

ЛЕТО: июнь - август

Обзор состояния и тенденций изменения  
климата России

★  
Москва 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ<sup>1</sup>

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (летний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2015 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ .....	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН.....	16
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2015 гг.....	20
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2015 гг. (летний сезон) .....	25
ВЫВОДЫ .....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности лета 2015 г. на территории Республики Беларусь .....	30

---

<sup>1</sup> На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2015 гг. (лето)  
*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 254 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 наблюдаемого 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. Следует заметить, что Калининградская область и республика Крым входят в состав региона: Европейская часть России.



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  $2.5^{\circ}$  широты \*  $5.0^{\circ}$  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 неперевышения значения  $X_0$ , как и обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности неперевышения  $F(X_0) \leq \alpha\%$  или  $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$  и  $\alpha\%$  – обеспеченность искомых экстремумов.

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\*.

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»).

---

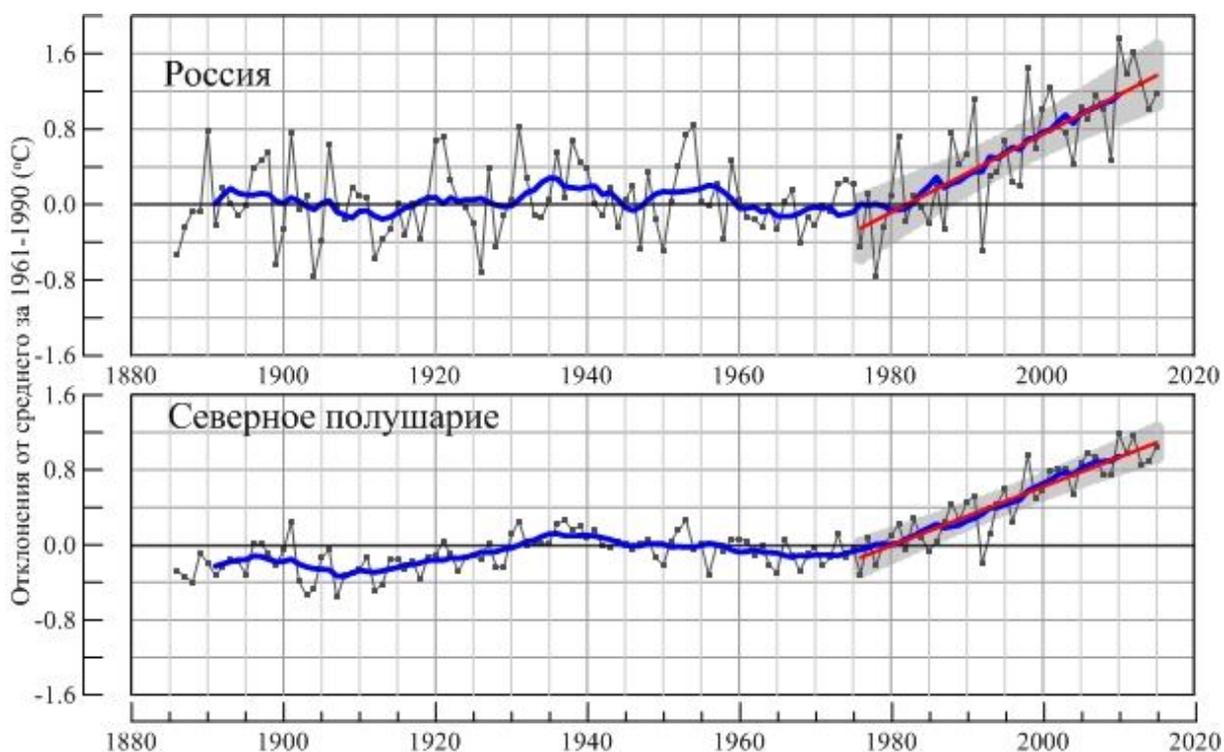
\* Раздел подготовлен в рамках программы Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды"

\*\* 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 (летний сезон)

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (лето 2015: июнь - август), 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 `crut4nh.txt` на сайте [www.cru.uea.ac.uk](http://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 (лето: июнь - август) 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  $+1.05^{\circ}\text{C}$  (стандартное отклонение  $0.20^{\circ}\text{C}$ ) – третья величина с 1886 года после рекордного 2010 г. ( $1.19^{\circ}\text{C}$ ) и 2012 г. ( $1.16^{\circ}\text{C}$ ).

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила  $+1.18^{\circ}\text{C}$  при величине стандартного отклонения  $0.33^{\circ}\text{C}$  – седьмая величина в ряду с 1886 г. (Рекордная аномалия зафиксирована также в 2010 году:  $+1.77^{\circ}\text{C}$ , затем также идет 2012 г. ( $+1.61^{\circ}\text{C}$ )).

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений летних температур за период 1976-2015 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Увеличение летних температур в среднем по территории России происходит в 1.3 раза быстрее, чем по Северному полушарию. Сглаженная кривая на рис.1 показывает, что начало потепления на территории России приходится на начало 1980-х гг., а для СП в целом – на середину 1970-х гг.

**Таблица 1.1**

Сезонные (лето: июнь – август) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2015 гг.

Регионы	$\nu T_{2015}$	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.05	0.20	0.31	80
Россия	2.32	0.33	0.42	61

*Примечание:*  $\nu T$  – аномалия температуры,  $s$  - стандартное отклонение за период 1961-1990,  $b$  – коэффициент линейного тренда,  $D$  - вклад тренда в дисперсию.

## 2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2015 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

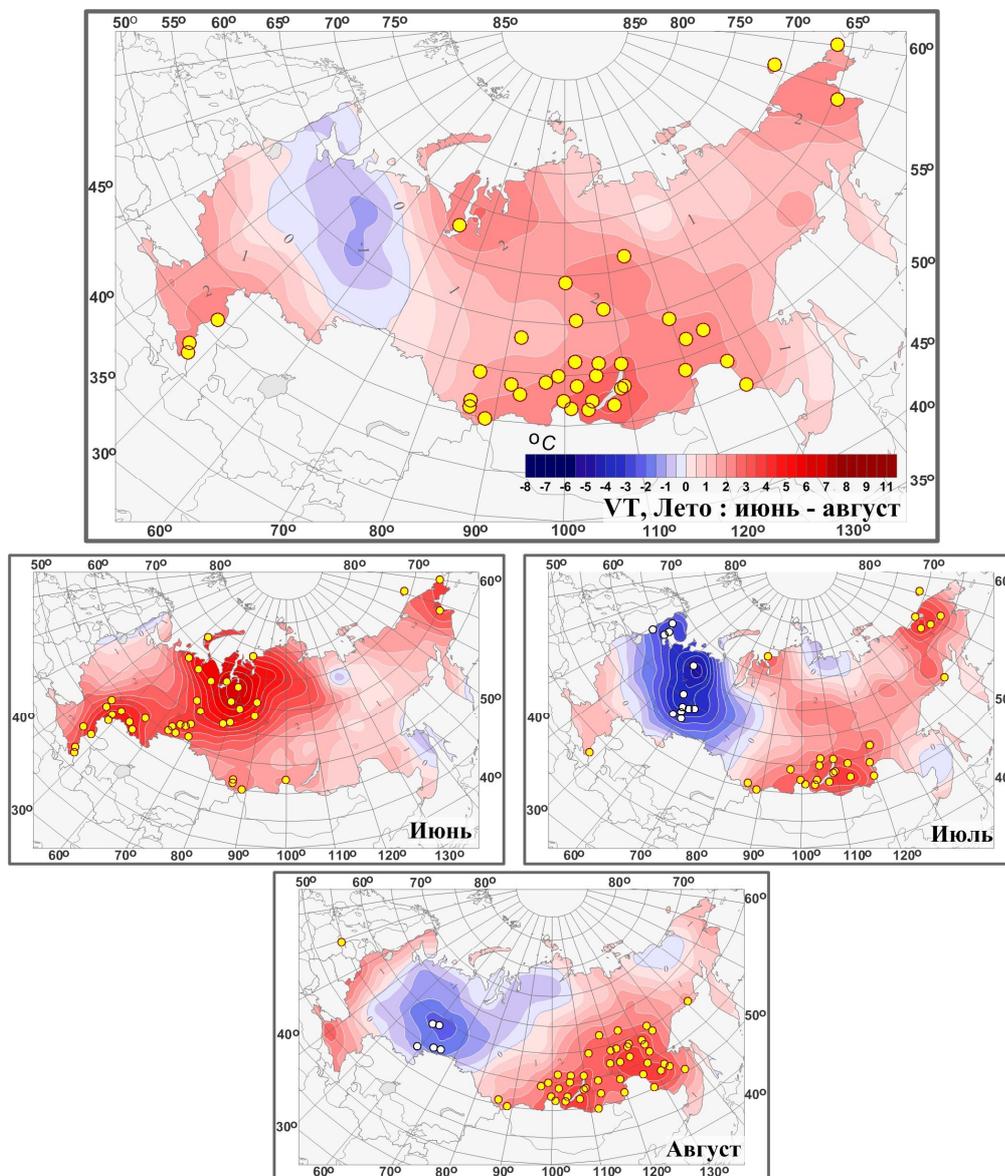
На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России лета 2015 г. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го перцентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

**Температура воздуха.** Осредненная по РФ аномалия температуры  $1.18^{\circ}\text{C}$  – 7-ая в ряду с 1936 г. Очень тепло в азиатской части России (осредненная по АЧР аномалия  $1.43^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936 г., рекордное значение аномалии наблюдалось здесь в 2012 году ( $1.59^{\circ}\text{C}$ )). Экстремально тепло в районе Алтая и Байкала (на многих станциях температура выше 95-го перцентиля, в Улан-Удэ сезонная аномалия  $3.5^{\circ}\text{C}$ ). Из федеральных округов следует отметить Сибирский ФО (сезонная аномалия  $1.76^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936 года после максимально жаркого лета 2001 ( $1.86^{\circ}\text{C}$ )).

В ЕЧР (аномалия  $0.53^{\circ}\text{C}$ ) очень тепло в южных районах, особенно в предгорьях Кавказа (в Дербенте сезонная аномалия  $2.9^{\circ}\text{C}$ ). Осредненная по Северо-Кавказскому

ФО сезонная аномалия  $1.92^{\circ}\text{C}$  – третья величина с 1936 года (после рекордного 2010:  $3.34^{\circ}\text{C}$  и 2014:  $1.96^{\circ}\text{C}$ ).

Холодно на севере и северо-востоке европейской части России, на Урале и на юго-западе Западной Сибири (на Среднем Урале на станции Чердынь аномалия  $-1.3^{\circ}\text{C}$  за счет холодного июля (особенно) и августа).



**Рисунок 2.1** – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории России летом 2015 г. 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.

**Июнь.** Осредненная по РФ аномалия температуры  $2.03^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936 г. (рекордным был июнь 2012 года с аномалией  $2.75^{\circ}\text{C}$ ).

Экстремально тепло (температуры выше 95-го перцентиля) в Прикаспии и в Поволжье, на Северном Урале, в Западной Сибири (в дельте Оби на станции Тазовское аномалия  $7.5^{\circ}\text{C}$ ).

Осредненная по АЧР аномалия: 1.95°C – третья в ряду, по ЕЧР: 2.25°C – 10-ая величина с 1936 г., по Уральскому ФО: 4.54°C – вторая величина в ряду, после 2012 (аномалия 5.82°C).

**Июль.** Осредненная по РФ аномалия температуры 0.5°C – 26-ая величина с 1936 года.

Экстремальные условия (температуры выше 95-го перцентиля) наблюдались в АЧР (осредненная по АЧР аномалия 1.1°C – восьмая величина с 1936 года): на Алтае, в Саянах, в районе Байкала (в Чите аномалия 4.5°C). Осредненная по региону Прибайкалье и Забайкалье аномалия 2.86°C – рекордная величина с 1936 года.

Экстремально тепло на Чукотке (на станции Островное аномалия 4.3°C).

Особенность июля: область холода на севере ЕЧР, особенно холодно в Карелии (на станциях Гридино и Кемь-Порт аномалии -2.9°C), на Урале (на станции Северного Предуралья Печора аномалия -5°C), в Западной Сибири. Осредненная по ЕЧР аномалия -0.98°C – 13-ая среди отрицательных аномалий. Из федеральных округов следует отметить Северо-Западный ФО (аномалия: -2.43°C – шестая величина среди отрицательных аномалий).

**Август.** Осредненная по РФ аномалия температуры 0.99°C – 11-ая величина с 1936 г. Яркая особенность августа: экстремально тепло (на большинстве станций температуры выше 95-го перцентиля, аномалии 2°C-4°C) на юге Сибирского и в центре и юге Дальневосточного ФО. Осредненная по АЧР аномалия 1.25°C – 6-ая в ряду, а по регионам Прибайкалье и Забайкалье и Приамурье и Приморье: 2.88°C и 2.34°C – рекордные величины в соответствующих рядах.

Тепло также на западе и юге ЕЧР (в Краснодаре аномалия 3.6°C).

Холодно в центральных и восточных районах ЕЧР, на Урале, в Западной Сибири, на Таймыре (на ряде станций Среднего Урала аномалии ниже -2°C).

**Атмосферные осадки.** Осредненные по РФ осадки 99% нормы – 49-ая величина с 1936 года.

Летние осадки, осредненные по европейской части России: 97%, дефицит осадков (80%-60% нормы) наблюдался здесь на западе и юге (в основном, за счет августа). Особенно сильный дефицит в Южном ФО: 73% нормы - среди девяти самых сухих летних сезонов.

