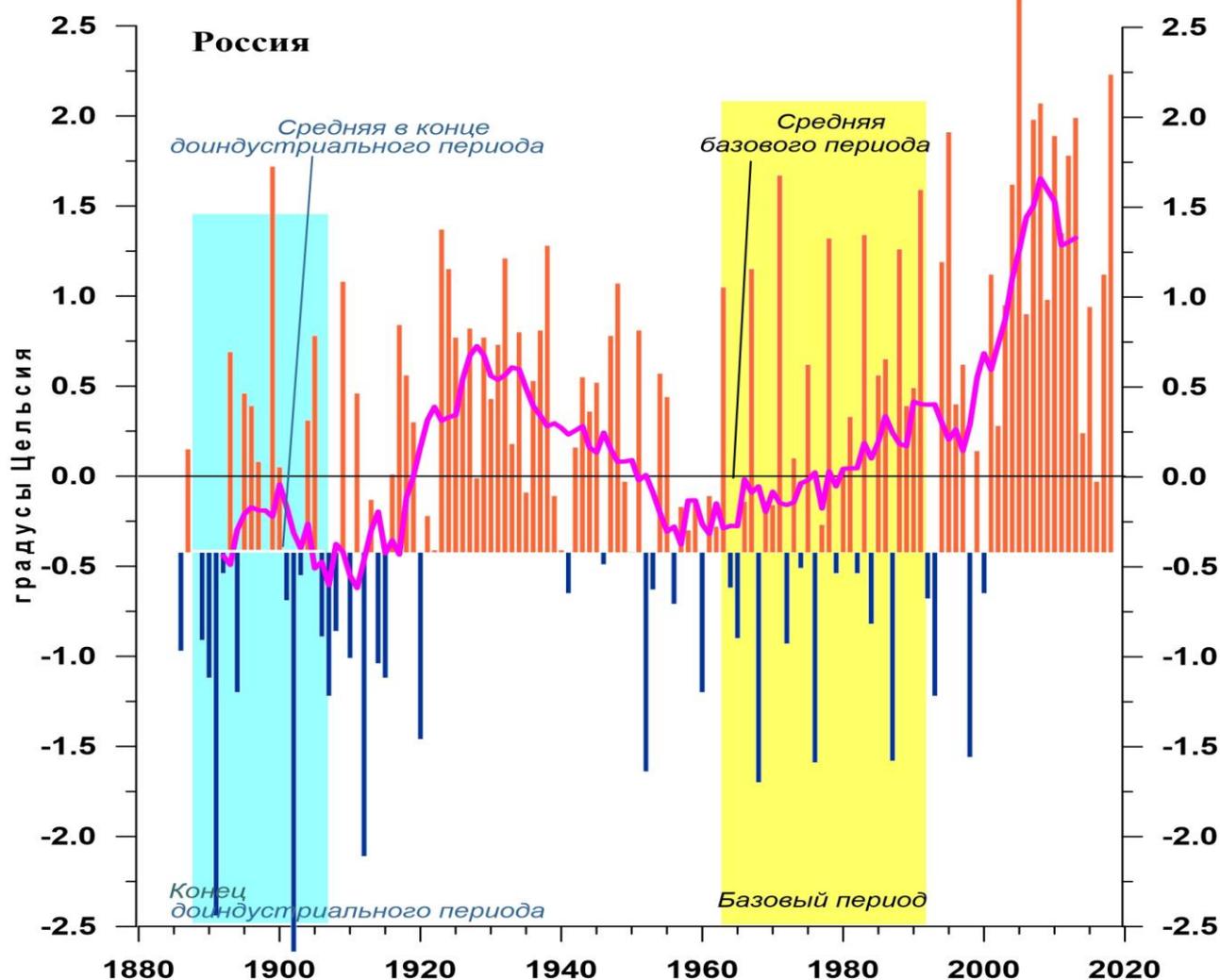


Федеральная служба  
по гидрометеорологии и мониторингу  
окружающей среды

Предварительный  
Российская  
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2018

ОСЕНЬ: сентябрь – ноябрь

Обзор состояния и тенденций изменения  
климата России

★  
Москва 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ<sup>1</sup>

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (осенний сезон) .....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2018 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ .....	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ОСЕННИЙ СЕЗОН.....	15
4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ОСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ, 1936-2018 гг.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2018 гг. (осенний сезон) .....	25
ВЫВОДЫ .....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности осени 2018 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 – 2018 гг. (осень)  
*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 базовых архивах ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Архивы включают данные инструментальных наблюдений на 1383 (температура и осадки) и 3288 (только температура) станциях земного шара, в том числе 455 (702) станций стран СНГ и Балтии (из них 315 (576) станций России). В настоящем выпуске использованы данные 249 (398) 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. В качестве дополнительных характеристик аномалий используются показатели, основанные на функции распределения (вероятности неперевышения, процентиля; при этом, вероятность неперевышения 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) и порядковые статистики (ранги, т.е. порядковые номера в упорядоченном ряду значений).

