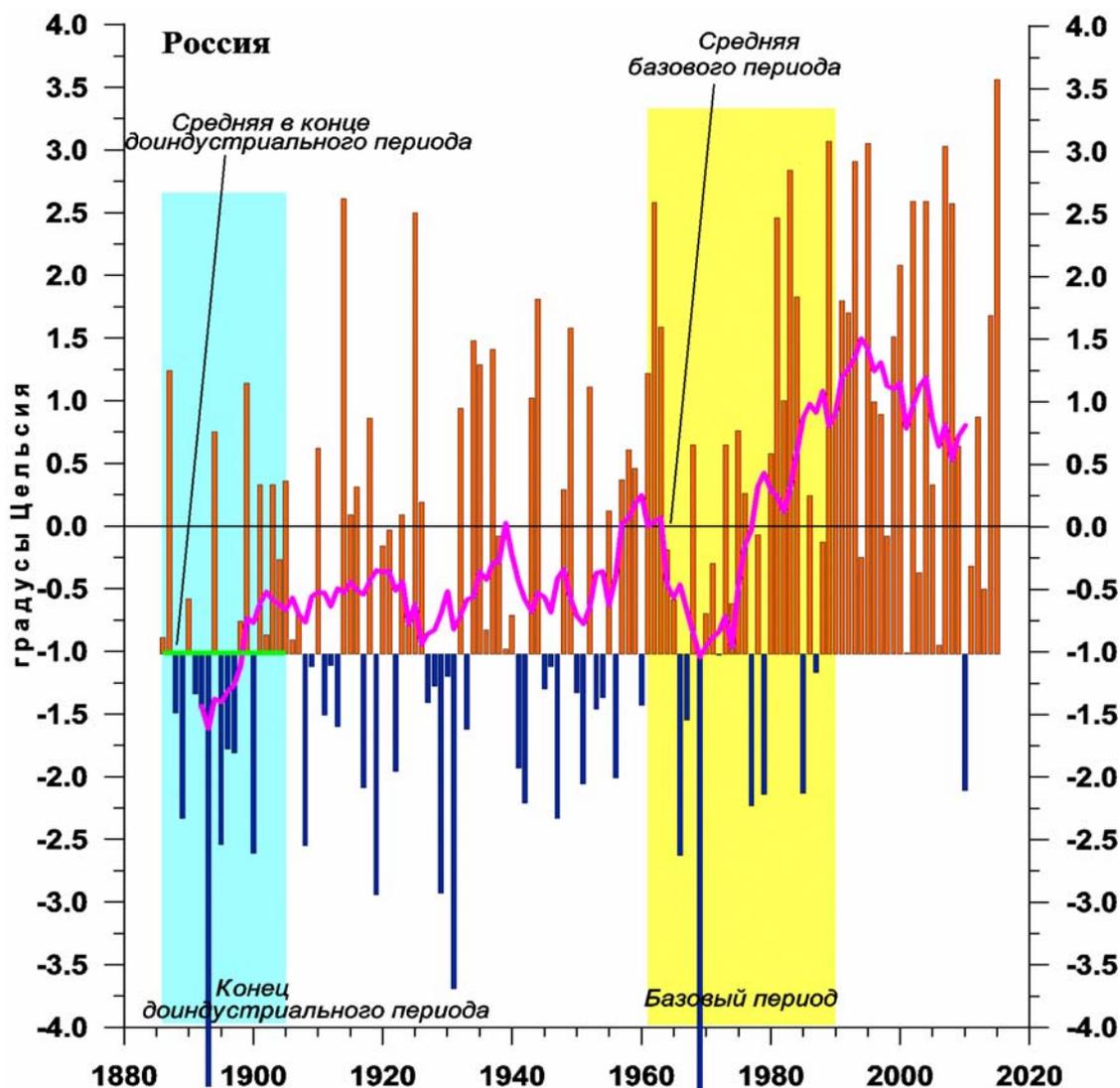


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2015

ЗИМА: декабрь 2014 – февраль 2015

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2014/15 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЗИМНИЙ СЕЗОН.....	14
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2015 гг.....	18
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2015 гг. (зимний сезон)	22
ВЫВОДЫ	25
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности зимы 2014/15 гг. на территории Республики Беларусь	28

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2015 гг. (зима)
Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1961-1990 гг. Столбцы диаграммы представлены относительно средней за 1887 – 1905 гг. (конец «доиндустриального» периода)

ВВЕДЕНИЕ

Все приведенные в Бюллетене оценки для территории России получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовом архиве ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Архив включает данные инструментальных наблюдений на 1383 станциях земного шара, в том числе 455 станций стран СНГ и Балтии (из них 310 станций России). В настоящем выпуске использованы данные 253 российских станций, по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Под «нормой» в бюллетене понимается среднее многолетнее значение рассматриваемой климатической переменной за 1961-1990 гг. (базовый период). Аномалии температуры определяются как отклонения наблюденного значения от нормы. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность непревышения текущего значения климатической переменной (или ее аномалии) рассчитывается как доля наблюдений в прошлом, в которых значение этой переменной (или ее аномалии) было не больше текущего.

Регионально осредненные оценки приводятся в Бюллетене для физико-географических регионов России (рис. 1) и Федеральных округов РФ (рис. 2) по данным с 1936 г., так как до этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных наблюдений.



Рисунок 1 – Физико-географические регионы РФ, рассматриваемые в Бюллетене.

В качестве региональных климатических переменных анализируются регионально осредненные аномалии и индексы экстремальности и аномальности рассматриваемых метеорологических полей.

Регионально осредненные аномалии рассчитываются в два этапа. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой 2.5° широты * 5.0° долготы, и

в каждой ячейке сетки рассчитывается среднее арифметическое из попавших в эту ячейку стационарных аномалий. Затем выполняется взвешенное осреднение ячейчных средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Аналогично, для каждого региона по данным о стационарных нормах рассчитываются регионально осредненные нормы. Региональные средние значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных норм и регионально осредненных аномалий (такая процедура уменьшает смещение средних вследствие пропусков в рядах наблюдений).



Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации

Индексы экстремальности климата соответствуют площади под экстремальными аномалиями заданной обеспеченности. Это вероятностные индексы, в основе которых лежат значения эмпирической функции распределения $F(X_0)$, соответствующие наблюдаемым значениям рассматриваемой величины X_0 в точках поля или на станциях: $F(X_0) = P(x \leq X_0)$. Значение $F(X_0)$ часто называют вероятностью непревышения значения X_0 , как и обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности непревышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ или $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$ и $\alpha\%$ – обеспеченность искомым экстремумом.

Для характеристики степени аномальности полей температуры воздуха используется "коэффициент аномальности" (предложен Н.А. Багровым), равный среднему квадратическому значению нормированной аномалии температуры (осреднение по площади). Чем больше индекс аномальности климата, тем больше отличается от нормы анализируемое состояние климатической системы.

В Приложении приводятся данные мониторинга климата на территории Республики Беларусь*.

* Раздел подготовлен в рамках программы Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь"

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»** с использованием материалов НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Дополнительная информация по проблеме изменений климата и годовые и сезонные бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на Интернет-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»).

информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды"

** В выпуске принимали участие сотрудники Отдела мониторинга и вероятностного прогноза климата ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»: М.Ю. Бардин (руководитель), Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Э.В. Рочева, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Ю.Ю. Соколов.

1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (зимний сезон)

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (зима 2014/15: декабрь 2014 - февраль 2015), осредненных по суше Северного полушария (СП) и по территории России. Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП рассчитан по среднемесячным данным Университета Восточной Англии (массив `scut4nh.txt` на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временной ряд для территории России рассчитан по стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Представлен также линейный тренд за 1976-2015 гг.

Для характеристики неопределенности оценок трендов приводится 95%-я доверительная полоса Уоркинга-Хотеллинга, представляющая собой область, симметричную относительно м.н.к. - оценки линии тренда, с вероятностью 95% накрывающая истинную линию тренда.

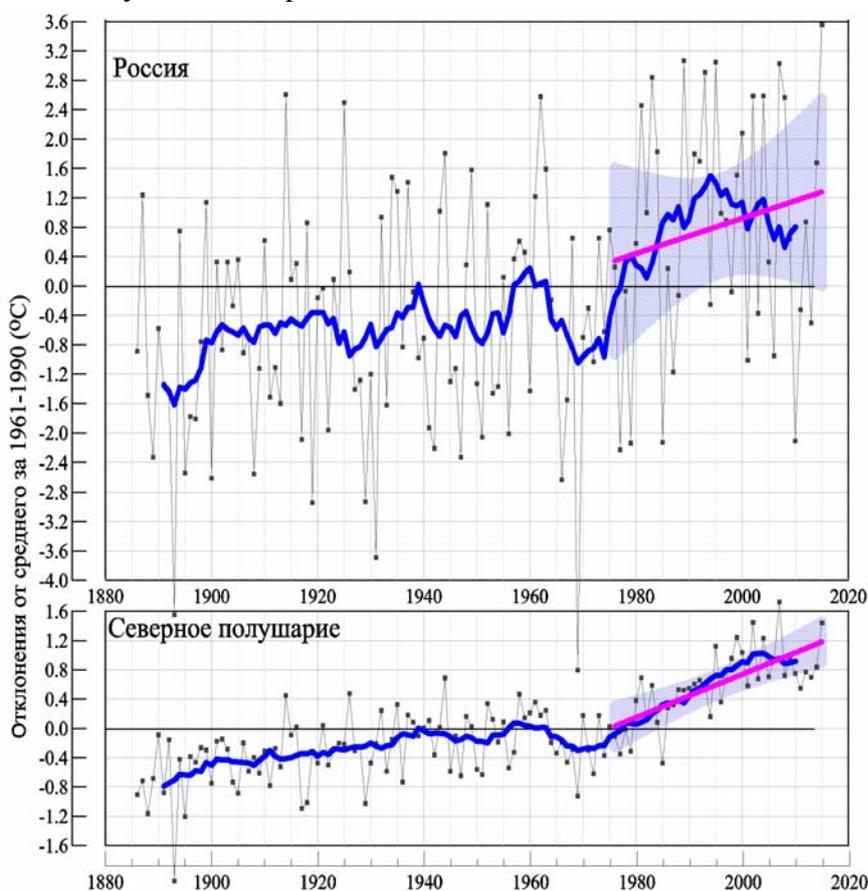


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (зима: декабрь 2014 – февраль 2015) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2015 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Показаны м.н.к. – оценка линейного тренда и 95% -я доверительная область для линии тренда за 1976-2015 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП летом составила +1.44°C (при стандартном отклонении 0.41°C) – третья по величине положительная аномалия с 1886 г. (после рекордной зимы 2007 года: аномалия +1.73°C и зимы 2002 года: аномалия +1.45°C.).

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила +3.56°C при величине стандартного отклонения 1.82°C – рекордная величина в ряду с 1886 г. (в 1989, 1995 и 2007 г. аномалии составили 3.07, 3.05 и 3.03°C).

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений зимних температур за период 1976-2015 гг. (современное глобальное потепление) в среднем для СП и России, приведены в табл. 1.1. Тренд средних по Северному полушарию зимних температур составляет больше половины общей изменчивости (вклад в дисперсию) температуры СП и значим на 1%-м уровне. На территории России в течение периода с 1976 по 2015 гг. наблюдался очень интенсивный рост температур с середины 1970-х до середины 1990-х гг., а затем - существенное убывание зимних температур, так что формально положительный тренд статистически незначим. Для суши СП наблюдается сходная картина, но похолодание начинается с первого пятилетия 21 века и значительно менее выражено.

Таблица 1.1

Сезонные (зима: декабрь 2014 – февраль 2015) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. (°C), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2015 гг.