Летние осадки, осредненные по азиатской части России: 99%, значительный дефицит осадков наблюдался на юго-востоке и востоке, особенно в районе Байкала (осредненные по Прибайкалью и Забайкалью осадки 76% нормы – минимальная величина с 1936 года) и Приамурья (в основном за счет июля).

Особенность лета: значительный избыток осадков на севере и востоке европейской части, на Урале (особенно, на станциях Среднего Урала более 95-го перцентиля или более полутора летних норм), на большей части Западной Сибири (особенно), на Таймыре – в этих районах избыток осадков наблюдался во все месяцы сезона; в нижнем течении Лены (за счет июля и августа).

Осредненные по Уральскому ФО осадки 140% нормы – вторая величина с 1936 года (после рекордного 1950: 151% нормы).

На юге ЕЧР дефицит осадков (особенно сильный в августе) совместно с температурными условиями значительно превышающие норму (во все месяцы сезона, экстремальными – в июне) способствовали образованию засух преимущественно средней интенсивности с июня по август: в Воронежской, Волгоградской, Ростовской областях и Ставропольском крае, и августе: в Краснодарском крае.

На юге Сибири дефицит осадков во все месяцы сезона совместно с экстремальными температурами в июле и в августе способствовал образованию засух средней интенсивности с июня по август в республике Тыва (засухи сильной интенсивности), в республиках Бурятия и Хакасия (преимущественно средней интенсивности).

**Июнь.** Осредненные по РФ осадки 102% нормы – 42-ая величина с 1936 года. Осредненные по ЕЧР осадки 105%, по АЧР - 100%.

Особенность июня: значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций более двух норм) в центре ЕЧР (в Рязани выпало 210% нормы), а также на севере и востоке европейской части, и, далее, на Урале, в центре и на севере Западной Сибири, на Таймыре (на станции Хатанга выпало 270%).

Значительный избыток осадков (на ряде станций более двух норм) наблюдался также в бассейне Лены, на Чукотке, на юге Камчатки (в Петропавловске-Камчатском выпало 249% нормы осадков), в Приморье.

Значительный избыток осадков отмечался в Крымском ФО (165% нормы – вторая величина в ряду после рекордного 1949 года: 173% нормы).

Другая особенность июня: большая область дефицита осадков (80%-40% нормы осадков, на ряде станций менее 5-го перцентиля) в центре АЧР. Дефицит осадков в АЧР наблюдался также в горах Забайкалья и Дальнего Востока, на севере Камчатки и в течении Колымы.

Дефицит осадков в ЕЧР наблюдался на западе (в Тверской, Новгородской, Псковской, Ленинградской областях), и в Прикаспии и в Поволжье.

**Июль.** Осредненные по РФ осадки 97% нормы – 46-ая величина с 1936 года.

Осредненные по азиатской части России осадки 95%. Сильный дефицит осадков (80%-40% нормы) наблюдался в Забайкалье (особенно) и на юге Якутии, на многих станциях Забайкалья выпало менее 5-го перцентиля осадков, в Чите выпало лишь 15% нормы. Осредненные по Прибайкалью и Забайкалью осадки 58% нормы – минимальная величина с 1936 года. Сильный дефицит осадков (80%-40% нормы) наблюдался также на Чукотке.

Большая область значительного избытка осадков (более 120% нормы) наблюдалась в центре и на востоке европейской части, в Западной Сибири (осредненные по региону Западная Сибирь осадки 134% – 4-ая в ряду с 1936 года, в Тобольске выпало 352% нормы), на западе Среднесибирского плоскогорья, и, далее, в нижнем течении Лены и в течении Алдана.

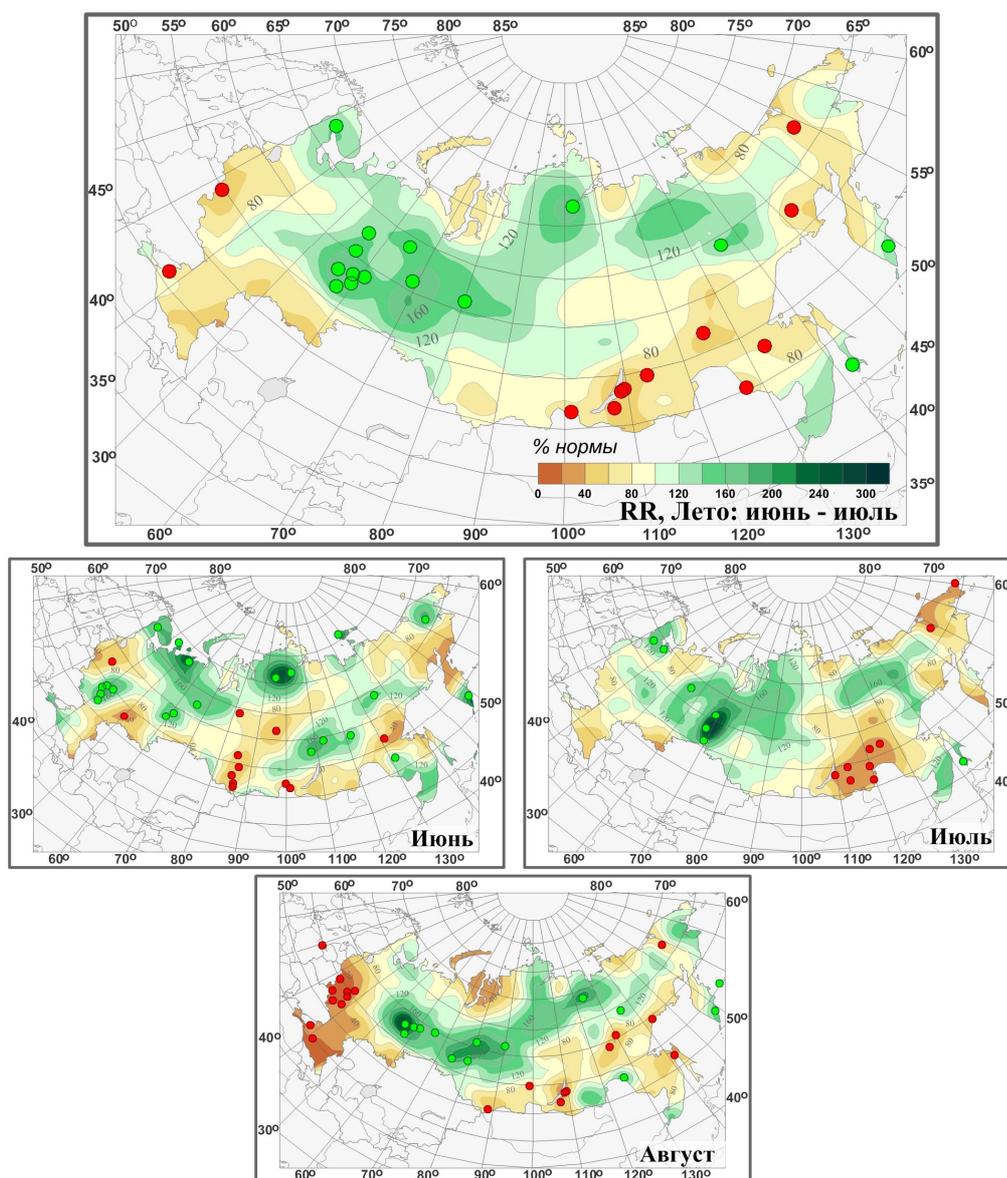
**Август.** Осредненные по РФ осадки 98% нормы – 52-ая величина с 1936 года. Осредненные по европейской части России осадки 82%, по азиатской части – 103%.

В западных (особенно), центральных и южных районах ЕЧР наблюдался сильный дефицит осадков (80%-20%), на многих станциях количество выпавших

осадков менее 5-го перцентиля. В Южном ФО выпало лишь 31% нормы – вторая величина после рекордного августа 1986 года, когда выпало 26% нормы.

В АЧР дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался в дельтах Оби и Енисея, на Алтае, в Саянах, в районе Байкала, в горах Дальнего Востока, вдоль побережья Охотского моря.

Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на севере и на востоке европейской части России (в Перми выпало 348%), и, далее, в азиатской части полосой: от юго-запада до северо-востока, особенно на юге и в центре Западной Сибири (осредненные по Западной Сибири осадки 133% – третья величина с 1936 г., максимальное количество осадков выпало в августе 1997 г.: 144% нормы, вторым был 1950г.: 142%).



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

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям стационарных аномалий летнего 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 неперевышения) 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, лето для России в целом (см. табл. 2.1) было седьмым среди теплых в ряду наблюдений с 1936 года, аномалия температуры составила  $+1.18^{\circ}\text{C}$ . Тепло было во всех регионах. Самым теплым было лето в АЧР (аномалия  $1.43^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936 года), особенно тепло было в Прибайкалье и Забайкалье ( $2.34^{\circ}\text{C}$ - третья в ряду с 1936 года). В ЕЧР лето в целом было немного теплее нормы (аномалия  $0.53^{\circ}\text{C}$ , вероятность неперевышения аномалия 57%), наиболее теплые условия наблюдались в Северо-Кавказском ФО с аномалией  $1.92^{\circ}\text{C}$  (вторая величина с 1936 года).

Западной Сибири, осредненная по региону аномалия  $+3.76^{\circ}\text{C}$  – третья величина в ряду. Очень теплыми был март и май (см. табл. 2.1.1): осредненные по РФ аномалии  $+3.42^{\circ}\text{C}$  и  $+1.84^{\circ}\text{C}$  – седьмая и шестая положительные величины в рядах.

Из месяцев сезона в целом по РФ самым теплым был июнь (аномалия  $2.03^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936г.), особенно тепло было в азиатской части России ( $1.95^{\circ}\text{C}$  – третья в ряду): в Западной Сибири ( $3.73^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936г.).

В июле наиболее теплые условия наблюдались в Прибайкалье и Забайкалье ( $2.86^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина с 1936 г.), в Европейской части России (аномалия  $-0.98^{\circ}\text{C}$ ) и в Западной Сибири ( $-0.83^{\circ}\text{C}$ ) температуры были ниже нормы.

В августе экстремально теплые условия наблюдались в Прибайкалье и Забайкалье ( $2.88^{\circ}\text{C}$  – рекордная величина с 1936 г.) и в Приамурье и Приморье ( $2.34^{\circ}\text{C}$  – рекордная величина). Температуры ниже нормы в августе наблюдались в Западной Сибири (аномалия  $-0.48^{\circ}\text{C}$ ).

Количество выпавших летом в РФ в целом осадков (табл. 2.2) составило 99% нормы. Дефицит осадков наблюдался как в целом по Европейской части РФ (97%), так и по Азиатской части РФ (99% нормы). В ЕЧР сильный дефицит осадков наблюдался в Центральном ФО (90% нормы), в Южном ФО (73%) и в Северо-Кавказском ФО (84%). В АЧР сильный дефицит осадков наблюдался в Прибайкалье и Забайкалье (76% нормы – минимальная величина с 1936 года), в Уральском ФО наблюдался значительный избыток осадков (140% нормы – вторая величина с 1936 года).

В июне в Крымском ФО выпало 165% нормы – вторая величина с 1936 года. В Прибайкалье и Забайкалье, в Восточной Сибири наблюдался дефицит осадков.

В июле сильный дефицит осадков наблюдался в Прибайкалье и Забайкалье (58% нормы – минимальная величина с 1936 года). Дефицит осадков в июле наблюдался также в Приамурье и Приморье и в Восточной Сибири. Значительный избыток осадков наблюдался в Западной Сибири (134% нормы – пятая величина с 1936 года).

В августе значительный избыток осадков наблюдался второй месяц подряд в Западной Сибири (133% нормы – третья величина с 1936 года). В ЕЧР наблюдался сильный дефицит осадков (82% нормы), особенно в Южном ФО (31% нормы – вторая среди минимальных значений в ряду).

**Таблица 2.1**

Регионально осредненные аномалии температуры летом 2015 г.