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.

Для температуры воздуха все данные в тексте и на картах приведены по архиву Т3288, а осредненные по регионам данные на графиках и в таблицах – по двум архивам: Т3288 и Т1383. Для осадков все оценки приведены по базовому архиву R1383.

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 станционных аномалий. Затем выполняется взвешенное осреднение ячейчных средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Аналогично, для каждого региона по данным о станционных 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 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»).

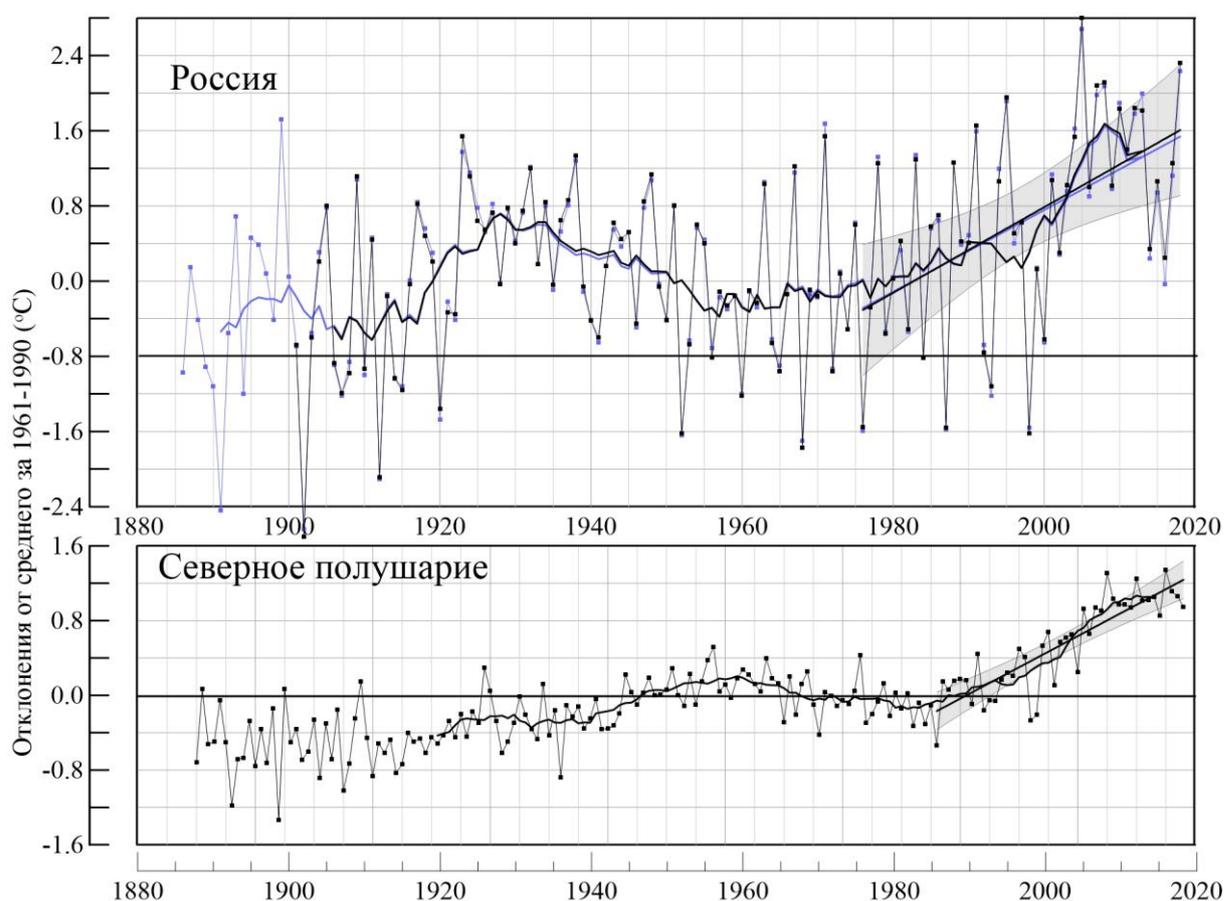
---

\* 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 (осенний сезон)

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (осень 2018: сентябрь - ноябрь), 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](http://www.cru.uea.ac.uk)). Временные ряды для территории России рассчитаны по станционным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» по двум базовым архивам, содержащим 3288 (T3288: начальный год 1901) и 1383 (T1383: с 1886 г.: архив, использовавшийся в предыдущей версии бюллетеня) станции на поверхности суши Земного шара соответственно. Представлены также линейные тренды за 1976-2018 гг.



