

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И
МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

ДОКЛАД
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТА
НА ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЗА 2014 ГОД

Москва, 2015 г.

УДК 551.5
ББК 26.2
Д 63

**Д 63 Доклад об особенностях климата на территории
Российской Федерации за 2014 год. – Москва, 2015. –
107 стр.**

ISBN 978-5-906099-58-7

В Докладе представлены результаты регулярного мониторинга климата Российской Федерации, выполняемого НИУ Росгидромета, за 2014 г. Приводятся данные о наблюдавшихся в 2014 году аномалиях различных климатических переменных, об агроклиматических условиях и опасных гидрометеорологических явлениях года, а также тенденциях современных изменений климата на территории РФ и над Северным полушарием (температура свободной атмосферы). Доклад является официальным изданием Росгидромета.

УДК 551.5
ББК 26.2

© Росгидромет, 2015

RUSSIAN FEDERAL SERVICE FOR HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING
(ROSHYDROMET)

A REPORT
ON CLIMATE FEATURES
ON THE TERRITORY
OF THE RUSSIAN FEDERATION
IN 2014

Moscow, 2015

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, С.Г. Парамонов

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, Н.Н. Коршунова
А.М. Стерин, А. Лавров

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, Д.А. Стрелецкий

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
Н.С. Иванова
Г.М. Крученицкий

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 Управления специальных и научных программ Росгидромета и Управления наблюдательной сети и гидрометеобеспечения Росгидромета.

СОДЕРЖАНИЕ
TABLE OF CONTENTS

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО.....	6
OPENING ADDRESS	
ВВЕДЕНИЕ	8
INTRODUCTION	
1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	10
SURFACE AIR TEMPERATURE	
2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	24
PRECIPITATION	
3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2013/2014 ГГ.	36
SNOWCOVER IN WINTER 2013/14	
4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК	44
RIVER FREEZE-UP AND SPRING BREAK	
5. СЕВЕРНАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ	48
NORTH POLAR REGION	
6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА	57
PERMAFROST	
7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	61
CLIMATIC AGRICULTURE CONDITIONS	
8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	73
DANGEROUS HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS	
9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ	77
SOLAR RADIATION	
10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ.....	84
TEMPERATURE IN FREE ATMOSPHERE	
11. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ	91
GREENHOUSE GASES	
12. ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ	100
OZONE LAYER	
ВЫВОДЫ	103

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Настоящий «Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2014 году» является официальным изданием Росгидромета (десятый выпуск в серии ежегодных докладов). Доклад является источником объективной информации о состоянии и тенденциях изменения климата на территории России в 2014 году, на основе результатов климатических исследований, проводимых НИУ Росгидромета и регулярного климатического мониторинга по данным государственной наблюдательной сети Росгидромета. Материалы за 2014 год получены на основе баз данных, собранных до принятия в Российскую Федерацию Республики Крым и, соответственно, до образования Крымского федерального округа, в связи с чем Доклад не содержит данных по территории Крыма. В дальнейшей работе этот пробел будет восполняться.

2014 год в целом для Земного шара оказался самым теплым за весь период инструментальных наблюдений со второй половины 19-го века (предварительное ежегодное заявление ВМО о состоянии климата в 2014 г.). Глобальная аномалия составила $+0.56^{\circ}\text{C}$ относительно средней температуры за период 1961-90 гг. (оценка по данным Университета Восточной Англии).

Для России 2014 г. не оказался столь исключительным: средняя за год температура, в целом для страны, на 1.28°C превысила норму 1961-90 гг. и была лишь восьмой величиной в ряду наблюдений с 1886 г. Однако на множестве станций и в ряде регионов зафиксированы весьма крупные аномалии. Рекордно теплая весна в целом по России (аномалия $+3.2^{\circ}\text{C}$ – исторический максимум) и исключительно теплый апрель (второй за период наблюдений). Причем экстремально тепло было на всей территории страны, с многочисленными историческими максимумами на станциях в марте и апреле. В Восточной Сибири - чрезвычайно теплая зима: вторая после зимы 2007 г. Мощная область холода с многочисленными экстремумами на станциях наблюдалась в июле на востоке Европейской части России (ЕЧР), на Урале и в Западной Сибири. Еще ряд аномалий отмечен в другие месяцы.

По-прежнему, на всей территории страны, в целом за год и во все сезоны, кроме зимы, продолжается потепление. Средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976-2014 гг. составила $0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет. Это в 2.5 раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период: $0.17^{\circ}\text{C}/10$ лет, и в 1.5 раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара: $0.27^{\circ}\text{C}/10$ лет (оценки по данным Университета Восточной Англии). Основная особенность зимних трендов периода 1976-2014 гг. – расширяющаяся область похолодания на юге Сибири и на дальнем северо-востоке. Это связано с тем, что зимой, после особенно быстрого потепления 1976-1994 гг., с середины 1990-х годов фактически на всей территории страны наблюдается похолодание, кроме зоны арктического побережья, где продолжается потепление: до $2^{\circ}\text{C}/10$ лет на севере Таймыра.

Отмеченное поведение зимних температур на территории РФ согласуется с наблюдаемым общим замедлением глобального потепления и другим важным результатом мониторинга: тенденция к потеплению в высоких широтах сохраняется. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры за период 1985-2014 гг. составил $0.66^{\circ}\text{C}/10$ лет. Стоит отметить, что связанное с арктическим потеплением резкое сокращение площади морского льда в последние два года приостановилось. Площадь морского льда, достигшая исторического минимума 3.37 млн. кв. км в конце сентября 2012 г., затем резко выросла к 2013 г. до 5.35 млн. кв. км; в 2014 г. она составила 5.28 млн. кв. км. к сентябрю.

В Арктике 2014 год был очень теплым (третий с 1936 г.): среднегодовая температура на 2.2°C выше нормы и лишь на 0.1°C ниже рекордного 2011.

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

По количеству выпавших осадков 2014 год был близок к норме; наибольшее количество осадков выпало зимой и весной, а осень была сухой, местами – экстремально. В целом по России количество осадков увеличивается (~2% нормы за 10 лет), главным образом за счет осадков весеннего сезона: ~6% нормы за 10 лет. Однако зимой и летом на обширных территориях наблюдается их убывание, особенно заметное летом в ЕЧР.

По характеристикам снежного покрова в среднем по России зима 2013/14 гг. была практически противоположна предшествующей. Так, максимальная высота снежного покрова в среднем была на 2.9 см ниже нормы, продолжительность залегания – на 10.8 дня ниже нормы (оба значения - третьи по величине с 1966 года). Установление снежного покрова началось позже обычных сроков на 30-50 дней в ЕЧР, и на 15-30 дней – в Азиатской части. Значительно ниже нормы оказался максимальный за зиму запас воды в снеге. Тем не менее, тенденции многолетних изменений этих характеристик изменились не столь существенно. Максимальная высота снежного покрова увеличилась на 0.89 см за 10 лет. Продолжительность залегания сокращается в ЕЧР, в Западной Сибири и Якутии, но увеличивается на юге Восточной Сибири, в Забайкалье, Приморье и на восточном побережье Камчатки.

Теплообеспеченность и увлажненность сельскохозяйственных культур были в 2014 г. по большинству показателей ниже, чем в среднем за десятилетие 2004-13 гг. Однако условия произрастания яровой пшеницы в 2014 г. на большей части сельскохозяйственных площадей оказались лучше, чем в 2009-2013 гг., включая основные регионы ее возделывания – Приволжский и Центральный федеральные округа.

В 2014 г. в России отмечено 569 метеорологических опасных явлений: наибольшее количество за все годы наблюдений, на 24 случая больше, чем в 2013 г. Сильнейший паводок в Алтайском крае, где пострадали 17 районов на территории 16,5 тыс. га, привел к почти миллиардному ущербу.

Данные мониторинга концентрации парниковых газов в атмосфере показали, что концентрации CO₂ монотонно растут и уровень концентрации CO₂ в атмосфере северных широт на российских фоновых станциях достиг в 2014 г. нового максимума: более 400 млн⁻¹ для всех станций.

Представленные в Докладе данные будут полезны широкому кругу читателей – лицам, принимающим решения в государственных органах власти и бизнес-структурах, потребителям гидрометеорологической информации в различных отраслях экономики, научному сообществу.



А.В. Фролов
Руководитель Росгидромета

ВВЕДЕНИЕ

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

В настоящем Докладе приводится информация о состоянии климата на территории Российской Федерации и ее регионов в 2014 году. В частности, приводятся данные об основных климатических аномалиях температуры и осадков, об особенностях радиационного режима и агроклиматических условий, о состоянии снежного покрова, о сроках вскрытия и замерзания рек, об экстремальных погодных и климатических явлениях. Представлены данные о современном состоянии вечной мерзлоты и озонового слоя, о тенденциях изменения содержания в атмосфере двуокиси углерода и метана. Рассмотрены особенности климатических условий в Северной полярной области (СПО) и Северном Ледовитом океане. Данные приводятся для различных масштабов временного и пространственного осреднения (в целом за год и по сезонам, поля локальных значений и их региональные обобщения).

Для характеристики климатических изменений в Докладе приводятся временные ряды климатических переменных (температура приземного воздуха, атмосферные осадки, высота снежного покрова, протяженность морского льда и др.) за достаточно длительный период времени (как правило, несколько десятилетий), кончающийся 2014 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

Расширен анализ тенденций изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в горных и предгорных районах Северного Кавказа, в частности, за счет анализа изменений некоторых характеристик экстремумов температуры и осадков.

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 превышения, 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 России, стран СНГ и Балтии (каталог станций см. на сайте <http://climatechange.su>), из которых 310 станций расположены на территории РФ.

Приводятся оценки метеорологических величин, 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. Рассматриваются в первую очередь осредненные оценки для календарных сезонов и года в целом, месячные данные анализируются 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 полученных средних по ячейкам с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Оценки температурного режима 2014 года получены по данным станционных сводок КЛИМАТ и СИНОП, своевременно поступивших по каналам связи в оперативном потоке.

Особенности температурного режима в 2014 г.

2014 год в целом был теплым: осредненная по территории РФ аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-90 гг.) составила $+1.28^{\circ}\text{C}$ – 8-ая положительная величина в ряду с 1936 г. (в дальнейшем мы будем обычно опускать начало ряда – 1936 г.), т.е. более высокая температура наблюдалась, в среднем, лишь немного чаще, чем раз в 10 лет. Экстремально теплой была весна: аномалия $+3.12^{\circ}\text{C}$ – исторический максимум.

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 2014 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 экстремумы) и выше 95-го процентиля (положительные экстремумы) (для удобства ниже будем ссылаться на них как на 5%-е и 95%-е экстремумы); значения процентилей были получены для каждой станции по данным соответствующего сезона за 1936-2013 гг.

В дополнение к точечным оценкам (рис. 1.2), в таблицах 1.1 и 1.2 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 1.1 приведены значения аномалий и в таблице 1.2 вероятности превышения, оцененные по выборке 1936-2013 гг. Данные таблиц характеризуют особенности температурных условий в целом для территории региона (федерального округа).

Изменение температурных условий от месяца к месяцу показано на рис. 1.3 (с декабря 2013 г. по ноябрь 2014 г.).

Таблица 1.1 – Средние годовые (январь - декабрь) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2014 году:

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

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$	$\nu T, ^\circ C$	$s, ^\circ C$
РФ	1.28	0.77	1.68	1.82	3.12	1.19	1.01	0.33	0.24	0.90
Физико-географические регионы РФ										
Европейская часть РФ	1.26	0.94	2.14	2.33	2.43	1.44	0.95	1.00	-0.20	1.04
Западная Сибирь	0.49	1.09	0.53	2.94	3.08	1.62	0.10	0.80	-1.27	1.54
Средняя Сибирь	1.32	1.15	0.58	2.78	4.74	1.66	1.28	0.65	-0.09	1.80
Прибайкалье и Забайкалье	1.47	0.78	2.15	1.89	3.38	1.39	1.17	0.57	0.31	1.23
Приамурье и Приморье	1.14	0.81	0.52	1.52	2.30	1.15	1.51	0.75	1.11	0.89
Восточная Сибирь	2.09	0.64	3.78	1.41	2.65	1.22	1.49	0.56	2.62	0.94
Федеральные Округа РФ										
Северо-Западный	1.51	1.14	2.99	2.88	2.64	1.54	0.58	1.17	0.30	1.24
Центральный	1.72	1.10	3.14	2.69	3.01	1.69	1.39	1.22	-0.07	1.13
Приволжский	0.83	1.05	1.53	2.54	2.10	1.69	0.52	1.19	-0.51	1.25
Южный	1.14	0.96	0.91	2.08	2.20	1.47	1.90	1.04	-0.88	1.05
Северо-Кавказский	1.12	0.73	0.41	1.59	1.76	0.96	1.96	0.76	-0.40	0.85
Уральский	0.43	1.18	-0.34	3.12	3.28	1.75	-0.16	1.02	-1.24	1.64
Сибирский	1.15	0.93	1.65	2.57	3.51	1.47	0.84	0.47	-0.55	1.49
Дальневосточный	1.67	0.69	1.93	1.46	3.31	1.23	1.56	0.48	1.75	1.01

Таблица 1.2 – См. таблицу 1.1., но для вероятностей непревышения, рассчитанных по данным за 1936-2013 гг. и выраженным в %

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
РФ	91	81	100	87	47
Физико-географические регионы РФ					
Европейская часть РФ	87	72	97	79	35
Западная Сибирь	63	59	96	47	17
Средняя Сибирь	78	56	97	91	40
Прибайкалье и Забайкалье	92	86	100	85	58
Приамурье и Приморье	88	63	96	95	82
Восточная Сибирь	99	100	94	95	94
Федеральные Округа РФ					
Северо-Западный	86	76	94	59	46
Центральный	95	83	99	80	42
Приволжский	76	67	91	55	30
Южный	83	69	95	88	23
Северо-Кавказский	94	59	97	99	37
Уральский	59	44	95	32	17
Сибирский	83	78	96	83	26
Дальневосточный	95	91	99	97	92

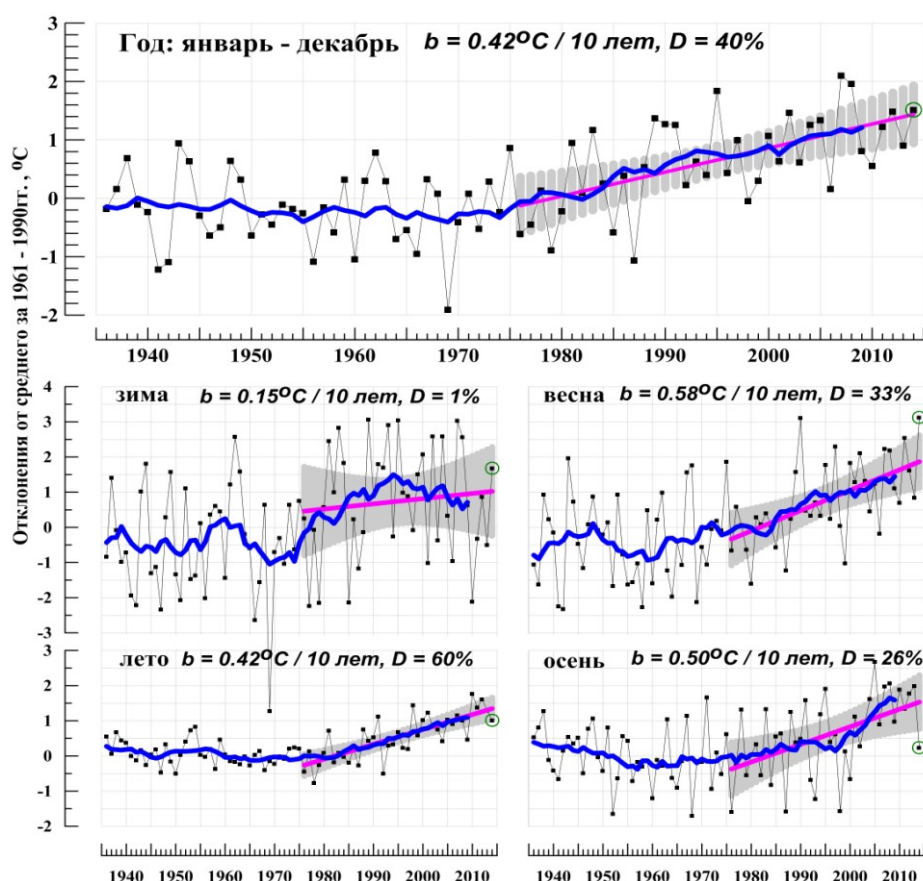


Рисунок 1.1 – Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории РФ, 1936-2014 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Показаны также 11- летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976-2014 гг. с 95%-й доверительной полосой; b - коэффициент тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), D – вклад тренда в суммарную дисперсию (%).

В целом за год экстремально теплые условия наблюдались на крайнем Северо-Востоке (верхний фрагмент рис. 1.2): среднегодовая аномалия $+2.09^{\circ}\text{C}$ в регионе Восточная Сибирь – вторая положительная величина в ряду наблюдений, аномалии на станциях до $+3.9^{\circ}\text{C}$; а также на северо-западе РФ (аномалии на станциях до $+2.4^{\circ}\text{C}$). На многих станциях – 95%-е экстремумы.

Зима. Температурный режим зимы 2013/14 года был географически неоднороден: холодно на северо-западе АЧР (аномалии до -4°C на Северном Урале и в нижнем течении Лены).

Экстремально тепло было на северо-востоке страны: осредненная по территории региона Восточная Сибирь аномалия составила $+3.78^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду, на многих станциях региона температура была выше 95-го; в ЕЧР теплая погода наблюдалась в основном на севере и в центре.

В среднем по РФ зима оказалась умеренно теплой: сезонная аномалия $+1.68^{\circ}\text{C}$ – 16-я в ряду с 1936 г.; стоит отметить, что она была самой теплой за последние 5 лет.

Неоднородно было и распределение аномалий по месяцам: исключительно теплым, в особенности на АЧР, был **декабрь 2013 г.**: осредненная по территории России аномалия температуры $+4.93^{\circ}\text{C}$ - максимум за период наблюдений, на большей части АЧР наблюдались 95%-е экстремумы; максимальные положительные аномалии среднемесячной температуры воздуха (более $+10^{\circ}\text{C}$) отмечены в центральных районах Красноярского края и в Магаданской области. В **январе** 2014 г. на АЧР преобладали значительные отрицательные аномалии температуры: аномалии температуры в нижнем течении Енисея до -12.4°C (Агата). Напротив, южнее – в Байкальском регионе – было тепло (максимальная аномалия зафиксирована на станции Жигалово $+5.2^{\circ}\text{C}$). В **феврале**

на большей части АЧР также было холодно. С другой стороны, в ЕЧР (особенно на северо-западе) и на северо-востоке РФ было аномально тепло. На северо-западе ЕЧР на всех станциях температура была выше 95-го перцентиля (наибольшая средняя месячная аномалия зафиксирована на станции Реболь: $+9.1^{\circ}\text{C}$). На Чукотке аномалии достигали $+11.8^{\circ}\text{C}$ (Эньмудеем); на некоторых станциях – 95%-е экстремумы.

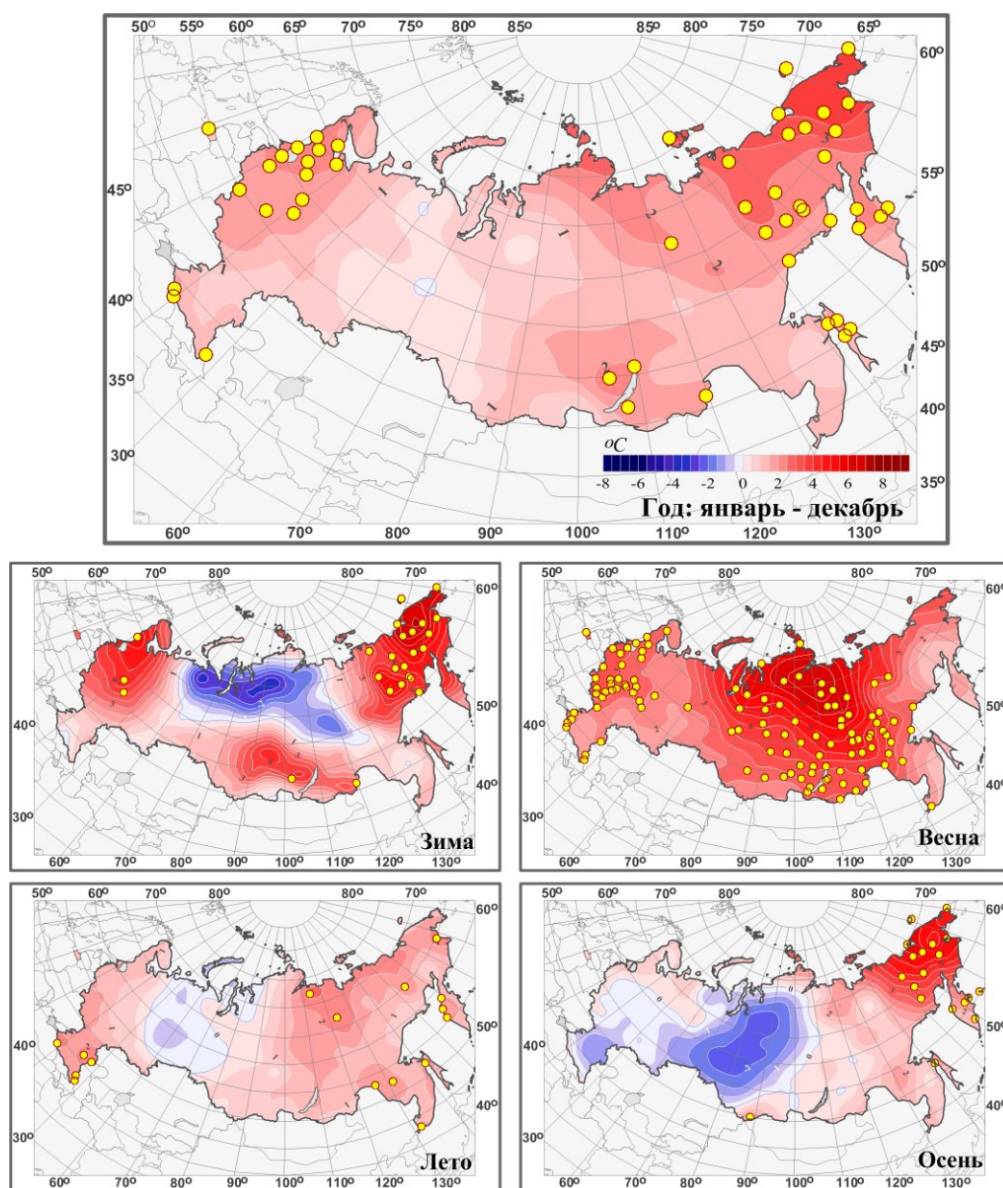


Рисунок 1.2 – Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории РФ в 2014 г. (отклонения от средних за 1961-1990 гг.) с указанием локализации 95%-х (желтые кружки) экстремумов.

Весна. Осредненная по территории РФ сезонная аномалия $+3.12^{\circ}\text{C}$ – максимальная величина в ряду с 1936 г. (предыдущее максимальное значение $+3.11^{\circ}\text{C}$ зафиксировано в 1990 г.). Осредненные по физико-географическим регионам РФ аномалии температуры все (кроме Восточной Сибири) попали в пять максимальных в соответствующих рядах. Тепло было на всей территории РФ, почти на половине станций температура была выше 95-го перцентиля, аномалии достигали $+7.3^{\circ}\text{C}$ на севере Среднесибирского плоскогорья.

Все три весенних месяца на территории России преобладали положительные аномалии температуры, достигавшие экстремальных значений на многих станциях в марте и апреле.

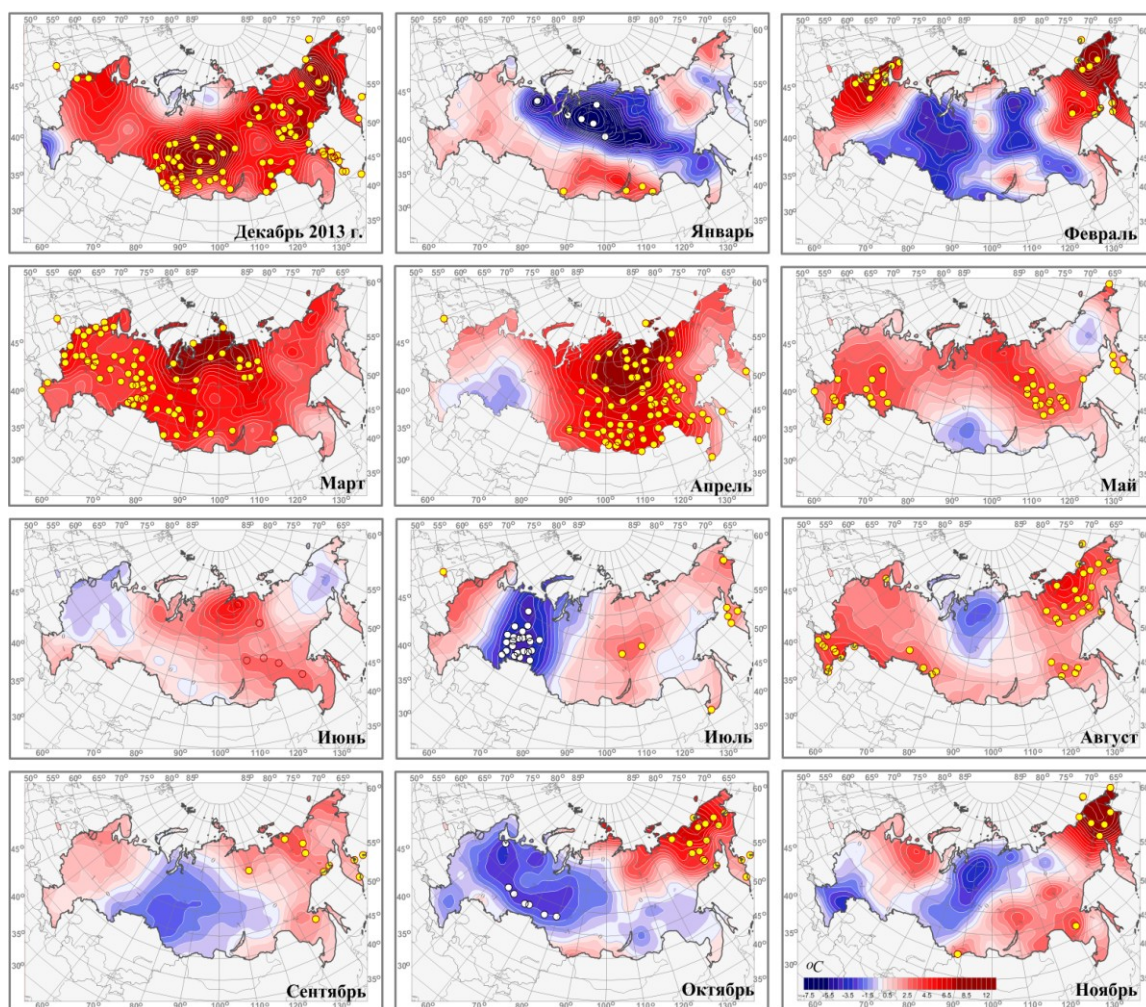


Рисунок 1.3 – См. рис. 1.2, но для среднемесячных аномалий (с декабря 2013 г. по ноябрь 2014 г.)

В *марте* (рис. 1.4) было тепло на всей территории страны: осредненная по территории РФ аномалия температуры $+4.25^{\circ}\text{C}$ – 4-я величина в ряду наблюдений. Осредненные по регионам Европейская часть России, Западная Сибирь, Средняя Сибирь аномалии температуры также попали на четвертое место в соответствующих рядах. На большинстве станций от западных границ до течения Лены, исключая юго-восток ЕЧР и Южный Урал, температура была выше 95-го перцентиля, максимальные аномалии достигали $+7$ - $+9^{\circ}\text{C}$ на севере Западной и Средней Сибири.

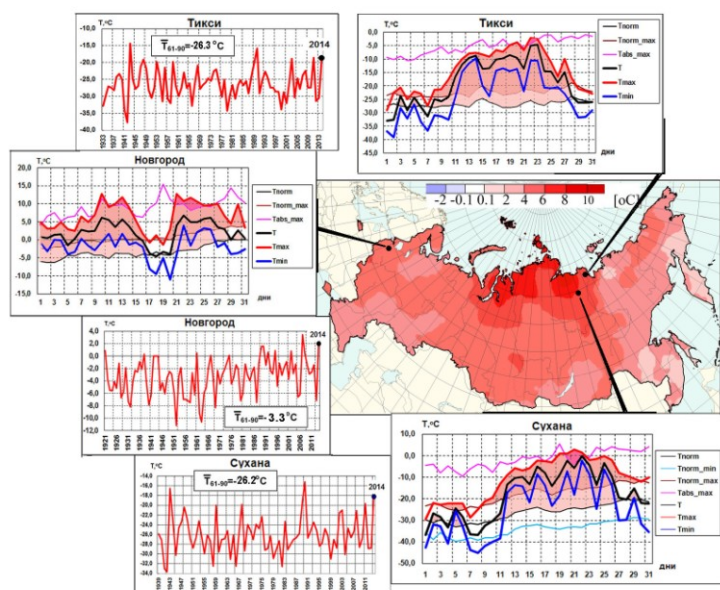


Рисунок 1.4 – Аномалии средней месячной температуры воздуха в марте 2014 г. на территории РФ.

На врезках временные ряды средней месячной температуры воздуха и ход среднесуточной температуры в марте 2014 г. на метеостанциях в очагах максимальных положительных аномалий

На протяжении всего месяца рекордные значения суточной температуры регистрировались как на европейской, так и на азиатской территориях страны. Так, в Новгороде среднесуточная температура воздуха в течение месяца, за исключением пятидневки на границе второй и третьей декад, превышала климатическую норму (см. врезку на рис. 1.4), а максимальная температура 9 раз превышала абсолютные максимумы. В Москве март 2014 г. отметился 7 температурными рекордами.

Апрель в среднем по территории РФ был очень теплым: осредненная по территории РФ аномалия температуры 2014 года: $+3.26^{\circ}\text{C}$ - вторая величина в ряду. Очень тепло в АЧР: на большинстве станций восточнее р. Оби (кроме крайнего Северо-Востока) отмечались температуры выше 95-го перцентиля, аномалии до $+9.6^{\circ}\text{C}$ (Саскылах). Осредненные по регионам Прибайкалье и Забайкалье, Приамурье и Приморье аномалии температуры составили $+5.61^{\circ}\text{C}$ и $+3.25^{\circ}\text{C}$ – максимальные величины в соответствующих рядах; по региону Средняя Сибирь – вторая в ряду ($+6.41^{\circ}\text{C}$). Холоднее нормы было в Поволжье, на Южном Урале, на юге Западной Сибири.

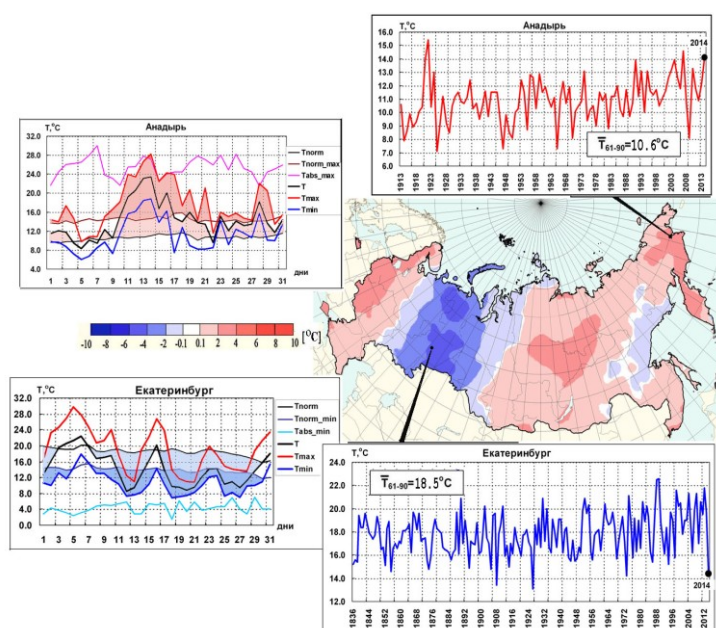
В мае тепло в ЕЧР, особенно в южных районах: осредненные по Приволжскому и Северо-Кавказскому ФО аномалии температуры ($+3.38^{\circ}\text{C}$, $+2.65^{\circ}\text{C}$) – вторые, а по Южному ФО ($+3.22^{\circ}\text{C}$) – третья величины в соответствующих рядах. Аномалии на станциях достигали $+4.0^{\circ}\text{C}$ (Киров, Астрахань). Очень тепло на Таймыре и в западных областях Дальневосточного ФО, где на ряде станций в южной части Якутии зафиксирована температура выше 95-го перцентиля. Температуры ниже климатической нормы наблюдались в южных районах Сибирского ФО (аномалии до -2.0°C), а также на северо-востоке Дальневосточного ФО.

Лето. Тепло почти на всей территории РФ, кроме области отрицательных аномалий, охватывающей северо-восток ЕЧР, Северный и Средний Урал, юго-запад и север Западной Сибири (аномалии не ниже -1°C). В ЕЧР наибольшие положительные аномалии наблюдались в южных регионах: в среднем по территории Северо-Кавказского ФО сезонная аномалия составила $+1.96^{\circ}\text{C}$ – 2-я величина в ряду. Очень тепло было в Дальневосточном ФО: осредненная по территории ФО аномалия температуры $+1.56^{\circ}\text{C}$ – 3-я величина в ряду. Максимальные аномалии температуры наблюдались на севере Якутии ($+2.98$, станция Саскылах).

Для России в целом лето 2014 г. было умеренно теплым: осредненная по территории РФ сезонная аномалия $+1.01^{\circ}\text{C}$ – 11-я величина в ряду, в общем близкая к ожидаемой при сохранении тенденции, выраженной линейным трендом.

В июне обширная область положительных аномалий сформировалась в АЧР с максимумами (аномалии $+2^{\circ}\text{C}$ - $+5^{\circ}\text{C}$) в северных районах от Урала до течения Лены и в южной части Дальневосточного ФО. На ряде станций зафиксированы температуры выше 95-го перцентиля. На остальной территории страны июньские температуры в основном были близки к норме с отрицательными аномалиями на большей части ЕЧР (за исключением юга и северо-востока), аномалии преимущественно не ниже -1°C и на крайнем северо-востоке России (-1.2°C на станции Верхне-Пенжино, Камчатский край).

Основная климатическая особенность июля – мощная область холода в восточной части ЕЧР, на Урале, в Западной Сибири. На большинстве станций Среднего и Южного Урала и юга Западной Сибири температура была ниже 5-го перцентиля, аномалии до -4.7°C (Гари Свердловской области). Июль 2014 года в Екатеринбурге стал четвертым самым холодным с 1836 года (см. врезку на рис. 1.5), погода часто напоминала сентябрьскую. В течение всего месяца, за исключением нескольких дней, средняя суточная температура была значительно ниже климатической нормы. Особенно холодной выдалась третья декада, когда минимальная температура воздуха приближалась к абсолютным минимумам.



Очаги тепла с максимальными аномалиями до $+3.5^{\circ}\text{C}$ прослеживались на западе ЕЧР, в центре Средней Сибири и в Чукотском АО. Очень тепло было на Камчатке с аномалиями до $+2.7^{\circ}\text{C}$ (Ключи).

Рисунок 1.5 – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в июле 2014 г. на территории РФ.

На врезках временные ряды среднемесячной температуры воздуха и ход среднесуточной температуры в июле 2014 г. на метеостанциях в очагах максимальных положительных и отрицательных аномалий

В **августе** на территории РФ сформировались две области значительных положительных аномалий – в ЕЧР и юге Западной Сибири и в Дальневосточном ФО. Экстремально теплые условия наблюдались в Южном и Северо-Кавказском ФО (в среднем по территории округа аномалия температуры составила $+3.42^{\circ}\text{C}$ – третья положительная величина в ряду), а также в восточных районах Якутии, на Чукотке, в Приамурье (осредненная по региону Восточная Сибирь аномалия температуры составила $+2.93^{\circ}\text{C}$ – исторический максимум). Область холода с аномалиями до -2.4°C (Волочанка) охватывала север Сибирского и северо-восток Уральского ФО.

Осредненная по территории РФ аномалия температуры августа $+1.82^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду с 1936 г.

Осенью обширная область отрицательных аномалий охватывала юг ЕЧР, Западную Сибирь (аномалии до -2.5°C на станции Ларьяк) и запад Средней Сибири. На остальной территории страны было тепло, особенно крайнем северо-востоке России, где на большинстве станций температуры были выше 95-го перцентиля, аномалии до $+6.1^{\circ}\text{C}$ (Илирней). Для России в целом аномалия составила $+0.24^{\circ}\text{C}$, что очень близко к норме 1961-90 гг. (аномалия почти в 4 раза меньше стандартного отклонения 0.90°C), но значительно меньше, чем наблюдалось в последние годы (12 предыдущих осенних температур были выше, чем в 2014 г.).

Сентябрь был умеренно теплым почти на всей ЕЧР с аномалиями до $+2.5^{\circ}\text{C}$ в северо-западных областях, а также на большей части Дальневосточного ФО с аномалиями до $+3.2^{\circ}\text{C}$ (Среднеколымск); на некоторых станциях востока Якутии, в Магаданской области, на Камчатке температура была выше 95-го перцентиля. В то же время очаг холода охватывал западные регионы АЧР с аномалиями до -2.4°C (Бакчар) и восток Приволжского ФО.

В **октябре** на большей части территории России от западных границ до Якутии, а также в Забайкалье и южных районах дальневосточного региона наблюдались отрицательные аномалии до $-3.3...-3.6^{\circ}\text{C}$ в центрах очагов. При этом тепло было на Таймыре и, особенно, на севере Дальневосточного ФО. На большинстве станций крайнего северо-востока России, где аномалии достигали $+7.5^{\circ}\text{C}$ (Илирней), температура была выше 95-го перцентиля, на 5-ти станциях зафиксированы рекордные значения среднемесячной температуры за период с 1936 г.

Осредненная по территории РФ аномалия температуры составила -0.36°C .

В **ноябре** отрицательные аномалии температуры наблюдались второй месяц подряд на юге ЕЧР - в Центральном, Приволжском, в Южном и Северо-Кавказском ФО (до -3.3°C

на станциях Элиста и Яшкуль), третий месяц подряд - на большей части Западной Сибири (до -4.2°C на станции Волочанка) и распространились на северо-западную часть Якутии. Температура воздуха значительно превышала норму на крайнем северо-востоке России, на многих станциях Чукотки температура была выше 95-го перцентиля, локальные аномалии достигали $+10.2^{\circ}\text{C}$ (Марково).

В **декабре** (рис. 1.6) очаг положительных аномалий с центром на севере Сибирского ФО (аномалии достигли $+9.6^{\circ}\text{C}$ на станции Туруханск и на ряде станций здесь попали в категорию 5%-ых максимумов) охватил всю ЕЧР, Уральский и Сибирский ФО (за исключением небольших областей отрицательных аномалий на юге). Тепло также было на востоке Чукотского АО (до $+6.2^{\circ}\text{C}$, станция Эньювеем). Отрицательные аномалии температуры отмечались на большей части Якутии (-3.3°C , станция Чюльбю), на западе Чукотского АО (-3.5°C , станция Илirianей) и в Приморском крае.

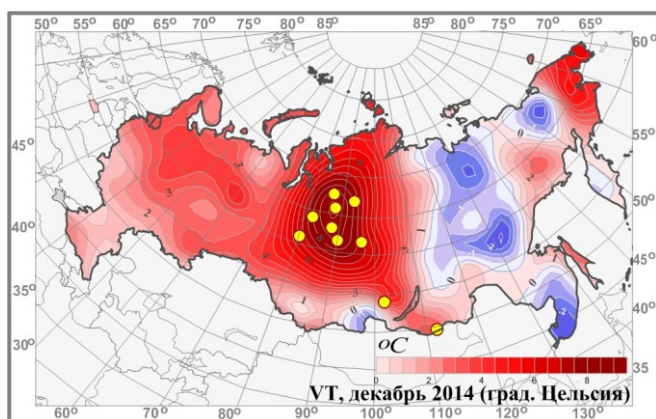


Рисунок 1.6 – Аномалии среднемесячной температуры воздуха в декабре 2014 г. на территории РФ.

Тенденции современных изменений температуры воздуха

Региональные оценки трендов, полученные по временным рядам регионально осредненных аномалий температуры, приведены в таблице 1.3 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 - 2014 гг. с 95%-й доверительной полосой.

На рис. 1.9 представлено географическое распределение коэффициентов линейных трендов температуры воздуха на территории РФ за 1976-2014 гг. Оценки получены по станционным временным рядам средних годовых и сезонных аномалий температуры методом наименьших квадратов и выражены в градусах за десятилетие ($^{\circ}\text{C}/10$ лет). Коэффициент тренда является характеристикой средней скорости изменения температуры на рассматриваемом отрезке времени. 1976 год выбран условно в качестве начала современного потепления.

В целом за год и во все сезоны (рис. 1.9), кроме зимы, потепление продолжается на всей территории РФ. Скорость роста осредненной по РФ среднегодовой температуры (линейный тренд) составила $0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет¹. (вклад в общую изменчивость 40%). Наиболее быстрый рост наблюдается весной ($0.58^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет: описывает 60% суммарной дисперсии).

Среднегодовые температуры растут во всех физико-географических регионах и ФО (таблица 1.3), 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 потепление наблюдается до 1990-х годов; позже роста температуры нет.

¹ Во *Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации* приведена оценка $+0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет, относящаяся к периоду 1976-2013 гг.

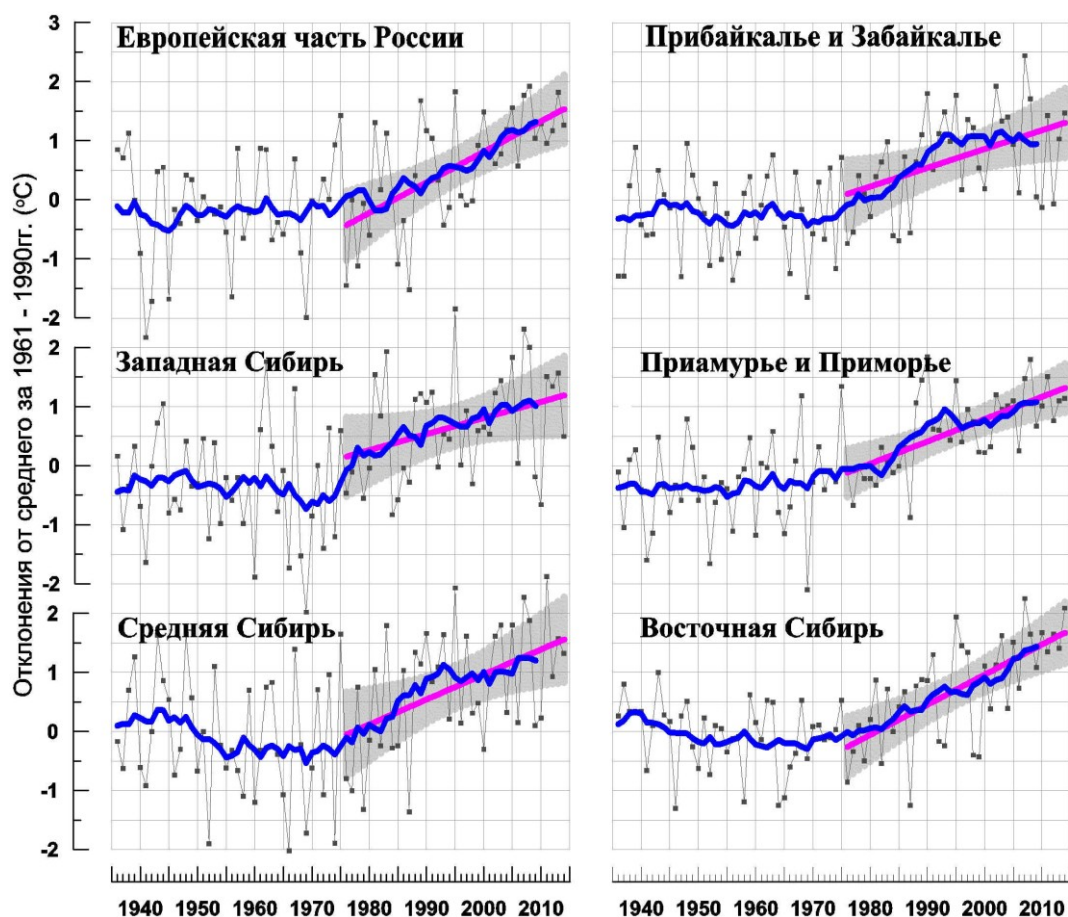


Рисунок 1.7 – Средние годовые аномалии температуры приземного воздуха (°C) для регионов РФ за 1936-2014 гг. Усл. обозначения см. на рис. 1.1.

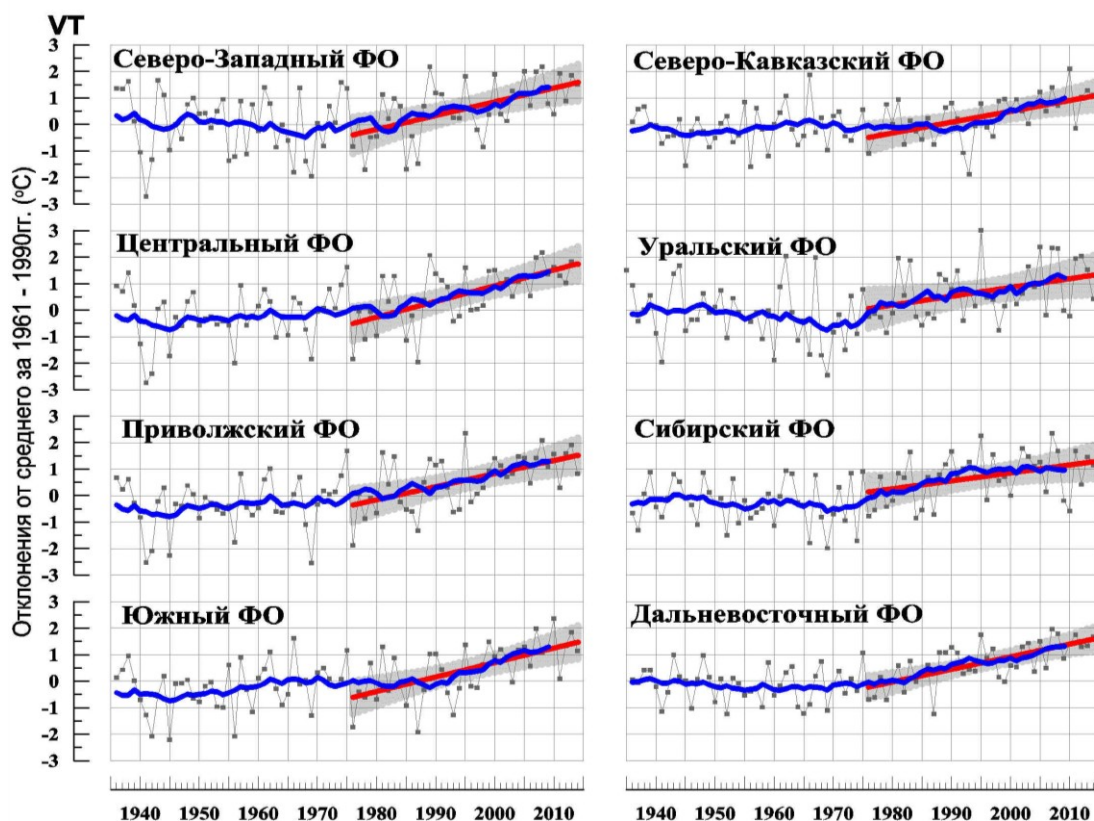


Рисунок 1.8 – См. рис. 1.7, но для федеральных округов РФ.

