всех остальных разделов настоящего доклада, использующих информацию сети гидрометеорологических наблюдений Росгидромета, результаты данного раздела основаны на данных, полученных в рамках отдельных проектов, выполняемых в инициативном порядке, главным образом, силами специалистов института Криосферы Земли РАН. Росгидромет не несет ответственности за полноту, качество, и соответствие единым инструментальным и методическим принципам проведенных измерений мощности сезонно-талого слоя (СТС) на различных наблюдательных площадках в пределах криолитозоны России.

Таблица 6.1 – мощность СТС (см) и тренды (см/10 лет) за период 1999-2013 (А) и 1999-2012 (А1) на площадках CALM, имеющих длительность измерений более 7 лет.

Код	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	А	А1
Европейский север																	
R2	64	69	73	76	77	78	81	84	89	87	86	89	88	91	93	18	19
R23	91	111	111	110	113	125	131	137	138	152	144	138	144	161	156	42	44
R24	89	106	106	104	113	120	115	114	125	124	112	104	107	>135	117	10	11
Западная Сибирь																	
R1	129	126	132	143	126	134	141	129	129	136	101	114	129	134	136	-4	-7
R3	92	106	111	115	109	114	116	116	114	114	85	98	102	127	115	4	2
R5	87	92	92	92		94	97	94	92	93	76	87	87	102	103	3	0
Центральная Сибирь																	
R29A			27		35	25	33	35	44	38	28	38	39	33	26	3	7
R29B						26	33	32	44	37	25	28	35	30	24	-5	-1
R32							81	91	90	94	94	94	96	104	86	12	24
Северо-Восточная Сибирь																	
R13A	36	33	38	44	49		50	42	55	50	36	52	46	43	47	7	7
R13B	-	31	39		48		46	32	56	37	25	50	46	41	47	5	4
R14	38	41					47	44		40	46	49	47	46	42	4	6
R15A	32		36					30	60	38	28	48	32	30	30	-1	1
R15B	36		32					44	54	44	39	45	54	46	43	9	11
R16	30						54	42	75	49	43	56	72	54	50	16	21
R17	-	45	47		51	55	54	53	60	49	47	56	61	53	55	6	7
R18	74	75	75	76	81	85	82	83	86	80	78	84	84	77	74	3	5
R18A					91	97	100	96	104	98	96	104	104	97	94	3	7
R19	67	72			84	92	95	93		92	92	103	94	83	89	14	17
R20	52	46	50		48	56	53	54	57	55	49	53	59	54	61	6	5
R21	83	84	84		96	103	113	101	117	100	96	110	105	92	96	11	14
R22	46					51	53		57	53	51	57	50	52	49	2	4
R25	23	37	38				55	45	65	43	42	65	60	41	41	13	18
R31						39	42	44	48	47	49	52	53	50	47	11	16
R36							38	37	43	43	41	31	35	34	44	-2	-9
R38A					115	129	148	137	151	133	122	145	149	130	124	4	12
R38B					148	155	167	156				154	157	139	147	-10	-9
R38C					72	77	80	81	84	79	78	82	79	72	66	-5	1
Чукотка																	
R9	39	42	44	46	50	57	57	53	59	52	52	52	51	53	52	8	9
R11	53	46	47	52	55	64	62		67	61	60	53	57	54	57	5	6
R27		59	60	62	64	65	67	59	74	61	64	74	65	67	69	7	7
Камчатка																	
R30A					78	67	71	73	72	73	80	76	72	76		4	4
R30B						49	56	54	53	56	63	58	59	57		10	10
R30C								44	45	49	49	50	50	48	46	4	8

В таблице 6.1 приведены данные измерений мощности СТС (см) на 34 площадках CALM, имеющих длительность измерений более 7 лет. В последних двух столбцах показаны тренды (см/10 лет), рассчитанные за два периода, 1999-2013 (А) и 1999-2012 (А1), сравнение которых позволяет судить о том, какой вклад внесли условия 2013 года. За неимением места указаны лишь коды площадок по номенклатуре CALM, географические координаты и названия вынесены в таблицу 6.2. При анализе данных нужно принимать во внимание экспедиционный характер измерений. Притом, что максимальной мощности СТС достигает в конце теплого периода года, сроки измерений заметно рознятся. Так, в 2009 году на всех трех площадках Западной Сибири измерения были проведены 1 августа, более чем за месяц до окончания теплого периода. Очевидно, эти данные занижают фактически достигнутую к сентябрю мощность СТС. Некоторые особенности связаны и с применяемой техникой измерений. Так, в 2012 году на площадке R24 на ЕЧР измерения проводились шупом длиной 135 см и не выявили упорного слоя при полном его погружении в грунт, поскольку он находился на большей глубине.

Особенности состояния вечной мерзлоты в 2013 году. Из 64 российских площадок, на которых когда-либо проводились измерения (см. таблицу 6.2), в 2013 году были задействованы 48. На севере ЕЧР на 5 площадках мощности СТС в 2013 году изменились разнонаправлено по сравнению с предыдущим годом (три из них с длинными рядами приведены в таблице 6.1). Имело место небольшое увеличение мощности СТС на 2 см в районе Воркуты (площадка R2), уменьшение на 1 см (R24a) и почти на 20 см на мысе Болванский (R24). В Западной Сибири из 8 площадок с наблюдениями лишь на двух, в Марре-Сале на Ямале (R3) и в районе Уренгойского газового месторождении (R50a) мощность СТС заметно отличалась от предыдущего года и была, соответственно, на 12 см и на 17 см меньше. В Центральной Сибири измерения проводились на 8 площадках, две из них (в Чаре) новые. Три площадки показали уменьшение СТС на 6-18 см, одна (R43) – увеличение на 5 см по сравнению с 2012г., на остальных отличия от предыдущего года не превышали 2 см. На 12 из 20 площадок в Восточной Сибири мощность СТС незначительно (0-4 см) и разнонаправлено отличалась от прошлогодней. На 5 площадках она увеличилась на 6-10 см, на 2 площадках – уменьшилась на 6 см. На Чукотке одна площадка (R9) показала незначительное (на 1 см) уменьшение СТС, две других (R11 и R45) – увеличение на 3 см по сравнению с предыдущим годом. Единственная оставшаяся на Камчатке площадка (две другие оказались под слоем лавы после извержения вулкана в ноябре 2012 г.) показала уменьшение СТС на 2 см.

Сравнивая тренды СТС, рассчитанные за периоды 1999-2012 гг. и 1999-2013 гг. (последние два столбца таблицы 6.1), можно отметить следующие особенности. Условия 2013 года практически не изменили или привели к небольшому увеличению тренда не более чем на 1 см/10 лет на севере ЕЧР. В Западной Сибири тренд повсеместно уменьшился на 2-3 см/10 лет. В Центральной Сибири, напротив, повсеместно вырос на 4-12 см/10 лет. На севере Восточной Сибири при учете данных 2013 года тренд незначительно уменьшился лишь на 3 из 19 площадок и вырос на остальных, причем на 4 площадках на 5 см/10 лет и более (R38a). На Чукотке тренд не изменился, как и на Камчатке, за исключением одной площадки R30C, где он вырос вдвое и достиг 8 см/10 лет.

Таблица 6.2 – Метаданные площадок CALM на территории РФ по международной номенклатуре

Обозн.	Название места	широта	долгота
R2	Ayach-Yakha, Vorkuta	67° 35' N	64° 11' E
R23	Talnik	67° 20' N	63° 44' E
R24	Bolvansky	68° 18' N	54° 30' E

R24 A	Kashin Island	68° 14' N	53° 51' E
R44	Umbozero; Kola Peninsula	67.7723958 N	34.1820458 E
R1	Nadym; West Siberia	65° 20' N	72° 55' E
R3	Marre Sale, Yamal Peninsula	69° 43' N	66° 45' E
R4	Parisento, Gydan Peninsula	70° 07' N	75° 35' E
R5	Vaskiny Dachy, Yamal Peninsula	70° 17' N	68° 54' E
R5 A	Vaskiny Dachi, Yamal Peninsula	70°16'31.8" N	68°53'29.9" E
R5 B	Vaskiny Dachi, Yamal Peninsula	70°17'43.8" N	68°53'00.5" E
R5 C	Vaskiny Dachi, Yamal Peninsula	70°18'05.0" N	68°50'28.7" E
R50a	Urengoy Gas Field GP5	66.31537 N	76.90772 E
R50b	Urengoy Gas Field GP15	67.4779100 N	76.6952900 E
R33 A	Yubileynoe 2 WET	66°00'34.1" N	75°46'46.5" E
R33 B	Yubileynoe 2 DRY	66°00'36.2" N	75°46'48.8" E
R34 A	Yubileynoe 3 WET	65°57'01.2" N	75°52'18.7 E
R34 B	Yubileynoe 3 DRY	65°57'3" N	75°52'20.6 E
R6	Labaz Lake, Taimyr	72° 23' N	99° 30' E
R7	Levinson Lessing Lake, Taimyr	74° 32' N	98° 36' E
R8	Tiksi (Game), Lena Delta	71° 35' N	128° 47' E
R28	Svjatoy Nos cape (East Siberian sea)	72° 51,42' N	141° 00,61' E
R29 A	Bykovsky (Lena delta) (edoma)	71° 47.13' N	129° 25.15' E
R29 B	Bykovsky (Lena delta) (alas)	72° 47.13' N	130° 25.15' E
R32	Talnah (Norilsk Region)	69° 26' N	88 28' E
R40	Igarka	67° 28'56" N	86° 26'08" E
R42	Tuymada (Yakutsk region)	62.013306 N	129.656991 E
R43	Neleger (Yakutsk region)	62.316255 N	129.499661 E
R46	Chara Belenky	56.76038 N	118.18903 E
R47	Chara Most	56.906264 N	118.280672 E
R12 A	Kuropatochya River; Kolyma	70° 55' N	156° 38' E
R12 B	Kuropatochya River; Kolyma	70° 55' N	156° 38' E
R13 A	Cape Chukochii; edoma,Kolyma	70° 05' N	159° 35' E
R13 B	Cape Chukochi, alas, Kolyma	70° 05' N	159° 55'E
R14	Chukochya River, Kolyma	69° 29' N	156° 59' E
R15 A	Konkovaya River, Kolyma	69° 23' N	158° 28' E
R15 B	Konkovaya River, Kolyma	69° 23' N	158° 28' E
R16	Segodnya Pingo, Kolyma	69° 05' N	158° 54' E

R17	Akhmelo channel; Kolyma	68° 49' N	161° 00' E
R18	Mt. Rodinka; Kolyma	68° 45' N	161° 30' E
R18 A	Mt. Rodinka; Kolyma (10 m grid)	68° 45' N	161° 30' E
R19	Lake Glukhoe, Kolyma	68° 48' N	160° 57' E
R20	Malchilovskaya Channel, Kolyma	68° 31' N	161° 26' E
R21	Lake Akhmelo, Kolyma	68° 50' N	161° 02' E
R22	Alazeya River	69° 19' N	154° 59' E
R25	Jakutskoe Lake	69° 51' N	159° 30' E
R26	Panteleikha, Kolyma	68° 25' N	161° 13' E
R31	Allaiha (Indigirka basin)	70° 33' N	147° 26' E
R35	Omolon	68° 44' N	158° 54' E
R36	Andryushkino	69° 10' N	154° 26' E
R37 A	Khomus-1	69° 59' N	153° 35' E
R37 B	Khomus-2	69° 59' N	153° 35' E
R38 A	Mt. Rodinka (Control)	68° 42' N	161° 33' E
R38 B	Mt. Rodinka (Burn)	68° 43' N	161° 32' E
R38 C	Mt. Rodinka (Station)	68° 44' N	161° 24' E
R9	Cape Rogozhny; Chukotka	64° 47' N	176° 58' E
R10	Upper Kargoplgyo River; Chukotka	64° 05' N	177° 04' E
R11	Mt. Dionisy, Chukotka	64° 34' N	177° 12' E
R27	Lavrentia	65° 36' N	171° 03' W
R41	Lorino	65.539667 N	171.630229 W
R45	Kruglaya (Anadyr)	64° 38' N	176° 58' E
R30 A	Ploskii Tolbachik (Kamchatka)	55.45°N	160.17°E
R30 B	Ploskii Tolbachik (Kamchatka) 1	55.45°N	160.17°E
R30 C	Ploskii Tolbachik (Kamchatka) 2	55.45°N	160.19°E

7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ 2013 ГОДА

Мониторинг агрометеорологической составляющей климата за 2013 г. осуществляется на основании станционных данных по температуре и осадкам месячного разрешения для 455 станций на территории СНГ за период с 1951 г. по настоящее время, содержащихся в базе данных «Климат» созданной в ИГКЭ.

Расчеты выполняются в рамках системы Климат – Почва – Урожай, разработанной ФГБУ «ВНИИСХМ». Система позволяет осуществлять мониторинг агроклиматических показателей, непосредственно характеризующих условия формирования урожайности, а также рассчитывать показатели продуктивности – климатически обусловленную урожайность и биоклиматический потенциал территории.

Анализ текущих значений агроклиматических условий земледельческой зоны РФ

Основные агроклиматические показатели, рассчитанные по данным наблюдений за 2013 г., соответствующие аномалии относительно базового периода 1961 – 1990 гг. (климатическая норма) и отклонения от предшествующего десятилетия 2003 – 2012 гг. по земледельческой зоне на территории ФО РФ представлены в таблице 7.1 и таблице 7.2.

Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур. Весной 2013 г. на территории земледельческой зоны РФ осредненная аномалия температуры воздуха была положительной и составила 0.3°C. На большей части ЕЧР наблюдались положительные аномалии: на территории ЮФО и СКФО отклонения средней температуры календарной весны от соответствующих значений за период 1961-1990 гг. составили 2.48°C и 1.86°C; в ПФО и ЦФО 0.64°C и 0.43°C. Отрицательные аномалии для этого периода зафиксированы в земледельческой зоне Северо-Западного и Уральского ФО (-1.13°C и -0.63°C). В то же время, отклонения температуры весной 2013 г. относительно средних значений за последнее десятилетие 2003–2012 гг. отрицательны, т.е. весна в целом была холоднее практически во всех федеральных округах, за исключением ЮФО и СКФО, где наблюдались близкие к максимальным за период наблюдений сезонные средние температуры и отмечено положительное отклонение от среднего за 2003–2012 гг. 1.81°C и 1.49°C (таблица 7.1).

Дата возобновления вегетации озимых зерновых культур (переход температуры воздуха через +5°C весной) зафиксирована ранее среднемноголетних значений на 1-5 суток. Особенно значительный сдвиг даты возобновления вегетации наблюдался в ЮФО. Здесь возобновление активной вегетации озимых культур отмечено на 15 суток ранее ее среднемноголетних значений. Переход среднесуточных температур воздуха через +10°C в сторону повышения отмечен на ЕЧР на 4-12 суток ранее, а на территории СФО – на 3 суток позднее среднемноголетних дат.

Летние температуры в 2013 г. превысили норму 1961 - 1990 гг. на 1.16°C в целом на всей территории земледельческой зоны РФ. Максимальные аномалии отмечены в земледельческой зоне СЗФО (+2.21°C), в Центральном (+1.83°C) и Приволжском (+1.60°C) ФО. Минимальная аномалия наблюдалась на территории земледельческих районов СФО (+0.41°C).

В 2013 г. на 2.0–2.5°C выше нормы была температура воздуха за период вегетации яровых зерновых культур от даты всходов до даты уборки в земледельческой зоне СЗФО, ПФО и ЦФО. Положительные аномалии в течение теплого периода года (от даты устойчивого перехода через 5°C весной до даты устойчивого перехода через +5°C осенью) были не столь велики и изменялись от 0.1...0.5° С на Северном Кавказе и Урале до 0.3...1.2° С в Приволжском и Северо-Западном ФО. Отрицательные аномалии средней за вегетацию температуры по территории земледельческих регионов отмечены только в Сибирском ФО (-0.2° С).

Таблица 7.1 – Отклонения от средних за 2003-2012 гг. и 1961-1990 гг. температуры воздуха и показателей термического режима в 2013 году, осредненные по территории РФ и федеральных округов в пределах земледельческой зоны.

Федеральные округа	Средняя температура воздуха, °C				Длина вегет. периода, сут.	ΣT>5°C, °C	ΣT>10°C, °C	T̄ зерн., °C	T̄ БКП, °C
	зима	весна	лето	осень					
	Отклонения от 2003–2012 гг.								
РФ	-1.08	-0.82	0.13	0.67	-4	-21	-25	0.4	0.0
Северо-Западный	-0.37	-2.15	1.26	0.52	-1	134	170	1.7	0.9
Центральный	-0.09	-0.58	0.49	0.33	-5	39	34	1.7	0.6
Приволжский	0.06	-0.44	0.38	0.74	-3	15	31	0.9	0.4
Южный	1.56	1.81	-0.14	-0.75	8	16	-105	-0.3	-0.4
Северо-Кавказский	1.53	1.49	-0.23	-1.03	2	-78	-116	0.0	-0.5
Уральский	-1.12	-2.04	0.52	0.86	-5	-97	-151	-0.1	-0.4
Сибирский	-2.08	-0.82	-0.47	0.99	-7	-171	-205	-0.8	-0.6
Дальневосточный	-1.92	-0.86	0.34	0.81	-3	35	89	0.7	0.3
	Отклонения от 1961–1990 гг.								
РФ	-0.52	0.30	1.16	2.16	7	215	214	1.4	0.6
Северо-Западный	0.94	-1.13	2.21	2.20	12	383	419	2.5	1.5
Центральный	1.10	0.43	1.83	1.92	6	332	325	2.3	1.3
Приволжский	0.88	0.64	1.60	2.53	8	302	306	2.0	1.0
Южный	2.42	2.48	1.40	0.67	14	326	202	-0.1	0.3
Северо-Кавказский	2.27	1.86	0.89	0.19	11	202	163	0.6	0.4
Уральский	-0.67	-0.63	1.48	2.76	7	159	117	1.4	0.3
Сибирский	-2.23	0.52	0.41	2.31	4	16	-34	0.2	-0.2
Дальневосточный	-0.79	-0.10	1.32	2.04	2	213	304	1.5	0.9

Аномалия сумм активных температур (сумма температур за период с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$) по сравнению с климатической нормой составила $+214^{\circ}\text{C}$ по земледельческой зоне РФ в целом. Положительные аномалии наблюдались на всей территории земледельческой зоны, за исключением СФО. При этом максимальная величина аномалии составила $+419^{\circ}\text{C}$ в СЗФО. Но по сравнению со средними значениями последнего десятилетия в четырех ФО (Южный, Северо-Кавказский, Уральский и Сибирский) отмечены отрицательные отклонения сумм активных температур в диапазоне от -105°C до -205°C .

Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур характеризуется, прежде всего, запасами продуктивной влаги в почве, которая определяется соотношением основных приходных и расходных составляющих водного баланса деятельного слоя почвы – осадков и испарения. Для оценки влагообеспеченности территории также используются агрометеорологические показатели – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) для теплого периода года (апрель-октябрь) и индекс сухости М.И. Будыко (ИС) для характеристики сельскохозяйственного года в целом. В таблице 7.2 приведены осредненные по федеральным округам аномалии показателей влагообеспеченности относительно предшествующего десятилетия (2003-2012 гг.) и климатической нормы (1961-1990 гг.): суммы атмосферных осадков по сезонам года, суммарное количество осадков за период вегетации яровых зерновых культур $\Sigma R_{\text{зерн.}}$ (рассчитанное за период от даты всходов до уборки для яровой пшеницы) и вегетационного периода от даты устойчивого перехода через 5°C весной до даты перехода через 5°C осенью ($\Sigma R_{>5^{\circ}\text{C}}$).

На преобладающей части рассматриваемой территории суммарные осадки за период с марта по май превышали среднегодовое (1961-1990 гг.) значение (таблица 7.2). В среднем по сельскохозяйственной зоне РФ сумма осадков составила 132% нормы 1961-1990 гг. Максимальные осадки (157% и 146% нормы) наблюдались в СФО и ДФО; в СКФО осадки были близки к норме (103%). Дефицит осадков наблюдался в СЗФО и ЮФО. Количество осадков, выпавших летом, ниже климатической нормы в Северо-Западном, Центральном и Уральском ФО. На территории основных сельскохозяйственных регионов в Приволжском и Сибирском ФО количество осадков, выпавших за летний период 2013 г., было близко к норме, а в Южном 109% нормы. Намечавшаяся за последние годы тенденция к росту осенних осадков на территории возделывания озимых зерновых культур в 2013 г сохранилась. Осенью 2013 на территории ЦФО и ЮФО осадков выпало 138% нормы и 158% нормы, соответственно.

Таблица 7.2 – Сезонные и за вегетационный период (яровых: $\Sigma R_{\text{зерн.}}$, и между устойчивыми переходами через 0° : $\Sigma R_{>5^\circ\text{C}}$) суммы осадков в процентах от норм 2003-2012 гг. и 1961-1990 гг. и показатели влажностного режима в отклонениях от тех же норм в 2013 году, осредненные по территории РФ и федеральных округов в пределах сельскохозяйственной зоны.

Федеральные округа	Сумма осадков, % от нормы				ИС, б/р	ГТК (май- август), б/р	ΣR _{зерн.} , %	ΣR _{>5°C} , %
	зима	весна	лето	осень				
	Отклонения 2003–2012 гг.							
	%				б/р	б/р	%,	
РФ	95	121	101	112	-0.08	-0.09	92	111
Северо-Западный	87	90	73	103	0.14	-0.42	76	81
Центральный	88	133	89	132	-0.08	-0.09	92	111
Приволжский	89	110	103	139	-0.17	-0.04	86	119
Южный	84	79	118	148	-0.25	-0.05	64	123
Северо-Кавказский	108	89	105	118	-0.18	0.12	111	128
Уральский	99	116	87	109	-0.13	0.05	100	105
Сибирский	100	146	100	97	-0.13	0.15	116	112
Дальневосточный	111	133	122	105	-0.05	0.26	144	135
	Отклонения от 1961–1990 гг.							
РФ	97	132	103	115	-0.026	-0.09	93	116
Северо-Западный	97	97	80	108	0.166	-0.38	75	90
Центральный	94	139	89	138	0.008	-0.19	83	161
Приволжский	87	122	101	131	-0.064	-0.15	80	123
Южный	84	88	109	158	-0.285	-0.09	68	134
Северо-Кавказский	108	103	102	122	-0.189	0.06	102	125
Уральский	92	133	83	107	-0.024	-0.08	89	106
Сибирский	101	157	105	101	-0.076	0.10	111	115
Дальневосточный	124	146	125	111	-0.009	0.07	128	130

Примечание. ИС – индекс сухости Будыко: отношение испаряемости к осадкам за год, ГТК – гидротермический коэффициент Селянинова (для теплого периода), $\Sigma R_{\text{зерн.}}$ – суммарное количество осадков за период вегетации яровых зерновых культур, $\Sigma R_{>5^\circ\text{C}}$ – то же за вегетационный период от даты устойчивого перехода через 5°C весной до даты перехода через 5°C осенью

На рис. 7.1 представлено пространственное распределение суммы осадков (мм) за вегетационный период 2013 г. и 2012 г., их средние значения за 2003-2012 гг. и за базовый период 1961-1990 гг. на территории сельскохозяйственной зоны РФ.