Регионы	$\nu T_{2015}$	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$
Российская Федерация	1.18	0.33	92.4
<b>Физико-географические регионы России</b>			
Европейская часть России	0.53	1.00	57.0
Азиатская часть России	<b>1.43</b>	<b>0.35</b>	<b>98.7</b>
Западная Сибирь	0.81	0.80	81.0
Средняя Сибирь	1.69	0.65	96.2
Прибайкалье и Забайкалье	<b>2.34</b>	<b>0.57</b>	<b>97.5</b>
Приамурье и Приморье	1.17	0.75	87.3
Восточная Сибирь	1.34	0.56	92.4
<b>Федеральные округа РФ</b>			
Северо-Западный	-0.31	1.17	34.0
Центральный	0.93	1.22	67.1
Приволжский	0.45	1.19	49.4
Южный	1.95	1.04	91.1
Северо-Кавказский	<b>1.92</b>	<b>0.76</b>	<b>97.5</b>
Уральский	0.51	1.02	62.0
Сибирский	<b>1.76</b>	<b>0.47</b>	<b>98.7</b>
Дальневосточный	1.39	0.48	93.7
Крымский	1.61	0.90	78.5

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

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	$vT_{2015}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$	$vT_{2015}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$	$vT_{2015}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$
Российская Федерация	<b>2.03</b>	<b>0.60</b>	<b>98.7</b>	0.50	0.45	68.4	0.99	0.40	87.3
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	2.25	1.50	88.6	-0.98	1.30	22.8	0.33	1.25	53.2
Азиатская часть России	<b>1.95</b>	<b>0.62</b>	<b>97.5</b>	1.10	0.47	91.1	1.25	0.55	93.7
Западная Сибирь	<b>3.73</b>	<b>1.41</b>	<b>98.7</b>	-0.83	1.22	34.2	-0.48	1.12	27.8
Средняя Сибирь	2.01	1.19	81.0	1.51	1.04	86.1	1.56	0.92	93.7
Прибайкалье и Забайкалье	1.30	1.09	82.3	<b>2.86</b>	<b>0.85</b>	<b>100.0</b>	<b>2.88</b>	<b>0.98</b>	<b>100.0</b>
Приамурье и Приморье	0.50	1.20	65.8	0.68	0.93	72.2	<b>2.34</b>	<b>0.79</b>	<b>100.0</b>
Восточная Сибирь	1.08	0.97	79.7	1.83	0.74	92.4	1.17	0.82	82.3
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	1.40	1.78	75.9	-2.43	1.57	6.3	0.10	1.26	40.5
Центральный	1.64	1.81	74.7	0.09	1.47	44.3	1.06	1.43	68.4
Приволжский	3.41	1.81	96.2	-1.20	1.59	25.3	-0.87	1.59	15.2
Южный	2.84	1.46	92.4	1.15	1.31	68.4	1.85	1.44	77.2
Северо-Кавказский	2.37	1.11	96.2	1.08	1.10	74.7	2.30	1.14	92.4
Уральский	<b>4.54</b>	<b>1.64</b>	<b>98.7</b>	-1.75	1.37	16.5	-1.26	1.31	10.1
Сибирский	2.20	1.10	88.6	1.58	0.87	91.1	1.48	0.81	93.7
Дальневосточный	0.98	0.80	81.0	1.46	0.64	91.1	<b>1.74</b>	<b>0.66</b>	<b>96.2</b>
Крымский	1.12	1.28	73.4	1.10	1.19	62.0	2.62	1.32	92.4

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков летом 2015 г.

Регионы	$vR_{2015}$	$RR_{2015}$	$m$	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2015})$
Российская Федерация	-0.8	99	-0.8	1.4	2.6	34.2
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	-1.9	97	-1.4	1.8	6.3	44.3
Азиатская часть России	-0.4	99	-0.1	2.8	2.4	32.9
Западная Сибирь	15.1	124	0.8	5.9	5.1	93.7
Средняя Сибирь	2.4	105	-0.8	2.9	5.2	45.6
Прибайкалье и Забайкалье	<b>-19.0</b>	<b>76</b>	<b>-0.1</b>	<b>6.9</b>	<b>4.6</b>	<b>0.0</b>
Приамурье и Приморье	-11.4	89	1.8	12.0	11.3	29.1
Восточная Сибирь	-2.7	95	-0.1	3.6	3.8	35.4
<b>Федеральные округа РФ</b>						

Северо-Западный	3.8	106	0.2	4.9	5.9	63.3
Центральный	-7.4	90	-2.0	8.3	12.8	35.4
Приволжский	3.1	105	-0.4	6.5	7.5	65.8
Южный	-13.4	73	-2.2	6.3	10.7	10.1
Северо-Кавказский	-9.8	84	-1.8	6.1	9.2	22.8
Уральский	<b>26.3</b>	<b>140</b>	<b>1.4</b>	<b>6.9</b>	<b>4.6</b>	<b>98.7</b>
Сибирский	-2.9	96	-0.4	3.1	4.3	16.5
Дальневосточный	-5.6	91	-0.4	3.6	3.8	19.0
Крымский	1.9	104	-1.0	8.4	8.5	63.3

**Примечание:** 1. Аномалии  $\nu R_{2015}$  (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 летние месяцы.

Регионы	Июнь			Июль			Август		
	$\nu R_{2015}$	$RR_{2015}$	$P(r \leq R_{2015})$	$\nu R_{2015}$	$RR_{2015}$	$P(r \leq R_{2015})$	$\nu R_{2015}$	$RR_{2015}$	$P(r \leq R_{2015})$
Российская Федерация	0.9	102	48.1	-2.0	97	43.0	-1.6	98	35.4
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	2.8	105	59.5	2.2	103	63.3	-10.7	82	17.7
Азиатская часть России	0.2	100	41.8	-3.7	95	22.8	2.0	103	53.2
Западная Сибирь	1.5	103	50.6	<b>22.7</b>	<b>134</b>	<b>96.2</b>	<b>21.2</b>	<b>133</b>	<b>97.5</b>
Средняя Сибирь	3.6	108	55.7	0.5	101	39.2	3.1	106	45.6
Прибайкалье и Забайкалье	-7.0	89	25.3	<b>-40.1</b>	<b>58</b>	<b>0.0</b>	-9.8	88	21.5
Приамурье и Приморье	7.8	110	69.6	-17.1	85	30.4	-25.1	79	25.3
Восточная Сибирь	-4.2	89	27.8	-7.4	87	30.4	1.6	103	51.9
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	4.5	108	51.9	8.7	113	73.4	-2.0	97	53.2
Центральный	3.4	105	59.5	-1.1	99	58.2	-24.6	62	12.7
Приволжский	-1.8	97	49.4	3.8	106	60.8	7.5	114	67.1
Южный	0.2	100	55.7	-11.3	77	31.6	<b>-29.0</b>	<b>31</b>	<b>1.3</b>
Северо-Кавказский	7.4	110	72.2	-15.2	73	26.6	-21.5	62	21.5
Уральский	14.5	124	88.6	<b>40.3</b>	<b>158</b>	<b>98.7</b>	<b>24.1</b>	<b>136</b>	<b>97.5</b>
Сибирский	-5.4	90	16.5	-9.7	87	15.2	6.4	109	65.8
Дальневосточный	1.0	102	53.2	-11.5	84	20.3	-7.3	90	25.3
Крымский	<b>32.0</b>	<b>165</b>	<b>98.7</b>	-0.8	98	60.8	-25.5	35	15.2

### 3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ЛЕТНИЙ 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 летнего сезона в целом и для каждого из месяцев лета.

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 летнего сезона на территории России с 1976 г.

На всей территории страны в летний сезон отмечается потепление, наиболее значительное на ЕЧР (до  $+0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет) и на севере Средней и Восточной Сибири (до  $+0.5^{\circ}\text{C}/10$  лет).

В отдельные летние месяцы наибольшее потепление наблюдается на ЕЧР в июле (на западе до  $+1^{\circ}\text{C}/10$  лет) и в августе (в южных районах  $+0.9^{\circ}\text{C}/10$  лет), в АЧР: в июне (в дельте Оби до  $+1.0^{\circ}\text{C}/10$  лет).

Для всех трех летних месяцев в Сибири отмечается область незначительного похолодания, смещающаяся с юга, от границы с Казахстаном, в июне на север, в часть Западно-Сибирской низменности от слияния Оби с Иртышом до Среднесибирского плоскогорья между  $65-70^{\circ}$ с.ш. Наименьший тренд отмечается в августе (до  $-2^{\circ}\text{C}/10$  лет). Эта перемещающаяся область похолодания проявляется для сезона в целом в виде области слабого потепления (от 0 до  $+0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) в Западной и Средней Сибири.

Тренд средней по России летней температуры за период 1976-2015 гг. положителен: он составляет  $+0.42^{\circ}\text{C}/10$  лет, объясняет 61% межгодовой изменчивости (табл. 3.1). Тренд примерно одинаков во все месяцы сезона и во всех случаях значим на 1%-м уровне. Сезонная температура с середины 1970-х гг. росла практически монотонно (сглаженная кривая на рис. 3.3). В июле с середины 1990-х гг. наблюдается замедление роста температуры.

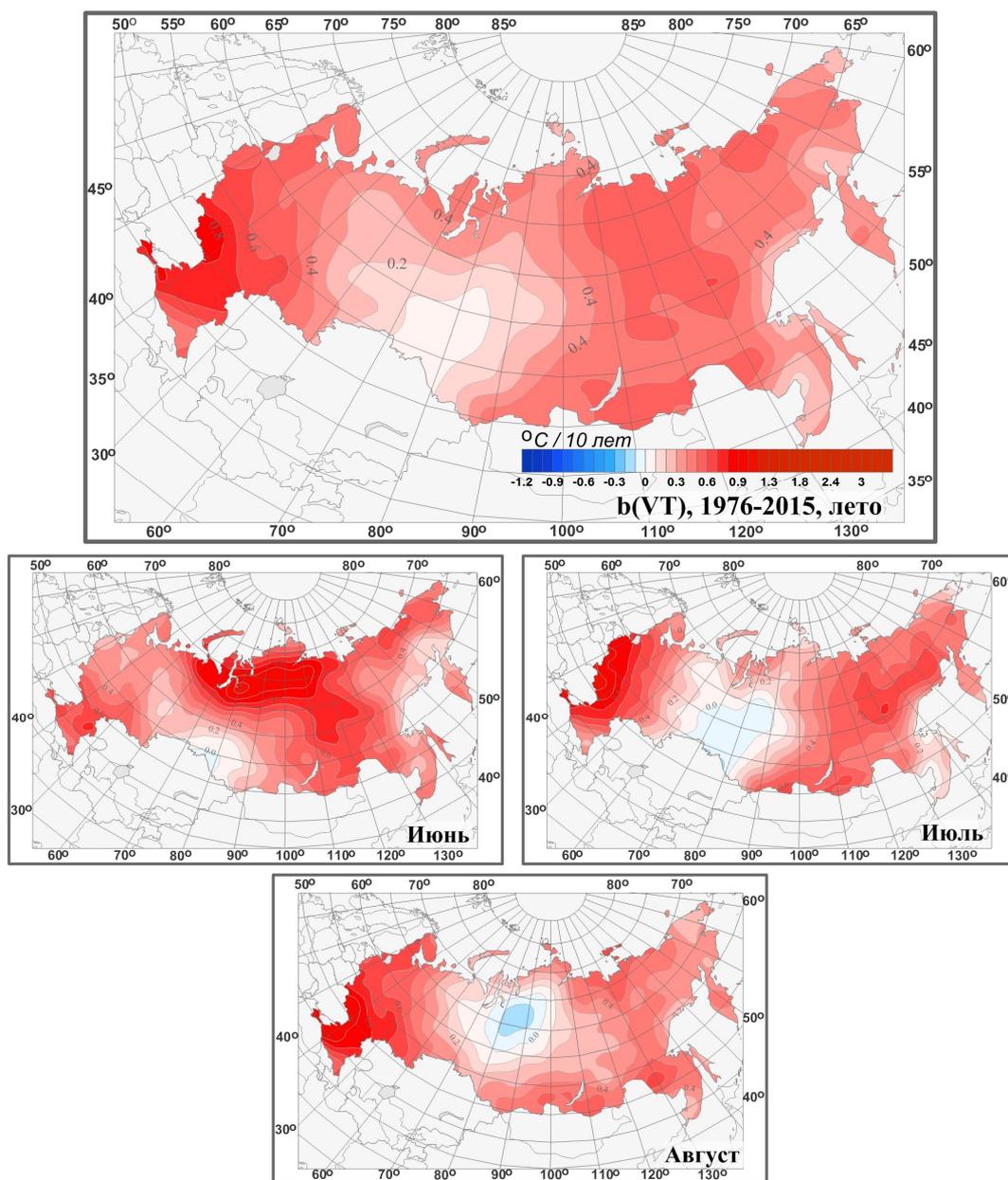
В изменении сумм осадков в течение всего летнего сезона (рис. 3.3) преобладает тенденция к их слабому уменьшению на ЕЧР (центральные и южные области), и к увеличению в АЧР (кроме арктического побережья, Камчатки и Чукотки).

Наиболее интенсивное уменьшение осадков отмечается в июле: на ЕЧР (кроме северных районов) и в Западной Сибири, на Таймыре, на Чукотке и в Магаданской области, на Камчатке и в Хабаровском крае (до  $10\%/10$  лет). В июне и августе эта тенденция выражена слабее.