Таблица 1.3 – Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха, осредненной за год и по сезонам и осредненной по территории РФ, ее регионов и ФО за 1976-2014 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										
	0.42	40	0.15	1	0.58	33	0.42	60	0.50	26
Физико-географические регионы РФ										
ЕЧР	0.52	40	0.43	5	0.42	18	0.58	37	0.59	27
Западная Сибирь	0.27	12	-0.14	0	0.64	21	0.17	4	0.38	7
Средняя Сибирь	0.42	22	0.10	0	0.73	26	0.42	35	0.37	6
Прибайкалье и Забайкалье	0.32	20	0.00	0	0.54	18	0.47	40	0.27	7
Приамурье и Приморье	0.38	42	0.31	7	0.29	10	0.38	36	0.53	37
Восточная Сибирь	0.51	45	0.07	0	0.77	35	0.45	45	0.76	40
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	0.52	32	0.59	6	0.37	10	0.50	35	0.56	20
Центральный	0.59	41	0.54	7	0.47	16	0.73	36	0.60	25
Приволжский	0.49	32	0.26	2	0.46	15	0.52	19	0.67	25
Южный	0.55	38	0.39	6	0.47	17	0.75	42	0.53	20
Северо-Кавказский	0.41	33	0.31	8	0.34	17	0.54	35	0.43	15
Уральский	0.33	14	0.02	0	0.59	16	0.23	6	0.40	7
Сибирский	0.30	15	-0.09	0	0.66	26	0.31	31	0.28	5
Дальневосточный	0.48	48	0.17	3	0.63	31	0.45	57	0.65	41

Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана, особенно в АЧР (более +0.8°C/10 лет на Таймыре): здесь максимум потепления наблюдается во все сезоны, кроме лета. Летом самое быстрое потепление происходит на западе ЕЧР южнее 55°с.ш. Весной и осенью имеется еще один максимум потепления – на крайнем северо-востоке России, а зимой – на северо-западе ЕЧР. Скорость роста средней по региону Восточная Сибирь температуры осенью +0.76°C/10 лет, и весной +0.77°C/10 лет – максимальные региональные величины потепления. Следует также отметить очень интенсивное потепление летом в Южном и Центральном ФО (+0.75°C/10 лет и +0.73°C/10 лет). Минимум потепления в среднем за год – на юге Западной Сибири.

Для зимы тренд за 1976-2014 гг. продолжает оставаться положительным (0.15°C/10 лет), но он очевидно статистически незначим – описывает лишь 1% общей изменчивости. Отрицательные аномалии зимней температуры в 3-х из 5 последних лет вызвали резкое уменьшение тренда, который составлял еще для 1976-2009 гг. 0.44°C/10 лет. На юге Западной Сибири наблюдается центр области похолодания, впервые проявившейся в период 1976- 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 –0.54°C/10 лет. Другая область похолодания зимой – на крайнем северо-востоке (до –0.6°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 (САК). В период роста положительной фазы САК до середины 1990-х гг. практически вся территория РФ испытывала избыточное потепление (в особенности запад ЕЧР) за счет переноса теплого воздуха Северной Атлантики (рис. 1.10а). Отрицательные тренды наблюдались лишь на

крайнем Северо-Востоке. Текущее потепление зим за период 1994-2014 гг., после смены знака тренда САК, наблюдается в основном в арктической зоне РФ, включая Чукотку, и побережье Охотского моря. На остальной территории РФ в период 1994-2014 гг. зимние температуры убывают, слабо в ЕЧР ($>-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) и значительно в АЧР, до $-2.0^{\circ}\text{C}/10$ лет на юге Сибири.

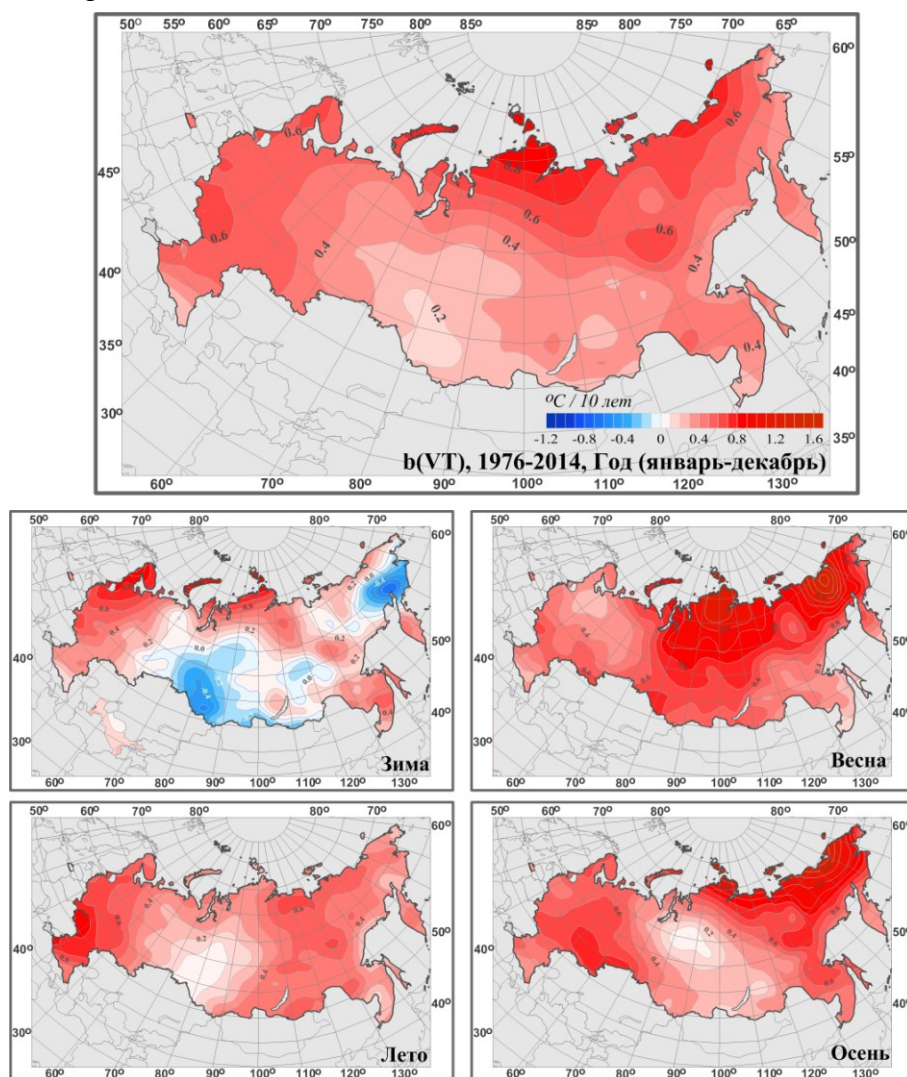


Рисунок 1.9– Распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории РФ за период 1976-2014 гг. (в $^{\circ}\text{C}/10$ лет)

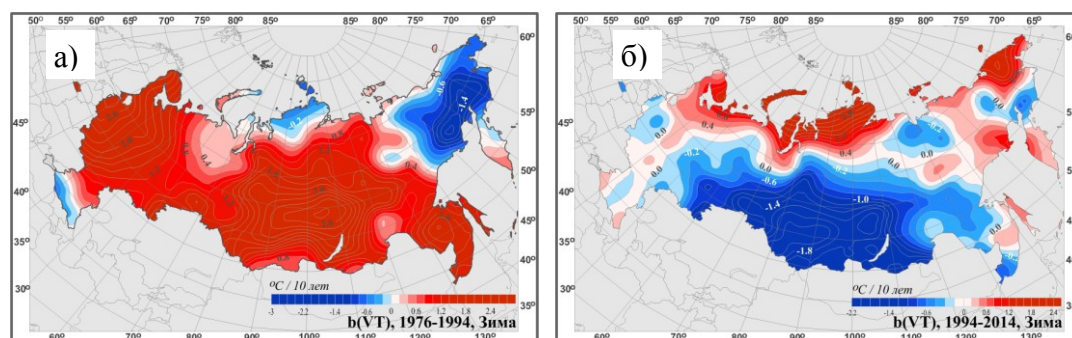


Рисунок 1.10 – Распределение коэффициентов линейного тренда средней температуры приземного воздуха зимнего сезона на территории РФ за периоды (а) 1976-1994 гг. и (б) 1994-2014 гг. (в $^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Летом и осенью потепление наблюдается на всей территории РФ, однако в Сибири (на юге летом и в центре осенью) имеются области, где рост очень слаб. За счет очень теплой весны 2014 г. усилилась тенденция к потеплению в регионе Средняя Сибирь до $+0.73^{\circ}\text{C}/10$ лет (вместо $0.63^{\circ}\text{C}/10$ лет в 1976-2013 гг.). Скорость потепления осенних сезонов, напротив, снизилась на $\sim 0.1^{\circ}\text{C}/10$ лет (по сравнению с 1976-2013 гг.) в среднем по территории Уральского ФО, а также на северо-востоке Приволжского и в восточной части Южного ФО.

Тенденции изменений температурного режима горных районов Кавказа.

По характеру рельефа территорию Северного Кавказа обычно подразделяют на три зоны: равнинную (степную), предгорную и горную. Степная зона занимает большую часть территории района и простирается от северных его границ на юг, до рек Кубани и Терека. Предгорная зона располагается южнее и тянется небольшой полосой с северо-запада на юго-восток. Равнинами считаются территории с небольшим перепадом высот (до 200 м), они бывают низменные высотой до 200 м, возвышенные от 200 до 500 м и высокие более 500 м, такие равнины называются плоскогорьями. Горные территории это возвышенности высотой над уровнем моря $> 1000\text{м}$.

Для каждой из этих территорий характерен свой температурный режим и количество осадков. Были исследованы временные ряды климатических переменных трех горных станций: Ахты, Теберда, Терскол (высота > 1000 м над уровнем моря), и для сравнения данные по двум м/станциям, расположенным в предгорном районе - Нальчик (500 м н.у.м) и степном - Прохладная (198 м н.у.м.).

Температурный режим горных станций **Ахты** и **Теберда** имеет ряд общих и ряд отличительных черт. На обеих станциях наблюдается одинаковая тенденция роста среднегодовых температур при определенном различии для сезонных температур (таблица 1.4). В **Ахты** за период 1976-2013 гг. скорость роста составляет $0.38^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$, с вкладом в суммарную дисперсию 28%; максимальная сезонная скорость роста *осенью*: $0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет (15%), но *летом* незначительно меньший по величине тренд существенно более значим: $0.44^{\circ}\text{C}/10$ лет (28%). В **Теберде** с 1976 рост среднегодовых температур $0.36^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$, с вкладом в суммарную дисперсию 27%. Максимальный тренд наблюдается *летом*: $0.54^{\circ}\text{C}/10$ лет (40%)

Наблюдается различие во вкладе *абсолютных максимумов и минимумов* в увеличение среднегодовой температуры в Ахты и Теберде. В **Ахты** скорость роста абсолютных годовых и сезонных минимумов (кроме осени) значительно превосходит скорость роста максимумов; летом тренд максимумов отрицателен. В **Теберде** же в целом за год и зимой скорость роста минимумов в разы *меньше* скорости роста максимумов, а в остальные сезоны ситуация противоположная.

Значительно отличается от м/станций Ахты и Теберда высокогорная м/станция **Терскол**. На м/станции **Терскол** с 1976 года скорость роста *среднегодовой температуры* мала: $0.07^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$, с вкладом в суммарную дисперсию 2%. В Терсколе с 1961 по 2013гг. наблюдается годовой температурный режим, отличающийся значительной стабильностью (рис. 1.11). Значимый тренд наблюдается лишь *летом*: $0.39^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$, вклад в дисперсию 28%.

Данные по *абсолютным максимумам и минимумам температур* имеются лишь с 2006 по 2013гг. За этот период наблюдается тенденция *роста годовых абсолютных минимумов и уменьшения годовых абсолютных максимумов*.

В предгорной станции **Нальчик** и степной станции **Прохладная** с 1976 года наблюдаются максимальные скорости роста среднегодовой температуры: $0.6^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ и $0.47^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$. Как в **Нальчике**, так и в **Прохладной** наибольший вклад в скорость роста среднегодовых температур вносят *летние* температуры ($0.79^{\circ}\text{C}/10$ лет и $0.68^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно); летом же быстрее растут *максимальные* температуры.

Таблица 1.4 – Характеристики линейного тренда b (D) за 1976-2013 гг. некоторых показателей среднегодового и среднесезонного режимов температуры на станциях Кавказского региона. T - средняя температура, Min - абсолютный минимум, Max - абсолютный максимум, b - значение углового коэффициента линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), D (%) - вклад тренда в суммарную дисперсию.

		Ахты		Теберда		Терскол		Нальчик		Прохладная	
		b	D	b	D	b	D	b	D	b	D
Год	T	0.38	28	0.36	27	0.07	1	0.60	44	0.47	33
	Min	0.45	5	0.17	0.5	-	-	0.47	1.5	0.66	3
	Max	0.25	1	0.50	6	-	-	0.79	20	0.96	26
Зима	T	0.41	9	0.36	5	-0.08	0	0.58	17	0.48	11
	Min	0.30	2	0.13	0	-	-	0.33	1	0.56	2
	Max	0.80	15	0.77	14	-	-	0.16	0.5	0.48	3
Весна	T	0.23	5	0.21	7	0.00	0	0.4	15	0.23	6
	Min	0.95	9	1.42	15	-	-	1.36	14	0.99	7
	Max	0.02	0	0.38	5	-	-	0.35	3	0.48	3
Лето	T	0.44	28	0.54	40	0.39	28	0.79	49	0.68	42
	Min	0.38	6	0.67	18	-	-	0.42	4	0.37	2
	Max	-0.08	0	0.51	6	-	-	0.79	19	0.48	3
Осень	T	0.48	15	0.40	16	0.03	0	0.62	27	0.47	17
	Min	0.04	0.02	0.98	8	-	-	0.11	0	0.05	0
	Max	0.27	1	0.46	4	-	-	1.28	32	0.91	18

*серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной

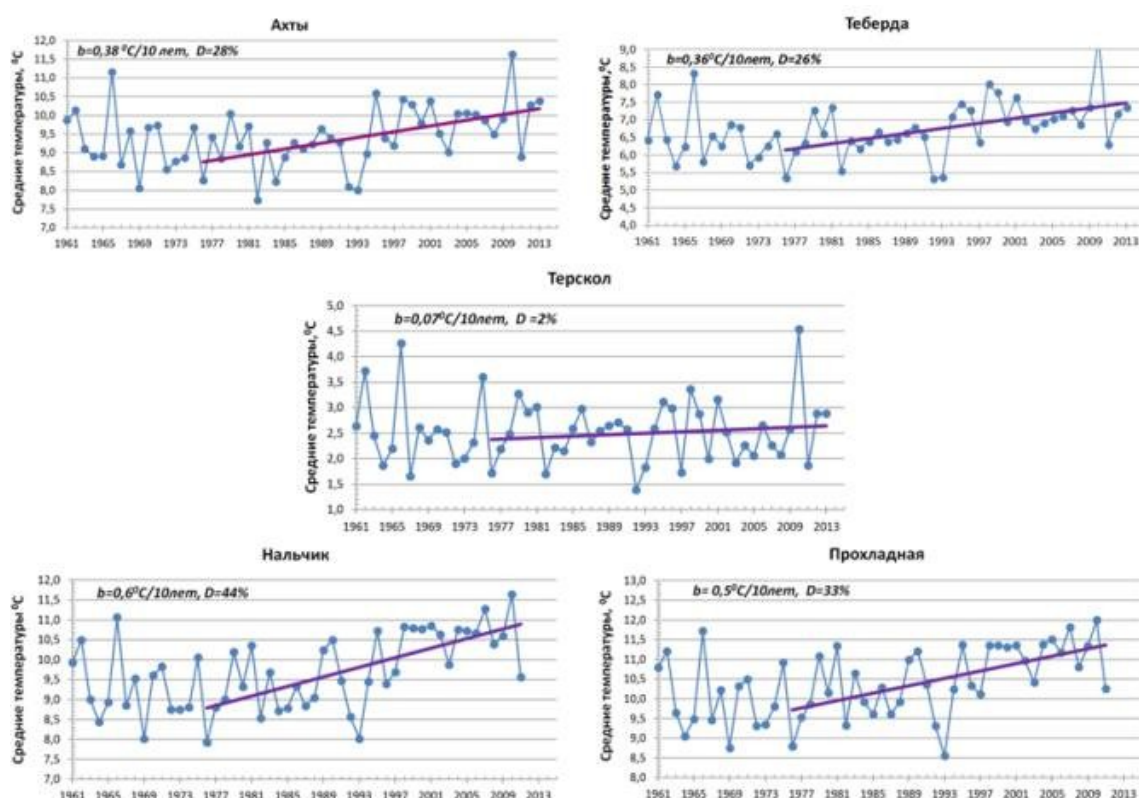


Рисунок 1.11 – Средние годовые температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на горных станциях Ахты, Теберда, высокогорной станции Терскол, предгорной станции Нальчик и степной станции Прохладная, 1961-2013 гг. Показан линейный тренд за 1976-2013 гг. (b - значение углового коэффициента линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет); D (%) - вклад тренда в суммарную дисперсию).

В предгорной станции **Нальчик** и степной станции **Прохладная** с 1976 года наблюдаются максимальные скорости роста среднегодовой температуры: $0.6^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ и $0.47^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$. Как в **Нальчике**, так и в **Прохладной** наибольший вклад в скорость роста среднегодовых температур вносят *летние* температуры ($0.79^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ и $0.68^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ соответственно); летом же быстрее растут *максимальные* температуры.

Выводы. 2014 год был теплым на всей территории страны. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры воздуха составила $+1.28^{\circ}\text{C}$ – 8-ая величина в ряду наблюдений с 1936 г. На большинстве станций крайнего Северо-Востока, а также на северо-западе РФ отмечены 95%-е экстремумы. Среди сезонов выделяется рекордно теплая весна: осредненная по территории России аномалия $+3.12^{\circ}\text{C}$ – исторический максимум. Осредненные по физико-географическим регионам РФ аномалии температуры все (кроме Восточной Сибири) попали в пять максимальных в соответствующих рядах.

В регионе Восточная Сибирь год оказался на 2-ом месте среди наиболее теплых лет, а зимний сезон – рекордно теплым; каждый из остальных сезонов вошел в первую шестерку самых теплых.

Самыми теплыми месяцами, в целом по территории РФ, оказались апрель и август (2-е значения в рядах с 1936 г.), самым холодным - октябрь (средняя по территории РФ аномалия составила -0.36°C).

В целом за год и во все сезоны, кроме зимы, потепление за период с 1976 г. наблюдается на всей территории РФ: тренд осредненной по РФ среднегодовой температуры за 1976-2014 гг. составил $+0.42^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$. Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры наблюдается на побережье Северного Ледовитого океана (более $+0.8^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ на Таймыре). В среднем по России наиболее быстрый рост температуры наблюдается весной ($+0.58^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$). Зимой имеются области отрицательного тренда за 1976-2014 гг. на крайнем северо-востоке, на юге Сибири (до $-0.54^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$), в Забайкалье. Средняя по РФ зимняя температура росла до середины 1990-х гг., после чего наблюдается ее уменьшение.

На станциях всех зон Северного Кавказа (высокогорной, горной, предгорной и степной) максимальное потепление наблюдается летом или осенью. На высокогорной станции Терскол только летом наблюдается значимое потепление: в остальные сезоны и за год в целом тренды температуры здесь отсутствуют. На всех остальных станциях среднегодовые температуры значимо увеличиваются, в особенности на предгорной станции Нальчик ($0.6^{\circ}/10\text{лет}$, вклад в дисперсию 44%) и степной станции Прохладная ($0.47^{\circ}/10\text{лет}$, вклад в дисперсию 33%). Во все сезоны и за год растут максимальная и минимальная за сезон (год) суточная температура (исключая Терскол, для которого отсутствуют необходимые данные).

2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

Данные. Использованы данные о месячных суммах осадков на 455 станциях из базового массива ИГКЭ, расположенных на постсоветской территории (из них 310 станций - российские). За 2014 год использованы оперативные данные 240 - 258 российских станций, своевременно поступившие с каналов 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 2014 г.

На рис. 2.1 приведены временные ряды аномалий среднегодовых и сезонных осадков для РФ в целом; на рис. 2.2 карты географического распределения среднегодовых и сезонных аномалий осадков. В таблицах 2.1, 2.2 приведены количественные данные об аномалиях пространственно осредненных осадков для шести крупных физико-географических регионов России, восьми Федеральных округов РФ и для территории России в целом (границы регионов приведены на рис. 1, 2 Введения). Для каждого региона в таблице 2.1 приведены региональные значения аномалии (средние за год и за каждый сезон) и таблице 2.2 вероятности неперевышения (рассчитаны по данным за 1936-2013 гг.). Аномалии, попавшие на одно из первых или последних 5 мест в ранжированном по убыванию ряду осадков, выделены.

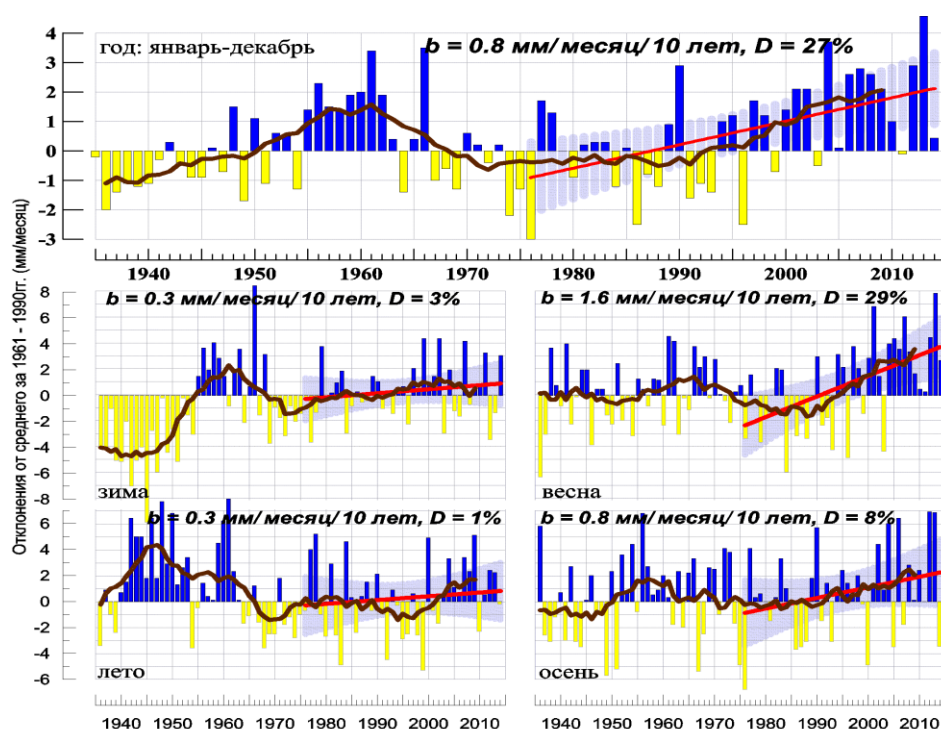


Рисунок 2.1 – Средние годовые и сезонные аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ, 1936-2014 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2014 гг.; b - коэффициент тренда (мм/мес/10 лет), D - вклад тренда в суммарную дисперсию (%).

Режим осадков в 2014 г. оказался в целом по РФ близок к норме 1961-90 гг. Однако за последние 10 лет только 2 года осадки были меньше, а в остальные – намного больше (рис. 2.1). Следует отметить дефицит годовых осадков в ЕЧР, экстремальный (на многих станциях ниже 5-го процентиля) в ряде центральных областей: здесь во все сезоны

выпадало меньше нормы осадков: в ЦФО выпало 80% нормы – третья минимальная величина с 1936 г. (таблицы 2.1, 2.2).

На АЧР в основном наблюдались осадки выше нормы, особенно в Западной Сибири (в Уральском ФО выпало 117% нормы осадков, столько или больше бывает около 1 раза в $100/(100-97.4) \approx 40$ лет (см. таблицу 2.2: здесь и далее все оценки повторяемостей рассчитываются по ряду **1936-2013 гг.**); сразу отметим, что влажными здесь были все сезоны, кроме осени), но на юге АЧР, от Саян до Тихоокеанского побережья, и, особенно, в Байкальском регионе (для региона Прибайкалье и Забайкалье – 85% нормы, что случается в среднем 1 раз в $100/1.3 \approx 75$ лет), а также на севере АЧР, вдоль Арктического побережья осадков за год выпало меньше нормы.

Среди сезонов наибольшее количество осадков выпало зимой и весной, летом осадки в целом были около нормы, а осень была по большей части сухой, в некоторых регионах – экстремально.

Зима. Осадки зимой преимущественно превышали норму; в целом по России выпало 113% нормы осадков. Избыток (более 120%) осадков наблюдался на севере ЕЧР, Урале, Западной и Средней Сибири (кроме полярных районов), на побережье Охотского моря, юге Чукотки. Наиболее снежным оказался Уральский ФО, где выпало 125% нормы осадков (столько здесь бывает в среднем около 1 раза в 20 лет). Основные области дефицита осадков сформировались в Забайкалье (до 40% нормы), Таймыре (также до 40%) и прилегающих частях арктического побережья, Приморье, на Алтае. Меньше нормы осадков выпало также в областях ЦФО и ЮФО.

Во всех трех зимних месяцах с теми или иными отличиями в основном повторялось среднесезонное распределение осадков. Стоит выделить экстремальные осадки **февраля** на побережье Охотского моря и востоке Приленского Плато (Якутия), а также в нижнем течении Амура: здесь осадки выше 95-го перцентиля наблюдались на большинстве станций. В Магадане выпало 297% нормы осадков, а на станции Софийский Прииск Хабаровского края - 426% нормы. Значительные (выше 140% нормы) и местами экстремальные осадки выпали в **декабре 2013 г.** на обширной территории: север ЕЧР – Урал – Западная и часть Средней Сибири. В то же время на большей части ЕЧР этот месяц был малоснежным, как и **февраль**. Малоснежные условия вдоль арктического побережья вокруг Таймыра, а также в Забайкалье сохранялись в течение всех зимних месяцев.

Весна. Сезон в целом по России был умеренно влажным: 110% нормы, что бывает раз в 4 года. Хотя, как и зимой, положительные аномалии наблюдались на большей части территории, но избыток осадков выше 120% отмечен, в основном, лишь на севере и юге ЕЧР (в СКФО – 135% нормы, что случается раз в 25 лет) и в Западной Сибири (129% нормы: частота раз в 25 лет).

Очень мало осадков (местами экстремально – менее 5-го перцентиля) выпало в центральных областях ЕЧР (Центральный и Приволжский ФО – 85% нормы). Дефицит осадков наблюдался также в Забайкалье и Приамурье.

Влажными в Западной Сибири были все три весенних месяца, но в **марте** в основном на юге, а в **апреле – мае** на севере. В **апреле** экстремальные осадки выпали на арктическом побережье: на Таймыре (ГМО им. Федорова - 358% нормы) и побережье Восточно-Сибирского моря (Чокурдах - 304%); очень влажно было и в Средней Сибири. В **марте** в Тюмени выпало 351% нормы осадков. Также все три месяца сохранялся дефицит осадков в центре ЕЧР. Избыточное увлажнение весеннего сезона на севере и юге ЕЧР сформировалось за счет **марта** и **мая**. В **марте** и **апреле** было исключительно сухо в Забайкалье и Приамурье (на огромных территориях вдоль Амура менее 20% нормы; в апреле на станциях Нерчинский Завод Забайкальского края и Екатерино-Никольское Еврейской АО осадков не выпало совсем), но в **мае** в этих регионах выпало значительное избыточное количество осадков. В **мае** экстремальные осадки выпали на Алтае и вызвали сильнейшие паводки в Алтайском крае (см. подробнее Главу 8).

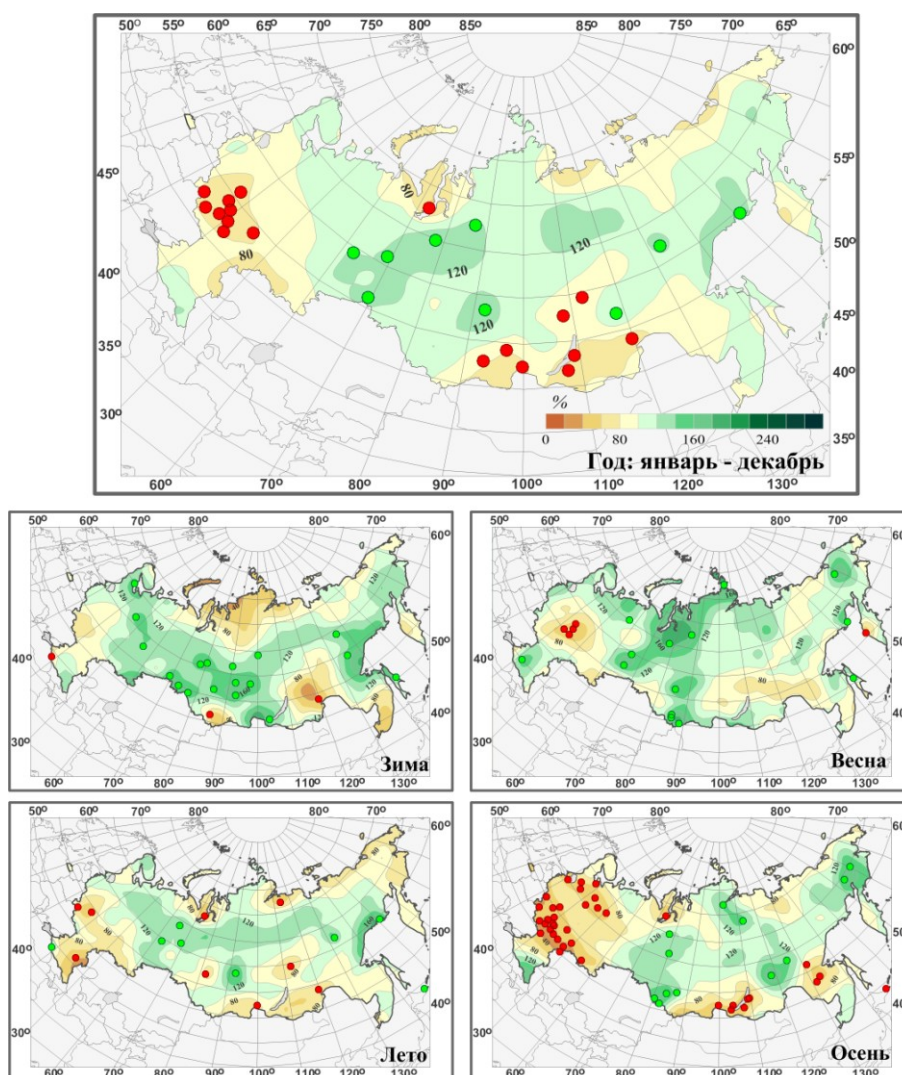


Рисунок 2.2 – Аномалии годовых и сезонных сумм осадков на территории России в 2014 г. (% от нормы 1961-1990 гг.). Кругами красного и зеленого цвета показаны станции, на которых осадки оказались соответственно ниже 5-го или выше 95-го процентиля.

Лето. Летом в целом по России режим осадков был близок к норме. Дефицит осадков (менее 80% нормы) сформировался вдоль арктического побережья и в южной половине России в ЕЧР и на востоке от Саян до слияния Аргуни с Шилкой. Избыток – в полосе между 60-65°с.ш. от верховьев Волги до Верхоянского хребта, а также на побережье Охотского моря.

Наиболее выражено аномальным летним месяцем был **июль**, когда сформировалось несколько областей экстремальных аномалий обоих знаков. Практически на всей ЕЧР наблюдался дефицит осадков, южнее 60°с.ш. – менее 40% нормы, в ряде областей на западе ЦФО, юге Приволжского ФО – менее 20%: здесь на большинстве станций осадки были ниже 5-го процентиля (в Балашове Саратовской области месячная сумма осадков оказалась нулевой; в Воронеже выпало 3% нормы). В ЦФО выпало 37% нормы – *вторая* минимальная величина с 1936 г. Напротив, на Дальнем Востоке сформировалась область избыточного увлажнения с максимумом на западном побережье Охотского моря – более 2 норм осадков (в Магадане - 446%). Дефицит осадков (местами экстремальный) наблюдался вдоль арктического побережья, в Якутии, При- и Забайкалье, на Камчатке. Избыток осадков выпал в Западной и местами Средней Сибири. В **июне** следует отметить избыток осадков в ЕЧР и также на побережье Охотского моря, дефицит – вдоль арктического побережья АЧР, на юге Западной Сибири, юге Якутии и Приамурье. В **августе** наиболее значительная область избытка осадков сложилась в Средней и

Западной Сибири, также на Урале; весь Дальний Восток, а также юг АЧР были охвачены дефицитом осадков. Необходимо упомянуть серьезный дефицит осадков на юге ЕЧР, особенно сильный на побережьях Черного и Каспийского морей (до 20% нормы; в Махачкале и Краснодаре зафиксированы нулевые суммы осадков).

Дефицит осадков в разные месяцы в течение лета в центре и на юге ЕЧР вызвал ряд засух сильной и средней интенсивностей в ряде областей ЦФО, а также Приволжского и Южного ФО и в Ставропольском крае СКФО.

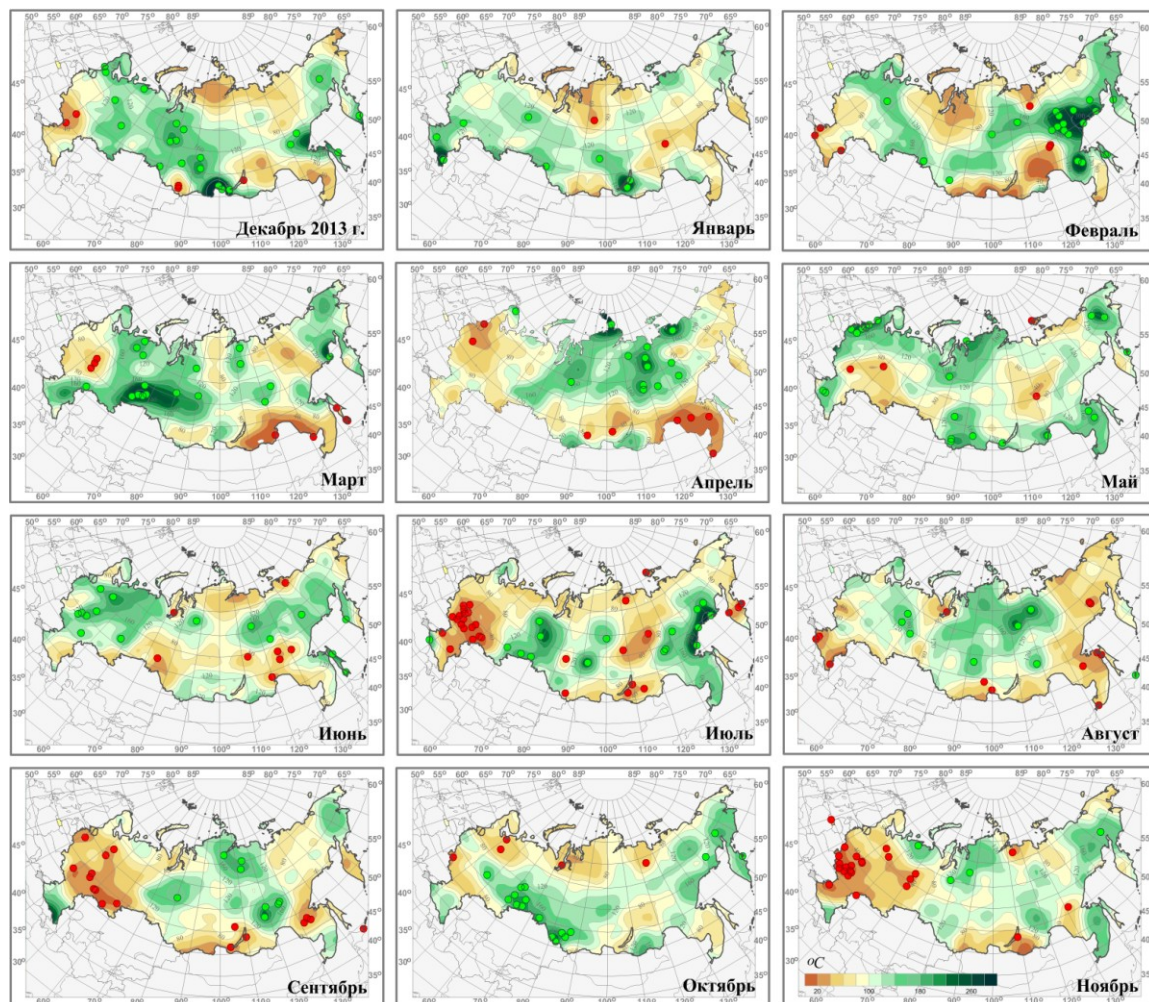


Рисунок 2.3 – См. рис. 2.2, но для среднемесячных аномалий (с декабря 2013 г. по ноябрь 2014 г.).

Осень. В целом по территории России осень была сухой: относительная аномалия осадков 92% нормы, частота такой аномалии около 1 раза в 7-8 лет. Чрезвычайно сухим сезон был в ЕЧР: 68% нормы – самая сухая осень с 1936 г. Экстремальные сезонные аномалии ниже 5-го перцентиля отмечены на севере в Архангельской, Ленинградской, Вологодской областях и на юге: в ЮФО, южных областях ЦФО и Приволжского ФО. Сухо, местами экстремально, было в При- и Забайкалье, в нижнем течении Амура. Избыток осадков наблюдался в Западной и местами в Средней Сибири, на юге Якутии и Чукотки.

Экстремально сухие условия в ЕЧР сложились в основном за счет **сентября** и **ноября**. Осредненные по ЕЧР осадки **сентября** составили 62% нормы – минимальная величина в ряду; самые значительные аномалии наблюдались на станциях Приволжского ФО (Оренбург – 6% нормы). В **ноябре** осредненные по ЕЧР осадки 53% нормы - третья минимальная величина в ряду. Наиболее сильный дефицит осадков наблюдался в Центральном и Приволжском ФО, на многих станциях количество выпавших осадков

было меньше 5-го перцентиля. Наименьшее количество осадков наблюдалось на станциях Елец, Павелец, Мичуринск, Тамбов - выпало 4% нормы. Эти же два месяца определили сухую осень в Байкальском регионе и нижнем течении Амура.

Влажную осень в Западной Сибири определили условия **сентября** и **октября**. Избыток осадков на Чукотке наблюдался все три осенних месяца.

Таблица 2.1 Средние годовые (январь - декабрь) и сезонные осадки (в % от нормы 1961-90 гг.) для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2014 году (темно зеленым выделены значения, попавшие в число трех наибольших (ранг 1, 2 или 3), светло-зеленым – попавшие в число пяти наибольших (ранг 4 или 5), желтым - попавшие в число трех наименьших за период с 1936 г.).

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
Россия	101	113	110	100	92
Физико-географические регионы РФ					
Европейская часть РФ	94	108	105	96	68
Западная Сибирь	114	124	129	109	112
Средняя Сибирь	110	109	115	110	110
Прибайкалье и Забайкалье	85	110	100	78	91
Приамурье и Приморье	94	108	93	93	86
Восточная Сибирь	108	122	112	108	107
Федеральные Округа РФ					
Северо-Западный	101	118	115	112	70
Центральный	80	88	85	83	51
Приволжский	87	114	85	90	62
Южный	95	87	119	88	73
Северо-Кавказский	109	116	135	74	117
Уральский	117	125	134	121	101
Сибирский	102	117	114	93	108
Дальневосточный	103	114	105	102	102

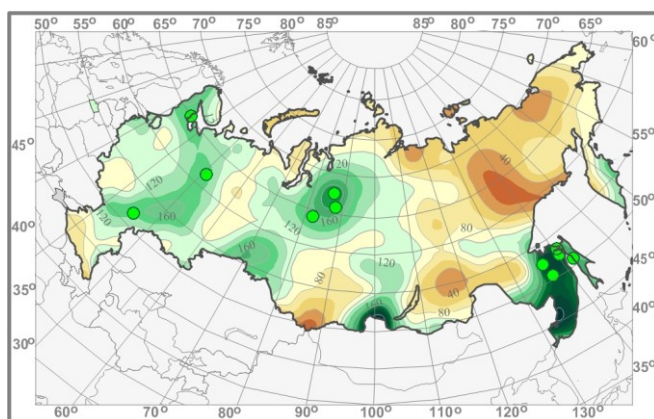


Рисунок 2.4 –Аномалия осадков (% нормы) в декабре 2013г. на территории России.

Декабрь 2014 г. был малоснежным на Дальнем Востоке, в особенности на побережьях Охотского и Восточно-Сибирского морей, в Якутии, Забайкалье (менее 40% месячной нормы осадков). Так же мало осадков выпало на Алтае. Наиболее значительный избыток осадков выпал в низовьях Амура, на ряде станций экстремальный; наибольшее количество осадков зафиксировано на станции им. Полины Осипенко: 333%. В ЕЧР значительный избыток осадков наблюдался на северо-западе и востоке, в Западной

Сибири на юге и в низовьях Енисея. Чрезвычайно значительная аномалия осадков в Саянах объясняется очень малыми нормами осадков на некоторых горных станциях.

Таблица 2.2 Вероятности превышения средней годовой (январь - декабрь) и средних сезонных осадков для физико-географических регионов России и федеральных округов РФ в 2014 году: *вероятности превышения рассчитаны по данным за 1936-2013 гг. и выражены в % (темно зеленым выделены значения, попавшие в число трех наибольших (ранг 1, 2 или 3), светло-зеленым – попавшие в число пяти наибольших (ранг 4 или 5), желтым - попавшие в число трех наименьших).*

Регион	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
Россия	57.7	87.2	75.6	41.0	12.8
Физико-географические регионы РФ					
Европейская часть РФ	19.2	65.4	55.1	41.0	0.0
Западная Сибирь	96.2	89.7	96.2	66.7	88.5
Средняя Сибирь	87.2	75.6	88.5	69.2	76.9
Прибайкалье и Забайкалье	1.3	67.9	41.0	0.0	17.9
Приамурье и Приморье	30.8	67.9	39.7	39.7	15.4
Восточная Сибирь	87.2	91.0	79.5	73.1	64.1
Федеральные Округа РФ					
Северо-Западный	61.5	84.6	79.5	71.8	1.3
Центральный	2.6	38.5	26.9	20.5	2.6
Приволжский	12.8	78.2	23.1	33.3	7.7
Южный	38.5	32.1	78.2	32.1	12.8
Северо-Кавказский	74.4	75.6	96.2	14.1	65.4
Уральский	97.4	94.9	91.0	93.6	57.7
Сибирский	47.4	88.5	88.5	7.7	67.9
Дальневосточный	67.9	89.7	65.4	59.0	52.6

Тенденции современных изменений режима осадков

На рис. 2.5 представлено пространственное распределение коэффициентов линейных трендов атмосферных осадков на территории России для 2014 года в целом и для сезонов года. Оценки получены по стационарным временным рядам годовых и сезонных аномалий осадков за 1976-2014 гг. в точках расположения станций.

Численные оценки трендов (значения коэффициентов линейного тренда и доля объясненной им дисперсии ряда) для регионально осредненных значений количества выпавших осадков приведены в таблице 2.3 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. 2.1 для России и на рис. 2.6, 2.7 для физико-географических регионов и Федеральных округов России (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.

На территории России в целом преобладает тенденция к росту годовых сумм осадков (рис. 2.5). Скорость роста превышает 5%/10 лет лишь в ряде областей Сибири и Дальнего Востока и на юго-востоке Северо-Кавказского ФО. Незначительное убывание годовых осадков (менее 5%/10 лет) наблюдается на большей части ЕЧР и на Южном

Урале. Годовые осадки также убывают в полосе вдоль южной границы Дальневосточного ФО и на севере Чукотского АО.

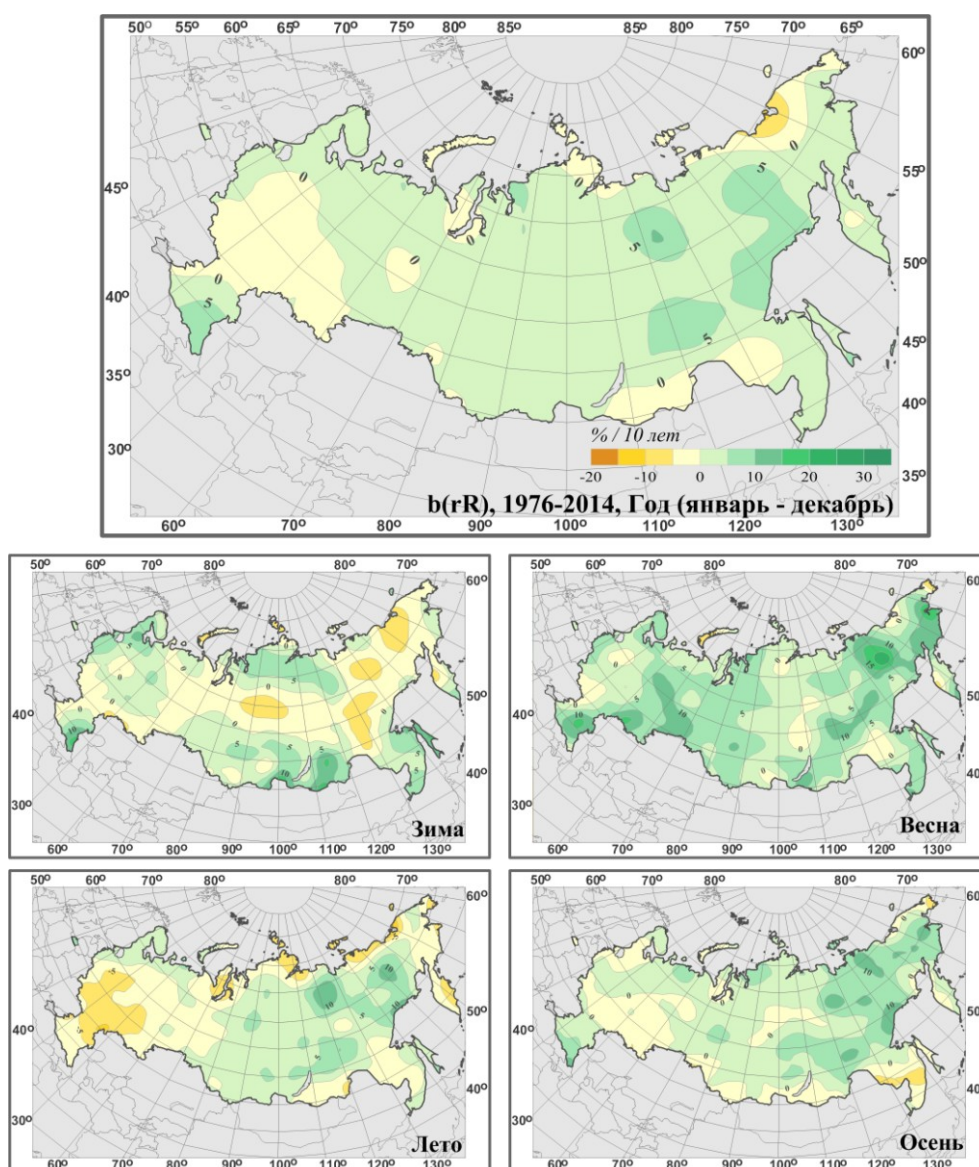


Рисунок 2.5 Пространственные распределения локальных коэффициентов линейного тренда годовых и сезонных сумм атмосферных осадков за 1976-2014 гг. на территории РФ (% от нормы за 10 лет).

Тренд среднегодовых осадков, осредненных по территории РФ, составляет 2.0% нормы/10 лет при вкладе в дисперсию 27%, т.е. тренд значим на уровне 1%. Рис. 2.6 показывает, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Наибольший вклад в общую изменчивость годовых осадков дают тренды для физико-географических регионов: Средняя Сибирь (3.6% /10 лет, вклад в дисперсию 28%), Восточная Сибирь (3.6% /10 лет; 16%), а также Сибирском (2.4% /10 лет, 24%) и Дальневосточном ФО 2.9% /10 лет, 19%). Отрицательный, очень малый и незначимый тренд - лишь в Приволжском ФО. В Средней Сибири положительный значимый на 5%-ном уровне тренд отмечается во все сезоны, кроме зимы.

Очень значительные межгодовые колебания региональных осадков, в особенности для относительно небольших регионов, в ряде случаев могут приводить к существенной нестабильности оценок от года к году даже тренда среднегодовых осадков. Так, в Прибайкалье и Забайкалье для периода 1976-2013 гг. оценки составляли 3.2% /10 лет, 15% объясненной дисперсии. Очень сухой для региона год (85% нормы, второе минимальное

значение в ряду) привел к тому, что для периода 1976-2014 гг. оценки значительно изменились: 2.1% нормы/10 лет, 7% объясненной дисперсии.

Следует иметь в виду, что региональные тренды выявляются на фоне изменений 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 (исключая 2014 г.), Северо-Западный, Сибирский и Дальневосточный ФО.

Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории РФ наблюдается *весной* (5.7% нормы / 10 лет, вклад в дисперсию 29%). Рост осадков происходит практически по всей России, особенно значительный в Восточной Сибири (до 15-20% нормы / 10 лет). За счет очень сухой осени 2014 г. (в особенности в ЕЧР и Байкальском регионе) значительно уменьшился тренд *осеннего* сезона: 1.9% нормы / 10 лет, вклад в дисперсию 8% для 1976-2014 гг. по сравнению с 2.4% / 10 лет, 13% вклад в дисперсию для 1976-2013 гг. *Зимой* рост осадков происходит в основном на севере и юге страны, а *летом* – на АЧР.