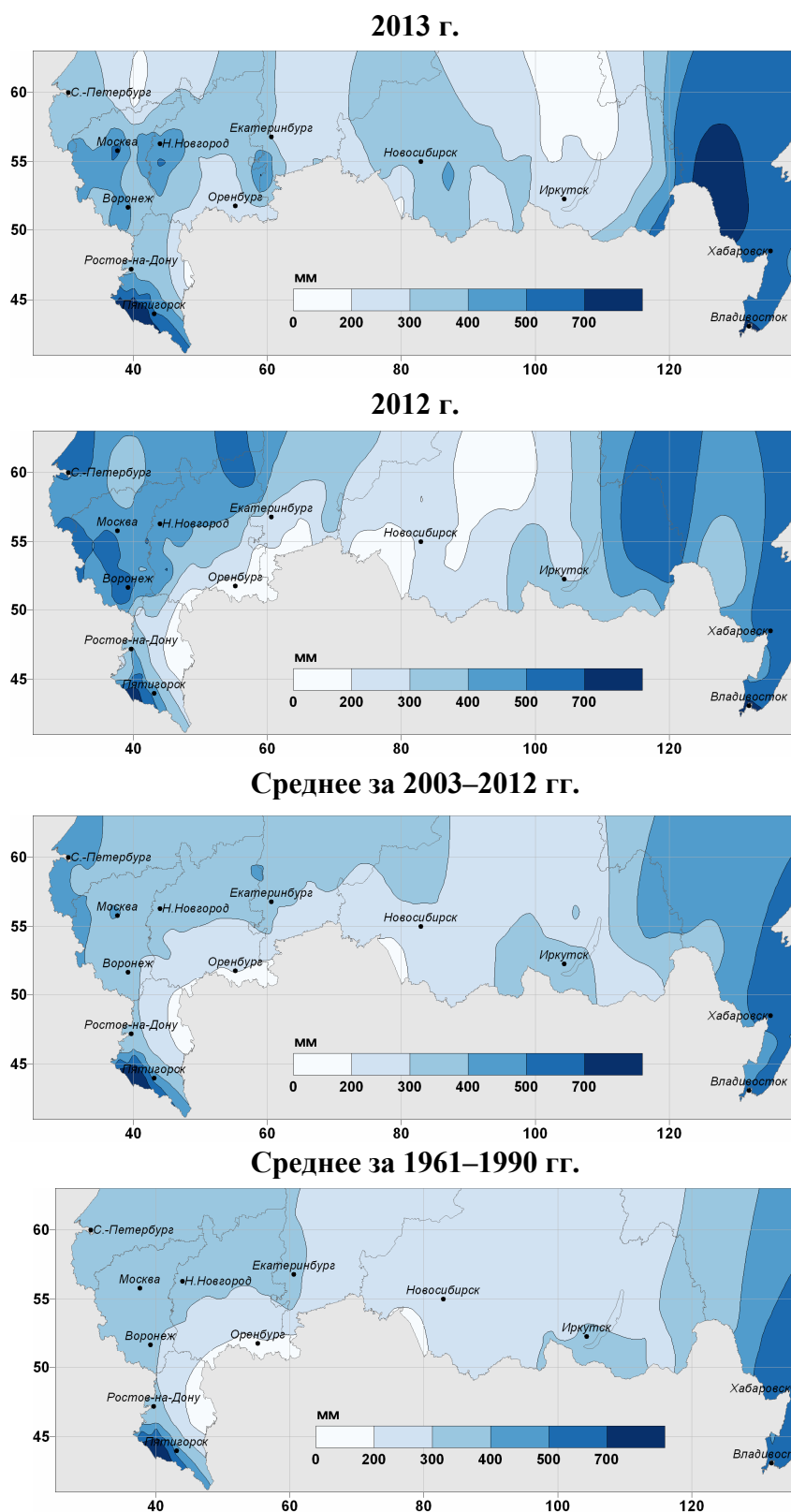


Рисунок 7.1 – Сумма осадков (мм) за вегетационный период 2013 г. и 2012 г., их средние значения за 2003-2012 гг. и за базовый период 1961-1990 гг. на территории земледельческой зоны РФ

Применительно к агрометеорологическим условиям года наряду с сезонными суммами осадков важны такие показатели как сумма осадков за период вегетации яровых зерновых культур и за вегетационный период в целом. Данные таблицы 7.2 показывают, что на территории ФО, где основные сельскохозяйственные площади заняты под яровыми

культурами, за период от всходов до уборки зерновых в 2013 г., в СФО и ДФО осадков выпало на 16% и 44% больше, чем в среднем за последнее десятилетие, а в УФО – столько же. Оценки увлажненности для сельскохозяйственного года в целом, в сравнении со средними показателями за последнее десятилетие 2003-12 гг., достаточно благоприятны для территории всех федеральных округов и превышают среднее за 2003-12 гг. по РФ в целом на 13%.

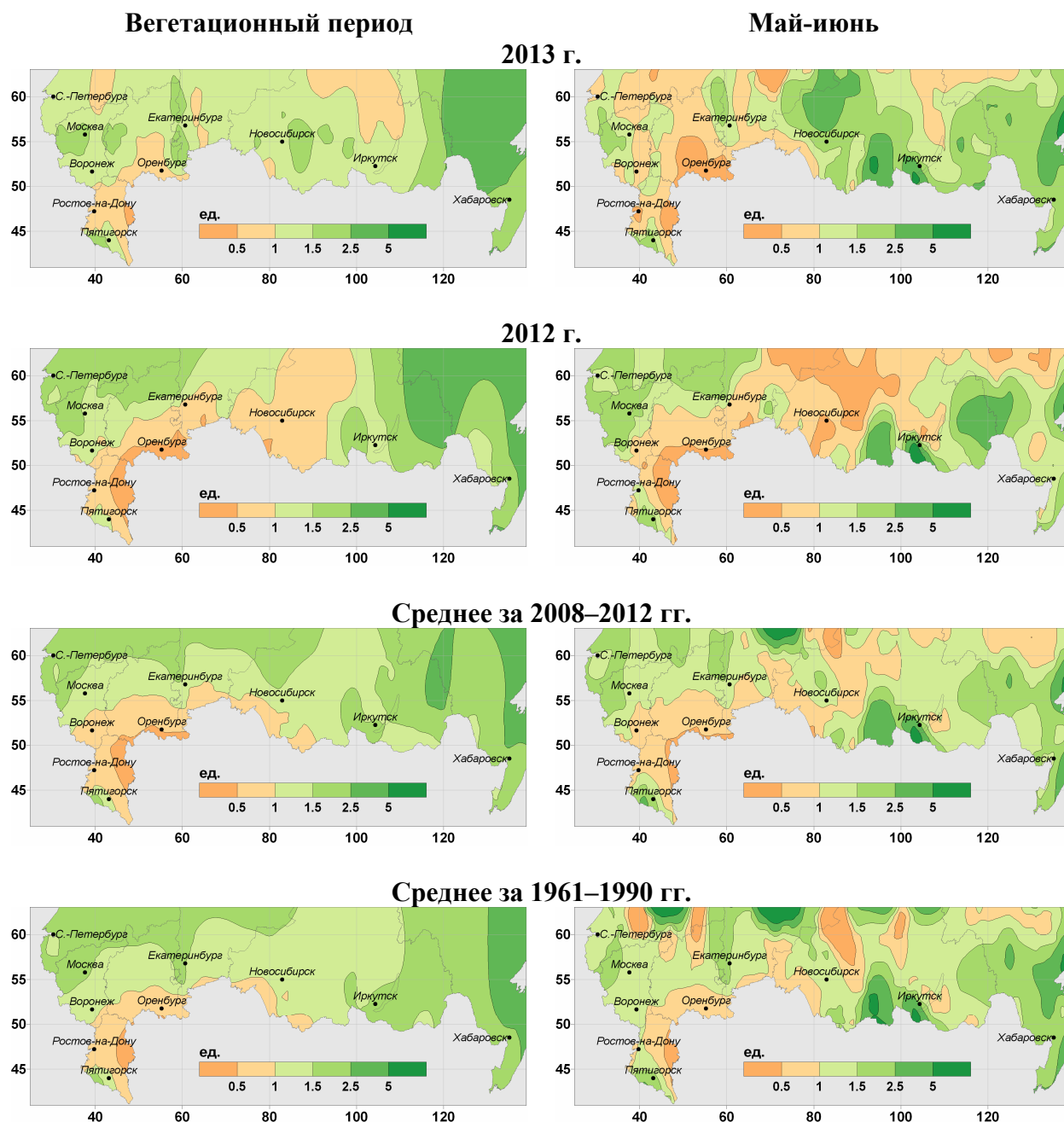


Рисунок 7.2 – Распределение гидротермического коэффициента (ГТК) в течение вегетационного периода и за май-июнь в 2013 г. и 2012 г., его средние значения за 2008–2012 гг. и за базовый период 1961-1990 гг. на территории земледельческой зоны РФ

Величины гидротермического коэффициента, приведенные в таблице 7.2 и рис. 7.2, свидетельствуют о том, что уровень увлажненности территории в 2013 г. был выше, чем в среднем за период 2003-2012 г. в Уральском, Сибирском, Дальневосточном и Северо-Кавказском ФО. Индекс сухости (ИС) за весь теплый период года (таблица 7.2) показывает, что условия увлажненности практически на всей рассматриваемой

территории были более благоприятными для сельскохозяйственных культур, чем в среднем за предшествующее десятилетие.

В таблице 7.3 представлены рассчитанные с помощью системы Климат-Почва-Урожай продуктивные запасы влаги, осредненные по ФО на территории земледельческой зоны РФ. Расчетные данные приведены в динамике, начиная с даты возобновления вегетации озимых зерновых культур, а затем за вторую декаду каждого последующего месяца с мая по сентябрь. Расчеты показывают, что запасы влаги на дату возобновления вегетации озимых зерновых культур на большей части рассматриваемой территории были ниже среднеемноголетних значений, но незначительно – отрицательные аномалии составляли 1-3 мм в пахотном слое почвы. В центральных и юго-западных областях ЕТ РФ и на Дальнем Востоке весенние запасы влаги превышали среднеемноголетний уровень. Данные таблицы 7.3 иллюстрирует рисунок 7.3, где дополнительно представлена динамика запасов влаги метрового слоя почвы. Анализ представленных данных показывает, что в течение вегетационного периода 2013 г. устойчивая отрицательная аномалия запасов влаги почвы сохранялась в мае и июне на территории Приволжского, в июне – на территории СКФО и ЮФО, что, по-видимому, могло явиться причиной недобора урожайности яровых зерновых культур к этим регионам. За период с июля по сентябрь 2013 г. запасы влаги в почве как в пахотном, так и в метровом слоях превышали среднеемноголетний уровень на большей части территории, занятой под возделывание сельскохозяйственных культур. Сравнение июльских запасов влаги в 2013 г. и осредненных данных за базовый период 1961-1990 гг. (рис. 7.3) показывает, что влажность метрового слоя почвы была не ниже среднеемноголетнего уровня; в пахотном слое почвы влажность близка к среднеемноголетнему уровню в основных сельскохозяйственных регионах (Северо-Кавказском, Приволжском и Уральском).

Таблица 7.3 – Рассчитанные продуктивные запасы влаги (мм) на территории земледельческой зоны РФ и федеральных округов

Федеральные округа	Влажность почвы, мм					
	$W_{\text{воз.veg.}}$	$W_{\text{май}}$	$W_{\text{июнь}}$	$W_{\text{июль}}$	$W_{\text{август}}$	$W_{\text{сентябрь}}$
Отклонения от 1961–1990 гг.						
РФ	-2	0	-2	1	0	4
Северо-Западный	4	4	-7	-8	-9	-12
Центральный	1	-1	-4	-3	-2	10
Приволжский	-3	-3	-5	0	-1	10
Южный	-3	-11	0	2	0	15
Северо-Кавказский	-3	-7	0	6	-2	5
Уральский	-5	0	-7	1	0	-2
Сибирский	-3	2	2	1	0	-1
Дальневосточный	-1	8	0	16	10	6

Примечание. $W_{\text{воз.veg.}}$ – влажность пахотного слоя почвы на дату возобновления вегетации, N_{w10} – число дней вегетационного периода, когда влажность пахотного слоя почвы не превышает 10 мм

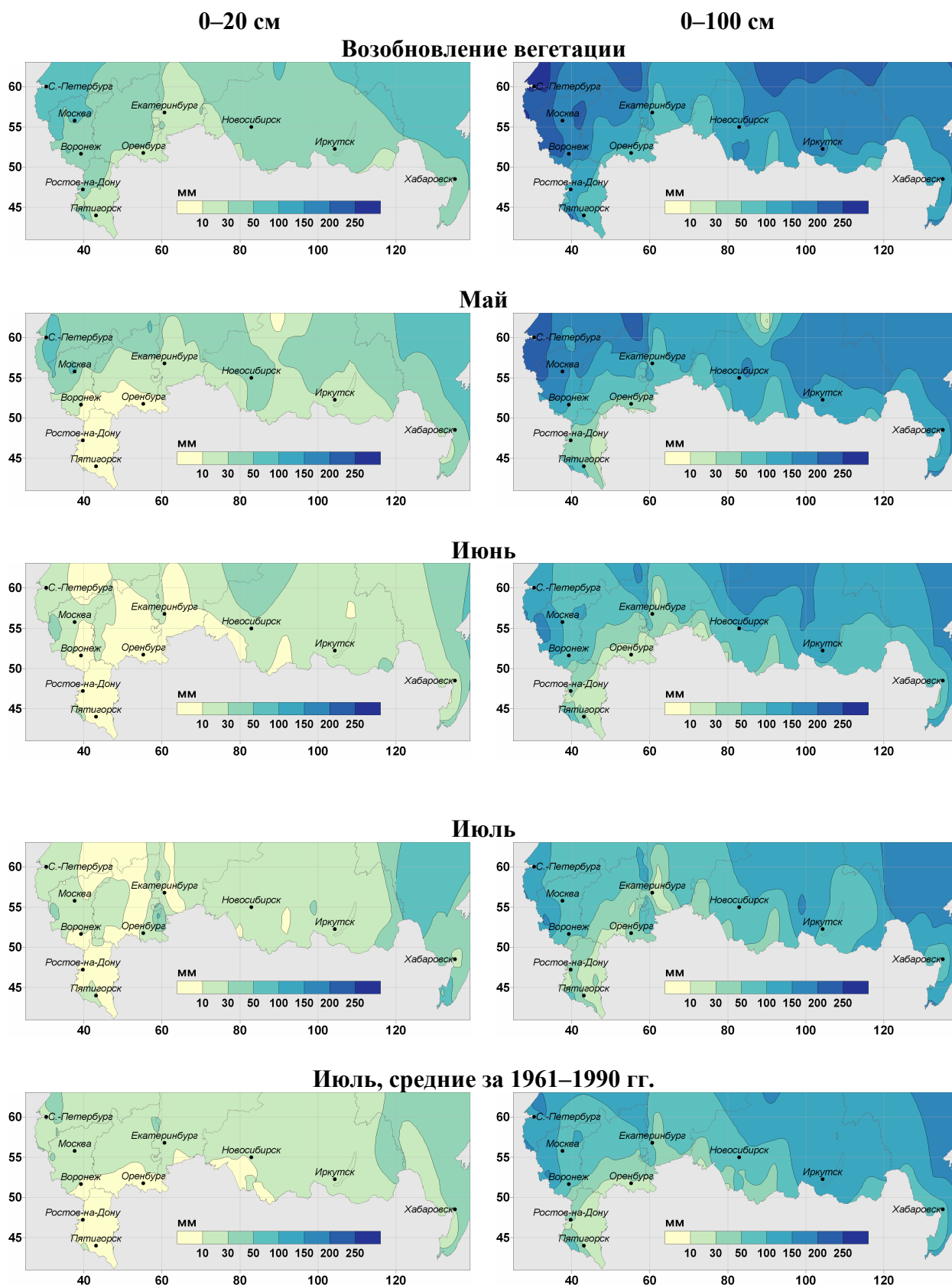


Рисунок 7.3 – Запасы продуктивной влаги в пахотном (0–20 см) и метровом (0–100 см) слоях почвы в течение вегетационного периода 2013 г. и средние значения за 1961-1990 гг. в июле на территории сельскохозяйственной зоны РФ

Анализ трендов агроклиматических показателей

Оценки линейного тренда сумм температур воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$, представленные для земледельческой зоны РФ в целом на рис. 7.4 и по федеральным округам РФ в таблице 7.4, позволяют сделать вывод, что положительная тенденция к росту этого показателя за последние десятилетия сохраняется. За период с 1976 по 2013 г. скорость его роста колеблется в диапазоне от $+52^{\circ}\text{C}/10$ лет в СФО до $+149^{\circ}\text{C}/10$ лет в ЮФО. Максимум роста – на западе ЕЧР; отсутствуют регионы с падением сумм активных температур (рис. 7.4). В целом для РФ оценка линейной скорости роста сумм активных температур воздуха составляет $+93^{\circ}\text{C}/10$ лет. Как можно видеть из данных таблицы 7.4 соответствующая оценка тренда за базовый период достаточна мала и оценивается величиной $+13^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Таблица 7.4 – Оценки трендов показателей термического режима на территории земледельческой зоны РФ и федеральных округов

Федеральные округа	Средняя температура, $^{\circ}\text{C}/10$ лет		Сумма температур, $^{\circ}\text{C}/10$ лет		Продолжительность периода τ , сут./10 лет	
	январь	июль	$>10^{\circ}\text{C}$	$>5^{\circ}\text{C}$	$>10^{\circ}\text{C}$	$>5^{\circ}\text{C}$
	1976–2013					
РФ	0.3	0.5	93	97	3.8	4.3
Северо-Западный	0.8	0.8	117	117	5.2	5.2
Центральный	0.6	1.0	143	149	4.9	5.8
Приволжский	0.4	0.7	112	123	3.7	5.3
Южный	0.4	0.7	149	152	3.7	3.5
Северо-Кавказский	0.2	0.4	135	130	4.4	4.0
Уральский	-0.2	0.3	78	81	3.9	4.4
Сибирский	-0.3	0.2	52	62	2.4	3.8
Дальневосточный	0.8	0.2	78	68	3.9	2.7

Важные агрометеорологические показатели – продолжительность периода с температурой воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ и $+5^{\circ}\text{C}$. Линейные тренды продолжительности вегетационного периода ($\tau > 5^{\circ}\text{C}$) и периода активной вегетации ($\tau > 10^{\circ}\text{C}$) с 1976 по 2013 гг. (таблица 7.4) положительны при осреднении по территории земледельческой зоны отдельных федеральных округов. В среднем по земледельческой зоне РФ соответствующие оценки линейного тренда составляют 3,8 сут./10 лет ($\tau > 10^{\circ}\text{C}$) и 4,3 сут./10 лет ($\tau > 5^{\circ}\text{C}$). Таким образом, принимая за начало расчета 1976 г., к 2013 г. вегетационный период стал продолжительнее в среднем на 14-16 суток. За базовый период 1961-1990 гг. на большей части ЕЧР продолжительность периода активной вегетации ($\tau > 10^{\circ}\text{C}$) имела отрицательную скорость роста. Осредненные тренды по территории земледельческой зоны РФ были близки к нулю и составляли $0.1^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Современные тенденции (1976-2013 гг.) в изменении сезонных осадков (тренды) показаны в разделе 2 настоящего Доклада на рисунке 2.5 и в таблице 7.5. Можно видеть, что наблюдается положительная тенденция к росту весенних и осенних осадков практически на всей территории земледельческой зоны РФ. Тренды летних осадков отрицательны для земледельческой зоны во всех федеральных округах, за исключением СФО и ДФО, где соответствующие оценки скорости роста составляют 1.7 и 1.0 мм / месяц /10 лет; а также СКФО, где не наблюдается тренда летних осадков. Оценки линейного тренда ГТК, рассчитанные за период с мая по август отрицательны для территории ЕЧР и Урала.

На рис. 7.5 представлено пространственное распределение оценок линейного тренда запасов влаги в пахотном слое почвы в мае и июне, рассчитанных за период с 1976 по 2013 гг. Тенденция в изменениях этого показателя в разных регионах носит разнонаправленный характер, на значительной части земледельческой зоны наблюдалось

ее убывание (особенно на ЕЧР и, в июне, в восточных регионах). Тем не менее, следует отметить, что в ряде сельскохозяйственных регионов – Северо-Кавказском, Южном, Уральском и Дальневосточном – увлажненность в мае растет, что, по-видимому, в целом благоприятно влияло на уровень продуктивности сельскохозяйственных культур в этих регионах.

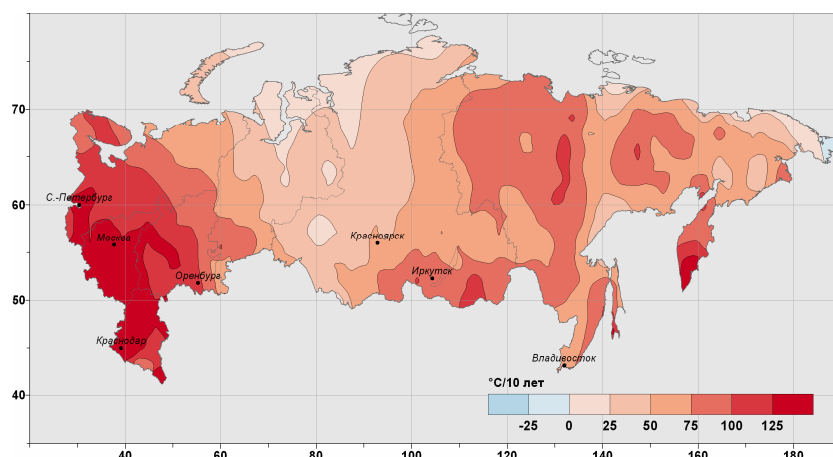


Рисунок 7.4 – Средняя скорость изменения (тренд) сумм активных температур выше 10°C (°C/10 лет) за период с 1976 по 2013 гг.

Таблица 7.5 – Оценки трендов показателей влажностного режима на территории земледельческой зоны РФ и федеральных округов (ед. / 10 лет)

Федеральные округа	Сумма осадков, мм/месяц				ИС б/р	ГТК (май-август) б/р
	зима	весна	лето	осень		
	1976–2013					
РФ	0.2	1.6	0.3	1.1	0.02	-0.04
Северо-Западный	1.1	1.7	-0.2	1.1	0.03	-0.05
Центральный	0.6	1.4	-3.3	1.5	0.06	-0.11
Приволжский	-0.4	2.3	-2.6	-0.1	0.05	-0.08
Южный	-0.1	1.4	-1.6	1.7	0.00	-0.02
Северо-Кавказский	1.7	2.6	0.0	2.1	-0.03	-0.01
Уральский	0.0	2.5	-1.1	0.9	0.03	-0.04
Сибирский	0.2	1.2	1.7	0.7	0.01	0.01
Дальневосточный	0.1	1.6	1.0	1.4	0.01	0.01

Примечание. ИС – отношение испаряемости к осадкам за год,
ГТК – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова

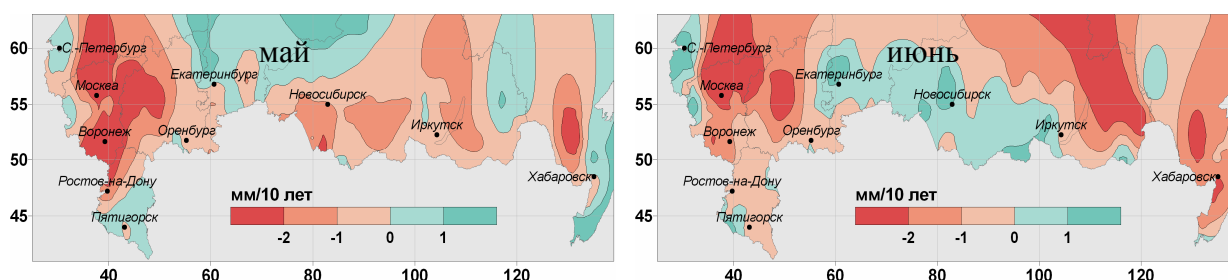


Рисунок 7.5 – Средняя скорость изменения (тренд) запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы в мае и июне (мм/10 лет) за период с 1976 по 2013 г.

Оценки показателей продуктивности сельскохозяйственных культур

В качестве показателя продуктивности сельскохозяйственных культур используется биоклиматический потенциал (БКП), который рассчитывается как суммарный урожай посева за год в тоннах сухой биомассы. БКП характеризует первичную биологическую продуктивность и достаточно тесно коррелирует с урожайностью многоукосных трав, вегетирующих в течение периода с температурой воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$. Второй показатель продуктивности (Y_0) характеризует обусловленную климатическими условиями часть урожайности, рассчитанную в системе Климат-Почва-Урожай при заданных агрометеорологических условиях и при современном уровне земледелия.

В таблице 7.6 для показателей продуктивности сельскохозяйственных культур – биоклиматического потенциала и климатически обусловленной урожайности – приведены отклонения от соответствующих значений в 2012 г. и от средних за предшествующие пять лет 2008-2012 гг., выраженные в ц/га и в процентах от этих значений.