Регионы	νT_{2015}	$s_{1961-90}$	$b, ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.44	0.41	0.30	50
Россия	3.56	1.82	0.24	3

Примечание: νT – аномалия температуры, s - стандартное отклонение за период 1961-1990, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2014/15 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России зимы 2014/15 гг. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го перцентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Температура воздуха. Осредненная по территории РФ сезонная аномалия +3.56°C – рекордная величина в ряду. На всей территории РФ тепло. В ЕЧР особенно тепло в центральных районах (на многих станциях температура выше 95-го перцентиля, аномалии: +5.7°C – в Санкт-Петербурге, +5.1°C – в Новгороде, +4.9°C – в Костроме). В АЧР экстремально тепло (на большинстве станций температура выше 95-го перцентиля) в центре и на юге Сибирского ФО: аномалии до +7.6°C (Енисейск) ...

+8°C (Богучары)); в центре и на юге Якутии (максимальные аномалии: +7.7°C (станция Иэма), на Сахалине.

Во многих районах страны тепло было во все месяцы сезона, особенно в феврале.

Декабрь. Тепло на большей части РФ (от западных границ до ≈115-120° в.д.), особенно тепло в центральных районах Сибирского ФО (на ряде станций температура выше 95-го перцентиля, максимальные аномалии: +9.6°C - в Туруханске, +9.0°C – в Игарке). Тепло также на востоке Чукотского АО. Отрицательные аномалии температуры отмечались на большей части Якутии, на западе Чукотского АО и в Приморском крае.

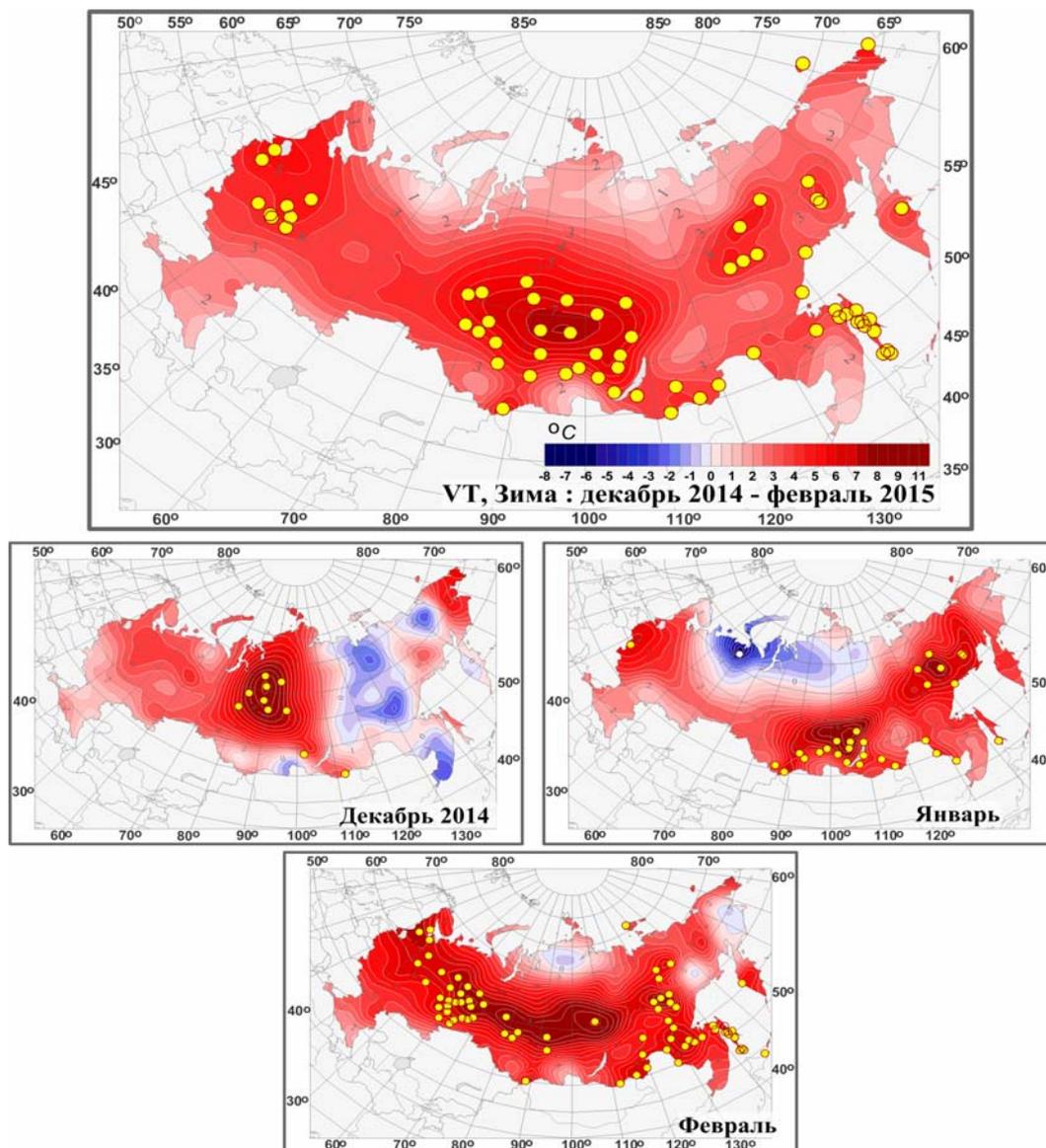


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России зимой 2014/15 гг. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Январь. Тепло на большей части РФ, особенно тепло в АЧР: в районе Байкала (на большинстве станций температура выше 95-го перцентиля, аномалии $+9.3^{\circ}\text{C}$ - в Киренске и в Жигалово, осредненная по региону Прибайкалье и Забайкалье январская аномалия температуры $+4.69^{\circ}\text{C}$ – третья величина в ряду); на юге Якутии и в Магаданской области (на многих станциях температура выше 95-го перцентиля, максимальные аномалии: $+9.0^{\circ}\text{C}$ – на станции Иэма, $+8.8^{\circ}\text{C}$ – в Оймяконе).

Холодно на северо-востоке ЕЧР, на севере Западной и Средней Сибири с аномалиями до -8.0°C (на станции Хоседа-Хард).

Февраль. Февральская аномалия температуры, осредненная по РФ: $+5.06^{\circ}\text{C}$ – четвертая величина в ряду (самым теплым был февраль 1995 года: аномалия $+6.47^{\circ}\text{C}$). Очень тепло почти всюду, особенно (аномалии температуры $+7^{\circ}\text{C}$... $+8^{\circ}\text{C}$) в северной половине ЕЧР: в Ленинградской области и Карелии, на Среднем и Южном Урале, в центре Сибири, на юге Якутии и Амурской области и на Сахалине – на многих станциях температура выше 95-го перцентиля.

Атмосферные осадки. В целом за сезон осредненные по территории РФ осадки составили 119% нормы – вторая величина в ряду (рекордное количество осадков 136% нормы выпало зимой 1965/66 года).

В ЕЧР избыток осадков наблюдался в центральных и северных районах, особенно много осадков выпало в Карелии (182% нормы на станции Кемь-Порт) и на востоке ЕЧР (177% нормы в Сыктывкаре).

В АЧР значительный избыток осадков наблюдался в бассейнах рек Оби и Иртыша, на большинстве станций здесь количество выпавших осадков превысило 95-перцентиль, наибольшее количество осадков выпало на станциях: Игарка (216% нормы), Туруханск (208% нормы). Осредненные по региону Средняя Сибирь осадки 125% нормы – третья величина в ряду. Значительный избыток осадков наблюдался также в Приамурье и Приморье (осредненные по региону осадки 178% нормы – максимальная величина в ряду), на большинстве станций количество осадков превысило 95-й перцентиль, на многих станциях выпало более двух норм осадков (на станции им. Полины Осипенко - 343% нормы).

На востоке Якутии и далее на Чукотке и севере Камчатки наблюдался значительный дефицит осадков (80%-40% нормы), наименьшее количество осадков выпало в Якутии (37% нормы на станции Усть-Чаркы). Дефицит осадков наблюдался также на юге ЕЧР (100% - 80%), на Алтае (80%-60%), в Забайкалье (100% - 80%), на арктическом побережье АЧР.

На сезонное распределение осадков для областей: с избытком осадков - наибольшее влияние оказали январь и февраль; с дефицитом осадков - все месяцы сезона.

Декабрь 2014 г. Осредненные по РФ декабрьские осадки составили 113% нормы. Дефицит осадков наблюдался на Дальнем Востоке (кроме Приморья и Сахалина), в особенности на побережьях Охотского и Восточно-Сибирского морей, в Якутии, Забайкалье (менее 40% месячной нормы осадков). Так же мало осадков выпало на Алтае. Дефицит осадков в ЕЧР наблюдался в Южном ФО (17% нормы на станции Приморско-Ахтарск),

Наиболее значительный избыток осадков выпал в низовьях Амура, на ряде станций экстремальный; наибольшее количество осадков зафиксировано на станции им. Полины Осипенко: 333%. На ЕЧР значительный избыток осадков наблюдался на северо-западе и в Поволжье (201% нормы в Казани), в Западной Сибири на юге и в низовьях Енисея (258% нормы в Игарке). Чрезвычайно значительная аномалия осадков в Саянах объясняется очень малыми нормами осадков на некоторых горных станциях.

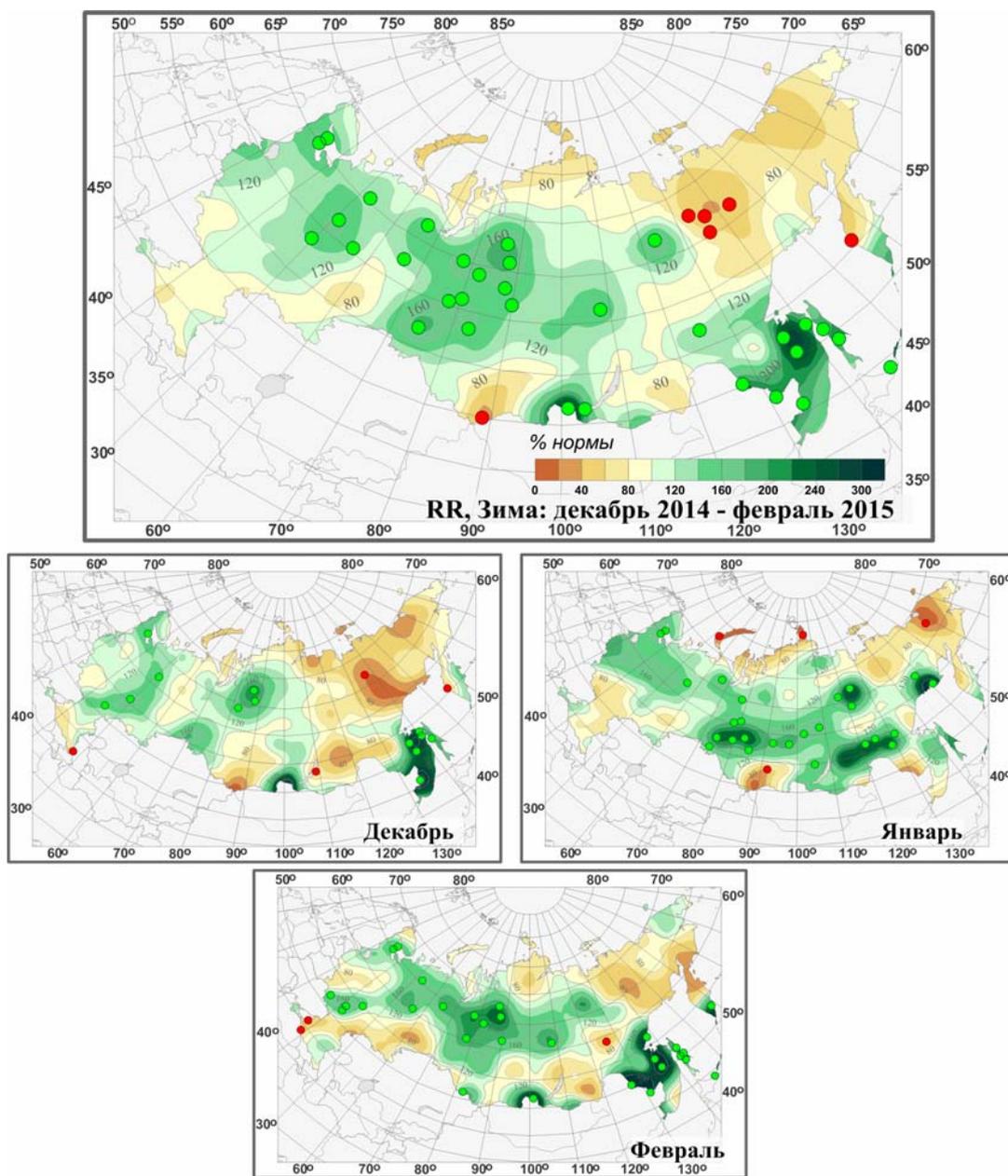


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России зимы 2014/15гг. (декабрь 2014 г. – февраль 2015 г.). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Январь. Осредненные по России осадки: 123% нормы - *пятая* максимальная величина в ряду. Значительный избыток осадков (>160% нормы) наблюдался в центральных и северных районах ЕЧР (210% нормы – на станции Гридино, 148% - на

станции Печорское). В АЧР значительный избыток осадков наблюдался в центральных и южных районах (кроме Саян и части Приамурья), в Магаданской области (509% нормы – в Магадане). Осредненные по Сибирскому ФО осадки 147% нормы – вторая величина в ряду.