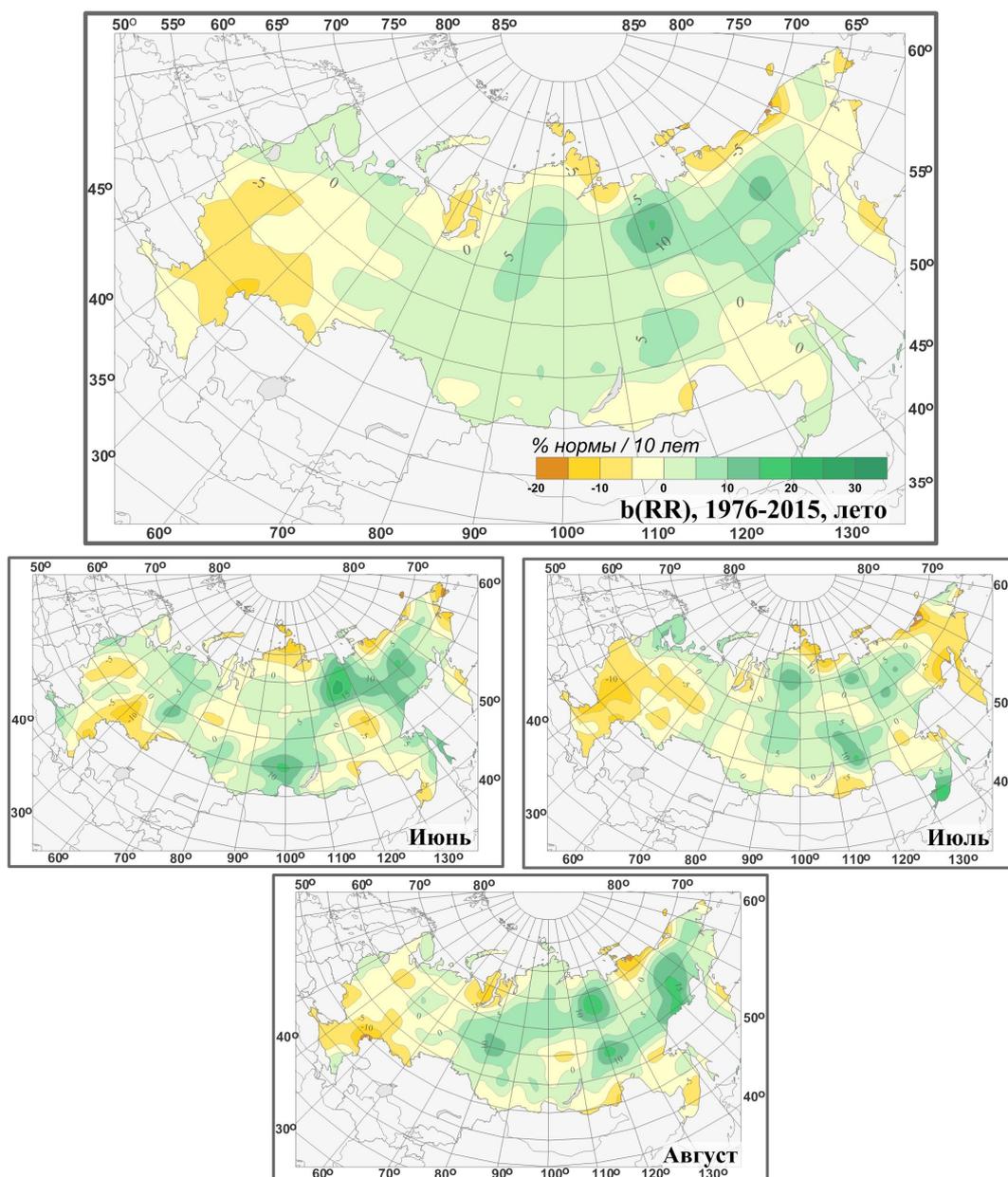
Тенденция к увеличению осадков на АЧР наиболее выражена в июне и августе (Якутия и Магаданская область: до  $20\%/10$  лет).

Тренды сумм осадков за период с 1936 г., в целом для России, сезонных и каждого месяца, незначимы: объясняют не более 4% межгодовой изменчивости. В то же время стоит отметить рост сезонных осадков в последние два десятилетия; однако, следует иметь в виду, что в ряду осадков наблюдаются выраженные долгопериодные

колебания с периодами в несколько десятилетий.



**Рисунок 3.1** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры (°C/10 лет) на территории России по данным за 1976-2015 (лето)



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

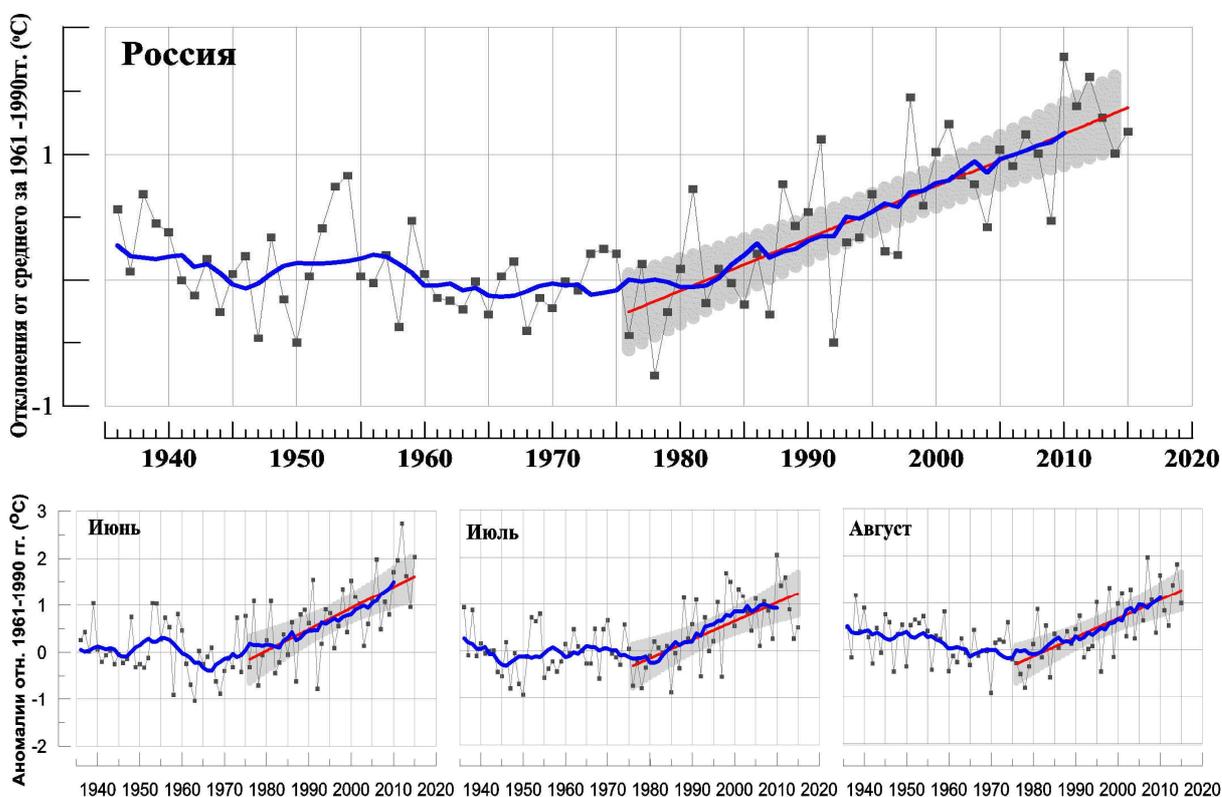
В таблице 3.1 приведены оценки линейного тренда температуры и осадков летнего сезона и каждого его месяца для территории РФ в целом.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за летний сезон, за 1976-2015 гг.

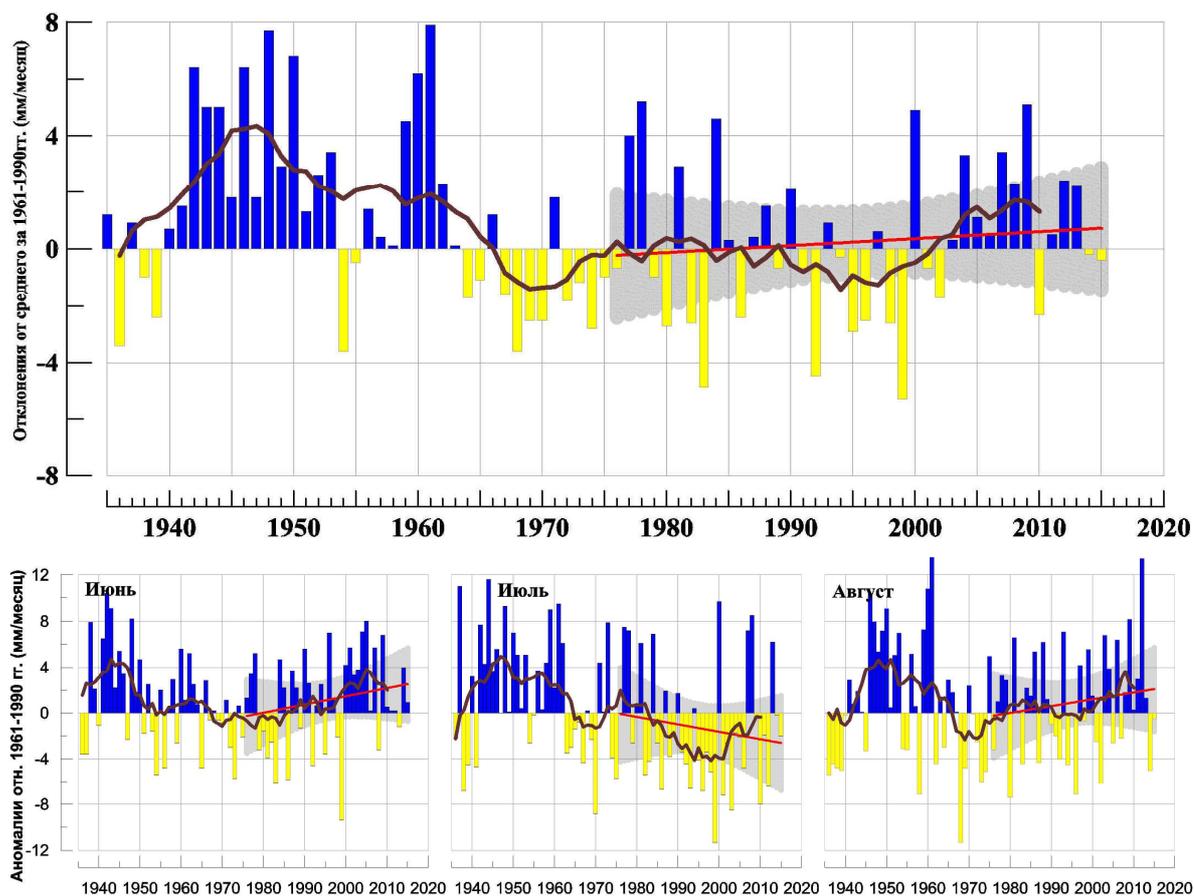
$b$  – коэффициенты линейного тренда,  $D$  – вклад тренда в дисперсию ряда.

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки	
	$b$ °C/10 лет	$D$ , %	$b$ мм/мес/10 лет	$D$ , %
<i>Лето</i>	0.42	61	0.2	1
Июнь	0.45	43	0.7	4
Июль	0.39	39	-0.6	2
Август	0.40	48	0.6	2



**Рисунок 3.3** – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха (°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.



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

#### **4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЛЕТНЕГО 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 – 4.5 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и месячных сумм осадков (мм/месяц) летнего 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.

Во всех регионах в среднем за период 1976-2015 гг. наблюдается выраженное потепление летних сезонов. Исключение составляют Западная Сибирь (и Уральский ФО), где эта тенденция в 2-3 раза слабее, чем в других регионах (Таблица 4.1), и статистически незначима (ср. также соответствующую область минимума сезонного потепления на рис.3.1). В большинстве регионов между 1940 – 1960 гг. наблюдался максимум температуры, который, однако, не достигал современного уровня.

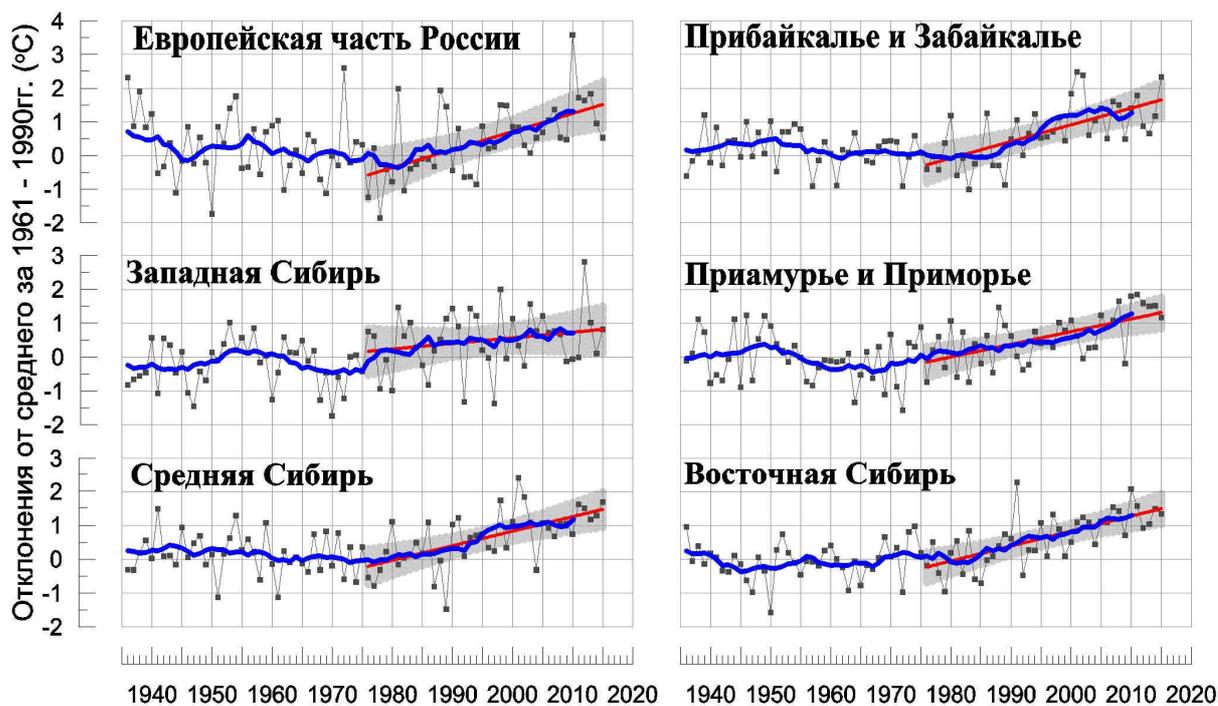
В изменениях регионально осредненных аномалий осадков летнего сезона (рис. 4.3 - 4.5) монотонных тенденций за период современного потепления (с 1976 г.) четко не прослеживается, кроме региона Средняя Сибирь (и Сибирского ФО), где тенденция к увеличению осадков значима на уровне 5%.