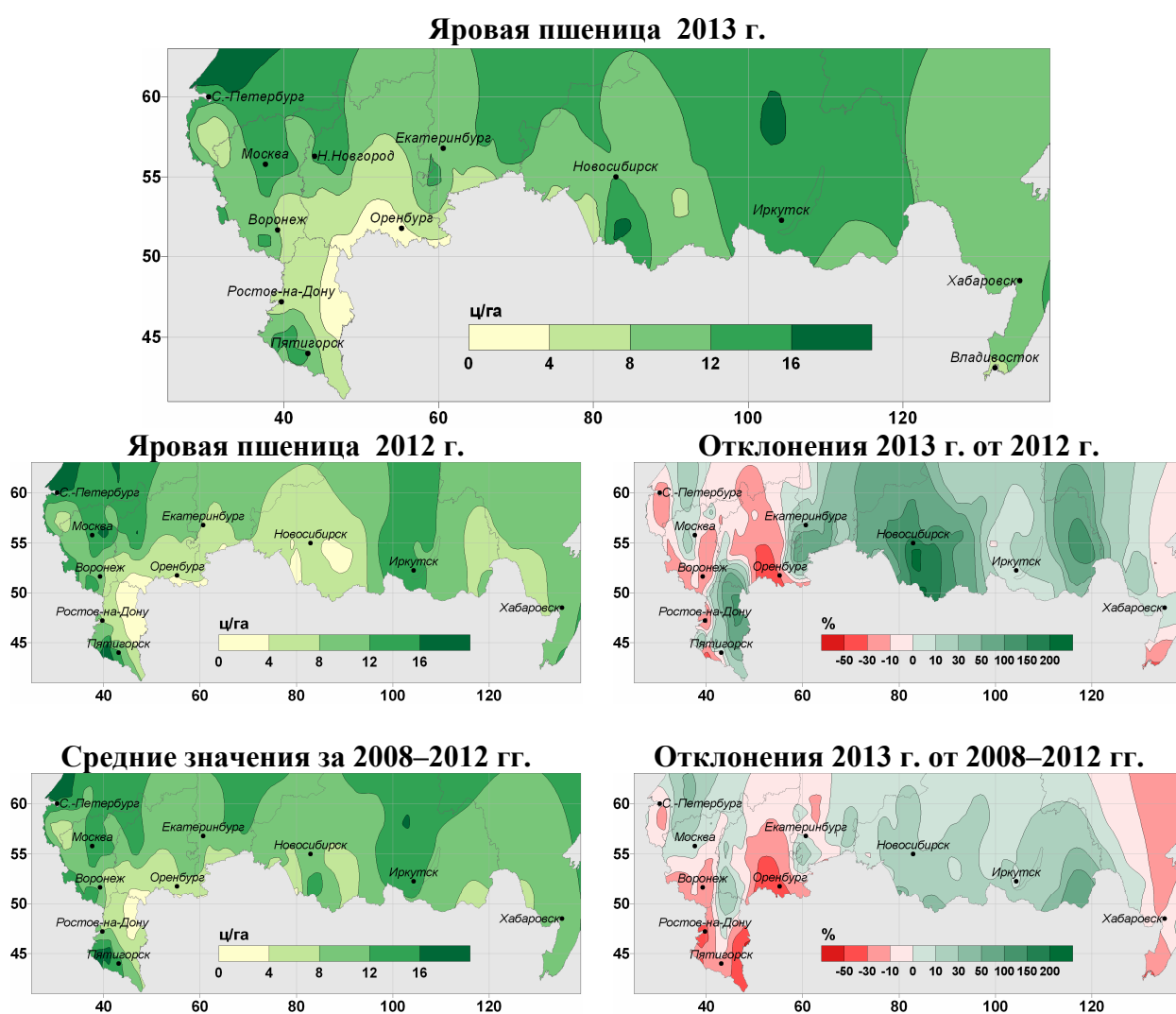


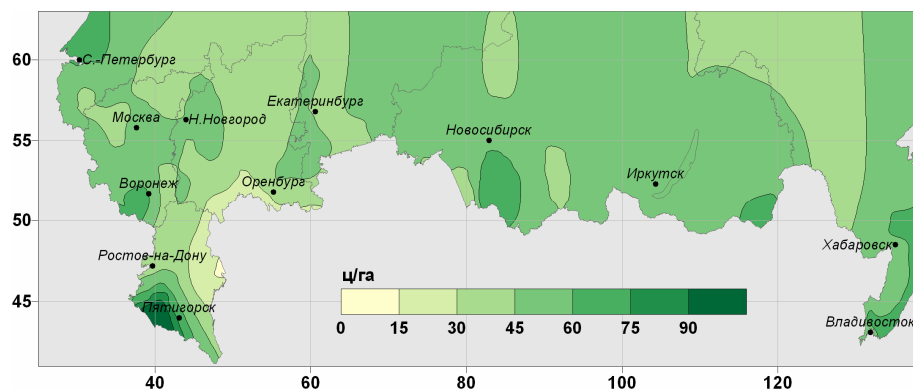
Рисунок 7.6 – Климатически обусловленная урожайность яровой пшеницы Y_0 (ц/га) в 2013 г. и 2012 г., ее средние значения за 2008–2012 гг. и соответствующие отклонения (%)

Приведенные данные (таблица 7.6, рис. 7.6) показывают, что положительное отклонение продуктивности яровой пшеницы относительно прошлого года наблюдалось на ЕЧР в Приволжском, Южном и Северо-Кавказском ФО. Более благоприятные условия для формирования урожаев яровой пшеницы, по сравнению с прошлогодними, сложились

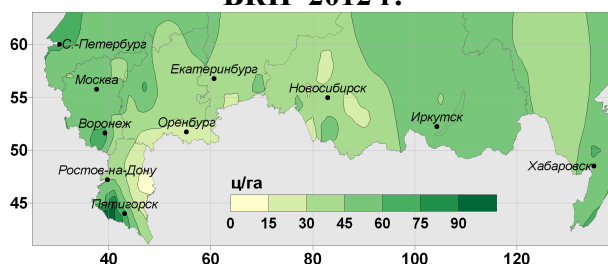
в 2013 г. на АЧР в Уральском и Сибирском ФО, где климатически обусловленная урожайность превысила уровень 2012 г. на 39.1 и 75.2 % соответственно.

По сравнению с периодом 2008-2012 гг. условия формирования урожайности яровых зерновых культур оказались хуже на территории земледельческой зоны Центрального, Приволжского, Северо-Кавказского и Дальневосточного ФО. В Сибирском и Уральском ФО, где большие посевные площади заняты посевами яровой пшеницы, продуктивность яровой пшеницы оказалась выше средних за 2008-2012 гг. особенно в Сибирском ФО (18,2%).

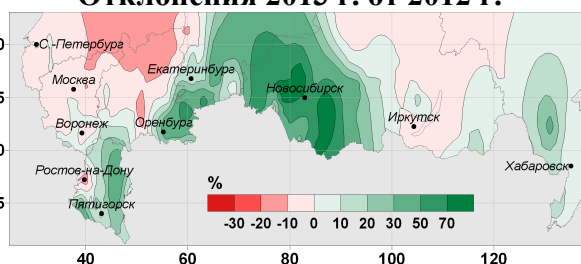
БКП 2013 г.



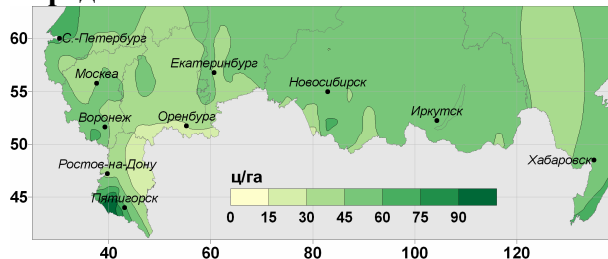
БКП 2012 г.



Отклонения 2013 г. от 2012 г.



Средние значения БКП за 2008–2012 гг.



Отклонения 2013 г. от 2008–2012 гг.

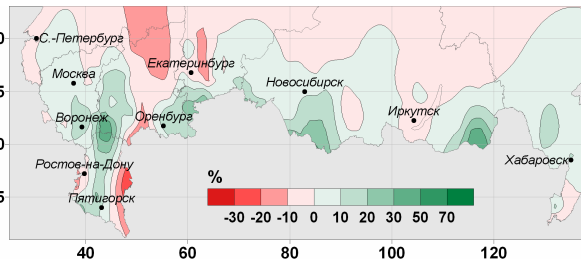


Рисунок 7.7 – Биоклиматический потенциал (ц/га) в 2013 г. и 2012 г., его средние значения за 2008–2012 гг. и соответствующие отклонения (%)

В таблице 7.6 и на рис. 7.7 приведено распределение аномалий биоклиматического потенциала в 2013 г. В целом, на территории земледельческой зоны РФ в 2013 г. условия формирования урожая (биомассы) многолетних трав следует оценить как более благоприятные, чем в среднем за предшествующее пятилетие. Максимально благоприятные условия зафиксированы на Северном Кавказе. Среднее значение аномалии БКП для территории земледельческой зоны составило 4.5%. По сравнению с прошлым 2012 г. агрометеорологические условия сельскохозяйственного года в 2013 г. можно оценить как более благоприятные для большей части земледельческой зоны РФ.

Положительная аномалия биологической продуктивности пахотных земель составила 12.9% по отношению к 2012 г.

Таблица 7.6 – Отклонения (%) биоклиматического потенциала (БКП) и урожайности яровой пшеницы в 2013 г. от соответствующих величин в 2012 г. и средних за 2008–2012 гг. по территории земледельческой зоны РФ и федеральных округов

Федеральные округа	Биоклиматический потенциал, БКП		Урожайность яровой пшеницы, Y_0	
	Отклонение, %, от			
	2012	2008–2012	2012	2008–2012
РФ	12.9	4.5	24.4	0.3
Северо-Западный	-4.4	1.0	-3.8	2.5
Центральный	-2.1	5.6	-7.1	-6.1
Приволжский	2.9	5.2	0.5	-5.6
Южный	19.4	0.3	11.8	-28.8
Северо-Кавказский	17.5	18.0	18.0	-9.5
Уральский	22.8	2.6	39.1	3.4
Сибирский	28.7	5.7	75.2	18.2
Дальневосточный	8.8	4.2	-1.0	-8.2

8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Общее число опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) (включая агрометеорологические и гидрологические) в 2013 г. составило 963. Это немного меньше, чем в 2012 году, когда их было 987. Напомним, что мониторинг общего числа ОЯ начался с 2008 г. Динамика общего числа ОЯ за шесть лет такова:

2008	2009	2010	2011	2012	2013
1090	923	972	760	987	963

Из всех 963 ОЯ в 2013 г. 455 явлений нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения.

На рис. 8.1 приведены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ за 1996 – 2013 гг., относящиеся лишь к опасным явлениям и комплексам гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (общее число и количество непредусмотренных ОЯ). Прошедший год стал третьим по количеству ОЯ, нанеших ущерб. Бо'льшее количество их было только в 2012 (469 ОЯ) и 2010 (467 ОЯ) годы. Число непредусмотренных ОЯ в 2013 г. составило 38.

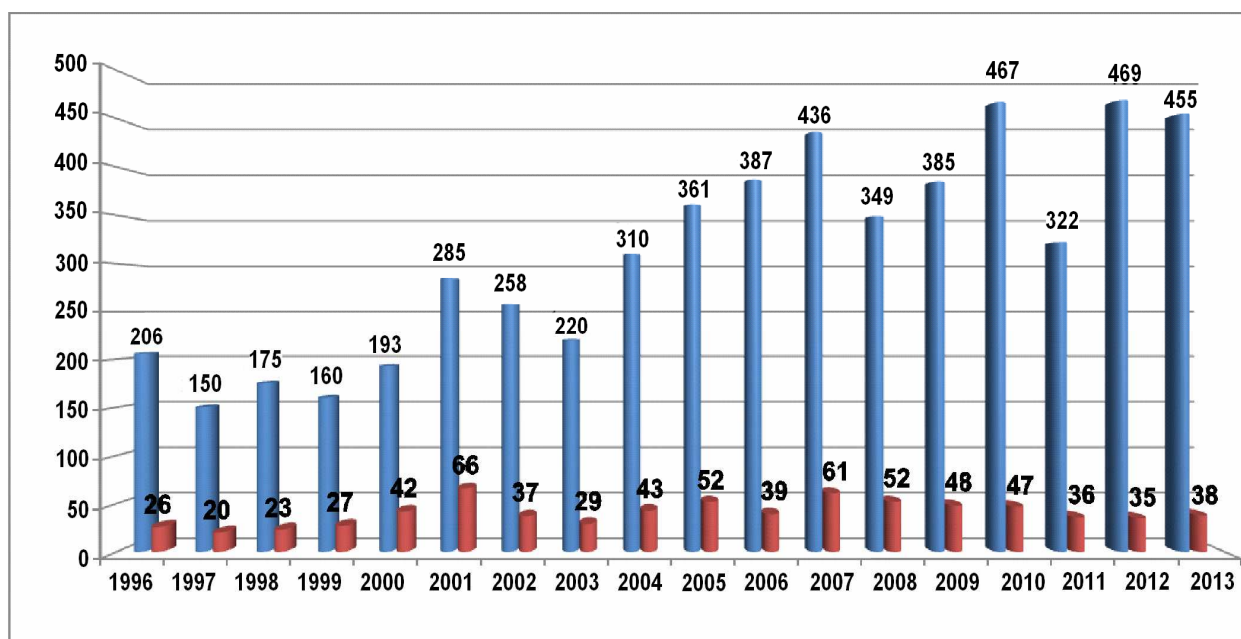


Рисунок 8.1 – Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (синий) и количество непредусмотренных ОЯ (красный).

В 2013 г. около 25% от общего числа ОЯ приходится на локальные конвективные явления (ливень, град, шквал), отмечавшиеся в весенне-летний период. На рис. 8.2 информация о гидрометеорологических ОЯ в 2013 году детализирована по месяцам. Наибольшая активность возникновения опасных явлений на территории РФ, по-прежнему, наблюдалась в период с мая по август, причем количество гидрометеорологических ОЯ на 19% (57 случаев) уменьшилось по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

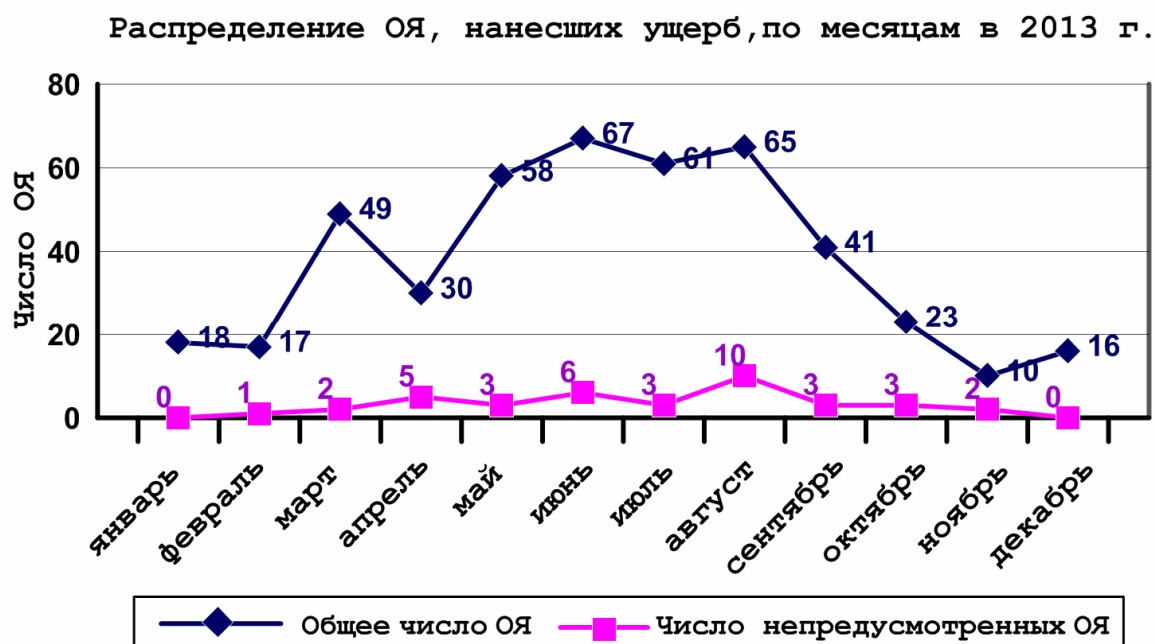


Рисунок 8.2 – Распределение гидрометеорологических ОЯ, нанесших ущерб, по месяцам в 2013 году

В Гидрометцентре России отдельно ведется статистика только опасных метеорологических явлений (ОЯ), т.е. кроме агрометеорологических и гидрологических. В 2013 году на территории РФ было зарегистрировано 545 случаев возникновения метеорологических ОЯ и комплексов метеорологических явлений (КМЯ). В таблицах 8.1 и 8.2 показано распределение метеорологических ОЯ и КМЯ по месяцам и ФО. Учитывались все опасные явления погоды, имевшие место на территории РФ, о которых были получены донесения, независимо от наличия информации об ущербе. Следует отметить, что суммарное количество метеорологических ОЯ в табл. 8.1 и 8.2 может не совпадать, т.к. ОЯ часто охватывают большие территории и одновременно наблюдаются в 2-х и более округах.

По сравнению с 2012 годом количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2013 г. увеличилось на 9 случаев. Высокой была повторяемость КМЯ, сильных осадков и сильного ветра (139 и по 113 случаев соответственно). Это составляет 67% от всех опасных метеорологических явлений. КМЯ по своим параметрам не достигали критериев ОЯ, но в значительной степени затрудняли хозяйственную деятельность регионов. Все эти явления, как правило, наносили наиболее значительный ущерб секторам экономики и частному сектору.

Наибольшую повторяемость метеорологические ОЯ и КМЯ имели в теплый период года (с мая по сентябрь) – 282 случая (52%). Это связано с тем, что в этот период возрастает число ОЯ, обусловленных активной конвекцией, которая наблюдается по всей территории РФ.

Периоды сильных морозов и аномально холодной погоды в 2013 г. отмечались в 37 случаях, то есть на 19% больше, чем в 2012 году, когда их было 31 случай. Наиболее холодным выдался январь и март 2013 г., когда было зарегистрировано 19 случаев с аномально холодной погодой и 13 случаев сильных морозов.

Таблица 8.1 - Распределение метеорологических ОЯ по месяцам за 2013 год

Месяц	Сильный ветер	Сильные осадки	Налипание мокрого снега	Заморозки	Сильная жара	Сильный мороз	Аномально жаркая погода	Аномально холодная погода	Туман	КМЯ	Гололедные явления	Метель	Град	Смерч	Мгла	Всего ОЯ и КМЯ
I	8	2	2			7		9		10	2	7				47
II	11	1	2			2		2		8	2	8				36
III	14	6	3	3		6		10		12	2	7				63
IV	10	1	1	4						6		1				23
V	12	5		9	2		4			15			4			51
VI	8	21		10	2		3			18			9			71
VII	7	26			4		2			16			6			61
VIII	6	26		6	1		2			11			4			56
IX	5	14		12						10			2			43
X	12	5		2						18		1				38
XI	9	3	3			1				10	2	5				33
XII	14	4	2			5		11		15	3	12				66
ГОД 2013	113	113	14	46	9	16	11	21		139	9	29	25			545
ГОД 2012	91	113	11	54	35	13	18	18	1	106	14	25	25	11	1	536

Периодов с сильной жарой и аномально жаркой погодой в 2013 г. было 20, что на 62% меньше, чем в 2012 году, когда их было 53 случая. Жаркие периоды отмечались почти равномерно в период с мая по июль. В вегетационный период в 2013 году наблюдалось 46 заморозков, что на 15% меньше, чем за аналогичный период 2012 года, когда их было 54.

Из таблицы 8.2 следует, что на территории Сибирского и Дальневосточного ФО зарегистрировано 247 случаев (44%) всех ОЯ и КМЯ. Это связано с тем, что территория этих округов обладает наибольшими размерами и характеризуется очень активными атмосферными процессами. По сравнению с 2012 г. в 2013 г. количество ОЯ и КМЯ в Приволжском, Сибирском и Дальневосточном ФО увеличилось на 8-19%, в Центральном и Северо-Западном ФО уменьшилось на 35 и 25%, а в остальных округах осталось на прежнем уровне.

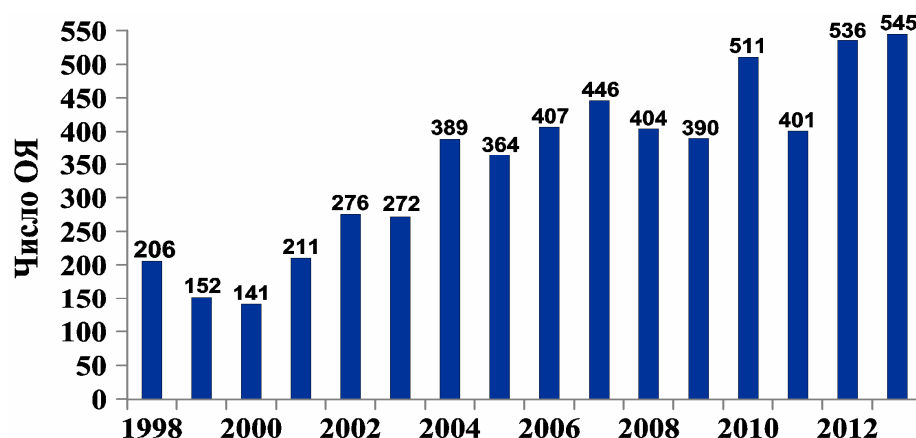


Рисунок 8.3 –
Распределение
метеорологических ОЯ
по годам.

Таблица 8.2 - Распределение метеорологических ОЯ в 2013 году по территории ФО

№	Явления	Федеральные округа РФ								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДФО	
1	Сильный ветер	12	3	15	4	6	12	35	25	112
2	Сильные осадки	1	14	14	19	12	7	15	31	113
3	Метель	3		1			5	5	18	32
4	Пыльная буря									
5	Смерч									
6	Сильный мороз			4			5	5	4	18
7	Аномально холодная погода	5	3	4				9	1	22
8	Сильная жара		3	1		1	2	1	1	9
9	Аномально жаркая погода	1	3	4			1	2		11
10	Град		1	5	7	8	1	3		25
11	Гололедные явления		1	1	6	1		2		11
12	Налипание мокрого снега		1		9			3	2	15
13	Заморозки	4	8	9	3	2	8	9	3	46
14	Туман									
15	КМЯ	4	14	17	14	13	8	51	22	143
Всего – 2013		30	51	75	62	43	49	140	107	557
Всего – 2012		40	79	63	64	45	47	130	95	563

Динамика количества всех зарегистрированных метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2013 год приведена с годовой дискретностью на рис. 8.3 и с месячной - в таблице 8.3. Видно, что в 2013 году отмечалось 545 метеорологических ОЯ. Это наибольшее количество ОЯ за все 16 лет наблюдений.

Таблица 8.3 - Динамика количества всех метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2013 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

9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

В отличие от радиационных потоков на верхней границе атмосферы, оцениваемых современными спутниковыми системами, основным источником данных для слежения за климатическими изменениями составляющих радиационного баланса земной поверхности являются ряды наземных актинометрических наблюдений. Для правильной атрибуции наблюдаемых климатических изменений первостепенное значение имеет слежение за разными компонентами радиационного баланса подстилающей поверхности. На настоящем этапе в системе регулярного мониторинга анализируются коротковолновая суммарная и прямая солнечная радиация, месячные и годовые суммы которых рассчитываются по результатам измерения радиационных потоков в фиксированные сроки (так называемых «срочных» наблюдений), поступающих с актинометрической сети станций.

Из двух видов актинометрических наблюдений, выполняемых по полной программе, и дающих информацию не только о суммарной радиации, но и об отдельных составляющих радиационного баланса, предпочтение отдано именно срочным наблюдениям в силу большей плотности подсети этих станций – как в начале 21 в, так и в 60-х годах 20-го столетия. Для большинства действующих станций со срочными наблюдениями (в отличие от станций, ведущих наблюдения с помощью регистраторов) могут быть рассчитаны нормы за базовый период 1961-1990 гг.

Аномалии сумм радиации рассчитаны как отклонения от норм базового периода 1961-1990 гг. и выражены в процентах от этих норм. Оценки условий 2013 г. получены по данным 82 (из 89) российских станций со срочными наблюдениями, для которых своевременно поступила оперативная информация.

Основной особенностью глобальных многолетних изменений приходящей радиации, обнаруживаемых на территории РФ, 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, диагностируемый в период с 1961 по 1990 гг.

Анализ региональных особенностей *многолетних* колебаний по данным о пространственно-осредненных аномалиях годовых сумм прямой радиации в период с 1961 по 2013 гг. (рис. 9.1) показывает, что во всех рассмотренных крупных регионах РФ в последнее десятилетие 20-го столетия произошел возврат к значениям приходящей радиации, близким к норме. Изменения, происходящие в начале XXI в., не столь крупномасштабны и однозначны. На территории ЕЧР сохраняется положительная тенденция, обнаруживаемая также и на территории зарубежной Европы. В Западной Сибири, Прибайкалье и Забайкалье, Приамурье и Приморье значения прямой радиации стабилизировались на уровнях, близких к норме; на Северо-востоке в последние годы регистрируются небольшие отрицательные аномалии. Для территории Средней Сибири, по-видимому, можно говорить о возобновлении тенденции к снижению радиации. В 2013 г. отрицательные аномалии, близкие к рекордным значениям, наблюдались в районе Приамурья и Приморья, а также в Прибайкалье и Забайкалье.