Значительный дефицит осадков (80%-40% нормы) наблюдался на побережье Северного Ледовитого океана от Новой Земли до Чукотки (на станции Илирней осадков не выпало совсем), на севере Камчатки, а также в Саянах (на станциях Минусинск и Кош-Агач осадков в январе не выпало совсем). Дефицит осадков (80% - 60%) наблюдался на юге ЕЧР.

Февраль. Осредненные по РФ осадки 125% - девятая величина в ряду. В ЕЧР избыток осадков (120%-160%) наблюдался в северных и некоторых черноземных областях, наибольшее количество осадков выпало на станциях: Гридино и Жердеевка (219% нормы). В АЧР избыток осадков (160%-200%) наблюдался в центральных районах Сибири, в Саянах, в Хабаровском крае, на Сахалине и Приамурье; осредненные по региону Приамурье и Приморье осадки 202% нормы – четвертая величина в ряду. Наибольшее количество осадков выпало на станциях: Туруханск (275% нормы), Монды (514%), Благовещенск (577%).

Дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР и Западной Сибири, в Забайкалье, Якутии, в Магаданской области и на севере Камчатки.

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям станционных аномалий зимнего сезона; для характеристики масштаба аномалий приведены также средние квадратические отклонения региональных аномалий за базовый период 1961-90 гг. Оценки приведены для физико-географических регионов (рис.1) и федеральных округов (рис.2) Российской Федерации.

Для осадков (табл. 2.2) дополнительно к отклонениям от нормы приведены относительные аномалии, т.е. отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме, выраженное в процентах (о процедуре регионального осреднения см. во введении). Из-за выраженной асимметрии распределения осадков для характеристики масштаба аномалий разного знака приводятся величины разности между медианой и первым квартилем (25-й процентиль, т.е. точка, отсекающая 1-ю четверть распределения) функции распределения для характеристики величины дефицита осадков, а для оценки величины избытка осадков - разности между третьим квартилем и медианой, рассчитанные для базового периода. (приводится также величина аномалии, соответствующая медиане распределения, что позволяет судить о величине асимметрии). Кроме того, в таблицах приведены значения эмпирической вероятности (вероятности превышения) региональных аномалий по данным за 1936-2014 годы.

Временные ряды регионально осредненных аномалий температуры и осадков для каждого из рассматриваемых физико-географических регионов и Федеральных округов РФ представлены в Разделе 4.

Как уже отмечалось выше, зима для России в целом (см. табл. 2.1) была самой теплой в ряду наблюдений с 1936 года, аномалия температуры составила +3.56°C.

Тепло было во всех регионах, осредненные по регионам зимние аномалии среди восьми наибольших положительных аномалий в соответствующих рядах. Осредненная по Дальневосточному ФО аномалия +2.93°C – рекордная величина в ряду. Самым теплым был февраль (см. табл. 2.1.1): осредненная по РФ аномалия +5.08°C – третья величина в ряду.

Зима (табл. 2.2) в РФ в целом была экстремально снежной, количество выпавших осадков составило 119% нормы (ранг 2). Зимние осадки, осредненные по регионам: Средняя Сибирь (за счет января и февраля) и Приамурье и Приморье (за счет декабря и февраля) составили 125% и 178% нормы – это вторая и максимальная величины в соответствующих рядах. В январе осредненные по РФ осадки 123% - пятая величина в ряду (больше всего осадков выпало в Сибирском ФО (147% нормы – 2-ая величина в ряду) и в Северо-Западном ФО (151% - 3-ья величина в ряду)). Из особенностей других месяцев сезона следует отметить регион Приамурье и Приморье: в декабре выпало 183% нормы (5-ая величина в ряду), в феврале - 202% нормы осадков (4-ая величина в ряду).

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры зимой 2014/15 гг.

Регионы	νT_{2015}	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$
Российская Федерация	3.56	1.81	100.0
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	3.35	2.30	91.1
Западная Сибирь	4.04	2.91	93.7
Средняя Сибирь	4.23	2.74	97.5
Прибайкалье и Забайкалье	3.45	1.90	96.2
Приамурье и Приморье	3.11	1.67	97.5
Восточная Сибирь	2.91	1.39	93.7
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	3.92	2.88	88.6
Центральный	3.94	2.69	94.9
Приволжский	3.10	2.54	86.1
Южный	2.27	2.08	81.0
Северо-Кавказский	1.59	1.59	83.5
Уральский	3.87	3.12	89.9
Сибирский	4.38	2.57	97.5
Дальневосточный	2.94	1.46	100
Крымский	1.81	1.72	84.8

Примечание: 1. Аномалии νT_{2015} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2015})$ рассчитаны по выборке за 1936-2014гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь 2014	Январь	Февраль
---------	--------------	--------	---------

	vT_{2015}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$	vT_{2015}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$	vT_{2015}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$
Российская Федерация	2.12	1.92	83.5	3.46	2.35	92.4	5.06	2.42	96.2
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	2.39	2.70	79.7	2.62	3.46	67.1	5.00	2.95	96.2
Западная Сибирь	3.92	3.46	88.6	2.28	3.90	72.2	5.93	3.52	96.2
Средняя Сибирь	2.95	2.78	78.5	4.01	3.59	83.5	5.75	3.94	92.4
Прибайкалье и Забайкалье	1.08	2.57	70.9	4.69	2.40	97.5	4.60	2.66	91.1
Приамурье и Приморье	0.11	2.33	50.6	3.77	2.36	94.9	5.50	2.08	98.7
Восточная Сибирь	0.35	2.30	51.9	4.67	2.59	96.2	3.47	2.70	89.9
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	3.17	3.53	72.2	2.16	4.14	57.0	6.33	4.05	97.5
Центральный	2.07	2.95	72.2	4.56	4.19	79.7	5.21	3.65	91.1
Приволжский	2.36	3.41	75.9	2.27	3.96	60.8	4.68	3.05	92.4
Южный	1.32	2.13	78.5	2.28	3.32	60.8	3.21	3.23	75.9
Северо-Кавказский	1.41	1.68	81.0	1.61	2.63	70.9	1.74	2.42	69.6
Уральский	4.24	3.70	87.3	1.14	4.18	54.4	6.22	3.92	96.2
Сибирский	3.48	2.99	83.5	4.21	3.31	89.9	5.44	3.38	94.9
Дальневосточный	0.04	2.06	51.9	4.19	1.85	98.7	4.48	2.42	97.5
Крымский	0.67	1.76	69.6	2.52	2.71	74.7	2.25	2.84	78.5

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков зимой 2014/15 гг.

Регионы	vR_{2015}	RR_{2015}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2015})$
Российская Федерация	4.5	119	-0.50	0.98	1.58	98.7
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	5.3	114	-1.05	2.15	5.27	83.5
Западная Сибирь	7.4	133	0.10	3.10	2.40	92.4
Средняя Сибирь	4.4	125	-0.05	1.40	1.55	97.5
Прибайкалье и Забайкалье	0.2	102	-0.50	0.78	1.60	48.1
Приамурье и Приморье	11.7	179	-0.15	3.25	2.35	100.0
Восточная Сибирь	-1.1	95	-0.45	2.32	2.92	60.8
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	11.5	133	0.00	3.85	4.08	98.7
Центральный	6.6	116	-1.10	5.38	8.12	74.7
Приволжский	4.3	112	0.95	6.88	4.40	77.2
Южный	-5.4	88	1.40	10.18	4.65	34.2
Северо-Кавказский	-7.8	84	-1.65	9.63	7.72	21.5
Уральский	7.8	132	-0.10	2.10	3.28	94.9
Сибирский	4.7	126	-0.55	1.15	2.48	94.9
Дальневосточный	2.5	114	0.00	2.25	1.58	89.9
Крымский	6.2	113	-2.70	6.32	10.88	75.9

Примечание: 1. Аномалии vR_{2015} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2015} - отношение R_{2015} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2015})$ - рассчитаны по выборке за 1936-2014 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в зимние месяцы.

Регионы	Декабрь 2014 г.			Январь			Февраль		
	νR_{2015}	RR_{2015}	$P(r \leq R_{2015})$	νR_{2015}	RR_{2015}	$P(r \leq R_{2015})$	νR_{2015}	RR_{2015}	$P(r \leq R_{2015})$
Российская Федерация	3.6	113	88.6	5.6	123	94.9	4.5	125	88.6
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	6.8	115	86.1	6.8	118	73.4	2.2	108	54.4
Западная Сибирь	2.1	107	60.8	11.45	149	98.7	8.6	149	91.1
Средняя Сибирь	2.4	111	78.5	6.8	138	93.7	3.9	130	89.9
Прибайкалье и Забайкалье	-1.2	92	41.8	2.0	121	72.2	-0.4	94	36.7
Приамурье и Приморье	17.1	183	94.9	4.8	138	75.9	13.0	202	96.2
Восточная Сибирь	-3.6	85	40.5	-1.5	94	62.0	2.9	116	78.5
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	9.2	122	82.3	17.6	151	97.5	7.1	126	75.9
Центральный	5.9	112	75.9	7.9	120	70.9	6.3	120	64.6
Приволжский	11.9	130	88.6	1.2	103	59.5	0.0	100	51.9
Южный	1.1	102	65.8	-7.0	84	30.4	-10.5	67	17.7
Северо-Кавказский	-16.7	72	26.6	-5.7	88	38.0	-1.0	98	49.4
Уральский	6.4	122	83.5	8.2	132	86.1	8.8	146	87.3
Сибирский	1.0	104	62.0	8.4	147	98.7	4.6	136	91.1
Дальневосточный	2.0	109	77.2	1.3	107	73.4	4.8	133	93.7
Крымский	1.6	103	60.8	15.6	133	72.2	1.3	103	59.5

3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЗИМНИЙ СЕЗОН

В этом разделе рассматриваются основные тенденции в изменении метеорологических величин с начала современного потепления, т.е. с середины 1970-х гг. На рис. 3.1 и 3.2 представлено географическое распределение коэффициента линейного тренда за 1976-2015 гг. температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для зимнего сезона в целом и для каждого из месяцев зимы.

Оценки получены по стационарным временным рядам аномалий в точках расположения станций и затем картированы. Представленные поля характеризуют направление и среднюю скорость изменений температуры и осадков зимнего сезона на территории России с 1976 г.

Зимние температуры растут везде в ЕЧР, в АЧР везде, кроме юга Сибирского ФО и юга Чукотского и севера Корякского АО.

Наибольшее потепление отмечается в северных районах страны и в январе – на северо-западе ЕЧР и на севере Средней Сибири и местами превосходит $+1^\circ\text{C}/10$ лет. В феврале интенсивность потепления везде, где оно наблюдается, значительно ниже (лишь в отдельных районах более $+0.6^\circ\text{C}/10$ лет).