**Таблица 4.1**

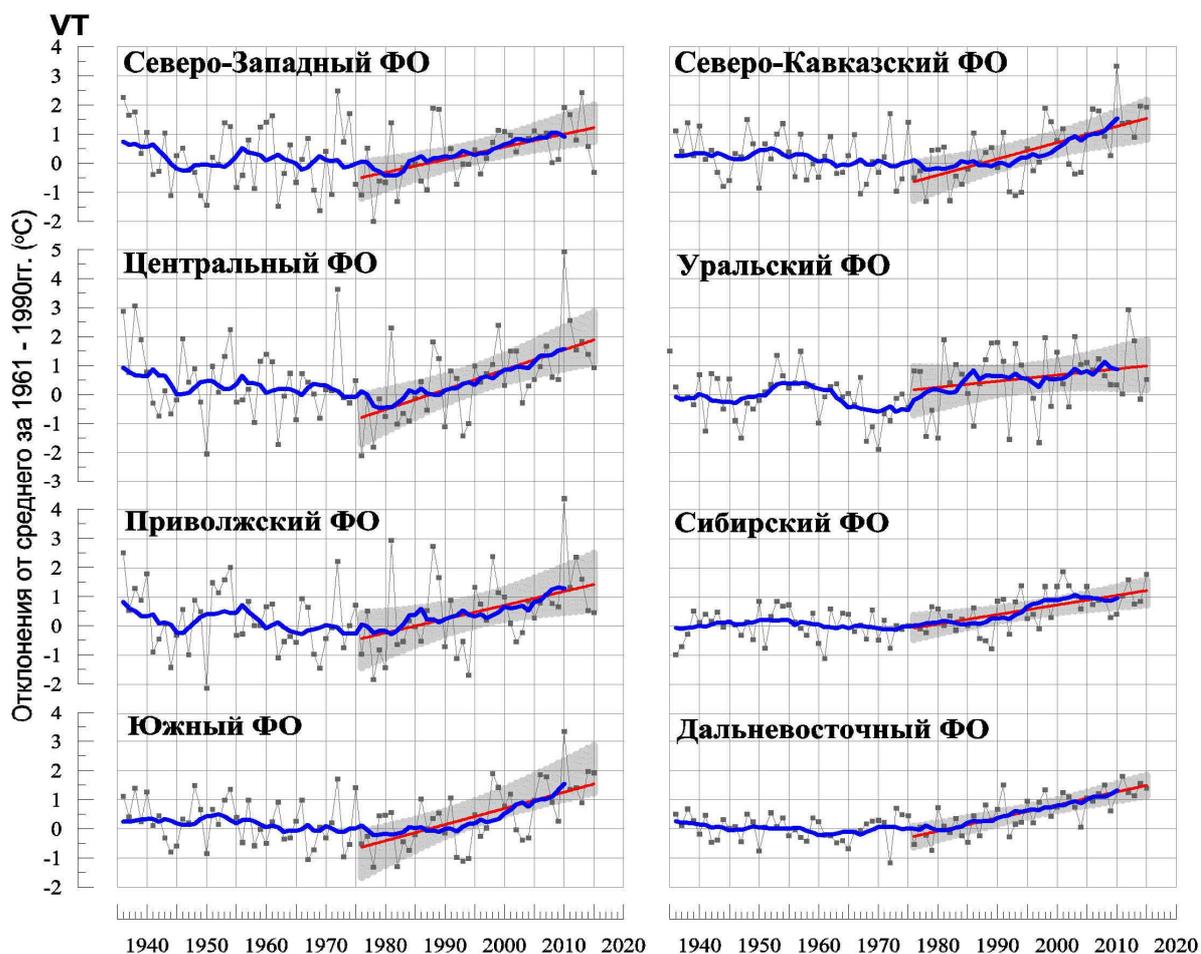
Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2015 гг. (летний сезон),

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

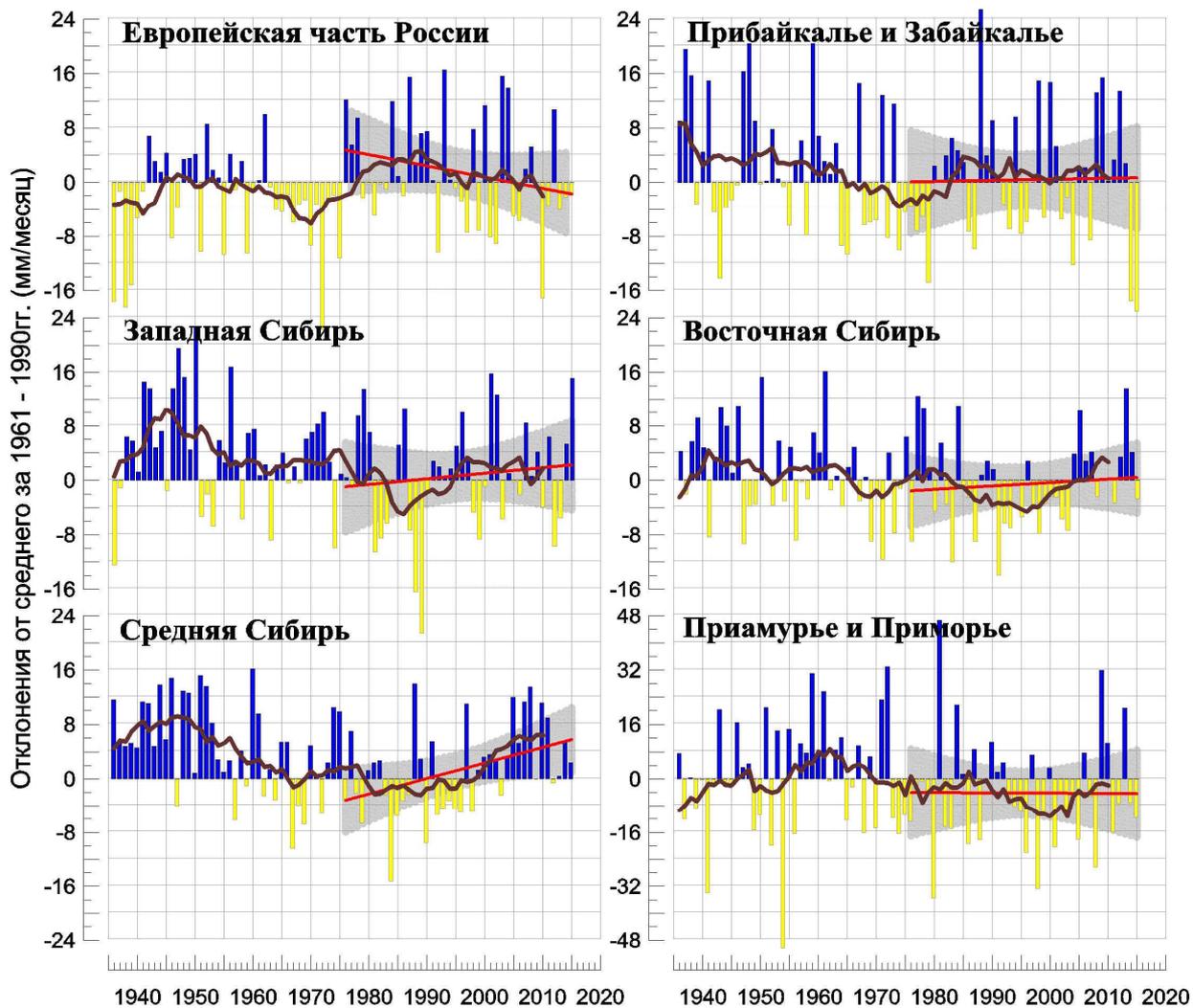
Регионы	Температура		Осадки		
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0.42	61	0.2	0.4	1
<b>Физико-географические регионы России</b>					
Европейская часть России	0.54	34	-1.6	-2.6	6
Азиатская часть России	0.37	58	0.9	1.4	9
Западная Сибирь	0.17	5	0.8	1.4	1
Средняя Сибирь	0.43	38	2.3	4.3	17
Прибайкалье и Забайкалье	0.50	43	0.2	0.2	0
Приамурье и Приморье	0.38	37	-0.1	-0.1	0
Восточная Сибирь	0.44	46	0.5	1.0	1
<b>Федеральные округа РФ</b>					
Северо-Западный	0.44	28	0.1	0.2	0
Центральный	0.69	35	-3.6	-5.1	9
Приволжский	0.48	18	-2.4	-4.1	6
Южный	0.75	44	-2.2	-4.5	4
Северно-Кавказский	0.56	38	-0.9	-1.5	1
Уральский	0.21	5	0.6	0.9	4
Сибирский	0.33	35	1.1	1.8	7
Дальневосточный	0.45	59	0.8	1.2	2
Крымский	0.85	59	-1.8	-4.0	2



**Рисунок 4.1** - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, лето 2015 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.

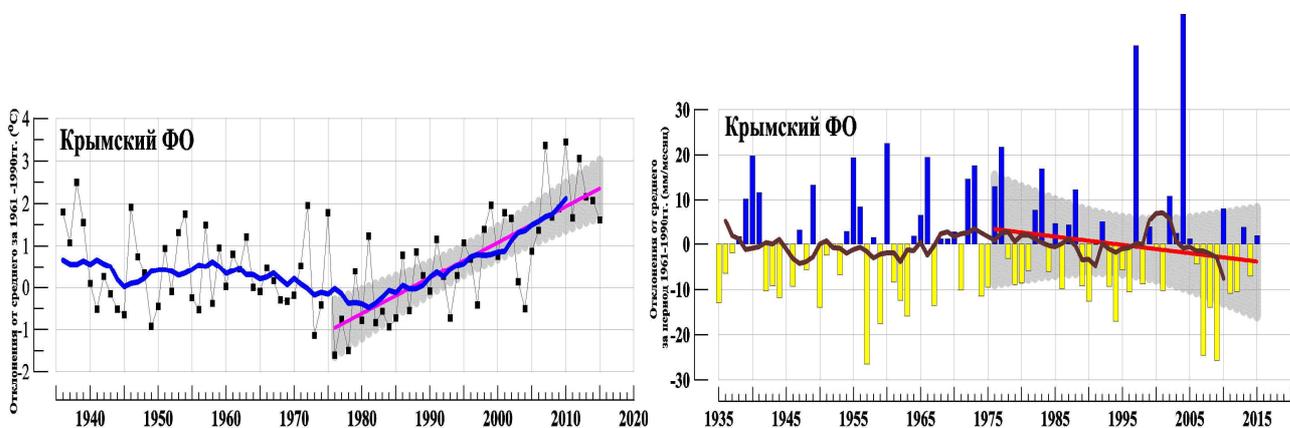


**Рисунок 4.2** – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов



**Рисунок 4.3** - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, лето 2015 г.

Условные обозначения см. на рис. 4.1.