В *зимний* сезон 2012/2013 гг. (рис. 9.2) на ЕЧР наблюдалась резкие различия в приходе прямой солнечной радиации между декабрем и январем. В декабре существенная положительная аномалия прямой радиации распространилась на ЕЧР южнее 60°с.ш., южные районы Урала и Западной Сибири. В центральных областях территории ЕЧР месячная аномалия прямой радиации составляла более 80%. Формирование этой положительной аномалии происходило в результате длительного преобладания антициклональной погоды. В январе активные фронтальные системы, перемещаясь с Атлантики, принесли на территорию ЕЧР теплые воздушные массы и облачную погоду. Обширная положительная аномалия в поле прямой радиации сменилась глубокой

отрицательной, охватив всю территорию ЕЧР, включая самые южные районы. С прохождением южных циклонов связана теплая облачная погода и большое количество осадков в Краснодарском крае и на прилегающих территориях. Месячный приход прямой радиации в этих районах был ниже нормы на 60-80%. В северных районах ЕЧР, в Западной и Средней Сибири в течение всего зимнего сезона отмечалось частое перемещение североатлантических циклонов, приносящих плотную низкую облачность и осадки. Вследствие этого приход прямой радиации здесь был значительно ниже нормы, особенно в декабре и январе (более чем на 100%).

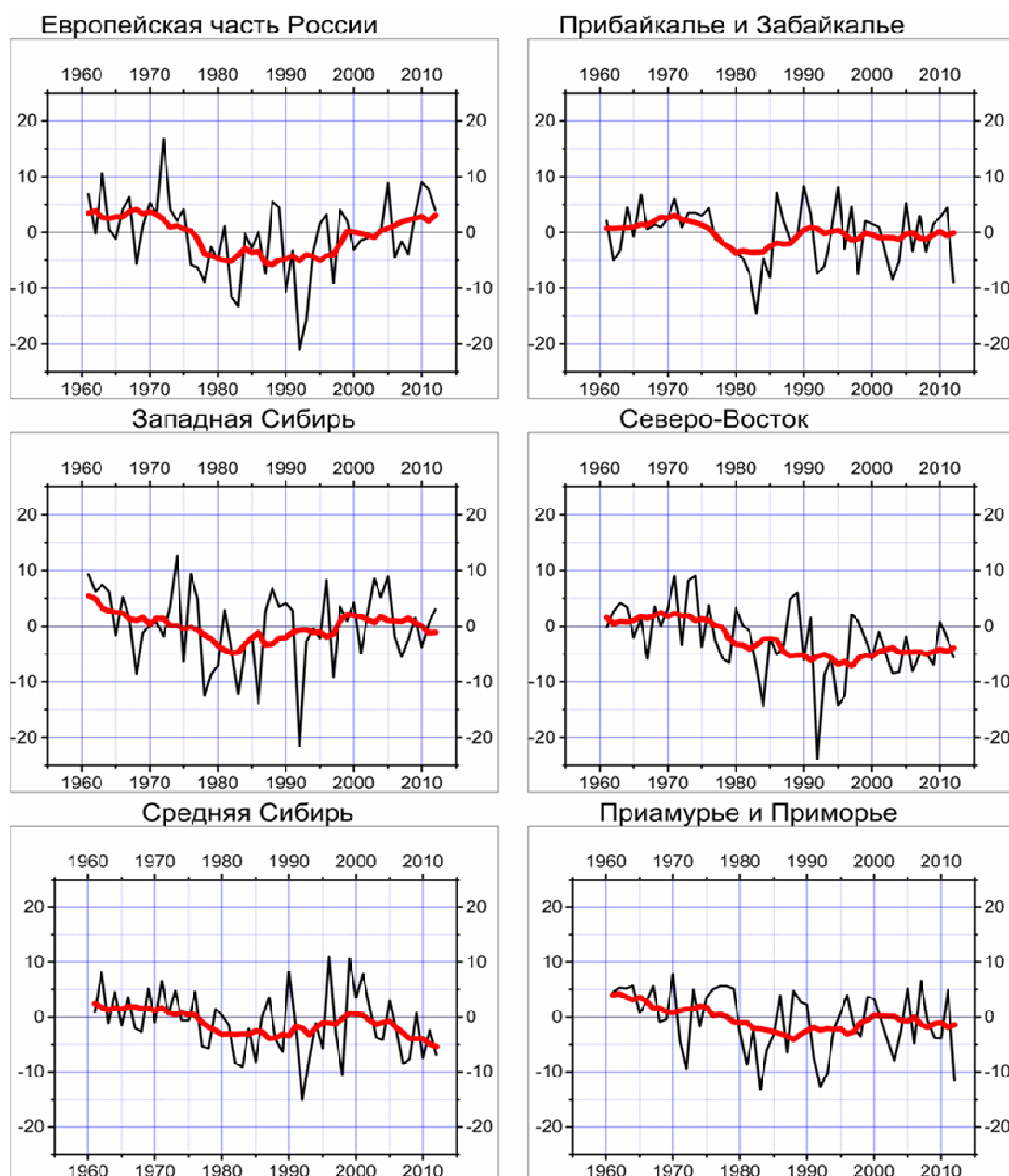


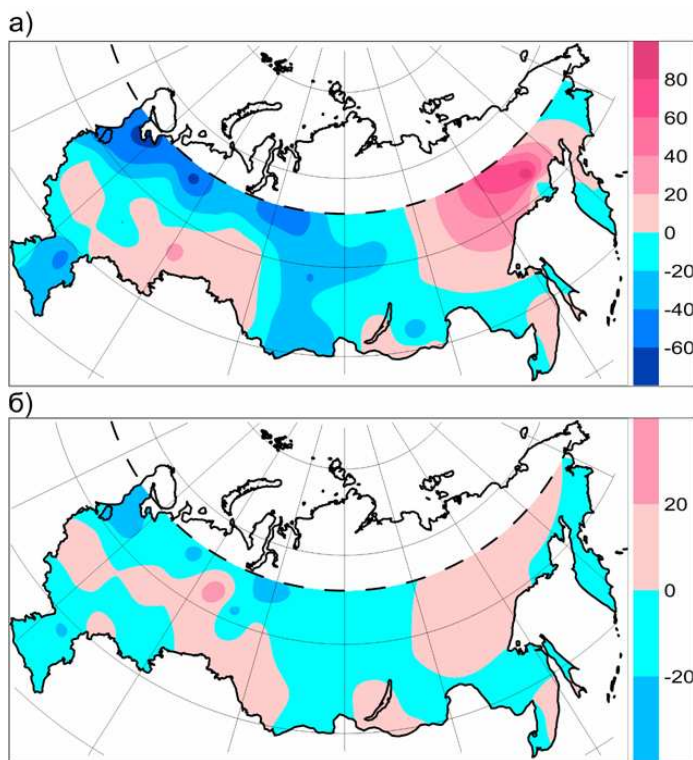
Рисунок 9.1 - Регионально-осредненные аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) годовых сумм прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность.

Красная кривая показывает сглаженный ход (11-летние скользящие средние)

В поле сезонных аномалий прямой радиации зимой преобладали отрицательные значения. Наиболее глубокая отрицательная аномалия наблюдалась на севере Архангельской области (более 60%). Область отрицательных аномалий сезонных сумм

была обширна и включала значительную часть территории ЕЧР, северные районы Западной Сибири, а также практически всю Среднюю Сибирь. Далее к востоку сформировалась область положительных аномалий, захватившая территорию Якутии и Магаданскую область, где отмечались наиболее значительные аномалии. В отдельных пунктах Магаданской области сезонные суммы прямой радиации были выше средних многолетних на 40-60%.

Характер зимнего сезонного поля суммарной радиации (рис. 9.2) практически повторяет поле прямой радиации с той разницей, что очаги положительных и отрицательных аномалий суммарной радиации менее интенсивные. Близкими были и поля



месячных аномалий, что указывает на преобладающее влияние прямой радиации в суммарном приходе в течение всего зимнего сезона.

Рисунок 9.2 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) сезонных сумм прямой (а) и суммарной (б) солнечной радиации. Зима 2012/2013 гг.

Весной зимняя отрицательная аномалия в южной части Средней Сибири (Красноярский край) сохранилась и стала более глубокой (рис. 9.3). В верховьях Енисея отмечалось снижение прямой радиации на 40%. В южной части Дальневосточного ФО сформировалась еще одна четко выраженная отрицательная аномалия. В Амурской области и прибрежных районах Хабаровского края снижение прямой радиации достигало 30-40%.

Однако в целом весной в поле аномалий прямой радиации преобладали положительные значения. В Архангельской области и Центральном ФО средние сезонные суммы прямой радиации превышали норму на 35-40%.

На характер формирования сезонных аномалий в значительной степени оказали влияние март и май. В марте повышенный приход солнечной радиации был связан с мощным полярным антициклоном, влияние которого распространялось на всю северную половину Евразии. На севере территории ЕЧР (Архангельская область, Ненецкий национальный округ и Республика Коми) приход прямой радиации в марте практически на 100% превышал климатическую норму. На Таймыре превышение нормы также было больше 80%. В мае мощная отрицательная аномалия прямой солнечной радиации (до 60%) в южной части Сибирского ФО явилась следствием активного циклогенеза, вызывающего большую повторяемость плотной низкой облачности и осадков. В то же время антициклоны, развивавшиеся над северными районами, способствовали

преобладанию малооблачной погоды и повышенному приходу прямой радиации на значительной части территории страны (по сравнению с нормой - до 30%).

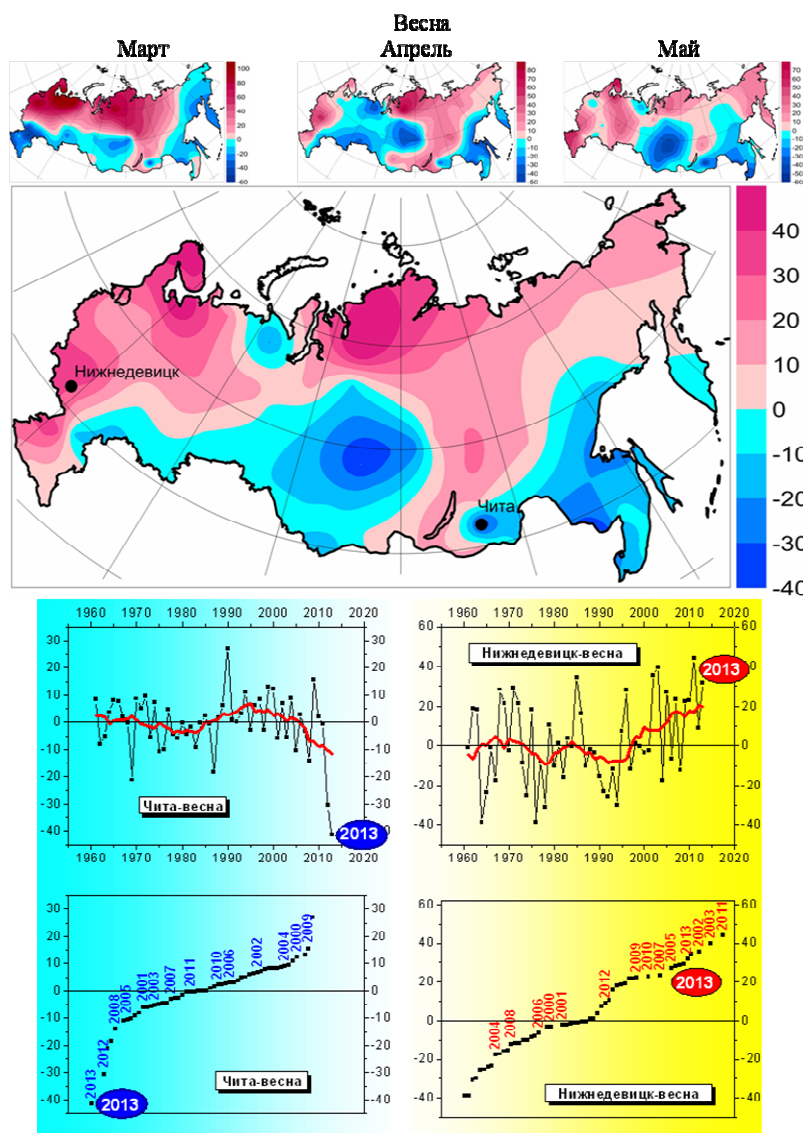
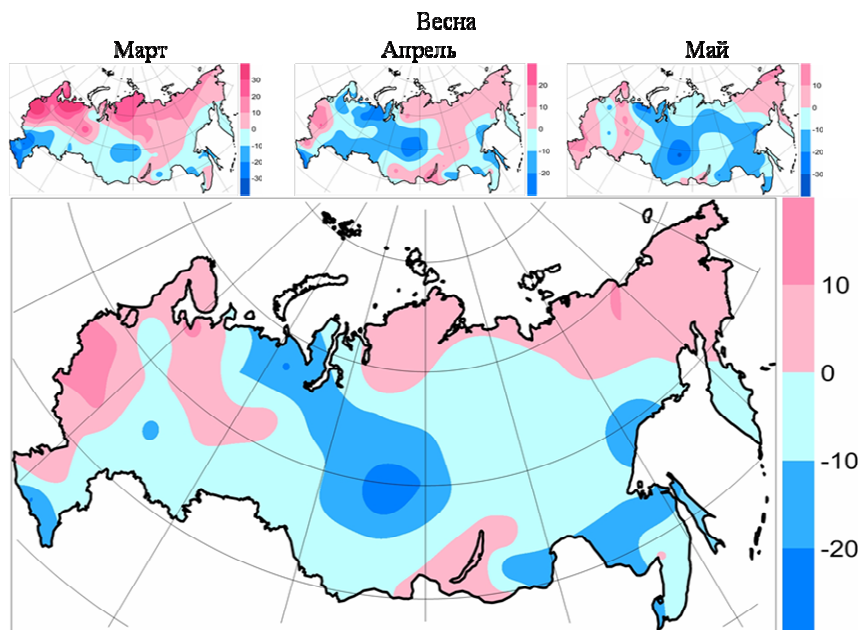


Рисунок 9.3 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Весна 2013 г.

Сезонные суммы суммарной радиации весной, в основном, отличались от нормы не более чем на 10% (рис. 9.4). Положительная аномалия прямой радиации, отмечавшаяся в северной половине страны, в суммарной радиации проявилась в ослабленном виде. В некоторых районах ЕЧР и АЧР, где была отмечена положительная аномалия прямой радиации, вклад рассеянной в суммарную радиацию оказался настолько мал, что общий суммарный приход оказался ниже нормы.

Рисунок 9.4 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм суммарной солнечной радиации. Весна 2013 г.



Летом на территории РФ в поле прямой радиации (рис. 9.5) выделяется две крупных, близких по площади, области с аномалиями разного знака. Практически вся территория ЕЧР и северные районы АЧР (до 140°в.д.) характеризуются повышенными значениями в поле прямой радиации. На остальной территории – в южных районах АЧР и на Дальнем Востоке – аномалии сезонных сумм были отрицательными. Такой характер распределения прямой радиации на территории страны был связан с особенностями атмосферной циркуляции в летний сезон. Антициклональный характер циркуляции, преобладавший на территории ЕЧР и северо-западе АЧР, обусловил здесь преобладание малооблачной погоды и повышенный приход солнечной радиации. Активная циклоническая деятельность в течение большей части летнего периода развивалась на территории Сибири и Дальнего востока. Низкая облачность и частые дожди, связанные с циклонами и атмосферными фронтами, стали причиной формирования здесь обширной отрицательной аномалии в поле радиации (рис.9.5).

В области положительной аномалии наиболее интенсивный очаг высокого прихода прямой радиации расположен на северо-востоке территории ЕЧР, где превышение нормы составило 40-50%. В области отрицательной аномалии наиболее глубокие очаги с низким приходом радиации (30-40%) отмечаются в Магаданской и Амурской областях.

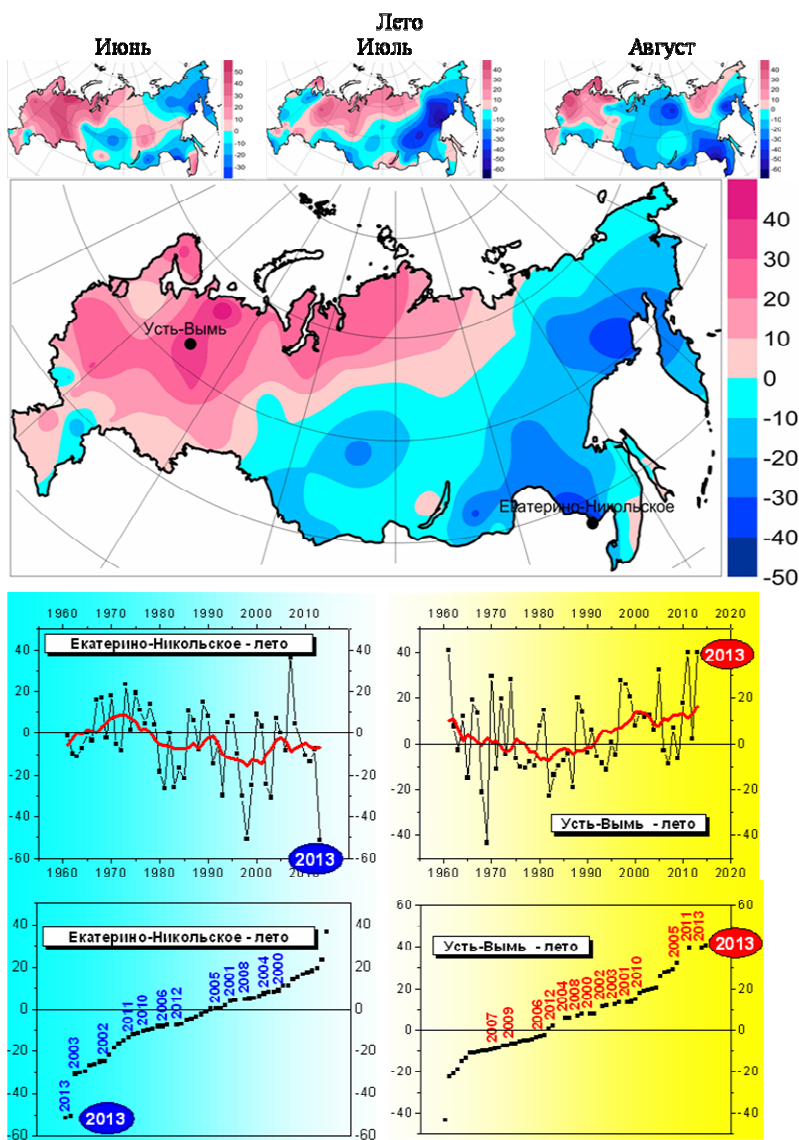


Рисунок 9.5 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Лето 2013 г.

Основной вклад в формирование области положительных сезонных аномалий связан с особенностями атмосферной циркуляции в июне, которая привела к значительному повышению прихода радиации (до 50% и более) над обширной территорией, охватывающей ЕЧР, Урал и северные районы Западной Сибири

В июле значительная часть всей территории РФ оказалась во власти циклонов, облачные поля снижали поступление

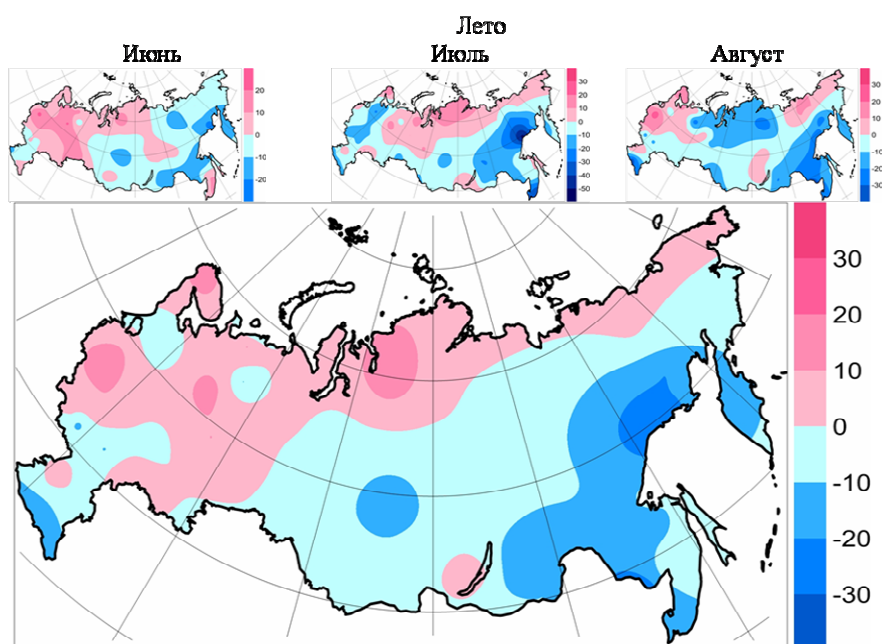
прямой радиации. Наиболее активная циклоническая деятельность, с которой связано преобладание пасмурной и дождливой погоды, развивалась на Дальнем Востоке,

обусловив глубокую отрицательную аномалию прямой радиации в Хабаровском крае и Амурской области(60-80%).

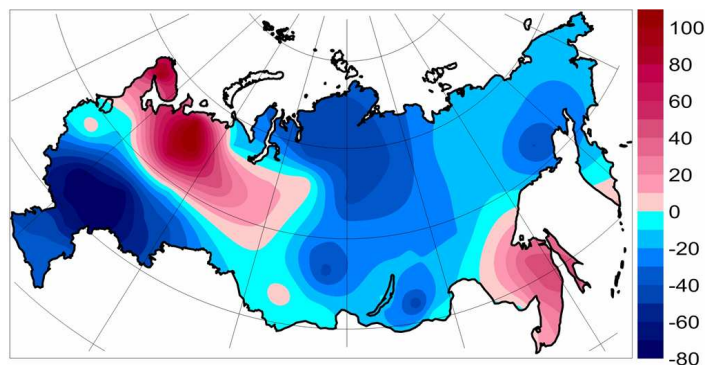
В августе, как и в июле, на большей части территории страны приход прямой радиации был ниже нормы. Наиболее глубокие очаги отрицательной аномалии по-прежнему располагались на территории АЧР. В Амурской области, Приморском крае, побережье Охотского моря Магаданской области и на севере Восточной Сибири приход прямой радиации был ниже нормы на 40-50%.

В поле сезонных аномалий суммарной радиации (рис. 9.6) проявились основные особенности, которые выделяются в поле аномалий прямой радиации. На территории ЕЧР и севере АЧР приход суммарной радиации был выше нормы, а в южных районах АЧР и Дальнем Востоке – ниже нормы. Однако интенсивность аномалий была очень слабая, не более $\pm 10\%$, и только на Дальнем Востоке в Амурской, Магаданской областях и Хабаровском крае значительное снижение прямой радиации хорошо проявилось и в уменьшении суммарной радиации. Отрицательная аномалия суммарной радиации в этих районах достигала 20-30% (рис. 9.6).

Рисунок 9.6 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм суммарной солнечной радиации. Лето 2013 г.



В *сентябре* ситуация была близка к той, что наблюдалась в конце лета. На значительной части территории страны был очень низкий приход солнечной радиации, особенно в южных районах ЕЧР. Здесь месячные суммы прямой радиации были ниже нормы на 80%. В то же время на севере и северо-востоке ЕЧР месячные суммы почти в два раза превысили месячную норму. Изменилась ситуация в Приморском крае – глубокая отрицательная аномалия, наблюдавшаяся в августе, сменилась хорошо выраженной



положительной. В сентябре в Приморье месячные суммы прямой радиации были выше нормы на 30-40% (рис. 9.7).

Рисунок 9.7 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных сумм прямой солнечной радиации. Сентябрь 2013 г.

Анализ **сезонных** аномалий прямой радиации (рис. 9.8), осредненных по территории РФ, показывает, что зимой в среднем регистрируется небольшая отрицательная аномалия в приходе радиации, в весенний сезон – небольшая положительная. Летом значение средней сезонной аномалии близко к нулю, хотя при этом в летний сезон на территории РФ были достигнуты как положительные, так и отрицательные рекорды.