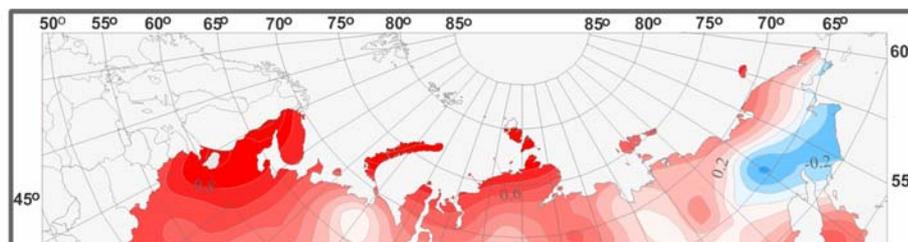


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2015 (зима)

Отрицательный тренд зимних температур за период с 1976 г. сохраняется на дальнем северо-востоке страны: на юге Чукотского и на севере Корякского АО за счет января и февраля (декабрьские температуры в этой области растут). Другая область похолодания наблюдается в южной части Сибири (проявилась впервые несколько лет назад); похолодание здесь наблюдается в основном для декабря и января, причем один минимум на юге Западной Сибири имеется в оба месяца и более выражен на сезонной карте (достигает $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет), а второй минимум – на юге Средней Сибири – только в декабре. В феврале наблюдается похолодание на севере Средней Сибири и на северо-востоке ЕЧР. Следует отметить, что область отрицательных трендов за период 1976-2015 гг. на юге Сибири уменьшилась по сравнению с периодом 1976-2014 гг.

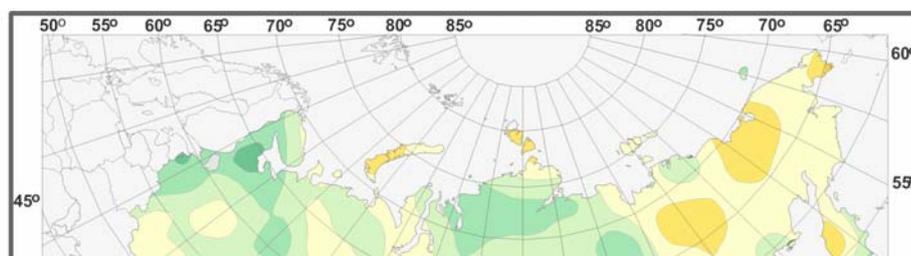


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2015 (зима).

В изменении сезонных сумм осадков (рис. 3.2) преобладает рост; можно выделить несколько крупных областей заметного роста: в ЕЧР (максимумы – на северо-западе и в СКФО; эти особенности сохраняются для всех зимних месяцев); на севере и на юге Западной и Средней Сибири; в Приморье и на Сахалине. Обширные области убывания осадков расположены в Восточной Сибири и центральных районах Средней Сибири.

Для всех зимних месяцев наблюдается рост осадков на северо-западе ЕЧР (максимум – в феврале) и в СКФО, в Байкальском регионе и Приморье (особенно в декабре и январе). В декабре заметен рост осадков в Центральном и Приволжском ФО. Максимум роста на севере Западной и Средней Сибири – в январе.

Убывание сезонных осадков в северо-восточных регионах АЧР происходит за счет января и февраля, а в Средней Сибири – за счет декабря.

В таблице 3.1 приведены оценки линейного тренда температуры и осадков зимнего сезона и каждого его месяца для территории РФ в целом.

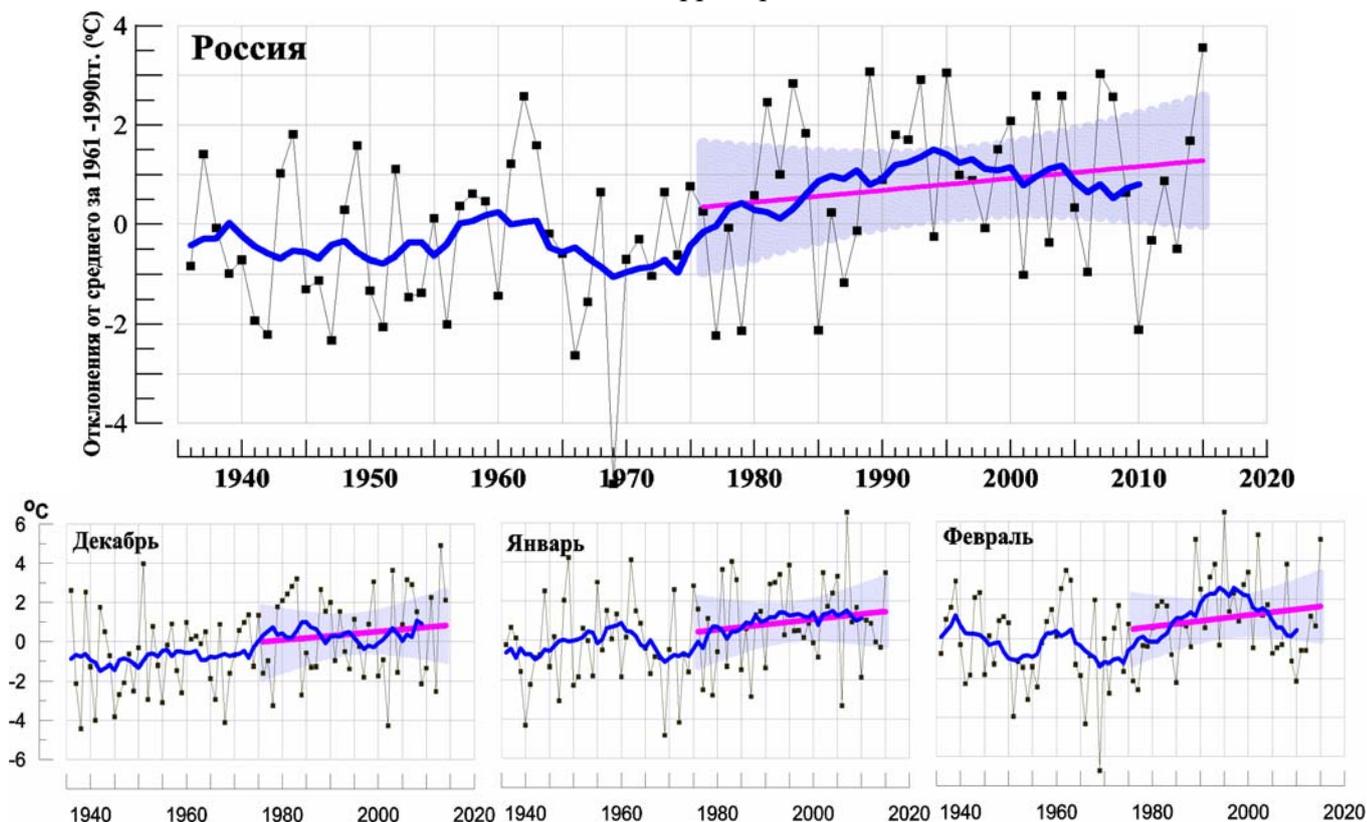


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2015 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за зимний сезон, за 1976-2015 гг.
 b – коэффициенты линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки	
	b $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D , %	b мм/мес/10 лет	D , %
Зима	0.24	3	0.4	6
Декабрь	0.22	1	0.4	2
Январь	0.27	2	0.3	1
Февраль	0.30	2	0.6	5

Тренд средней по России зимней температуры за период 1976-2015 гг. положителен: он составляет $0.24^{\circ}\text{C}/10$ лет, но объясняет лишь 3% межгодовой изменчивости (табл. 3.1). Как видно из рис. 3.3, рост средней по РФ зимней температуры наблюдался в период с 1970 до середины 1990-х гг., после чего температуры последовательно уменьшаются. В основном за такое поведение сезонных

температур отвечает февраль. Тренды как среднесезонных, так и месячных температур за период с 1976 г. незначимы на фоне межгодовой изменчивости.

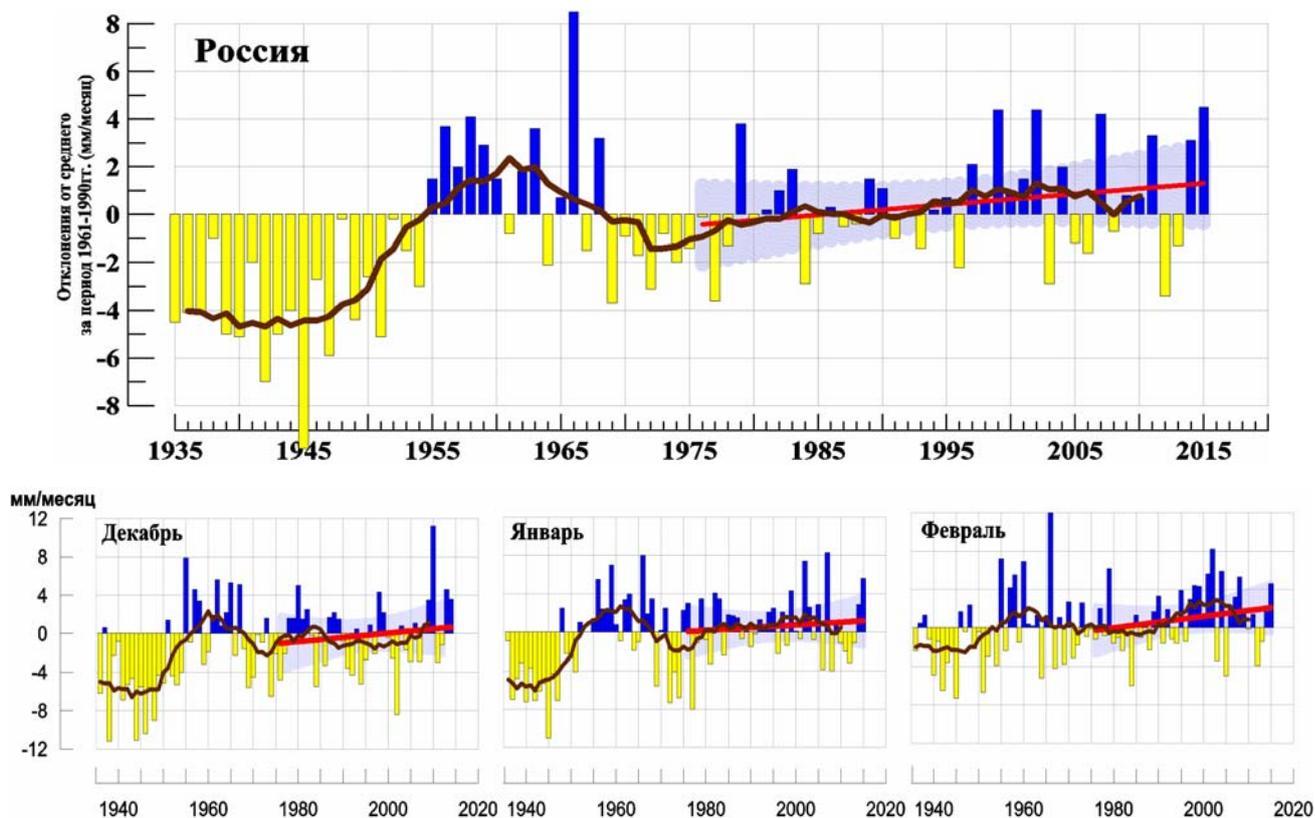


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2015 гг.

В разделе анализируется характер изменения регионально-осредненных температур и осадков для физико-географических регионов России и Федеральных округов. На рис. 4.1 – 4.4 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) зимнего сезона за 1936 – 2015 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2015 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1.

Характер изменения зимней температуры в регионах и федеральных округах (рис. 4.1, 4.2) имеет ряд общих черт. Везде наблюдается рост температуры, начиная с 1970-1975 гг. и до конца 1980-х – середины 1990-х гг. Позднее во многих физико-географических регионах прослеживается уменьшение зимних температур (кроме ЕЧР), особенно в регионах: Средняя Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье. В Восточной Сибири (и Дальневосточном ФО) после начала 1990-х гг. температуры оставались примерно постоянными; по-видимому, с начала 20-го века здесь возобновился рост температуры. В ЕЧР и федеральных округах европейской России рост температуры сохраняется.