Таблица 2.3 Оценки линейного тренда осредненных за год (январь - декабрь) и по сезонам регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2014 гг.: *b*, %/10 лет – коэффициент линейного тренда, *D%* - вклад тренда в дисперсию. Выделены значения тренда, значимые на 1%-м уровне

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>	<i>b</i>	<i>D%</i>
Россия	2.0	27	1.3	3	5.7	29	0.5	1	1.9	8
Физико-географические регионы России										
Европейская часть России	0.7	2	1.2	1	4.8	14	-2.6	5	0.4	0
Западная Сибирь	2.3	9	1.2	1	8.3	27	0.6	0	1.3	2
Средняя Сибирь	3.6	28	-0.4	0	4.7	19	4.5	17	3.6	17
Прибайкалье и Забайкалье	2.1	7	4.4	9	4.7	7	1.2	1	3.2	5
Приамурье и Приморье	1.4	2	7.5	10	4.9	6	0.2	0	0.0	0
Восточная Сибирь	3.6	16	-0.2	0	7.3	25	1.2	1	5.4	18
Федеральные округа РФ										
Северо-Западный	2.0	8	3.3	6	4.9	14	0.1	0	0.7	0
Центральный	-0.8	1	0.7	0	2.7	2	-5.0	8	0.5	0
Приволжский	-1.0	1	-0.9	0	5.6	7	-4.6	6	-1.7	1
Южный	0.2	0	-0.7	0	4.0	4	-3.7	3	2.4	1
Северо-Кавказский	3.1	10	3.8	5	5.6	9	-1.0	0	4.0	4
Уральский	2.1	7	0.8	0	9.1	26	-0.7	0	1.8	2
Сибирский	2.4	24	1.5	2	5.1	14	2.1	9	2.1	5
Дальневосточный	2.9	19	1.3	1	6.3	28	1.6	3	3.3	17

Зимой и *летом* осадки уменьшаются в ряде областей: *зимой* на севере Дальневосточного ФО и в Средней Сибири. *Летом* убывают осадки в ЕЧР (кроме севера): отрицательные тренды наблюдаются как для ЕЧР в целом, так и для всех ФО, кроме Северо-Западного, а также в районе Обской губы, на Арктическом побережье (Таймыр и восточнее), на Камчатке. В эти два сезона значимый тренд отмечен только для Средней Сибири.

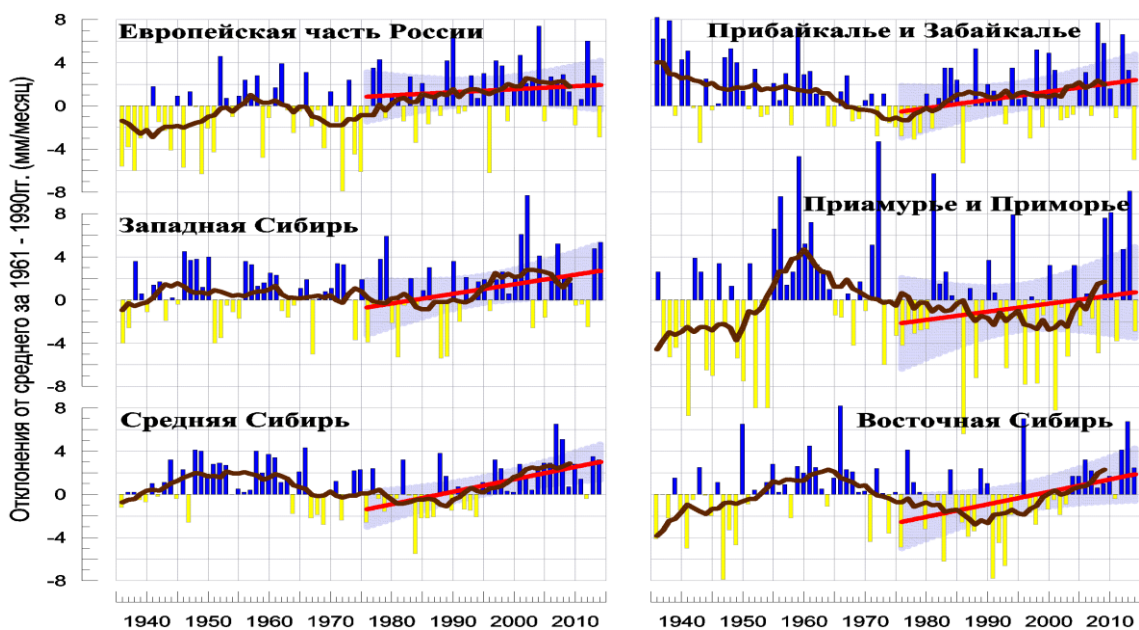


Рисунок 2.6. Осредненные за год и по территории регионов РФ аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936-2014 гг. Сглаженная кривая соответствует 11-летнему скользящему осреднению. Линейный тренд показан за 1976-2014 гг. с 95%-й доверительной полосой.

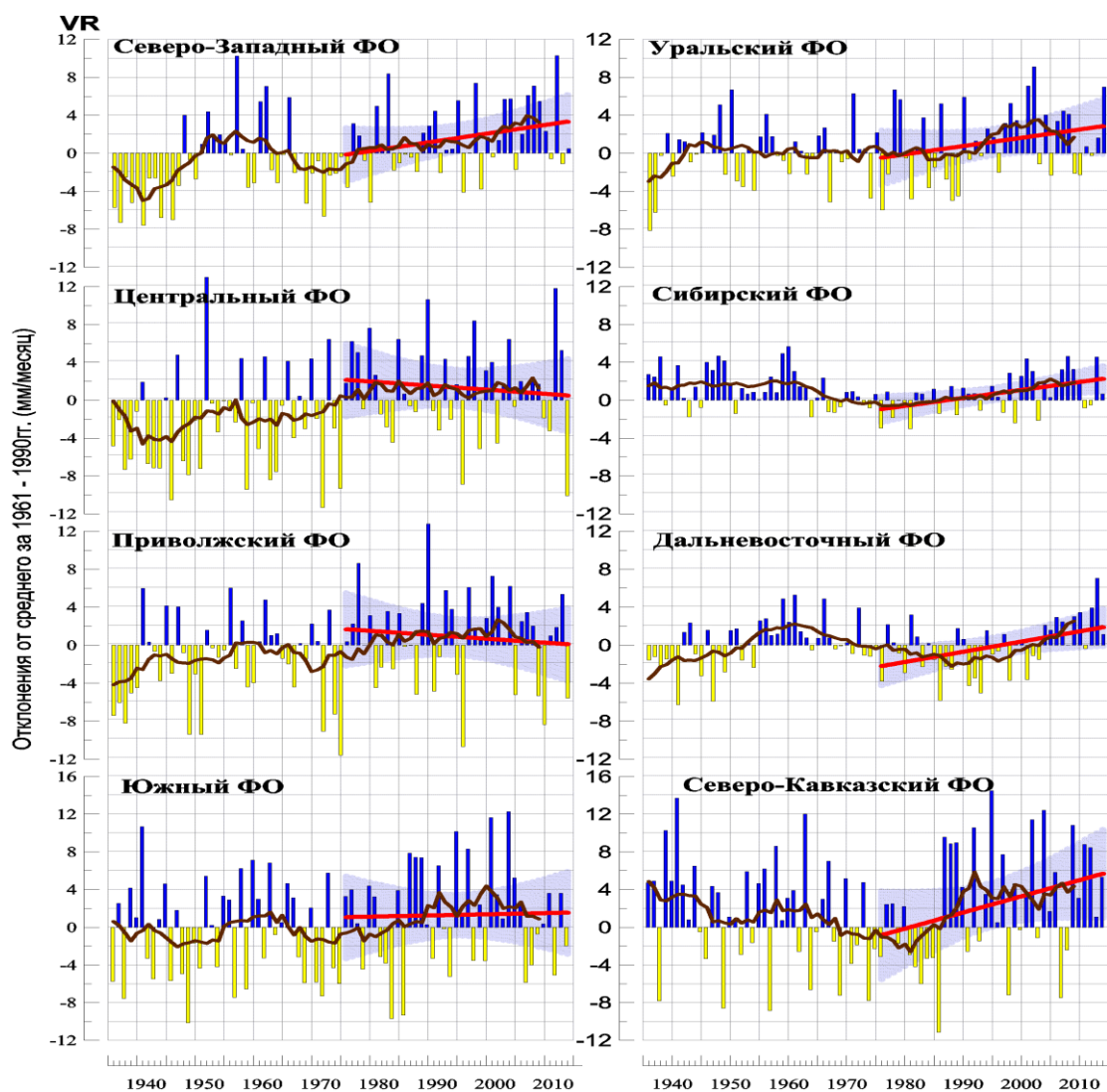


Рисунок 2.7. – То же, что на рис. 2.6., но для ФО РФ.

Тенденции изменений режима осадков горных районов Кавказа

В разделе анализируются временные ряды климатических переменных, характеризующих режим осадков, для трех горных станций: Ахты, Теберда, Терскол (высота > 1000 м над уровнем моря), и для сравнения данные по двум м/станциям, расположенным в предгорном районе - Нальчик (500 м н.у.м) и степном - Прохладная (198 м н.у.м.). Более подробная географическая характеристика приведена в разделе 1.

Изменение режима осадков не столь очевидно, как изменение температурного режима. На всех станциях наблюдается рост годовых сумм осадков, но статистически незначимый (таблица 2.4). В разные сезоны наблюдаются как увеличение, так и уменьшение сезонных сумм осадков.

Средняя годовая сумма осадков в **Ахты** (393 мм) меньше суммы осадков в **Теберде** (797 мм) примерно в 2 раза, и абсолютная величина скорости роста в Теберде также примерно вдвое выше: таким образом, нормированные на среднее величины тренда примерно равны: 3.2% (нормы)/10 лет и 2.7%/10 лет. Однако тенденции изменения сезонных сумм осадков и показателей средних (не менее 5 мм), интенсивных (не менее 20 мм) и экстремальных осадков на обеих станциях имеют, так же, как в случае с температурой, общие черты и некоторые различия (рис. 2.8).

Следует отметить значимый рост осадков средней интенсивности в **Теберде** ($D=20\%$); интенсивные осадки здесь формально убывают, но отношение сигнал/шум $D=0$; зимние и летние осадки, в том числе интенсивные, убывают, но статистически незначимо. В **Ахты** быстрее всего растут годовые максимумы.

Таблица 2.4 – Характеристики линейного тренда b (D) за 1976-2014 гг. некоторых показателей среднегодового и среднесезонного режима осадков на станциях Кавказского региона. R – сумма осадков, Max – максимум суточных осадков, $NR5$ – число дней с осадками не менее 5 мм, $NR20$ – то же не менее 20 мм; b - значение коэффициента линейного тренда (мм/10 лет или число дней/10 лет); D (%)–вклад тренда в суммарную дисперсию.

		Ахты		Теберда		Терскол		Нальчик		Прохладная	
		b	D	b	D	b	D	b	D	b	D
Год	R	12.65	5	21.47	4	32.45	4	12.98	2	16.52	4
	Max	1.66	5	0.93	0	-	-	0.36	0	4.26	8
	$NR5$	0.4	3	2.49	20	-	-	1.51	5	0.33	0
	$NR20$	0.36	8	-0.17	0*	-	-	0.08	0	0.08	0
Зима	R	1.04	1	-4.11	0	-1.65	0	2.27	2	5.05	7
	Max	0.45	1	-2.87	4	-	-	0.77	2	0.85	5
	$NR5$	0.24	3	0.26	1	-	-	0.42	6	0.41	5
	$NR20$	0.08	5	-0.36	5	-	-	0.06	4	0	
Весна	R	1.81	0	15.96	6	16.88	5	-2.76	0	8.95	4
	Max	1.19	4	1.42	1	-	-	-2.41	5	1.75	1
	$NR5$	0.46	3	0.76	5	-	-	0.11	0	0.16	0
	$NR20$	0.21	13	0.33	5	-	-	0.11	1	0.10	1
Лето	R	4.36	1	-3.61	1	0.20	0	-3.31	0	-18.2	11
	Max	1.4	3	3.04	7	-	-	0.86	1	1.33	1
	$NR5$	0.07	0	0.69	4	-	-	-0.82	5	-1.05	12
	$NR20$	0.09	1	-0.42	9	-	-	0.08	0	-0.46	11
Осень	R	4.72	2	13.96	4	18.74	5	18.17	13	22.56	26
	Max	-0.31	0	1.08	1	-	-	0.44	0	6.3	24
	$NR5$	0.64	10	0.79	5	-	-	1.93	32	0.93	15
	$NR20$	0.01	0	0.28	3	-	-	0.05	0	0.29	18

*серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной

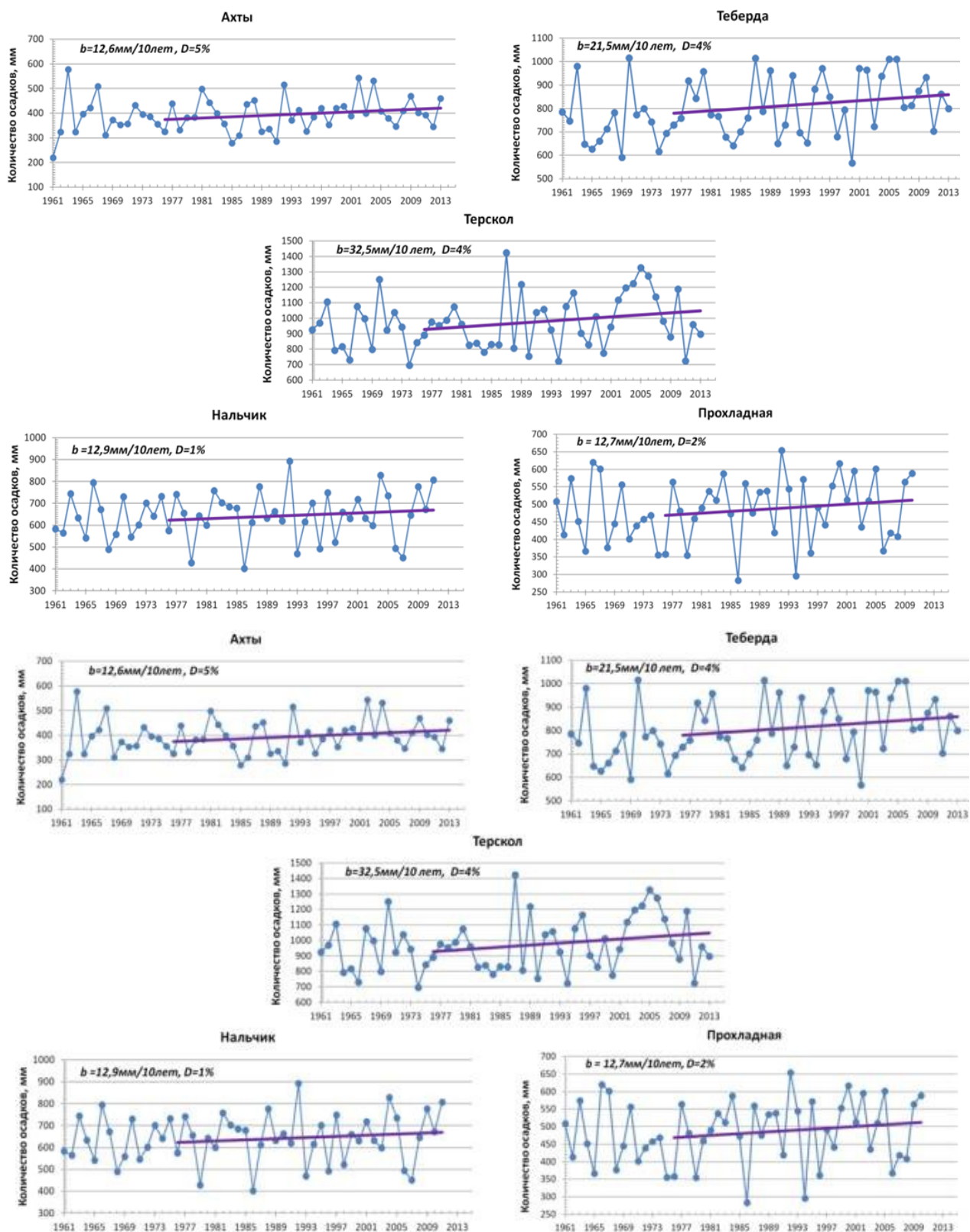


Рисунок 2.8 –Ход годовых сумм осадков и линейный тренд 1976-2013 гг. горных станций Ахты, Теберда, высокогорной станции Терскол, предгорной станции Нальчик и степной станции Прохладная, 1961-2013 гг. (b - значение углового коэффициента линейного тренда (мм/10 лет); D (%) - вклад тренда в суммарную дисперсию за 1976-2013 гг.).

Значимый на 1%-м уровне рост сумм осадков и осадков разной интенсивности наблюдается *осенью* на степной станции **Прохладная**. *Летом* же здесь происходит

близкое к значимому убывание осадков. Для **Нальчика** уменьшение сумм осадков наблюдается весной (за счет снижения максимальных осадков) и летом (из-за уменьшения числа дождливых дней). В **Прохладной** сумма весенних осадков уменьшается за счет числа дней, как со средними, так и ливневыми осадками. Общая тенденция для всех станций – увеличение осенних сумм осадков, особенно выраженное ($D=13\%$) для **Нальчика** (при очень существенном тренде числа дней со средними осадками: $D=32\%$).

Выводы. В целом по территории РФ среднегодовые осадки были близки к норме 1961-90 гг. – 101%: это значительно меньше ожидавшегося при сохранении наблюдающейся с конца 1980 гг. тенденции роста осадков. За последнее десятилетие лишь две годовые суммы осадков были меньше текущей; остальные – значительно больше. Дефицит осадков во все сезоны наблюдался в европейской части России (ЕЧР); в ЦФО за год выпало 80% нормы – третья минимальная величина с 1936 г. Из сезонов выделяется сухая осень (92% нормы: такая или большая по величине отрицательная аномалия за последние 20 лет наблюдалась еще лишь дважды) – в основном за счет ЕЧР (68% нормы – самая сухая осень с 1936 г.) и влажная зима (113% нормы). В азиатской части России (АЧР) во все сезоны выпало больше или около нормы осадков, в особенности в Западной Сибири: в Уральском ФО за год выпало 117% нормы осадков, больше за период наблюдений выпадало лишь дважды – в 2002 г. 122% и в 2001 г. 118% нормы. Выпавшие в Алтайском крае в мае экстремальные осадки привели к чрезвычайной ситуации: сильнейшему паводку с почти миллиардными убытками. Сухо в целом за год было на юге АЧР от Саян до Тихоокеанского побережья.

Тренд годовых осадков в целом по России за 1936 – 2014 гг. составил 2% нормы за 10 лет и значим на 1%-м уровне (вклад в общую изменчивость – 27%). В основном растут осадки весной: 5.7% нормы / 10 лет, вклад в дисперсию 29%. В остальные сезоны тренд также положителен, но статистически незначим. Зимой и летом на обширных территориях наблюдается убывание осадков, особенно заметное летом в ЕЧР (-2.6% нормы/ 10 лет; в ЦФО -5% и в ПФО -4.6% нормы/ 10 лет).

Годовые осадки растут на всех горных, предгорных и степных станциях Кавказа, однако линейный тренд незначим. Значимый рост осенних осадков наблюдается на степной станции Прохладная (растут осадки всех категорий, включая сезонные максимумы и число дней с интенсивными – выше 20 мм – осадками). Осенью сезонные суммы осадков растут во всех высотных зонах.

3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ЗИМОЙ 2013/2014 г.

Анализ состояния снежного покрова каждого зимнего сезона осуществляется по данным с 1 июля прошедшего года по 30 июня текущего года.

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 квази-однородных климатических регионов, выбранных на основании классификации Алисова (Алисов, 1956). 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 России. Методика наблюдений за характеристиками снежного покрова неоднократно изменялась. После 1965 г. нарушений однородности, вызванных изменением процедуры наблюдений, не было, поэтому исследование многолетних характеристик снежного покрова проведено по данным за период с 1966 г. Используются нормы (средние многолетние значения) характеристик снежного покрова за период 1971-2000 гг.

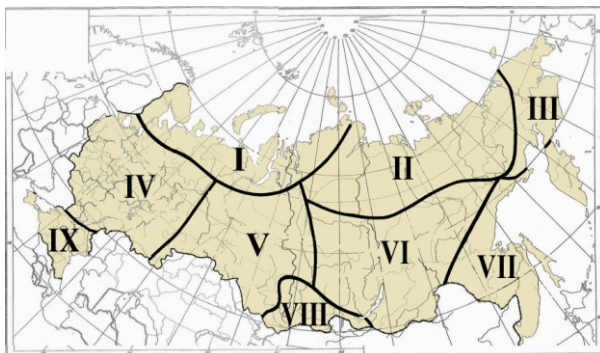


Рисунок 3.1- Квазиоднородные климатические регионы:

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

В таблице 3.1 приведены значения пространственно осредненных аномалий характеристик снежного покрова зимой 2013-2014 гг. для регионов России и их ранги по данным за 1966-2014 гг.

Особенности состояния снежного покрова зимой 2013-2014 гг.

Первый снег зимой 2013-2014 гг. выпал в южной половине Европейской части страны значительно позже нормы (рис. 3.2), а на большей части остальной территории первый снег наблюдался несколько раньше, чем обычно. Однако, *установление* снежного покрова на территории России началось позже обычных сроков: в ЕЧР – на 30-50 дней, а на АЧР – на 15-30 дней.

Продолжительность залегания снежного покрова в среднем по России была на 10.8 дня меньше нормы (таблица 3.1). Это 3-е по величине значение отрицательной аномалии за период с 1966 года. При этом в северной части Восточной Сибири и Якутии (II-й квази-однородный регион), на Чукотке и севере Камчатки (III –й регион) число дней со снегом было больше нормы. В III-ем регионе это самая большая продолжительность залегания снежного покрова с 1966 года. В центре ЕЧР снег лежал на 23 дня меньше, чем обычно (рис. 3.3), только в 2007 году число дней со снегом в этом регионе было на 1 день меньше.

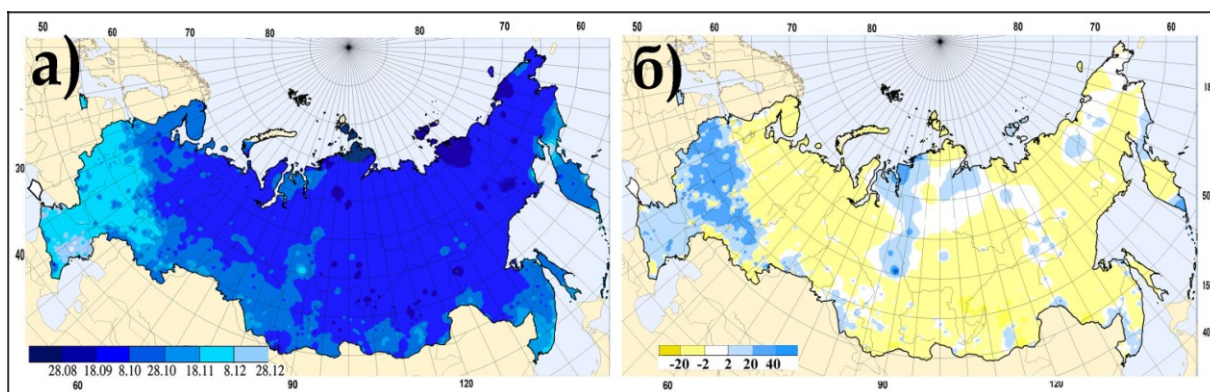


Рисунок 3.2 - а) Даты появления первого снега на территории России в зимний период 2013-2014 гг. б) Аномалии в датах появления первого снега (положительные аномалии соответствуют более поздним датам) на территории России в зимний период 2013-2014 гг. (от норм 1971-2000 гг.)

В зимний период 2013-2014 гг. **максимальная высота снежного покрова** в среднем по России была на 2.9 см ниже нормы (таблица 3.1). Меньше снега (в среднем по стране) было только в 1984 и 1972 годах. Однако в отдельных регионах Сибири и Дальнего Востока наблюдались рекордные значения максимальной за зиму высоты снежного покрова (рис. 3.4).

Таблица 3.1 – Средние за зимний период (2013-2014гг.) аномалии характеристик снежного покрова, осредненные по территории квазиоднородных климатических регионов РФ:

Δ - отклонения от средних за 1971-2000 гг.;

R – ранг текущих значений в ряду убывающих характеристик зимнего периода за 1967-2014 гг.;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Регион	Максимальная высота			Число дней со снегом		
	Δ	R	σ	Δ	R	σ
Россия	-2.9	46	3.09	-10.8	46	15.22
Север ЕТР и Западной Сибири	-8.3	43	6.69	-9.8	34	10.84
Сев. часть Восточной Сибири и Якутии	4.2	11	3.98	3.0	9	5.77
Чукотка и север Камчатки	8.7	8	8.95	16.4	1	15.81
Центр ЕТР	-8.7	46	6.16	-23.1	47	10.79
Центр и юг Западной Сибири	1.2	23	6.06	-16.3	42	9.57
Центр и юг Восточной Сибири	-1.0	34	6.07	-10.0	43	9.09
Дальний Восток	0.2	29	6.47	-2.7	30	7.23
Алтай и Саяны	-5.2	40	6.52	-11.7	44	9.74
Юг ЕТР	-3.2	40	8.88	-8.9	39	11.42

Примечание: Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за зимы 1967-2014

Так, на метеорологической станции Ныда 27 апреля зарегистрирован абсолютный максимум высоты снега для этой станции – 153 см, среднее значение за период с 1971 по 2000 г. составляет 51 см. Предыдущий максимум был зафиксирован 30.04 в 1989 году и составлял 99 см. Положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова получены для II, III и V регионов (таблица 3.1). В центре ЕЧР снега было необычно мало, максимальная высота снега, осредненная по региону оказалась почти на 9 см ниже нормы, меньшее значение наблюдалось только в 1984 году (на 12 см ниже нормы) и в 2009 году (на 10 см ниже нормы). На многих станциях региона наблюденная высота снежного покрова была в 2-3 раза меньше нормы. В Новгороде максимальная высота снега составила 17 см при норме 59 см, в Череповце зарегистрировано 29 см при норме 67см.

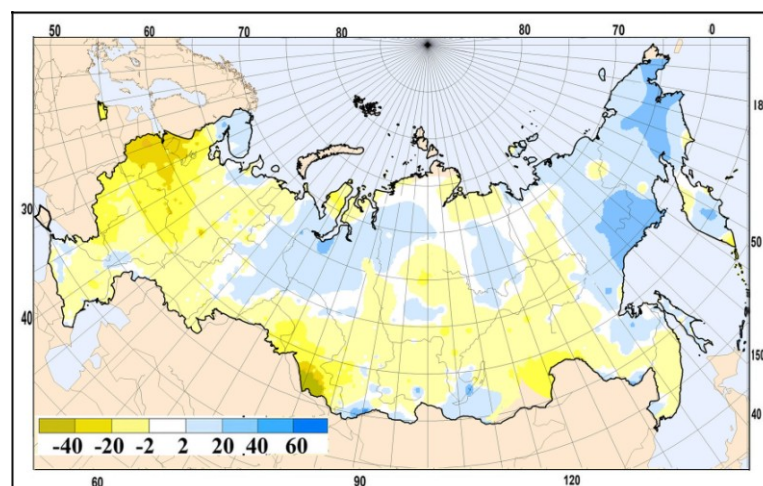


Рисунок 3.3 - Аномалии числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции зимой 2013-2014 гг. (от среднееголетних значений за период 1971-2000 гг.).

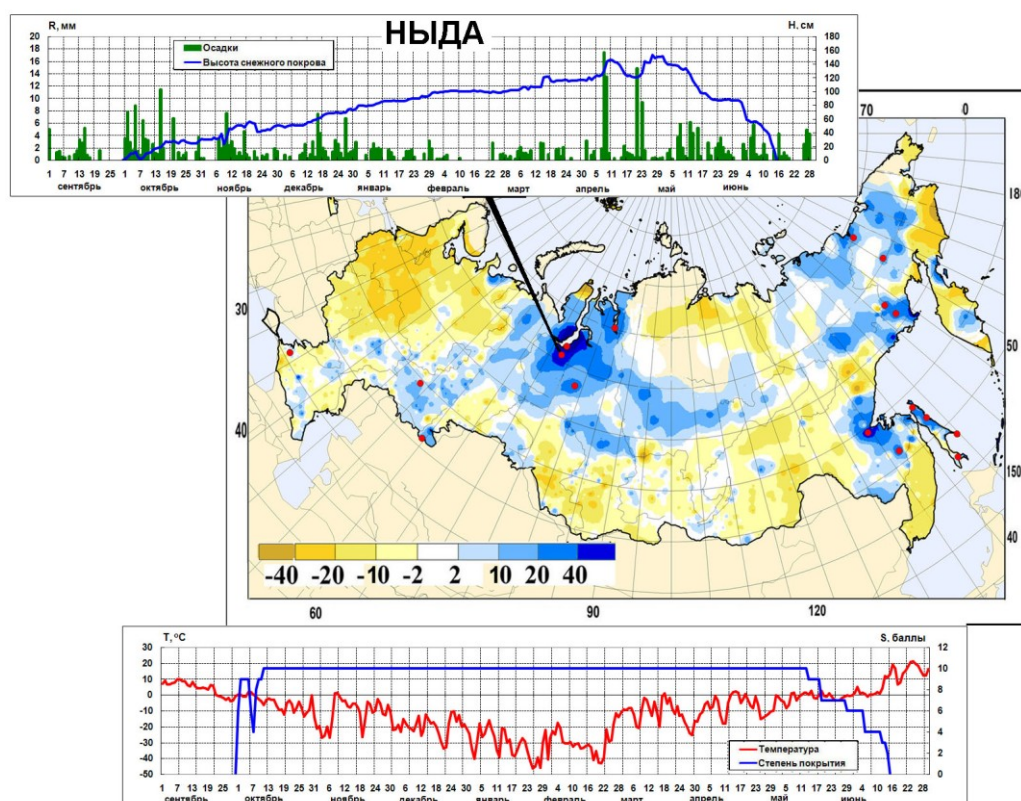


Рисунок 3.4 - Аномалии максимальной высоты снежного покрова зимой 2013-2014 гг. (от среднееголетних значений за период 1971-2000 гг.). Кружками красного цвета показаны станции, на которых зарегистрирован абсолютный максимум высоты снежного покрова. На врезках среднесуточные значения температуры воздуха, степени покрытия снегом окрестности метеостанции, высоты снежного покрова и сумма осадков за сутки на метеостанции Ныда.

Максимальный за прошедшую зиму *запас воды в снеге* по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России оказался значительно ниже нормы (таблица 3.2). Отрицательные аномалии по данным наблюдений и в поле и в лесу по абсолютной величине попали в пятерку самых больших с 1967 года. В лесу запас воды в снеге (в

среднем по России) был ниже только в 1972 и 2012 году, а в поле аномалия запаса воды составила -9,1 мм и стала четвертой по величине с 1967 года. В ЕЧР малоснежная зима отразилась и в максимальном запасе воды в снеге (рис. 3.5), который в среднем по региону был на 21.2 мм ниже нормы.

Таблица 3.2 – Аномалии максимального за зимний период (2013-2014 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 1967-2014 гг.;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Регион	Запас воды в снеге (поле)			Запас воды в снеге (лес)		
	Δ	ранг	σ	Δ	ранг	σ
Россия	-9.1	45	8.6	-12.3	46	8.0
Север европейской части и Западной Сибири	-19.3	38	16.9	-30.1	36	25.7
Северная часть Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	11.4	11	12.5
Чукотка и север Камчатки	-	-	-	31.9	6	25.1
Центр европейской части России	-21.2	44	18.0	-40.7	46	19.2
Центр и юг Западной Сибири	4.3	18	16.3	5.23	15	22.9
Центр и юг Восточной Сибири	-3.1	33	6.8	-2.2	30	8.3
Дальний Восток	7.2	20	19.8	2.8	28	22.8
Алтай и Саяны	-7.4	37	13.4	-30.2	41	30.4
Юг европейской части России	8.0	12	10.7	-	-	-

Примечание: Жирным шрифтом выделены аномалии, попавшие в 10 самых больших положительных или отрицательных значений за 1967-2014

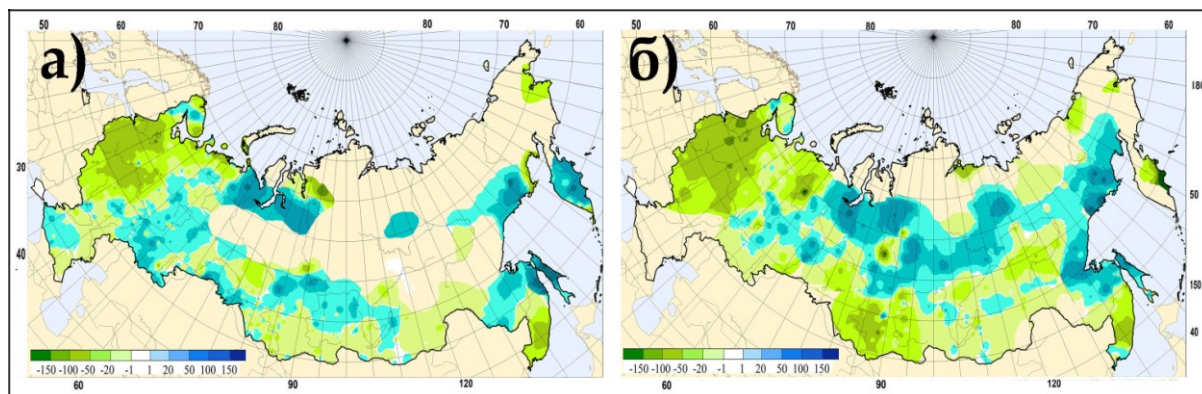


Рисунок 3.5 - Аномалии максимального запаса воды в снеге (мм) зимой 2013-2014 гг. (от среднемноголетних значений за период 1971-2000 гг.) в поле (а) и в лесу (б).

В таблице 3.3 приведены подробные данные о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ РФ. В бассейнах рек Европейской территории преобладал дефицит запаса воды в снеге. К началу марта в бассейне Волги запас воды в снежном покрове составил 85% нормы. При этом в бассейнах Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ, Суры, Ветлуги, Камы и Белой – 89-110%; в бассейнах Рыбинского и Чебоксарского водохранилищ, Костромы, Унжи, Оки и реки Москвы - 15-62% нормы. Запасы воды в снежном покрове, сформировавшиеся к началу марта в бассейнах Рыбинского и Чебоксарского водохранилищ, Костромы, Унжи, Оки и реки Москвы, оказались меньше прошлогодних на 43-99 мм (на 40–80%). Меньше нормы в начале марта снегозапасы были и в бассейне Дона выше Цимлянского водохранилища (на 40%) и меньше прошлогоднего значения на 4 мм (на 11%). На северо-западе европейской части страны к началу марта снегозапасы в бассейнах рек Великой, Шелони,

Ловати, Полисти, Волхове, Луги, Плюссы и Невы составили 10-35%, а Мсты и рек востока Ленинградской области – 30-45% нормы. В северной и центральной части Республики Карелия запас воды в снеге составил 50-70%, юго-западной - 13-30%, а юго-восточной – 40% нормы.

Таблица 3.3 – Сведения о запасах воды в снежном покрове по бассейнам крупных рек и водохранилищ европейской части РФ по состоянию на 28 февраля 2014 г. (в сравнении с нормой и с влагозапасами 2013 г.): *н2013, н2014* – запасы воды в снеге в 2013 и 2014 гг. По АЧР сведения приведены по состоянию на 10 апреля 2014 г.

№ п/п	Бассейны рек	Запасы воды в снеге на 28 февраля 2014 г.				
		норма	н2013	н2014		
		мм	мм	мм	% от нормы	% от н2013
1	ВОЛГА, в т.ч.	111	101	94	85	93
2	до Рыбинского водохр.	96	123	25	26	20
3	р. Кострома и Унжа	117	115	72	62	63
4	р. Москва	89	112	13	15	12
5	р. Ока, включая бассейн р.Москвы	79	102	29	37	28
6	р. Сура	97	72	86	89	119
7	р. Ветлуга	126	114	117	93	103
8	Чебоксарское водохранилище	88	98	52	59	53
9	р. Вятка	134	110	133	99	121
10	Куйбышевское водохранилище	123	98	125	102	128
11	Саратовское водохранилище	94	63	103	110	163
12	Волгоградское водохранилище	67	47	72	107	153
13	р. Кама	172	114	169	98	148
14	р. Белая	128	112	136	106	121
15	ДОН, в т.ч.	50	35	31	62	89
16	Хопер	59	44	75	127	170
17	Медведица	53	36	48	91	133
	Реки севера					
18	Северная Двина	110	112	125	114	112
19	Сухона	115	96	100	87	104
20	Вага	110	91	102	93	112
21	Юг	105	105	136	130	130
22	Пинега	96	123	114	119	93
23	Вычегда	126	129	137	109	106
24	Мезень	125	152	110	88	72
25	Нарва	45	86	14	31	16
26	Волхов	63	100	20	32	20
	Реки и водохранилища Сибири на 10 апреля 2014 г.					
27	Верхняя Обь	210	281	179	85	64
28	Тобол (на 28 февраля)	60	85	79	132	93
29	Енисей (Саяно-Шушенское в-ще)	134	179	129	96	72
30	Енисей (Красноярское в-ще)	153	212	163	107	77
31	Ангара (оз. Байкал)	88	129	95	108	74
32	Ангара (Братское в-ще)	77	96	82	106	85
33	Ангара (Усть-Илимское в-ще)	122	128	131	107	102

Примечание: такие даты выбраны, чтобы отразить максимальные запасы воды в снеге, достигнутые к весне 2014 г. Значения норм и данные о запасах воды приведены соответственно либо на 28 февраля 2014 г., либо на 10 апреля 2014 г.

При этом, в некоторых квазиоднородных регионах страны запас воды в снеге был больше нормы. На территории Республики Саха (Якутия) значительные снеготпасы (120 - 180% нормы) накоплены в нижнем течении рек Лена, Алдан, Яна и Индигирка, а также в бассейнах Вилюя, Колымы, Оленька. В начале марта снеготпасы на большей части Приамурья составляли 70-130% нормы, местами 170-230%. Повышенные снеготпасы (более 200% нормы) в бассейнах Среднего Амура (Еврейская АО), Уды, Май и Охоты (Хабаровский край). Запас воды в снеге в бассейнах Зейского водохранилища составил 75-110%, Бурейского – 160-185% нормы.

Запасы воды в снеге на начало марта в бассейнах большинства крупных рек и водохранилищ в Сибири преимущественно составляли 106 – 131% нормы, лишь в бассейне Новосибирского водохранилища - 91% нормы.

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 - 2014 годов, рассчитанных непосредственно по данным станционных наблюдений на территории России, показано на рис. 3.6. Тренд рассчитан методом наименьших квадратов и выражен в см за десятилетие (см/10 лет). Как и в период с 1976 по 2013 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 Европейской территории. Уменьшение максимальной за зиму высоты снежного покрова наблюдается на отдельных станциях на севере ЕЧР, на юге Чукотки, северо-западе Республики Саха (Якутия) (рис. 3.6а). Средняя для территории России максимальная высота снежного покрова увеличивается на 0.89 см за 10 лет (таблица 3.4).

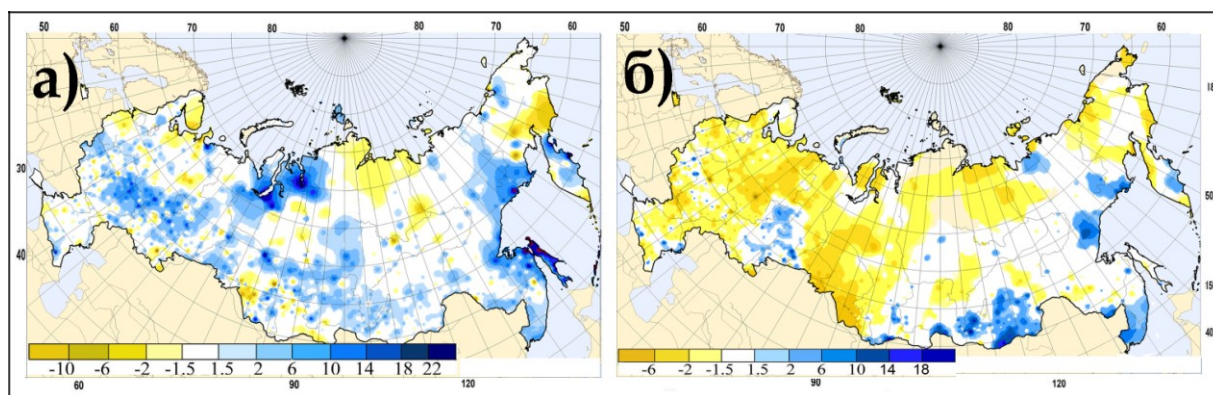


Рисунок 3.6 – Коэффициенты линейного тренда за 1976-2014 гг. (а) в рядах максимальной за зимний период высоты снежного покрова, см/10лет; (б) в рядах числа дней со степенью покрытия окрестностей станции снегом более 50% (дни/10лет).

Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда в рядах **числа дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции** приведено на рис. 3.6б (в анализе использованы оценки, статистически значимые на 5%-уровне значимости). В период с 1976 по 2014 гг. на значительной части территории России обнаружена тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова: в ЕЧР, Западной Сибири, в Республике Саха (Якутия). Увеличилась продолжительность залегания снежного покрова на юге Восточной Сибири, в Забайкалье, Приморье и на восточном побережье Камчатки. Сохраняется тенденция увеличения числа дней со снежным покровом на южном и центральном Урале. При осреднении по регионам, статистически значимые на 5%-уровне значимости коэффициенты линейного тренда получены только для I, III и V квази-однородных регионов России (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Оценки линейного тренда (статистически значимые на 5%-уровне значимости) регионально осредненных характеристик снежного покрова для регионов РФ за 1976-2014гг.:

H_{max}, см/10 лет – максимальная за зимний период высоты снежного покрова

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

SWE_n, мм/10лет - запас воды в снеге (в поле)

SWE_л, мм/10лет - запас воды в снеге (в лесу)

Регион	<i>H_{max}</i>	<i>N_d</i>	<i>SWE_n</i>	<i>SWE_л</i>
Россия	0.89	-	-	-2.63
Север ЕТР и Западной Сибири	-	-2.85	-	-6.87
Сев. Восточной Сибири и Якутии	-	-	-	-
Чукотка и север Камчатки	-	-5.11	-	-
Центр ЕТР	-	-	-	-6.17
Центр и юг Западной Сибири	-	-3.52	-	-8.17
Центр и юг Восточной Сибири	0.98	-	-	-
Дальний Восток	3.01	-	8.82	7.00
Алтай и Саяны	-	-	-	-
Юг ЕТР	-	-	-	-

Тенденции изменений **максимального за зиму запаса воды в снеге** с 1976 по 2014гг. по данным маршрутных наблюдений в поле практически не изменилась по сравнению с периодом 1976-2013 гг. Наблюдается увеличение в центральных районах Европейской территории, на Камчатке, на острове Сахалин и в Приморье (рис. 3.7а).

По данным маршрутных наблюдений в лесу (рис. 3.7б) на территории России преобладают тенденции уменьшения максимального за зиму запаса воды в снеге. Средний для страны в целом запас воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок в лесу уменьшается на 2.63 мм за 10 лет. В Восточной Сибири, в Приморье и на Сахалине выделяются отдельные области с положительными значениями коэффициентов линейного тренда (увеличение запаса воды в снеге).

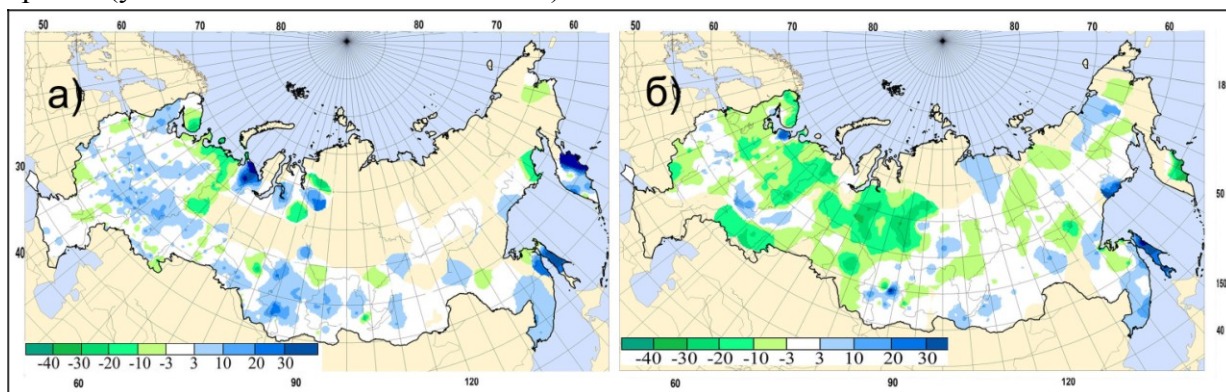


Рисунок 3.7 - Коэффициенты линейного тренда (мм/10лет) в рядах запаса воды в снеге за зимний период в поле (а) и в лесу (б). 1976-2014 гг.

Выводы. В период 1976 – 2014 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. Средняя для территории России максимальная высота снежного покрова увеличивается на 0.89 см за 10 лет.

Уменьшается продолжительность залегания снежного покрова в ЕЧР, в Западной Сибири, в Республике Саха (Якутия). Увеличилась продолжительность залегания

снежного покрова на юге Восточной Сибири, в Забайкалье, Приморье и на восточном побережье Камчатки.

Зимой 2013-2014 гг. **продолжительность залегания снежного покрова** в среднем по России была на 10.8 дня меньше нормы. Это 3-е по величине значение отрицательной аномалии за период с 1966 года. При этом в северной части Восточной Сибири и Якутии (II-й квази-однородный регион), на Чукотке и севере Камчатки (III –й регион) число дней со снегом было больше нормы. В III-ем регионе это самая большая продолжительность залегания снежного покрова с 1966 года. В центре ЕЧР снег лежал на 23 дня меньше, чем обычно (вторая по величине отрицательная аномалия за период с 1966 года). Установление снежного покрова на территории России началось позже обычных сроков: в Европейской части страны – на 30-50 дней, а в Азиатской – на 15-30 дней.

В зимний период 2013-2014 гг. **максимальная высота снежного покрова** в среднем по России была на 2.9 см ниже нормы (3-я по величине аномалия с 1966 года). Однако в отдельных регионах Сибири и Дальнего Востока наблюдались рекордные значения максимальной за зиму высоты снежного покрова. Положительные аномалии максимальной высоты снежного покрова получены для II, III и V квази-однородных регионов. В центре ЕЧР максимальная высота снега, осредненная по региону оказалась почти на 9 см ниже нормы, меньшее значение наблюдалось только в 1984 году (на 12 см ниже нормы) и в 2009 году (на 10 см ниже нормы). На многих станциях региона наблюденная высота снежного покрова была в 2-3 раза меньше нормы.

Максимальный за прошедшую зиму **запас воды в снеге** по данным маршрутных снегоъемок в среднем по России оказался значительно ниже нормы. Отрицательные аномалии по данным наблюдений и в поле и в лесу по абсолютной величине попали в пятерку самых больших с 1967 года. В ЕЧР преобладал дефицит запаса воды в снеге по бассейнам рек по состоянию на 28 февраля 2014 г. На территории Республики Саха (Якутия) в бассейнах рек на 10 апреля 2014 года накоплены значительные снеготпасы (120 - 180% нормы). В начале марта снеготпасы на большей части Приамурья составляли 70-130% нормы, местами 170-230%. Повышенные снеготпасы (более 200% нормы) отмечены в бассейнах Среднего Амура (Еврейская АО), Уды, Май и Охоты (Хабаровский край). Запасы воды в снеге на начало марта в бассейнах большинства крупных рек и водохранилищ в Сибири преимущественно составляли 106 – 131% нормы, лишь в бассейне Новосибирского водохранилища - 91% нормы.

4. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВСКРЫТИЕ РЕК

Вскрытие рек РФ весной 2013 года

Во второй половине февраля весеннее половодье на реках Донского бассейна началось раньше обычного: на 13-25 дней на реках Ростовской области, на 20-30 дней на Среднем Дону (Ростовская и Волгоградская область). Вскрытие рек Калининградской области произошло: Преголя и Немана – в конце февраля, Деймы и Матросовки в начале марта, что на 11-17 дней раньше нормы.