**Рисунок 1.1** – Сезонная аномалия (осень: сентябрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненная по суше Северного полушария (суша) и территории России Для России: черным цветом показаны оценки по архиву T3288 (1991-2018 гг.), синим – по архиву T1383 (1886-2018 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 1976-2018 гг. (доверительная область для России показана для архива T3288). Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).*

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.

Аномалия температуры воздуха над сушей СП осенью составила  $+0.944^{\circ}\text{C}$  (стандартное отклонение  $0.24^{\circ}\text{C}$ ) – двенадцатая величина с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила  $2.32^{\circ}\text{C}$  при величине стандартного отклонения  $0.90^{\circ}\text{C}$  (2-я в ряду с 1901 года). Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений осенних температур за период 1976-2018 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Величина тренда средних по территории России осенних температур в 1.3 раза выше, чем средних по Северному полушарию. В последнее десятилетие наблюдается некоторое замедление потепления, как для Северного полушария, так и для России.

**Таблица 1.1**

Сезонные (осень: сентябрь – ноябрь) 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 1976-2018 гг.

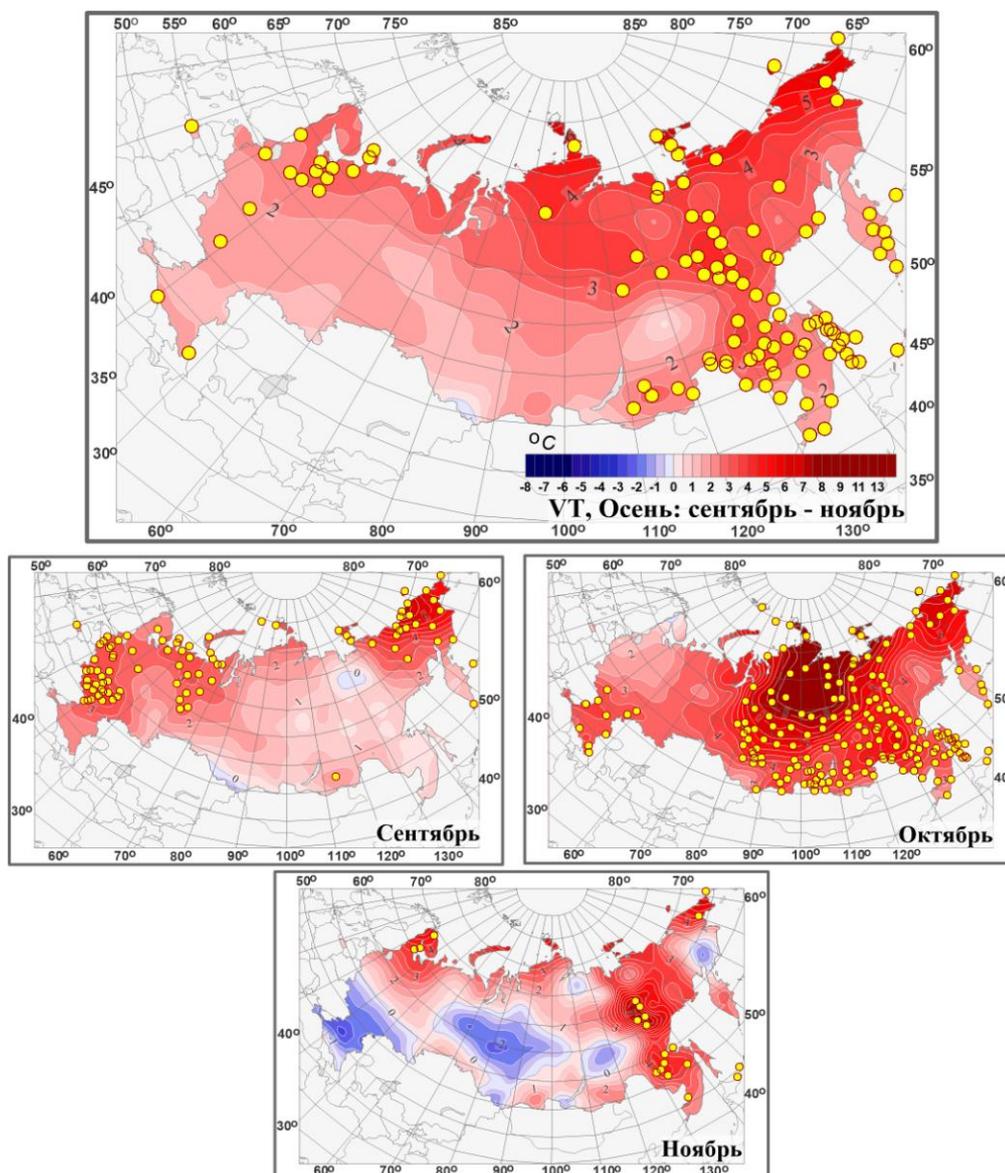
Регионы		$\nu T_{2018}$	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП		1.06	0.24	0.33	74
Россия	T3288	2.32	0.90	0.46	27
	T1383	2.23	0.90	0.43	25