В таблице 4.1 приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2015 гг. для физико-географических регионов и федеральных округов РФ. По сравнению с периодом 1976-2014 гг. во всех регионах и федеральных округах тренды увеличились на 0.02-0.13°C/10 лет. Особенно заметное увеличение за счет аномально теплой зимы 2014/15 гг. (намного теплее 5 предыдущих лет) произошло для Западной Сибири: с -0.14°C/10 лет до -0.01°C/10 лет и Средней Сибири: с 0.10°C/10 лет до +0.21°C/10 лет.

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2015 гг. (зимний сезон),

b – коэффициенты линейного тренда, *D* – вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки		
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0.24	3	0.4	1.8	6
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.49	7	0.6	1.5	2
Западная Сибирь	-0.01	0	0.5	2.0	2
Средняя Сибирь	0.21	1	0.1	0.6	0
Прибайкалье и Забайкалье	0.10	0	0.4	4.1	9
Приамурье и Приморье	0.37	8	1.4	9.7	15
Восточная Сибирь	0.16	2	0.0	0.0	0
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.65	7	1.4	4.0	9
Центральный	0.61	9	0.4	1.1	0
Приволжский	0.32	3	-0.2	-0.6	0
Южный	0.42	7	-0.4	-1.0	1
Северно-Кавказский	0.33	9	1.4	2.9	3
Уральский	0.14	0	0.4	1.6	1
Сибирский	0.05	0	0.4	2.2	4
Дальневосточный	0.24	6	0.4	1.9	3
Крымский	0.34	7	-0.6	-1.2	0

Для осадков региональные оценки сезонных трендов по сравнению с периодом 1976-2014 гг. во всех регионах (кроме Северо-Кавказского ФО) увеличились от 0.2%/мес/10 лет до 2.1%/мес/10 лет (в Приамурье и Приморье). Тренд почти для всех регионов и ФО положителен (исключая Приволжский, Южный и Крымский ФО). Вклад региональных трендов в суммарную изменчивость почти везде статистически незначим (на 5%-ом уровне), за исключением региона Приамурье и Приморье.

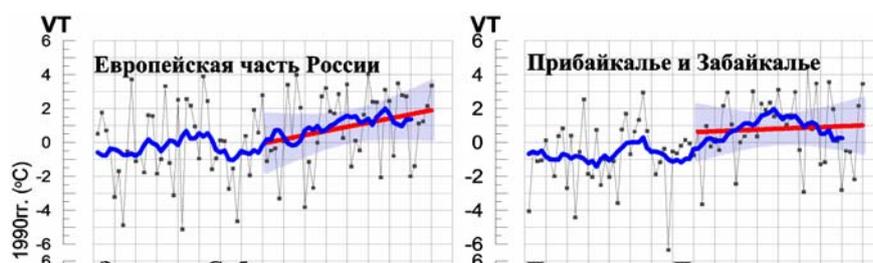


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, зима 2014/15 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2015 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

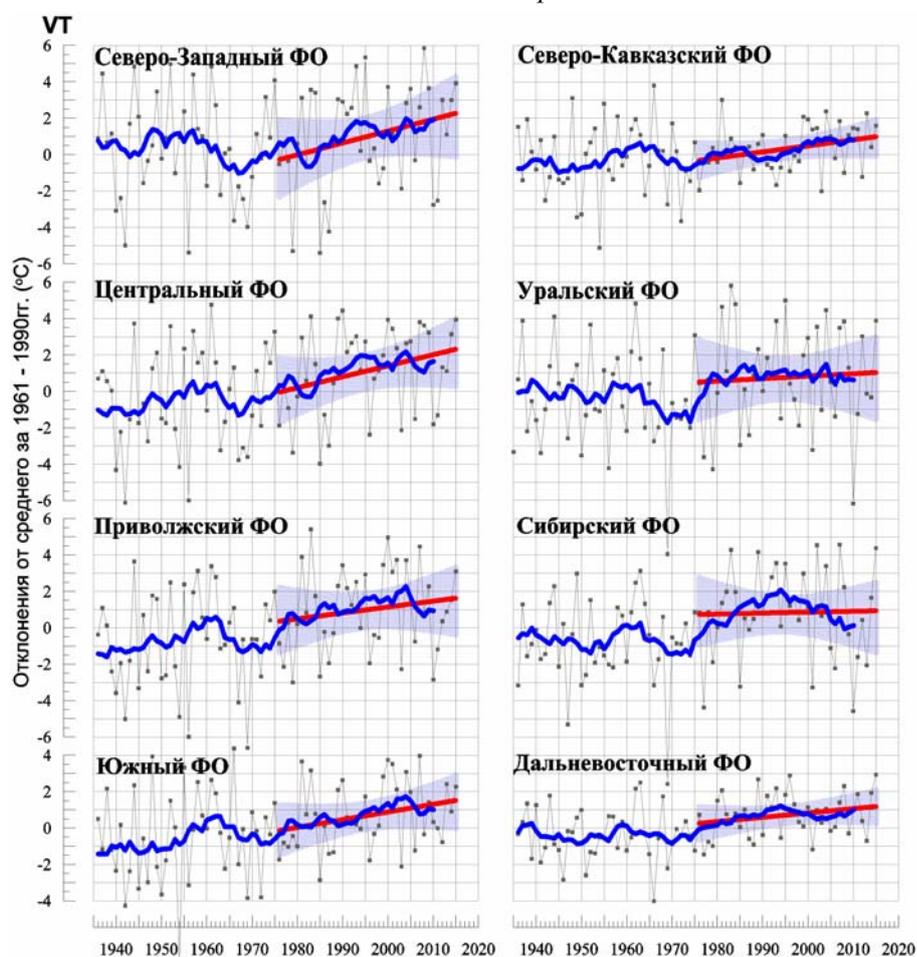


Рисунок 4.2 - Температурно-влажностный режим в физико-географических регионах РФ

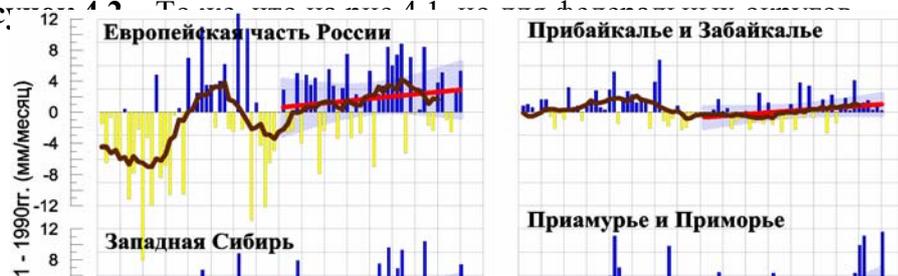


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, зима 2014/15 гг.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.

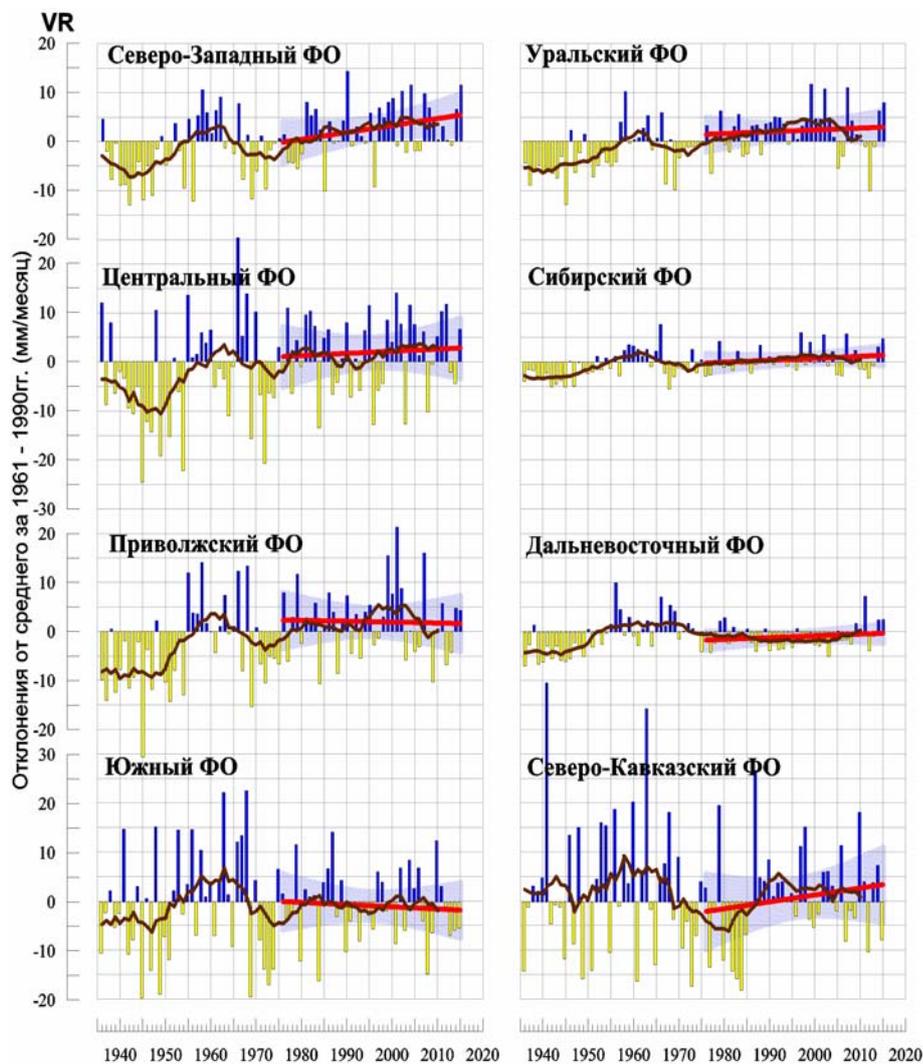


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

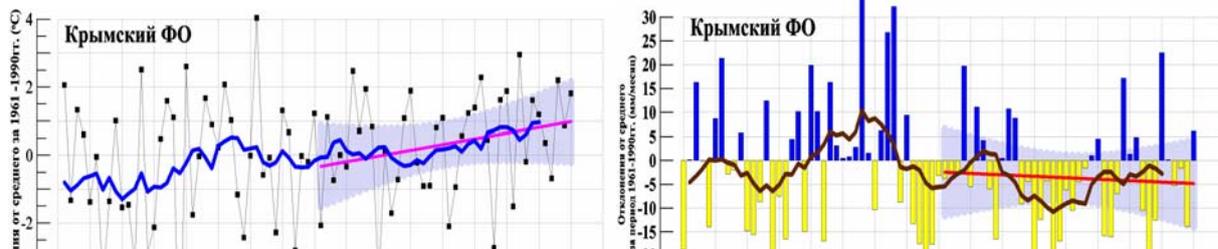


Рисунок 4.5 – – То же, что на рис. 4.1 - 4.4, но для Крымского ФО.

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2015 гг. (зимний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для зимнего сезона в целом по территории России за период 1936 -2015 гг. (рис. 5.1. – 5.4). В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности непревышения ниже 20% и выше 80%), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2 стандартных отклонения) аномалиями температуры.

Температура. Зимой 2015 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля) составила 81% (это максимальная площадь за весь период наблюдений), отрицательными аномалиями - 0%. В период до 1975 года на территории РФ преобладали крупные отрицательные аномалии (зимой 1969 года доля площади с крупными отрицательными аномалиями составила 82%). После 1980 г. напротив, преобладают площади с крупными положительными аномалиями (тренд за период 1976-2015 составляет всего лишь 4.5%/10 лет и объясняет лишь 5% дисперсии ряда). Тренд суммарной площади с крупными аномалиями обоих знаков составляет 2.8%/10 лет, дисперсия тренда 3%.

На рис.5.2 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше 2σ и ниже -2σ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует примерно 2.3% процента для каждого хвоста распределения). На графике хорошо прослеживаются экстремально холодные зимы: 1966 (21% площади занято экстремальными аномалиями), 1969 (50%), 1979 (12%), 2010 (13%). С начала 1980-х гг. преобладают положительные экстремумы. Максимальные площади под экстремальными положительными аномалиями зимой наблюдались в 2002 (19%) и в 2007 (13%).