**Рисунок 4.4** – – То же, что на рис. 4.1 - 4.3, но для Крымского ФО.

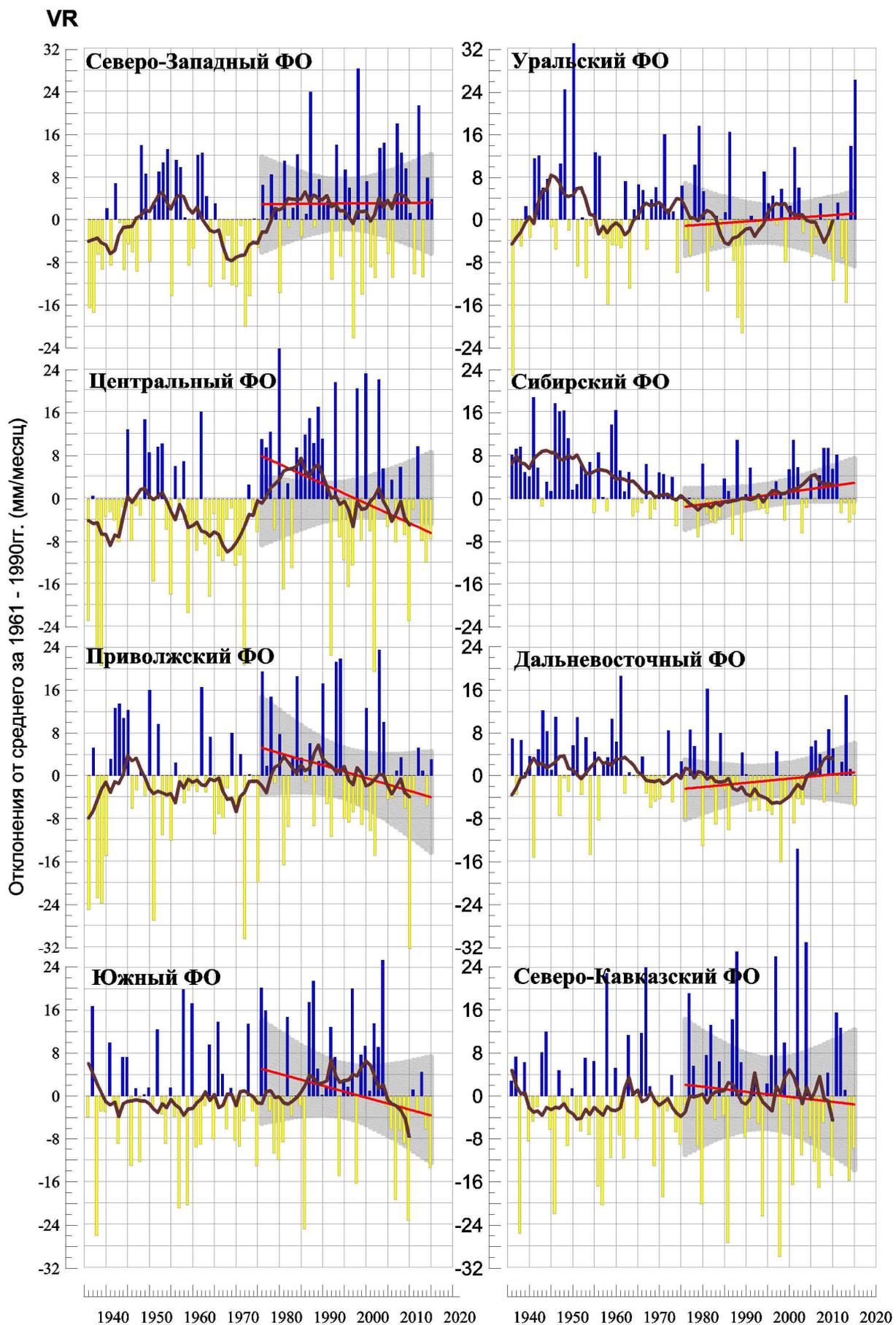
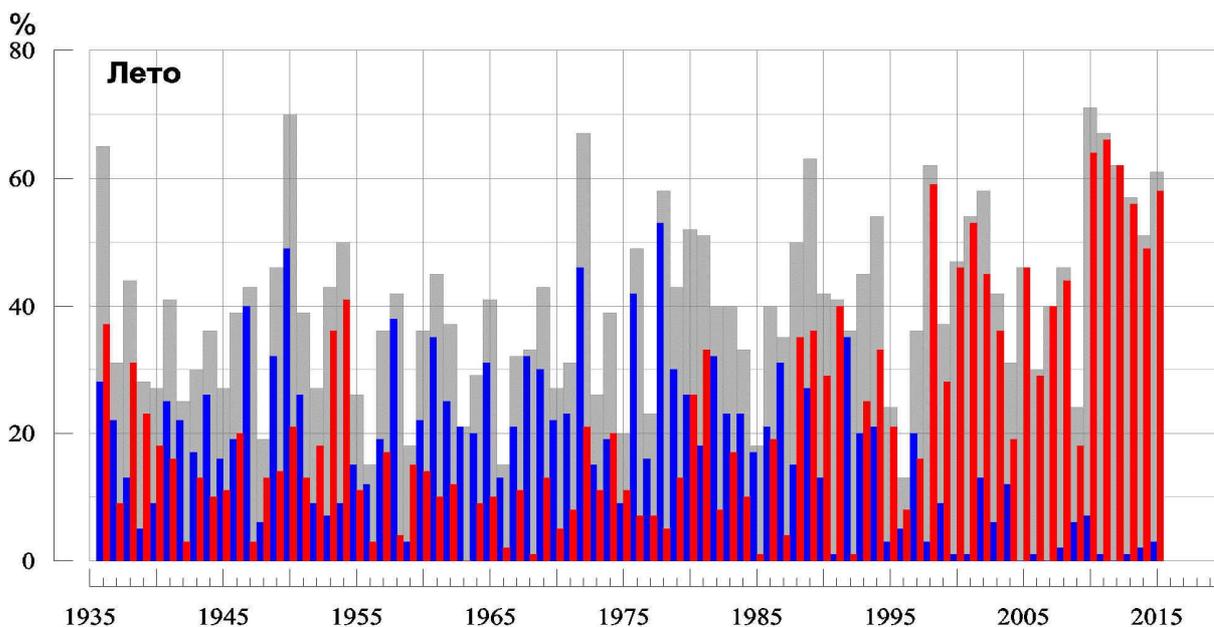


Рисунок 4.5 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

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

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для летнего 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 превышения ниже 20% и выше 80%), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2 стандартных отклонения) аномалиями температуры.

**Температура.** Летом 2015 года 58% площади территории России были заняты крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля), тогда как площадь областей отрицательных аномалий (ниже 20-го перцентиля) составила лишь 3% (рис. 5.1). В изменении площади под крупными положительными аномалиями тренд за период 1976-2015 составляет 12.0%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 53%). Суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков в целом после середины 1970-х гг. несколько выше, чем в предыдущий период; однако, явного роста после 1976 г. не наблюдается.



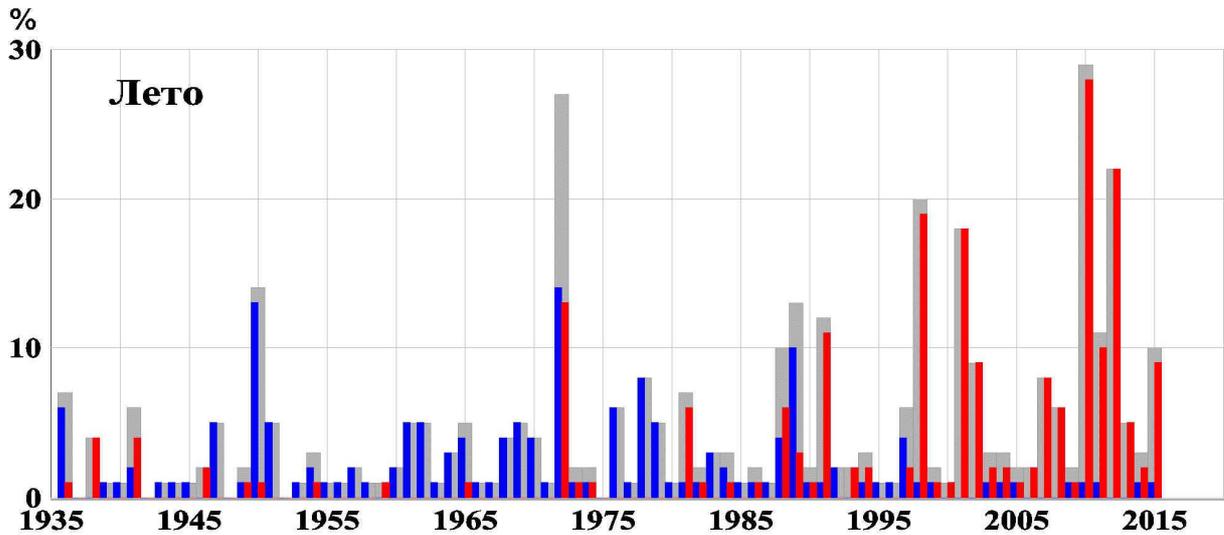
**Рисунок 5.1** – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2015 гг. (лето):

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

На рис.5.2 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше  $+2\sigma$  и ниже  $-2\sigma$ ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует вероятности примерно 2.3% процента для каждого хвоста распределения).

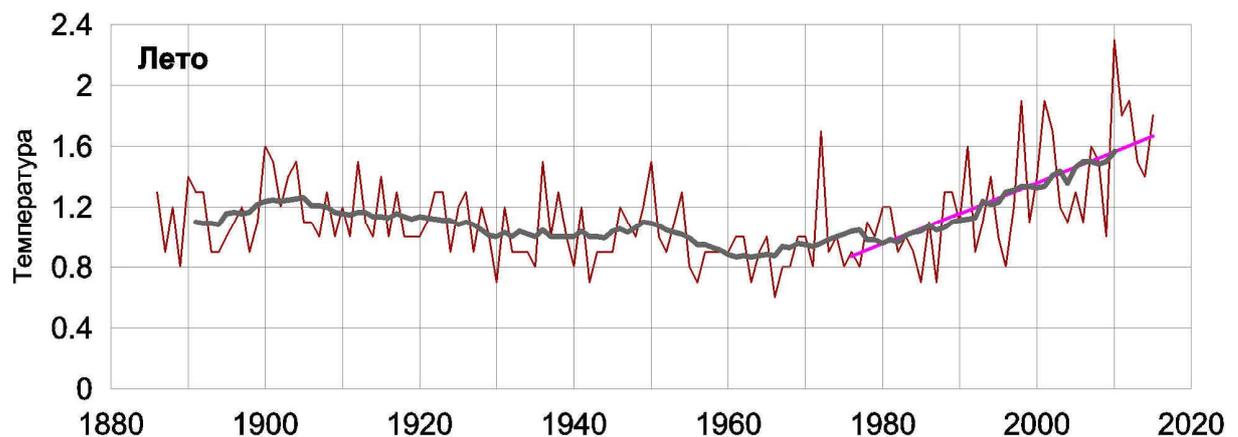
Летом 2015 года доля площади РФ, занятая экстремально теплыми аномалиями (выше  $+2\sigma$ ) составила 9% (седьмая величина с 1936 года, такая же как в 2002 году), а экстремально холодными аномалиями (ниже  $-2\sigma$ ) –1%. Экстремально холодные летние

сезоны наблюдались: в 1950 (13% площади под аномалиями ниже  $-2\sigma$ ), в 1972 (14%), в 1989 (10%). После 1997 г. преобладают экстремумы тепла, в том числе: в 2010 (28% площади под аномалиями выше  $+2\sigma$ ), в 2012 (22%), в 1998 (19%), в 2001 (18%), в 1972 г. (13%), в 1991 (11%).



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

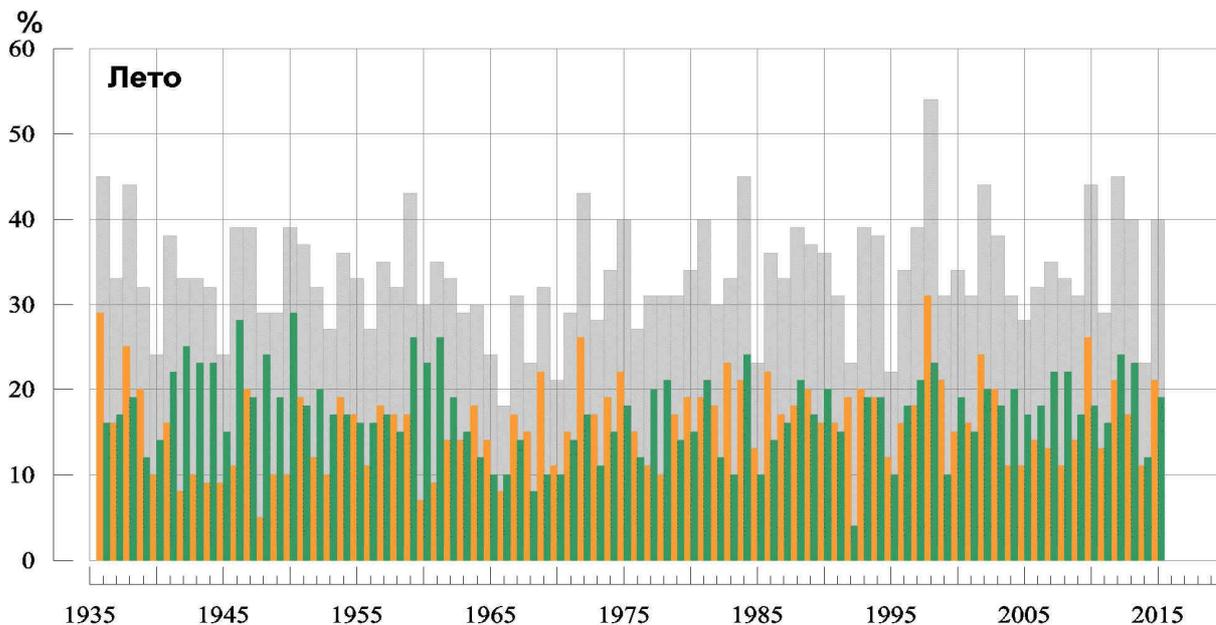
Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с 1970-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в летний сезон растет – тренд за 1976-2015 гг. объясняет 40% общей дисперсии ряда.



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

**Осадки.** Летом 2015 года площадь, занятая экстремальными аномалиями осадков меньше 20-го перцентиля, составила 21%, а занятая аномалиями больше 80-го перцентиля - 19% (рис. 5.4).

Для осадков характерно чередование периодов преобладания областей избытка (1940-1960 гг.) и дефицита (1965-1986 гг.) осадков. С начала 2000-х гг. преобладают крупные аномалии осадков больше 80 перцентиля. Явного роста суммарной площади с крупными аномалиями после 1976 г. не наблюдается.



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

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

## ВЫВОДЫ

1. Лето для Северного полушария в целом была экстремально теплым: аномалия температуры воздуха над сушей СП  $+1.05^{\circ}\text{C}$  (при стандартном отклонении  $0.20^{\circ}\text{C}$ ) – третья в ряду с 1886 г. Более теплые условия летом в Северном полушарии наблюдались лишь в 2010 г. ( $1.19^{\circ}\text{C}$ ) и 2012 г. ( $1.16^{\circ}\text{C}$ ). При этом разность между рекордной и второй величиной в ряду составляет лишь  $0.03^{\circ}\text{C}$ , а между второй и третьей  $0.11^{\circ}\text{C}$ .

2. Лето для России в целом было теплым (осредненная сезонная аномалия  $+1.18^{\circ}\text{C}$  – седьмая величина с 1936 года). Очень тепло в АЧР ( $1.43^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936 г). Экстремально тепло на юге Сибирского ФО (осредненная по ФО аномалия  $1.76^{\circ}\text{C}$  – вторая величина в ряду), на многих станциях температура выше 95-го перцентиля, аномалии до  $3.5^{\circ}\text{C}$ . В ЕЧР очень тепло в южных районах, особенно в Северо-Кавказском ФО (аномалия  $1.92^{\circ}\text{C}$  – третья величина с 1936 года).