Вскрытие рек республики Карелия наблюдалось в период 25 марта – 17 апреля, что на 10-23 дня раньше нормы. Вскрытие южных водотоков республики произошло без ледохода, тонкий лед растаял на месте. 14 апреля – 18 мая начался дрейф льда на озерах и водохранилищах Карелии, что на 7 дней раньше средних сроков для северных и на 14-21 дней для центральных и близко к экстремумам южных водохранилищах.

В марте на территории Псковской области вскрытие и очищение рек произошло на 3-4 недели раньше нормы. Ладожское озеро очистилось на полтора месяца раньше нормы. Во второй декаде марта на 5-19 суток раньше нормы вскрылись Дон выше Цимлянского водохранилища, Ока до устья р. Москвы, Волга ниже Волгограда и Западная Двина на участке Витебск – Верхнедвинск.

В третьей декаде марта на 8-13 дней раньше нормы вскрылись Ока ниже устья р. Мокша, Сура ниже Алатыря, Хопер, Днепр выше Смоленска и Западной Двины выше Витебска. Также в это время, но на 6 суток позже нормы вскрылась Волга выше Твери. В конце марта начался ледоход на Нижней Оке, Мокше, Суре раньше среднесезонных сроков на 10-19 дней. Разрушение ледового покрова на малых реках в бассейнах Мокши и Суры, отдельных притоках Волги, Ветлуги и Вятки произошло на 2-4 недели раньше обычного, в сроки близкие к самым ранним. Наблюдался дрейф льда на Чебоксарском водохранилище от г. Городец до г. Васильсурска. Раньше самых ранних сроков за период наблюдений разрушился лед на реках Линда (Васильково), Явас (Явас), Немда (В.Гора). На 9 дней раньше нормы очистилась р. Уфа ниже Павловского водохранилища. В конце марта начался ледоход на реках бассейна Свияги и р. Миля раньше нормы на 11-15 дней.

В первой половине апреля на 6-16 суток раньше нормы происходило вскрытие Костромы и Унжи, Ветлуги, Оби до Колпашево и Иртыша на участке Черлак – Омск, а также Тобола на участке Курган – Ялуторовск. На 4-9 дней раньше нормы произошло вскрытие малых рек притоков Волги – Рутки, Б. Кокшаги, южных правобережных притоков и малых рек бассейна р. Вятка. Раньше самых ранних сроков за период наблюдений начался ледоход на р. Кама у г. Сарапул. Вскрытие верхнего течения р. Белая произошло в сроки близкие к норме, среднего течения – на 2-6 дней раньше нормы. Начался ледоход на реках Ик и Мензеля на 6 дней раньше, на р. Малый Черемшан на 7 дней позже; на остальных реках Республики Татарстан лед растаял на месте. Вскрылись и очистились от льда большинство рек Пензенской, Ульяновской, Саратовской, Оренбургской и Самарской областей; на реках Ток, Таналык, Орь наблюдались заторы льда.

Также в первой половине апреля на реках Приморского края закончился процесс вскрытия, который прошел до 12 дней раньше нормы, в сроки близкие к экстремально ранним; на отдельных участках рек Уссури, Варфоломеевка, Илистая, Арсеньевка, Ореховка отмечались маломощные заторы льда. Повышенный фон температуры воздуха обусловил вскрытие рек Хабаровского края и Еврейского автономного округа в начале апреля (на 7-11 дней раньше обычного) и ранний сход снега в равнинной части Приамурья; вскрытие рек проходило без поддержки дождевого стока, с большими потерями талого стока. На Нижнем Амуре вскрытие проходило с затоплением поймы, подтоплением линий связи, дорог, населенных пунктов. Процесс вскрытия Амура завершился у г. Николаевск на Амуре 8 мая, что на 4 дня раньше обычного. В Курганской области вскрылись Тобол в районе г. Курган, Исеть до г. Далматово, низовья рек Уй,

Миасс (в сроки близкие к средним многолетним и до 5 дней раньше нормы). В бассейне Верхней Оби на 11-18 дней раньше среднемноголетних сроков произошло вскрытие рек: Катунь, Чумыш, Тогул, Бердь, Иня, Томь, Мрас-Су, Кондома, Мундыбаш, Средняя Терсь. Вскрытие Томи (пос. Лужба, пос. Теба, г. Томск), Мрас-Су (пос. Усть-Кабырза), Кии (с. Чумай), Карасука (с. Черновка) сопровождалось образованием неопасных заторов льда. На 13-20 дней раньше нормы произошло вскрытие рек Абакан (участок г. Абаза – г. Абакан), Чулым (участок с. Копьево – г. Ачинск), Казыр. Вскрытие сопровождалось неопасными заторами льда.

Во второй половине апреля на 5-18 суток раньше нормы вскрылись Северная Двина ниже Абрамково, Вычегда, Пинега, Мезень, Обь до Сургута, Иртыш ниже Карташова, Енисей до Верхнеимбатского, Лена до Олекминска, Киренга, Амур, Шилка, Аргунь, Зeya ниже Мазаново, Агунь. В сроки близкие к норме и до 3-4 дней раньше нормы вскрылись центральные и северные притоки р. Вятка, а также река Б.Какша (бассейн Ветлуги); до 3 дней позже нормы вскрылись реки Чепца, Б.Холуница и Филипповка (бассейн Вятки). Произошло вскрытие нижнего течения р. Белая, в сроки близкие к средним многолетним значениям. Позже нормы на 2 дня очистилась ото льда р. Уфа выше Павловского водохранилища. На 8-12 дней раньше среднемноголетних сроков очистились ото льда Горьковское и Чебоксарское, а на 1-6 дней раньше Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища. Преимущественно близким к норме и до 4 суток раньше неё было вскрытие Белой ниже Уфы и Вятки, Северной Двины выше Абрамково, Сухоны и Юга, Тобола ниже Ялуторовска, а также Камы выше Соликамска. Вскрылось большинство рек центральных и северных районов Сахалина в сроки близкие к норме и раньше на 1-4 дня; полностью очистились ото льда реки южных районов.

Теплая погода апреля обусловила раннее вскрытие рек Республики Саха: на 10-16 суток на Средней Лене, верховьях Алдана, верхнее и среднее течение Амги, на всём протяжении р. Вилуй; на 6-9 суток в нижнем течении рек Лена и Амга, в среднем и нижнем течении р. Алдан, реки Оленек и Анабар; на 2-5 суток реки Яна и Индигирка. На 15-22 суток раньше нормы вскрылись малые реки, впадающие в Вилуйское водохранилище. Исключение составила р. Камы, где вскрытие реки осуществилось на 4 суток позже нормы. Продвижение ледохода сопровождалось образованием заторов льда; на р. Амга у с. Амга уровень воды превысил опасную отметку.

В первой и второй декадах мая на 4-16 суток раньше нормы – происходило вскрытие на Оби от Сургута до Салехарда, Енисее от Туруханска до Игарки, Лене от Олекминска до Жиганска, Витиме, Алдане, Вилуе, а также Печоре. Вскрылись реки юго-запада Мурманской области на 6-8 дней позже нормы. В середине мая раньше нормы на 1-8 дней произошло вскрытие рек востока Мурманской области и водохранилищ Иовское, Князегубское; в конце мая вскрылись водохранилища центра и запада области на 2-5 дней раньше нормы. На 4 дня раньше нормы вскрылся Тауй у п. Талон (Магаданская область), вскрытие сопровождалось маломощным затором льда. Реки центральных и северных районов Сахалина полностью очистились ото льда; в бассейне р. Тымь отмечалось затопление сельхозугодий, дорог местного значения и подтопление гидрологического поста Красная Тымь.

В Тюменской области реки Обь (на участке Нижневартовск - Белогорье), Вах, Большой Юган, Вандрас, Назым, Северная Сосьва (на участке Няксимволь – Игрим), Казым (п. Белоярский), Ляпин вскрылись в сроки близкие к среднемноголетним датам и раньше на 2–8 дней. Реки Иртыш (с. Демьянское - г. Ханты-Мансийск) и Конда (п. Кондинское - п. Выкатное) вскрылись позже нормы на 1–4 дня. При вскрытии рек местами формировались неопасные заторы льда.

В конце мая вскрылись водохранилища центра и запада Мурманской области, на 2-5 дней раньше, большинство рек очистилось ото льда. В мае вскрытие рек центральных районов Магаданской области произошло на 2-7 дней позже средних многолетних сроков, рек Охотского побережья на 2-4 дня раньше нормы. Преимущественно близким к норме и

до 4 суток раньше неё было вскрытие Яны и Индигирки. На 3-5 суток позже нормы вскрылась Колыма. На 7-19 суток раньше нормы очистились ото льда Рыбинское, Шекснинское водохранилища.

В сроки близкие к норме и до 4 дней раньше неё произошло очищение Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского, Камского, Воткинского и Нижнекамского водохранилищ. В экстремально ранние сроки вскрытие происходило на Оби выше Камня и ниже Новосибирска до Александровского, Иртыше на участке Черлак – Омск, Лене от Киренска до Якутска, Зее, Амгуне, а также на Беломорско - Балтийском водном пути. В конце мая ледоход наблюдался в дельтовых участках рек Лена, Оленек и Яна.

В первой декаде июня разрушился лед на Серебрянском водохранилище (Мурманская область). В июне вскрылись и очистились ото льда реки Ныда, Пур, Таз (у пгт. Тазовский) и на Тазовской Губе (у с. Находка) в сроки близкие к среднемноголетним датам и раньше на 4 дня (р. Таз позже - на 2 дня); при вскрытии р. Пур сформировались заторы льда, произошло подтопление прибрежной части пгт. Уренгой. На 2-9 суток раньше нормы вскрылись ото льда низовья рек Индигирка и Колыма.

Появление льда на реках РФ в 2014 году

Ледообразование на реках России в 2014 году началось в конце сентября и в начале октября (в обычные сроки) на реках бассейнов Яны и Индигирки.

Во второй декаде октября - раньше нормы - началось установление ледостава в Шекснинском заливе Рыбинского водохранилища (на 21 день), на Северной Двине (на 11-12 дней), Сухоне (на 14-16 дней), Вычегде (на 8 дней), на Верхней Каме и Вятке выше Котельнича (на 9-10 дней), на Оби ниже Октябрьского (на 5 дней), на Печоре (на 4 дня). В это же время в сроки близкие к норме появился плавучий лед на Лене, Енисее ниже Ворогово. Позже нормы на 8-11 дней началось ледообразование на Колыме.

В третьей декаде на 12-13 дней раньше нормы появился лед на Костроме, Унже, Ветлуге, Вятке ниже Котельнича, на Туре, Тавде и на отдельных участках Среднего Амура, на Зее и на Енисее выше Саяно-Шушенского водохранилища. На 6-8 дней раньше обычных сроков появился лед на Оби ниже Новосибирска, Иртыше ниже Омска и на Тоболе и на 12 дней раньше нормы началось установление ледостава на Камском водохранилище.

В первой декаде ноября в сроки, близкие к норме появился лед на Оби выше Камня, на Амуре от Ленинского до Комсомольска; началось установление ледостава на Камском водохранилище ниже Усть-Гаревой.

Во второй декаде ноября в обычные сроки появился лед на Верхней Волге, Оке, Москве-реке; на 7 дней позже нормы – на Суре, на 12 дней позже нормы – на Белой и на 9 дней позже нормы на Иртыше на участке Черлак – Омск. На 15 дней раньше нормы замерзло Саратовское водохранилище. В первой половине ноября на 5 дней раньше нормы началось установление ледостава на Беломорско - Балтийском канале.

В третьей декаде ноября, преимущественно около нормы, появился лед на Верхнем и Среднем Дону, Верхнем Днепре, Десне и Западной Двине. На 10 дней позже нормы лед появился на Неве. На 15 дней раньше нормы замерзло Волгоградское водохранилище. Во второй половине ноября, преимущественно около нормы, началось установление ледостава в Переборском заливе Рыбинского водохранилища, на Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском, Воткинском, Нижнекамском и Шекснинском водохранилищах.

В конце ноября – начале декабря на 14 дней раньше нормы появился лед на Нижней Волге и на 20 дней раньше на Нижнем Дону. В середине декабря на Нижней Волге и Нижнем Дону, на реках Калининградской области лед растаял.

В первой декаде декабря на 13-21 день раньше нормы, установился ледостав на Енисее, на участке г. Енисейск – пгт. Стрелка. Во второй декаде декабря, на 11 дней раньше нормы, установился ледостав в низовьях Ангары.

Выводы. На реках Европейской части России вскрытие рек произошло в основном раньше обычного до 3-4 недель, во многих случаях в сроки, близкие к наиболее ранним за время наблюдений, а на некоторых реках - раньше самых ранних сроков за период наблюдений (из крупных - на р. Кама у г. Сарапул). В Азиатской части страны, хотя в основном вскрытие также происходило раньше обычного, но отклонения от нормы преимущественно были не так велики. На Нижнем Амуре вскрытие проходило с затоплением поймы, подтоплением линий связи, дорог, населенных пунктов. На некоторых реках (в том числе, Колыме) вскрытие произошло на 2-7 суток позже нормы.

Ледообразование на большей части территории России происходило раньше обычного, но на ряде рек (Нева, Колыма, Белая, Иртыш) – позже. В некоторых случаях (Нижняя Волга, Нижний Дон) появившийся значительно, на 2-3 недели раньше нормы (в конце ноября – начале декабря) лед растаял в середине декабря.

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 1936–2014 гг.

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

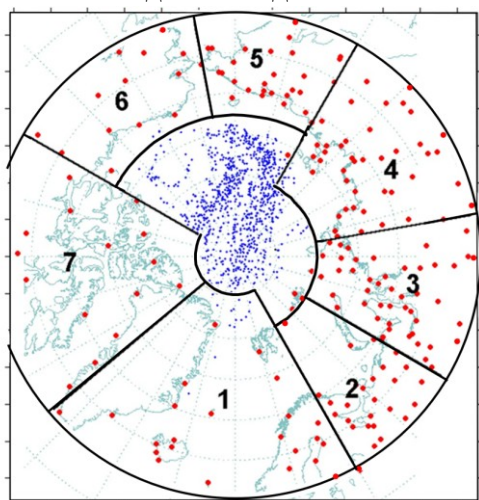


Рисунок 5.1 – Положение метеорологических станций (красные точки), дрейфующих станций и буев (синие точки) в СПО и границы рассматриваемых районов: 1 – Атлантический; 2 – Североевропейский; 3 – Западносибирский; 4 – Восточносибирский; 5 – Чукотский; 6 – Аляскинский; 7 – Канадский

Температура воздуха. Для расчета аномалий температуры воздуха, осредненных по территории СПО и территориям климатических районов использован метод оптимального осреднения. Оценки аномалий получены относительно рекомендованного ВМО стандартного базового периода 1961-1990 гг. 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.

Оценки аномалий средних сезонных и годовой температуры воздуха за 2014 г. по отдельным широтным зонам (70–85, 60–70 и 60–85° с.ш.) представлены в таблице 5.1.

Значение пространственно осредненной аномалии среднегодовой температуры воздуха СПО составило 2.2°C, и 2014 г. стал третьим из самых теплых лет за период с 1936 г. Наиболее теплым был 2011 г. с аномалией температуры 2.3°C. Аномалия среднегодовой температуры воздуха в широтной зоне 70-85° с.ш. оказалась равной 2.6°C, а в зоне 60-70° с.ш. 1.7°C. Соответственно эти значения оказались четвертым и первым среди самых теплых лет.

Таблица 5.1 – Аномалии температуры воздуха в 2014 г., осредненные по территории СПО и по широтным зонам, в среднем за год (декабрь 2013 - ноябрь 2014) и за сезоны: ΔT , °C – отклонения от средних за 1961-1990; R – ранг в ряду убывающих температур за 1936-2014 гг.

Широтная зона, °с.ш.	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R
70-85	2.6	4	3.7	3	3.6	2	0.7	23	2.5	9
60-70	1.7	1	1.8	9	2.8	2	1.1	7	1.2	19
60-85	2.2	3	2.7	3	3.2	2	0.9	13	1.8	10

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 2014 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>.

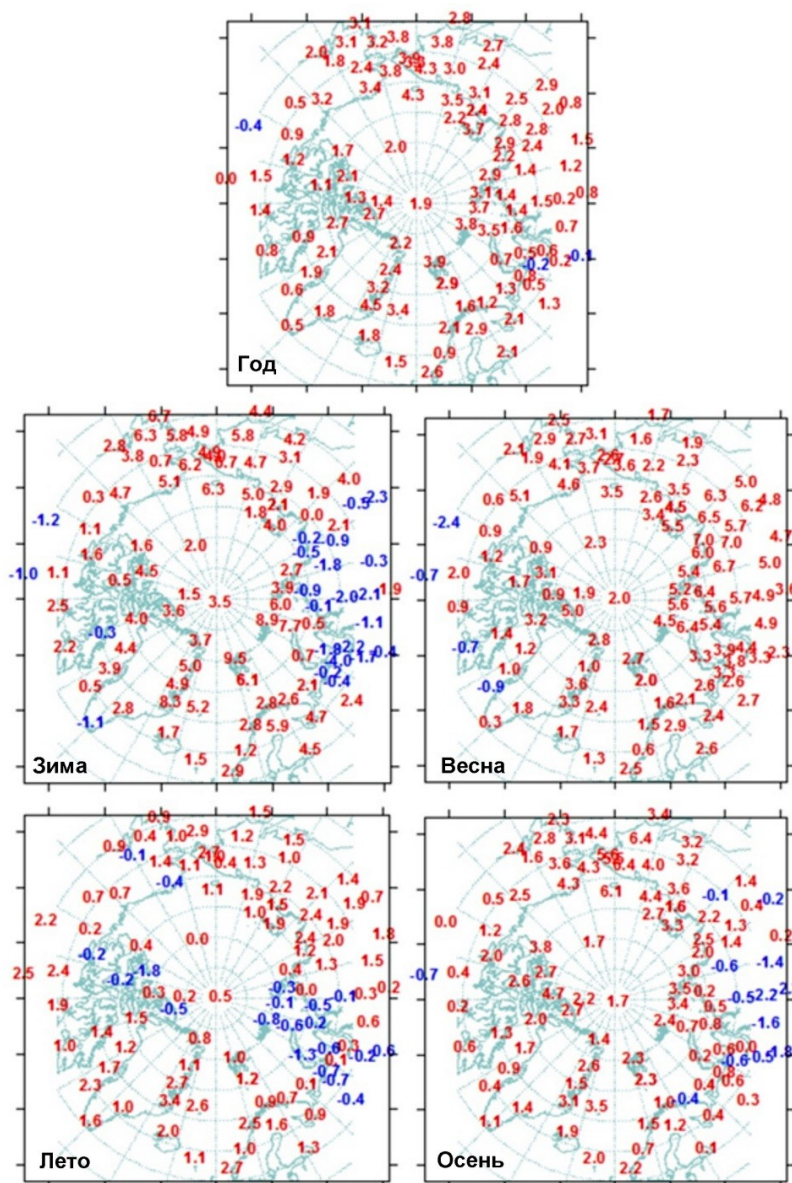


Рисунок 5.2 – Аномалии среднегодовой и средних сезонных температур воздуха на станциях СПО, °С.

В 2014 г. году области крупных положительных аномалий температуры располагались преимущественно в приатлантическом и притихоокеанском секторах, на территории Атлантического, Чукотского и Аляскинского районов. Самые крупные аномалии наблюдались в районе Чукотского моря.

Временные ряды пространственно осредненных аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов широтной зоны 60-85° с.ш. и районов арктических морей (70-85° с.ш.) и их линейные тренды за весь период с 1936 года, за последние тридцать и десять лет, представлены на рис. 5.3. Характеристики линейного тренда, оцененные по этим рядам за 1936-2014 гг., приведены в таблице 5.3.

В течение 1936-2014 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 79 лет в этих широтных зонах составило 1.18, 1.11 и 1.11°С соответственно. Значимый годовой тренд потепления прослеживается во всех районах, за исключением Североевропейского и Западносибирского. Потепление за 79 лет составляет в районах от 0.71 до 1.74°С. Для СПО в целом значимый тренд обнаруживается во все сезоны; линейное повышение температуры составило за 79 лет около 0.95 (зима), 1.58 (весна), 0.95 (лето) и 0.87 °С (осень).

Таблица 5.2 – Аномалии температуры воздуха в 2014 г. (отклонение от нормы за 1961-1990 гг.) для отдельных районов СПО (в среднем за год и сезоны), °С

Климатический район СПО	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R	ΔT	R
Атлантический	2.4	1	3.9	1	2.0	4	1.8	3	2.0	4
Североевропейский	1.6	16	2.8	23	2.8	5	0.2	44	0.7	36
Западносибирский	1.4	20	0.8	37	4.8	4	-0.1	54	0.1	55
Восточносибирский	2.3	4	0.6	38	5.8	1	1.6	6	1.1	35
Чукотский	3.3	1	4.5	2	2.9	8	1.5	6	4.3	2
Аляскинский	2.8	1	4.5	3	3.1	5	0.6	22	2.8	7
Канадский район	1.3	15	1.6	19	1.1	30	0.9	13	1.5	19
Канадский район (северная часть)	1.8	8	2.4	11	2.0	15	0.4	42	2.5	5
Гренландское и Норвежское моря (северная часть)	3.2	1	6.1	1	2.5	6	1.8	7	2.4	7
Баренцево море	2.0	15	4.1	16	2.8	5	0.0	50	1.3	29
Карское море	2.2	17	2.2	32	5.5	3	-0.3	64	1.4	41
Море Лаптевых	2.8	4	1.6	20	5.7	1	1.5	11	2.5	18
Восточно-Сибирское море	3.1	2	3.7	2	3.4	6	1.4	10	4.0	4
Чукотское море	3.8	1	5.5	2	3.3	11	1.1	12	5.3	1
Море Бофорта	2.5	10	3.5	5	3.2	5	0.4	30	3.1	8

Таблица 5.3 – Коэффициенты линейного тренда средней за сезон и за год (декабрь-ноябрь) температуры воздуха за период 1936-2014 гг. по регионам СПО, b , °С/10 лет – коэффициент линейного тренда, $D\%$ – вклад тренда в дисперсию

Район, широтная зона	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$	b	$D\%$
Широтные зоны										
70-85 °с.ш.	0.12	19.4	0.19	45.3	0.12	47.8	0.12	23.7	0.14	36.1
60-70 °с.ш.	0.15	30.8	0.22	42.3	0.12	54.2	0.10	27.9	0.15	49.8
60-85°с.ш	0.12	26.5	0.20	45.5	0.12	34.0	0.11	28.4	0.14	44.9
Районы СПО										
Атлантический	0.18	31.4	0.14	36.9	0.11	14.9	0.07	19.5	0.13	37.1
Североевропейский	0.05	4.5	0.25	37.8	0.08	14.2	0.06	9.8	0.11	22.4
Западносибирский	-0.03	2.5	0.26	29.3	0.08	5.4	0.05	6.4	0.09	16.7
Восточносибирский	0.17	21.0	0.28	37.6	0.12	69.3	0.10	14.7	0.17	37.4
Чукотский	0.06	8.9	0.25	36.1	0.17	16.2	0.23	34.9	0.18	44.1
Аляскинский	0.35	34.9	0.21	26.9	0.16	25.1	0.14	20.9	0.22	49.7
Канадский	0.22	28.3	0.06	11.1	0.11	34.0	0.19	36.0	0.15	36.2
Моря как часть климатического района										
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	0.25	28.4	0.23	42.4	0.18	58.4	0.12	23.6	0.20	43.0
Баренцево море	-0.02	1.4	0.19	29.6	0.07	20.4	0.06	09.9	0.08	14.5
Карское море	-0.07	5.2	0.27	28.0	0.05	15.1	0.06	06.3	0.08	10.6
Море Лаптевых	0.01	1.6	0.23	29.5	0.10	26.6	0.05	06.3	0.10	19.1
Восточно-Сибирское море	0.15	23.3	0.25	33.8	0.16	41.0	0.20	27.6	0.19	42.6
Чукотское море	0.21	24.3	0.27	32.2	0.17	45.7	0.22	34.0	0.22	44.6
Море Бофорта	0.39	50.3	0.16	28.9	0.15	42.4	0.23	34.9	0.23	52.2
Северная часть Канадского района	0.14	16.4	0.05	8.3	0.05	14.9	0.17	31.7	0.10	24.6

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

В течение последних тридцати лет (1985-2014 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 2.0°C за 30 лет (или $0.66^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В районах арктических морей в течение 1936-2014 гг. всюду знак тренда положительный. В последнем 30-ти летнем периоде наиболее высокими темпами повышение температуры происходит в районе Карского моря и на севере Канадского Арктического архипелага. Линейное повышение среднегодовой температуры воздуха здесь составило около 3.9 и 3.1°C за 30 лет.

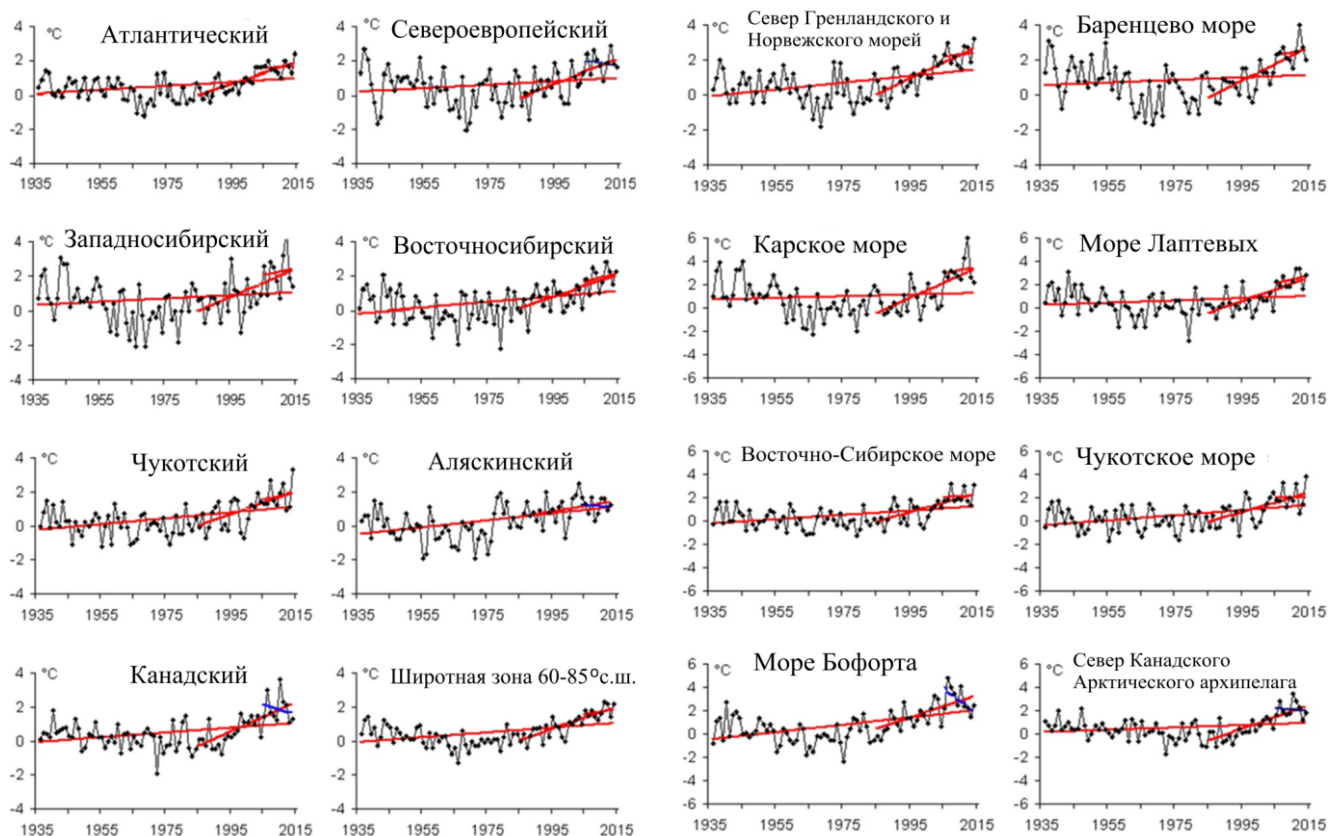


Рисунок 5.3 – Временные ряды аномалий среднегодовой температуры воздуха для отдельных районов широтной зоны $60-85^{\circ}$ с.ш. и районов арктических морей ($70-85^{\circ}$ с.ш.).

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 2013/14 г. для СПО и для отдельных климатических районов.

В целом для СПО в 2013/14 г. годовая сумма осадков была выше нормы (на 5.1%) – главным образом, за счет более влажного холодного периода (на 6.7%).

Наибольшее количество осадков за год выпало в Западносибирском районе (на 19.5% выше нормы). Наименьшее – в Канадском районе (на 9.4% ниже нормы) вследствие более сухого холодного периода (осадков выпало на 29.2% ниже нормы).

На рис. 5.4 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 2014 г. по северным ($70-85^{\circ}$ с.ш.), южным ($60-70^{\circ}$ с.ш.) частям климатических районов, а также для районов в целом.

Таблица 5.4 – Относительные аномалии (%) сезонных и годовых сумм осадков в 2013/14 г. (в % от нормы 1961-1990 гг.)

Район, широтная зона	Холодный период	Теплый период	Год
Атлантический	97.3	89.5	94.9
Североевропейский	123.5	100.4	113.4
Западносибирский	123.2	115.5	119.5
Восточносибирский	105.7	101.4	103.4
Чукотский	105.4	91.4	99.2
Аляскинский	120.4	117.6	118.9
Канадский	70.8	108.9	90.6
70-85 °с.ш.	107.3	99.6	103.9
60-70 °с.ш.	110.6	107.4	108.7
60-85 °с.ш.	106.7	103.1	105.1

Таблица 5.5 – Оценки линейного тренда регионально осредненных сезонных и годовых сумм осадков за период 1936-2014 гг., ***b***, мм/10 лет – коэффициент линейного тренда, ***D***,% – вклад тренда в полную дисперсию

Район, широтная зона	Холодный период		Теплый период		Год	
	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i> %	<i>b</i>	<i>D</i> %
Южная часть Гренландского и Норвежского морей	4,95	12,0	-0,65	4,3	4,30	11.0
Североевропейский (южная часть)	15,29	70,6	2,72	18,7	18,01	64.6
Западносибирский (южная часть)	9,03	59,8	-2,47	17,1	6,56	28.0
Восточносибирский (южная часть)	2,44	35,2	0,42	4,7	2,86	24.0
Чукотский (южная часть)	-0,92	6,1	-0,27	2,1	-1,19	7.8
Аляскинский (южная часть)	3,35	21,8	-0,72	3,7	2,63	5.3
Канадский (южная часть)	-0,09	1,2	3,19	37,1	3,10	29.2
60-70°с.ш.	4,97	44,4	0,37	6,4	5,34	40.9
Северная часть Гренландского и Норвежского морей	8,67	47,3	0,60	5,5	9,27	43.9
Баренцево море	6,40	54,8	-0,50	4,4	5,90	34.9
Карское море	0,23	2,6	-1,22	12,5	-0,99	7.1
Море Лаптевых	-3,02	37,0	-3,10	30,2	-6,12	44.2
Восточно-Сибирское море	-6,99	53,5	-4,63	39,6	-11,62	56.3
Чукотское море	-9,80	54,8	-3,75	25,7	-13,55	50.2
Море Бофорта	-0,99	9,6	0,89	10,8	-0,10	1.3
Канадский (северная часть)	0,49	7,9	0,38	6,5	0,87	11.9
70-85°с.ш.	1,15	22,5	-0,86	19,0	0,29	1.6
Атлантический	6,39	22,1	-0,23	2,2	6,16	21.0
Североевропейский	11,68	74,7	1,53	14,3	13,21	63.7
Западносибирский	5,32	56,4	-1,95	20,0	3,37	21.4
Восточносибирский	0,35	06,4	-0,93	11,9	-0,58	7.8
Чукотский	-3,69	28,3	-2,24	20,9	-5,93	33.5
Аляскинский	2,27	18,2	-1,23	7,5	1,04	2.1
Канадский	0,14	02,3	2,14	36,2	2,28	29.4
60-85°с.ш.	3,26	42,9	-0,37	8,5	2,89	31.9

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

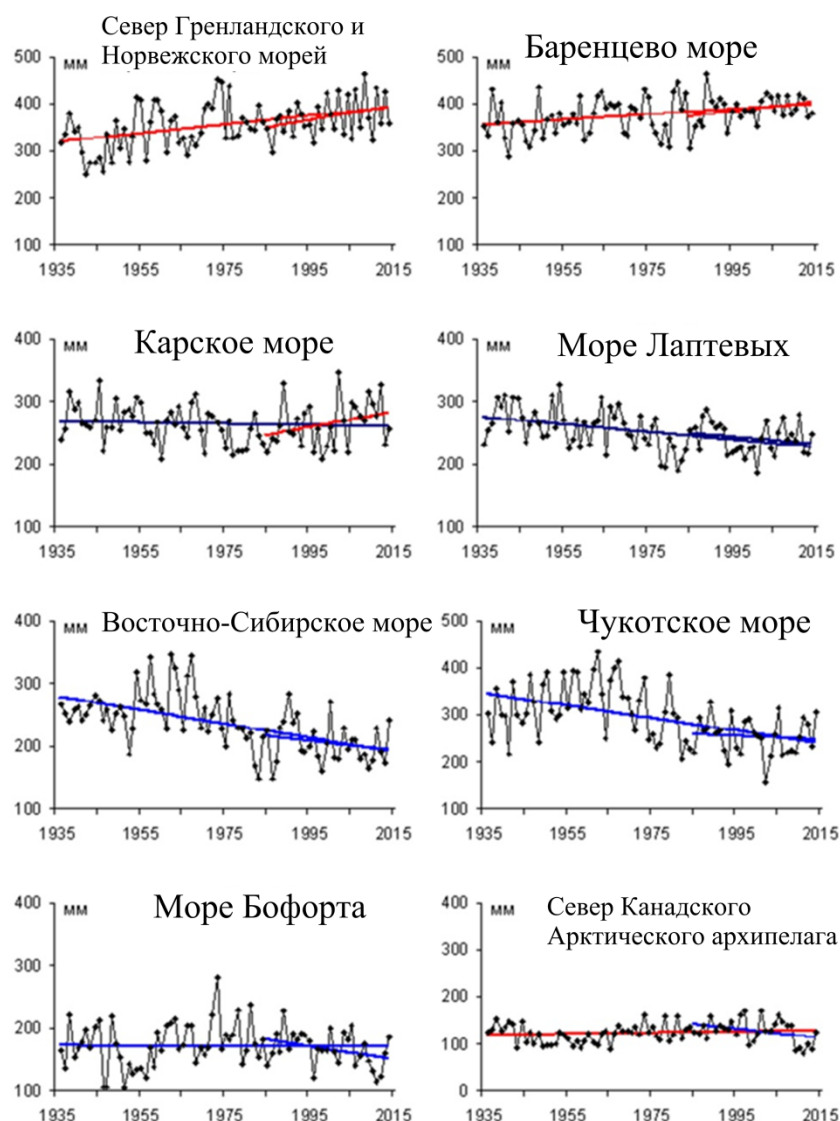


Рисунок 5.4 – Временные ряды регионально осредненных годовых сумм осадков

В многолетних изменениях годовых сумм осадков за период 1936-2014 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 (15.3 мм/10 лет для осадков холодного периода и 18.0 мм/10 лет для годовых сумм), а уменьшение – в Восточно-Сибирском и Чукотском морях (11.6 и 13.6 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.

Морская Арктика

Присутствие океана и морского льда в центре Арктики влияет на формирование арктического климата и определяет его влияние на глобальный климат. Поэтому изменениям климата в этой части Арктики, названной морской Арктикой, уделяется

особое внимание. К морской Арктике здесь относятся морская часть Арктической зоны Российской Федерации (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.

Для оценки изменений приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) 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. В летние сезоны с 2005 по 2012 гг. средняя ПТВ составляла 5°C и более в 6 случаях из 9. Такие средние температуры летом не отмечались ни разу до этого с начала рассматриваемого периода. Летом 2013 года температура понизилась до 4.8°C и незначительно (до 4.9°C) возросла в 2014 году.

Средняя приповерхностная температура воздуха за зимний сезон (декабрь – февраль) превышала значение -21°C в период с 2006 по 2014 гг. 7 раз из 9, чего не отмечалось ни в один год с 1951 по 2005 гг. Самые теплые зимние сезоны отмечены в 2011 г. (-19.6°C) и в 2012 г. (-19.7°C). Зимой 2014 года средняя ПТВ составила -20.6°C , что соответствует 6-му месту в ряду самых теплых зимних сезонов за 1951-2014 гг. Из рис. 5.5 видно, что рост средних зимних и летних температур в морской Арктике начался после 1990 года и достиг максимума в 2011-2012 гг.

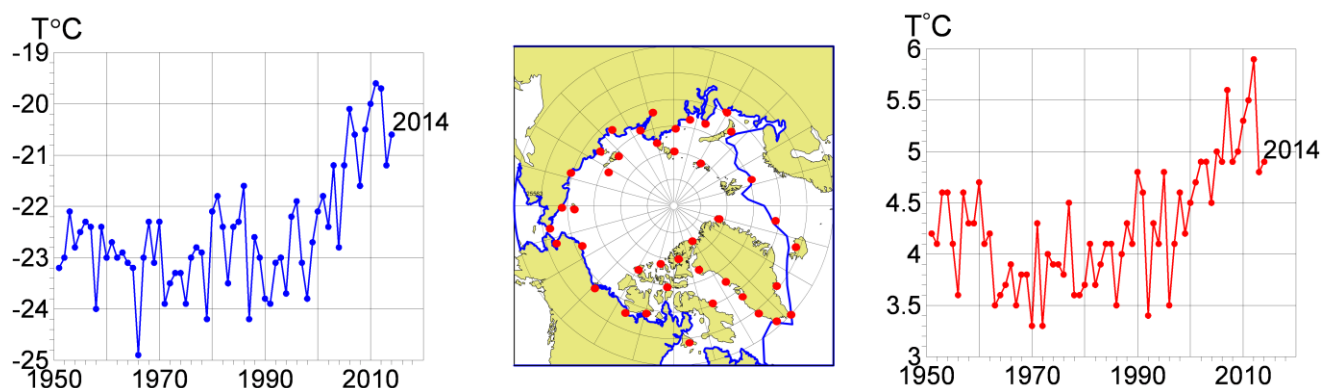


Рисунок 5.5 – Средняя за декабрь-февраль (слева) и за июнь-август (справа) месяцы приповерхностная температура воздуха на 41 станции в морской Арктике в 1951-2014 гг. Положение станций показано в центре.

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 с конца 1990-х годов сентябрьская площадь арктического морского льда к 2012 году сократилась почти в два раза по сравнению с 1980-ми годами. 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, а в сентябре 2014 года несколько уменьшилась до 5.28 млн. кв. км (рис. 5.6 и 5.7). При этом последовательно углубляющимся сентябрьским минимумам площади льда с самым глубоким минимумом в сентябре 2012 года, соответствуют максимумы летней температуры с абсолютным максимумом в 2012 году. В целом за период спутниковых наблюдений за морским льдом изменения сентябрьской площади льда и летней ПТВ тесно связаны между собой с коэффициентом корреляции - 0.93 (рис. 5.6). При этом зависимость сохраняется и для межгодовых колебаний сентябрьской площади льда и летней ПТВ (коэффициент корреляции - 0.78).

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 в Сибирских морях колебалась около 250 тыс. кв. км в пределах от 360 до 130 тыс. кв. км. В сентябре 2014 года ее значение составило 279 тыс. кв. км.

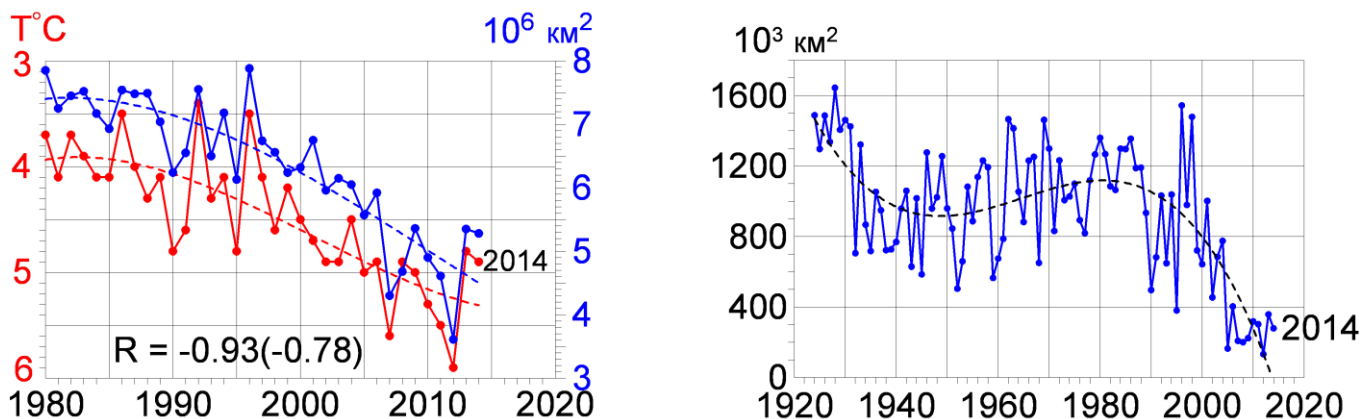


Рисунок 5.6 Средняя площадь морского льда в сентябре по данным NSIDC (http://nsidc.org/data/seaice_index/index.html) и летняя приповерхностная температура воздуха в морской Арктике (слева) в 1979-2014 гг. Справа - средняя площадь морского льда в сентябре в Сибирских арктических морях по данным ААНИИ (<http://www.aari.nw.ru/>) в 1924-2014 гг. Пунктирные кривые - аппроксимация ортогональными полиномами 3 степени. R – коэффициент корреляции между площадью льда и температурой воздуха. В скобках – тоже для отклонений от полинома.

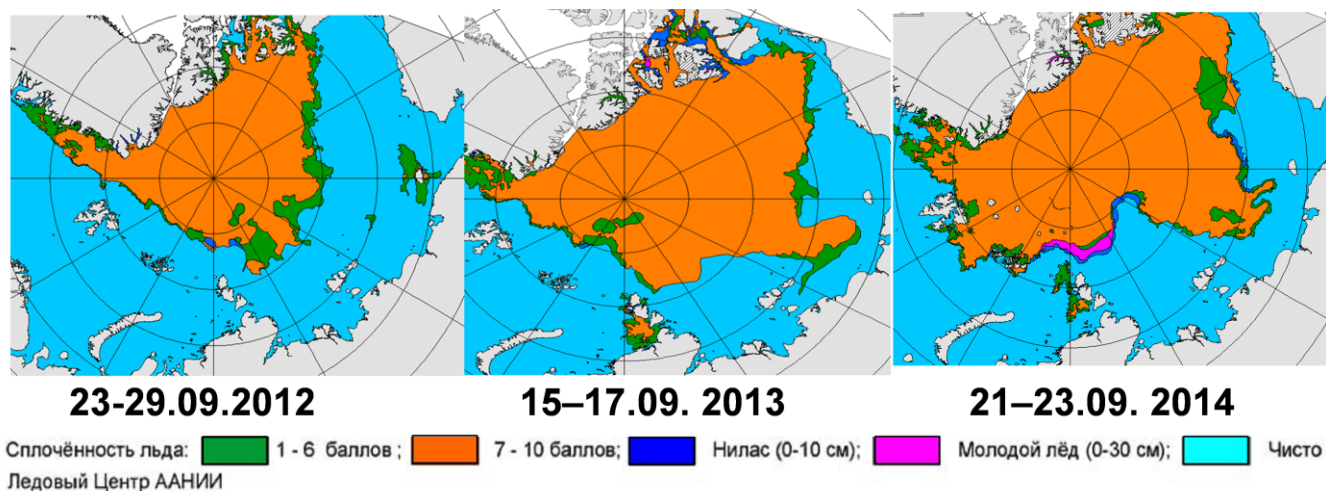


Рисунок 5.7 – распределение сплоченности льда во второй половине сентября в 2012, 2013 и 2014 гг. (Данные сайта ААНИИ <http://www.aari.ru/projects/ECIMO/index.php>).

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 2014 год включительно (рис. 5.8) показывают сохранение повышенных ее значений, установившихся с середины 1990-х годов.

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

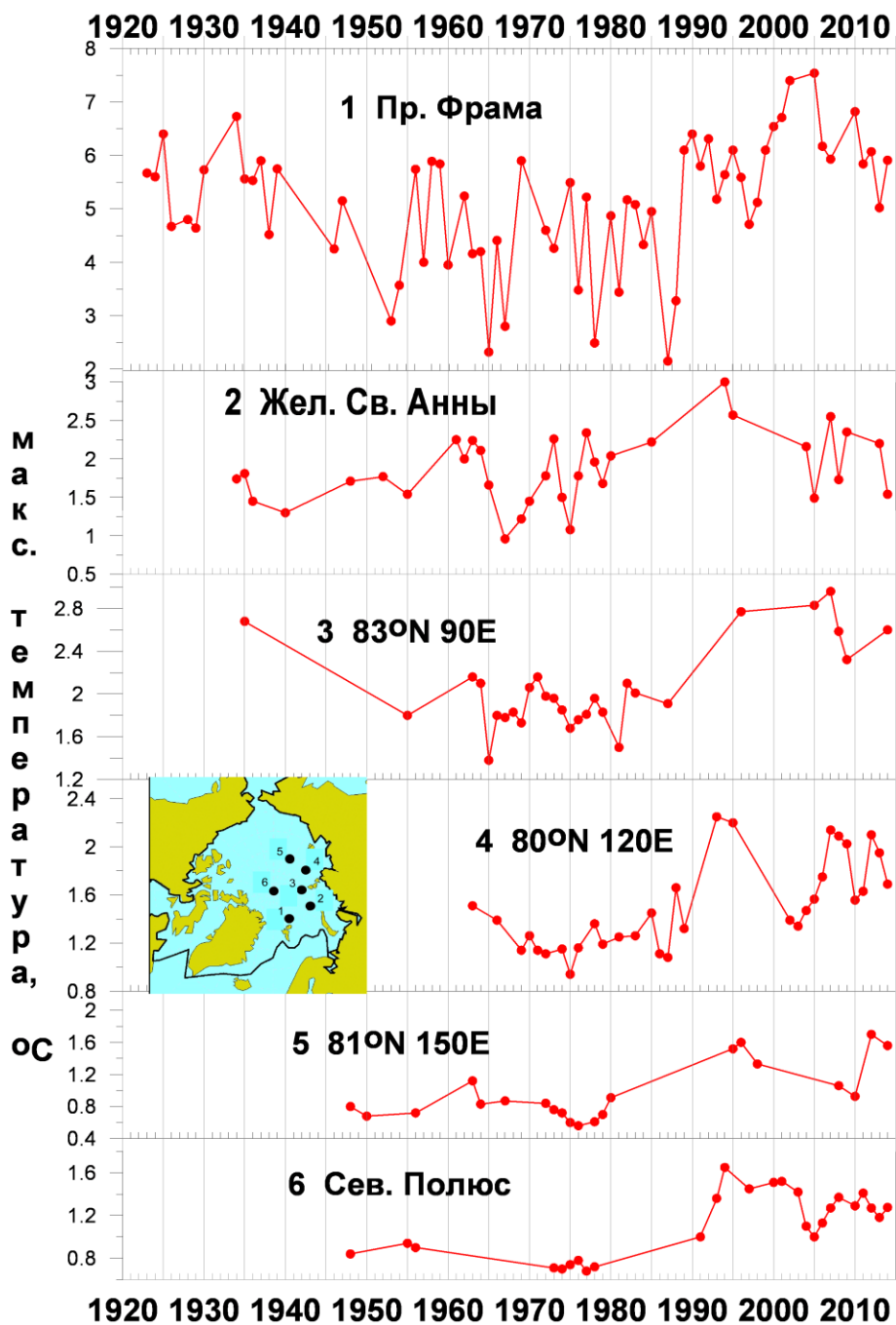
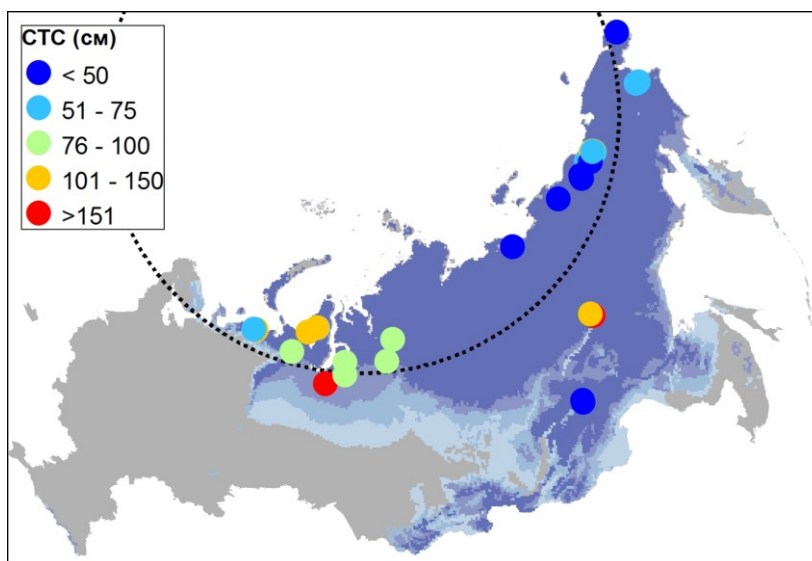


Рисунок 5.8 -
Изменения температуры в слое атлантической воды по данным измерений в шести районах Арктического бассейна (см. врезку) за 1920-2014 гг. Данные за 2014 год получены в экспедициях на НЭС «Академик Федоров», «Helmer Hansen» (Норвегия), в экспедиции «North Polar Environment Observatory (NPEO)» (США).

6. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА

Мощность сезонно-талого слоя (СТС) является одним из основных параметров, характеризующих изменения состояния многолетнемерзлых грунтов (ММГ) за счет климатических и иных факторов, в числе которых следует указать техногенное воздействие и изменения растительного покрова. Источником наиболее репрезентативных данных о мощности СТС на территории России в настоящее время являются измерения, проводимые в рамках международного проекта циркумполярного мониторинга (CALM). Они осуществляются на площадках, характеризующих типичные ландшафтно-топографические условия различных участков криолитозоны. Расположение площадок исключает техногенное воздействие. Что касается растительности, то на большинстве площадок приводятся ее характеристики, отслеживаются и фиксируются ее естественные изменения с тем, чтобы их можно было учесть при интерпретации наблюдений. На Российских площадках CALM за все время наблюдений не было отмечено значительных изменений растительности, выходящих за рамки межгодовой изменчивости по биомассе, что позволяет говорить о наличии однородных по этому показателю рядов наблюдений. 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 шупа в грунт до упора о мерзлый слой.

На рис. 6.1 приведена карта расположения российских площадок CALM и данные измерений за 2014 г. Ежегодная мощность СТС на площадках CALM, ее среднее значение (CP, см) и тренд (TP, см/10 лет) за период наблюдений 1999-2014 гг. показаны в таблице



6.1 и на рис. 6.2. Полный ряд наблюдений, в том числе немногочисленные данные до 1999 г., размещены на сайте www.gwu.edu/~calm.

Рисунок 6.1 - Мощность СТС за 2014 г. (показаны только площадки приславшие данные до 15 декабря 2014 г.)

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 в ЕЧР измерения проводились шупом длиной 135 см и не выявили упорного слоя при полном погружении в грунт, поскольку он находился на большей глубине.

Таблица 6.1 – Ежегодная мощность СТС (см) на площадках CALM, среднее значение (CP, см) и тренд (TP, см/10 лет) за весь период наблюдений 1999-2014 гг. Приведены значения за последние 15 лет, полный ряд наблюдений доступен на сайте www.gwu.edu/~calm)

Код	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	CP	TP
Европейский север																		
R2	64	69	73	76	77	78	81	84	89	87	86	89	88	91	93	91	80	17
R23	91	111	111	110	113	125	131	137	138	152	144	138	144	161	156		127	47
R24	89	106	106	104	113	120	115	114	125	124	112	104	107	>135	117	102	112	9
Западная Сибирь																		
R1	129	126	132	143	126	134	141	129	129	136	101	114	129	134	136	164	131	5
R3	92	106	111	115	109	114	116	116	114	114	85	98	102	127	115	102	108	1
R5	87	92	92	92		94	97	94	92	93	76	87	87	102	103	95	91	4
R5a									72	75	47	67	67	77	80	71	70	13
R5b									72	73	81	65	65	77	78	70	73	-0
R5c									112	113	82	106	114	128	126	111	112	24
R50a										84	65	77	72	87	70	76	76	-1
R50b										84	65	80	82	95	92	84	83	25
Центральная Сибирь																		
R29A			27		35	25	33	35	44	38	28	38	39	33	26	35	34	3
R29B						26	33	32	44	37	25	28	35	30	24	33	32	-3
R32							81	91	90	94	94	94	96	104	86	95	93	10
R40										74	71	67	70	69	72	79	72	7
R42										203	199	197	201	201	201	203	201	3
R43										124	122	123	123	124	129	126	124	8
Северо-Восточная Сибирь																		
R13A	36	33	38	44	49		50	42	55	50	36	52	46	43	47		44	
R13B	-	31	39		48		46	32	56	37	25	50	46	41	47		41	
R14	38	41					47	44		40	46	49	47	46	42		44	
R15A	32		36					30	60	38	28	48	32	30	30		36	
R15B	36		32					44	54	44	39	45	54	46	43		44	
R16	30						54	42	75	49	43	56	72	54	50	57	52	14
R17	-	45	47		51	55	54	53	60	49	47	56	61	53	55	64	53	7
R18	74	75	75	76	81	85	82	83	86	80	78	84	84	77	74	79	77	9
R18A					91	97	100	96	104	98	96	104	104	97	94	101	99	3
R19	67	72			84	92	95	93		92	92	103	94	83	89	95	84	18
R20	52	46	50		48	56	53	54	57	55	49	53	59	54	61	65	54	6
R21	83	84	84		96	103	113	101	117	100	96	110	105	92	96	108	97	15
R22	46					51	53		57	53	51	57	50	52	49	45	51	2
R25	23	37	38				55	45	65	43	42	65	60	41	41		46	
R31						39	42	44	48	47	49	52	53	50	47	47	47	8
R35									41	34	32	52	45	44	40	40	41	6
R36							38	37	43	43	41	31	35	34	44	38	38	-2
R38A					115	129	148	137	151	133	122	145	149	130	124	132	135	2
R38B					148	155	167	156				154	157	139	147	150	153	-8
R38C					72	77	80	81	84	79	78	82	79	72	66	75	77	-4
Дальний Восток																		
R9	39	42	44	46	50	57	57	53	59	52	52	52	51	53	52	59	50	7
R11	53	46	47	52	55	64	62		67	61	60	53	57	54	57	60	55	7
R27		59	60	62	64	65	67	59	74	61	64	74	65	67	69		65	
R30A					78	67	71	73	72	73	80	76	72	76			74	
R30B						49	56	54	53	56	63	58	59	57			56	
R30C								44	45	49	49	50	50	48	46		48	

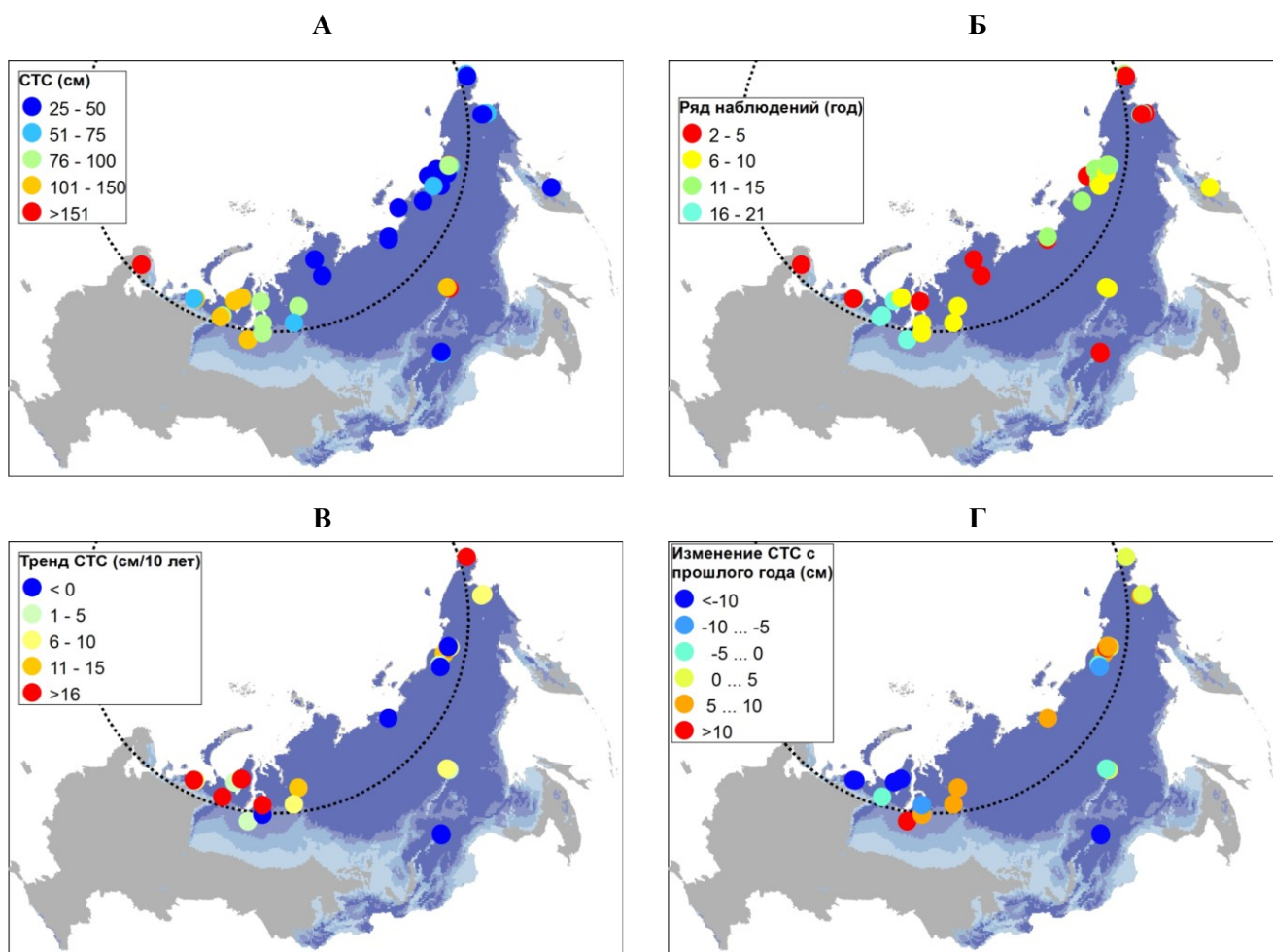


Рисунок 6.2. - А – средний многолетний СТС (см); Б – продолжительность ряда наблюдений (годы); В – тренд СТС за весь период наблюдений (см/10 лет); Г – изменение СТС в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом (см)

Особенности состояния СТС в 2014 году. Из 64 российских площадок, на которых когда-либо проводились измерения, в 2014 году были задействованы 36. Сравнение многолетних данных с данными 2014 г. показывает, что на большей части криолитозоны СТС был в пределах климатической нормы (рис. 6.2а). При этом стоит отметить сравнительно небольшую продолжительность рядов измерений, которые редко превышают 10-15 лет (рис. 6.2б), что затрудняет объективную оценку многолетних изменений. Вместе с тем, используя отрывочные данные за более ранние годы, в том числе и по другим площадкам, можно констатировать продолжающуюся тенденцию к увеличению мощности на большей части криолитозоны по сравнению с серединой 1990х годов. Наибольшая тенденция проявляется на Европейском Севере, где, несмотря на замедление темпов роста СТС, тренд достигал 47 см/10 лет (см. таблицу 6.1, рис. 6.2в). Вместе с тем, в 2014 г. на севере ЕЧР произошло заметное уменьшение СТС по сравнению с предыдущим годом, составившее от 2 до 22 см (рис. 6.2г). Существенное уменьшение СТС в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом произошло и на площадках Западной Сибири (8-15 см), кроме двух, расположенных в южной части региона в районе Надыма и Уренгоя. На этих двух площадках изменения водного режима (подтопление) привели к заметному увеличению СТС.

В центральной Сибири изменения СТС в северной и южной частях были различны. На севере региона произошло повсеместное увеличение СТС на 7-9 см, при этом центральный район (Якутск) не показал существенных изменений, а в Забайкалье (Чара) произошло существенное уменьшение СТС на 10-13 см.

В Восточной Сибири мощность СТС увеличилась на большинстве площадок на 4-12 см, при этом на двух площадках мощность осталась неизменной, а на двух уменьшилась по сравнению с предыдущим годом на 4-6 см. На Дальнем Востоке также отмечено небольшое увеличение СТС от 2 до 7 см.

Таким образом, в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом в ЕЧР и в Западной Сибири произошло уменьшение СТС, а в восточных регионах - увеличение. При этом в 62% случаев СТС в 2014 г. был выше средних многолетних значений, что может свидетельствовать о продолжении тенденции его увеличения в 21 веке, особенно выраженной в Западных и южных районах криолитозоны.

7. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ 2014 ГОДА

Мониторинг агрометеорологической составляющей климата за 2014 г. осуществляется на основании станционных данных по температуре и осадкам месячного разрешения для 455 станций на территории России и стран СНГ за период с 1951 г. по 2014 г., содержащихся в базе данных «Климат», поддерживаемой ИГКЭ.

Расчет агроклиматических показателей, характеризующих условия роста и развития сельскохозяйственных культур, выполняется с помощью системы «Климат–Почва–Урожай» (ФГБУ «ВНИИСХМ»). Показатели продуктивности – биоклиматический потенциал и климатически обусловленная урожайность – для всей земледельческой территории России также рассчитываются в рамках этой системы.

Анализ текущих значений агроклиматических показателей.

Расчет агроклиматических показателей выполнялся по станционным данным сети наблюдений на территории земледельческой зоны России. Аномалии этих показателей определялись относительно климатической нормы 1961–1990 гг. (базовый период) и относительно предшествующего десятилетия 2004–2013 гг. Показатели теплообеспеченности и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур в 2014 г., осредненные по федеральным округам, представлены в таблице 7.1 и таблице 7.2. Следует отметить, что осреднение проводилось не по всей территории федерального округа или России в целом, а лишь в пределах условной земледельческой зоны южнее 66.5° с.ш. (до 90° в.д.), 60° с.ш. (до 130° в.д.), 55° с.ш. восточнее: поэтому некоторые цифры могут отличаться от приведенных в главах 1 и 2 (таким образом, например, «в среднем по России» означает «в среднем по земледельческой зоне России»).

Таблица 7.1 – Аномалии показателей термического режима в 2014 г. относительно средних за 2004–2013 гг. и 1961–1990 гг., осредненные по территории РФ и федеральных округов в пределах земледельческой зоны

Федеральный округ	Средняя температура воздуха, °С				Длина вегет. периода, сут.	ΣT _{>5°C} , °С	ΣT _{>10°C} , °С	T _{зерн} , °С	T _{БКП} , °С
	зима	весна	лето	осень					
Отклонения от 2004–2013 гг.									
Центральный	1.78	1.97	-0.15	-1.74	-13	-71	21	0.1	0.7
Северо-Западный	2.11	1.85	-0.36	-1.51	-8	-32	60	-0.2	0.4
Приволжский	0.71	0.94	-0.89	-2.40	-17	-200	-109	-0.7	0.3
Южный	-0.17	1.21	0.18	-2.28	-4	3	-25	-0.4	0.4
Уральский	-0.08	1.45	-1.21	-3.36	-25	-328	-200	-1.8	-0.1
Сибирский	2.43	1.92	0.00	-1.96	-3	-83	-129	-0.9	-0.4
Дальневосточный	-0.67	2.22	0.39	-0.52	4	62	36	-0.7	0.0
Северо-Кавказский	-0.44	1.10	0.75	-1.56	-10	-38	-74	-0.5	0.4
Россия	1.16	1.74	-0.20	-1.89	-8	-87	-51	-0.7	0.1
Отклонения от 1961–1990 гг.									
Центральный	3.14	3.01	1.39	-0.07	1	262	336	0.9	1.4
Северо-Западный	3.69	2.64	0.74	0.25	6	240	332	0.8	1.1
Приволжский	1.53	2.10	0.52	-0.51	-5	111	187	0.5	1.0
Южный	0.91	2.20	1.90	-0.88	4	356	310	-0.2	1.1
Уральский	0.31	2.68	-0.26	-1.25	-14	-91	45	-0.3	0.6
Сибирский	2.19	3.18	0.84	-0.40	7	81	16	0.0	-0.1
Дальневосточный	0.38	2.75	1.49	0.91	9	251	275	0.2	0.7
Северо-Кавказский	0.41	1.76	1.96	-0.40	2	276	223	-0.1	1.2
Россия	1.71	2.78	0.90	-0.24	2	157	195	0.3	0.7

Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур. Агрометеорологические условия весны 2014 г. на территории земледельческой зоны России оценивались по показателям тепло- и влагообеспеченности. В среднем по земледельческой зоне России по

сравнению с *периодом 2004–2013 гг.* температуры весны 2014 г. были выше на 1.7°C (таблица 7.1). По федеральным округам отклонения составили от 0.9 до 2.2°C . Вследствие положительных отклонений температуры на большей части сельскохозяйственной зоны возобновление вегетации наблюдалось на 3–9 суток раньше, чем в среднем за *предшествующее десятилетие* и на 5–14 суток раньше, чем в среднем за *период 1961–1990 гг.* Но в то же время, на части территории Приволжского, Уральского и Дальневосточного ФО возобновление вегетации было зафиксировано позже на 4–10 суток.

Относительно средних величин *последнего десятилетия летние* температуры в 2014 г. были ниже на 0.2°C в среднем по территории сельскохозяйственной зоны РФ. Максимальные *положительные* отклонения от средних за 2004–2013 гг. отмечены в Северо-Кавказском ($+0.8^{\circ}\text{C}$) ФО; максимальные *отрицательные* - на территории Уральского (-1.2°C) и Приволжского (-0.9°C) федеральных округов.

В 2014 г. относительно средних за *период 2004–2013 гг.* средняя температура воздуха за период вегетации яровых зерновых культур от даты всходов до даты уборки ($T_{\text{зерн}}$) практически на территории всей сельскохозяйственной зоны была на 0.2 – 1.8°C *ниже* (положительная аномалия 0.1°C отмечена лишь в ЦФО). Отклонения средней температуры теплого периода года между датами устойчивого перехода через 5°C весной и осенью ($T_{\text{БКП}}$) в Европейской и Азиатской частях России были разного знака и изменялись от $0.3 \dots 0.7^{\circ}\text{C}$ (ЕЧР) до $-0.1 \dots -0.4^{\circ}\text{C}$ (АЧР). Отклонение средней за вегетацию температуры по территории сельскохозяйственных регионов положительна и составляет 0.1°C . В целом по России отклонение сумм активных температур относительно *предыдущего десятилетия* отрицательно и составило -51°C (-21°C в 2013 г.): отрицательные отклонения в диапазоне от -25°C до -200°C наблюдались в пяти федеральных округах (Южный, Северо-Кавказский, Приволжский, Уральский и Сибирский).

По сравнению с *климатической нормой* аномалия сумм активных температур (превышающих 10°C) составила $+195^{\circ}\text{C}$ (для сравнения: в 2013 г. $+217^{\circ}\text{C}$) по сельскохозяйственной зоне России в целом. Максимальная величина аномалии составила $+336^{\circ}\text{C}$ в Центральном ФО.

Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Комплекс показателей для характеристики увлажненности территории включает следующие агрометеорологические величины: сезонные аномалии суммы осадков (выраженные в % от среднего за соответствующий период минус 100%); индекс сухости М.И. Будыко (ИС – безразмерная величина, равная отношению испаряемости к годовой сумме осадков); гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) для теплого периода года (май–август); суммарное количество осадков за период вегетации яровых зерновых культур от даты всходов до уборки яровых зерновых культур $\Sigma R_{\text{зерн.}}$ и суммарное количество осадков за теплый период года $\Sigma R_{\text{БКП}}$ (последние выражены в тех же единицах, что и сезонные аномалии).

Суммарное количество атмосферных осадков за период роста и развития яровых зерновых ($\Sigma R_{\text{зерн.}}$) в 2014 г., выпавшее в отдельных сельскохозяйственных регионах, было ниже соответствующих величин за *предшествующее десятилетие*. Максимальные отклонения, рассчитанные относительно периода 2004–2013 гг., отмечены в Южном (-13%) и Центральном (-19%) ФО (таблица 7.2). Данные таблицы 7.2 показывают, что на территории Дальневосточного и Уральского ФО, где основные сельскохозяйственные площади заняты под яровыми культурами, за период от всходов до уборки зерновых в 2014 г. осадков выпало на 6–46% больше, чем в среднем за последнее десятилетие.

Отклонения оценок увлажненности сельскохозяйственного года в целом ($\Sigma R_{\text{БКП}}$) от средних показателей за 2004–2013 гг. отрицательны на территории практически всех ФО и составляют по России в целом -13% .

Количество осадков, выпавших весной 2014 г. на территории сельскохозяйственной зоны РФ, в целом на 8% меньше, чем за 2004–2013 гг. Максимальные отрицательные

аномалии отмечены в Центральном, Приволжском и Дальневосточном ФО (–23%, –26% и –17%). В то же время, оценки продуктивных запасов влаги в метровом и пахотном слоях почвы на дату возобновления вегетации, выполненные с помощью системы Климат–Почва–Урожай (таблица 7.3), были выше соответствующих средних значений за предшествующее десятилетие. По-видимому, аккумулярованные за осенний и зимний период осадки способствовали сохранению удовлетворительных запасов влаги в почве к началу вегетации озимых зерновых культур. Но уже в мае наблюдаются отрицательные аномалии увлажненности практически во всех федеральных округах на 2–6 мм в пахотном слое почвы, что могло быть признаком развития засухи в отдельных регионах.

Таблица 7.2 – Показатели влажностного режима в 2014 г. и их отклонения от средних значений за периоды 2004–2013 гг. и 1961–1990 гг.

Федеральный округ	Аномалия суммы осадков, % нормы-100%				ИС, б/р	ГТК (май-август), б/р	ΣR _{зерн.} , % n-100	ΣR _{БКП} , % n-100
	зима	весна	лето	осень				
Отклонения от 2004–2013 гг.								
Центральный	-19	-23	-13	-53	0.35	-0.22	-10	-30
Северо-Западный	10	1	7	-44	0.13	0.02	-4	-12
Приволжский	17	-26	-5	-37	0.17	-0.07	-9	-29
Южный	-13	4	-5	-31	0.33	-0.07	-16	-18
Уральский	44	3	31	3	-0.21	0.31	46	4
Сибирский	22	-5	-16	3	-0.04	-0.10	-8	-7
Дальневосточный	-15	-17	-13	-13	0.06	-0.06	6	0
Северо-Кавказский	21	25	-39	18	-0.14	0.04	22	6
Россия	9	-8	-7	-18	0.09	-0.04	1	-13
Отклонения от 1961–1990 гг.								
Центральный	-12	-15	-17	-49	0.44	-0.37	-22	-26
Северо-Западный	21	10	13	-40	0.16	-0.00	-11	-3
Приволжский	14	-15	-10	-38	0.27	-0.21	-21	-26
Южный	-13	19	-12	-27	0.29	-0.09	-10	-9
Уральский	30	22	22	5	-0.12	0.18	26	6
Сибирский	24	10	-11	7	-0.00	-0.08	-8	0
Дальневосточный	-1	-5	-5	-5	0.11	-0.19	-3	-1
Северо-Кавказский	16	35	-26	17	-0.06	-0.08	17	6
Россия	12	5	-5	-14	0.15	-0.12	-7	-9

Аномалии летних осадков относительно 2004–2013 гг. отрицательны во всех сельскохозяйственных регионах, за исключением Уральского (31%) и Северо-Западного ФО (7%).

Наметившаяся за последние годы тенденция к росту осенних осадков на территории возделывания озимых зерновых культур в 2014 г. не сохранилась. Осенью 2014 г. в целом по сельскохозяйственной зоне России выпало осадков на 18% меньше, чем в среднем за 2004–2013 гг. (в ЦФО, ПФО и ЮФО - на 53%, 37% и 31%, соответственно).

На рис. 7.1 представлено пространственное распределение сумм осадков (мм) за вегетационный период 2014 г. и предшествующего 2013 г., и их средние значения за десять предыдущих лет (2004–2013 гг.) на территории сельскохозяйственной зоны РФ.

Оценки гидротермического коэффициента за период с мая по август, основной для производства большинства сельскохозяйственных культур, показывают, что уровень увлажненности в 2014 г. был ниже, чем в среднем за 2004–2013 гг. в Центральном, Приволжском, Южном, Северо-Кавказском и Дальневосточном ФО (таблица 7.2). Индекс сухости, характеризующий условия увлажненности за теплый период года, показывает, что влагообеспеченность практически на всей рассматриваемой территории была ниже, чем в среднем за предшествующее десятилетие. Показатели режима увлажненности по основным сельскохозяйственным регионам РФ представлены на рис. 7.1–7.3.

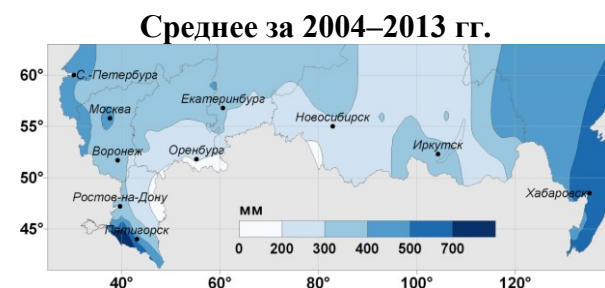
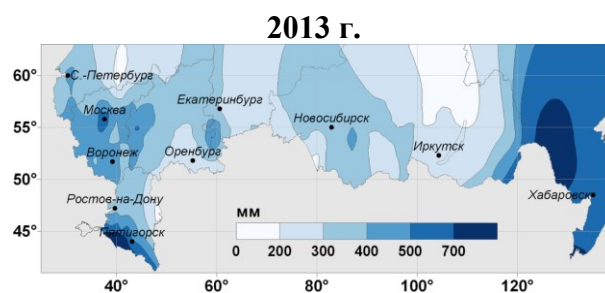
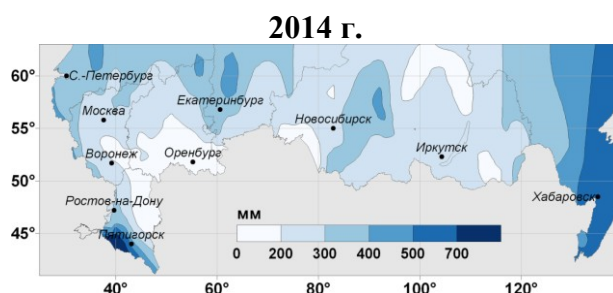


Рисунок 7.1 – Сумма осадков (мм) за вегетационный период 2014 г. и 2013 г. и соответствующие средние значения за предшествующее десятилетие 2004–2013 гг. на территории земледельческой зоны РФ

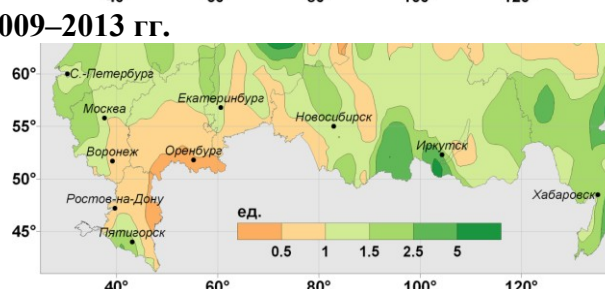
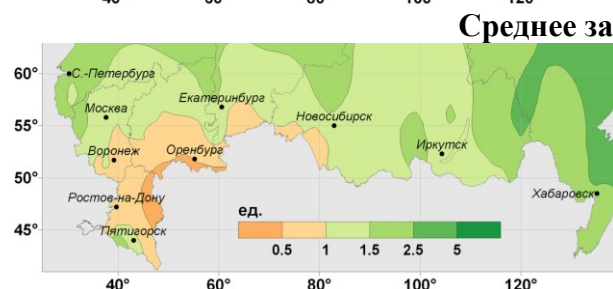
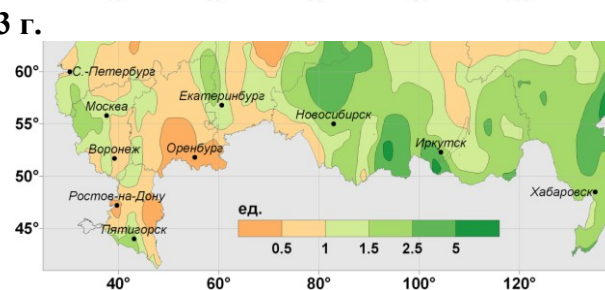
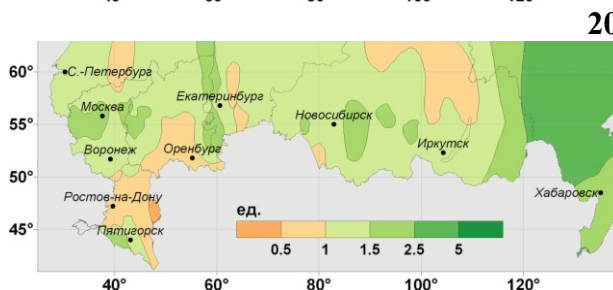
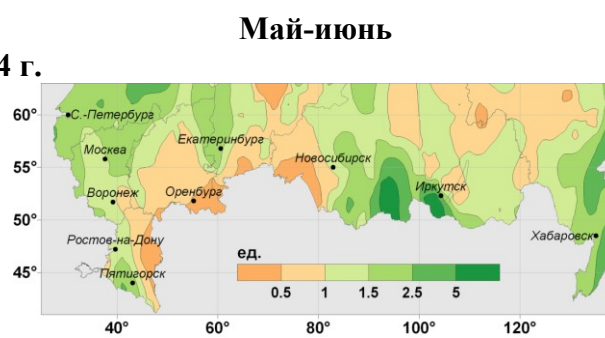
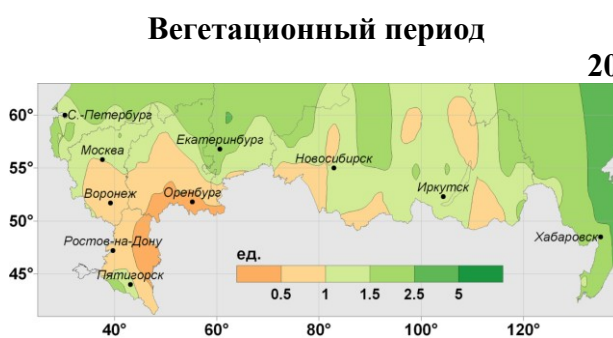


Рисунок 7.2 – Распределение гидротермического коэффициента (ГТК) в течение вегетационного периода и за май-июнь в 2014 г. и 2013 г. и его средние значения за 2009–2013 гг. на территории земледельческой зоны РФ

В таблице 7.3 представлена динамика увлаженности, начиная с даты возобновления вегетации озимых зерновых культур, а затем за каждую вторую декаду месяца с мая по сентябрь. Расчеты показали, что запасы влаги на дату возобновления вегетации озимых зерновых культур на большей части рассматриваемой территории были удовлетворительными, но положительные аномалии были незначительны и составляли

1–3 мм в пахотном слое почвы. Данные таблицы 7.3 дополнены иллюстрациями рис. 7.3, где представлена динамика запасов влаги пахотного и метрового слоев почвы. В течение вегетационного периода 2014 г. на большей части рассматриваемой территории преобладала отрицательная динамика запасов влаги почвы в пахотном слое. На критическом уровне сохранялись запасы продуктивной влаги в почве с июня по август на территории Южного и Северо-Кавказского ФО; в июле и августе – Центрального и Приволжского ФО (выделено серым цветом в таблице 7.3). За период с июля по сентябрь 2014 г. запасы влаги в метровом слое почвы опускались ниже критической величины 50 мм на территории Южного и Северо-Кавказского ФО (серый цвет в таблице 7.3).

Таблица 7.3 – Продуктивные запасы влаги в пахотном и метровом слоях почвы (мм) на территории земледельческой зоны России в 2014 г. (система Климат–Почва–Урожай)

Федеральный округ	Влажность почвы, мм						N _{w10} , сут.
	W _{воз.вег.}	W _{май}	W _{июнь}	W _{июль}	W _{август}	W _{сентябрь}	
слой 0–20 см							
Центральный	43	18	18	7	8	16	49
Северо-Западный	48	35	32	17	19	31	6
Приволжский	41	18	15	10	11	15	57
Южный	37	14	7	12	3	15	94
Уральский	29	21	10	28	19	14	16
Сибирский	41	27	13	14	17	17	14
Дальневосточный	48	30	19	35	24	31	3
Северо-Кавказский	22	18	6	3	4	14	51
Россия	40	23	15	16	14	18	32
слой 0–100 см							
Центральный	176	118	95	64	56	77	—
Северо-Западный	190	159	143	101	95	128	—
Приволжский	157	110	75	56	49	56	—
Южный	156	85	52	46	30	45	—
Уральский	116	102	54	76	61	45	—
Сибирский	160	133	89	79	80	71	—
Дальневосточный	150	123	88	102	89	93	—
Северо-Кавказский	106	80	42	21	20	40	—
Россия	156	119	83	73	65	70	—

Обозначения: W_{воз.вег.} – влажность почвы на дату возобновления вегетации, N_{w10} – число дней вегетационного периода, когда влажность пахотного слоя почвы не превышает 10 мм

Тенденции изменения агроклиматических показателей

В разделе рассмотрены тенденции тепло- и влагообеспеченности территории земледельческой зоны России за период глобального потепления (1976–2014 гг.).

Оценки линейного тренда сумм температур воздуха выше 10°C представлены на рис. 7.4. В таблице 7.4 тренды представлены по федеральным округам РФ за период 1976–2014 гг., а также 1995–2014 гг. Сравнение трендов за эти периоды позволяет сделать вывод, что положительная тенденция к росту этого показателя в последние десятилетия замедлилась, но сохраняется (кроме Сибирского ФО, где тренд за 1995–2014 гг. отрицателен). За период с 1976 по 2014 гг. скорость его роста колеблется в диапазоне от 45°C/10 лет в Сибирском ФО до 149°C/10 лет в Южном ФО. В среднем для территории России оценка тренда сумм активных температур воздуха за 1976–2014 гг. составляет 90°C/10 лет.

Линейные тренды продолжительности вегетационного периода ($\tau > 5^\circ\text{C}$) и периода активной вегетации ($\tau > 10^\circ\text{C}$) с 1976 по 2014 гг. положительны и изменяются для отдельных федеральных округов от 2.8 до 5.6 сут. и от 1.9 до 5.3 сут. соответственно. В среднем по России соответствующие оценки линейного тренда составляют 3.6 сут./10 лет

($\tau > 10^{\circ}\text{C}$) и 3.9 сут./10 лет ($\tau > 5^{\circ}\text{C}$). Таким образом, за последние 38 лет продолжительность вегетационного периода в среднем возросла на две недели.

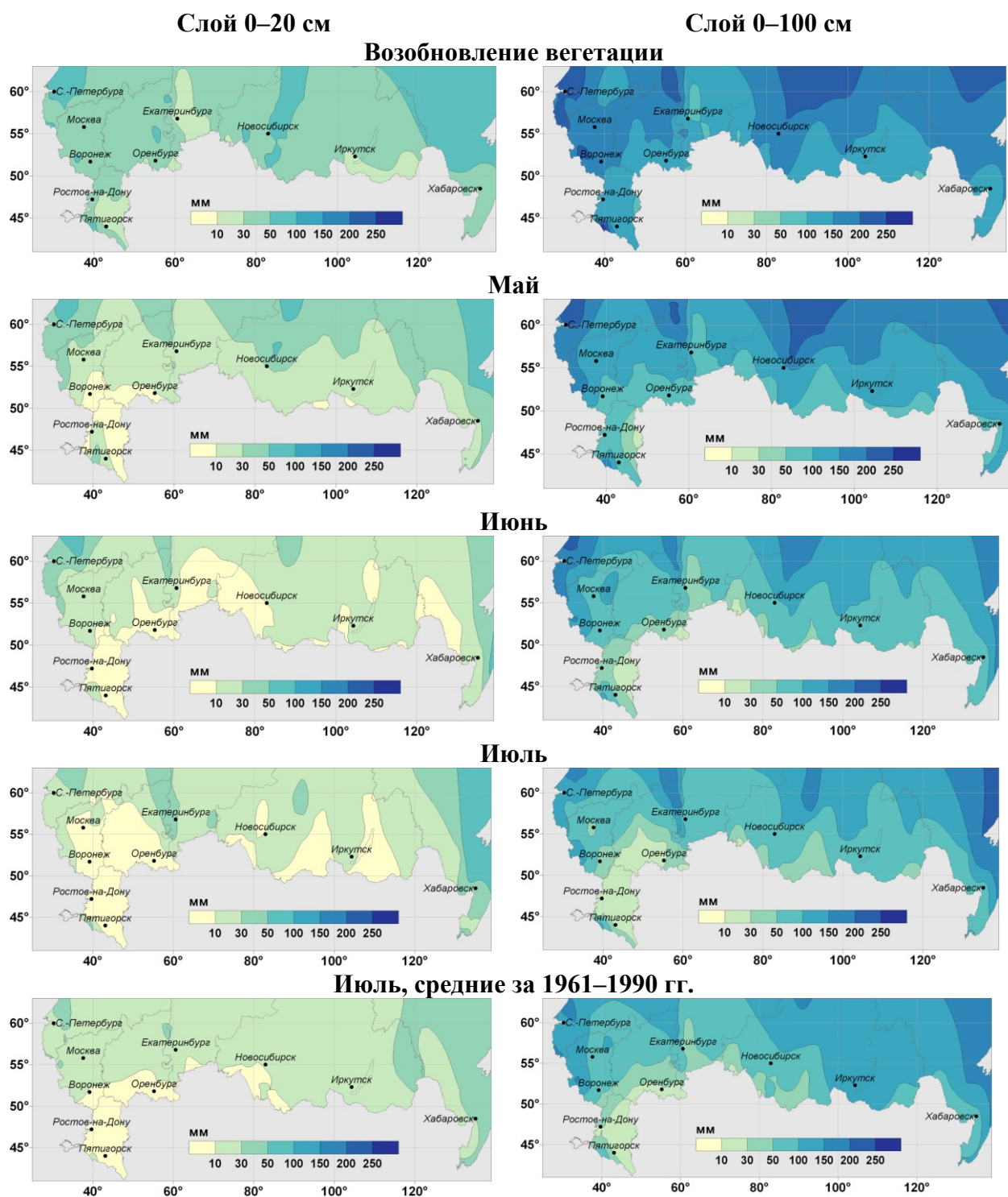


Рисунок 7.3 – Запасы продуктивной влаги в пахотном (0–20 см) и метровом (0–100 см) слоях почвы на момент возобновления вегетации, за май-июль 2014 г. и средние значения за 1961–1990 гг. за июль на территории сельскохозяйственной зоны РФ

Направленность и величина тенденций за период 1976–2014 гг. в изменении сезонных сумм осадков приведены в таблице 7.5 (аномалии сезонных осадков представлены как средние за один месяц сезона, так что размерность тренда сезонных осадков мм/мес/10 лет) и рис. 2.5. Положительная тенденция к росту весенних осадков на всей территории сельскохозяйственной зоны РФ сохраняется и для 1995–2014 гг. (исключая

ПФО). Тренды летних осадков за 1976–2014 гг. отрицательны во всех федеральных округах, за исключением Сибирского и Дальневосточного ФО, где скорости роста составляют 1.3 и 1.5 мм/мес/10 лет. Тренд осенних осадков положителен везде, кроме ПФО за 1976–2014 гг., а за 1995–2014 гг. – ЦФО, ЮФО и СКФО. Оценки линейного тренда ГТК для периода с мая по август, отрицательны, за исключением территории Сибири и Дальнего Востока (где они малы). Тренд ИС положителен везде, кроме СКФО.

Таблица 7.4 – Оценки трендов показателей термического режима на территории земледельческой зоны России

Федеральный округ	Сумма температур, °C/10 лет		Продолжительность периода τ , сут./10 лет	
	>10°C	>5°C	>10°C	>5°C
1976–2014				
Центральный	142	146	4.7	5.6
Северо-Западный	118	114	5.3	5.0
Приволжский	107	115	3.4	4.6
Южный	149	154	3.5	3.5
Уральский	69	66	3.5	3.1
Сибирский	45	56	1.9	3.4
Дальневосточный	78	69	3.9	2.8
Северо-Кавказский	133	131	4.0	4.0
Россия	90	92	3.6	3.9
1995–2014				
Центральный	188	168	5.0	3.1
Северо-Западный	174	134	9.7	4.5
Приволжский	142	115	4.1	1.4
Южный	189	207	1.9	3.6
Уральский	76	38	3.1	-0.7
Сибирский	-18	-10	-1.1	0.9
Дальневосточный	115	84	4.5	1.0
Северо-Кавказский	170	183	1.7	3.6
Россия	109	88	3.9	1.7

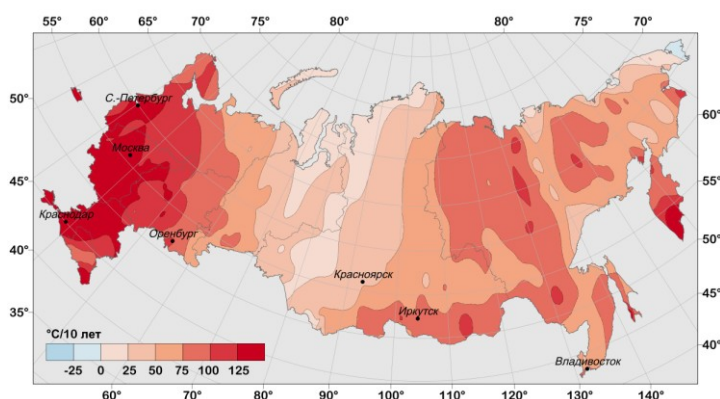


Рисунок 7.4 – Средняя скорость изменения (тренд) сумм активных температур выше 10°C (°C/10 лет) за период с 1976 по 2014 гг.

На рис. 7.5 представлено пространственное распределение оценок линейного тренда запасов влаги в пахотном слое почвы на дату возобновления вегетации и на вторую декаду мая. При построении карт использованы расчетные данные за период с 1976 по 2014 гг. (система Климат–Почва–Урожай). Отрицательные тенденции этого показателя характерны для ЕЧР, особенно ее центральных регионов. В то же время на территории Западной Сибири и Дальнего Востока прослеживается положительный тренд уровня увлажненности территории в весенние месяцы.

Таблица 7.5 – Оценки трендов показателей влажностного режима на территории сельскохозяйственной зоны России (ИС – отношение испаряемости к осадкам за год, ГТК – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова)

Федеральный округ	Сумма осадков, мм/мес/10 лет				ИС, ед/10 лет	ГТК (май-август), ед/10 лет
	зима	весна	лето	осень		
1976–2014						
Центральный	0.3	1.1	-3.6	0.2	0.07	-0.11
Северо-Западный	1.4	1.7	-0.6	0.0	0.03	-0.04
Приволжский	-0.3	1.8	-2.7	-0.9	0.06	-0.08
Южный	-0.3	1.6	-1.8	1.0	0.02	-0.02
Уральский	-0.3	2.3	-0.7	0.5	0.02	-0.03
Сибирский	0.5	1.3	1.3	0.6	0.00	0.01
Дальневосточный	0.8	2.1	1.5	0.5	0.01	0.01
Северо-Кавказский	1.9	3.1	-0.6	2.2	-0.04	-0.01
Россия	0.4	1.7	-0.1	0.4	0.02	-0.04
1995–2014						
Центральный	0.9	1.5	-0.9	-2.1	0.11	-0.09
Северо-Западный	0.1	1.0	2.5	4.0	0.03	-0.02
Приволжский	-4.0	-0.5	0.5	1.0	0.07	-0.07
Южный	-1.1	2.5	-7.8	-6.7	0.12	-0.11
Уральский	-3.2	2.5	-2.5	1.6	0.02	-0.03
Сибирский	-1.0	3.5	1.6	0.3	0.00	0.04
Дальневосточный	2.2	2.6	11.3	2.8	-0.00	-0.04
Северо-Кавказский	-0.3	7.8	-4.2	-2.8	0.01	-0.02
Россия	-0.8	2.5	1.9	0.6	0.04	-0.04

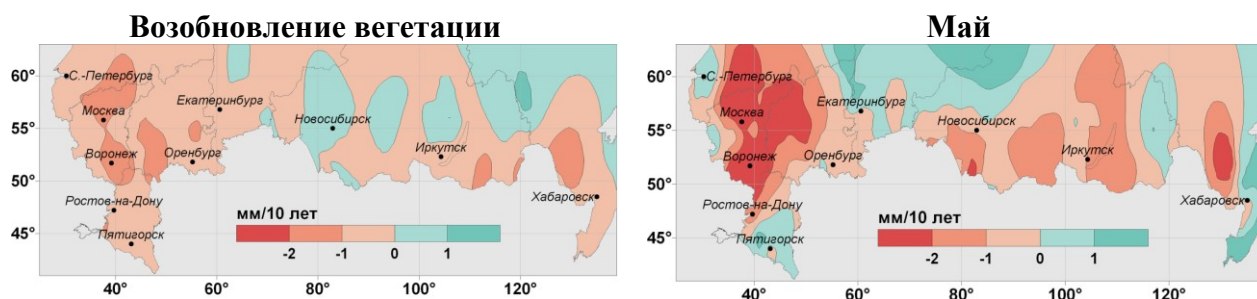


Рисунок 7.5 – Средняя скорость изменения (тренд) запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы (в мм/10 лет) за период с 1976 по 2014 гг.

Продуктивность сельскохозяйственных культур

В качестве показателя продуктивности основных сельскохозяйственных культур используется климатически обусловленная урожайность (Y), рассчитанная в системе Климат–Почва–Урожай при наблюдаемых агрометеорологических условиях и современном уровне земледелия.

Важный агроклиматический показатель – биоклиматический потенциал (БКП), который рассчитывается как суммарный урожай посева (агроценоза) за год в тоннах сухой биомассы. Биоклиматический потенциал характеризует первичную биологическую продуктивность агроэкосистем и достаточно тесно связан с урожайностью многоукосных трав, вегетирующих в течение периода с температурой воздуха выше 5°C.

Аномалии этих показателей продуктивности сельскохозяйственных культур в 2014 г. и их сравнительные оценки, приведены в таблице 7.6. Аномалии рассчитаны как отклонения от соответствующих значений в 2013 г. и от средних за предшествующие пять лет: 2009–2013 гг. и выражены в процентах от этих значений. Положительная аномалия продуктивности яровой пшеницы относительно прошлого года наблюдалась на

преобладающей части сельскохозяйственных регионов ЕЧР: в Центральном, Приволжском, Южном и Северо-Кавказском ФО (таблица 7.6). Здесь положительные отклонения урожайности от значений 2013 г. достигали значительных величин (21.7–58.6%). Климатически обусловленная урожайность яровой пшеницы в 2014 г. превысила урожайность 2013 г. на 58.6% в Южном и на 46.8% в Приволжском федеральных округах. Благоприятными были условия формирования урожая зерновых культур на Дальнем Востоке и в Сибири, где климатически обусловленная урожайность превысила уровень 2013 г. на 40.5% и 21.7% соответственно.

Таблица 7.6 – Отклонения (%) биоклиматического потенциала и климатически обусловленной урожайности яровой пшеницы Y в 2014 г. от соответствующих величин в 2013 г. и средних за 2009–2013 гг. по федеральным округам РФ

Федеральный округ	Урожайность яровой пшеницы		Биоклиматический потенциал	
	$Y_{2014} - Y_{2013}$	$Y_{2014} - Y_{09-13}$	$БКП_{2014} - БКП_{2013}$	$БКП_{2014} - БКП_{09-13}$
Центральный	28.8	29.3	-3.4	4.8
Северо-Западный	-2.5	2.5	2.6	4.6
Приволжский	46.8	45.0	3.8	10.5
Южный	58.6	27.8	-3.2	1.0
Северо-Кавказский	38.1	39.4	18.2	18.2
Уральский	-10.9	-0.5	-6.0	-2.9
Сибирский	21.7	8.8	3.5	6.2
Дальневосточный	40.5	34.5	-14.5	-2.5
Россия	22.3	21.9	1.1	5.4

Сравнительные оценки показывают, что на большей части сельскохозяйственных площадей условия произрастания яровой пшеницы оказались лучше средних за 2009–2013 гг., в том числе в основных регионах ее возделывания – Приволжском и Центральном федеральных округах (рис. 7.6).