Зимой 2014/15 гг. доля площади под экстремальными положительными аномалиями на территории России составила 6%, под экстремальными отрицательными аномалиями – 1%.



Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2015 гг. (зима):

— ниже 20-го перцентиля, — выше 80-го перцентиля,
 — суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

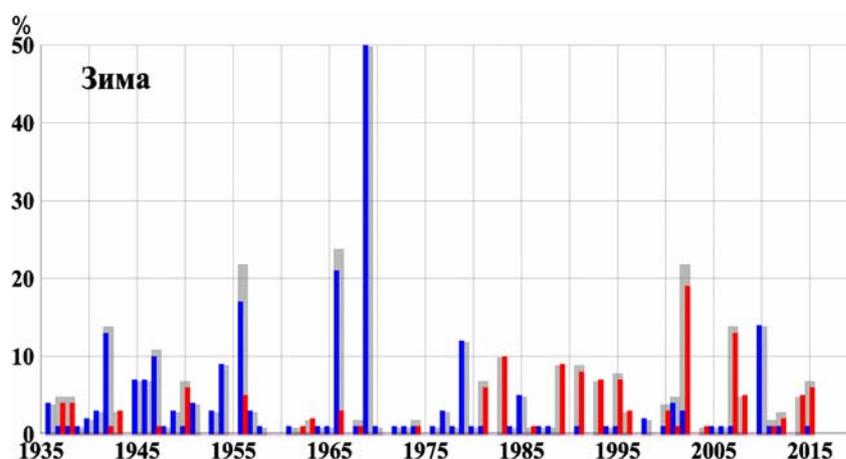


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры зимой, 1936-2015 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

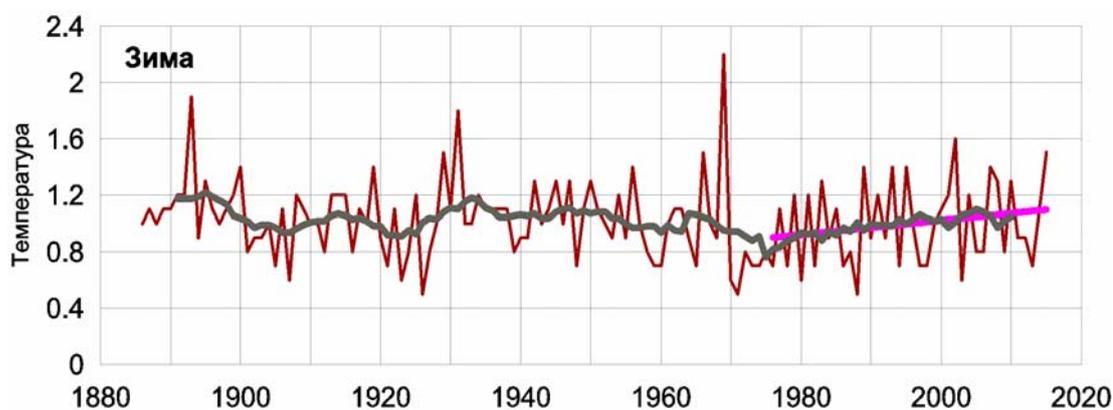


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России зимой 1886-2015 гг.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с начала 1970-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в зимний сезон очень слабо растет – тренд объясняет 4% общей дисперсии ряда за 1976-2015.

Осадки. Для осадков до 1954 года площади, занятые аномалиями ниже 20-го процентиля преобладали (максимальная площадь, занятая аномалиями ниже 20-го процентиля наблюдалась в 1945 году и составила 53% площади страны).

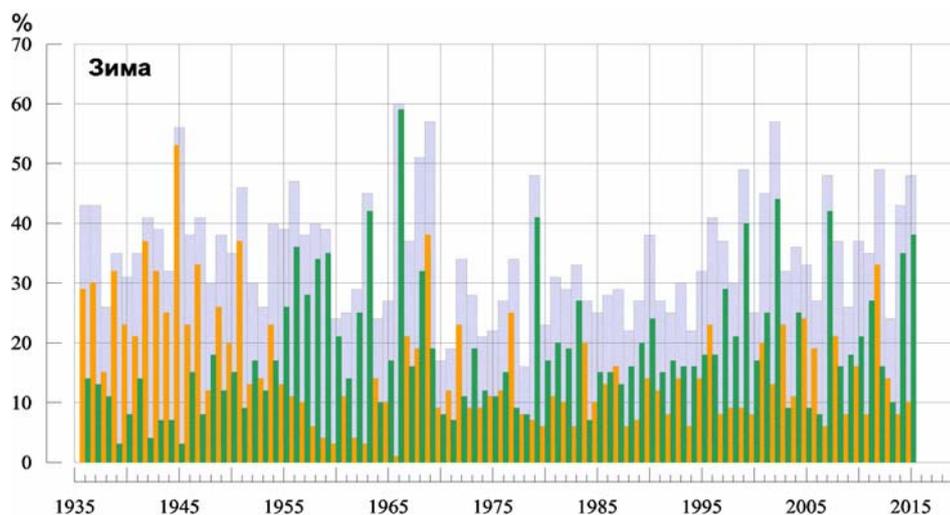


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2015 гг. (зима):

■ ниже 20-го процентиля, ■ выше 80-го процентиля,
■ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

Начиная с 1955 года преобладают крупные аномалии выше 80-го процентиля и наблюдается их рост с середины 1970-х гг. (тренд за период 1976-2015 гг. составляет 2.2%/10 лет и объясняет 7% дисперсии ряда). Зимой 2014/15 гг. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 процентиля составила 38% (седьмая величина в ряду), ниже 20-го процентиля – 10%.

ВЫВОДЫ

1. Зима была экстремально теплой (осредненная по территории РФ сезонная аномалия $+3.56^{\circ}\text{C}$ – рекордная величина в ряду). Особенно тепло (на большинстве станций температура выше 95-го перцентиля) в ЕЧР (аномалии около $+5^{\circ}\text{C}$) в центральных районах, в АЧР (аномалии до $+8^{\circ}\text{C}$) в центре и юге Сибирского ФО, в центре и на юге Якутии, на Сахалине. Осредненные по регионам РФ сезонные аномалии среди восьми самых крупных положительных аномалий в соответствующих рядах.

2. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 81% – это максимальная площадь с такими аномалиями за весь период наблюдений. Доля площади РФ под экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) составила 6%.

3. Самым теплым был февраль – осредненная по РФ аномалия температуры $+5.06^{\circ}\text{C}$ – четвертая величина в ряду (рекордным был 1995 год: аномалия $+6.47^{\circ}\text{C}$, вторым был февраль 2002 года: аномалия $+5.31^{\circ}\text{C}$, третьим – февраль 1989 года: аномалия $+5.08^{\circ}\text{C}$). Тепло почти всюду (за исключением юга Таймыра, Корякского АО), в центральных районах страны с аномалии до $+7^{\circ}\text{C}$... $+8^{\circ}\text{C}$. Осредненные по регионам РФ февральские аномалии температуры среди девяти самых крупных положительных аномалий. На юге Таймыра и в Корякском АО в феврале наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры (не ниже -1°C).

Январь – очень теплый месяц – осредненная по РФ аномалия температуры $+3.46^{\circ}\text{C}$ – седьмая величина в ряду. Экстремально тепло в восточных регионах страны: осредненные по регионам: Прибайкалье и Забайкалье, Приамурье и Приморье, Восточная Сибирь январские аномалии составили: $+4.69^{\circ}\text{C}$, $+3.77^{\circ}\text{C}$, $+4.67^{\circ}\text{C}$ – третья, пятая и четвертая величины в рядах. Холодно в январе на северо-востоке ЕЧР, на севере Западной и Средней Сибири (аномалии до -8.0°C).

В декабре очень тепло в центральных районах Сибирского ФО с аномалиями около $+9^{\circ}\text{C}$. Отрицательные аномалии температуры (до -3°C - -3.5°C), отмечались на большей части Якутии на западе Чукотского АО и в Приморском крае.

4. Зимой в среднем по РФ выпало экстремальное количество осадков: 119% нормы (вторая величина в ряду).

Экстремальный избыток осадков (на большинстве станций количество выпавших осадков более 95-перцентиля) наблюдался в ЕЧР: в центральных и северных районах (до 182% нормы в Карелии); в АЧР: в бассейнах рек Оби и Иртыша (осредненные по региону Средняя Сибирь осадки 125% нормы – третья величина в ряду), в Приамурье и Приморье (осредненные по региону осадки 178% нормы – максимальная величина в ряду).

Сильный дефицит осадков (80%-40% нормы) наблюдался на востоке Якутии и далее на Чукотке и севере Камчатки, на Алтае. Дефицит осадков наблюдался в Забайкалье, на юге ЕЧР.

5. Зимой 2014/15 гг. площадь, занятая крупными аномалиями осадков больше 80 процентиля составила 38% (седьмая наибольшая величина в ряду), ниже 20-го процентиля – 10%.

6. Экстремальное количество осадков выпало **в январе** - осредненные по РФ осадки 123% нормы – пятая величина в ряду. Значительный избыток осадков наблюдался в ЕЧР в северных (до 2-х норм, осредненные по Северо-Западному ФО осадки 149% нормы – вторая величина в ряду) и центральных районах; в АЧР: в центральных и южных районах (более 2,5 норм, осредненные по Сибирскому ФО январские осадки 147% нормы – вторая величина в ряду), в Магаданской области (до 5-ти норм). Значительный дефицит осадков в январе (80%-40% нормы) наблюдался на побережье Северного Ледовитого океана, на востоке Якутии, на Чукотке, на севере Камчатки, а также в Саянах.

В декабре значительный избыток осадков наблюдался в низовьях Амура, осредненные по региону Приамурье и Приморье осадки составили 183% нормы – пятая величина в ряду. Дефицит осадков наблюдался на Дальнем Востоке (кроме бассейна Амура), на Алтае.

В феврале избыток осадков наблюдался на значительной части страны (осредненные по РФ осадки 125% - 9-ая величина в ряду). Избыток осадков наблюдался на большей части ЕЧР (120%-160%), в АЧР: в центральных районах Сибири, в Саянах, в Хабаровском крае, на Сахалине и Приамурье (на ряде станций Дальневосточного ФО выпало более пяти норм осадков, осредненные по региону Приамурье и Приморье осадки 202% нормы – четвертая величина в ряду).

Дефицит осадков (80%-40%) наблюдался в ЕЧР: в Южном ФО, в Приволжском ФО, на Южном Урале; в АЧР: в районе Байкала, в среднем течении Лены, на Таймыре, на востоке Якутии, в Магаданской области, на Чукотке (кроме крайнего северо-востока), в северных районах Камчатки.

6. Линейный тренд средней по России зимней температуры воздуха за период 1976-2015 гг. составил $+0.24^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда лишь 3%. Рост средней по РФ зимней температуры наблюдался лишь до середины 1990-х гг., после чего температуры последовательно уменьшаются. В то же время, для Северного полушария в целом тренд зимней температуры над сушей весьма значителен: он составляет $+0.30^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад в дисперсию 50%, несмотря на то, что и для СП наблюдается небольшое относительное похолодание с первого пятилетия 21 века и значительно менее выражено.

Основная географическая особенность климатических изменений температуры на территории России в зимний период – две области отрицательного тренда зимних температур: первая постоянно наблюдается на юге Чукотского и севере Корякского АО, вторая - в южной части Сибири - впервые проявилась в 2010 г. Область отрицательных трендов за период 1976-2015 гг. на юге Сибири уменьшилась по сравнению с периодом 1976-2014 гг. Рост температуры наблюдается вдоль всего арктического побережья (наиболее выражен в западной его части, включая Таймыр), в ЕЧР (максимум – на северо-западе до $+0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет - $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет), в значительной части Средней Сибири, в Приамурье, Приморье и Хабаровском крае, на Камчатке.