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

## 2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2018 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России осени 2018 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  $2.32^{\circ}\text{C}$  – вторая величина в ряду (наиболее теплая осень наблюдалась в 2005 году, аномалия  $2.80^{\circ}\text{C}$ ). Всюду на территории страны средние сезонные аномалии были положительными. Наиболее теплые условия осенью (на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались в ДВФО (аномалия  $3.05^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина в ряду) и в СЗФО ( $2.41^{\circ}\text{C}$  – ранг 2).



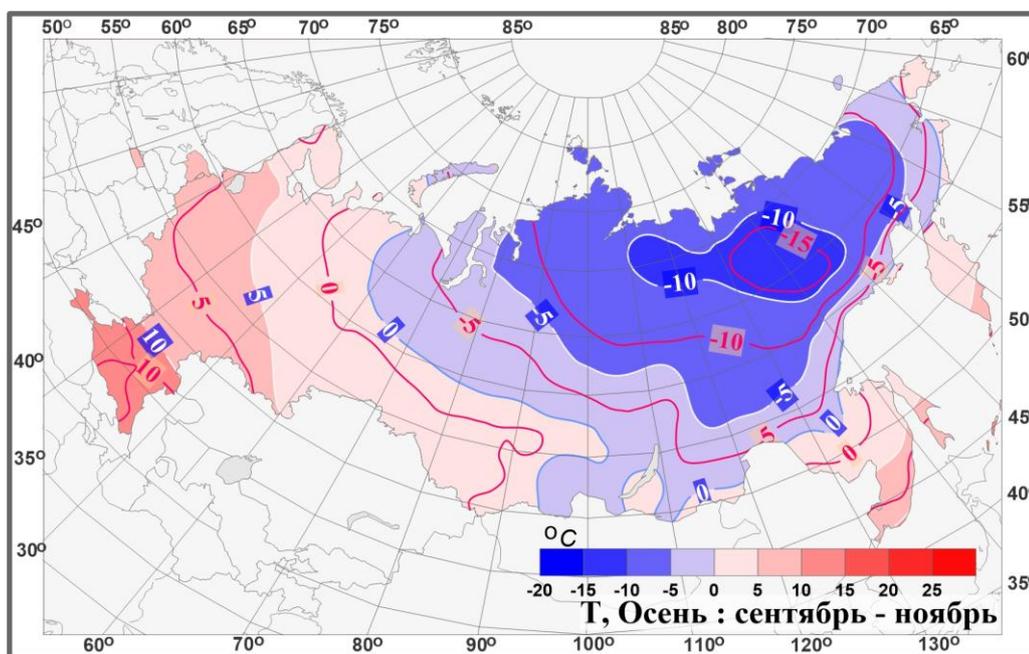
**Рисунок 2.1** – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории России осенью 2018 г. Кружками желтого цвета показано местоположение станционных экстремумов выше 95-го перцентиля.

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

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности сезона несколько под другим углом. Изотермы среднесезонных температур на ЕЧР и в Сибири смещены к северу от своего климатического положения примерно на  $2-3^{\circ}$  с.ш' а изотерма  $-10^{\circ}\text{C}$  смещена к северу примерно на  $5^{\circ}$  с.ш.; на Дальнем Востоке изотермы смещены к западу примерно на  $1-3^{\circ}$  в.д.

Среднесезонных температур ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  осенью 2018 года вообще не наблюдалось.

**Сентябрь.** Осредненная по РФ аномалия температуры  $1.80^{\circ}\text{C}$  – вторая величина в ряду (рекордным был сентябрь 2016 ( $1.96^{\circ}\text{C}$ )). Тепло практически всюду (кроме небольших областей: на севере Якутии и на Алтае). Экстремально тепло (аномалии выше  $2^{\circ}\text{C}$ , на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) на большей части ЕЧР ( $2.70^{\circ}\text{C}$  – ранг 2,) и на северо-западе Западной Сибири; а также в Восточной Сибири ( $2.47^{\circ}\text{C}$  – ранг 2).