Холодно на севере и северо-востоке европейской части России, на Урале и на юго-западе Западной Сибири (аномалии до  $-1.3^{\circ}\text{C}$ ). Холодные условия наблюдались здесь в июле и в августе.

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 58% (пятая величина с 1936 года), а под экстремальными положительными аномалиями (выше  $2\sigma$ ) 9% (седьмая в ряду).

4. Экстремально теплым был *июнь*. Осредненная по России аномалия температуры  $+2.03^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936 года (рекордным был июнь 2012 года с аномалией  $2.75^{\circ}\text{C}$ ). Тепло было практически всюду (кроме небольших по площади областей отрицательных аномалий (не ниже  $-0.5^{\circ}\text{C}$ ) на западе ЕЧР, на севере Якутии и в Приморье). Экстремально тепло в Прикаспии и в Поволжье, на Северном Урале, в Западной Сибири ( $3.73^{\circ}\text{C}$  – вторая величина с 1936 года), аномалии до  $7.5^{\circ}\text{C}$ .

В *июле* и в *августе* экстремально тепло было в районе Байкала (месячные аномалии в регионе Прибайкалье и Забайкалье составили:  $2.86^{\circ}\text{C}$  и  $2.88^{\circ}\text{C}$  – рекордные величины в соответствующих рядах). В *августе* территория с температурными экстремумами была значительно больше, чем в июле: экстремумы наблюдались также в центре и на юге Дальневосточного ФО (осредненная по Приамурью и Приморью аномалия  $2.34^{\circ}\text{C}$  – рекордная в ряду с 1936 года).

В *июле* (особенно) и в *августе* холодно на северо-востоке и востоке ЕЧР, на Урале (в июле аномалии около  $-4^{\circ}\text{C}$ , в августе до  $-2^{\circ}\text{C}$ ) и в Западной Сибири. В *июле* холодно также на северо-западе ЕЧР (до  $-2.9^{\circ}\text{C}$ )

5. Летом в среднем по РФ выпало 99% нормы осадков. В ЕЧР дефицит осадков (80%-60% нормы) наблюдался на западе и юге, особенно в Южном ФО: 73% нормы – среди девяти самых сухих летних сезонов. В АЧР значительный дефицит осадков наблюдался на юго-востоке и востоке, особенно в районе Байкала (осредненные по Прибайкалью и Забайкалью осадки 76% нормы – минимальная величина с 1936 года) и Приамурья.

Особенность лета: значительный избыток осадков на севере и востоке европейской части, на Урале (на Среднем Урале на ряде станций выпало более полутора норм, осредненные по Уральскому ФО осадки 140% нормы – вторая величина с 1936 года), на большей части Западной Сибири, на Таймыре – в этих районах избыток осадков наблюдался во все месяцы сезона; в нижнем течении Лены (за счет июля и августа).

Неоднородность выпадения осадков по территории страны наблюдалась во все месяцы сезона. В июне преобладал избыток осадков (осредненные по РФ осадки 102% нормы), а в июле (97%) и в августе (98%) – дефицит.

6. Засухи, в основном, средней интенсивности, наблюдались на фоне дефицита осадков и экстремальных температур в ряде областей юга ЕЧР и юга Сибири.

7. Из наиболее выдающихся особенностей месяцев следует отметить: в **июне** - значительный избыток осадков (на ряде станций более 2-х норм) на севере и востоке европейской части, и, далее, на Урале, в центре и на севере Западной Сибири, на Таймыре; в **июле** - сильный дефицит осадков (80%-40% нормы) в Забайкалье (осредненные по Прибайкалью и Забайкалью осадки 58% нормы – минимальная величина с 1936 года) и на юге Якутии; область избытка осадков (более 120% нормы) в центре и на востоке ЕЧР, в Западной Сибири (134% – 4-ая в ряду с 1936 года), на западе Среднесибирского плоскогорья, в нижнем течении Лены и в течении Алдана; в **августе** - сильный дефицит осадков (80%-20%) в ЕЧР, особенно на западе и юге (Южном ФО выпало лишь 31% нормы – вторая величина с 1936 года); значительный избыток осадков (более 120% нормы) на севере и на востоке ЕЧР и, далее, в азиатской части полосой: от юго-запада до северо-востока, особенно на юге и в центре Западной Сибири (осредненные по Западной Сибири осадки 133% – третья величина с 1936 г.).

8 Летом площадь, занятая крупными аномалиями осадков ниже 21-го перцентиля – 19%, выше 80 перцентиля составила 29%,

9. В целом по России линейный тренд летней температуры воздуха за период 1976-2015 гг. положителен и составляет  $+0.42^{\circ}\text{C}/10$  лет, объясняет 61% межгодовой изменчивости. Тренд примерно одинаков во все месяцы летнего сезона и значим на 1%-м уровне.

Наиболее значительное потепление летних сезонов (до  $+0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет) отмечается на ЕЧР, в Якутии и в Забайкалье. Наиболее слабое потепление (от 0 до  $+0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) отмечается в Западной и Средней Сибири и связано с незначительным похолоданием, которое отмечается здесь во все месяцы сезона, однако локализация этой области от месяца к месяцу существенно менялась.

10. В изменении сумм осадков летнего сезона преобладает тенденция к их слабому уменьшению на ЕЧР (центральные и южные области, особенно в июле), и к увеличению в АЧР (кроме арктического побережья, Камчатки и Чукотки, особенно в июне и в августе).

## 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



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении\* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) летом 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

---

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

широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается «ячеечное» 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 ячеечных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

Аналогичным образом, по данным о стационарных «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 ЛЕТОМ 2015 г.

В таблицах 2 и 3 приведены стационарные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого летнего 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.

*Летом* (рис. 1) на всех станциях республики аномалии температуры были намного выше нормы, аномалии от +1.59°C (в Могилеве) до +3.02°C (в Пинске). В Минске, Бресте и Пинске сезонные температуры выше 95-го перцентиля. Сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики +2.18°C – 8-ая положительная величина в ряду.

**Таблица 2**

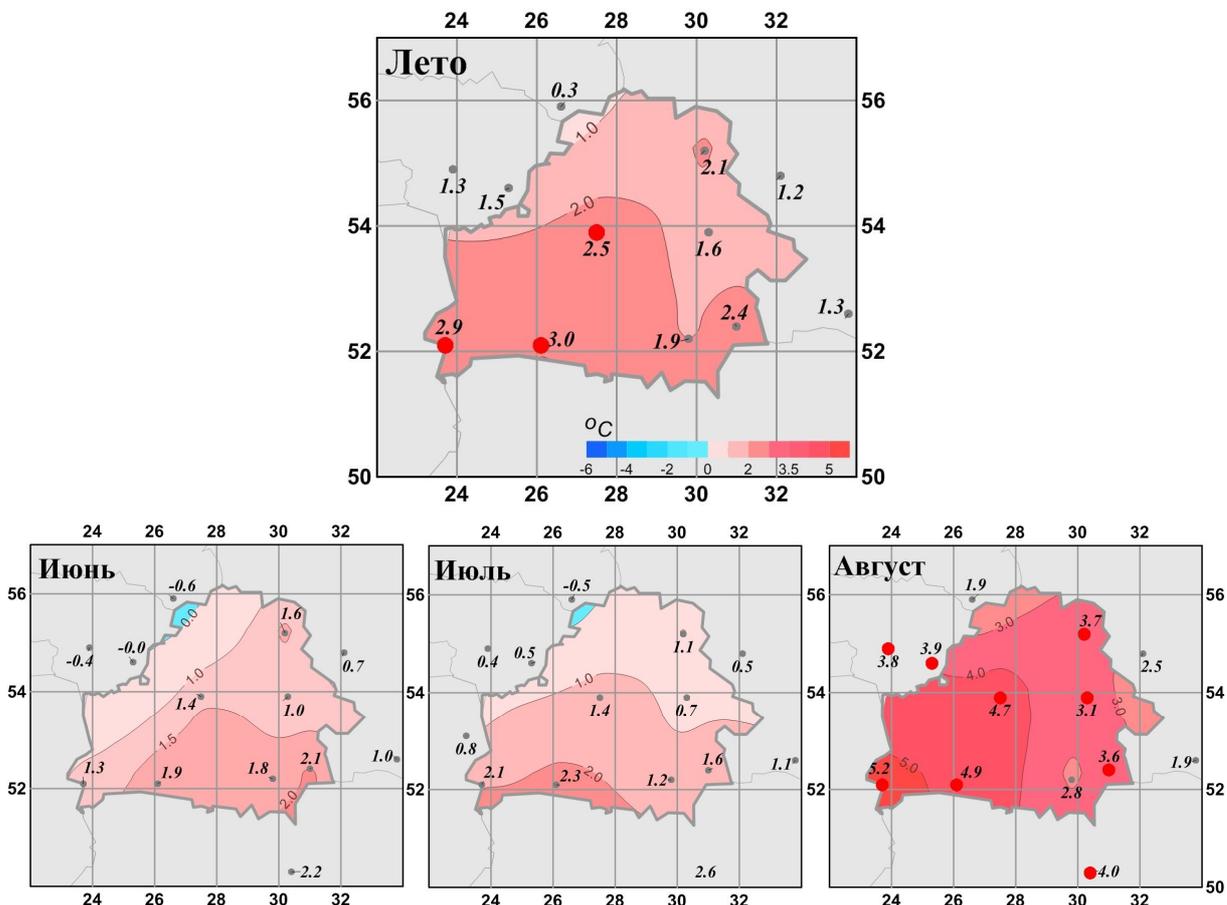
Характеристики температурного режима на станциях Беларуси летом 2015 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	<b>26666</b>	<b>26850</b>	<b>26863</b>	<b>33008</b>	<b>33019</b>	<b>33038</b>	<b>33041</b>
а) температура (град. Цельсия)							
<i>Лето</i>	<b>18.43</b>	<b>19.17</b>	<b>18.20</b>	<b>20.23</b>	<b>20.03</b>	<b>19.37</b>	<b>20.17</b>
Июнь	17.6	17.6	17.2	18.0	18.4	18.9	19.4
Июль	18.1	18.7	18.0	20.1	19.9	19.3	20.0
Август	19.6	21.2	19.4	22.6	21.8	19.9	21.1
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Лето</i>	<b>2.14</b>	<b>2.51</b>	<b>1.59</b>	<b>2.86</b>	<b>3.02</b>	<b>1.92</b>	<b>2.4</b>
Июнь	1.65	1.44	1	1.25	1.87	1.76	2.06
Июль	1.05	1.39	0.68	2.08	2.29	1.24	1.57
Август	3.72	4.7	3.1	5.24	4.91	2.75	3.58

Тепло было во все месяцы сезона.

Экстремально тепло в августе. Августовская аномалия температуры, осредненная по территории республики:  $+3.79^{\circ}\text{C}$  – 8-ая положительная величина в ряду. На всех станциях (кроме Василевичей) температуры выше 95-го перцентиля.

В июне и в июле наиболее теплые условия (аномалии до  $2^{\circ}\text{C}$ ) наблюдались в южных районах республики.



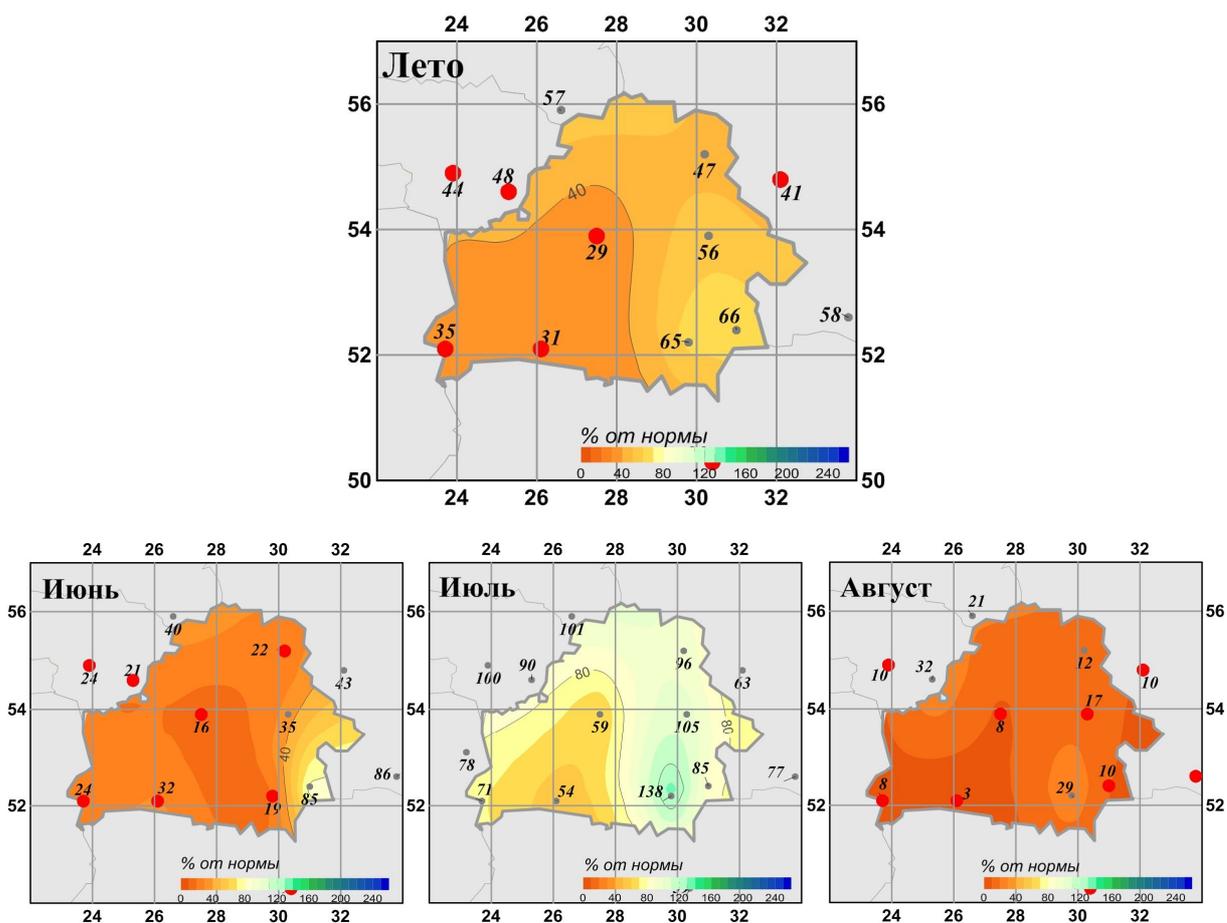
**Рисунок 1** - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) приземного воздуха на территории республики Беларусь летом.