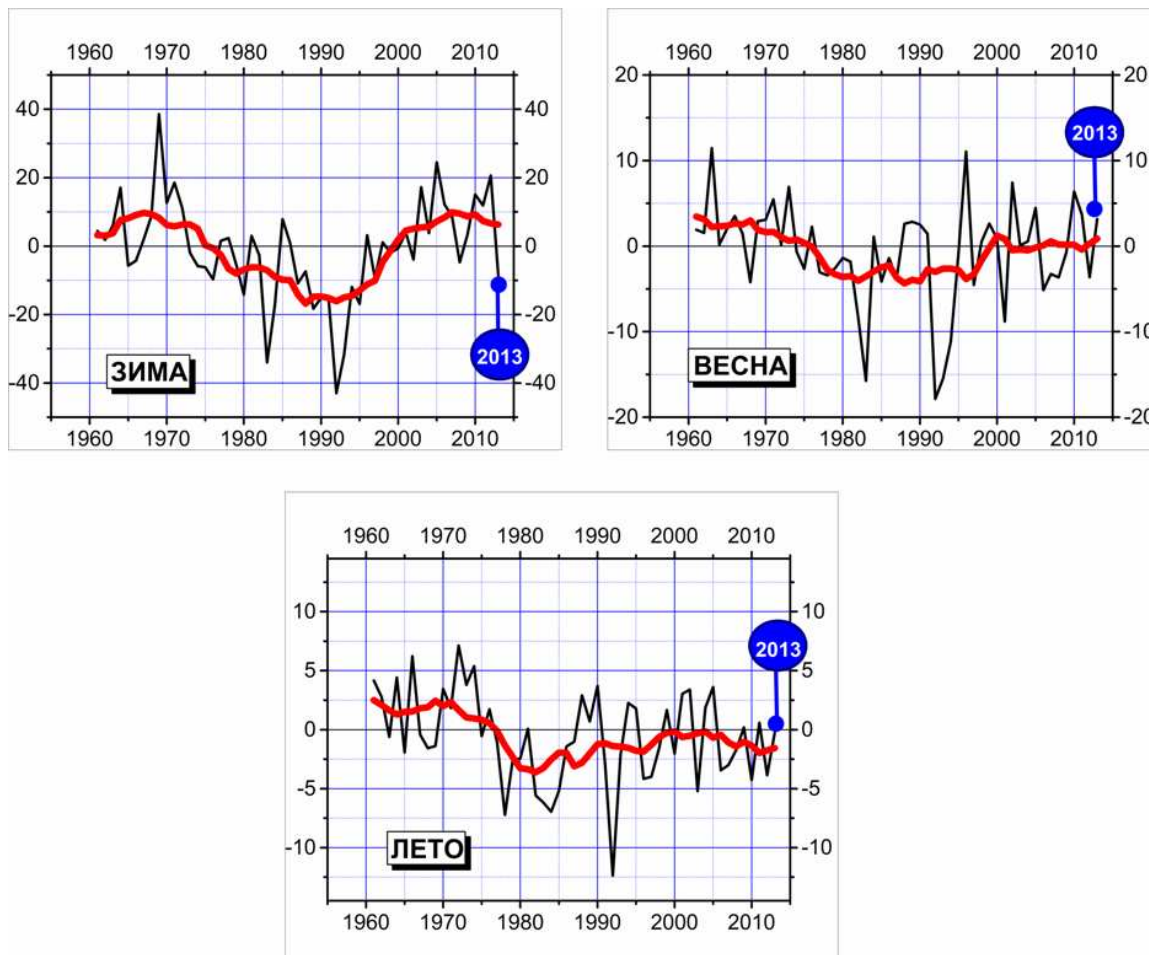


Рисунок 9.8 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) сезонных сумм прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, осредненные по территории РФ. 1961-2013гг.

В среднем для территории РФ в 2013г. во все сезоны приход солнечной радиации был близок к норме. Однако при этом наблюдались значительные региональные и внутрисезонные различия. Наиболее существенная особенность радиационного режима 2013 г. связана с наличием в летний сезон обширной и устойчивой отрицательной аномалии в АЧР и положительной аномалии на ЕЧР, когда были зафиксированы рекордные отрицательные и положительные аномалии в месячных и сезонных суммах приходящей радиации. Активная циклоническая деятельность на Дальнем Востоке обусловила глубокую отрицательную аномалию прямой радиации в Хабаровском крае и Амурской области (60-80%).

10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ

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

Приводимые оценки получены по срочным данным радиозондовых наблюдений, собираемым с каналов связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с глобальной сети аэрологических станций. Общее число станций, по которым ведется сбор аэрологических данных, превышает 800 и варьирует от месяца к месяцу. В их число входят более ста функционировавших в 2013 г российских станций, включая антарктические и станции Северного полушария (СП). Около 650 станций глобальной сети расположены в Северном полушарии. На основе собранных за месяц радиозондовых данных срочных наблюдений рассчитывается массив статистических характеристик различных метеорологических величин в свободной атмосфере, включая статистические характеристики температуры, на стандартных изобарических поверхностях для каждой из станций. На основе взвешенного вертикального обобщения рассчитываются также значения температуры в основных слоях атмосферы: 850-300 гПа (тропосфера), 100-50 гПа (нижняя стратосфера), 300-100 гПа (переходный слой, характеризующийся значительной нестабильностью). Следующим этапом расчетов является расчет месячных аномалий температуры. Аномалии температуры на основных изобарических поверхностях и в каждом из указанных слоев атмосферы для каждого месяца, - вычислялись для каждой станции. В качестве норм использовались соответствующие характеристики температуры для этой станции, осредненные за период 1981-2010 гг. Такой выбор периода вычисления норм объясняется, во-первых, целесообразностью проводить в дальнейшем сопоставления с рядами аномалий температуры в свободной атмосфере, полученными на основе спутниковых наблюдений, начало которым положено с 1979 года. Во-вторых, оценки норм за такой период вычисления наименее, по сравнению с другими вариантами выбора тридцатилетнего периода, подвержены влиянию возможных неоднородностей в рядах, возникающих из-за особенностей функционирования глобальной сети радиозондирования.

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

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

Наконец, наряду с пространственным осреднением постанционных месячных аномалий по пятиградусным и тридцатиградусным широтным поясам Северного полушария и по Северному полушарию в целом, проводилось дополнительно осреднение

постанционных месячных аномалий по сезонам для каждого сезона 2013 года (зимний сезон включал декабрь 2012 г и январь-февраль 2013 г), а также для 2013 года в целом.

Особенности температурного режима в свободной атмосфере в 2013 г.

2013 год характеризуется существенными различиями значений и даже знаков аномалий температуры свободной атмосферы как от месяца к месяцу, так и по вертикали. В таблице 10.1 приведены значения аномалий температуры за 2013 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.

Следует обратить внимание на то, что март 2013 года характеризовался небывалыми отрицательными аномалиями в тропосфере высоких широт, и отрицательная аномалия в нижней стратосфере высоких широт Северного полушария (100 гПа) в марте (а затем и в апреле) исследуемого года также была очень большой. Май и летние месяцы 2013 г, напротив, отличаются существенными положительными аномалиями в тропосфере и нижней стратосфере в высоких широтах. В январе-апреле 2013 г в умеренных широтах Северного полушария отмечалась отрицательная аномалия температуры в нижней тропосфере (850 гПа), при этом в январе-феврале 2013 г в нижней стратосфере умеренных широт аномалии были выражено отрицательными, в то время как в апреле-мае они поменяли знак на положительный. Летом и осенью, а также в декабре 2013 г можно отметить положительные аномалии в тропосфере и отрицательные аномалии в нижней стратосфере умеренных широт Северного полушария.

Однако наибольшего внимания заслуживает наличие крайне высоких положительных аномалий температуры в нижней стратосфере высоких широт в январе и феврале 2013 года. Подобные аномалии связаны с известным явлением внезапного стратосферного потепления (ВСП), которое началось в январе 2013 года и оказалось, как показывает анализ, самым значительным за всю историю инструментальных наблюдений за стратосферой.

Таблица 10.1 - Аномалии температуры за 2013 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	0.15	0.30	0.19	-0.78	0.15	0.37	1.12	4.62
Февраль	-0.36	-0.40	-0.39	-1.31	-0.09	0.13	0.26	3.18
Март	-0.19	0.35	-0.21	-0.01	-2.56	-1.82	-0.41	-1.49
Апрель	-0.33	0.34	0.10	0.93	-0.46	-0.72	-0.80	-1.81
Май	0.52	0.43	0.22	0.37	0.88	0.51	-0.57	0.36
Июнь	0.41	0.52	0.72	-0.27	1.68	1.00	0.27	0.30
Июль	0.36	0.42	0.51	-0.20	0.38	0.51	0.35	0.84
Август	0.47	0.44	0.34	-0.34	0.70	0.52	0.03	0.13
Сентябрь	0.23	0.44	0.25	-0.28	-0.06	0.33	0.06	0.28
Октябрь	0.49	0.59	0.50	-0.93	0.73	0.61	-0.11	-0.21
Ноябрь	0.53	0.54	0.38	-0.83	0.44	-0.56	-0.05	-0.23
Декабрь	0.51	0.35	0.34	-0.27	1.16	0.46	-0.45	-2.15

Столь существенные различия в величинах аномалий температуры от месяца к месяцу и по вертикали на отдельно рассматриваемых изобарических поверхностях сказываются и на результатах временного обобщения по отдельным сезонам, и на

результатах пространственного вертикального обобщения по наиболее часто рассматриваемым слоям свободной атмосферы.

В таблице 10.2 приведены аномалии температуры, обобщенные для каждого из четырех сезонов 2013 года (зимний сезон включает период с декабря 2012 по февраль 2013 г.) и для года в целом осредненные по вертикали внутри слоя 850-300 гПа (тропосфера) для тридцатиградусных широтных зон Северного полушария и полушария в целом. Здесь ΔT_{2013} обозначает величину аномалии в градусах Цельсия, **-R** обозначает обратный ранг в рядах, упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2013 гг. (т.е. наибольшим положительным значениям аномалий соответствуют наименьшие значения **-R**).

Аналогично, таблица 10.3 содержит обобщенные аномалии для слоя 100-50 гПа (нижняя стратосфера), но здесь **R** обозначает ранг в рядах упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий (т.е. наибольшим положительным значениям аномалий соответствуют наибольшие значения **R**, а малые значения рангов позволяют отметить самые значительные отрицательные аномалии в нижней стратосфере).

В зоне низких широт (0-30 с.ш.) зима 2012-2013 г в тропосфере оказалась одной из рекордно теплых за все зимние сезоны (аномалия составила $+0.64^{\circ}\text{C}$, такая же высокая положительная аномалия наблюдалась здесь в 1988 г). В умеренных широтах зима в тропосфере, напротив, характеризовалась отрицательной аномалией, чему способствовали не только отрицательные аномалии температуры февраля 2013 г (см. таблицу 10.1), но и особенно декабря 2012 г. В высоких широтах Северного полушария из-за не очень значительных аномалий температуры тропосферы января-февраля 2013 г очевидные отрицательные аномалии декабря 2012 года не стали определяющими для зимы в целом: зимняя аномалия в этой широтной зоне оказалась близка к нулю. При этом противоположный характер знаков зимних тропосферных аномалий в низких и умеренных широтах способствовал тому, что близкой к нулю оказалась и зимняя тропосферная аномалия для Северного полушария в целом. Большая по абсолютной величине *отрицательная* мартовская тропосферная аномалия для высоких широт оказалась определяющей для знака весенней аномалии высоких широт. Летом 2013 г положительная тропосферная аномалия для умеренных широт ($+0.42^{\circ}\text{C}$) оказалась седьмой, а для высоких широт ($+0.68^{\circ}\text{C}$) – второй в рядах значений соответствующих аномалий. В осенний сезон 2013 г. зафиксированы положительные аномалии температуры тропосферы для всех рассматриваемых широтных зон, причем для зоны умеренных широт они оказались четвертыми в рядах соответствующих аномалий, а для Северного полушария в целом - пятыми.

В нижней стратосфере самым заметным событием 2013 года, как уже отмечалось, стало внезапное стратосферное потепление высоких широт, которое и предопределило положительный знак зимней аномалии высоких широт. Впрочем, для полушария в целом зима 2012-2013 г. имела отрицательную аномалию благодаря отрицательным аномалиям низких и умеренных широт, более того, она оказалась второй из самых холодных! Весенняя аномалия в умеренных широтах оказалась также положительной, остальные же зональные и полушарные, сезонные и годовые аномалии отрицательны, причем вторыми из самых низких в рядах соответствующих аномалий оказались аномалии зимы для низких и умеренных широт и годовая аномалия для низких широт (последняя – за счет отрицательных аномалий зимы 2012-2013 г. и осени 2013 г.).

Более детально вертикально-широтная структура для годовых аномалий температуры в 2013 г. показана на рис. 10.1, а для аномалий температуры отдельных сезонов 2013 г – на рис. 10.2.

Таблица 10.2 – Аномалии температуры в тропосфере (850-300 гПа) от норм 1981-2010 гг. Выделены *отрицательные* аномалии.

ΔT_{2013} - величина аномалии в градусах Цельсия

-R - обратный ранг в рядах упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2013 гг.

ТРОПОСФЕРА, 850-300 гПа								
СЕЗОН	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
	ΔT_{2013}	-R	ΔT_{2013}	-R	ΔT_{2013}	-R	ΔT_{2013}	-R
ЗИМА	0.64	1-2	-0.34	36	0.02	26	-0.01	23
ВЕСНА	0.09	17	0.25	11	-0.67	49	0.13	14
ЛЕТО	0.08	11	0.42	7	0.68	2	0.33	8
ОСЕНЬ	0.16	8	0.51	4	0.16	22	0.36	5
ГОД	0.21	6	0.32	6	0.12	20	0.27	7

Таблица 10.3 - Аномалии температуры в нижней стратосфере (100-50 гПа) от норм 1981-2010 гг. Выделены *положительные* аномалии.

ΔT_{2013} - величина аномалии в градусах Цельсия

R - ранг в рядах упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2013 гг.

НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА, 100–50 гПа								
СЕЗОН	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
	ΔT_{2013}	R	ΔT_{2013}	R	ΔT_{2013}	R	ΔT_{2013}	R
ЗИМА	-1.76	2	-1.40	2	1.99	43	-1.25	2
ВЕСНА	-0.54	10	0.11	24	-1.43	5	-0.20	15
ЛЕТО	-0.39	11	-0.33	12	0.04	20	-0.32	11
ОСЕНЬ	-1.08	3	-0.62	4	-0.29	10	-0.74	3
ГОД	-0.91	2	-0.47	8	-0.10	14	-0.58	6

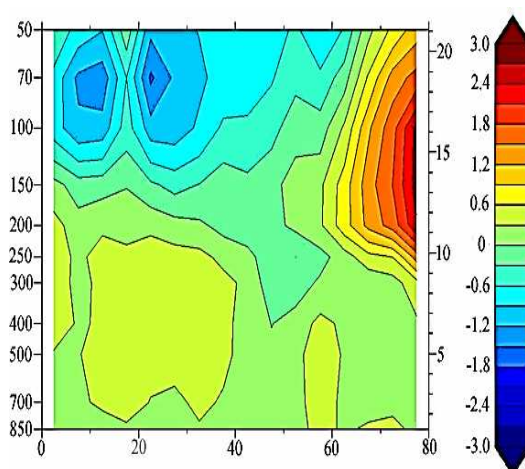


Рисунок 10.1 - Вертикально-широтная структура годовых аномалий температуры свободной атмосферы в 2013 году. Горизонтальная ось – широты, левая вертикальная ось – давление на стандартных изобарических поверхностях, правая вертикальная ось – высоты над уровнем моря в км.

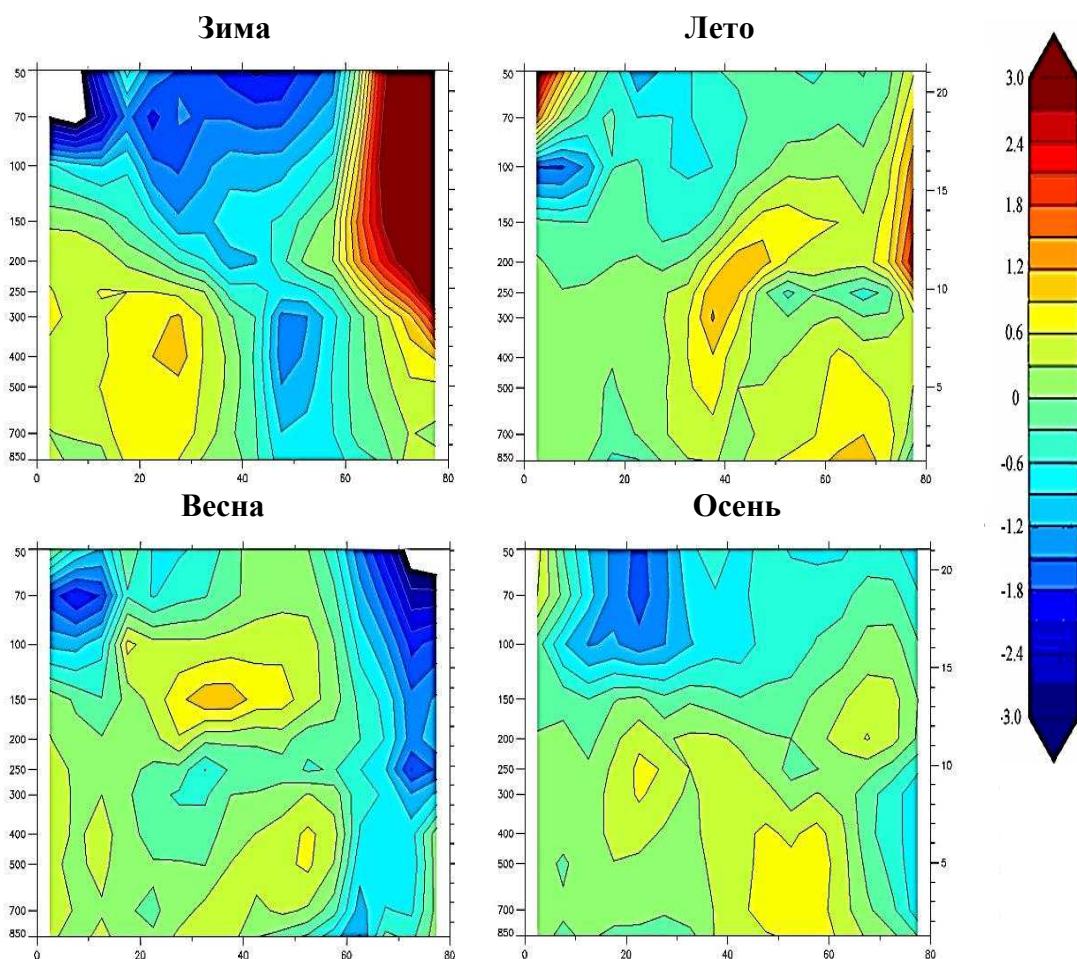


Рисунок 10.2 - То же, что на рис 12.1, но для отдельных сезонов (зима 2012-2013 гг., весна, лето и осень 2013 года)

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.

Таблицы 10.4 и 10.5 содержат значения линейных трендов, вычисленных за период 1981-2013 на основе рядов сезонных и годовых аномалий отдельных широтных зон и Северного полушария в целом для тропосферы и нижней стратосферы соответственно. Как следует из таблицы 10.4, статистически значимая тенденция потепления не наблюдается для зимнего сезона как для отдельных тридцатиградусных широтных зон, так и для Северного полушария в целом. В определенной степени это объясняется недавними аномально холодными зимами сезонов 2010-2011 и 2011-2012 годов. Также не наблюдается статистически значимая тенденция потепления в диапазоне широт от 0 до 30°с.ш. для остальных трех сезонов года и для года в целом. Для весеннего сезона в высоких широтах небольшой положительный тренд оказался также не значимым статистически. Для остальных широтных зон и для Северного полушария в целом, в весенний, летний и осенний периоды имеют место статистически значимые положительные тренды, которые и определяют для этих трех сезонов значимый положительный тренд для Северного полушария в целом (от 0.10 для весны до 0.16 для осени, °C/10 лет). Структура распределения трендов, представленная в таблице 10.4,

качественно близка аналогичной структуре для рядов, заканчивавшихся 2012 годом и содержащейся в предыдущем Докладе.

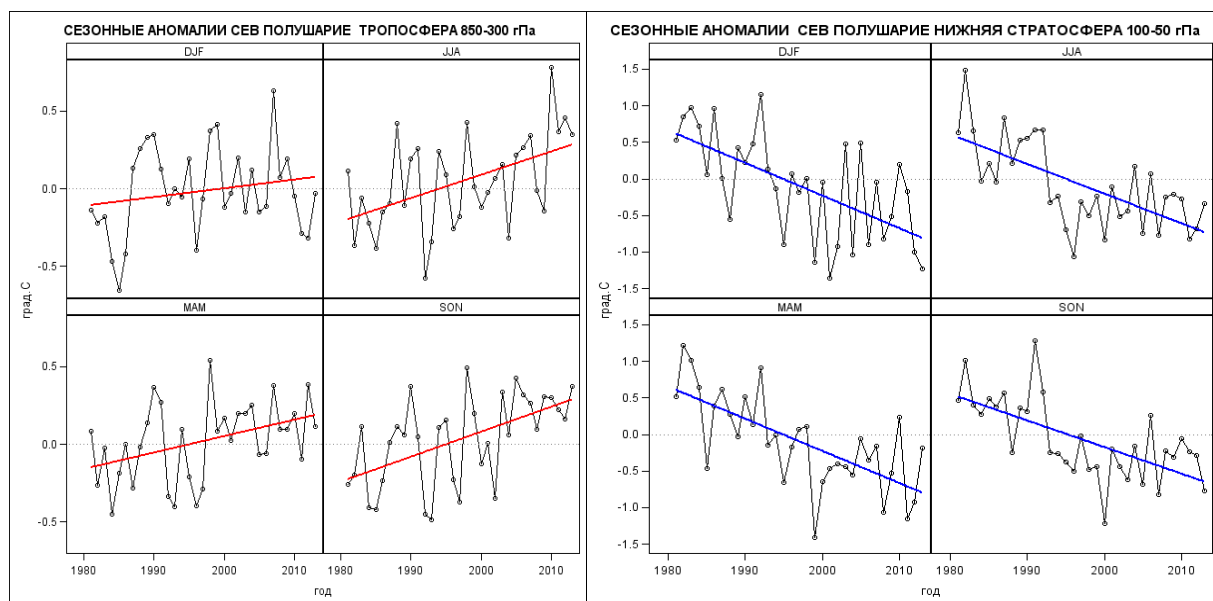


Рисунок 10.3 - Ряды сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1981-2013 г. Левая панель – тропосфера (850-300 гПа), правая панель – нижняя стратосфера (100-50 гПа). Линии трендов построены методом наименьших квадратов для тропосферы (красный цвет) и нижней стратосферы (синий цвет). Обозначения сезонов по аналогии с рис. 10.2.

Для нижней стратосферы очевидное статистически значимое похолодание имеет место для всех осуществленных вариантов оценки тренда, за исключением зимнего сезона в высоких широтах. Положительный знак аномалии в нижней стратосфере высоких широт зимой не только повлиял на знак зимнего тренда, но и привел к тому, что отрицательный тренд среднегодовых температур для высоких широт перестал быть значимым. В Северном полушарии скорость стратосферного похолодания составляла от $-0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет для зимы до $-0.36^{\circ}\text{C}/10$ лет для осени, а для рядов по году в целом составила $-0.41^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Таблица 10.4 – Оценки линейного тренда температуры в тропосфере (1981-2013 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, статистически значимо отличные от нуля с вероятностью не менее 0,95

ТРОПОСФЕРА								
СЕЗОН	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>
ЗИМА	0.14	16	0.00	0	0.10	7	0.05	4
ВЕСНА	0.03	1	0.13	18	0.13	9	0.10	16
ЛЕТО	-0.01	1	0.22	31	0.26	28	0.14	22
ОСЕНЬ	0.04	2	0.21	30	0.24	24	0.16	29
ГОД	0.05	4	0.14	29	0.18	28	0.11	24

Таблица 10.5 - Оценки линейного тренда температуры в нижней стратосфере (1981-2013 гг.)

b – значения сезонного или годового тренда, (C/10 лет)

D – объясненная линейным трендом доля общей дисперсии ряда, в %.

Жирным курсивом выделены значения трендов, статистически значимо отличные от нуля с вероятностью не менее 0,95

НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА								
СЕЗОН	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>D</i>
ЗИМА	-0.65	40	-0.44	26	0.24	2	-0.45	38
ВЕСНА	-0.47	37	-0.41	35	-0.52	17	-0.44	49
ЛЕТО	-0.41	30	-0.42	43	-0.26	32	-0.41	44
ОСЕНЬ	-0.42	22	-0.36	43	-0.24	32	-0.36	42
ГОД	-0.48	48	-0.40	56	-0.22	11	-0.41	60

Выводы. В зоне низких широт (0-30 с.ш.) зима 2012-2013 г в тропосфере оказалась одной из рекордно теплых за все зимние сезоны (аномалия составила плюс 0.64° C, такая же высокая положительная аномалия наблюдалась в этой зоне в 1988 г). В умеренных широтах зима в тропосфере характеризовалась отрицательной аномалией, чему способствовали не только отрицательные аномалии температуры февраля 2013 г, но и особенно декабря 2012 г. В весенний сезон в высоких широтах Северного полушария наблюдалась значительная отрицательная тропосферная температурная аномалия, что определялось холодными условиями марта.