**Рисунок 2.2** – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории России осенью 2018 гг. Красные изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

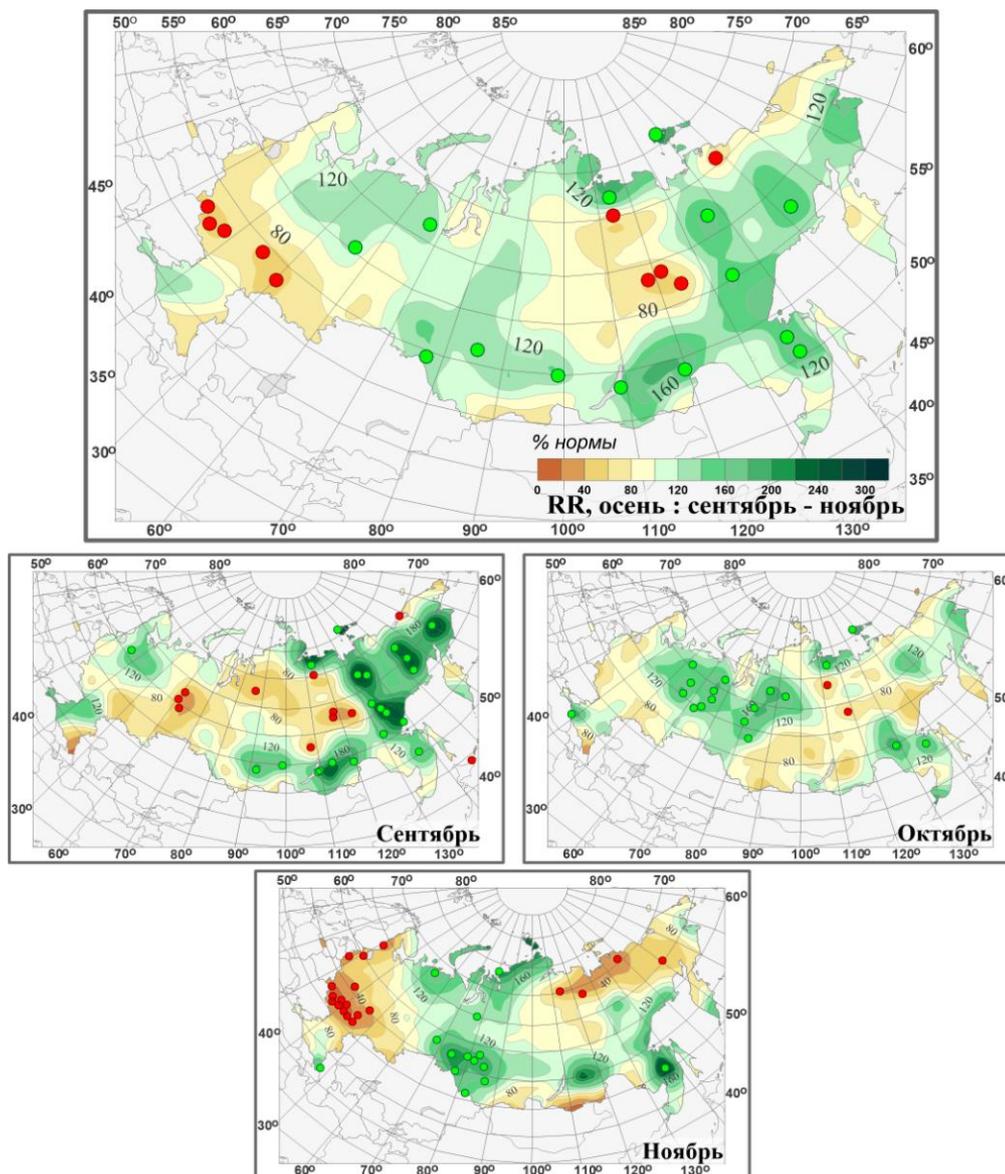
**Октябрь.** Исключительно теплый месяц, осредненная по РФ аномалия температуры  $3.90^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина в ряду, экстремально тепло в АЧР ( $4.51^{\circ}\text{C}$  – ранг 1), аномалии на севере до  $9^{\circ}\text{C}$ .

**Ноябрь.** Осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры  $1.29^{\circ}\text{C}$ . Экстремально тепло (аномалии  $3^{\circ}\text{C}$ - $9^{\circ}\text{C}$ ) во многих областях ДВФО (на многих станциях юга Якутии и Приморья отмечались 95%-е экстремумы, наибольшая аномалия зафиксирована на станции Охотский Перевоз республики Якутия:  $9^{\circ}\text{C}$ ); а также в Карелии и в Мурманской области.

Холодно (аномалии до  $-2^{\circ}\text{C}$ ) в центре и юге ЕЧР, в центральных районах Западной и Средней Сибири. Наименьшая аномалия зафиксирована на станции Гигант Ростовской области:  $-3.3^{\circ}\text{C}$ .