Некоторые черты изменения сезонных температур проявляются для всех трех

зимних месяцев: рост температуры в ЕЧР и в районе Таймыра; другие – в отдельные месяцы: похолодание на дальнем северо-востоке – в январе и феврале (а в декабре – сильное потепление), похолодание в Сибири (в основном в декабре и январе), потепление в Приморье – в январе и феврале.

7. Тренд зимних сумм осадков для России в целом положителен: составляет +1.8%/10лет, но незначим (объясняет 6% межгодовой изменчивости). Рост осадков отмечается в северо-западных районах ЕЧР (в основном за счет февраля), на севере Западной и Средней Сибири и на юге АЧР (максимум роста – в январе). Значимый региональный тренд наблюдается в Приамурье и Приморье: +9.6%/10 лет, объясняет 10% дисперсии. Во все месяцы наблюдается рост осадков в СКФО. По сравнению с периодом 1976-2014 гг. во всех регионах и федеральных округах коэффициенты линейных трендов осадков увеличились на 0.02-0.13°C/10 лет (наибольшее увеличение в Западной и Средней Сибири).

Заметная тенденция к уменьшению осадков проявляется в Средней Сибири в декабре, в Восточной Сибири в январе и феврале.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь

ЗИМА 2014/15



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) зимой 2015 г. и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется в рамках сотрудничества по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодных-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды".

Все оценки получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовом архиве ИГКЭ, содержащем данные гидрометеорологических наблюдений на 455 станциях стран СНГ и Балтии (из них 7 станций Республики Беларусь, табл. 1).

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

	Название	№ ВМО	широта	Долгота	Высота
1	Витебск	26666	55.20	30.20	169
2	Минск	26850	53.90	27.50	234
3	Могилев	26863	53.90	30.30	180
4	Брест	33008	52.10	23.70	144
5	Пинск	33019	52.10	26.10	144
6	Василевичи	33038	52.30	29.80	140
7	Гомель	33041	52.40	31.00	138

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюдаемого значения от нормы, то есть от средней за базовый период 1961-1990 гг. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы (процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы). Дополнительно приводится «вероятность непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2015 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

Осреднение по регионам выполняется по станционным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается «ячеечное»

* Материалы подготовлены в ФГБУ ИГКЭ Росгидромета и РАН с использованием данных НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячейечных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

Аналогичным образом, по данным о станционных «нормах» (средних многолетних за базовый период) рассчитываются регионально осредненные «нормы». Регионально осредненные значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных «норм» и регионально осредненных аномалий (этот алгоритм уменьшает смещение средних, вызываемое пропусками в рядах наблюдений).

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ЗИМОЙ 2015 г.

В таблицах 2 и 3 приведены станционные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого зимнего сезона и для сезона в целом, а на рисунках 1 и 2 – соответствующие этим данным распределения аномалий (поля изолиний), также для сезона и для каждого из месяцев. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

Зимой (рис. 1) на всех станциях республики аномалии температуры были много выше нормы, аномалии от +3.47°C (в Василевичах) до +4.30°C (в Витебске). Сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики +3.81°C – 7-ая положительная величина в ряду. Тепло было во все месяцы сезона.

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси зимой 2014/15 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) температура (град. Цельсия)							
<i>Зима 2014/15</i>	-2.30	-1.67	-2.43	0.47	-0.23	-1.70	-1.93
Декабрь 2014	-3.3	-2.6	-3.4	-0.3	-0.9	-3.0	-2.7
Январь	-1.9	-1.3	-2.0	0.8	0.3	-0.9	-1.8
Февраль	-1.7	-1.1	-1.9	0.9	-0.1	-1.2	-1.3
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Зима 2014/15</i>	4.30	3.84	3.80	3.58	4.00	3.47	3.63
Декабрь 2014	1.50	1.22	0.68	1.40	1.68	0.33	0.90
Январь	6.27	5.62	5.98	5.25	6.03	5.95	5.52
Февраль	5.14	4.69	4.74	4.09	4.28	4.12	4.46

В декабре аномалии температуры от +0.33°C (в Василевичах) до +1.50°C (в Витебске).

Январь самый теплый месяц в сезоне, аномалии от +5.25°C (в Бресте) до +6.27°C (в Витебске). В Витебске и в Могилеве средние январские температуры были выше 95-

го процентиля. Январская аномалия, осредненная по территории республики температуры $+5.66^{\circ}\text{C}$ – 8-ая положительная величина в ряду.

В феврале аномалии от $+4.09^{\circ}\text{C}$ (в Бресте) до $+5.14^{\circ}\text{C}$ (в Витебске). Февральская аномалия, осредненная по территории республики температуры $+4.44^{\circ}\text{C}$ – 12-ая положительная величина в ряду.

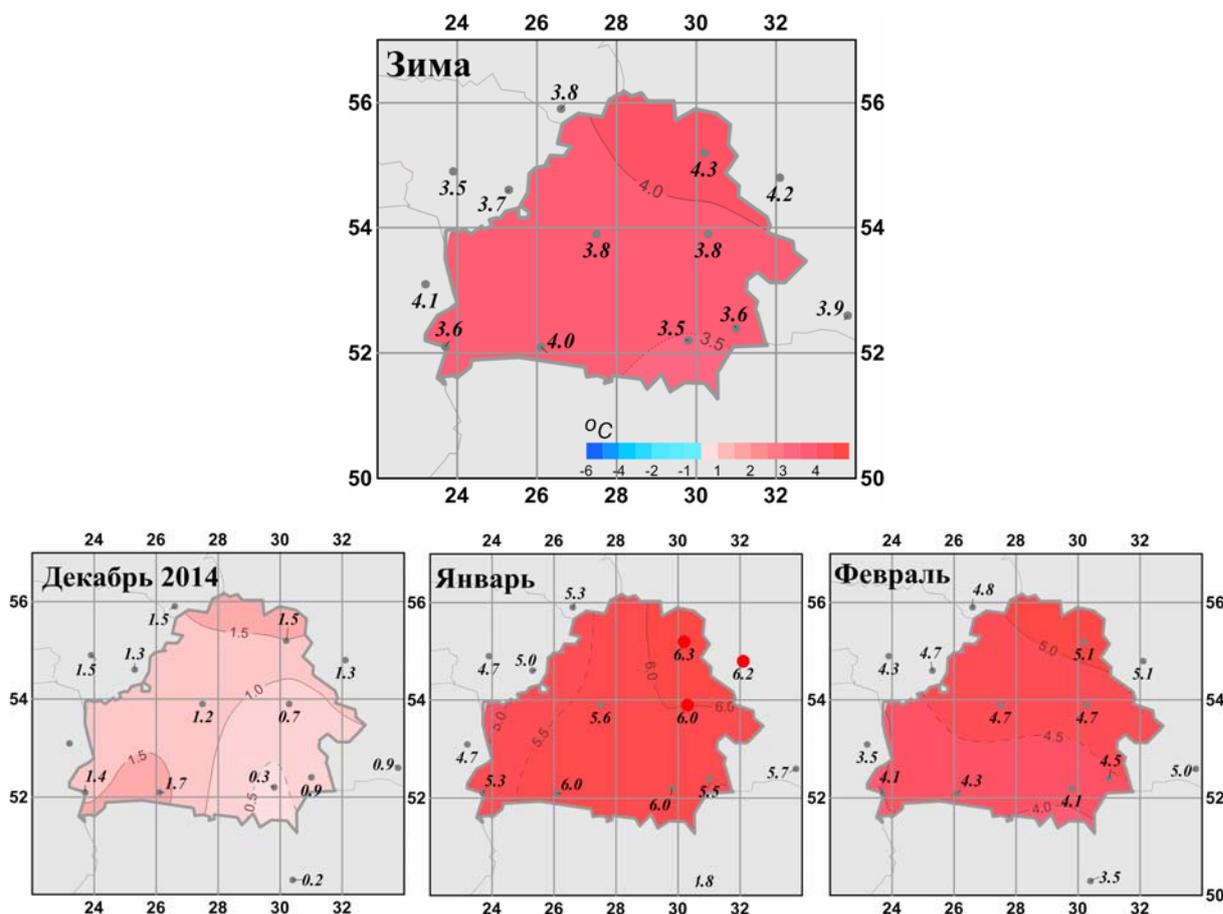


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры ($^{\circ}\text{C}$) приземного воздуха на территории республики Беларусь зимой 2014/15 г.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны стационарные экстремумы – выше 95-го процентиля

Зимой (рис. 2) осредненные по территории республики осадки составили 108% сезонной нормы. Осадки выше нормы наблюдались на станциях центра и севера республики (кроме станций юга: Бреста, Пинска и Василевичей). Наибольшее количество осадков выпало в Витебске (154% нормы).

В декабре осадков выпало от 84% нормы (в Могилеве) до 146% нормы (в Витебске).

В январе на всех станциях республики осадков выпало много выше нормы (от 119% нормы в Василевичах до 146% нормы в Витебске). Январские аномалии осадков, осредненные по территории республики: 18.5 мм/месяц – 12-ая максимальная величина в ряду.

В феврале на всей территории республики осадков выпало меньше нормы (от 12% нормы – в Бресте до 98% нормы в Витебске). В Бресте и в Гомеле количество выпавших осадков было меньше 5-го перцентиля. Февральские аномалии осадков, осредненные по территории республики: -13.6 мм/месяц – пятая минимальная величина в ряду.

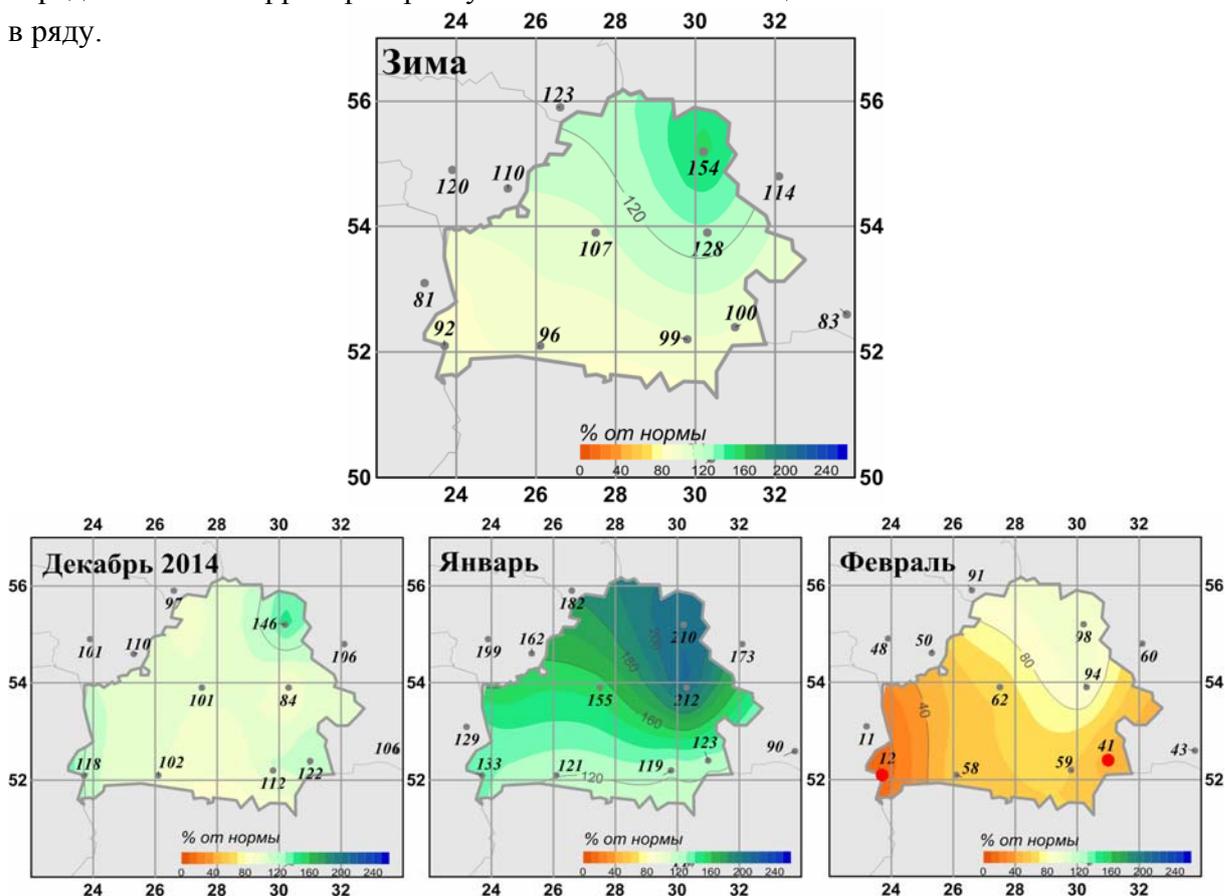


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь зимой 2014/15 г.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.