Тенденция похолодания в нижней стратосфере продолжилась в 2013 году. Это имело место для подавляющего большинства рассмотренных широтных зон и сезонов, для которых нижняя стратосфера оказалась в 2013 году аномально холодной. Самым заметным событием 2013 года для мониторинга температуры нижней стратосферы стало внезапное стратосферное потепление (ВСП) высоких широт, которое и предопределило положительный знак зимней аномалии высоких широт. Рекордной среди зимних положительных аномалий высоких широт эта аномалия не стала. Более того, для нижней стратосферы полушария в целом зима 2012-2013 г имела отрицательную аномалию благодаря отрицательным аномалиям низких и умеренных широт, причем она оказалась второй из самых холодных.

Структура климатических трендов температуры, исследованных за период с 1981 г по 2013 г, подтверждает тенденции потепления в тропосфере и тенденции значительного похолодания в нижней стратосфере. Добавление оценок аномалий за 2013 г к соответствующим рядам не привело ко сколь-нибудь значительным качественным изменениям оценок трендов, хотя имевшее место зимой явление внезапного стратосферного потепления (ВСП) несколько увеличило сезонный тренд для высоких широт и повлияло на значимость годового тренда высоких широт.

11. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Одним из существенных факторов воздействия на изменения (потепление) климата являются наблюдаемые за последнее столетие изменения (рост) содержания парниковых газов (двуокись углерода CO_2 , метан CH_4 , закись азота N_2O , хлорфторуглеводороды и др.) в атмосфере, значительная часть объема эмиссии которых в атмосферу обусловлена антропогенной деятельностью.

Для оценки возможных изменений климата, связанных с ростом концентрации парниковых газов (ПГ) в атмосфере, необходима информация как о современном состоянии их уровня содержания в атмосфере, так и о тенденциях изменений концентрации в региональном и глобальном масштабах. К настоящему времени в мире созданы национальные и международные системы мониторинга парниковых газов, результаты наблюдений которых используются для оценки и прогнозирования климатических изменений, разработки мер по нормированию антропогенных выбросов парниковых газов с целью стабилизации уровня содержания парниковых газов в атмосфере, оптимизации их воздействия на климатическую систему.

В настоящее время сеть мониторинга парниковых газов Росгидромета состоит из 5 станций (4 из которых выполняют функции пунктов отбора проб воздуха в приземном слое атмосферы): две станции, расположенные на Кольском полуострове, побережье Баренцева моря – «Териберка» и в республике Саха (Арктическое побережье, море Лаптевых) - «Тикси», обеспечивают получение данных о фоновом содержании диоксида углерода и метана в приполярной зоне (измерения содержания ПГ в пробах воздуха приземного слоя атмосферы выполняется в лаборатории ФГБУ «ГГО»).

2 станции, расположенные на полуострове Ямал, берег Обской губы – «Новый Порт» (измерения содержания CO_2 и CH_4 в пробах воздуха выполняется в ФГБУ «ГГО») и в Приокско-Террасном биосферном заповеднике (измерения концентрации CH_4 и CO_2 в пробах проводится в лаборатории ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»), подвержены эпизодическому влиянию региональных антропогенных источников. Непрерывные измерения концентрации CO_2 и CH_4 в приземном слое атмосферы выполняются на станции мониторинга «Обнинск» ФГБУ НПО «Тайфун».

Анализ данных измерений и оценка изменений и изменчивости в приземном слое атмосферы концентраций CO_2 и CH_4 , являющихся приоритетными парниковыми газами, выполнены на основе данных, полученных для районов расположения каждой из указанных станций с привлечением информации информации из международных источников.

Географическое расположение станций мониторинга, программа и период наблюдений представлены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 - Географическое расположение станций мониторинга и период наблюдений ПГ

Станция	Широта (северная)	Долгота (восточная)	Период наблюдений	Программа наблюдений
Обнинск	55°11'	36° 57'59'	1998-2013	CO_2 , CH_4
Приокско- Террасный заповедник (ПТЗ)	54°54'	37°48'	2006-2013	CH_4 , CO_2 с 2012г.
Териберка	69°12'	35°06'	1988-2013	CO_2 CH_4 с1996 г.
Новый порт	67°41'	72° 53'	с 2002	CO_2 , CH_4
Тикси	71°35'	128°55'	с 2011	CO_2 , CH_4

Результаты измерений и анализ изменчивости и изменений концентрации метана и двуокиси углерода в северных районах РФ

Использованы результаты измерений концентрации метана и двуокиси углерода в приземном слое атмосферы на трех станциях мониторинга: Териберка, Тикси и Новый Порт: последняя находится в районе крупномасштабных антропогенных (газовые месторождения Западной Сибири) и естественных (увлажненные территории, естественные арктические резервуары метана) источников парниковых газов. Измерения CO_2 и CH_4 на северных станциях РФ выполняются путем отбора проб воздуха и последующего их анализа в газоаналитической лаборатории ФГБУ «ГГО». Высокие точности измерений подтверждены результатами международных сравнений. Для сравнительной оценки данных, получаемых на указанных станциях, привлечены данные глобальной станции мониторинга программы Глобальной службы атмосферы ВМО (ГСА ВМО) – м. Барроу (США), расположенной в том же арктическом широтном поясе (71.32° с.ш., 156.6° з.д.). Результаты измерений за последние 11 лет представлены в таблице 11.2.

Таблица 11.2 - Среднегодовые значения и межгодовой рост (Δ) концентрации CO_2 и CH_4 на станциях Териберка, Новый Порт и Тикси

Год	Териберка		Новый Порт		Тикси		Териберка		Новый Порт		Тикси	
	CO_2 , млн ⁻¹	ΔCO_2 , млн ⁻¹	CO_2 , млн ⁻¹	ΔCO_2 , млн ⁻¹	CO_2 , млн ⁻¹	ΔCO_2 , млн ⁻¹	CH_4 , млрд ⁻¹	ΔCH_4 , млрд ⁻¹	CH_4 , млрд ⁻¹	ΔCH_4 , млрд ⁻¹	CH_4 , млрд ⁻¹	ΔCH_4 , млрд ⁻¹
2003	377.7	2.1					1879.2	16.7				
2004	379.2	1.5	381.6				1871.7	-7.5	1933.4			
2005	381.6	2.4	387.1	5.5			1870.7	-1.0	1957.0	23.6		
2006	384.8	3.1	388.6	1.5			1871.3	0.5	1973.4	16.4		
2007	385.0	0.3	391.8	3.2			1877.3	6.0	1973.6	0.2		
2008	388.1	3.1	393.3	1.5			1894.9	17.6	1980.5	6.9		
2009	390.1	2.1	395.8	2.5			1905.0	10.1	2004.6	24.1		
2010	392.3	2.1	397.2	1.4			1906.1	1.1	1974.7	-30.0		
2011	394.1	1.8	399.9	2.7	394.2		1906.8	0.8	1954.6	-20.1	1913.2	
2012	396.4	2.4	399.9	-0.1	396.0	1.8	1910.8	4.0	1970.3	15.7	1913.2	0.0
2013	398.9	2.5	400.3*	0.4	398.4*	2.4	1909.7	-1.1	1952.3*	-18.0	1913.6*	0.4

Для удаленных станций (Новый Порт и Тикси) среднегодовые значения 2013г. (помечены в таблицах *) получены за 11 месяцев года.

Изменчивость концентрации двуокиси углерода в приземном слое атмосферы. Анализ данных измерений, выполненных на станции ГСА Териберка, свидетельствует о тенденциях роста концентрации CO_2 в северных широтах РФ (рис. 11.1)

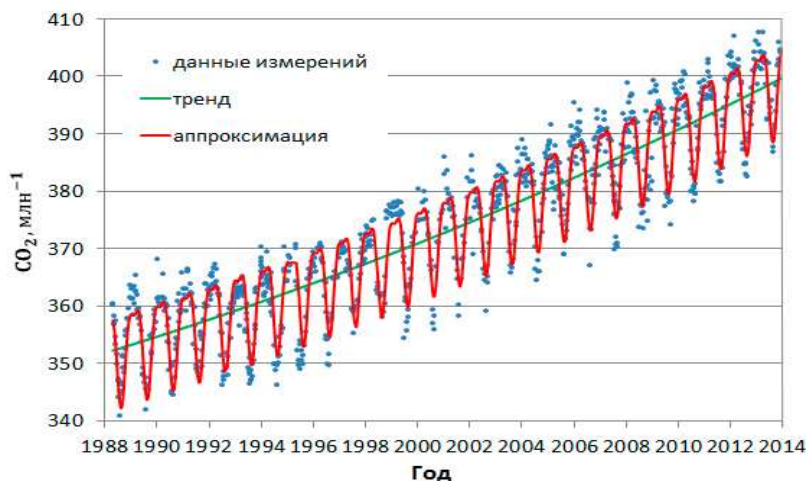


Рисунок 11.1 - Тенденция изменений концентрации CO_2 на станции Териберка за весь период выполняемых наблюдений.

Уровень концентрации CO_2 в атмосфере северных широт достиг в 2013г. нового максимума. Среднегодовое значение превысило величину 398 млн^{-1} . Рост CO_2 от 2012 к 2013 г. по данным российских фоновых станций составил $2.4\text{-}2.5 \text{ млн}^{-1}$. Межгодовой рост концентрации CO_2 с 2002г. представлен на рис. 10.2а в сравнении с данными станции ГСА Барроу.

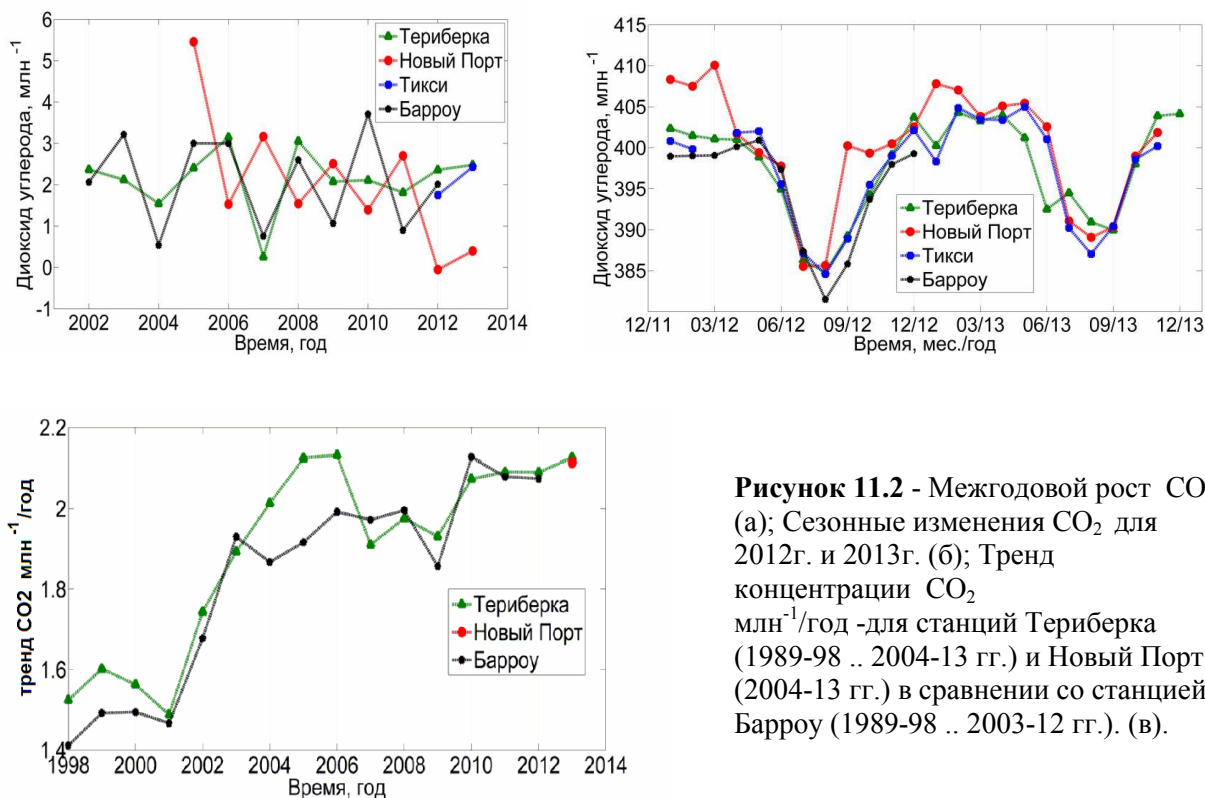


Рисунок 11.2 - Межгодовой рост CO_2 (а); Сезонные изменения CO_2 для 2012г. и 2013г. (б); Тренд концентрации CO_2 $\text{млн}^{-1}/\text{год}$ -для станций Териберка (1989-98 .. 2004-13 гг.) и Новый Порт (2004-13 гг.) в сравнении со станцией Барроу (1989-98 .. 2003-12 гг.). (в).

Изменчивость концентрации CO_2 от года к году по результатам измерений на станции Териберка по основным особенностям подобна получаемой на станции Барроу. На станции Новый Порт, где существуют региональные источники, увеличение и уменьшение скорости роста CO_2 отличается по фазе по отношению к фоновым условиям. Последние 5 лет по данным станции Териберка межгодовой рост меняется в пределах $1.8\text{-}2.5 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$, что соответствует данным станции Тикси для последних двух лет измерений.

Сезонный ход концентрации CO_2 приведен для двух лет для обеспечения возможности сравнения с данными станции Барроу в 2012 г. Сравнение данных, представленных на рис. 11.2б, показывает относительную близость результатов наблюдений на станциях Териберка и Тикси и существенные их отличия от данных наблюдений на станции Новый Порт, подверженной влиянию региональных источников, что приводит к эпизодическому возрастанию концентрации. Превышение концентрации CO_2 по отношению к данным станции Барроу, наблюдается для всех станций и составляет в среднем за период наблюдений 0.1% , 0.3% и 1.4% для станций Териберка, Тикси и Новый Порт соответственно.

Оценка тренда концентрации CO_2 по скользящим десятилетиям (рис. 11.2в) выполнена по данным станции Териберка за 1989 – 2013 гг., а также для станции Новый порт по периоду наблюдений с 2004 г. по 2013 г. Значения многолетнего тренда близки для всех станций, включая станцию Новый Порт. Величина тренда концентрации CO_2 в начале века возросла до значения $2 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$. С 2010 г. тренд остается равным $2.1 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$ для всех рассмотренных станций в северных районах.

Изменчивость концентрации метана в приземном слое атмосферы.

Концентрация CH_4 в северных широтах РФ с 2009г. остается достаточно стабильной (рис. 11.3а). После наметившегося в глобальном масштабе роста концентрации метана в 2008г. опять наступил период стабилизации его уровня. Значения среднегодовой концентрации метана на станции Териберка колеблется в пределах $1905\text{--}1911\text{ млрд}^{-1}$, а на станции Тикси остается равной 1913 млрд^{-1} в течение трех лет наблюдений. Рост концентрации метана за 2012-13гг. отсутствует.

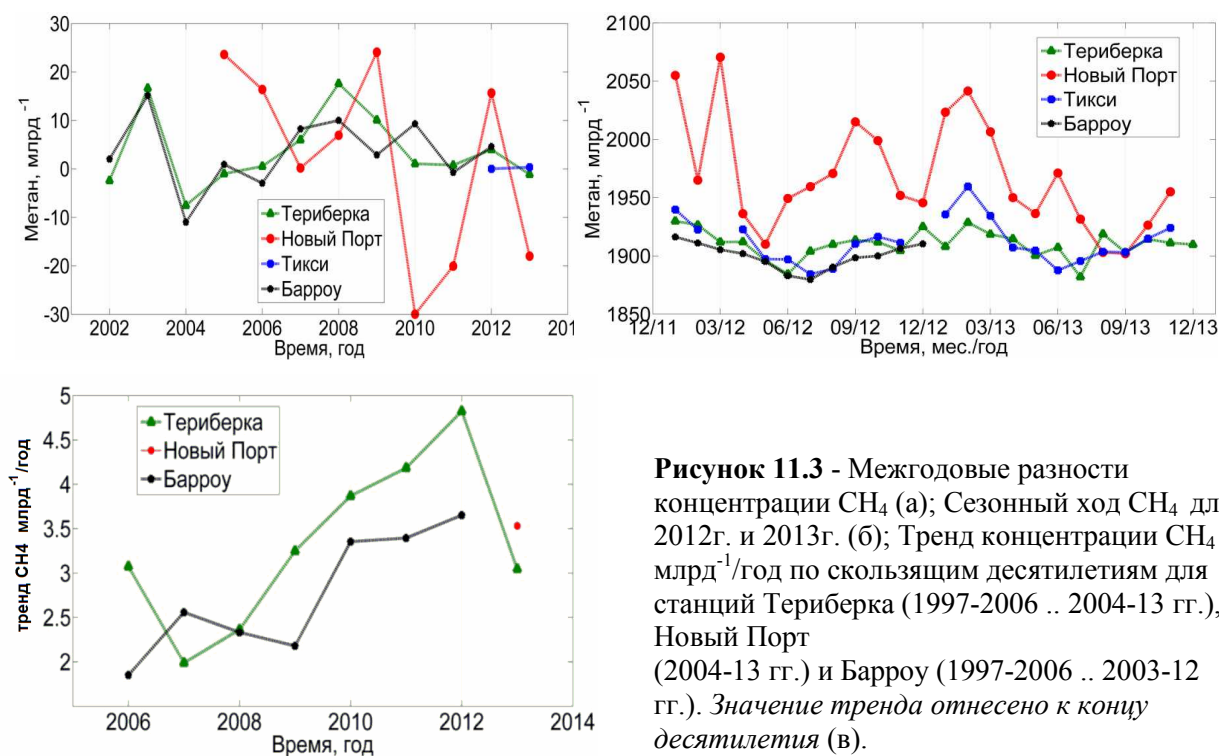


Рисунок 11.3 - Межгодовые разности концентрации CH_4 (а); Сезонный ход CH_4 для 2012г. и 2013г. (б); Тренд концентрации CH_4 $\text{млрд}^{-1}/\text{год}$ по скользящим десятилетиям для станций Териберка (1997-2006 .. 2004-13 гг.), Новый Порт (2004-13 гг.) и Барроу (1997-2006 .. 2003-12 гг.). Значение тренда отнесено к концу десятилетия (в).

Особенности межгодовой изменчивости CH_4 на станции Териберка согласуются с наблюдаемыми и в глобальном масштабе. На станции Новый Порт, где региональные источники могут влиять на уровень концентрации в разной степени (в зависимости от метеорологических и других условий), межгодовая изменчивость метана отлична от получаемой на фоновых станциях.

Сезонный ход концентрации метана (рис. 11.3б) на фоновых Российских станциях подобен наблюдаемому на станции Барроу и других станциях, расположенных в арктических широтах. Превышение концентрации CH_4 в арктической зоне РФ по отношению к данным станции Барроу составляет в среднем за период наблюдений 0.4%, 0.9% и 4.7% для станций Териберка, Тикси и Новый Порт соответственно. На станции Новый порт влияние региональных источников метана приводит к повышенному избытку CH_4 , существенно большей изменчивости концентрации и амплитуде сезонного хода.

Значения тренда CH_4 , по десятилетним периодам (рис. 11.3в) не превышают $5\text{ млрд}^{-1}/\text{год}$, имеют тенденцию к росту с 2008г. по 2012г., что обусловлено глобальным ростом концентрации CH_4 в 2008г. В 2013г. тренд составляет $3.0\text{--}3.5\text{ млрд}^{-1}/\text{год}$ по данным российских станций.

Результаты измерений, изменчивость и тенденции концентраций CO_2 и CH_4 по данным измерений на станции мониторинга Обнинск.

С 1998 года в Обнинске (55.10° с.ш., 36.90° в.д., высота 186 м над уровнем моря) была подготовлена аппаратура и начались измерения концентрации CO_2 и CH_4 в пробах приземного воздуха.

Метан. Результаты измерений приземных концентраций метана в 2013 г. (среднемесячные значения) показаны на рис. 11.4а. Указанная на рисунках погрешность среднемесячных значений соответствует 95% доверительному интервалу. Несмотря на относительно низкую химическую активность, метан участвует в окислительных атмосферных процессах, таких, например, как химические реакции с гидроксидом. Наличие инфракрасных полос поглощения обуславливают роль метана как парникового газа. Сезонные колебания концентрации метана в приземном слое атмосферы могут объясняться возрастанием концентрации радикала гидроксила летом и ростом антропогенных источников метана в холодный период года. В целом за период наблюдений минимальные концентрации метана на ст. Обнинск наблюдаются летом, максимальные – зимой.

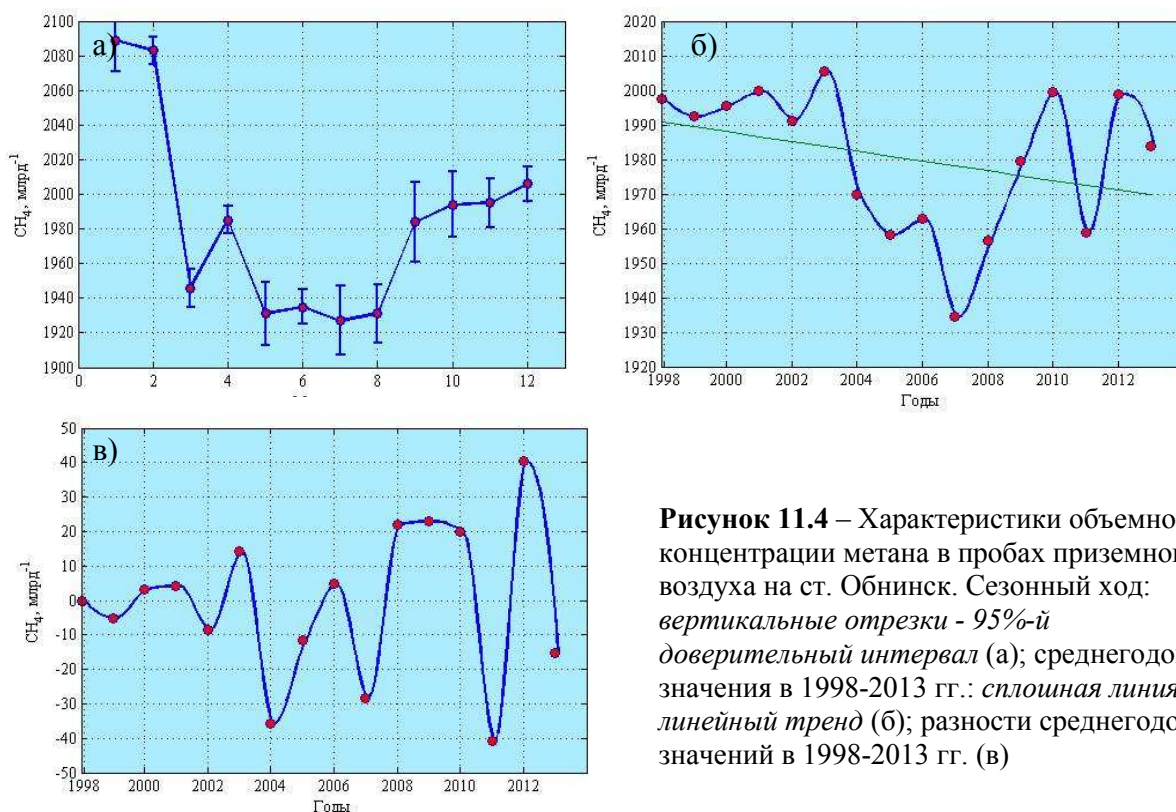


Рисунок 11.4 – Характеристики объемной концентрации метана в пробах приземного воздуха на ст. Обнинск. Сезонный ход: *вертикальные отрезки - 95%-й доверительный интервал (а); среднегодовые значения в 1998-2013 гг.: сплошная линия – линейный тренд (б); разности среднегодовых значений в 1998-2013 гг. (в)*

Среднее значение концентрации метана в 2013 г. составило $1984 \pm 56 \text{ млрд}^{-1}$.

Амплитуда годовой гармоники в среднем составляет около 47 млрд^{-1} . Следует отметить, что анализ линейных трендов для отдельных месяцев показал, что рост концентрации метана на ст. Обнинск в основном происходит в январе-феврале. Динамика вариаций концентрации метана в 1998-2013 гг. представлена на рис. 10.4б а на рис. 11.4в приведены разности среднегодовых значений от года к году за весь период наблюдений.