**Атмосферные осадки.** Осредненные по РФ осадки 108% нормы. Осредненные по АЧР 115% - ранг 4. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы, за счет сентября и ноября) наблюдался на северо-востоке ЕЧР и всюду на АЧР, кроме междуречья Енисея и Лены в среднем течении.

Сильный дефицит осадков (60%-80%) наблюдался в центральных областях ЕЧР (за счет ноября), особенно мало осадков выпало в ЦФО (78%) и ПФО (77%).



**Рисунок 2.3** – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России осенью 2018 г. (сентябрь – ноябрь). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

**Сентябрь.** Осредненные по РФ осадки составили 113% нормы. Значительный избыток осадков (более 180% нормы, на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался восточнее течения Лены и в районе Байкала (в Восточной Сибири выпало 135% нормы – максимальная величина в ряду, в Прибайкалье и Забайкалье – 149% - ранг 5). Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на западе СЗФО, в ЮФО.

Сильный дефицит осадков (40%-80%) наблюдался на востоке ЕЧР, и, далее, в АЧР до течения Лены (кроме южных районов Красноярского края). Осредненные по

Западной Сибири осадки составили 73% нормы – сентябрь здесь среди пяти самых «сухих».

**Октябрь.** Значительный избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался на северо-востоке ЕЧР, на севере Западной и Средней Сибири. Дефицит осадков (60%-80%) наблюдался на западе и в центре ЕЧР, на юге СФО и в центральных районах ДВФО.

**Ноябрь.** Осредненные по РФ осадки 98% нормы. Сильный дефицит осадков наблюдался в ЕЧР (кроме северо-востока ЕЧР и СКФО), в целом по ЕЧР выпало 69%, на многих станциях центра и запада фиксировались 5%-е экстремумы, очень мало осадков выпало в ЦФО (36% - среди четырех самых «сухих»). Дефицит осадков (менее 60%) наблюдался также на севере АЧР, восточнее Таймыра.

Экстремальный избыток осадков наблюдался в Сибирском ФО (131% - ранг 4), на многих станциях юга Сибири отмечались 95%-е экстремумы; а также в Хабаровском крае.

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям станционных аномалий осеннего 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 непревышения) региональных аномалий по данным за 1936-2017 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, температура осенью для России в целом (см. табл. 2.1) была экстремально теплой, аномалия температуры составила 2.32°C (ранг 2). Осредненные по всем регионам аномалии положительные, наиболее экстремальные условия наблюдались в регионе Восточная Сибирь (3.48°C – ранг 3). Из федеральных округов выделяются: СЗФО (2.41°C – ранг 4) и ДВФО (3.05°C – ранг 1).

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры осенью 2018 г. (оценки двух базовых архивов ИГКЭ)

Регионы	Архив T3288			Архив T1383		
	$vT_{2017}$	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$	$vT_{2017}$	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$
Российская Федерация	<b>2.32</b>	<b>0.90</b>	<b>98.8</b>	<b>2.23</b>	<b>0.90</b>	<b>98.8</b>
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	1.92	1.04	92.7	1.81	1.04	89.0
Азиатская часть России	<b>2.48</b>	<b>1.09</b>	<b>98.8</b>	<b>2.40</b>	<b>1.10</b>	<b>98.8</b>
Западная Сибирь	1.70	1.53	81.7	1.64	1.54	81.7
Средняя Сибирь	2.58	1.82	92.7	2.55	1.80	92.7
Прибайкалье и Забайкалье	1.80	1.20	87.8	1.82	1.23	87.8
Приамурье и Приморье	2.39	0.90	98.8	2.42	0.89	98.8
Восточная Сибирь	<b>3.48</b>	<b>0.94</b>	<b>97.6</b>	<b>3.45</b>	<b>0.94</b>	<b>100</b>
<b>Федеральные округа РФ</b>						
Северо-Западный	<b>2.41</b>	<b>1.24</b>	<b>96.3</b>	<b>2.34</b>	<b>1.24</b>	<b>96.3</b>
Центральный	1.86	1.13	89.0	1.87	1.13	90.2
Приволжский	1.62	1.25	79.3	1.58	1.25	80.5
Южный	1.34	1.05	81.7	1.16	1.05	78.0
Северо-Кавказский	1.57	0.85	90.2	1.28	0.85	80.5
Уральский	2.02	1.64	86.6	1.99	1.64	86.6
Сибирский	1.87	1.49	86.6	1.85	1.49	86.6
Дальневосточный	<b>3.05</b>	<b>1.01</b>	<b>100</b>	<b>3.00</b>	<b>1.01</b>	<b>100</b>

**Примечание:** 1. Аномалии  $vT_{2018}$  ( $^{\circ}C$ ) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.;  $s$  ( $^{\circ}C$ ) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения  $P(t \leq T_{2018})$  рассчитаны по выборке за 1936-2017 гг. и выражены в %.