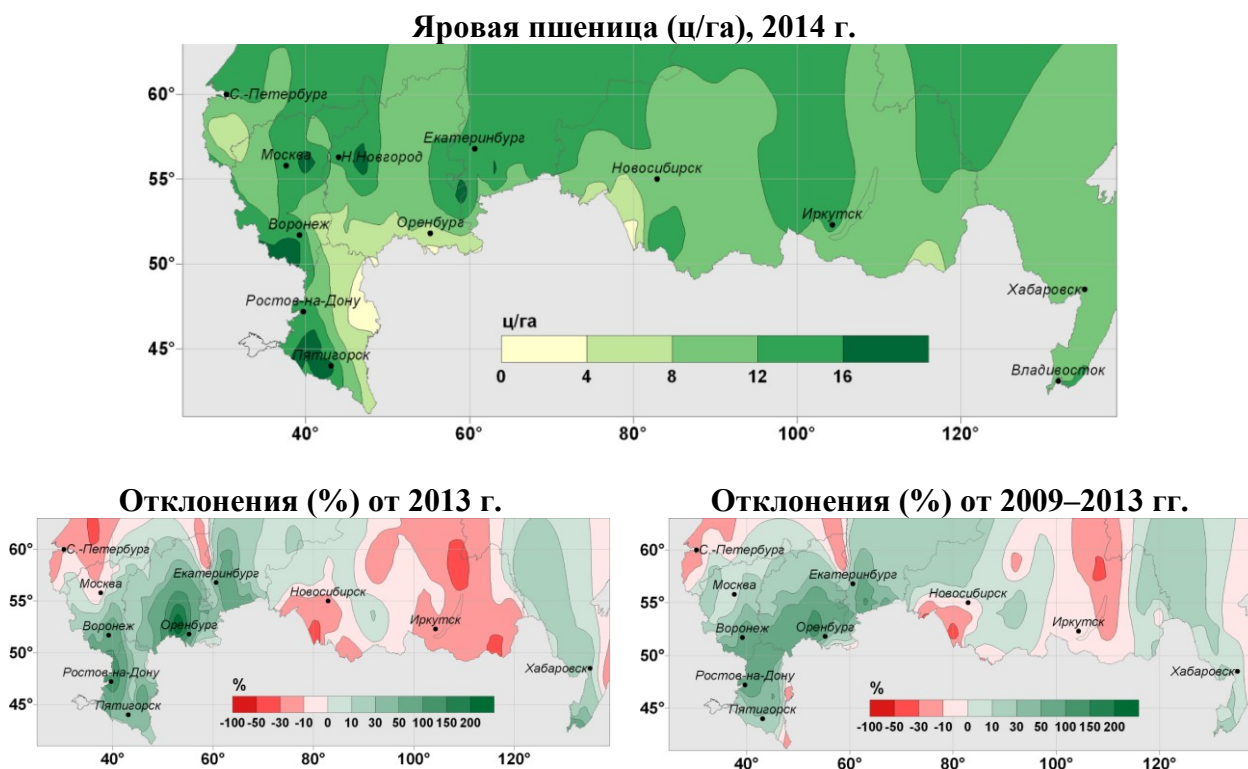


Рисунок 7.6 – Климатически обусловленная урожайность яровой пшеницы (ц/га) в 2014 г. и соответствующие отклонения (%) от 2013 г. и средних значений за 2009–2013 гг.

В таблице 7.6 приведены отклонения (%) биоклиматического потенциала от соответствующих величин в 2013 г. и средних за 2009–2013 гг. по федеральным округам РФ. Величины аномалий на основных посевных площадях разнонаправлены по знаку и диапазон изменения оценок находится в интервале от –14.5 до 18.2% относительно прошлого года. Для России в среднем величина аномалии биологической продуктивности пахотных земель незначительна и составила всего лишь 1.1%.

На рис. 7.7 представлено географическое распределение биоклиматического потенциала в 2014 г. и отклонения от величин 2013 г. и 2009–2013 гг. В целом, на территории земледельческой зоны России в 2014 г. условия формирования урожая (биомассы) многолетних трав следует оценить как более благоприятные, чем в среднем за предшествующее пятилетие. По сравнению с периодом 2009–2013 гг. наиболее благоприятные агроклиматические условия складывались на Северном Кавказе (18.2%); среднее значение аномалии БКП для всей земледельческой зоны составило 5.4%.

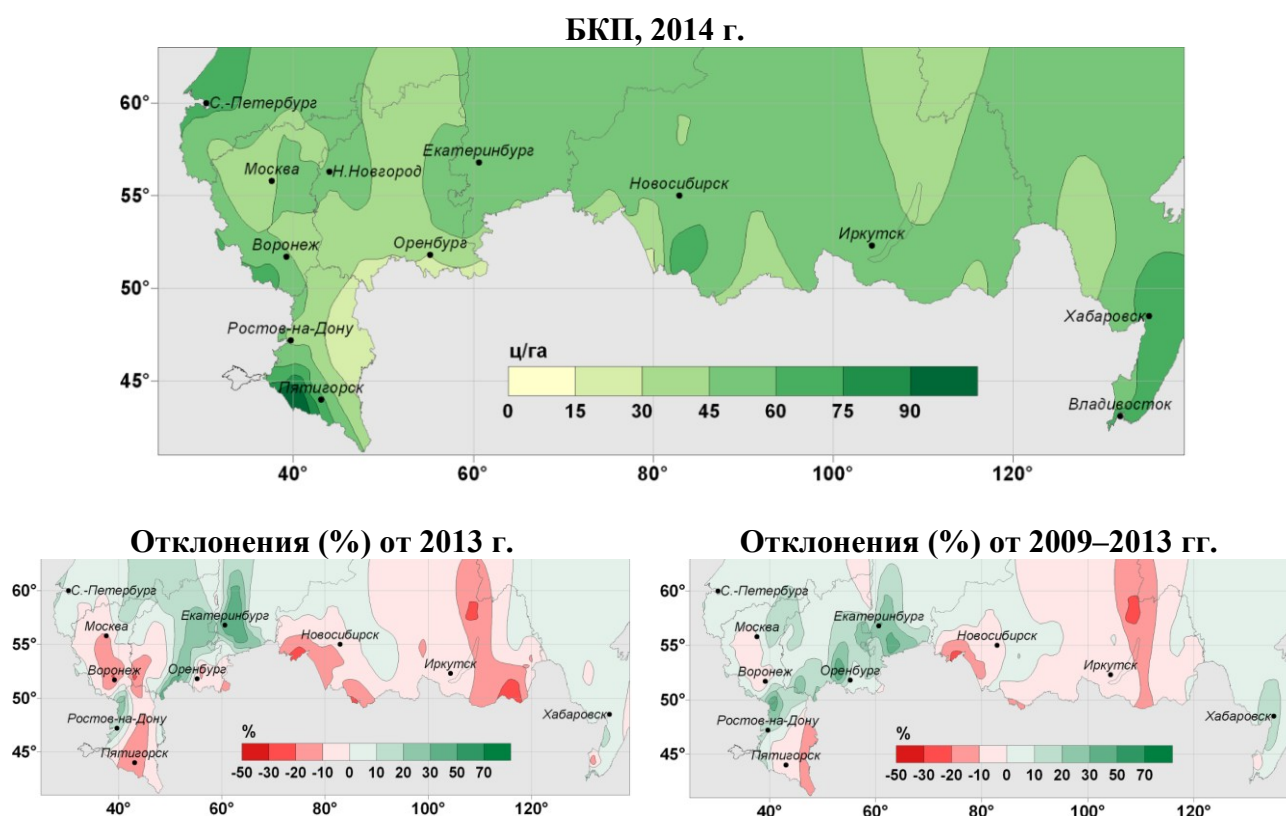


Рисунок 7.7 – Биоклиматический потенциал (ц/га) в 2014 г. и соответствующие отклонения (%) от 2013 г. и средних значений за 2009–2013 гг.

Агроклиматические условия произрастания озимых зерновых культур

Для расчета оценок условий перезимовки сельскохозяйственных культур выбраны классические агроклиматические показатели, характеризующие условия перезимовки озимых зерновых культур (таблица 7.7). Они включают оценки условий перезимовки, непосредственно влияющих на состояние и конечную продуктивность озимых культур и оценку осенних запасов влаги в почве. Представленные в таблице 7.7 параметры сформированы на основе декадных телеграмм за период с 2003 по 2014 гг. Выборка данных осуществлялась для основных районов возделывания озимых зерновых культур в европейской части России.

Получены осредненные оценки динамики температуры воздуха за зимний период года с декабря по февраль, высоты снежного покрова, глубины промерзания почвы за холодный период года и температуры почвы на глубине узла кущения по данным

наблюдений на территории 12 областей ЕЧР (таблица 7.7). Перезимовка озимых культур проходила при неустойчивом снежном покрове и частых оттепелях, снижающих их зимостойкость. Весной к началу вегетации на большей части территории преобладало хорошее состояние озимых культур.

Таблица 7.7 – Агроклиматические показатели условий перезимовки озимой пшеницы в 2013–2014 гг. и соответствующие средние значения предыдущего пятилетия (2008–2013 гг.) и десятилетия (2003–2013 гг.)

Федеральный округ	T _{min} , °C			Высота снежного покрова, см			Глубина промерзания, см			T _{уз. куш.} , °C		
	XI	XII	I	XI	XII	I	XI	XII	I	XI	XII	I
2013–2014 гг.												
Центральный	-3.3	-11.7	-19.7	0.5	3.3	5.8	2.1	8.3	12.7	-1.7	-1.0	-2.4
Приволжский	-4.6	-14.8	-22.9	0.9	11.0	26.5	4.2	14.4	13.7	0.6	-1.3	-2.1
Южный	-2.6	-10.1	-14.3	0.0	2.3	5.0	—	6.0	7.0	-1.5	-2.5	-3.6
Северо-Кавказский	-2.8	-10.7	-11.2	0.0	2.0	3.7	1.0	9.5	2.7	1.5	-3.6	-1.8
2008–2013 гг.												
Центральный	-5.9	-14.4	-19.9	1.5	6.2	19.0	2.4	18.1	28.1	0.2	-3.0	-2.6
Приволжский	-8.3	-18.0	-24.5	3.9	9.5	25.4	6.1	30.5	45.4	-1.2	-5.5	-3.6
Южный	-4.4	-9.6	-15.1	1.2	2.1	6.5	0.6	5.2	13.4	-1.4	-3.8	-4.2
Северо-Кавказский	-3.6	-7.0	-12.3	1.2	2.0	5.8	1.8	0.6	3.3	0.3	-0.3	-1.6
2003–2013 гг.												
Центральный	-6.3	-13.4	-17.6	2.3	6.5	16.6	3.6	14.4	26.0	-0.3	-2.3	-2.7
Приволжский	-8.8	-17.5	-22.5	3.8	10.5	22.6	7.6	25.5	40.8	-1.3	-3.9	-3.6
Южный	-4.5	-9.5	-13.7	1.3	2.5	5.8	2.7	6.4	20.0	-0.5	-1.6	-2.9
Северо-Кавказский	-3.2	-7.0	-11.8	0.5	1.9	4.6	0.6	0.9	7.6	1.1	-0.8	-2.4

Обозначения: XI– ноябрь, XII– декабрь, I – январь

На рис. 7.8 представлена сравнительная характеристика увлажненности пахотного слоя почвы (0–20 см) под озимыми зерновыми культурами в осенний период 2013 и 2014 гг. Карты построены на основе декадных телеграмм и представляют данные наблюдений на посевах озимых зерновых культур в 70–150 пунктах. На начало сева (последняя пятидневка августа – начало сентября) в южных регионах (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область) в последнюю декаду августа и первую декаду сентября запасы влаги в пахотном слое почвы на большей части региона были недостаточными и не превышали величины 10–12 мм. В первой декаде сентября помимо названных территорий недостаточная увлажненность наблюдалась на посевных площадях Волгоградской, Саратовской и Оренбургской областей. Но начиная с третьей декады сентября, динамика увлажненности приобрела положительную направленность (таблица 7.7).

Оценки увлажненности рассматриваемой территории в 2014 г. показывают, что для озимых культур урожая 2015 года недостаточная влагообеспеченность в предпосевной и осенний периоды могла быть сдерживающим их развитие фактором на начальной стадии вегетации.

2014 г.

2013 г.

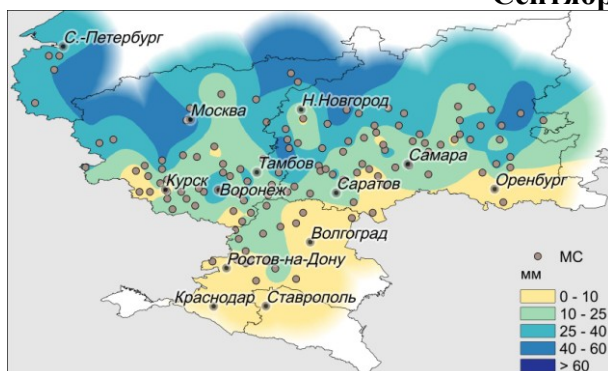
Август, 3 декада



Сентябрь, 1 декада



Сентябрь, 2 декада



Сентябрь, 3 декада



Рисунок 7.8 – Сравнительная характеристика увлажненности пахотного слоя почвы(0–20 см) под озимыми зерновыми культурами в осенний период 2013 и 2014 гг.

8. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

По данным Росгидромета в 2014 году в целом на территории РФ отмечалось 898 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), (включая агрометеорологические и гидрологические). Это немного меньше, чем в 2013 году, когда их было 963. Напомним, что мониторинг общего числа ОЯ ведется с 2008 г. Динамика общего числа ОЯ за семь лет такова:

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1090	923	972	760	987	963	898

Из всех 898 ОЯ в 2014 г. 368 явлений нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения.

На рис. 8.1 приведены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ за 1996 – 2014 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 седьмым по количеству ОЯ, нанесших ущерб. Число непредусмотренных ОЯ в 2014 г. составило 22.

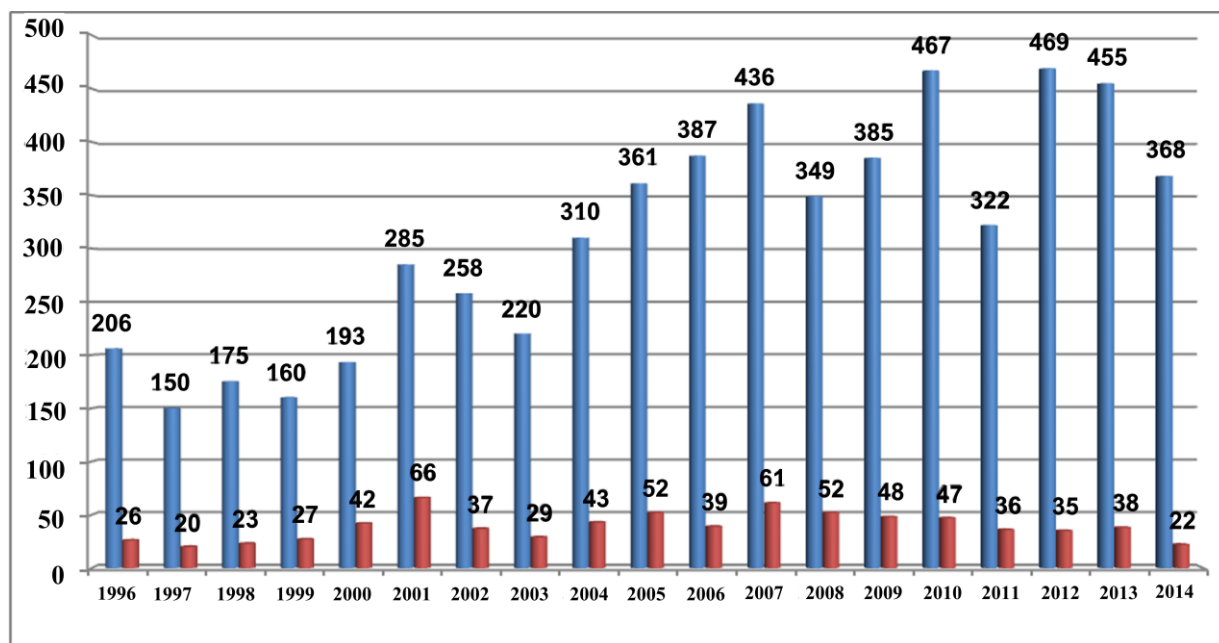


Рисунок 8.1 – Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (синий) и количество непредусмотренных ОЯ (красный).

Одним из самых опасных явлений в 2014 г. был сильнейший паводок в Алтайском крае, где пострадали 17 районов на территории 16,5 тыс. га. По-прежнему наиболее сложным в части отмечавшихся ОЯ был весенне-летний период с мая по август, что объясняется большим числом гидрологических ОЯ, связанных с паводками. В мае-июне 30% ОЯ, нанесших ущерб, приходилось на гидрологические явления.

Из метеорологических ОЯ значительный ущерб был нанесен сильными ливнями, градом и шквалами. Ущерб от таких явлений в ряде случаев был многомиллионный (в мае в Республике Алтай – 850 млн. рублей). Большой ущерб нанесен агропромышленному сектору (в июле в Северной Осетии были повреждены и частично погибли посевы сельхозкультур, зерновых, овощных культур и плодовые на площади

около 2000 га). 4 июля в Ульяновской области градом были повреждены посевы сельхозкультур на площади более 3600 га).

На рис. 8.2 информация о гидрометеорологических ОЯ в 2014 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 8% (21 случай) уменьшилось по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

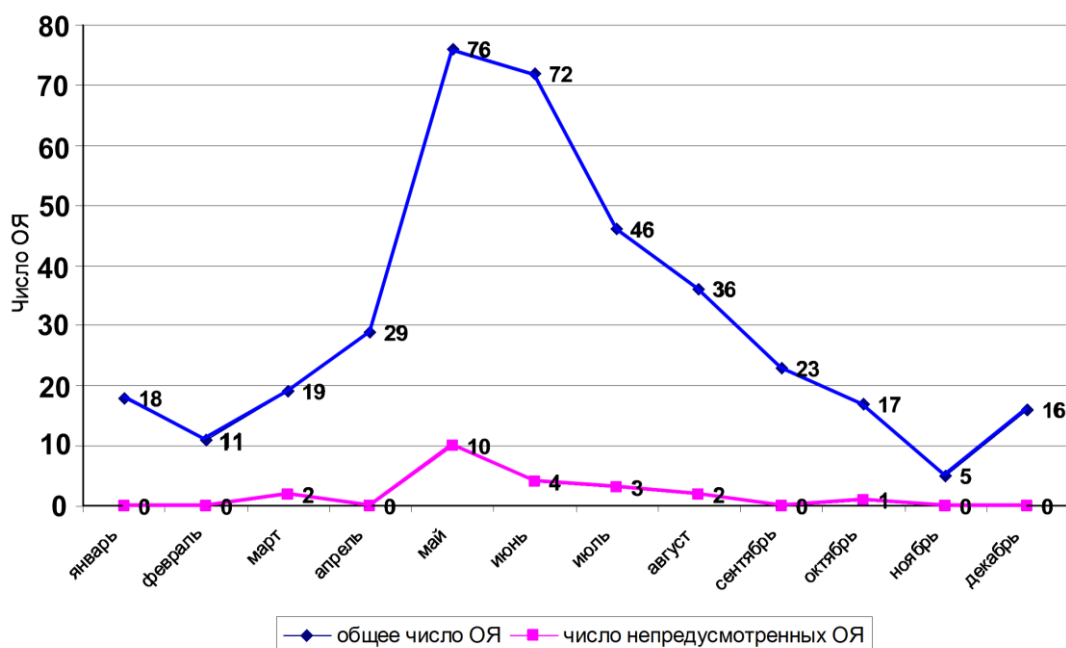


Рисунок 8.2 – Распределение гидрометеорологических ОЯ, нанесших ущерб, по месяцам в 2014 году

В Гидрометцентре России ведется статистика отдельно только опасных метеорологических явлений ОЯ. В 2014 году на территории РФ было зарегистрировано 569 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 федеральным округам. Учитывались все опасные явления погоды, имевшие место на территории РФ, о которых были получены донесения, независимо от наличия информации об ущербе. Следует отметить, что суммарное количество метеорологических ОЯ в табл. 8.1 и 8.2 может не совпадать, т.к. ОЯ часто охватывают большие территории и одновременно наблюдаются в 2-х и более округах.

По сравнению с 2013 годом количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2014 г. увеличилось на 24 случая. Высокой была повторяемость КМЯ, сильного ветра и сильных осадков (131, 110 и 105 случаев соответственно). Это составляет 61% от всех опасных метеорологических явлений. КМЯ по своим параметрам не достигали критериев ОЯ, но в значительной степени затрудняли хозяйственную деятельность регионов. Все эти явления, как правило, наносили наиболее значительный ущерб секторам экономики и частному сектору.

Наибольшую повторяемость метеорологические ОЯ и КМЯ имели в теплый период года (с мая по август) – 278 случаев (49%). Это связано с тем, что в этот период возрастает число ОЯ, обусловленных активной конвекцией, которая наблюдается на всей территории России.

Периоды сильных морозов и аномально холодной погоды в 2014 г. отмечались в 61 случае, то есть на 65% больше, чем в 2013 году, когда их было 37 случаев. Наиболее холодным выдался январь и февраль 2014 г., когда было зарегистрировано 21 случай с аномально холодной погодой и 23 случая сильных морозов.

Таблица 8.1 - Распределение метеорологических ОЯ по месяцам за 2014 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	5	5	1			10		10		9	3	3				46
II	4	1	1			13		11	1	7	1	5				44
III	16	2		2		1				11		3				35
IV	12	2	1	5						9	2	1	1			33
V	10	13		15	1		3			17			11			70
VI	10	19		8	3		4			20			9	2		75
VII	11	21		1	7		5			15			4	5		69
VIII	11	15		4	12		4			12			5	1		64
IX	6	8		9						5				1		29
X	8	10		2				3		13	1					37
XI	6	1				2		4	2	5	1	2				23
XII	11	8	2			3		4		8	4	4				44
ГОД-2014	110	105	5	46	23	29	16	32	3	131	12	18	30	9		569
ГОД-2013	113	113	14	46	9	16	11	21		139	9	29	25			545

Таблица 8.2 - Распределение метеорологических ОЯ за 2014 г. по территории федеральных округов РФ

№	Явления	Федеральные округа								Всего
		СЗФО	ЦФО	ПФО	ЮФО	СКФО	УФО	СФО	ДФО	
1	Сильный ветер	8	1	9	10	11	12	37	27	115
2	Сильные осадки	4	10	8	19	16	9	15	18	99
3	Метель	1		1	1			1	14	18
4	Пыльная буря									
5	Смерч			1	8		1			10
6	Сильный мороз		1	6	2	1	7	9	3	29
7	Аномально холодная погода	8	5	4	2	2	5	6		32
8	Сильная жара	2	5	3	2	3	6	4		25
9	Аномально жаркая погода	4	4	3				3		14
10	Град		2	7	5	10	2	4		30
11	Гололедные явления			5	2	1		2	2	12
12	Налипание мокрого снега				3				2	5
13	Заморозки	7	8	9	5	3	8	5	1	46
14	Туман		2	1						3
15	КМЯ	6	5	14	14	13	14	41	24	131
Всего – 2014		40	43	71	73	60	64	127	91	569
Всего – 2013		30	51	75	62	43	49	140	107	557

Периодов с сильной жарой и аномально жаркой погодой в 2014 г. было 39, что на 95 % больше, чем в 2013 году, когда их было 20 случаев. Жаркие периоды отмечались в основном (72 %) в июле и августе. В вегетационный период в 2014 году, также как и в 2013 г., наблюдалось 46 заморозков.

Из таблицы 8.2 следует, что на территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов зарегистрировано 218 случаев (38%) всех ОЯ и КМЯ. Это связано с тем, что территория этих округов обладает наибольшими размерами и характеризуется очень активными атмосферными процессами. По сравнению с 2013 г. в 2014 г. количество ОЯ и КМЯ в Северо-Западном, Южном, Северо-Кавказском и Уральском федеральных округах увеличилось на 18-40%, а в Центральном, Сибирском и Дальневосточном ФО уменьшилось на 9-16 %.

Динамика количества всех зарегистрированных метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2014 год приведена с годовой дискретностью на рисунке 8.3 и с месячной в таблице 8.3. Видно, что в 2014 году отмечалось 569 метеорологических ОЯ. Это наибольшее количество ОЯ за все 16 лет наблюдений.

Таблица 8.3. Динамика количества всех метеорологических ОЯ за период с 1998 по 2014 годы

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

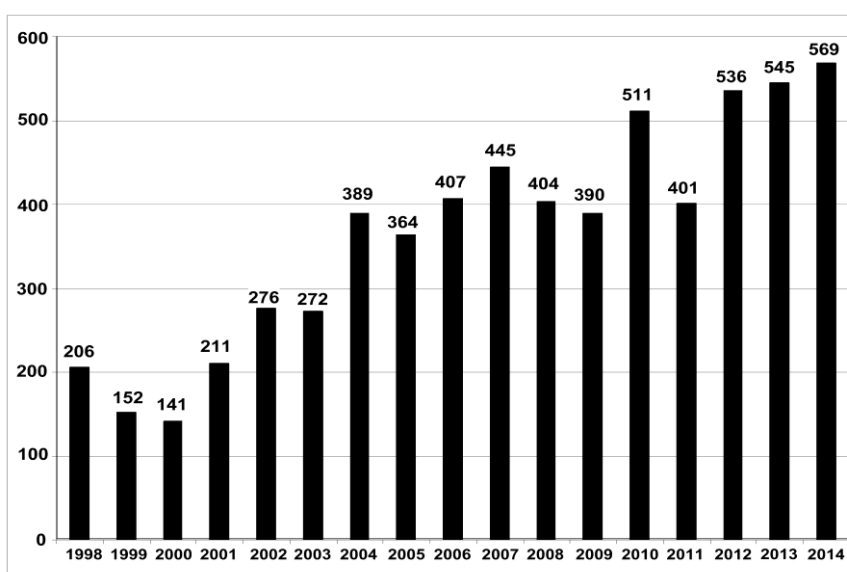


Рисунок 8.3 – Распределение метеорологических ОЯ по годам.

9. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

Солнечная радиация является главным энергетическим источником для глобальной экосистемы и одним из важнейших показателей состояния атмосферы. Для анализа изменений климата имеет значение не только слежение за радиационными потоками на верхней границе атмосферы, которые меняются сравнительно слабо, но и – в большей степени – мониторинг различных составляющих радиационного баланса земной поверхности. Нисходящая коротковолновая радиация относится к основным составляющим радиационного баланса и является важным параметром климата Земли.

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. Для оценки условий 2014 г. использовались данные 81 (из 89) российских станций со срочными наблюдениями, для которых своевременно поступила оперативная информация.

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

Анализ региональных особенностей *многолетних* колебаний по данным о пространственно-осредненных аномалиях годовых сумм прямой радиации на интервале 1961-2013 гг. (рис. 9.1) показывает, что во всех рассмотренных крупных регионах России в последнее десятилетие 20-го столетия произошел возврат к значениям приходящей радиации, близким к норме. Изменения, происходящие в начале XXI в., характеризуются меньшей пространственной однородностью. На территории ЕЧР наблюдается сохранение положительной тенденции, наиболее выраженное в южных районах. В Западной Сибири, Прибайкалье и Забайкалье значения прямой радиации стабилизировались на уровнях, близких к норме; на Северо-востоке в последние годы регистрируются небольшие отрицательные аномалии. В районе Приамурья и Приморья в последнее десятилетие наблюдались крупные положительные и отрицательные аномалии, и говорить об определенной направленности изменений, возможно, преждевременно. Для территории Средней Сибири, по-видимому, можно говорить о возобновлении тенденции к снижению радиации

В *зимний* сезон 2013/2014гг. (рис. 9.2) в большинстве районов России приход прямой солнечной радиации был близким к норме: аномалии обоих знаков (южнее полярного круга) не превышали 20%. Область отрицательных аномалий занимала обширную территорию, включающую почти всю Европейскую часть России, Западную и Среднюю Сибирь.

Наиболее интенсивный очаг, величина аномалий в котором достигала -60...-80%, располагался на северо-западе ЕЧР и был связан с чрезвычайно глубокой Исландской депрессией. Причина отрицательной аномалии – низкие плотные облака и осадки,

образующиеся за счет выноса в эти районы тепла и влаги очень глубокими атлантическими циклонами, смещающимися по северу Европы и арктическим морям.

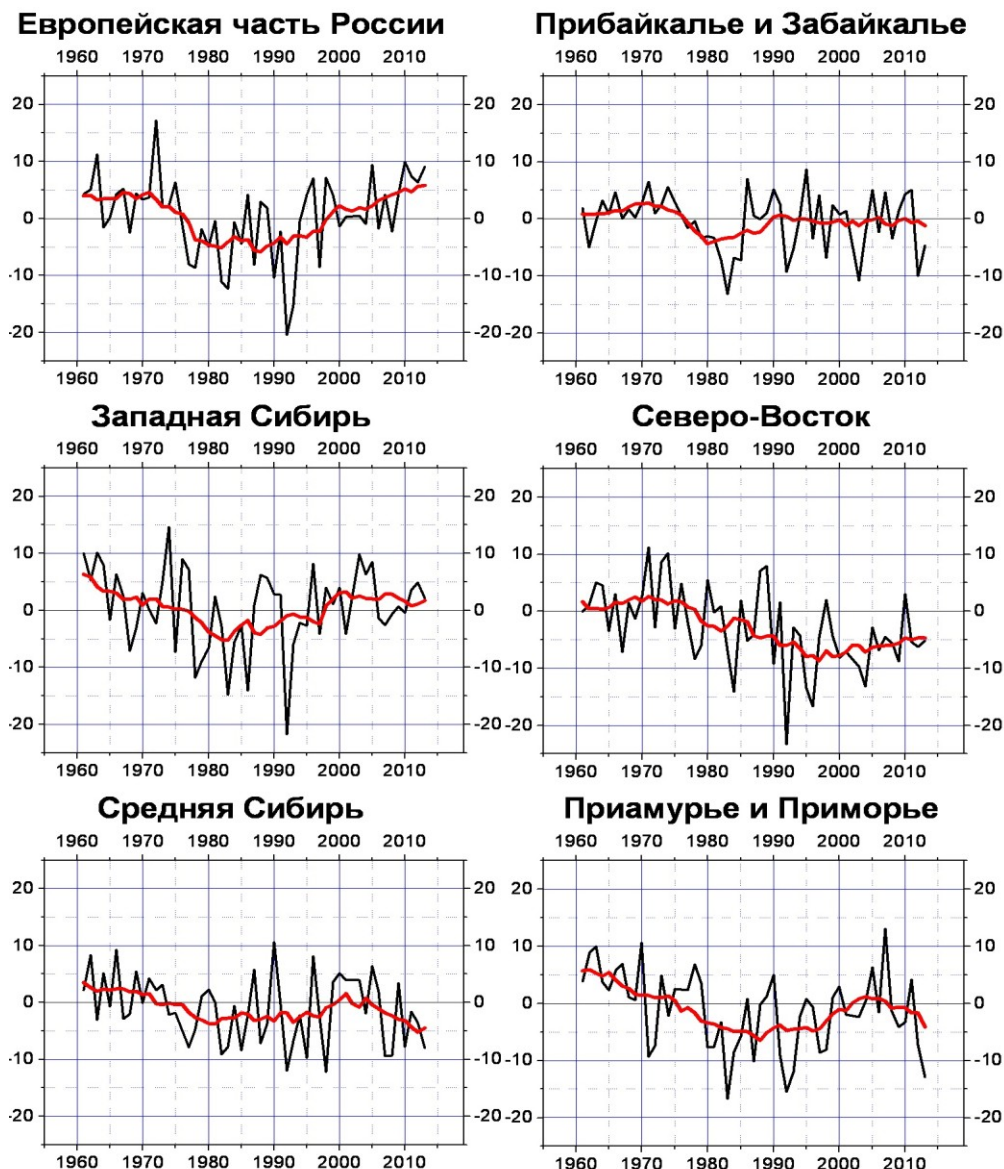


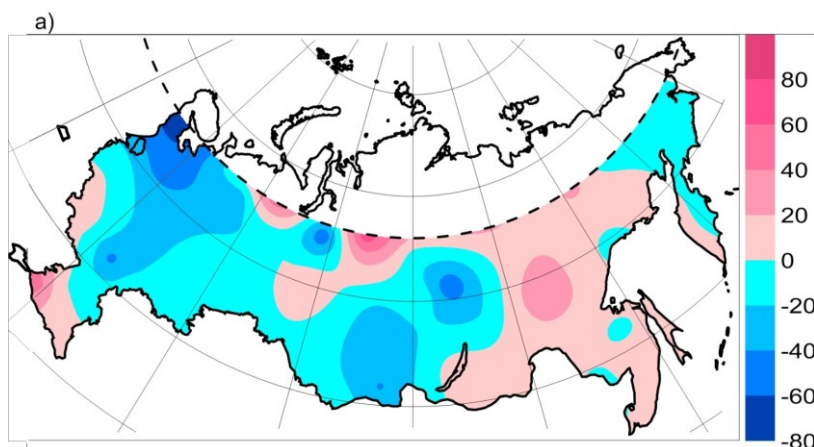
Рисунок 9.1 - Регионально-осредненные аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) годовых сумм прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность.

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

Отрицательная аномалия прослеживается на картах всех зимних месяцев, но в январе и феврале ее центр был несколько смещен к востоку. Положительная сезонная аномалия соответствует положению Сибирского антициклона. Основной вклад в ее формирование внесли циркуляционные условия декабря и января, когда в центрах очагов приход прямой радиации был на 40...60% выше нормы. В феврале положительная аномалия уменьшилась по площади и ослабела по интенсивности. Тихоокеанские циклоны стали причиной появления на побережье восточных морей и в Чукотском крае слабой отрицательной аномалии, которая частично отмечается и в поле сезонных аномалий.

В зимний период в приходе суммарной солнечной радиации (рис. 9.2) на территории России отмечаются особенности, характерные для распределения прямой радиации. Расположение и интенсивность основных очагов положительных и

отрицательных аномалий изменились мало, особенно на азиатской территории. Однако в крайних северо-западных районах ЕЧР и в Южном федеральном округе отрицательные аномалии суммарной радиации превысили по интенсивности аномалии прямой радиации на 10-20 %. Резкое уменьшение прихода суммарной радиации здесь было обусловлено



повторяемостью плотной дождевой облачности, которая приводит к уменьшению поступления не только прямой, но и рассеянной радиации.

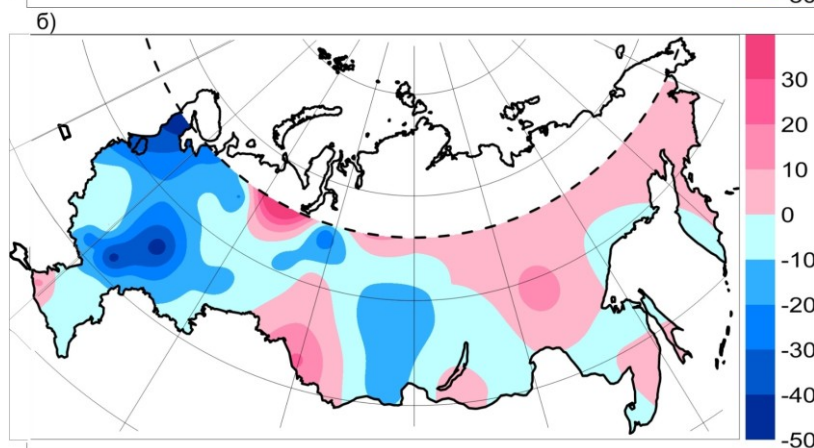


Рисунок 9.2 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) сезонных сумм прямой (а) и суммарной (б) солнечной радиации. Зима 2013/2014 гг.

Весной распределение основных областей положительных и отрицательных аномалий прямой солнечной радиации (рис. 9.3) обусловлено циркуляционными условиями сезона. Наиболее мощная отрицательная аномалия охватывала северо-восточные районы ЕЧР, Урал, Западную Сибирь, восточные районы Средней Сибири. Эта аномалия прослеживается не только в поле сезонных аномалий, но и на месячных картах. В центре очага, расположение которого соответствует положению необычно активного восточного центра Исландского минимума, величина аномалий прямой солнечной радиации достигала -50...-60%. Дефицит прихода прямой радиации в этих районах обусловлен преобладанием пасмурной погоды с большим количеством осадков, которые приносили как атлантические, так и южные циклоны.

Две большие области положительных аномалий прямой солнечной радиации связаны с антициклональными центрами действия атмосферы. Формирование европейской аномалии, занимающей большую часть ЕЧР и юг Урала, было обусловлено влиянием Азорского и Скандинавского антициклонов. Максимальные значения аномалий в юго-западных районах ЕЧР достигли рекордных значений в 50...60%.

Азиатская положительная аномалия была выражена слабее, чем европейская, в связи с ослаблением Сибирского антициклона частым воздействием атлантических циклонов. Эта аномалия занимала часть Средней Сибири и почти всю Восточную Сибирь, Чукотку, Приморье, Забайкалье и Прибайкалье, но максимальные значения аномалий здесь не превышали 20...30%.

Весной область отрицательных аномалий суммарной радиации (рис. 9.4) превысила по площади соответствующую область для прямой радиации, но расположение ее основного очага не изменилось.

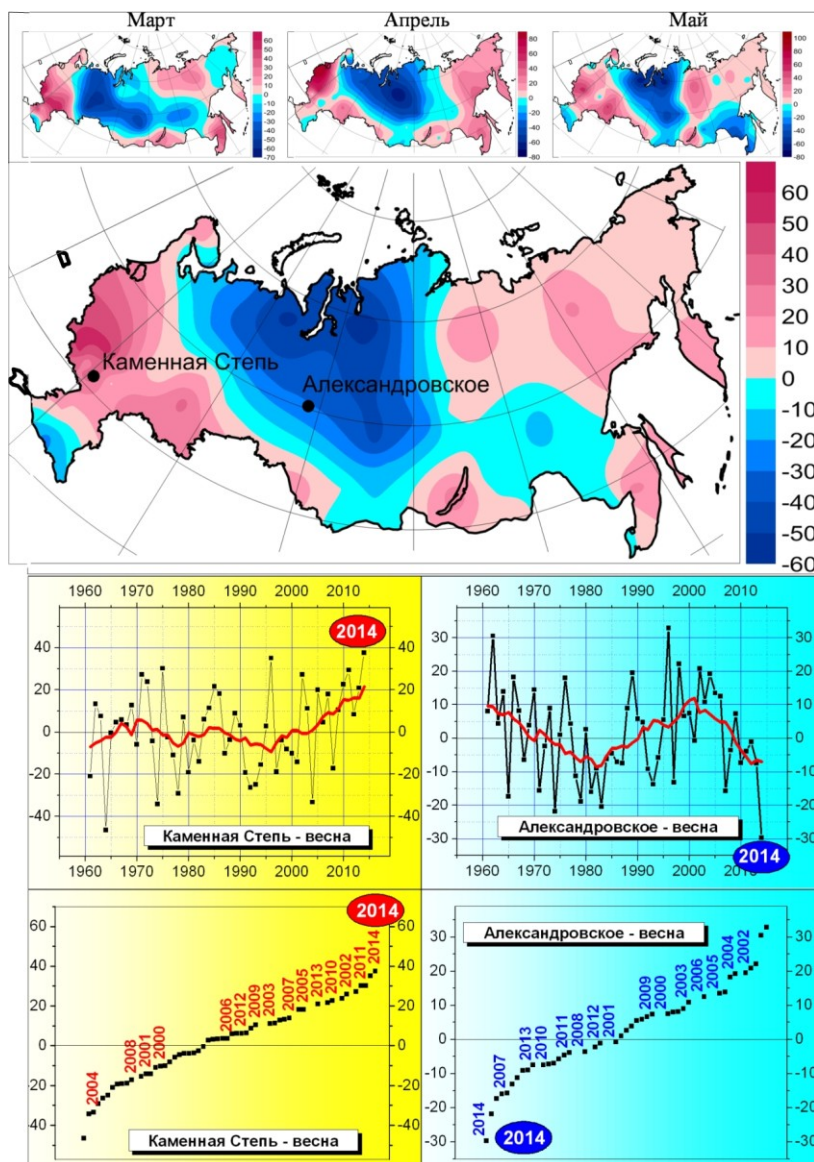
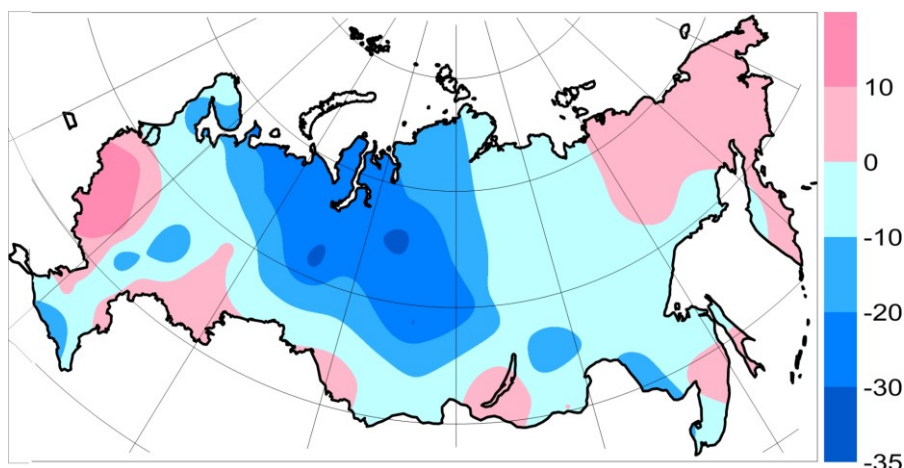


Рисунок 9.3 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Весна 2014 г.

Сезонные суммы суммарной радиации в наиболее интенсивных очагах обоих знаков отличаются от нормы на 10-30%, в то время как максимальная величина аномалий прямой радиации достигала $\pm 40-60\%$. О том, как соотносятся наблюдаемые относительные аномалии с вероятностью их превышения (или непревышения), можно судить по рис. 9.5, где приведены соответствующие оценки, рассчитанные по интегральному распределению аномалий для периода 1961-90 гг.

Рисунок 9.4 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) сезонных сумм суммарной солнечной радиации. Весна 2014 г.



Летом на территории России поле прямой радиации было крайне неоднородным. Сформировались два очага положительных аномалий. Один очаг занимал практически всю европейскую территорию, за исключением юго-восточных районов; второй – Алтайский край и всю Иркутскую область. Небольшой по площади очаг положительной аномалии располагался также в центре Западно-Сибирской низменности. Положительная аномалия на Европейской территории была более интенсивной. В отдельных районах превышение нормы достигало 30-40%. На большей части Азиатской территории России сформировалась обширная отрицательная аномалия прямой радиации, связанная с активной циклонической деятельностью. Наибольшее снижение прямой радиации отмечалось на севере Красноярского края и прибрежных районах Охотского моря, где преобладала облачная погода с количеством осадков, значительно превышающим климатическую норму.

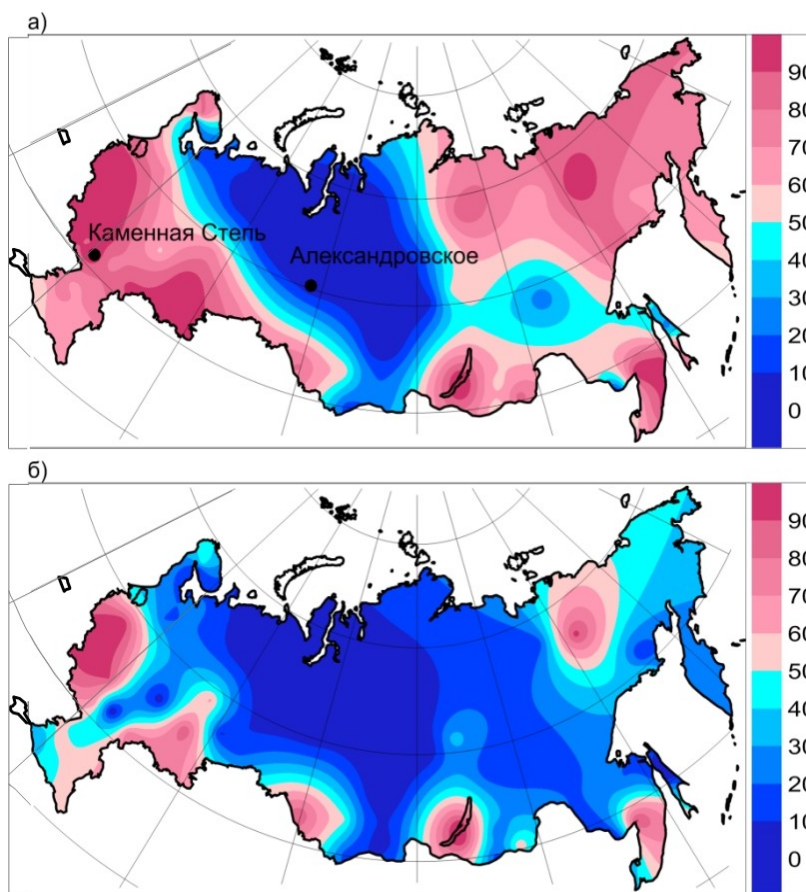
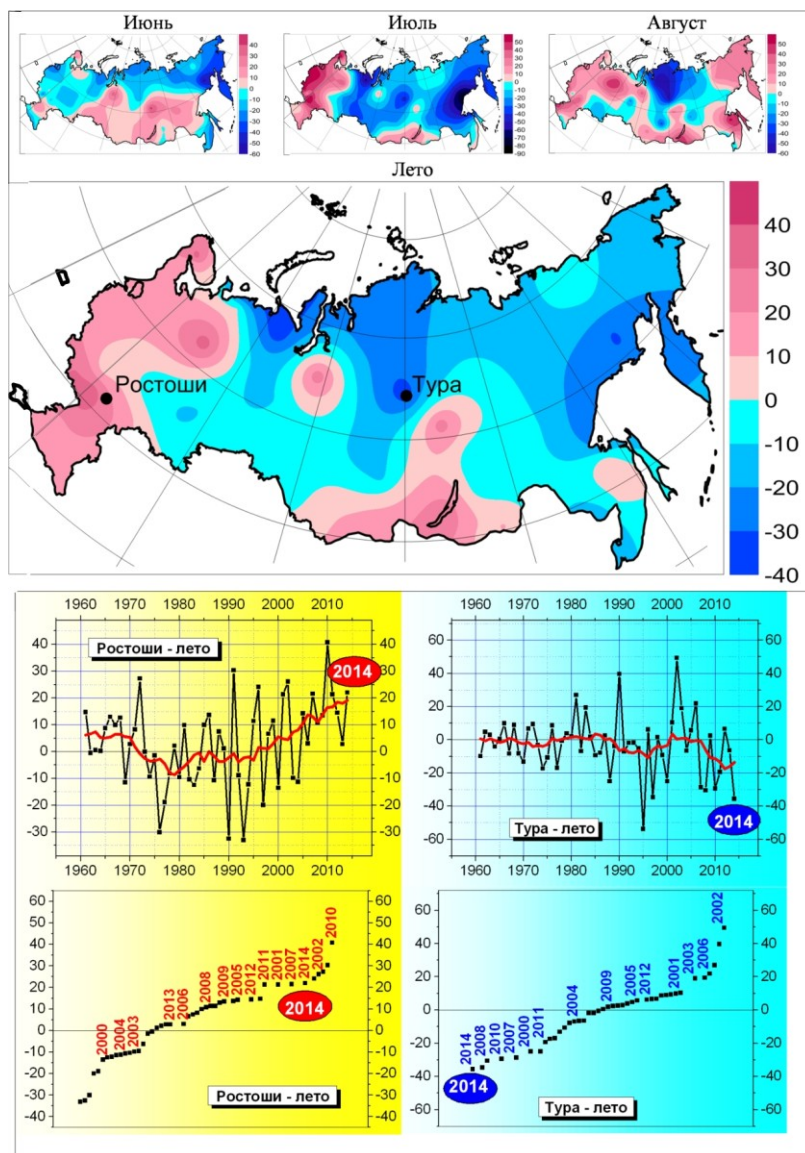


Рисунок 9.5 - Вероятности превышения наблюдаемых аномалий сезонных сумм прямой (а) и суммарной (б) радиации. Весна 2014 г.

На формирование летнего сезонного поля прямой радиации наибольшее влияние оказал июль. Сформировавшийся в июле скандинавский блокирующий антициклон препятствовал смещению атлантических циклонов на восток, что стало причиной преобладания малооблачной сухой и жаркой погоды в ЕЧР. В западных областях интенсивность положительной аномалии была более 50%. Влияние этого антициклона в несколько ослабленном виде сохранилось и в августе, что и привело к образованию обширной положительной аномалии летнего сезона.