Красным кружком показан стационарный экстремум– ниже 5-го перцентиля

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси зимой 2014/15 гг.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)							
<i>Зима 2014/15</i>	<i>61.0</i>	<i>45.3</i>	<i>46.0</i>	<i>35.0</i>	<i>32.7</i>	<i>39.0</i>	<i>36.0</i>
Декабрь 2014	75	53	37	52	41	52	53
Январь	79	62	75	49	41	46	44
Февраль	29	21	26	4	16	19	11
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)							
<i>Зима 2014/15</i>	<i>21.4</i>	<i>3.1</i>	<i>10.4</i>	<i>-2.8</i>	<i>-1.2</i>	<i>-0.1</i>	<i>0.5</i>
Декабрь 2014	23.5	0.4	-6.9	8.1	0.9	5.6	9.5
Январь	41.3	22.0	39.6	12.0	7.1	7.3	8.2
Февраль	-0.5	-13.1	-1.6	-28.5	-11.7	-13.1	-16.1

в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
<i>Зима 2014/15</i>	<i>154</i>	<i>107</i>	<i>128</i>	<i>92</i>	<i>96</i>	<i>99</i>	<i>100</i>
Декабрь 2014	146	101	84	118	102	112	122
Январь	210	155	212	133	121	119	123
Февраль	98	62	94	12	58	59	41

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2015 гг.

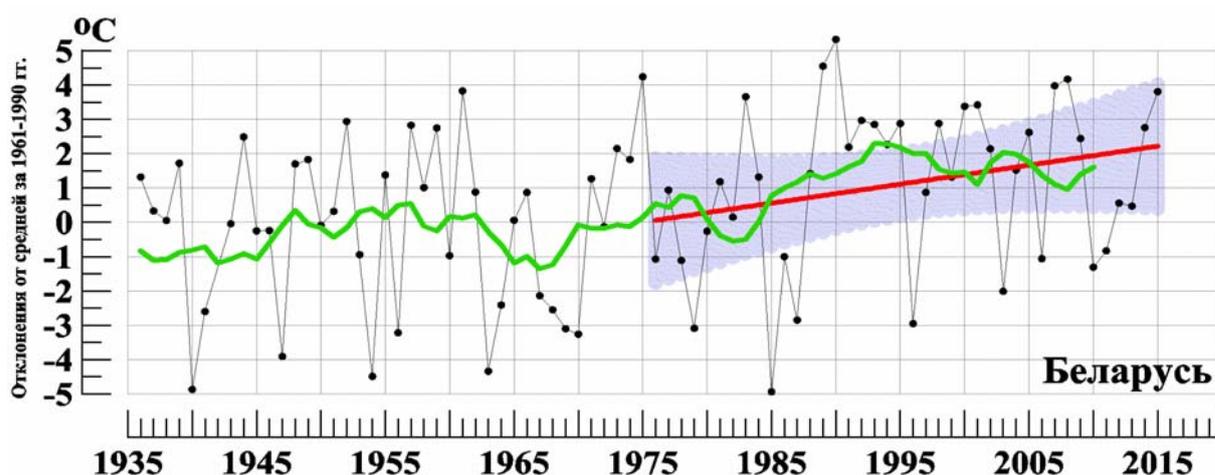


Рисунок 3 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2015 гг.

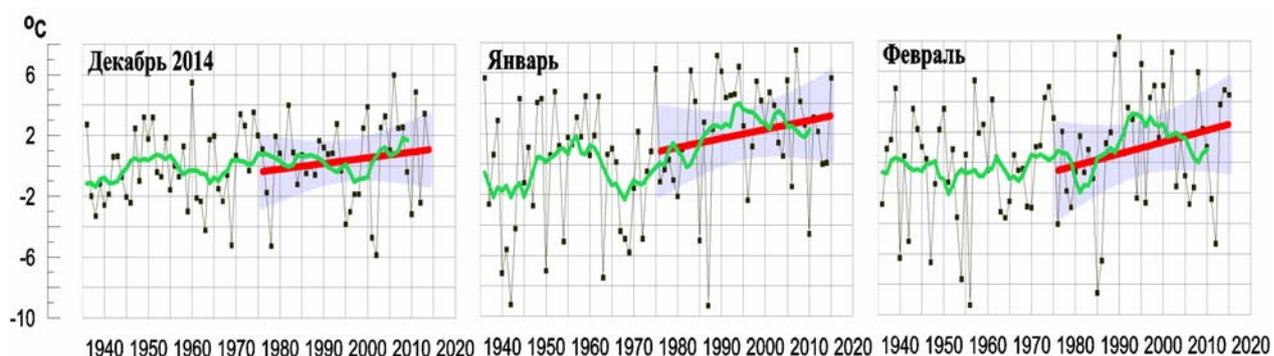


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Условные обозначения см. на рисунке 3.

Тренд зимних температур, в среднем по территории Беларуси, составил $+0.55^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 7% дисперсии) (зимой 20014/15гг. $+0.49^{\circ}\text{C}/10$ лет и 5% соответственно). Во все месяцы сезона тренд положителен, но незначим даже на уровне 5%. Наибольшее потепление наблюдается в феврале: тренд составил $+0.78^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 5% дисперсии ряда).

В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил 2.1

мм/месяц/10 лет (ответствен за 9% дисперсии). В декабре тренд осадков слабо отрицательный (-0.3 мм/месяц/10 лет), наибольшее увеличение осадков наблюдается в феврале: 4.3 мм/месяц/10 лет (тренд ответствен за 16% дисперсии).

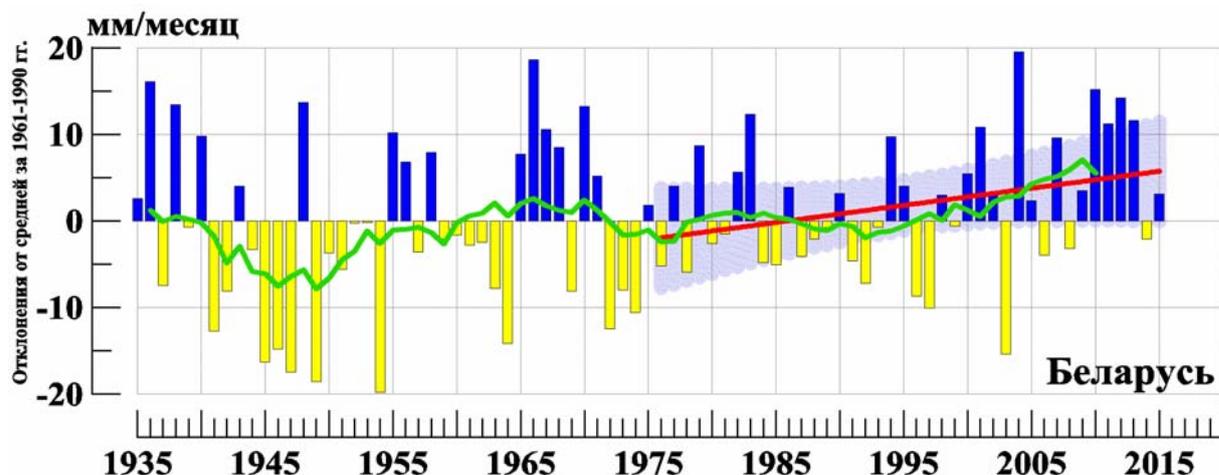


Рисунок 5 - Сезонные (декабрь - февраль) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

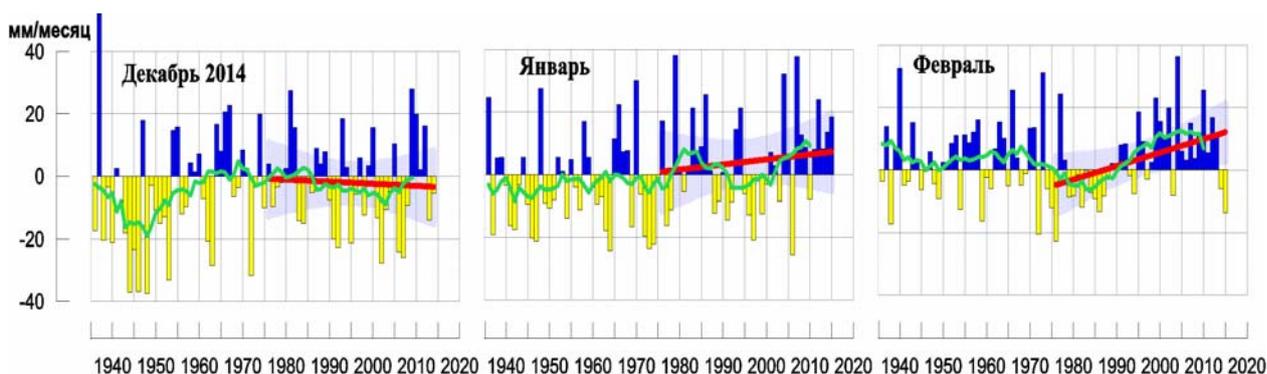


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

Осредненные аномалии температуры и осадков по территории республики Беларусь за зимний сезон и в отдельные месяцы сезона.

	νT_{2015}	s	νR_{2015}	s
<i>Зима 2014/15</i>	3.76	2.71	3.1	8.1
Декабрь 2014	1.10	2.39	5.4	14.4
Январь	5.66	4.17	18.5	16.7
Февраль	4.44	3.70	-13.6	13.0

Примечание: Аномалии νT_{2015} ($^{\circ}C$), νR_{2015} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), s ($^{\circ}C$, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2015 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2015}$ °C/10 лет	$D_{1976-2015}$ %	$b_{1976-2015}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2015}$ %
<i>Зима 2014/15</i>	0.55	7	5.2	9
Декабрь 2014	0.37	2	-0.3	0
Январь	0.59	4	1.6	2
Февраль	0.78	5	4.3	16

ВЫВОДЫ

1. Зима в Беларуси была очень теплой, осредненная по территории республики сезонная аномалия температуры $+3.81^{\circ}\text{C}$ – 7-ая положительная величина в ряду. На всех станциях республики сезонные аномалии больше $+3^{\circ}\text{C}$. Тепло было во все месяцы сезона. Наиболее теплым был январь: январская аномалия температуры, осредненная по территории республики: $+5.66^{\circ}\text{C}$ – 8-ая положительная величина в ряду.

2. В среднем по Беларуси осадки составили 108% нормы.

В январе наблюдался значительный избыток осадков на всех станциях республики. Осредненные по территории республики январские аномалии осадков: 18.5 мм/месяц – 12-ая максимальная величина в ряду.

В феврале на территории Беларуси наблюдался значительный дефицит осадков. Осредненные по территории республики февральские аномалии осадков: -13.6 мм/месяц – пятая минимальная величина в ряду.

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон (линейный тренд составил $0.55^{\circ}\text{C}/10$ лет, ответствен за 7% дисперсии), так и в отдельные зимние месяцы, но тренд незначим даже на уровне 5%. Наибольшее потепление наблюдается в феврале: тренд составил $+0.78^{\circ}\text{C}/10$ лет.

В целом для Беларуси отмечается слабая тенденция к увеличению осадков, линейный тренд составил 2.1 мм/месяц/10 лет (ответствен за 9% дисперсии), значимый на уровне 1% рост осадков отмечается в феврале.