Из месяцев сезона (см. табл. 2.1.1) самыми теплым были октябрь: осредненная по РФ аномалия  $3.94^{\circ}C$  (рекордная величина в ряду) и сентябрь: аномалия  $1.80^{\circ}C$  (ранг 2). В ноябре во всех федеральных округах ЕЧР (кроме СЗФО) аномалии температуры были отрицательны.

Количество выпавших осенью в РФ в целом осадков (табл. 2.2) составило 108% нормы, а в АЧР 115% - ранг 4, особенно много осадков выпало в СФО (116% нормы – ранг 4). В ЕЧР количество выпавших осадков было меньше нормы (выпало 95%), наибольший дефицит наблюдался в ЦФО (78%) и ПФО (77%).

Значительный избыток осадков (табл. 2.2.1) наблюдался в сентябре в ДВФО (135% - ранг 2) и в Прибайкалье и Забайкалье (149% - ранг 5), в ноябре – в СФО (131% - ранг 4). Сильный дефицит осадков наблюдался в сентябре в Западной Сибири (73% нормы – среди пяти самых «сухих»), в ноябре в ЦФО (36% нормы – ноябрь среди четырех самых «сухих»).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в осенние месяцы. (оценки базовых архивов ИГКЭ, черным цветом показаны оценки, полученные по архиву Т3288, синим – по архиву Т1383)

Регионы	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	$\nu T_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$	$\nu T_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$	$\nu T_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$
Российская Федерация	<b>1.80</b>	<b>0.59</b>	<b>98.8</b>	<b>3.94</b>	<b>1.26</b>	<b>100</b>	1.29	1.88	74.4
	1.70	0.59	98.8	3.90	1.26	100	1.12	1.88	74.4
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	<b>2.70</b>	<b>1.24</b>	<b>97.6</b>	2.41	1.75	87.8	0.67	1.80	61.0
	2.68	1.24	97.6	2.36	1.75	87.8	0.41	1.80	57.3
Азиатская часть России	1.45	0.65	92.7	<b>4.54</b>	<b>1.38</b>	<b>100</b>	1.53	2.28	73.2
	1.31	0.65	90.2	4.51	1.38	100	1.40	2.28	73.2
Западная Сибирь	1.62	1.29	89.0	<b>3.84</b>	<b>2.03</b>	<b>95.1</b>	-0.30	3.63	47.6
	1.55	1.29	87.8	3.85	2.03	95.1	-0.40	3.63	46.3
Средняя Сибирь	0.90	1.00	72.0	<b>6.11</b>	<b>2.77</b>	<b>100</b>	0.79	3.70	58.5
	0.89	1.00	73.2	6.12	2.77	100	0.69	3.70	58.5
Прибайкалье и Забайкалье	0.96	0.93	82.9	<b>3.63</b>	<b>1.65</b>	<b>98.8</b>	0.95	2.56	64.6
	1.04	0.93	82.9	3.70	1.65	98.8	0.73	2.56	62.2
Приамурье и Приморье	0.64	0.85	64.6	<b>3.55</b>	<b>1.24</b>	<b>100</b>	3.02	1.99	93.8
	0.59	0.85	62.2	3.61	1.24	100	3.05	1.99	93.9
Восточная Сибирь	<b>2.47</b>	<b>0.97</b>	<b>98.8</b>	<b>4.51</b>	<b>1.36</b>	<b>98.8</b>	3.48	2.02	85.4
	2.12	0.97	96.3	4.25	1.36	100	3.83	2.02	91.5
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	<b>2.79</b>	<b>1.41</b>	<b>97.6</b>	1.93	1.95	79.3	2.48	2.62	72.0
	2.76	1.41	96.3	1.78	1.95	80.5	2.44	2.62	73.2
Центральный	<b>3.44</b>	<b>1.44</b>	<b>98.8</b>	2.26	1.83	91.5	-0.14	1.97	42.7
	3.46	1.44	98.8	2.28	1.83	91.5	-0.12	1.97	43.9
Приволжский	2.41	1.49	90.2	2.68	2.01	87.8	-0.21	2.04	46.3
	2.41	1.49	90.2	2.67	2.01	89.0	-0.31	2.04	46.3
Южный	2.57	1.28	91.5	3.34	1.81	93.9	-1.78	1.59	19.5
	2.58	1.28	90.2	3.18	1.81	93.9	-1.91	1.59	20.7
Северо-Кавказский	2.13	1.12	89.5	3.13	1.61	93.9	-0.55	1.33	35.4
	1.88	1.12	86.6	2.85	1.61	91.5	-0.89	1.33	29.3
Уральский	2.19	1.38	91.5	3.92	2.41	89.0	0.02	4.05	47.6
	2.13	1.38	90.2	4.00	2.41	91.5	-0.12	4.05	50.0
Сибирский	0.98	1.03	81.7	<b>4.57</b>	<b>1.87</b>	<b>100</b>	0.14	3.25	52.4
	1.01	1.03	80.5	4.57	1.87	100	0.04	3.25	51.2
Дальневосточный	1.58	0.83	91.5	<b>4.66</b>	<b>1.23</b>	<b>100</b>	2.94	2.00	85.4
	1.32	0.83	82.9	4.59	1.23	100	3.01	2.00	87.8

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков осенью 2018 г.