Атмосферные процессы, происходившие в июле на Азиатской территории России, также оказали преимущественное влияние на формирование сезонного поля прямой радиации в этом регионе, отличительной особенностью которого была обширная отрицательная аномалия. Циклоны, непрерывно шедшие с севера и юга, обусловили преобладание облачной дождливой погоды на севере Урала, западной Сибири и Красноярского края. Резкая активизация восточной части азиатского сезонного минимума привела к установлению облачной погоды с большим количеством осадков в прибрежных районах Хабаровского края и Магаданской области, что проявилось в снижении месячного прихода прямой радиации. На побережье Охотского моря в районе метеостанции Охотск месячный приход прямой радиации был ниже нормы более чем на 60%.

Рисунок 9.6 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм прямой солнечной радиации. Лето 2014 г.



В поле сезонных аномалий суммарной радиации (рис. 9.6) проявились основные особенности, которые выделяются в поле аномалий прямой радиации. В Европейской части страны, на юге Алтайского края и Иркутской области сохранилась положительная аномалия, несколько сократившись по площади и ослабев по интенсивности.

Отрицательная аномалия прямой радиации, занимающая большую часть АТР, проявилось и в поле суммарной радиации, но тоже в ослабленном виде. Наиболее глубокие ее очаги (на севере Красноярского края и побережье Охотского моря) не превысили 30%.

Анализ *сезонных* аномалий прямой радиации (рис. 9.8), осредненных по территории России, показывает, что в 2014г. во все рассмотренные сезоны значения были очень близки к норме за 1961-90гг., незначительно отклоняясь от нее в сторону отрицательных значений. Наибольшее отклонение (около 5%) было зарегистрировано в летний сезон.

В целом радиационный режим 2014г. характеризуется значительными региональными различиями с небольшим преобладанием пониженных значений радиации. Зимой отрицательные аномалии приходящей радиации отмечались на территории ЕЧР, Западной и Средней Сибири. В среднем, аналогично предыдущему зимнему сезону, приход радиации был незначительно ниже нормы 1961-90гг., но существенно ниже среднего за последнее десятилетие.

Наибольшие пространственные контрасты в изменении радиационных характеристик наблюдались в весенний сезон. Глубокая и очень устойчивая отрицательная аномалия в поле прямой радиации, которая сохранялась на протяжении трех месяцев, охватывала обширную территорию - северо-восточные районы ЕЧР, Урал, Западную Сибирь, восточные районы Средней Сибири. Одновременно на европейской и азиатской территории сформировались области положительных аномалий прямой

солнечной радиации, связанные с антициклональными центрами действия атмосферы. Весной были зафиксированы как рекордно низкие значения прямой радиации (в Средней Сибири – до 50% от нормы), так и рекордно высокие положительные аномалии в южных районах Центральной России.

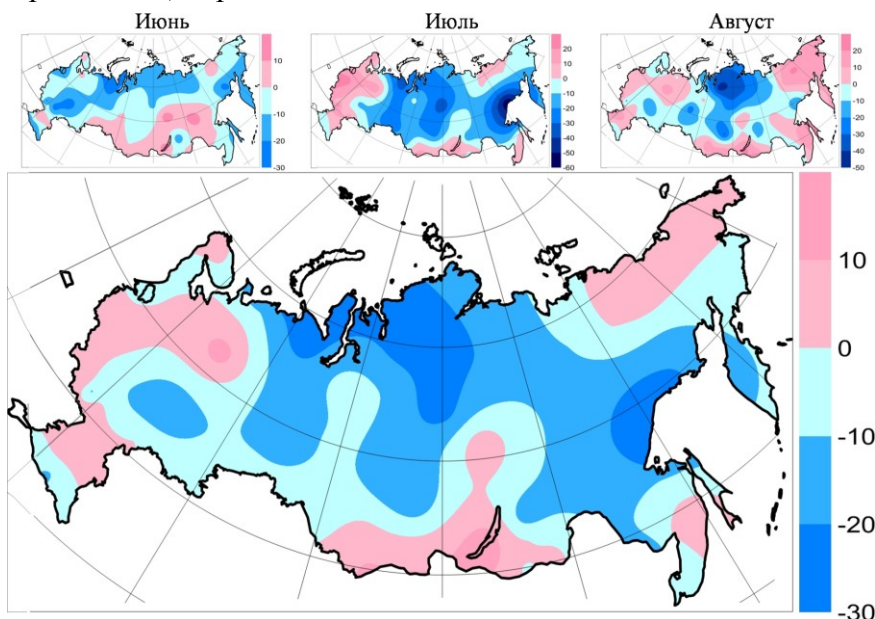
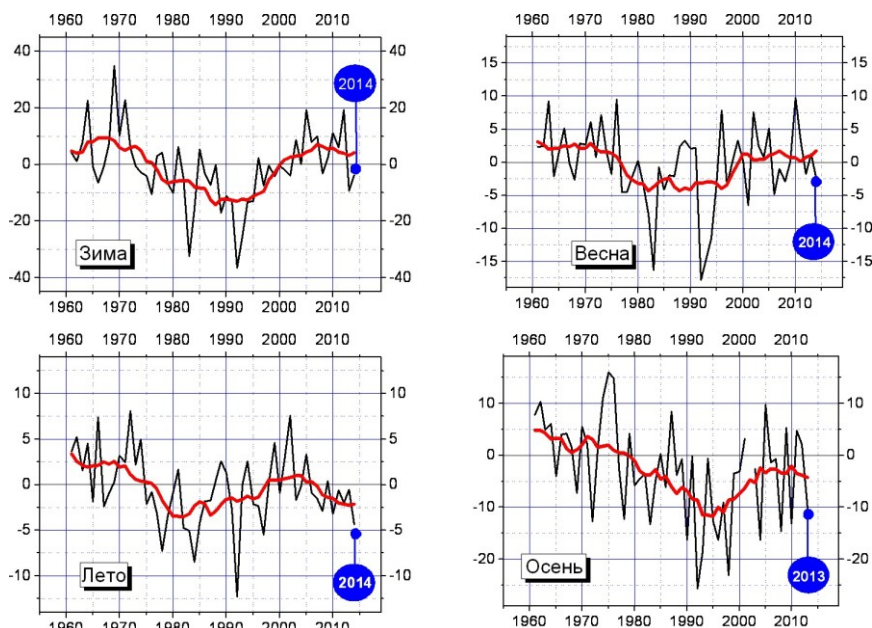


Рисунок 9.7 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-90 гг.) месячных и сезонных сумм суммарной солнечной радиации. Лето 2014 г.

Рисунок 9.8 - Аномалии (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.) сезонных сумм прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, осредненные по территории РФ. 1961-2014гг.



Летом также были зарегистрированы рекорды сезонных значений прямой радиации (минимумов – на севере Средней Сибири, максимумов – в южных районах ЕЧР), хотя ареалы экстремальных значений были меньше, чем весной. На азиатской территории в связи с активной циклонической деятельностью, особенно в июле, пониженные значения сезонного прихода радиации наблюдались на большей части АЧР (за исключением Прибайкалья и Забайкалья), что привело к отрицательной аномалии в среднем для территории России.

В многолетнем режиме на территории ЕЧР наблюдается сохранение положительной тенденции, наиболее выраженное в южных районах. На территории Средней Сибири, а также в прибрежных районах дальневосточных морей и в Приамурье, в последнее десятилетие наметилась тенденция к снижению радиации. В 2014г. отрицательные аномалии, близкие к рекордным значениям, наблюдались преимущественно в Средней Сибири, а положительные аномалии – в Европейской части России.

10. ТЕМПЕРАТУРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ

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

Приводимые оценки получены по срочным данным радиозондовых наблюдений, собираемым с каналов связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с глобальной сети аэрологических станций. Общее число станций, по которым ведется сбор аэрологических данных, превышает 900 и варьирует от месяца к месяцу. В их число входят более ста функционирующих в 2014 г российских станций, включая антарктические и СП. Около 700 станций глобальной сети расположены в Северном полушарии. На основе собранных месячных порций радиозондовых данных срочных наблюдений рассчитывается массив статистических характеристик различных метеовеличин в свободной атмосфере, включая статистические характеристики температуры, на стандартных изобарических поверхностях для каждой из станций. На основе взвешенного вертикального обобщения рассчитываются также значения температуры в основных слоях атмосферы: 850-300 гПа (тропосфера), 100-50 гПа (нижняя стратосфера), 300-100 гПа (переходный слой, характеризующийся значительной нестабильностью). Следующим этапом расчетов является расчет месячных аномалий температуры. Аномалии температуры на основных изобарических поверхностях и в каждом из указанных слоев атмосферы для каждого месяца вычислялись для каждой станции. В качестве норм использовались соответствующие характеристики температуры для этой станции, осредненные за период 1981-2010 гг. Такой выбор периода вычисления норм объясняется, во-первых, целесообразностью проводить в дальнейшем сопоставления с рядами аномалий температуры в свободной атмосфере, полученными на основе спутниковых наблюдений, начало которым положено с 1979 года. Во-вторых, оценки норм за такой период вычисления наименее, по сравнению с другими вариантами выбора тридцатилетнего периода, подвержены влиянию возможных неоднородностей в рядах, возникающих из-за особенностей функционирования глобальной сети радиозондирования.

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

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

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

постанционных месячных аномалий по сезонам для каждого сезона 2014 года (зимний сезон включал декабрь 2013 г и январь-февраль 2014 г), а также для 2014 года в целом.

Особенности температурного режима в свободной атмосфере в 2014 г.

2014 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 2014 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 очень большую отрицательную аномалию в нижней стратосфере высоких широт Северного полушария (100 гПа) в январе-марте 2014 г. Такая же большая отрицательная аномалия наблюдалась и в декабре 2013 г. (-2,15°C). Март 2014 г. в целом характеризуется значительным различием с изменением знака аномалий с ростом высот рассматриваемых поверхностей: 2.10°C в умеренных широтах и 4.93°C в высоких широтах. Анализируемый 2014 год характеризуется значительными отрицательными аномалиями в нижней стратосфере и в верхней тропосфере (300 гПа) высоких широт за исключением отдельных месяцев: апрель-июнь в нижней стратосфере и май, июль, ноябрь в верхней тропосфере. В январе-феврале 2014 г. в умеренных широтах Северного полушария отмечалась положительная аномалия температуры в нижней стратосфере, а с марта по декабрь – отрицательная аномалия, так же как и в мае-августе в верхней тропосфере (300 гПа). Причем весной и осенью в нижней стратосфере умеренных широт наблюдались существенные отрицательные аномалии. На высоте 850 гПа в весенние месяцы преобладают положительные аномалии как в умеренных широтах, так и в высоких широтах.

Таблица 10.1 - Аномалии температуры за 2014 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	0.43	0.15	0.07	0.38	0.41	0.48	-0.47	-2.00
Февраль	-0.10	0.40	0.13	0.09	0.74	0.98	-0.33	-2.93
Март	1.26	0.81	0.06	-0.84	1.45	0.52	-1.13	-3.48
Апрель	0.94	0.78	0.14	-0.75	0.88	0.19	-0.73	0.42
Май	0.44	0.19	-0.03	-0.66	0.59	0.92	0.30	0.00
Июнь	0.16	0.02	-0.17	-0.02	0.01	-0.34	-0.73	0.11
Июль	0.07	0.03	-0.12	-0.10	0.69	0.63	0.12	-0.66
Август	0.07	-0.21	-0.46	-0.19	1.15	0.54	-0.15	-0.51
Сентябрь	0.32	0.48	0.35	-1.38	0.08	-0.24	-0.24	-0.76
Октябрь	0.62	0.50	0.14	-1.09	-0.30	-0.34	-0.82	-0.55
Ноябрь	0.35	0.41	-0.13	-0.59	1.10	1.10	0.25	-0.77
Декабрь	0.50	0.19	0.18	-0.15	1.08	0.18	-0.79	-0.19

Столь существенные различия в величинах аномалий температуры от месяца к месяцу и по вертикали на отдельно рассматриваемых изобарических поверхностях сказываются как на результатах временного обобщения по отдельным сезонам, так 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 2014 года (зимний сезон включает период декабрь 2013-февраль 2014 г) и для года в целом, осредненные по вертикали внутри слоя 850-300 гПа (тропосфера) для трех тридцатиградусных широтных зон Северного полушария и полушария в целом. Здесь ΔT_{2014} обозначает величину аномалии в градусах Цельсия, $-R$ обозначает обратный ранг в рядах упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2014 гг. (т.е. наибольшим положительным значениям аномалий соответствуют наименьшие значения $-R$).

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

ΔT_{2014} - величина аномалии в градусах Цельсия, $-R$ - обратный ранг в рядах упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2014 гг.

ТРОПОСФЕРА, 850-300 гПа								
СЕЗОН	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
	ΔT_{2014}	$-R$	ΔT_{2014}	$-R$	ΔT_{2014}	$-R$	ΔT_{2014}	$-R$
ЗИМА	0.17	19	0.28	11	0.60	5	0.27	9
ВЕСНА	0.05	19	0.61	2	0.54	9	0.42	3
ЛЕТО	0.35	4	-0.08	28	0.32	15	0.09	20
ОСЕНЬ	0.30	6	0.39	8	0.18	22	0.34	7
ГОД	0.25	7	0.28	7	0.39	10	0.28	8

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).

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

ΔT_{2014} - величина аномалии в градусах Цельсия, R - ранг в рядах упорядоченных по возрастанию значений соответствующих аномалий за период 1958-2014 гг.

НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА, 100–50 гПа								
СЕЗОН	0-30 С.Ш.		30-60 С.Ш.		60-90 С.Ш.		Северное полушарие	
	ΔT_{2014}	R	ΔT_{2014}	R	ΔT_{2014}	R	ΔT_{2014}	R
ЗИМА	-0.60	10	0.42	30	-2.55	6	-0.12	14
ВЕСНА	-1.07	2	-0.45	12	-0.36	17	-0.64	6
ЛЕТО	-1.10	3	-0.30	14	-0.33	11	-0.55	8
ОСЕНЬ	-1.11	4	-0.96	2	-0.48	5	-0.97	2
ГОД	-0.98	2	-0.32	14	-0.69	8	-0.55	7

В зимний, весенний и осенний сезон 2014 г. имели место положительные аномалии температуры тропосферы для всех рассматриваемых широтных зон, причем зимой для зоны высоких широт аномалия оказалась пятой в ряду соответствующих аномалий. Весна 2014 г оказалась одной из самых теплых в умеренных широтах (аномалия составила $+0.61^{\circ}\text{C}$, вторая в соответствующем ряду) и в северном полушарии в целом (аномалия составила $+0.42^{\circ}\text{C}$, третья в ряду). Из-за отрицательной аномалии в верхней тропосфере и незначительной положительной аномалии в нижней тропосфере лето 2014 г в умеренных

широтах охарактеризовалось небольшой отрицательной аномалией в тропосфере (-0.08°C). Осенние аномалии 2014 г оказались шестыми в зоне низких широт, восьмыми в зоне умеренных широт и седьмыми в Северном полушарии в целом в рядах соответствующих аномалий в тропосфере.

В нижней стратосфере наблюдалась положительная аномалия зимой в умеренных широтах. В зоне высоких широт, напротив, наблюдалась большая отрицательная аномалия (-2.55°C). При этом она заняла только шестое место в соответствующем ряду. Весна, лето, осень 2014 г. и год в целом оказались одними из самых холодных: вторые, третье и четвертое места в рядах отрицательных аномалий соответственно. При этом осень 2014 г была одной из самых холодных во всех широтных зонах и Северном полушарии в целом (второе место в соответствующем ряду).

Более детально вертикально-широтная структура для годовых аномалий температуры в 2014 г. показана на рис. 10.1, а для аномалий температуры отдельных сезонов 2014 г – на рис. 10.2. Как следует из рисунков, в анализируемом 2014 году характер вертикально-широтной структуры годовых аномалий в значительной мере определяется вертикально-широтной структурой зимних аномалий

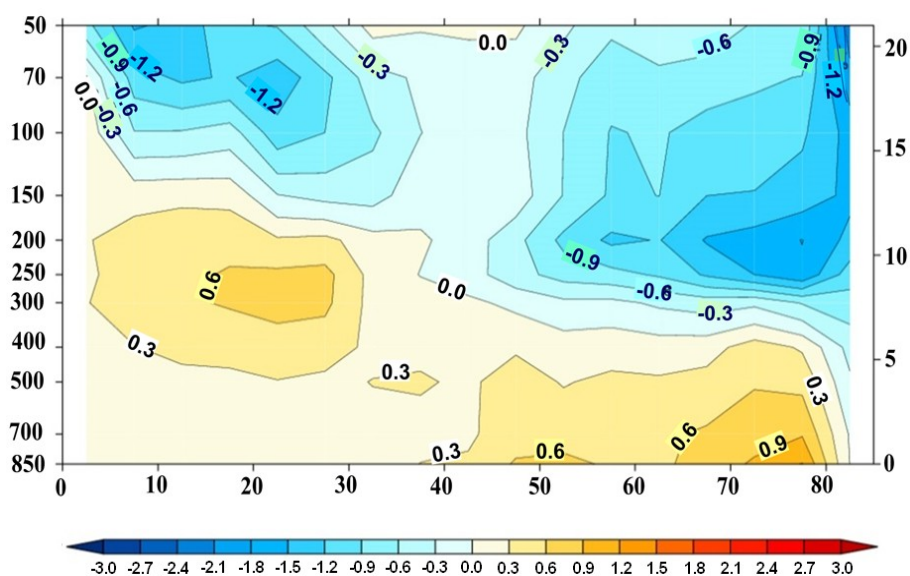


Рисунок 10.1 - Вертикально-широтная структура годовых аномалий температуры свободной атмосферы в 2014 году. Горизонтальная ось – широты, левая вертикальная ось – давление на стандартных изобарических поверхностях, правая вертикальная ось – высоты над уровнем моря в км.

На рис. 10.3 представлены посезонно 10 самых теплых в тропосфере и 10 самых холодных в нижней стратосфере лет, а так же положение по отношению к ним 2014 г. Как видно, за исключением лета в тропосфере и зимы в нижней стратосфере, все сезоны 2014 г. входят в число 10 самых теплых и самых холодных соответственно. Причем весна в тропосфере и осень в нижней стратосфере входят в первую тройку (3 и 2 места в рядах соответственно).

Тенденции современных изменений температуры воздуха в свободной атмосфере

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

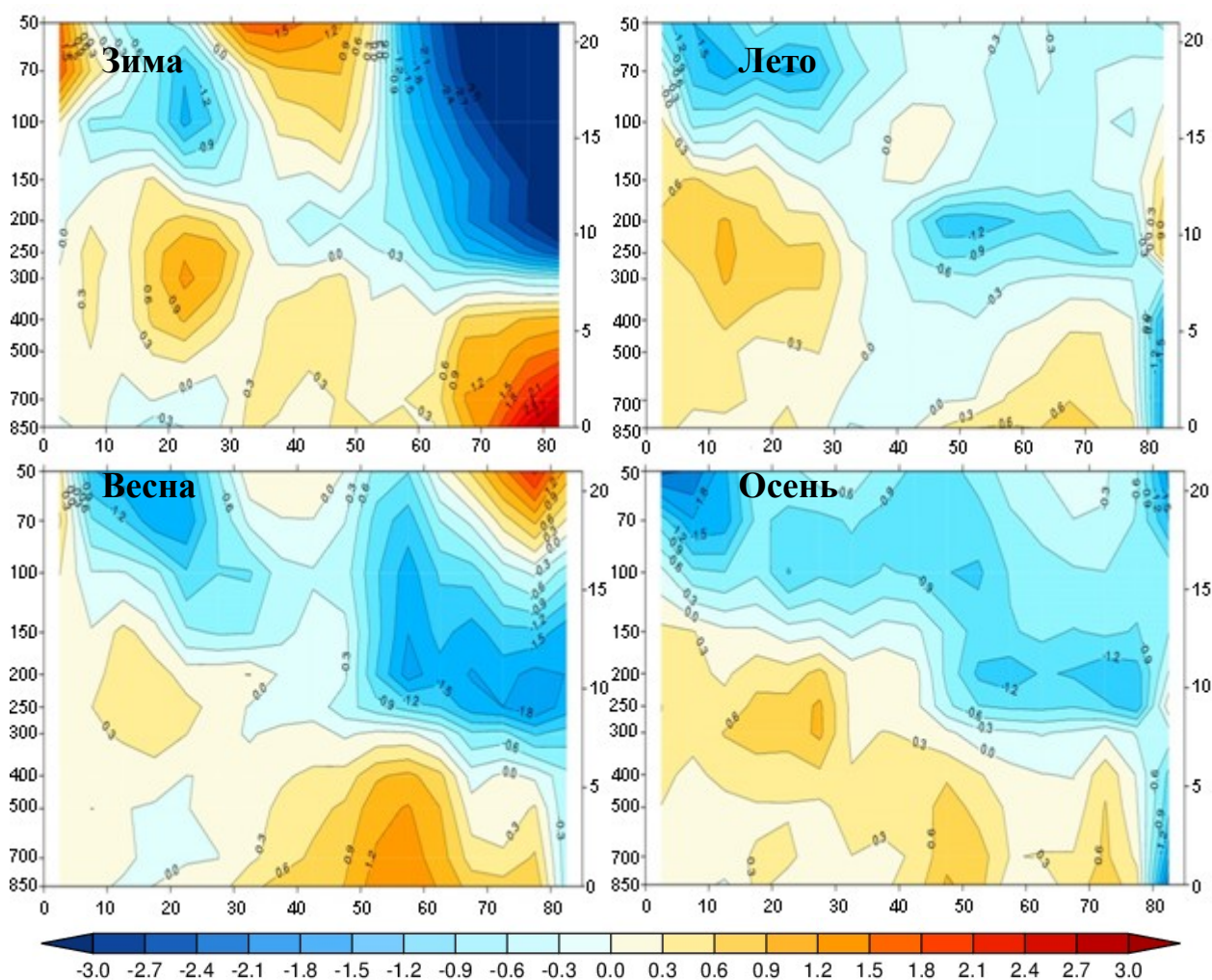


Рисунок 10.2 - То же, что на рис 10.1, но для отдельных сезонов (зима 2013-2014 гг., весна, лето и осень 2014 года)

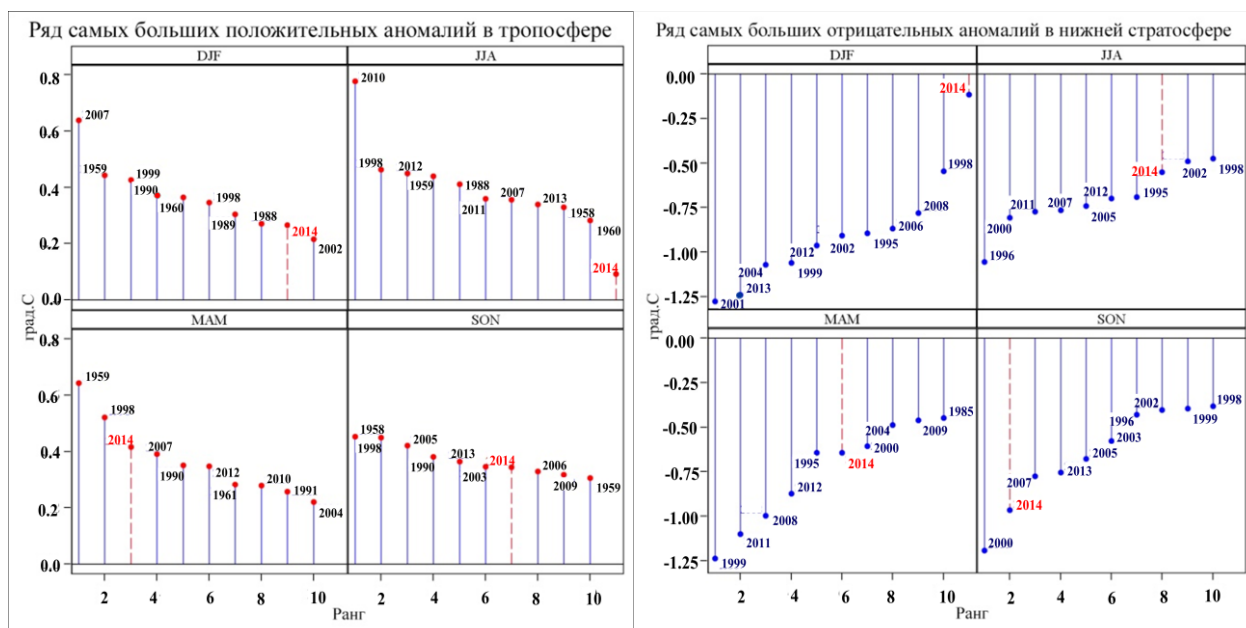


Рисунок 10.3 - Ряды самых значительных сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1958-2014 г. Левая панель – положительные аномалии, тропосфера (850-300 гПа), правая панель – отрицательные аномалии, нижняя стратосфера (100-50 гПа). Обозначения сезонов по аналогии с рис. 10.2.

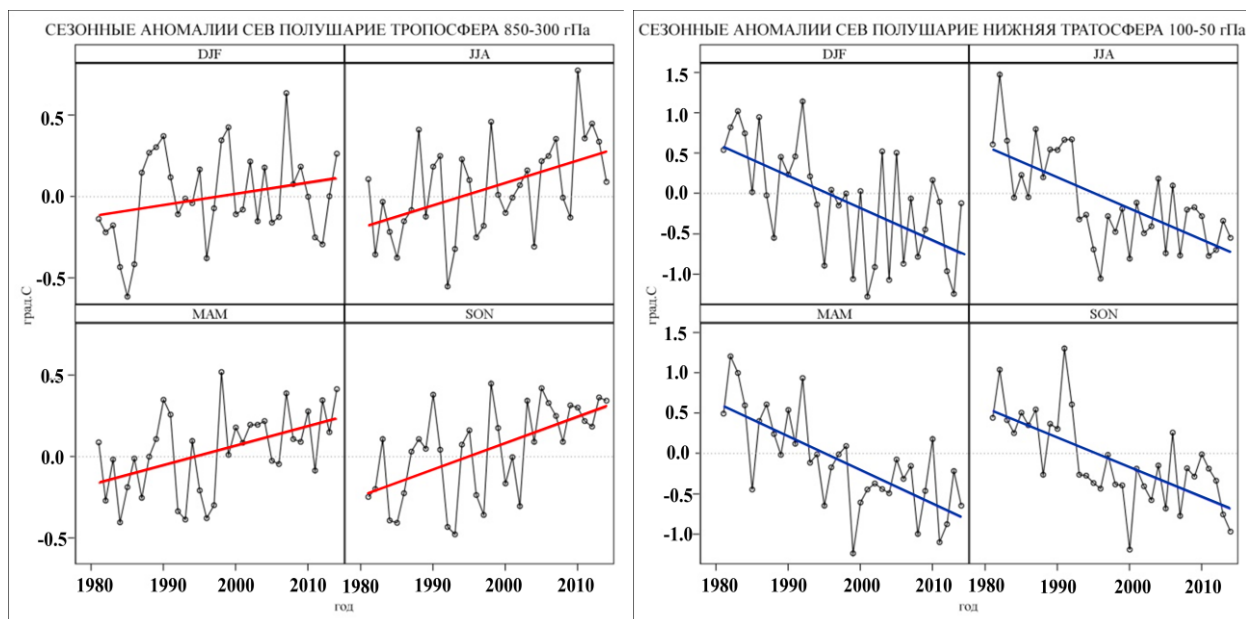


Рисунок 10.4 - Ряды сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1981-2014 г. Левая панель – тропосфера (850-300 гПа), правая панель – нижняя стратосфера (100-50 гПа). Линии трендов построены методом наименьших квадратов для тропосферы (красный цвет) и нижней стратосферы (синий цвет). Обозначения сезонов по аналогии с рис. 10.2.

Таблицы 10.4 и 10.5 содержат значения линейных трендов, вычисленных за период 1981-2014 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, для тропосферы статистически значимая тенденция потепления не наблюдается для зимнего сезона в зоне умеренных широт и в Северном полушарии в целом. В определенной степени это объясняется недавними аномально холодными зимами сезонов 2010-2011 и 2011-2012 годов. Но, по сравнению с 2013 г, положительный тренд зимнего сезона в высоких широтах стал статистически значимым. 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. Положительный тренд для весеннего сезона в высоких широтах стал статистически значимым. В остальных широтных зонах и в Северном полушарии в целом, в весенний, летний и осенний периоды сохраняются статистически значимые положительные тренды, которые и определяют для этих трех сезонов значимый положительный тренд для Северного полушария в целом (от 0.12 для весны до 0.16 для осени, °C/10 лет). По сравнению с 2013 г. В 2014 г статистически значимыми стали положительные тренды в зимний и весенний сезоны в высоких широтах.

Для нижней стратосферы очевидное статистически значимое похолодание имеет место для всех осуществленных вариантов оценки тренда, за исключением зимнего сезона в высоких широтах. Объясняется это внезапным стратосферным потеплением высоких широт, имевшем место в 2013 г, которое не только повлияло на знак зимнего тренда, но и привело к тому, что отрицательный тренд для высоких широт для аномалий года в целом перестал быть значимым в 2014 г. Отрицательные аномалии в январе-феврале 2014 г. привели к уменьшению положительного тренда в зимний период и возвращению статистической значимости для года в целом в зоне высоких широт. В Северном полушарии скорость стратосферного похолодания составляла от $-0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет для весны до $-0.37^{\circ}\text{C}/10$ лет для осени, а для рядов по году в целом составила $-0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Таблица 10.4 – Оценки линейного тренда температуры в тропосфере (1981-2014 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*

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	17	0.02	0	0.12	12	0.07	6
ВЕСНА	0.05	3	0.15	23	0.15	12	0.12	23
ЛЕТО	0.02	1	0.19	26	0.25	29	0.14	22
ОСЕНЬ	0.06	5	0.21	33	0.23	23	0.16	33
ГОД	0.07	8	0.14	32	0.19	31	0.12	29

Таблица 10.5 - Оценки линейного тренда температуры в нижней стратосфере

(1981-2014 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	-0.59	37	-0.36	19	0.09	0	-0.40	34
ВЕСНА	-0.47	39	-0.38	34	-0.49	17	-0.42	49
ЛЕТО	-0.42	33	-0.39	41	-0.25	33	-0.39	44
ОСЕНЬ	-0.42	24	-0.36	46	-0.24	33	-0.37	45
ГОД	-0.47	49	-0.37	54	-0.23	13	-0.39	60

Выводы. В зоне умеренных широт (30-60 с.ш.) и в Северном полушарии в целом весна 2014 г. в тропосфере оказалась одной из самых теплых за все весенние сезоны. В нижней стратосфере 2014 г. стал одним из самых холодных во всех сезонах в зоне низких широт (0-30 с.ш.), кроме зимнего. Кроме того, осень 2014 г. стала одной из самых холодных в зоне умеренных широт и в Северном полушарии в целом (второе место в соответствующих рядах аномалий).

Тенденция похолодания в нижней стратосфере очевидно продолжилась в 2014 году. Это имело место для подавляющего большинства рассмотренных широтных зон и сезонов.

Структура климатических трендов температуры, исследованных за период с 1981 г по 2014 г, подтверждает тенденции потепления в тропосфере и тенденции значительного похолодания в нижней стратосфере. Добавление оценок аномалий за 2014 г к соответствующим рядам привело к тому, что положительные тренды в тропосфере в зоне высоких широт в зимний и весенний периоды стали значимыми статистически, так же, как и годовой отрицательный тренд в нижней стратосфере в зоне высоких широт.

11. ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Существенную роль в процессах глобального потепления климата играет наблюдаемое в глобальном и региональном масштабах увеличение уровня содержания в атмосфере парниковых газов (ПГ). Задачей системы мониторинга содержания парниковых газов в атмосфере является получение и анализ экспериментальных данных о современном содержании, тенденциях многолетних изменений и изменчивости ПГ. Указанная информация необходима для оценки эффективности мероприятий по снижению выбросов ПГ и уточнения оценок возможных изменений климата, связанных с изменением содержания ПГ в атмосфере, с использованием климатических моделей.

В настоящее время наблюдательная сеть мониторинга парниковых газов Росгидромета состоит из 5 станций, 4 из которых выполняют функции пунктов отбора проб воздуха в приземном слое атмосферы (измерения содержания ПГ в пробах воздуха приземного слоя атмосферы выполняется в лабораториях ФГБУ «ГГО» и ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»). Две станции, расположенные на Кольском полуострове – «Териберка» (69°12'с.ш., 35°06'в.д.) и в республике САХА - «Тикси» (71°35'с.ш., 128°55'в.д.), обеспечивают получение данных о фоновом содержании диоксида углерода (CO₂) и метана (CH₄) в приполярной зоне. Две станции, расположенные на полуострове Ямал – «Новый Порт» (67°41'с.ш., 72°53'в.д.) и в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике (54°54'с.ш., 37°48'в.д.), подвержены эпизодическому влиянию региональных антропогенных источников.

Систематические измерения концентрации CO₂ и CH₄ в приземном слое атмосферы выполняются также на станции мониторинга «Обнинск» (55°11'с.ш., 36°58'в.д.) ФГБУ НПО «Тайфун».

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

Ряд наблюдений на станции Териберка является более продолжительным по сравнению с другими полярными станциями. Тенденции изменений концентрации CO₂ на этой станции за весь период наблюдений показан на рис. 11.1.

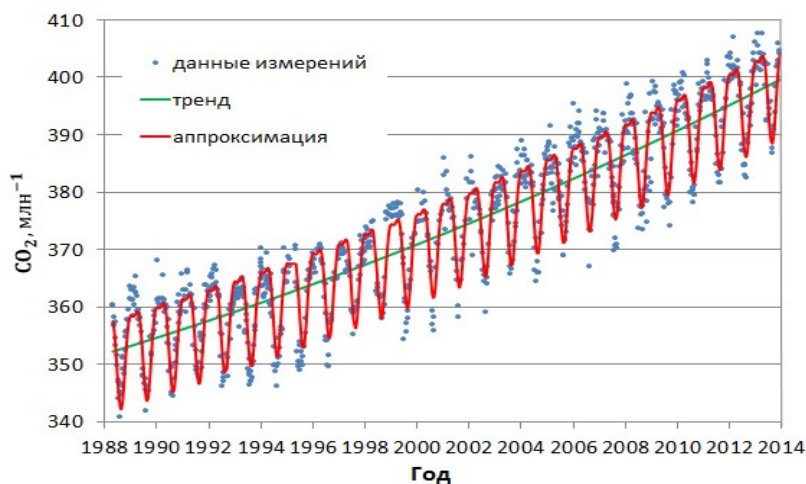


Рисунок 11.1 - Тенденция изменений концентрации CO₂ на станции Териберка за весь период выполняемых наблюдений.

Данные измерений средних годовых значений концентрации CO₂ на станциях мониторинга полярных районов РФ приведены в таблице 11.1.

Изменчивость концентрации CO₂. Уровень концентрации CO₂ в атмосфере северных широт достиг в 2014 г. нового максимума.

На всех трех станциях среднегодовое значение концентрации CO₂ превысило 400млн⁻¹. Изменение концентрации от 2013 к 2014 г. показано на рис. 11.2 в сравнении с данными станции Барроу (Аляска) для 2013 г. Наибольший рост концентрации

наблюдается в зимний период, когда перестают действовать основные стоки CO_2 из атмосферы, и происходит накопление примеси при ограничении процессов вертикального перемешивания в атмосфере.

Таблица 11.1 - 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
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	396.1	1.9	1910.8	4.0	1970.3	15.7	1910.2	-3.0
2013	398.6	2.2	401.8	1.9	398.9	2.8	1908.4	-2.4	1967.1	-3.2	1914.7	4.5
2014	400.6*	1.9	403.2*	1.4	400.9*	2.0	1914.3	5.9	1971.1*	4.0	1932.1*	17.4

* - Для удалённых станций (Новый Порт и Тикси) среднегодовые значения 2014г. получены по 11 месяцам. Данные станции Териберка также будут корректироваться после анализа дополнительных проб за декабрь 2014г.

Рис. 11.2 указывает на относительную близость результатов наблюдений на станциях Териберка и Тикси и их соответствие данным станции Барроу (побережье п-ва Аляска). На станции Новый Порт, подверженной влиянию региональных источников, концентрация CO_2 несколько выше, чем на станциях, расположенных в фоновых условиях. Вместе с тем, 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.

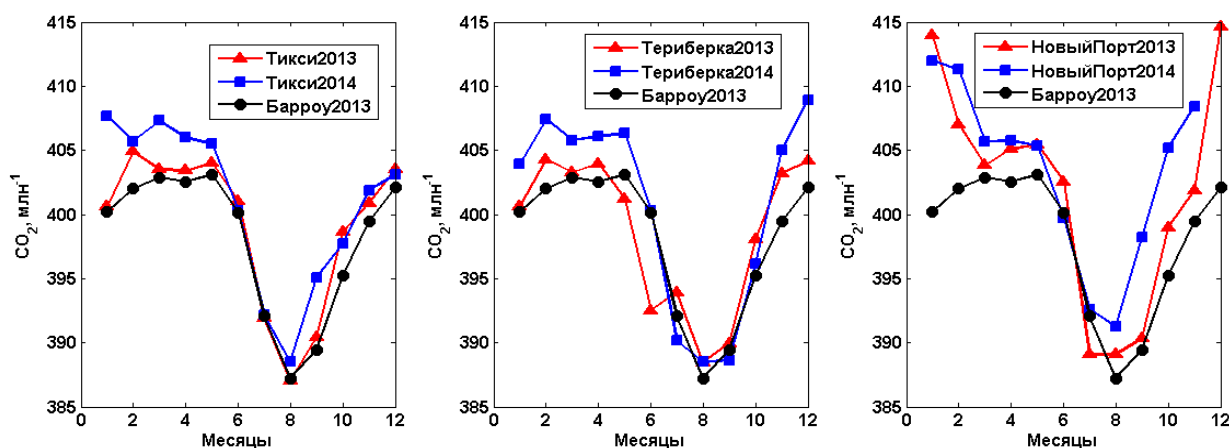
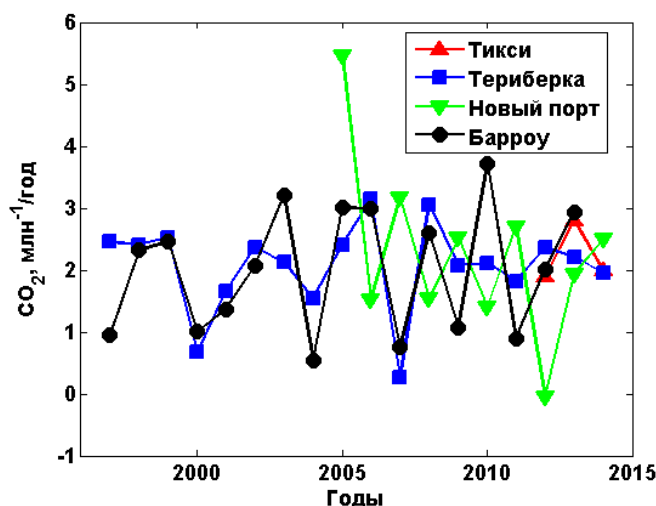


Рисунок 11.2 - Сезонный ход концентрации CO_2 на трех арктических станциях для 2013 и 2014гг. в сравнении с данными станции Барроу для 2013г.

Концентрация CO_2 постоянно растет от года к году. Рост концентрации CO_2 в 2014г. по данным станции Териберка и Тикси составил около 2 млн⁻¹ (рис. 11.3). Межгодовые изменения концентрации CO_2 по данным станции Териберка в основном подобны изменениям на станции Барроу. Последние 5 лет по данным станции Териберка

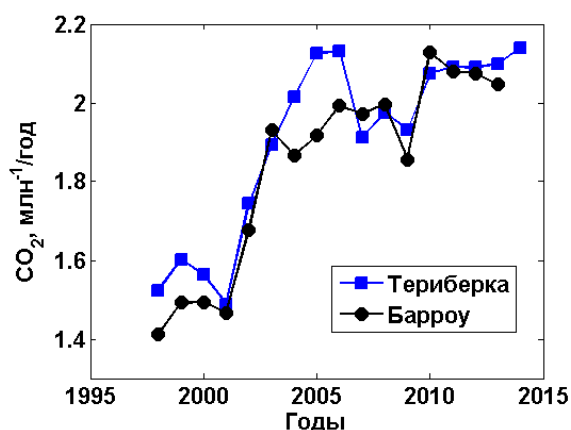


межгодовой рост меняется в пределах 1.8-2.5 млн⁻¹/год, что согласуется с данными станции Тикси для последних трех лет измерений. На станции Новый Порт, где действуют региональные источники, увеличение и уменьшение скорости роста сдвинуто по фазе по отношению к фоновым условиям.

Рисунок 11.3 – Межгодовой рост CO₂

Оценка тренда концентрации CO₂ по скользящим десятилетиям по данным станции Териберка представлена на рис. 11.4 в сравнении с аналогичными данными для станции Барроу. Значение тренда концентрации CO₂, составляющее в начале века 1.5 млн⁻¹/год, возросло до 2 млн⁻¹/год уже к середине первого десятилетия. С 2010 г. тренд остается равным 2.1 млн⁻¹/год.

Рисунок 11.4 - Тренд концентрации CO₂ по скользящим десятилетиям для станций Териберка (1989-98 .. 2005-14 гг.) в сравнении со станцией Барроу (1989-98 .. 2004-13 гг.). Значение тренда отнесено к концу десятилетия.



Изменчивость концентрации CH₄. С 2009 г. в северных широтах РФ наблюдался период стабилизации концентрации метана. До 2014 г. среднегодовые значения на станции Териберка менялись в пределах 1905-1911 млрд⁻¹, а на станции Тикси от 1910 млрд⁻¹ до 1915 млрд⁻¹ при отсутствии устойчивой тенденции роста. 2014 г. характеризуется ростом концентрации метана, особенно ярко выраженным на станции Тикси, для которой среднегодовое значение возросло на 17.4 млрд⁻¹, что сравнимо с годовым ростом метана, наблюдавшимся в 2008 г. Высокие значения концентрации метана по сравнению с данными 2013 г. наблюдались с июня до ноября 2014 г. (рис. 11.5).

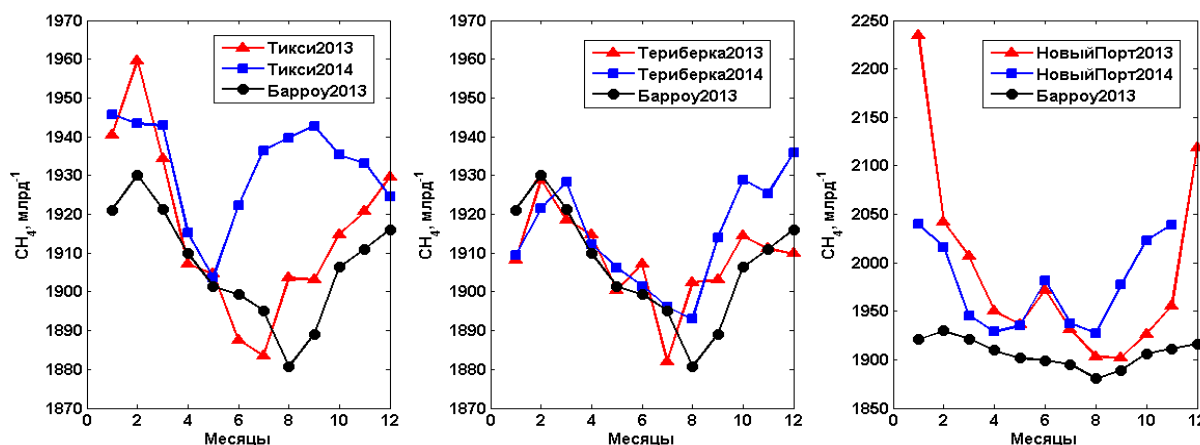


Рисунок 11.5 - Сезонный ход концентрации CH₄ на трех арктических станциях для 2013 и 2014гг. в сравнении с данными станции Барроу 2013г.

Как видно из рис. 11.5 сезонный ход концентрации метана на фоновых российских станциях подобен наблюдаемому на станции Барроу. На станции Новый Порт влияние региональных источников приводит к избытку CH_4 , существенно большей изменчивости концентрации и возрастанию амплитуды сезонного хода. Превышение концентрации CH_4 по отношению к данным станции Барроу составляет в среднем за период наблюдений до 2013г. включительно 0.4% , 0.7% и 4.5% для станций Териберка, Тикси и Новый Порт соответственно.

Межгодовая изменчивость концентрации метана на станции Териберка подобна наблюдаемым на других фоновых станциях, что демонстрирует сравнение с данными станции Барроу. 2014г. характеризуется повышенным ростом концентрации метана, который составил 5.6 млрд⁻¹ для станции Териберка и 14.6 млрд⁻¹ для станции Тикси. На

станции Новый Порт, где региональные источники могут менять уровень концентрации в разной степени в зависимости от метеорологических и других условий, межгодовая изменчивость может отличаться от получаемой на фоновых станциях.

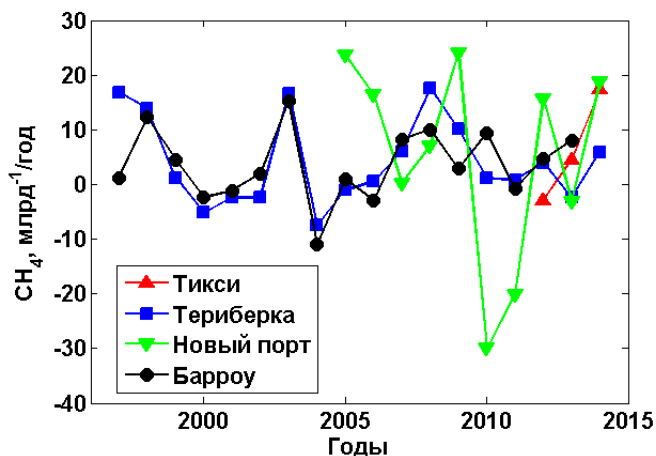


Рисунок.11.6 - Межгодовые изменения CH_4 .

Значения тренда CH_4 , определенного по скользящему десятилетнему периоду, не превышают 5 млрд⁻¹/год., имеют тенденцию к росту с 2008г. по 2012г., что обусловлено

глобальным ростом концентрации CH_4 в 2008г. В 2013г. тренд составил 3.0 млрд⁻¹/год и с учетом 2014г. увеличился до 4.2 млрд⁻¹ по данным станции Териберка.

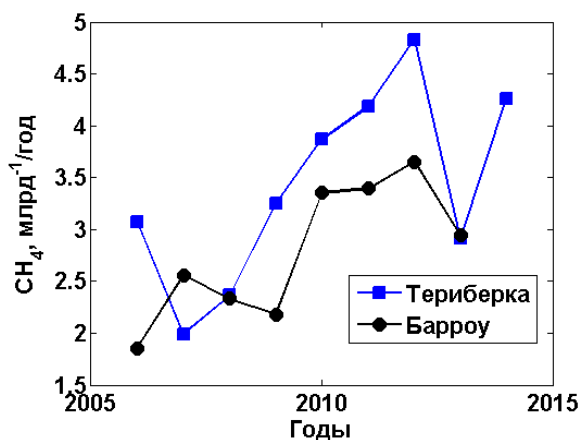


Рисунок 11.7 - Тренд концентрации CH_4 по скользящим десятилетиям для станций Териберка (1989-98 .. 2005-14 гг.) в сравнении со станцией Барроу (1989-98 .. 2004-13 гг.). Значение тренда отнесено к концу десятилетия.

Результаты измерений содержания и изменений диоксида углерода и метана в центральной части ЕЧР.

Мониторинг содержания диоксида углерода и метана в приземном слое атмосферы осуществляется в центральной части ЕЧР на двух станциях (Обнинск и Приокско-Тerrasный заповедник) сети мониторинга Росгидромета.

Результаты измерений CO_2 в 2014 на станции Обнинск

Результаты измерений приземных концентраций углекислого газа (средние месячные значения) на ст. Обнинск и станции Глобальной службы атмосферы (станция Мауна Лоа) в 2014 году показаны на рис. 11.8.

Концентрация приземной двуокиси углерода на ст. Обнинск значительно выросла в 2014 году. Среднее значение концентрации углекислого газа в 2013 году было равно 404 млн^{-1} , а в 2014 году оно увеличилось до 417 млн^{-1} . Средняя концентрации углекислого газа на станции глобального мониторинга Мауна-Лоа в 2013 году составляла 396 млн^{-1} , а в 2014 году 399 млн^{-1} .

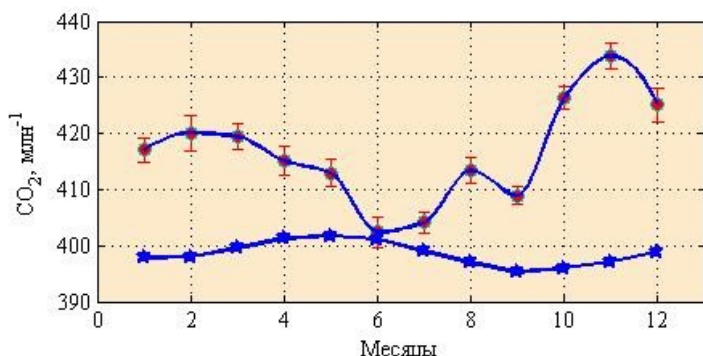


Рисунок 11.8 — Концентрация углекислого газа в пробах приземного воздуха на ст. Обнинск (кружки) и ст. Мауна-Лоа (звездочки) в 2014 гг. Указанный на рисунке диапазон вариаций среднемесячных значений соответствует 95% доверительному интервалу.