Средняя концентрация метана за весь период измерений равна $(1980 \pm 21) \text{ млрд}^{-1}$. В период с 1998 года по 2007 год концентрация метана падала, что обусловило отрицательную величину линейного тренда за период весь период измерений с 1998 по 2013 гг., равную $(-1.4 \pm 1.1) \text{ млрд}^{-1}$ в год. Замедление роста концентрации метана наблюдалось в период с 2000 по 2006 годы и на сети станций ГСА ВМО. Начиная с 2007 года, амплитуда межгодовых колебаний, а также среднегодовые значения концентрации метана по данным измерений в Обнинске увеличивались. Наибольшие концентрации метана наблюдались в Обнинске в 2012 году, что вероятно связано с влиянием местных источников.

Спектральный анализ показал, что за период измерений основные и достаточно стабильные длиннопериодные вариации метана определялись колебаниями с периодами 40-50 и 130 мес.

Двуокись углерода. Результаты измерений приземных концентраций двуокиси углерода в 2013 г. (среднемесячные значения) приведены на рис. 11.5а. Указанная на рисунках погрешность среднемесячных значений соответствует 95% доверительному интервалу.

Среднее значение концентрации двуокиси углерода в 2013 г. составило 404 ± 10 млн⁻¹.

Сезонные вариации - изменения концентрации CO₂ в течение года, в основном, отражают сезонные изменения обмена двуокисью углерода между наземной растительностью и атмосферой. Минимальные концентрации двуокиси углерода наблюдаются весной и летом, максимальные – зимой. Максимальные значения двуокиси углерода в зимнее время в последние два года превысили 410 млн⁻¹. Амплитуда годовой гармоники для CO₂ в среднем за весь период измерений составляет 13 млн⁻¹.

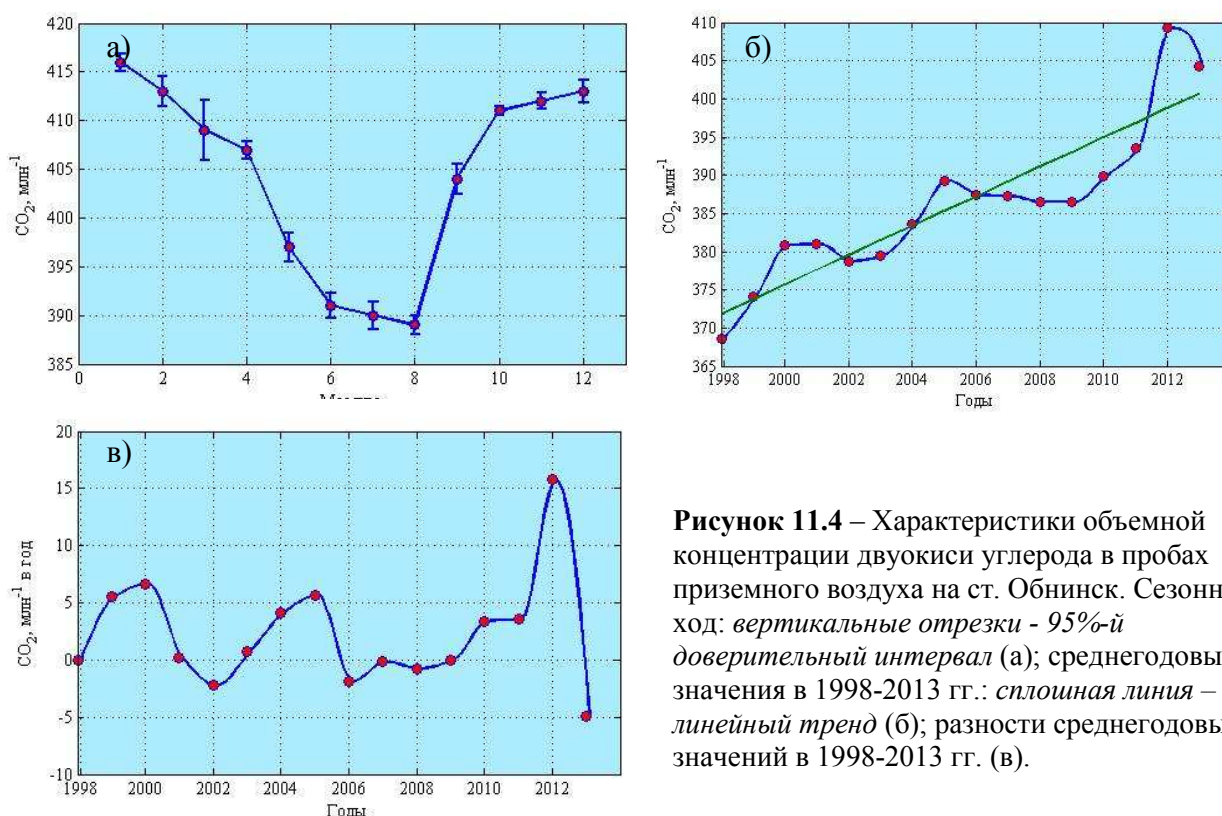


Рисунок 11.4 – Характеристики объемной концентрации двуокиси углерода в пробах приземного воздуха на ст. Обнинск. Сезонный ход: вертикальные отрезки - 95%-й доверительный интервал (а); среднегодовые значения в 1998-2013 гг.: сплошная линия – линейный тренд (б); разности среднегодовых значений в 1998-2013 гг. (в).

Динамика вариаций концентрации двуокиси углерода в 1998-2013 гг. представлена на рис. 11.5б, а на рис. 10.5в приведены разности среднегодовых значений от года к году за весь период наблюдений. За время наблюдений с 1998 по 2013 гг. среднегодовые концентрации CO₂ постоянно возрастали, а значение положительного тренда составило 1.9 ± 0.5 млн⁻¹ в год. Это значение совпадает с данными ВМО, по которым скорость роста глобальной концентрации двуокиси углерода за последнее десятилетие составляет 2 млн⁻¹ в год. По данным станции Обнинск особенно заметен рост CO₂ в период после 2010 г. Наибольшие среднегодовые концентрации двуокиси углерода наблюдались в Обнинске в 2012 году, что вероятно связано с влиянием местных источников. В целом за период наблюдений концентрация CO₂ выросла на 33 млн⁻¹.

Спектральный анализ данных показал, что за период измерений в спектральном составе долгопериодных временных вариаций двуокиси углерода наиболее заметно колебание с периодом 70 мес., а также колебания с периодами около 46 и 130-140 мес.

Результаты измерений, изменчивость и тенденции изменений концентраций двуокиси углерода и метана в приземном слое атмосферы на станции мониторинга в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике

Результаты измерений сезонной изменчивости CO_2 (млн^{-1}) и CH_4 (млрд^{-1}) в 2013г. приведены на рис. 11.6. Для сравнения особенностей сезонных изменений на рисунке приведены также данные измерений ПГ, наблюдаемые на станции мониторинга Обнинск.

Сравнительный анализ данных наблюдений, выполняемых на станциях, расположенных в средних широтах ЕЧР, свидетельствует о достаточно удовлетворительном соответствии результатов измерений метана как по характеру сезонных изменений, так и по уровню значений концентрации.

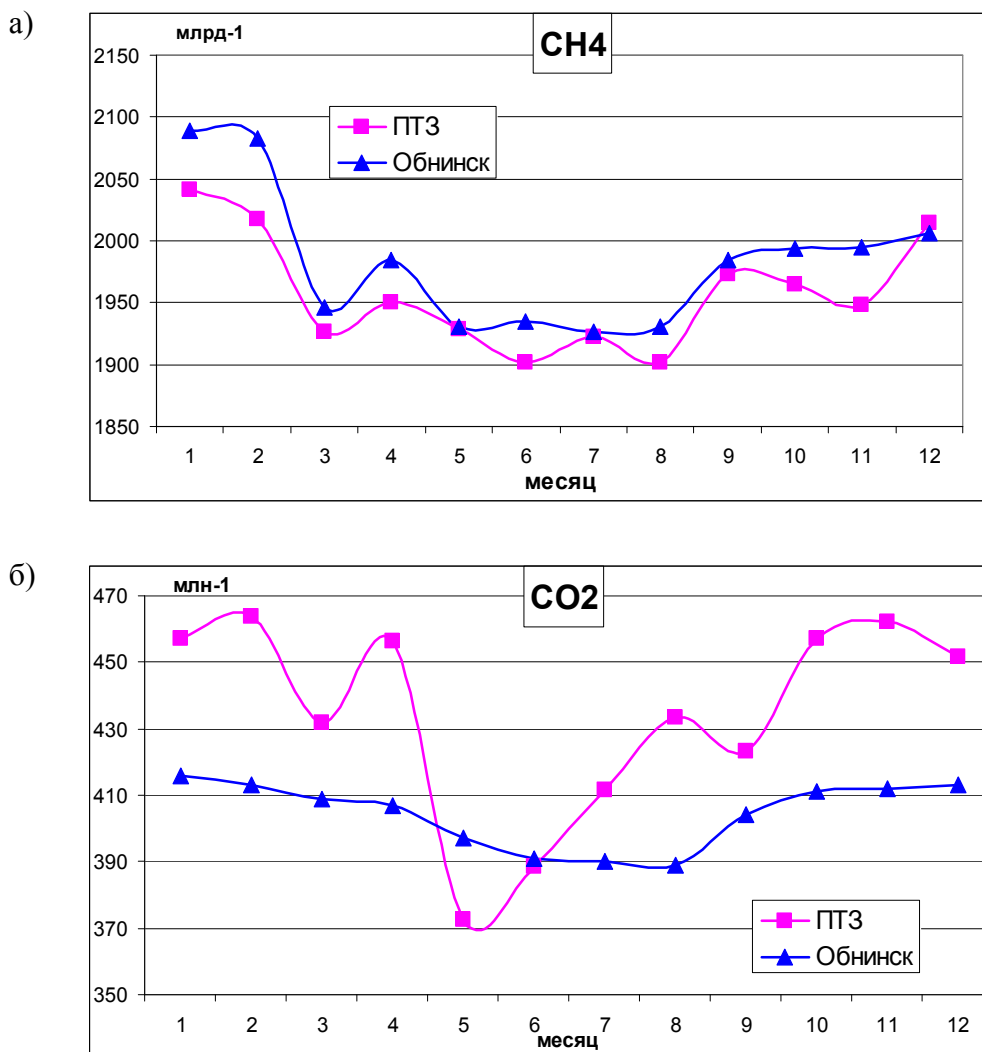


Рисунок 11.6 - Сезонные изменения концентраций метана (а) и углекислого газа (б) в приземном воздухе по данным станций ПТЗ и Обнинск.

Минимальные концентрации метана регистрируются в весенне-летний период года, максимальные значения его уровня концентраций наблюдаются в осенне-зимний сезон. Подобный вид сезонной изменчивости метана наблюдается и на станциях глобального мониторинга ГСА ВМО, расположенных в средних широтах Северного полушария.

Подобный вид сезонной изменчивости наблюдается и для диоксида углерода (рис. 11.6б), однако, в отличие от сравнительных данных измерений метана, выполняемых на двух станциях мониторинга, на станции ПТЗ уровень концентрации CO_2 и величина амплитуды изменений в приземном воздухе между осенне-зимним и летним сезоном

превышает соответствующие величин, наблюдаемые на станции Обнинск, что свидетельствует о более значительном влиянии региональных антропогенных источников на уровень CO_2 . В целом, вид сезонных изменений CO_2 в приземном слое атмосферы на станциях ПТЗ и Обнинск подобен соответствующим изменениям, регистрируемых на станциях ГСА ВМО, расположенных в средних широтах Северного полушария.

Межгодовые разности средних годовых концентраций метана в приземном слое атмосферы для станции мониторинга ПТЗ приведены на рис. 11.7.

Результаты измерений метана свидетельствуют о значительной по своей величине амплитуде изменений межгодовых разностей его средних годовых концентраций в приземном слое атмосферы. Наиболее значительные изменения наблюдались между 2008-2009, 2010-2011 и 2011-2012 гг. В период 2012-2013 гг. содержание метана в воздухе было достаточно стабильным по сравнению предыдущим периодом измерений.

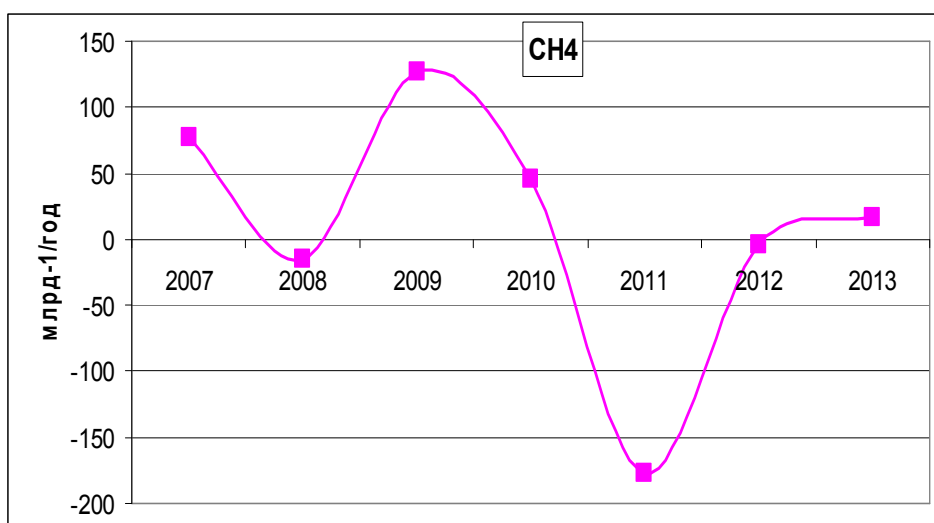


Рисунок 11.7 - Межгодовые разности концентрации CH_4 в воздухе на станции ПТЗ

Данные наблюдений метана за весь период его измерений на ПТЗ (2006-2013 годы) и линейная аппроксимация (тренд) за указанный период приведены на рис. 11.8. Следует выделить период 2009-2010 гг., характеризующийся влиянием крупномасштабных лесных и торфяных пожаров на содержание метана в атмосфере в районе размещения станции мониторинга ПТЗ. Подобный рост концентрации метана в воздухе в 2009 -2010 годах наблюдался и на станции Обнинск.

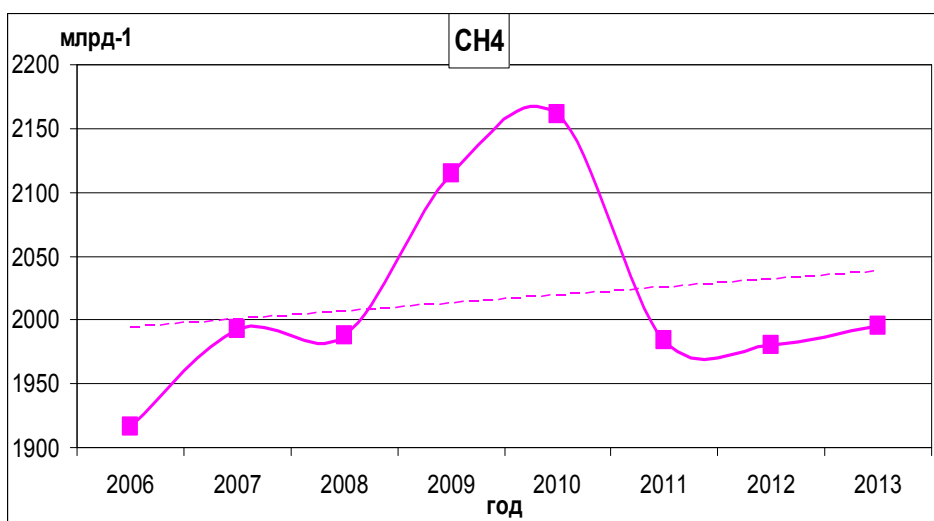


Рисунок 11.8 - Изменения концентрации CH_4 в воздухе за период наблюдений на станции ПТЗ. Пунктирная линия – линейный тренд.

Согласно приведённым на рис. 11.8 данным, концентрация метана в воздухе в 2013 году составляла 2000 млрд⁻¹. Рост концентрации метана за период 2006 – 2013 годов (линейный тренд) составил 5.2 млрд⁻¹/год. Сравнение скорости роста с опубликованными данными Мирового центра данных за период 2001-2011 гг. свидетельствует о более низкой по своей величине глобальной скорости роста метана в средних широтах (3.2 млрд⁻¹/год) по сравнению с соответствующим значением для района станции в ПТЗ (5.1 млрд⁻¹/год за 2006 – 2011 годы).

Выводы. Уровень концентрации CO₂ в атмосфере в фоновых районах северных широт в 2013 г. превысил соответствующие значения для 2012 г на 2.4-2.5 млн⁻¹. В районах размещения станций Новый Порт (п-ов Ямал), станции Обнинск и Приокско-Террасного биосферного заповедника регистрировалось уменьшение содержания CO₂, что может быть обусловлено изменениями динамики атмосферного переноса диоксида углерода от региональных источников и процессов его дальнего переноса в районы указанных станций мониторинга. Согласно данным из международных источников, уровень фоновое содержание CO₂ достиг в 2013 г. нового максимума. Среднегодовое значение диоксида углерода превысило 398 млн⁻¹. Рост CO₂ в 2013 г. по данным двух российских фоновых станций составил 2.4-2.5 млн⁻¹. По данным станции Териберка за последний десятилетний период концентрация CO₂ увеличилась на 5.7% (21 млн⁻¹). В целом, за весь период наблюдений, выполняемых на российских станциях мониторинга парниковых газов, регистрируется рост концентрации диоксида углерода, что совпадает с тенденцией глобальных изменений.

Данные анализа изменчивости средних месячных значений уровня содержания CO₂ в воздухе в течение года свидетельствуют о выраженных сезонных изменениях диоксида углерода для всех станций мониторинга. Наиболее высокие концентрации CO₂ регистрируются в осенне- зимний сезон, минимальные – в весенне-летний период. Наблюдаемый характер сезонной изменчивости соответствует мировым данным для Северного полушария. Наиболее высокая амплитуда сезонных изменений регистрируется в районах станций, подверженных влиянию антропогенных источников диоксида углерода.

Концентрация метана в 2013 г. уменьшилась по сравнению с уровнем 2012 г. в районах расположения станций Териберка и Обнинск, рост концентрации метана в атмосфере наблюдался на станции Приокско-Террасного биосферного заповедника. Согласно данным из международных источников, рост глобально осреднённой концентрации метана после достижения очередного максимума концентрации (1819 млрд⁻¹) в 2012 году в 2013 г. уменьшился.

Для станций мониторинга Териберка, Новый Порт, Приокско-Террасный биосферный заповедник наблюдается рост концентрации метана за периоды проведения наблюдений метана. На станции Обнинск за период 1998-2013 гг. прослеживается общая тенденция уменьшения уровня концентрации метана. Рост концентрации CH₄ в северных широтах РФ (ст. Териберка) за последнее десятилетие составил 1.6 % (31 млрд⁻¹); с 2009 г. концентрация остается практически неизменной.

Характерной особенностью сезонной изменчивости концентрации метана в приземном слое атмосферы континентальных районов является максимум в осенне-зимний период и минимум в весенне-летний сезон. По данным, полученным для станции Териберка, Обнинск и Приокско-Террасный биосферный заповедник амплитуды сезонных изменений метана составляли в 2013 г. 41, 145 и 140 млрд⁻¹, соответственно.

12. ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ

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

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

В целом за 2013 г. поле отклонений среднегодовых значений ОСО от нормы (рис. 12.1), в основном, слабое положительное в ЕЧР и слабое отрицательное в АЧР. Особенностью 2013 г. является практически отсутствие крупных аномалий ОСО в весенний период, что редко наблюдалось в последние 25 лет. Отклонения среднегодовых значений ОСО от нормы для всех анализируемых станций лежат в интервале от -5 до +4 %. Наибольший дефицит среднегодового значения ОСО (-5 %) зарегистрирован на станции Большая Елань на юге Сахалина. Максимальное превышение среднегодового значения ОСО над нормой (+4 %) зарегистрировано на станции Оленек на севере Центральной Сибири.

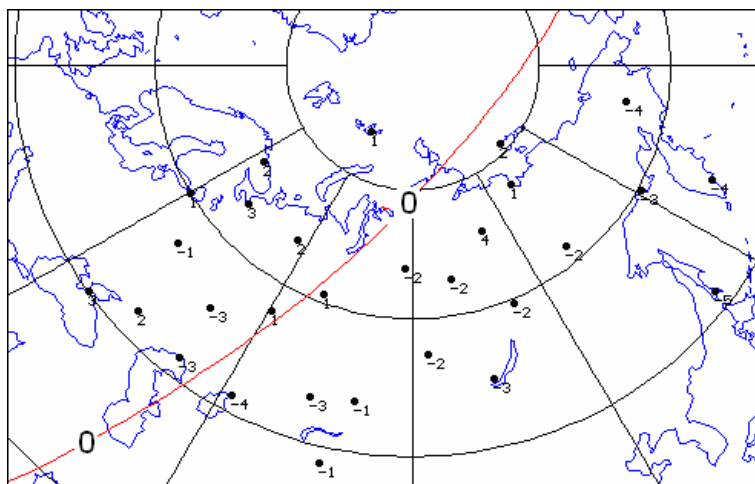


Рисунок 12.1 - Поле отклонений (%) общего содержания озона от многолетних средних в целом за 2013 г. по данным озонметрической сети СНГ.

В течение 2013 года отдельные существенные отклонения ежедневных значений ОСО от нормы отмечались июне, июле, сентябре и октябре:

- 14 и 15 июня пониженные на 18-22 % значения ОСО над Камчаткой и Охотским морем (300-320 ед. Д.).
- с 14 по 16 июля повышенные на 21-26 % значения ОСО над островами Северного Ледовитого океана в районе о. Хейс (386-397 ед. Д.).
- 30 сентября и 1 октября повышенные на 22-26 % значения ОСО над юго-востоком ЕЧР и Уралом (353-372 ед. Д.);
- 3 и 4 октября повышенные на 22-27 % значения ОСО над югом ЕЧР (356-369 ед. Д.).

Наиболее крупные среднемесячные аномалии ОСО обычно наблюдаются в марте, реже в апреле. В 2013 г. над большей частью территории СНГ средние за март аномалии ОСО были незначительными (рис. 12.2). Самая крупная отрицательная аномалия ОСО наблюдалась над югом Западной Сибири и Казахстаном.

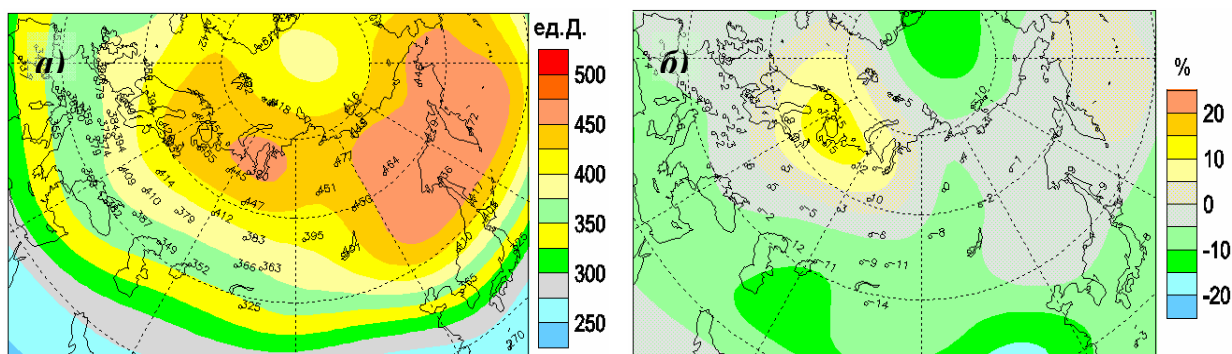


Рисунок 12.2 - Поле общего содержания озона (ед.Д.;верху) в марте 2013 г. (а) и его отклонения (%) от соответствующих средних значений за 1978-1988 гг. (б) по данным WOUDC, Канада

Долговременные изменения ОСО над территорией РФ иллюстрируются ходом среднегодовых значений в отдельных пунктах наблюдений (рис. 12.3). На большинстве российских станций большую часть 2013 г. ОСО было выше, чем в предыдущем году. Ход ОСО в целом над станциями наблюдений в РФ удовлетворительно согласуется со среднезональным ходом ОСО в средних широтах Северного полушария (35–60° с.ш.).