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

**Летом** (рис. 2) осредненные по территории республики осадки составили 48% сезонной нормы – минимальная величина в ряду (предыдущий минимум 1951 года составил 52% нормы). В Минске, Бресте и Пинске сезонные осадки были меньше 5-го процентиля.

Сильный дефицит осадков наблюдался в июне (до 16% нормы в Минске) и в августе (до 3% нормы в Пинске). На большинстве станций количество выпавших осадков было меньше 5-го процентиля. Осредненные по территории республики июньские и августовские аномалии осадков:  $-50.4$  мм/месяц и  $-59.9$  мм/месяц – четвертая в ранжированном по возрастанию ряду и минимальная величина в ряду.

В июле преобладал дефицит осадков. Лишь в центральных районах: в Могилеве (105% нормы) и в Василевичах (138%), наблюдался избыток осадков.



**Рисунок 2** - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь летом.  
 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 процентиля

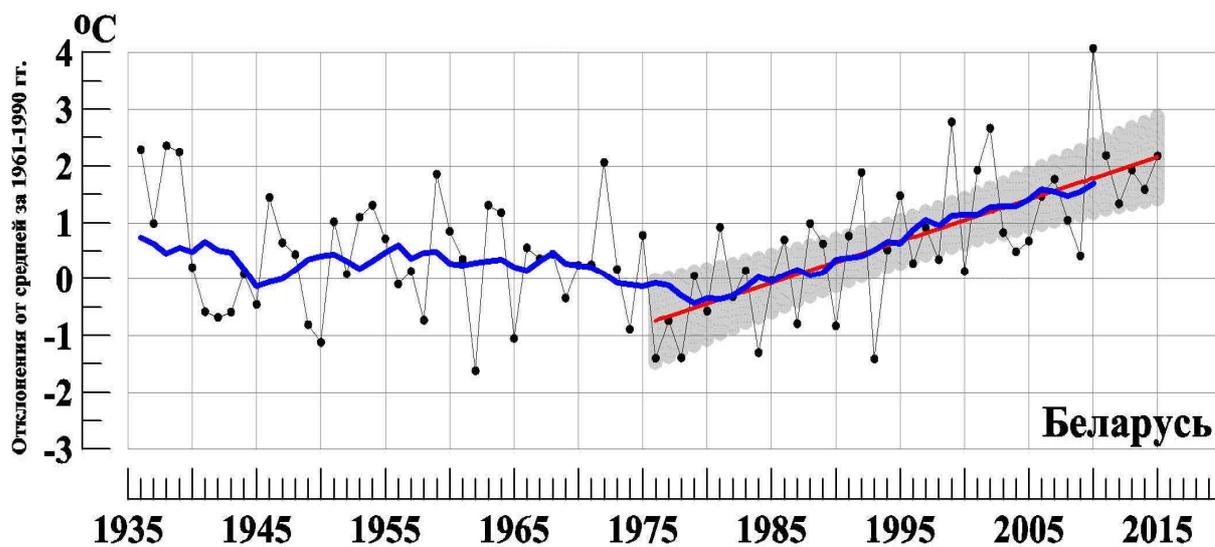
**Таблица 3**

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси летом 2015 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	<b>26666</b>	<b>26850</b>	<b>26863</b>	<b>33008</b>	<b>33019</b>	<b>33038</b>	<b>33041</b>
<b>а) Сумма осадков (мм/месяц)</b>							
<i>Лето</i>	38.7	23.7	42.7	26.7	22.3	52.7	49.3
Июнь	17	13	28	17	25	15	72
Июль	90	52	89	57	40	122	70
Август	9	6	11	6	2	21	6
<b>б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)</b>							
<i>Лето</i>	-43	-57.4	-33.8	-49.3	-50.2	-27.9	-25.9
Июнь	-61.4	-69.7	-52.6	-54.5	-54.2	-64.4	-12.4
Июль	-3.5	-36.1	4.2	-23.2	-34.3	33.3	-12.1
Август	-64.1	-66.4	-53	-70.2	-62.1	-52.6	-53.2

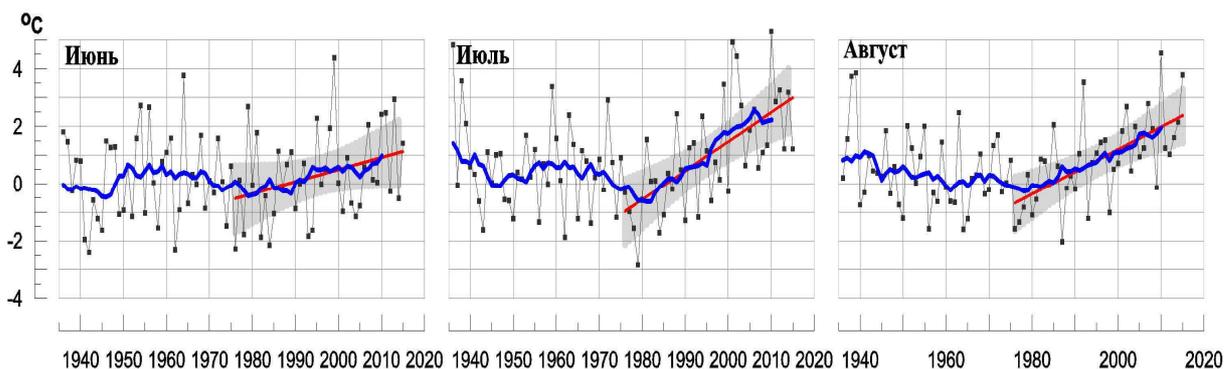
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
Лето	47	29	56	35	31	65	66
Июнь	22	16	35	24	32	19	85
Июль	96	59	105	71	54	138	85
Август	12	8	17	8	3	29	10

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 (июнь - август) 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.*



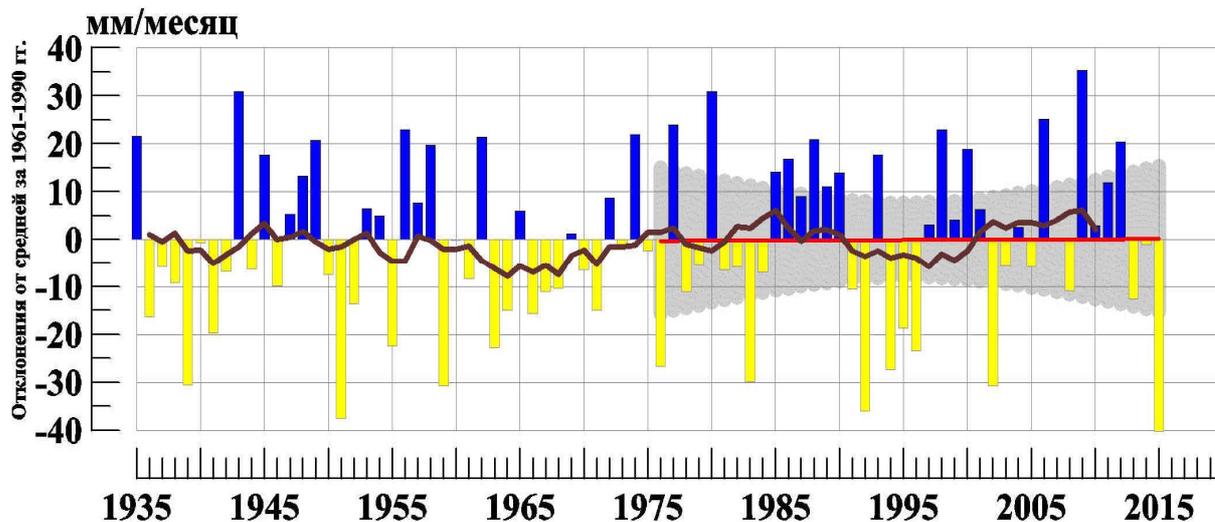
**Рисунок 4** - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории Республики Беларусь.

*Условные обозначения см. на рисунке 3.*

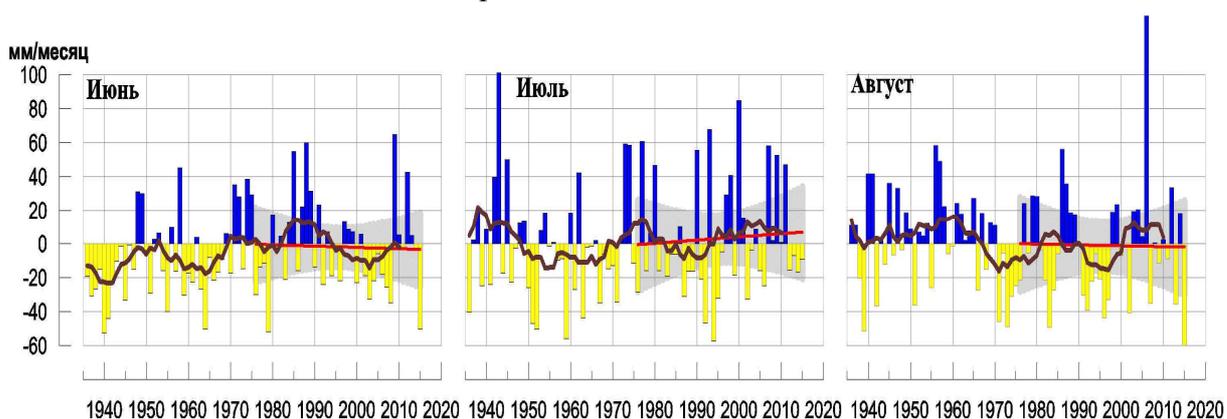
Тренд летних температур, в среднем по территории Беларуси, составил  $+0.74^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 48% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд положителен. Наибольшее потепление наблюдается в июле: тренд составил  $+1.02^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 40% дисперсии ряда) и в августе ( $+0.78^{\circ}\text{C}/10$  лет, 38%).

В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил 0

мм/месяц/10 лет (ответствен за 0% дисперсии). Вклад трендов осадков в суммарную изменчивость за сезон и за все месяцы сезона статистически незначим даже на 5%-ом уровне значимости.



**Рисунок 5** - Сезонные (июнь - август) 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 летний сезон и в отдельные месяцы сезона.

	$\nu T_{2015}$	s	$\nu R_{2015}$	s
<i>Лето</i>	<b>2.18</b>	<b>0.91</b>	<b>-40.2</b>	<b>15.9</b>
Июнь	1.41	1.49	-50.4	28.1
Июль	1.22	1.38	-9.4	30.3
Август	3.79	1.10	59.9	26.9

**Примечание:** Аномалии  $\nu T_{2015}$  ( $^{\circ}C$ ),  $\nu R_{2015}$  (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>Лето</i>	<b>0.74</b>	<b>48</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>
Июнь	0.42	<b>10</b>	-0.8	0
Июль	1.02	<b>40</b>	1.9	0
Август	0.78	<b>38</b>	-0.5	0

## ВЫВОДЫ

1. Лето в Беларуси было теплым, сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики  $+2.18^{\circ}\text{C}$  – 8-ая положительная величина в ряду. На станциях юго-запада республики (в Минске, Бресте и Пинске) сезонные температуры были выше 95-го перцентиля.

2. Экстремально тепло в августе (аномалия  $+3.79^{\circ}\text{C}$  – 8-ая положительная величина в ряду). На всех станциях (кроме Василевичей) температуры выше 95-го перцентиля.

В июне и июле тепло, особенно в южных районах с аномалиями до  $2^{\circ}\text{C}$ .

3. Лето в Беларуси: засушливый сезон, осредненные по республике осадки составили 48% нормы - минимальная величина в ряду.

Из месяцев следует отметить июнь и август (особенно): на большинстве станций количество выпавших осадков было меньше 5-го перцентиля, осредненные по этим месяцам аномалии осадков:  $-50.4$  мм/месяц и  $-59.9$  мм/месяц - четвертая в ранжированном по возрастанию ряду и минимальная величина в ряду

4. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон (линейный тренд составил  $0.74^{\circ}\text{C}/10$  лет, ответствен за 48% дисперсии), так и в отдельные летние месяцы. Наибольшее потепление наблюдается в июле: тренд составил  $+1.02^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 40% дисперсии ряда).

В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил  $0$  мм/месяц/10 лет (ответствен за 0% дисперсии), то есть линейного тренда в сезонных осадках за период 1976-2015 гг. не наблюдается. Увеличение осадков наблюдается в июле, а уменьшение в июне и в августе, но вклад трендов осадков в суммарную изменчивость за сезон и за все месяцы сезона статистически незначим даже на 5%-ом уровне значимости.