Динамика вариаций концентрации углекислого газа в 1998-2014 гг. представлена на рис. 11.9 и 11.10. На рис. 11.9 приведены межгодовые разности концентраций углекислого газа (млн^{-1} в год), характеризующие темпы изменения среднегодовых концентраций углекислого газа, а на рис. 11.10 среднегодовые значения концентраций углекислого газа за весь период измерений.

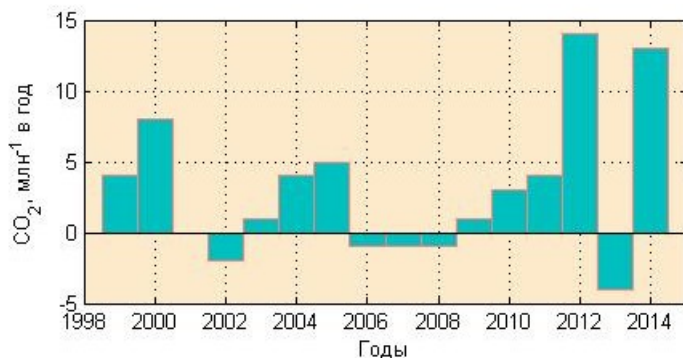
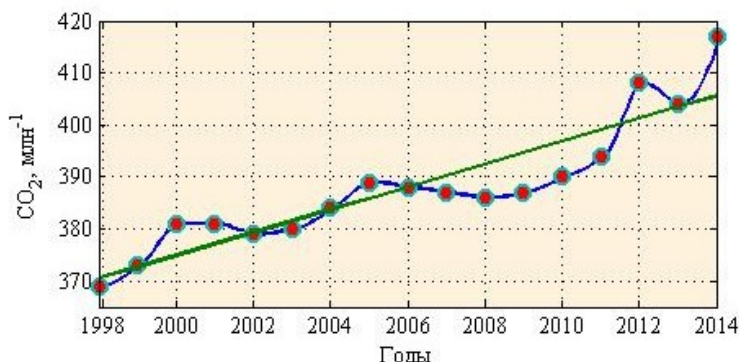


Рисунок 11.9 — Межгодовые разности среднегодовых значений концентрации углекислого газа в приземном воздухе на ст. Обнинск в 1998-2014 гг. в единицах млн^{-1} в год

Рисунок 11.10 - Среднегодовые значения концентрации углекислого газа на ст. Обнинск в 1998-2014 гг. Прямая линия — линейный тренд, $(2.2 \pm 0.6) \text{ млн}^{-1}$ в год



За период наблюдений с 1998 по 2014 гг. отмечается положительный тренд среднегодовых концентрации CO_2 ($2.2 \pm 0.6 \text{ млн}^{-1}$ в год). Это согласуется с данными ВМО, по которым скорость роста глобальной концентрации углекислого газа за последнее десятилетие составляет примерно 2 млн^{-1} в год. По данным станции Обнинск особенно заметен рост CO_2 в период после 2010 г. Максимальные значения углекислого газа в зимнее время в последние два года превысили 410 млн^{-1} . В целом за период наблюдений среднегодовая концентрация CO_2 выросла на 48 млн^{-1} .

Результаты измерений CH_4 в 2014 на станции Обнинск

Результаты измерений приземных концентраций метана в 2014 году (среднемесячные значения) показаны на рис. 11.11. Среднее значение за год составило 2142 млрд^{-1} , что существенно выше, чем в 2013 году: 1984 млрд^{-1} . Также как и в

предыдущие годы, рост концентрации метана на ст. Обнинск в основном происходит в зимние месяцы.

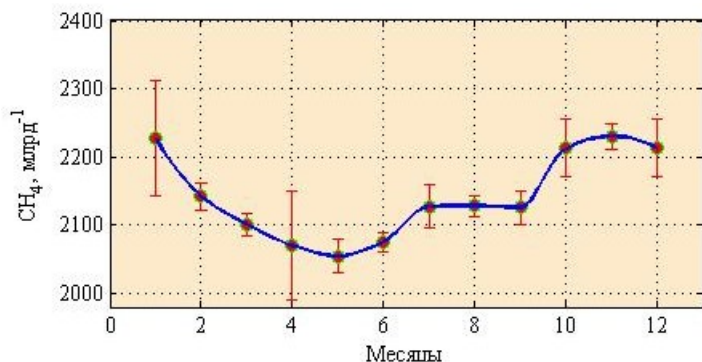
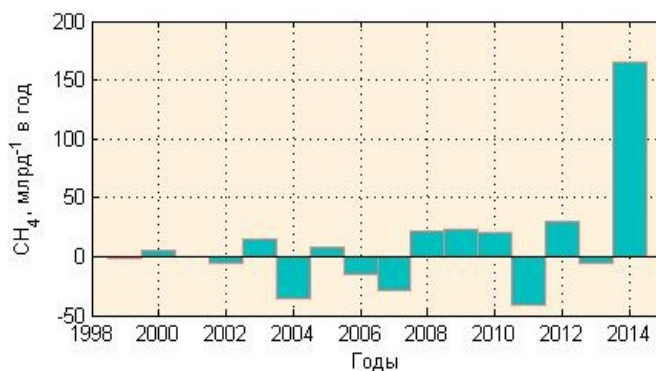


Рисунок 11.11 – Сезонный ход объемной концентрации метана в пробах приземного воздуха на ст. Обнинск в 2014 г. Показан 95%-й доверительный интервал

Динамика вариаций концентрации метана в 1998-2014 гг. представлена на рис. 11.12 и 11.13. На рис. 11.12 приведены межгодовые разности концентраций метана (млрд^{-1} в год), характеризующие темпы изменения среднегодовых концентраций метана, а на рис. 11.13 среднегодовые значения концентраций метана за весь период измерений.

Рисунок 11.12 – Разности среднегодовых значений концентрации метана в приземном воздухе на ст. Обнинск в 1998-2014 гг. в единицах млрд^{-1} в год



Средняя концентрация метана за весь период измерений равна $(1980 \pm 21) \text{ млрд}^{-1}$. Начиная с 2007 года, амплитуда межгодовых колебаний и среднегодовые значения концентрации метана по данным измерений в Обнинске увеличивались.

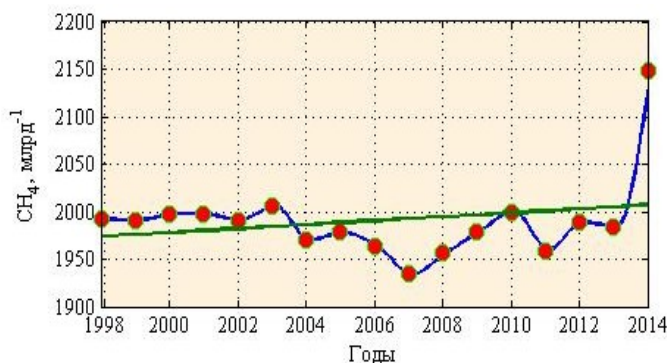
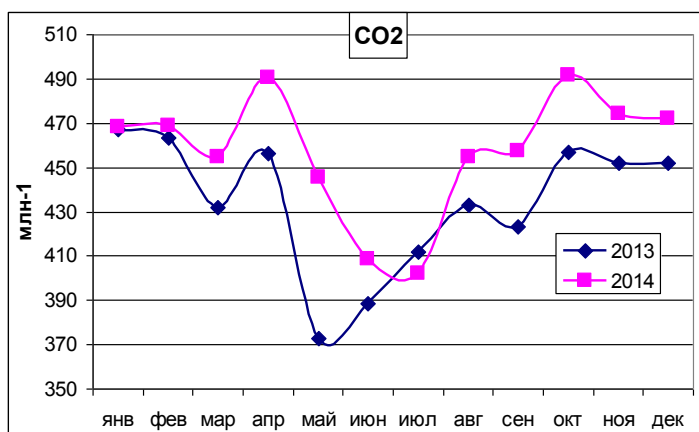


Рисунок 11.13 - Среднегодовые значения концентрации метана в приземном воздухе на ст. Обнинск в 1998-2014 гг. Прямая линия – линейный тренд, $(2.1 \pm 2.2 \text{ млрд}^{-1} \text{ в год})$

Концентрация приземного метана значительно выросла в 2014 году. Среднее значение концентрации метана за 12 месяцев 2014 года равно 2142 млрд^{-1} . Рост приземных концентраций метана в первой половине 2014 года составил $100\text{-}150 \text{ млрд}^{-1}$, во второй половине $150\text{-}200 \text{ млрд}^{-1}$. Величина линейного тренда по среднемесячным данным за период измерений с 1998 по 2014 гг. равна $2.1 \pm 2.2 \text{ млрд}^{-1}$ в год.

Результаты измерений CO_2 на станции Приокско-Тerrasного заповедника.

Данные изменений содержания диоксида углерода (средние месячные значения) в приземном слое атмосферы в 2014г. на станции Приокско- Террасного заповедника (ПТЗ) приведены на рис. 11.14. Результаты сравнения данных сезонных изменений CO_2 , полученных в 2014 г. и в 2013 г. достаточно хорошо согласуются по характеру



изменчивости, однако, концентрация CO_2 в 2014г. превосходит соответствующие значения концентрации, полученные в 2013г.

Рисунок 11.14 - Изменения среднемесячных концентраций CO_2 в приземном слое атмосферы на станции ПТЗ в 2013-2014 гг.

Сезонные изменения диоксида углерода характеризуются наличием летнего минимума, обусловленного ростом поглощения CO_2 из атмосферы растительностью. Подобный сезонный ход содержания диоксида углерода в атмосфере средних широт Северного полушария регистрируется и на станциях Глобальной службы атмосферы ВМО. Сравнение сезонных изменений CO_2 , в приземном слое атмосферы станций Обнинск и ПТЗ свидетельствует о подобию изменений в течение 2014г., при более высоком уровне содержания CO_2 в атмосфере на станции ПТЗ.

Изменения средних годовых значений концентрации CO_2

В изменениях средних годовых концентраций CO_2 отмечается тенденция к росту за 4-летний период проведения измерений на станции ПТЗ (табл.11.2). Наиболее высокая скорость роста содержания диоксида углерода на станции ПТЗ регистрировалась в 2012г., как и на станции Обнинск, однако значения темпа роста, наблюдаемые на станции ПТЗ, были выше по сравнению с данными станции Обнинск.

Таблица 11.2 – Межгодовые изменения средних годовых концентраций CO_2 (млн¹/год) в приземном слое атмосферы в районе станции ПТЗ

Год	2011	2012	2013	2014
ΔCO_2	-	27	-2.4	19.9

Результаты измерений CH_4 на станции Приокско-Тerrasного заповедника

Данные наблюдений изменений содержания метана (средние месячные значения) в приземном слое атмосферы, полученные в 2014 г. приведены на рис. 11.15.

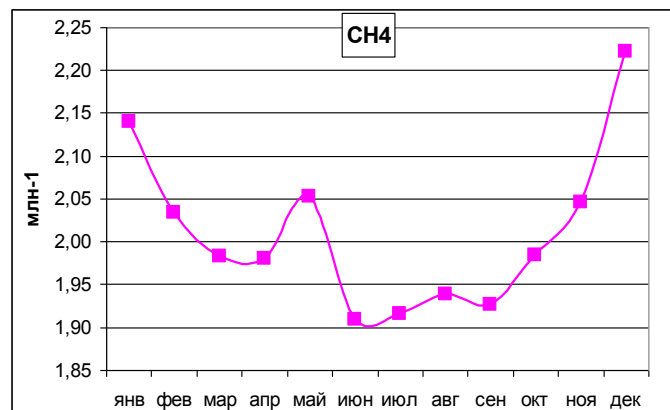


Рисунок 11.15 - Результаты измерений в 2014г. концентрации метана в пробах приземного слоя атмосферного воздуха с фоновой станции Приокско-Тerrasного биосферного заповедника.

Сезонные изменения содержания метана в воздухе характеризуются наличием минимума в летний период года. Наиболее существенным фактором, определяющим

уменьшение концентрации метана в воздухе в летний сезон года, являются фотохимические реакции с участием гидроксила, приводящие к расходованию метана в атмосфере. Согласно мировым данным, подобный вид сезонной изменчивости CH_4 с летним минимумом концентрации метана в течение года является характерным для северных и средних широт Северного полушария.

Динамика межгодовых изменений метана

Темпы изменений средних годовых значений содержания метана в воздухе (млрд^{-1} в год) за период наблюдений на станции ПТЗ приведены на рис. 11.16.

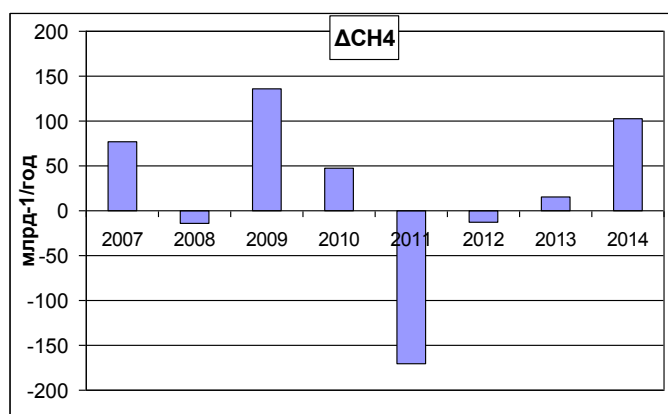


Рисунок 11.16 - Разности средних годовых концентраций метана ($\text{млрд}^{-1}/\text{год}$) в приземном слое атмосферы в районе станции Приокско-Тerrasного биосферного заповедника.

Наиболее высокое значение изменений метана регистрировалось в 2011 г. (170 млрд^{-1}) и было обусловлено уменьшением эмиссии метана в атмосферу в результате лесных и торфяных пожаров, наблюдавшихся в 2010 году. Следует отметить высокую изменчивость метана на станции ПТЗ по сравнению с данными, полученными на полярных станциях Териберка и Тикси, обусловленную возможным влиянием антропогенных источников метана в регионе расположения станции ПТЗ.

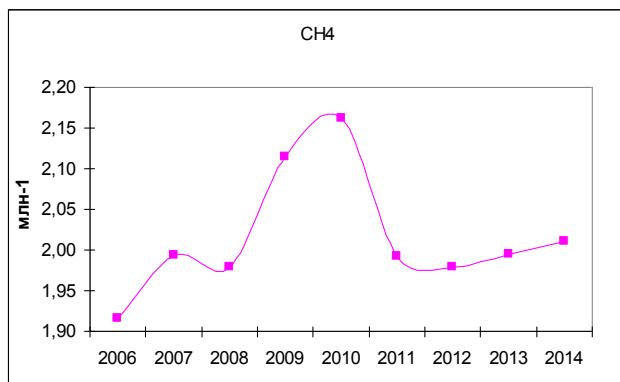


Рисунок 11.17 - Изменения средней годовой концентрации метана (млрд^{-1}) в приземном слое атмосферы в районе фоновой станции Приокско-Тerrasного биосферного заповедника

Изменение содержания метана в воздухе (рис.1.17) свидетельствует о его росте за период наблюдений на станции ПТЗ. Наиболее высокие концентрации метана регистрировались в 2010 г. вследствие атмосферного переноса метана с продуктами сгорания в район станции ПТЗ из зоны крупномасштабных лесных и торфяных пожаров.

Выводы. Уровень концентрации CO_2 , для которого наблюдается устойчивый рост, в атмосфере северных широт достиг в 2014г. нового максимума. Среднегодовое значение превысило 400 млн^{-1} для всех представленных станций. Рост CO_2 в 2014г. по сравнению с 2013 г. по данным российских фоновых станций составил около 2 млн^{-1} . Межгодовые изменения концентрации метана неустойчивы и принимают как положительные, так и отрицательные значения в разные годы на разных станциях от -30 до $+24 \text{ млрд}^{-1}$. В 2014 г.

на всех северных станциях наблюдался рост концентрации метана, особенно ярко выраженный на станции Тикси: $+17.4 \text{ млрд}^{-1}$.

Тренд концентрации CO_2 , оцененный по скользящим десятилетиям для станций Териберка и Барроу (Аляска), составлявший в конце 20-го столетия около $1.5 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$ быстро рос в 21-м столетии и для периода 2005-2014 гг. составил для ст. Териберка более $2.1 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$ (для Барроу за 2004-2013 гг. немного меньше $2.1 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$).

Результаты измерений содержания и изменений диоксида углерода и метана в центральной части ЕЧР (станции Обнинск и станция Приокско-Террасного заповедника) свидетельствуют о превышении уровня концентраций измеряемых парниковых газов в 2014 г. по сравнению с соответствующими значениями, полученными в 2013 году. На ст. Обнинск наблюдался экстремальный рост концентрации метана: 158 млрд^{-1} , при том, что межгодовые изменения прошлых лет не превосходили по абсолютной величине 50 млрд^{-1} . Наблюдался также пиковый рост концентрации CO_2 (второй после 2012 г.). Средние годовые значения диоксида углерода и метана в 2014 г. для станций Обнинск и ПТЗ превышают данные, полученные на полярных станциях Териберка и Тикси. Различие результатов измерений, полученных в северных районах и центральной части ЕЧР, связано с более высокой степенью урбанизации в центре ЕЧР, так и с возможным влиянием процессов дальнего переноса, включая трансграничный атмосферный перенос метана и диоксида углерода в районы размещения станций.

На всех станциях мониторинга парниковых газов (полярных и в ЕЧР) регистрировалась сезонная изменчивость метана и диоксида углерода, минимальные значения измеряемых газов наблюдались в летний период года. Повышенные уровни концентрации парниковых газов и амплитуда их сезонного хода на станции Новый Порт свидетельствуют о влиянии региональных источников.

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 зарубежной спутниковой аппаратуры SBUV-TOMS-OMI. Более подробная оперативная информация о поведении озонового слоя в различные сезоны с указанием отдельных аномалий в различные месяцы ежеквартально публикуется в журнале «Метеорология и гидрология».

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

В целом, за 2014 г. поле отклонений среднегодовых значений ОСО от многолетних средних за 1973-1984 г.г., принятых за "норму", оказалось достаточно ровным и несколько ниже нормы (рис. 12.1). Отклонения среднегодовых значений ОСО от нормы для всех анализируемых станций лежат в интервале от -8 до 1%. Наибольший дефицит среднегодового значения ОСО (8%) зарегистрирован на станциях Самара и Тура. Максимальные превышения среднегодового значения ОСО над нормой (1%)

зарегистрированы на станциях, о. Хейс, Печора и Нагаево.

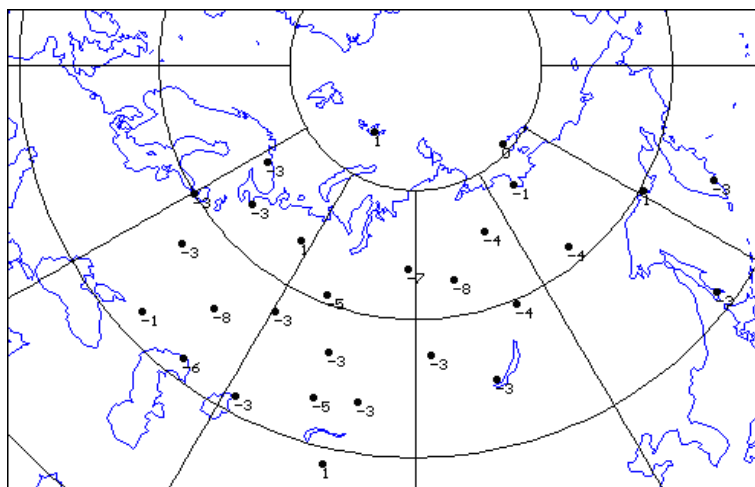


Рисунок 12.1 - Поле отклонений (%) общего содержания озона в целом за 2014 г. от нормы по данным озонметрической сети СНГ.

В течение 2014 г. отдельные существенные кратковременные отклонения ежедневных значений ОСО от нормы отмечались в марте и апреле:

- с 18 по 22 марта пониженные на 28-35% значения ОСО над севером Красноярского края и Якутией (296-347 ед. Д.).
- с 1 по 3 апреля пониженные на 24-29% значения ОСО над Западной и Центральной Сибирью (288-327 ед. Д.).
- с 15 по 18 апреля пониженные на 25-37% значения ОСО над Сибирью (262-336 ед. Д.).

Согласно наблюдениям предыдущих лет, наиболее крупные среднемесячные аномалии ОСО обычно имеют место в марте, реже в апреле. В 2014 г. над большей частью территории СНГ средние за март аномалии ОСО были незначительными (рис. 12.2). Самая крупная отрицательная месячная аномалия ОСО наблюдалась над севером Западной Сибири.

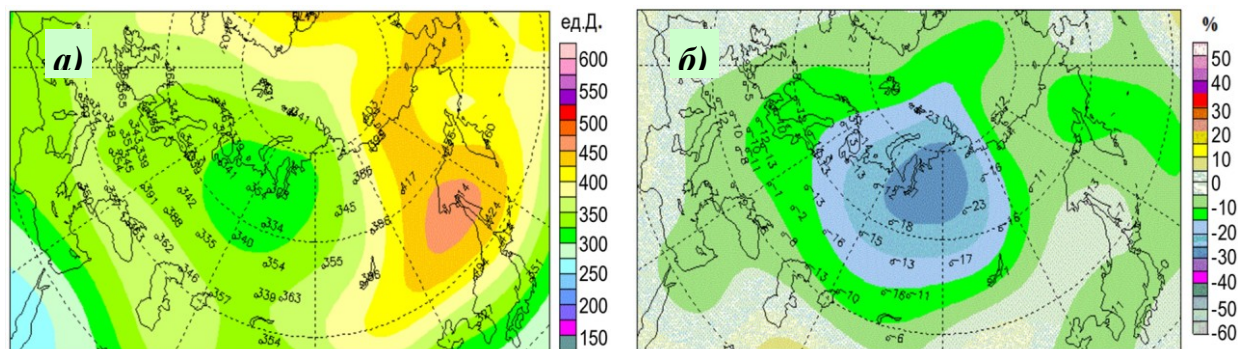


Рисунок 12.2 - Поле общего содержания озона (ед.Д.) в марте 2014 г. (а) и его отклонения (%) от средних многолетних (1978-1988 г.г.) значений (б) по данным WOUDC, Канада

Долговременные изменения ОСО над территорией России иллюстрируются ходом среднегодовых значений в отдельных пунктах наблюдений (рис. 12.3). На большинстве российских станций большую часть 2014 г. ОСО было примерно таким же, как и в предыдущем году. Из рис. 12.3 видно, что в целом долговременные изменения ОСО над российскими станциями наблюдений согласуются с изменениями ОСО над широтной зоной Северного полушария 55–60° с.ш.. В целом, по данным наземных станций озонметрической сети и спутниковым данным можно констатировать, что после резкого понижения ОСО, вызванного извержением вулкана Пинатубо в 1991 г., и заметного увеличения ОСО во второй половине 1990-х г.г. в последние полтора десятилетия озоновый слой над умеренными широтами Северного полушария четко выраженных

однонаправленных долговременных изменений не испытывал. При сохранении нынешних темпов изменения ОСО, наблюдающихся в нынешнем тысячелетии, ощутимых изменений ОСО можно ожидать лишь через 15-25 лет.

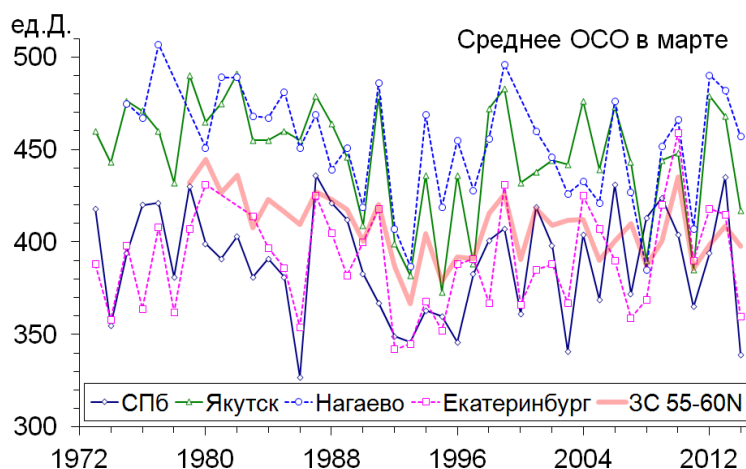
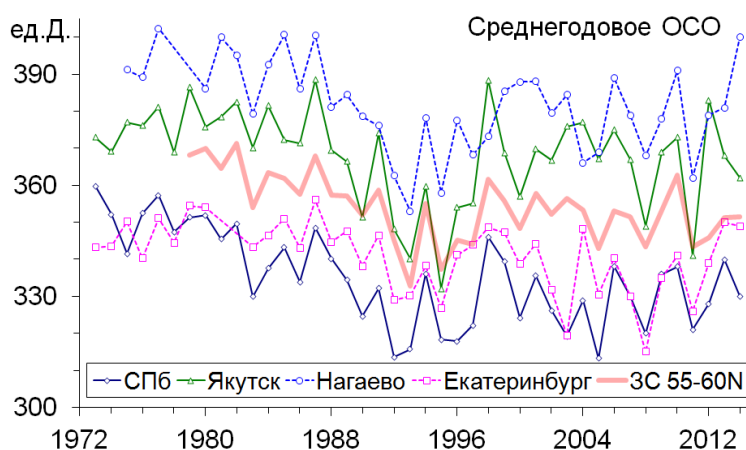


Рисунок 12.3 - Ход среднегодовых (вверху) и средних за март (внизу) значений ОСО в пунктах наблюдений С.-Петербург (60° N, 30° E), Екатеринбург (57° N, 61° E), Якутск (62° N, 130° E), Нагаево (60° N, 151° E). Дополнительно представлен ход зональных средних ОСО в широтной зоне 55-60° N по данным спутниковых наблюдений NASA, США, с помощью аппаратуры SBUV-TOMS-OMI.

Как и в последние 30 лет, также имела место весенняя Антарктическая озоновая аномалия (ВАОА или "озоновая дыра"). Основной объем данных о характеристиках ВАОА (максимальная площадь, минимальное значение ОСО в ней и общий дефицит озона

за время существования ВАОА) получают с помощью наземных озонметрических наблюдений, проводимых, в том числе, Россией, и спутниковых наблюдений аппаратурой производства США и западноевропейских стран. Площадь, занятой ВАОА, считают площадью территории, над которой ОСО меньше 220 е.Д., ее временной ход в 2014 г., по данным Национальной администрации по океану и атмосфере (NOAA), США, приведен на рис. 12.4.

Особенностями ВАОА 2014 г. является то, что ее основные характеристики: сроки начала и окончания, максимальная площадь, минимальное ОСО в области ВАОА, - были близки к средним характеристикам за предыдущее десятилетие. Основные характеристики ВАОА 2014 г. заметно уступают рекордным показателям ВАОА, наблюдавшимся в конце 1990-х гг. Общий дефицит массы озона (который рассчитывается по территории с ОСО, меньшим 220 ед. Д.) в 2014 г. примерно в 2 раза меньше, чем в 2006 г. и в конце 1990-х гг. Содержание так называемых озоноразрушающих веществ в атмосфере уменьшается достаточно медленно, и хотя появляется все больше свидетельств тенденции к уменьшению ВАОА, до сих пор рано уверенно говорить о начале восстановления озонового слоя над Антарктикой; надежно констатировать такое восстановление, вероятно, можно будет лишь спустя несколько десятилетий.

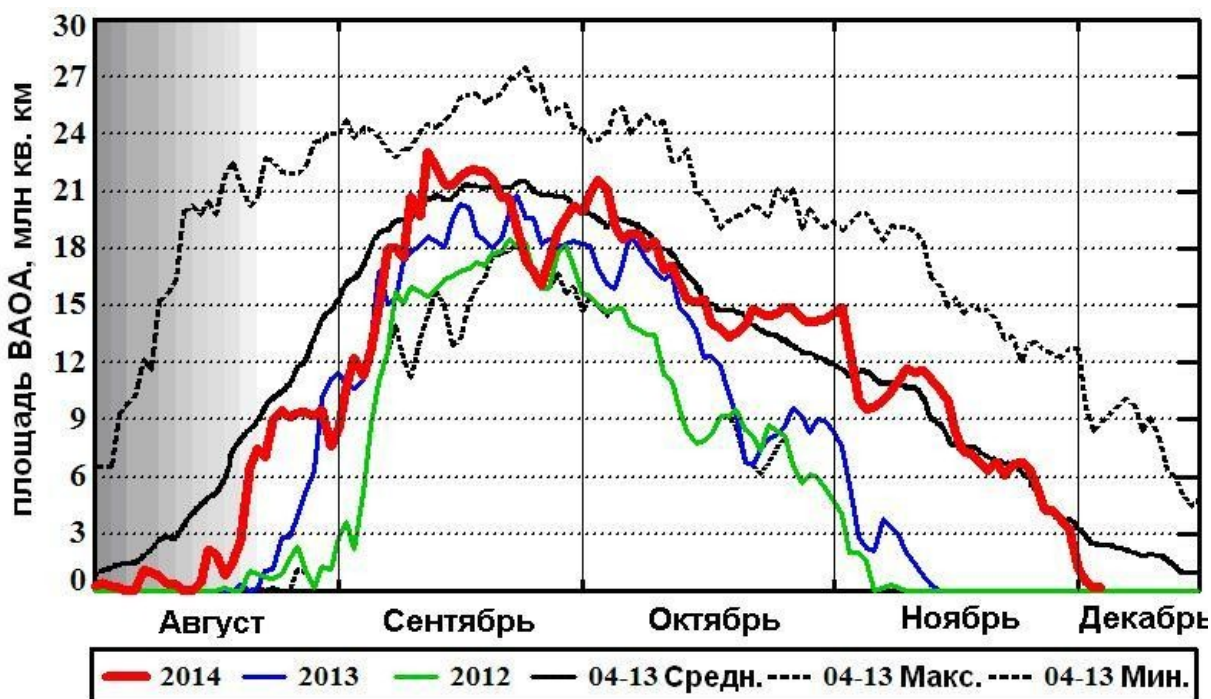


Рисунок 12.4 - Площадь весенней Антарктической озоновой аномалии в различные периоды времени 2014 г. по данным аппаратуры SBUV/2 с сайта NOAA, США (наибольшая ВАОА наблюдалась в 1998 г.; для сравнения для периода 2004-2013 гг. приведены средняя, максимальные и минимальные площади ОСО для каждого календарного дня).

Выводы. Уровень общего содержания озона практически над всей территорией России в течение 2014 г. был ниже наблюдаемого в конце 1970-х гг. примерно на 3 % и близок к среднему, наблюдаемому в последние полтора десятилетия. Как и в два предыдущих года, весенняя аномалия ОСО в умеренных и высоких широтах над территорией России была неглубокой. Весенняя Антарктическая озоновая аномалия 2014 г. примерно соответствовала средней за предыдущее десятилетие. Такая динамика изменений озонового слоя указывает, по-видимому, скорее, на стабилизацию планетарного озонового слоя, чем на его восстановление; заметное существенное восстановление озонового слоя следует ожидать не раньше, чем через несколько десятилетий.

ВЫВОДЫ

□ 2014 год был теплым на всей территории страны. Для России в целом среднегодовая аномалия температуры воздуха составила $+1.28^{\circ}\text{C}$ – 8-ая величина в ряду наблюдений с 1936 г. На большинстве станций крайнего Северо-Востока и на северо-западе РФ отмечены 95%-е экстремумы. Среди сезонов выделяется рекордно теплая весна: осредненная по территории России аномалия $+3.12^{\circ}\text{C}$ – исторический максимум. Осредненные по физико-географическим регионам РФ аномалии температуры все (кроме Восточной Сибири) попали в пять максимальных в соответствующих рядах.

Очень теплым год оказался в регионе Восточная Сибирь: на 2-ом месте среди наиболее теплых лет, а зимний сезон здесь был рекордно теплым; каждый из остальных сезонов вошел в первую шестерку самых теплых.

Самыми теплыми месяцами, в целом по территории РФ, оказались апрель и август (2-е значения в рядах с 1936 г.), самым холодным - октябрь (средняя по территории РФ аномалия составила -0.36°C).

В целом за год и во все сезоны, кроме зимы, потепление за период с 1976 г. наблюдается на всей территории РФ: тренд осредненной по РФ среднегодовой температуры за 1976-2014 гг. составил $+0.42^{\circ}\text{C}/10$ лет². Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры наблюдается на побережье Северного Ледовитого океана (более $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре). В среднем по России наиболее быстрый рост температуры наблюдается весной ($+0.58^{\circ}\text{C}/10$ лет). Зимой имеются области отрицательного тренда за 1976-2014 гг. на крайнем северо-востоке, на юге Сибири (до $-0.54^{\circ}\text{C}/10$ лет), в Забайкалье. Средняя по РФ зимняя температура росла до середины 1990-х гг., после чего наблюдается ее уменьшение.

□ В целом по территории РФ среднегодовые осадки были близки к норме 1961-90 гг. – 101%: это значительно меньше ожидавшегося при сохранении наблюдающейся с конца 1980 гг. тенденции роста осадков. За последнее десятилетие лишь две годовые суммы осадков были меньше текущей; остальные – значительно больше. Дефицит осадков во все сезоны наблюдался в европейской части России (ЕЧР); в ЦФО за год выпало 80% нормы – третья минимальная величина с 1936 г. Из сезонов выделяется сухая осень (92% нормы: такая или большая по величине отрицательная аномалия за последние 20 лет наблюдалась еще лишь дважды) – в основном за счет ЕЧР (68% нормы – самая сухая осень с 1936 г.) и влажная зима (113% нормы). В азиатской части России (АЧР) во все сезоны выпало больше или около нормы осадков, в особенности в Западной Сибири: в Уральском ФО за год выпало 117% нормы осадков, больше за период наблюдений выпадало лишь дважды – в 2002 г. 122% и в 2001 г. 118% нормы. Выпавшие в Алтайском крае в мае экстремальные осадки привели к чрезвычайной ситуации: сильнейшему паводку с почти миллиардными убытками. Сухо в целом за год было на юге АЧР от Саян до Тихоокеанского побережья.

Тренд годовых осадков в целом по России за 1936 – 2014 гг. составил 2% нормы за 10 лет и значим на 1%-м уровне (вклад в общую изменчивость – 27%). В основном растут осадки весной: 5.7% нормы / 10 лет, вклад в дисперсию 29%. В остальные сезоны тренд также положителен, но статистически незначим. Зимой и летом на обширных территориях наблюдается убывание осадков, особенно заметное летом в ЕЧР (-2.6% нормы/ 10 лет; в ЦФО -5% и в ПФО -4.6% нормы/ 10 лет).

□ В период 1976 – 2014 гг. продолжительность залегания снежного покрова уменьшается в ЕЧР, в Западной Сибири, в Республике Саха (Якутия), однако растет в некоторых регионах на юге Дальнего Востока.

Обнаружена тенденция увеличения максимальной за зиму высоты снежного покрова на севере Западной и на значительной части Восточной Сибири, на побережье

² Во *Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации* приведена оценка $+0.43^{\circ}\text{C}/10$ лет, относящаяся к периоду 1976-2013 гг.

Охотского моря и на дальневосточном юге, в центральных областях Европейской территории. Средняя для территории России максимальная высота снежного покрова увеличивается на 0.89 см за 10 лет.

Зимой 2013-2014 гг. **продолжительность залегания снежного покрова** в среднем по России была на 10.8 дня меньше нормы: 3-я по величине отрицательная аномалия с 1966 года. В центре ЕЧР снег лежал на 23 дня меньше, чем обычно (2-я отрицательная аномалия с 1966 года). Установление снежного покрова на территории России началось позже обычных сроков: на Европейской части страны – на 30-50 дней, а на Азиатской – на 15-30 дней. **Максимальная высота снежного покрова** в среднем по России была на 2.9 см ниже нормы (3-я по величине отрицательная аномалия с 1966 года). В центре ЕЧР максимальная высота снега оказалась почти на 9 см ниже нормы: меньшее значение наблюдалось только в 1984 году (на 12 см ниже нормы) и в 2009 году (на 10 см ниже нормы). На многих станциях региона наблюденная высота снежного покрова была в 2-3 раза меньше нормы. Однако в отдельных регионах Сибири и Дальнего Востока наблюдались рекордные значения максимальной за зиму высоты снежного покрова.

Максимальный за прошедшую зиму **запас воды в снеге** по данным маршрутных снегосъемок в среднем по России оказался значительно ниже нормы (среди 5 наименьших с 1967 г.). На Европейской территории преобладал дефицит запаса воды в снеге по бассейнам рек. В АЧР в бассейнах рек снегозапасы по большей части были выше нормы. Повышенные снегозапасы (более 200% нормы) отмечены в бассейне Среднего Амура. Запасы воды в снеге на начало марта в бассейнах большинства крупных рек и водохранилищ в Сибири преимущественно составляли 106 – 131% нормы, лишь в бассейне Новосибирского водохранилища - 91% нормы.

□ На реках Европейской части России вскрытие рек произошло в основном раньше обычного до 3-4 недель, во многих случаях в сроки, близкие к наиболее ранним за время наблюдений, а на некоторых реках - раньше самых ранних сроков за период наблюдений (из крупных - на р. Кама у г. Сарапул). В Азиатской части страны, хотя в основном вскрытие также происходило раньше обычного, но отклонения от нормы преимущественно были не так велики. На Нижнем Амуре вскрытие проходило с затоплением поймы, подтоплением линий связи, дорог, населенных пунктов. На некоторых реках (в том числе, Колыме) вскрытие произошло на 2-7 суток позже нормы.

Ледообразование на большей части территории России происходило раньше обычного, но на ряде рек (Нева, Колыма, Белая, Иртыш) – позже. В некоторых случаях (Нижняя Волга, Нижний Дон) появившийся значительно, на 2-3 недели, раньше нормы (в конце ноября – начале декабря) лед растаял в середине декабря.

□ Значение осредненной по Северной полярной области (СПО) аномалии среднегодовой (декабрь 2013г. – ноябрь 2014 г.) температуры воздуха составило 2.2°C – ранг 3 за период с 1936 г. (наиболее теплым был 2011 г.: аномалия 2.3°C).

В 2014 г. году области крупных положительных аномалий температуры располагались преимущественно в приатлантическом и притихоокеанском секторах, на территории Атлантического, Чукотского и Аляскинского районов. Самые крупные аномалии наблюдались в районе Чукотского моря.

В целом для СПО в 2013/14 г. годовая сумма осадков была выше нормы (на 5.1%) – главным образом, за счет более влажного холодного периода (на 6.7%). Наибольшее количество осадков за год выпало в Западносибирском районе (на 19.5% выше нормы).

В течение последних тридцати лет (1985-2014 гг.) температура росла во всех регионах СПО. В целом для СПО линейный рост среднегодовой температуры составил около 2.0°C за 30 лет (или 0.66°C/10 лет). Результаты мониторинга состояния приземной атмосферы в Северной полярной области позволяют сделать вывод о сохранении в последние годы тенденции к потеплению в высоких широтах.

В результате усиления потепления с конца 1990-х годов сентябрьская площадь арктического морского льда к 2012 году сократилась почти в два раза по сравнению с 1980-ми годами. 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 г. средняя площадь льда увеличилась до 5.35 млн. кв. км, а в сентябре 2014 года несколько уменьшилась до 5.28 млн. кв. км.

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. В последующие годы площадь льда в Сибирских морях колебалась около 250 тыс. кв. км в пределах от 360 до 130 тыс. кв. км. В сентябре 2014 года ее значение составило 279 тыс. кв. км.

□ Сравнение многолетних данных с данными 2014 г. показывает, что на большей части криолитозоны сезонно-талый слой (СТС) был в пределах климатической нормы. Используя отрывочные данные за более ранние годы, можно констатировать продолжающуюся тенденцию к увеличению мощности СТС на большей части криолитозоны по сравнению с серединой 1990-х годов. Наиболее сильно тенденция проявляется на Европейском Севере, где, несмотря на замедление темпов роста СТС, тренд достигал 47 см/10 лет.

По сравнению с предыдущим годом в ЕЧР и в Западной Сибири произошло уменьшение СТС (соответственно 2 - 22 см и 8-15 см), а в восточных регионах - увеличение. При этом в 62% случаев СТС в 2014 г. был выше средних многолетних значений, что может свидетельствовать о продолжении тенденции его увеличения в 21 веке, особенно выраженной в Западных и южных районах криолитозоны.

□ Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур в 2014 г. была по большинству показателей ниже, чем в среднем за предыдущее десятилетие, причем в АЧР ниже, чем в ЕЧР (здесь показатель биоклиматического потенциала - средней температуры теплого периода года от даты устойчивого перехода через 5°C весной до даты устойчивого перехода через 5°C осенью – был выше, чем в среднем за 2004-2013 гг.).

Аномалии оценок увлажненности сельскохозяйственного года в целом, в сравнении со средними показателями за последнее **десятилетие 2004-2013 гг.**, отрицательны практически на территории всех ФО и составляют по России в целом -13%.

На большей части рассматриваемой территории в течение вегетационного периода преобладала отрицательная динамика запасов влаги почвы в пахотном слое.

Однако по сравнению с периодом 2009-2013 гг. на большей части сельскохозяйственных площадей условия произрастания яровой пшеницы в 2014 г. оказались лучше, в том числе в основных регионах ее возделывания – Приволжском и Центральном федеральных округах.

Следует отметить основные тенденции изменения агроклиматических показателей:

- общий рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур: в среднем для территории России линейный тренд сумм активных температур воздуха за 1976-2014 гг. составляет +90°C/10 лет, а число дней с температурой >10°C +3.6 сут/10 лет;
- тренды весенних и осенних осадков положительны в пределах земледельческой зоны (исключая ПФО);
- тренды летних осадков отрицательны во всех федеральных округах, за исключением Сибирского и Дальневосточного.

Оценки увлажненности пахотного слоя почвы (0-20 см) под озимыми зерновыми культурами в осенний период в южных регионах ЕЧР в 2014 г. показывают, что для урожая 2015 года недостаточная влагообеспеченность в предпосевной и осенний периоды может быть сдерживающим их развитие фактором на начальной стадии вегетации.

□ По данным Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических ОЯ, которые нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения, за 1996 – 2014 гг., прошедший год стал седьмым по количеству таких ОЯ (всего за год 368: в два предыдущих года их было больше 450).

Одним из самых опасных явлений в 2014 г. был сильнейший паводок в Алтайском крае, где пострадали 17 районов на территории 16,5 тыс. га. По-прежнему наиболее сложным в части отмечавшихся ОЯ был весенне-летний период с мая по август, что объясняется большим числом гидрологических ОЯ, связанных с паводками. В мае-июне 30% ОЯ, нанесших ущерб, приходилось на гидрологические явления.

Из метеорологических ОЯ значительный ущерб был нанесен сильными ливнями, градом и шквалами. Ущерб от таких явлений в ряде случаев был многомиллионный (в мае в Республике Алтай – 850 млн. рублей).

Статистика отдельно только опасных *метеорологических* явлений показывает, что в 2014 году отмечалось 569 метеорологических ОЯ. Это *наибольшее* количество ОЯ за все 16 лет наблюдений. По сравнению с 2013 годом количество зарегистрированных метеорологических ОЯ в 2014 г. *увеличилось* на 24 случая.

□ Величины приходящей радиации 2014г. характеризуются значительными региональными различиями с небольшим преобладанием пониженных значений радиации в целом по России во все сезоны.

Наибольшие аномалии радиационных характеристик наблюдались в весенний сезон. Глубокая и очень устойчивая отрицательная аномалия в поле прямой радиации, которая сохранялась на протяжении трех месяцев, охватывала обширную территорию - северо-восточные районы ЕЧР, Урал, Западную Сибирь, восточные районы Средней Сибири. Одновременно на европейской и азиатской территории сформировались области положительных аномалий прямой солнечной радиации, связанные с антициклональными центрами действия атмосферы. Весной были зафиксированы как рекордно низкие значения прямой радиации (в Средней Сибири – до 50% от нормы), так и рекордно высокие положительные аномалии в южных районах Центральной России.

В многолетнем режиме на территории ЕЧР наблюдается сохранение положительной тенденции, наиболее выраженное в южных районах. На территории Средней Сибири, а также в прибрежных районах дальневосточных морей и в Приамурье, в последнее десятилетие наметилась тенденция к снижению радиации.

□ В зоне умеренных широт (30-60° с.ш.) и в Северном полушарии в целом весна 2014 г. в *тропосфере* оказалась одной из самых теплых за все весенние сезоны. В *нижней стратосфере* 2014 г. стал одним из самых холодных в зоне низких широт (0-30° с.ш.), во всех сезонах кроме зимнего; осень 2014 г. стала одной из самых холодных в зоне умеренных широт и в Северном полушарии в целом (второе место в соответствующих рядах аномалий).

Тенденция похолодания в *нижней стратосфере* очевидно продолжилась в 2014 году. Это имело место для подавляющего большинства рассмотренных широтных зон и сезонов.

Структура климатических трендов температуры, исследованных за период с 1981 г по 2014 г, подтверждает тенденции потепления в тропосфере и тенденции значительного похолодания в нижней стратосфере. Добавление оценок аномалий за 2014 г к соответствующим рядам привело к тому, что положительные тренды в тропосфере в зоне высоких широт в зимний и весенний периоды стали значимыми статистически, так же, как и годовой отрицательный тренд в нижней стратосфере в зоне высоких широт.

□ Уровень концентрации CO₂, для которого наблюдается устойчивый рост, в атмосфере северных широт достиг в 2014г. нового максимума. Среднегодовое значение превысило 400 млн⁻¹ для всех представленных станций. Рост CO₂ в 2014г. по сравнению с 2013 г. по данным российских фоновых станций составил около 2 млн⁻¹. Межгодовые

изменения концентрации метана неустойчивы и принимают как положительные, так и отрицательные значения в разные годы на разных станциях от -30 до $+24$ млрд⁻¹. В 2014 г. на всех северных станциях наблюдался рост концентрации метана, особенно ярко выраженный на станции Тикси: $+17.4$ млрд⁻¹.

Тренд концентрации CO₂, оцененный по скользящим десятилетиям для станций Териберка и Барроу (Аляска), составлявший в конце 20-го столетия около 1.5 млн⁻¹/год быстро рос в 21-м столетии и для периода 2005-2014 гг. составил для ст. Териберка более 2.1млн⁻¹/год (для Барроу за 2004-2013 гг. немного меньше 2.1млн⁻¹/год).

Результаты измерений содержания и изменений диоксида углерода и метана в центральной части ЕЧР (станции Обнинск и станция Приокско-Террасного заповедника) свидетельствуют о превышении уровня концентраций измеряемых парниковых газов в 2014г. по сравнению с соответствующими значениями, полученными в 2013 году. На ст. Обнинск наблюдался экстремальный рост концентрации метана: 158 млрд⁻¹, при том, что межгодовые изменения прошлых лет не превосходили по абсолютной величине 50 млрд⁻¹. Наблюдался также пиковый рост концентрации CO₂ (второй после 2012 г.). Средние годовые значения диоксида углерода и метана в 2014г. для станций Обнинск и ПТЗ превышают данные, полученные на полярных станциях Териберка и Тикси. Различие результатов измерений, полученных в северных районах и центральной части ЕЧР, связано с более высокой степенью урбанизации в центре ЕЧР, так и с возможным влиянием процессов дальнего переноса, включая трансграничный атмосферный перенос метана и диоксида углерода в районы размещения станций.

На всех станциях мониторинга парниковых газов (полярных и в ЕЧР) регистрировалась сезонная изменчивость метана и диоксида углерода, минимальные значения измеряемых газов наблюдались в летний период года. Повышенные уровни концентрации парниковых газов и амплитуда их сезонного хода на станции Новый Порт свидетельствуют о влиянии региональных источников.

□ Уровень общего содержания озона практически над всей территорией России в течение 2014 г. был ниже наблюдаемого в конце 1970-х гг. примерно на 3 % и близок к среднему, наблюдаемому в последние полтора десятилетия. Как и в два предыдущих года, весенняя аномалия ОСО в умеренных и высоких широтах над территорией России была неглубокой. Весенняя Антарктическая озоновая аномалия 2014 г. примерно соответствовала средней за предыдущее десятилетие. Такая динамика изменений озонового слоя указывает, по-видимому, скорее, на стабилизацию планетарного озонового слоя, чем на его восстановление.