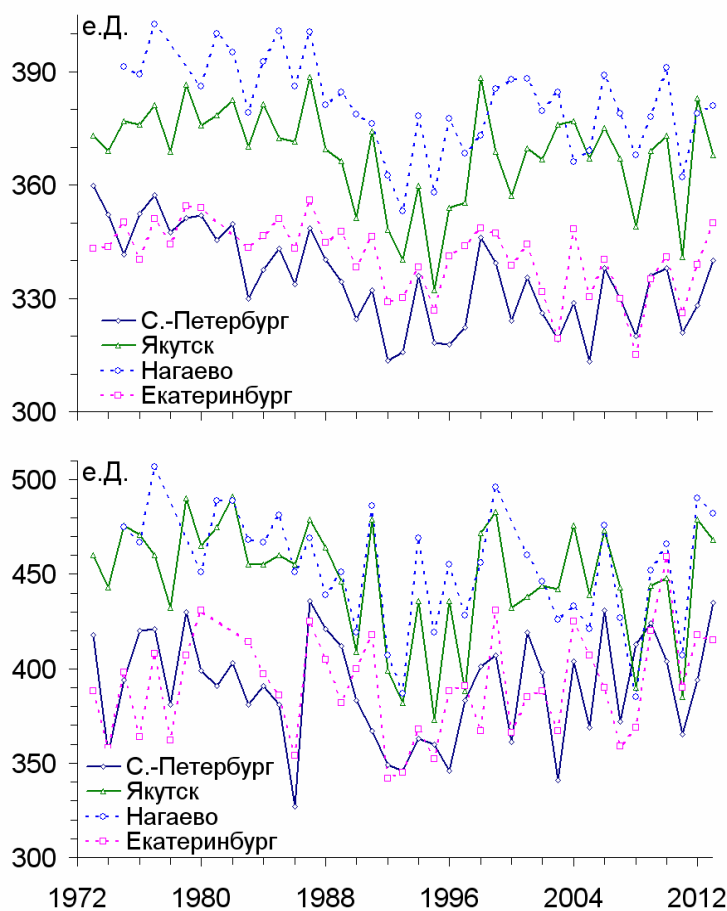


Рисунок 12.3 - Ход среднегодовых (вверху) и средних за март (внизу) значений ОСО в пунктах наблюдений С.-Петербург (60° N, 30° E), Екатеринбург (57° N, 61° E), Якутск (62° N, 130° E), Нагаево (60° N, 151° E).

Как и в последние 30 лет, также имела место весенняя Антарктическая озоновая аномалия (BAOA). Основной объем данных о характеристиках BAOA (максимальная площадь, минимальное значение ОСО в ней и общий дефицит озона за время существования BAOA) получают с помощью наземных озонметрических наблюдений, проводимых, в том числе, РФ, и спутниковых наблюдений. Площадью, занятой BAOA, считают площадь территории, над которой ОСО меньше 220 е.Д.; ее временной ход в 2012 г., по данным NOAA, США, приведен на рис. 12.4.

Особенностями ВАОА 2013 г. является ее позднее начало и очень раннее окончание. Основные характеристики ВАОА 2013 г. заметно уступают рекордным показателям ВАОА, наблюдавшимся в конце 1990-х г.г. Общий дефицит массы озона (который рассчитывается по территории с ОСО, меньшим 220 ед. Д.) в 2013 г. примерно в 5 раз меньше, чем в 2006 г. и в конце 1990-х г.г. Небольшие ВАОА в 2012 и 2013 г.г., по мнению большинства специалистов, не являются свидетельством начала исчезновения ВАОА, поскольку содержание так называемых озоноразрушающих веществ в атмосфере уменьшилось незначительно, но связано с особенностями полушарной циркуляции атмосферы в эти годы. По-видимому, признаки устойчивого уменьшения ВАОА появятся лишь через 10 лет, а практически полного исчезновения ВАОА можно ожидать только через 60 лет. Согласно новейшим исследованиям с помощью климатических моделей, включающих блок фотохимических процессов в атмосфере, за последние 150 лет под совокупным действием антропогенных выбросов хлорфторуглеродов и предшественников тропосферного озона (прежде всего, окислов азота), а также климатических изменений глобальное ОСО изменилось незначительно. Его увеличение произошло в Северном полушарии, особенно заметное в высоких широтах в теплый период года (в основном, за счет предшественников озона), и уменьшение – в Южном полушарии, наиболее значительное в высоких широтах весной и известное как ВАОА (в основном, за счет хлорфторуглеродов).

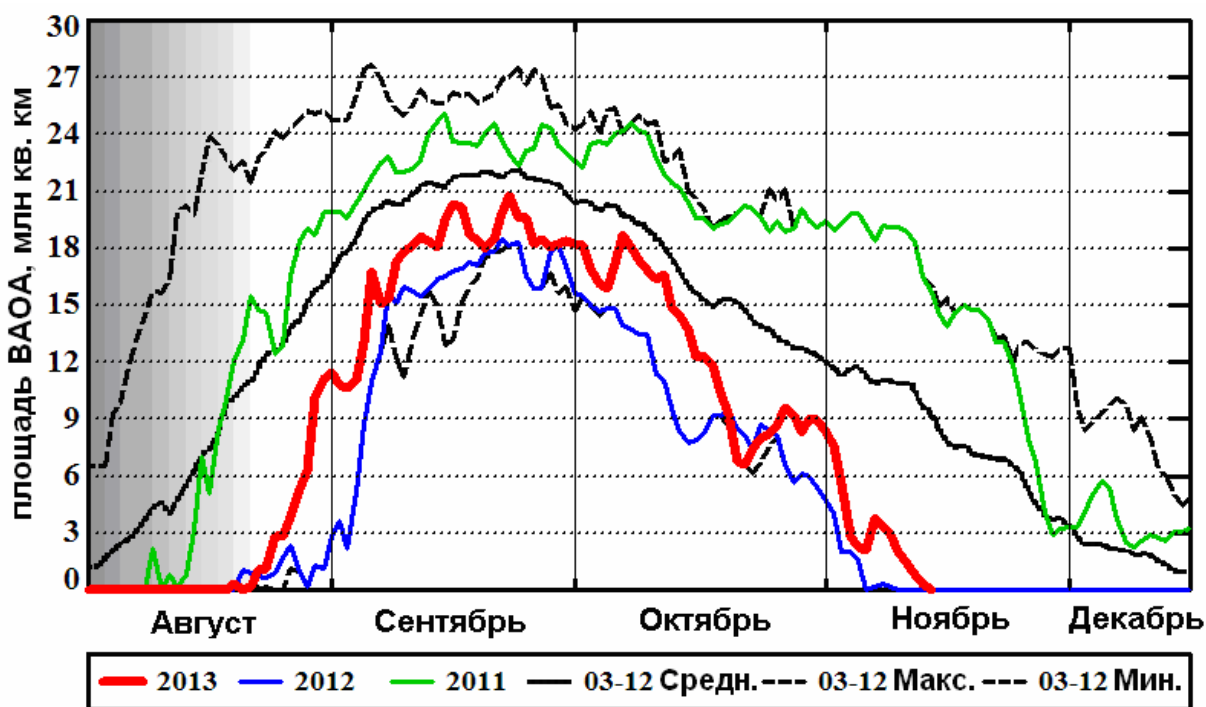


Рисунок 12.4 - Площадь весенней Антарктической озоновой аномалии в различные периоды времени 2013 г. по данным аппаратуры SBUV/2 с сайта NOAA, США (наибольшая ВАОА наблюдалась в 1998 г.; для сравнения для периода 2003-2012 гг. приведены средняя, максимальные и минимальные площади ОСО для каждого календарного дня).

Выводы. Уровень общего содержания озона практически над всей территорией РФ в течение 2013 г. был несколько ниже наблюдаемого в конце 1970-х г.г., но выше, чем в 2012 г. Весенняя аномалия ОСО в умеренных и высоких широтах территории РФ практически отсутствовала, что, по-видимому, указывает на продолжающееся медленное восстановление озонового слоя. Весенние антарктические озоновые аномалии 2012 и 2013 гг. были одними из самых малых за последние 20 лет, однако существенного восстановления озонового слоя здесь следует ожидать не раньше, чем через несколько десятилетий.

ВЫВОДЫ

□ В целом для РФ 2013 год был очень теплым; среднегодовая аномалия температуры составила $+1.52^{\circ}\text{C}$ – шестая величина в ряду наблюдений с 1936 г. На всей территории страны отмечены положительные аномалии среднегодовой температуры воздуха, экстремальные (наблюдающиеся в среднем не чаще 1 раза в 20 лет) аномалии наблюдались на территории ЕЧР, на Алтае, на юге Якутии, на Сахалине.

Основными сезонными особенностями года были очень теплое лето ($+1.29^{\circ}\text{C}$: 5-я по величине аномалия с 1936 г.) и осень ($+1.99^{\circ}\text{C}$: 3-я с 1936 г.). Зима была умеренно холодная (во всех регионах РФ, кроме региона ЕЧР, наблюдались отрицательные аномалии температуры). Весна была умеренно теплая, при этом экстремально тепло было в Южном и Северо-Кавказском ФО.

Следует отметить очень теплые ноябрь и декабрь: осредненные по территории РФ аномалии составили $+5.30^{\circ}\text{C}$ и $+4.63^{\circ}\text{C}$ – исторические максимумы в соответствующих рядах.

В целом за год и во все сезоны, кроме зимы, потепление за период с 1976 г. наблюдается на всей территории РФ: тренд средней по РФ среднегодовой температуры за 1976-2013 гг. составил $+0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры наблюдается на побережье Северного Ледовитого океана (более $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре) Наиболее быстрый рост температуры наблюдается весной и осенью ($+0.53^{\circ}\text{C}/10$ лет и $+0.55^{\circ}\text{C}/10$ лет). По данным станций Северо-Кавказского региона, потепление в горных районах происходит несколько медленнее, чем в предгорьях. Зимой имеются области отрицательного тренда за 1976-2013 гг. на дальнем северо-востоке, на юге Сибири, в Забайкалье. Скорость похолодания в центре этой области достигает $-0.5^{\circ}\text{C}/10$ лет. Средняя по РФ зимняя температура росла до середины 1990-х гг., после чего наблюдается слабое относительное уменьшение.

□ За год на территории РФ в целом количество выпавших осадков было экстремальным (111% нормы; аномалия $+4.6$ мм/месяц – исторический максимум в ряду с 1936 года). Экстремальные годовые суммы осадков наблюдались в регионах: Восточная Сибирь, Приамурье и Приморье (2-я и 4-я величины с 1936 г.).

Весной и осенью в целом по РФ осадки намного превышали норму (сезонные аномалии 1-я и 2-я в рядах наблюдений). Экстремальные весенние аномалии осадков (2-3 в соответствующих рядах) зафиксированы во всех физико-географических регионах РФ кроме ЕЧР. В Сибирском ФО и Дальневосточном ФО весенние суммы осадков - максимумы в рядах наблюдений. Наибольшие аномалии осадков наблюдались в марте и мае: 2-е величины в соответствующих рядах. В марте экстремальные суммы осадков, наблюдающиеся не чаще 1 раза в 20 лет, наблюдались повсеместно южнее 60° с.ш. от ЕЧР до Байкала, а в мае – в Дальневосточном ФО и в Западной Сибири.

Осенью экстремальное количество осадков выпало на ЕЧР (125% нормы, 2-я величина с 1936 г.), особенно в Южном ФО (158% нормы, также вторая величина в ряду).

Летом экстремальное количество осадков наблюдалось в регионе Восточная Сибирь (126% нормы: 3-я величина с 1936 г.).

Тренд годовых сумм осадков за период 1976 - 2013 гг. положителен на большей части территории РФ. Положительный тренд наблюдается для РФ в целом и в отдельные сезоны, однако он незначим зимой и летом, когда уменьшение осадков заметно на обширной территории: в восточных районах РФ зимой и летом, и на ЕЧР - летом. Наиболее выражен рост осадков весной, когда линейный тренд средних осадков по РФ объясняет 28% суммарной изменчивости осадков. Весенние осадки растут почти на всей территории страны, на обширных территориях со скоростью, превышающей $5\%/10$ лет.

Максимум роста годовых осадков наблюдается в Средней Сибири, где растет количество осадков для всех сезонов, кроме зимы.

□ В зимний период 2012-2013 гг. максимальная высота снежного покрова в среднем по РФ была на 8.9 см выше нормы: это 2-е по величине значение с 1966 года. На многих станциях центра ЕЧР, юга Западной и Средней Сибири отмечены максимальные за время наблюдений высоты снежного покрова. Однако в Северной части Восточной Сибири и Якутии эта зима была самой малоснежной.

Зимой 2012-2013 продолжительность залегания снежного покрова в среднем по РФ была на 3.8 дня больше нормы; но на обширной территории, охватывающей северные области РФ, число дней со снежным покровом было меньше среднего многолетнего.

Прошедшая зима стала рекордной по максимальному за зиму запасу воды в снеге в среднем по РФ, хотя в северных регионах запас воды в снеге был существенно ниже нормы. Запасы воды в снеге в бассейнах большинства крупных рек ЕЧР и Сибири значительно (на 20-70%) превышали норму (для Тобола – на 137%).

Продолжается увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова в центральных областях ЕЧР, на севере Западной и значительной части Восточной Сибири, на побережье Охотского моря. Сохраняется тенденция к уменьшению максимальной за зиму высоты снежного покрова на северо-востоке Якутии. С другой стороны, наблюдается тенденция к уменьшению продолжительности залегания снежного покрова на ЕЧР, в Западной Сибири, на Таймыре, на северо-востоке Республики Саха (Якутия); рост наблюдается в Прибайкалье и Забайкалье, на побережье Тихого океана.

□ В большинстве регионов вскрытие рек происходило раньше многолетних средних сроков (местами до двух и более недель). Позже обычного вскрылись реки северо-запада (кроме севера Карелии и мурманской области), Забайкалья и Приморья, юга Хабаровского края. Во многих случаях вскрытие рек сопровождалось заторами льда и подтоплением населенных пунктов.

В связи с повышенными температурами воздуха процессы ледообразования на реках РФ происходили преимущественно позже нормы и неравномерно. Во многих случаях появление льда и установление ледостава происходило в сроки на 20-30 дней позже нормы в экстремально поздние и близкие к ним сроки (бассейны Северной Двины, Оби и Иртыша, Енисея).

□ В Арктике 2013 г. был теплым. Среднегодовая и средние за сезоны температуры Северной полярной области (СПО) в целом и всех регионов российской ее части превышали норму 1961-90 гг. на 1-4 °С (исключая зиму в Восточносибирском и Чукотском регионах и в море Лаптевых). Однако в среднем за год температура СПО была лишь 11-й с 1936 г. (аномалия за декабрь – ноябрь в среднем по СПО +1.4 °С), намного ниже 2011 и 2012 г.: +2.3 °С и +2.2 °С; лишь летом наблюдалась температура, близкая к максимальной (+1.4 °С, 2-я с 1936 г.). Теплее в целом за год и за все сезоны, кроме весны, было в западной части российской Арктики до моря Лаптевых. Зимой в ее восточной части повсеместно наблюдались отрицательные аномалии температуры до –3.7 °С в устье Лены; весной холодно было в полярной части ЕЧР.

Во всех российских регионах СПО в течение последних тридцати лет (1984-2013 гг.) наблюдался рост температуры, причем в Западно- и Восточносибирском регионах он усилился в последние 10 лет. В целом для СПО линейный тренд среднегодовой температуры за этот период составил 0.57 °С/10 лет.

Сумма осадков в целом для СПО в 2013 г., была ниже нормы как в холодный, так и в теплый период – в целом за год на 4.6%. Меньше всего осадков выпало в теплый период на севере ЕЧР и Западной Сибири (78 и 75%).

Годовые осадки растут за период с 1936 г. в целом по СПО (3 мм/10 лет), а в российской части – на севере ЕЧР (13 мм/10 лет), в основном в холодный период. В азиатской части российской Арктики наблюдается тенденция к убыванию осадков.

В связи с потеплением с начала 1980-х годов в Арктике наблюдается сокращение летней площади морского льда, ускорившееся в конце 1990-х годов. Сентябрьская площадь арктического морского льда сократилась с 2000 г. почти в два раза. Самый глубокий минимум наблюдался в сентябре 2012 года: средняя площадь льда составила 3.61 млн. кв. км с минимальным значением 3.37 млн. кв. км 22-25 сентября (в 1980-х гг. – более 7 млн. кв. км). В Сибирских арктических морях (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) сентябрьская ПМЛ после 1998 года сокращалась еще более быстрыми темпами: от ~1200 тыс. кв. км. в 1980-х гг. до 132 тыс. кв. км. в 2012 г.

В 2013 г. температура воздуха в морской Арктике понизилась примерно на 1.5 °С как в теплый, так и в холодный периоды, а площадь морского льда в сентябре возросла до 5.35 млн. кв. км. и до 425 тыс. кв. км. в Сибирских арктических морях.

❑ Мощности СТС в 2013 году изменялись разнонаправлено по сравнению с предыдущим годом, как по территории анализируемых регионов, так и при сравнении регионов, для которых наблюдался преимущественный знак изменения. В Восточной Сибири на площадках, где наблюдались заметные (>4 см) изменения, мощность СТС в большинстве случаев увеличилась, а в Западной и Центральной Сибири – уменьшилась. В остальных регионах изменения были незначительными и/или разнонаправленными.

На большинстве площадок наблюдается положительный тренд мощности СТС с 1999 г. Наибольшие скорости роста (11-44 см/10 лет) отмечены на севере ЕЧР. Учет данных 2013 г. привел к росту тренда на большей части площадок в Восточной Сибири, подтверждая наличие здесь общей положительной тенденции.

❑ В 2013 г. теплообеспеченность сельскохозяйственных культур в целом по территории РФ и большинства ФО в пределах земледельческой зоны была выше нормы 1961-90 гг. Однако относительно средних за последнее десятилетие она была ниже в ряде ФО (особенно Сибирском и Уральском) и в целом по РФ. По сравнению со средними значениями последнего десятилетия в четырех ФО (Южный, Северо-Кавказский, Уральский и Сибирский) отмечены отрицательные отклонения сумм активных температур в диапазоне от -105°С до -205°С.

Суммы осадков весной были выше нормы и среднего за последнее десятилетие, а летом близки к ним. На территории ФО, где основные сельскохозяйственные площади заняты под яровыми культурами, за период от всходов до уборки зерновых в 2013 г., в Сибирском и Дальневосточном ФО осадков выпало на 16% и 44% больше, чем в среднем за последнее десятилетие, а в Уральском – столько же. Показатели увлажненности для сельскохозяйственного года в целом, в сравнении со средними за последнее десятилетие 2003-12 гг., достаточно благоприятны для территории всех ФО и превышают среднее за 2003-12 гг. по РФ в целом на 13%.

Наблюдается тенденция к росту различных показателей термического режима по всей земледельческой зоне РФ. За период с 1976 по 2013 г. скорость роста сумм температур >10°С колеблется в диапазоне от 52°С/10 лет в Сибирском ФО до 149°С/10 лет в Южном ФО. Максимум роста – на западе ЕЧР; отсутствуют регионы со снижением сумм активных температур. Линейные тренды продолжительности вегетационного периода и периода активной вегетации составляют около 4 суток/10 лет. Из тенденций показателей увлажненности следует отметить общий рост весенних осадков, но при этом убывание гидротермического коэффициента (характеризующего влагообеспеченность территории) за период май-август, а также убывание летних осадков на ЕЧР.

□ 2013 г. стал третьим с 1996 г. по количеству гидрометеорологических ОЯ, *нанесших значительный ущерб* отраслям экономики и жизнедеятельности населения: всего 455 ОЯ; наибольшее количество отмечено в 2012 году (469 ОЯ) и несколько меньше – в 2010 (467 ОЯ). В 2013 г. около 25% от общего числа ОЯ приходится на локальные конвективные явления (ливень, град, шквал), отмечавшиеся в весенне-летний период, но общее количество ОЯ в период с мая по август на 19% (57 случаев) уменьшилось по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Общее количество только *метеорологических* ОЯ в 2013 г. оказалось наибольшим с 1998 г.: 545 (предыдущий максимум 2012 г. – 536).

За период, для которого собрана статистика ОЯ на территории РФ, наблюдается очень значительный рост как *гидрометеорологических* ОЯ, *нанесших ущерб*, так и общего числа *метеорологических* ОЯ: в последние годы их фиксировалось в два с лишним раза больше, чем в конце 20-го столетия.

□ В среднем для территории РФ в 2013 г. во все сезоны приход солнечной радиации был близок к норме. Однако при этом наблюдались значительные региональные и внутрисезонные различия. Отрицательные аномалии, близкие к рекордным значениям, наблюдались в районе Приамурья и Приморья, а также в Прибайкалье и Забайкалье. Зимой суммарная радиация была незначительно ниже нормы 1961-90 гг., но существенно ниже средней за последнее десятилетие. В северных районах ЕЧР, в Западной и Средней Сибири в течение всего зимнего сезона отмечалось частое перемещение североатлантических циклонов, приносящих плотную низкую облачность и осадки, вследствие чего приход прямой радиации здесь был значительно ниже нормы, особенно в декабре и январе (более чем на 100%). Наиболее существенная сезонная региональная особенность радиационного режима 2013 г. наблюдалась летом и связана с наличием обширной и устойчивой отрицательной аномалии в АЧР и положительной аномалии в ЕЧР, когда были зафиксированы рекордные отрицательные и положительные аномалии в месячных и сезонных суммах приходящей радиации. Активная циклоническая деятельность на Дальнем Востоке обусловила глубокую отрицательную аномалию прямой радиации в Хабаровском крае и Амурской области (60-80%).

На территории ЕЧР сохраняется тенденция роста приходящей к поверхности радиации, обнаруживаемая также и на территории зарубежной Европы. В Западной Сибири, Прибайкалье и Забайкалье, Приамурье и Приморье значения прямой радиации с начала 21-го столетия стабилизировались на уровнях, близких к норме, а на Северо-Востоке – несколько ниже нормы 1961-90 гг. Для территории Средней Сибири, по-видимому, можно говорить о возобновлении тенденции к снижению радиации.

□ Среднегодовая температура тропосферы Северного полушария была выше нормы на 0.64°C (7-я величина с 1958 г.). Наиболее крупные положительные аномалии наблюдались зимой 2012-2013 гг. в зоне низких широт: +0.64°C, такая же высокая положительная аномалия наблюдалась в этой зоне в 1988 г.; летом в высоких широтах (+0.64°C, 2-я в ряду) и осенью в умеренных: (+0.51°C, 4-я). Отрицательные аномалии наблюдались лишь зимой в умеренных широтах (в основном за счет декабря 2012 г.) и значительная (в числе 10 самых крупных отрицательных аномалий) весной в высоких широтах: -0.67°C, определявшаяся холодными условиями марта.

В соответствии с общей тенденцией похолодания в нижней стратосфере для подавляющего большинства рассмотренных широтных зон и сезонов, нижняя стратосфера оказалась в 2013 году аномально холодной. Для нижней стратосферы полушария в целом зима 2012-2013 г имела отрицательную аномалию благодаря отрицательным аномалиям низких и умеренных широт, причем она оказалась второй из самых холодных. Самым заметным событием 2013 года для мониторинга температуры нижней стратосферы стало внезапное стратосферное потепление (ВСП) высоких широт, которое предопределило

положительный знак зимней аномалии высоких широт (хотя и достаточно умеренной: лишь 14-я среди наибольших).

Структура климатических трендов температуры, исследованных за период с 1981 г по 2013 г, подтверждает тенденции потепления в тропосфере (значимого во все сезоны кроме зимы) и тенденции значительного похолодания в нижней стратосфере. Добавление оценок аномалий за 2013 г к соответствующим рядам не привело к сколь-нибудь значительным качественным изменениям оценок трендов, хотя в зоне высоких широт произошедшее зимой явление ВСП несколько увеличило величину сезонного положительного тренда (с $+0.13$ до $+0.24^{\circ}\text{C}/10$ лет) и повлияло на значимость годового тренда.

□ На всех российских станциях мониторинга парниковых газов в последние десятилетия наблюдается рост концентрации двуокиси углерода. По данным станции Териберка, расположенной в фоновых условиях, средняя скорость роста концентрации CO_2 за последний десятилетний период составила 21 млн^{-1} (5.7%) /10 лет: это существенно больше, чем наблюдалось в последнее десятилетие 20-го века (около $16 \text{ млн}^{-1}/10$ лет). В 2013 г. среднегодовая концентрация достигла нового максимума, превысив 398 млн^{-1} .

В северных широтах РФ в последние два десятилетия наблюдается рост концентрации метана: 31 млрд^{-1} (1.6%) с 2004 по 2013 г. (Териберка); с 2009 г. концентрация остается практически постоянной: в 2013 г. 1909.7 млрд^{-1} .

□ Уровень общего содержания озона практически над всей территорией РФ в течение 2013 г. был несколько ниже наблюдаемого в конце 1970-х г.г., но выше, чем в 2012 г. Весенняя аномалия ОСО в умеренных и высоких широтах территории РФ практически отсутствовала, что, по-видимому, указывает на продолжающееся медленное восстановление озонового слоя. Весенние Антарктические озоновые аномалии 2012 и 2013 г.г. были одними из самых малых за последние 20 лет, однако существенного восстановления озонового слоя здесь можно ожидать не раньше, чем через несколько десятилетий.