Регионы	$\nu R_{2018}$	$RR_{2018}$	$m$	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2018})$
Российская Федерация	3.5	108	0.3	2.2	2.1	84.1

Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	-2.5	95	0.4	5.9	4.4	32.9
Азиатская часть России	<b>5.9</b>	<b>115</b>	<b>0,6</b>	<b>2,9</b>	<b>1,4</b>	<b>96.3</b>
Западная Сибирь	4.6	111	0.4	3.0	2.1	82.9
Средняя Сибирь	0.5	102	0.0	2.1	1.8	50.0
Прибайкалье и Забайкалье	6.7	124	-0.3	2.5	3.5	87.8
Приамурье и Приморье	9.18	118	-0.2	5.1	8.0	86.6
Восточная Сибирь	10.9	128	-1.6	1.9	5.2	92.7
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	4.6	108	0.0	3.6	3.0	72.0
Центральный	-11.4	78	-2.7	5.0	12.9	17.1
Приволжский	-11.50	77	0.7	7.5	4.9	18.3
Южный	4.4	111	-1.3	5.9	8.2	64.6
Северо-Кавказский	4.1	107	-0.2	6.7	8.3	51.2
Уральский	1.8	104	-0.8	4.5	5.3	62.2
Сибирский	<b>5.7</b>	<b>116</b>	<b>0.2</b>	<b>2.0</b>	<b>2.5</b>	<b>96.3</b>
Дальневосточный	7.1	118	0.2	2.6	2.7	93.9

**Примечание:** 1. Аномалии  $vR_{2018}$  (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.),  $RR_{2018}$  - отношение  $R_{2018}$  к норме, выраженное в %,  $q1$ ,  $q3$  и  $m$  - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности превышения  $P(r \leq R_{2018})$  - рассчитаны по выборке за 1936-2017 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в осенние месяцы.

Регионы	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	$vR_{2018}$	$RR_{2018}$	$P(r \leq R_{2018})$	$vR_{2018}$	$RR_{2018}$	$P(r \leq R_{2018})$	$vR_{2018}$	$RR_{2018}$	$P(r \leq R_{2018})$
Российская Федерация	6.8	113	85.4	4.5	111	75.6	-0.8	98	50.0
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	2.9	105	58.5	5.3	110	58.5	-15.5	69	11.0
Азиатская часть России	8.3	116	86.6	4.3	112	79.3	5.1	118	84.1
Западная Сибирь	<b>-12.7</b>	<b>73</b>	<b>4.9</b>	11.9	128	91.5	<b>14.7</b>	<b>142</b>	<b>97.6</b>
Средняя Сибирь	-2.5	94	25.6	2.9	109	58.5	1.1	104	64.6
Прибайкалье и Забайкалье	<b>21.7</b>	<b>149</b>	<b>95.1</b>	-1.7	92	40.2	0.1	101	47.6
Приамурье и Приморье	9.4	111	72.0	14.5	129	79.3	5.6	119	72.0
Восточная Сибирь	<b>36.8</b>	<b>181</b>	<b>100</b>	-4.8	87	24.4	2.0	106	67.1
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	12.1	119	75.6	10.0	117	72.0	-7.9	84	28.0
Центральный	1.8	103	57.3	-3.2	93	48.8	<b>-32.7</b>	<b>36</b>	<b>3.7</b>
Приволжский	-12.3	75	28.0	-0.9	98	45.1	-19.7	58	19.5
Южный	18.2	144	90.2	11.5	132	57.3	-15.4	68	30.5
Северо-Кавказский	-7.5	86	28.0	10.0	118	62.2	9.6	117	63.4

Уральский	-19.1	64	7.3	18.5	142	93.9	6.4	117	75.6
Сибирский	5.6	113	69.5	3.1	109	70.7	<b>8.5</b>	<b>131</b>	<b>96.3</b>
Дальневосточный	<b>18.8</b>	<b>135</b>	<b>98.8</b>	1.2	103	57.3	1.7	106	65.9

### 3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ОСЕННИЙ 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 1976-2018 гг.: температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для осеннего сезона в целом и для каждого из месяцев осени.

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 осеннего сезона на территории России с 1976 г.

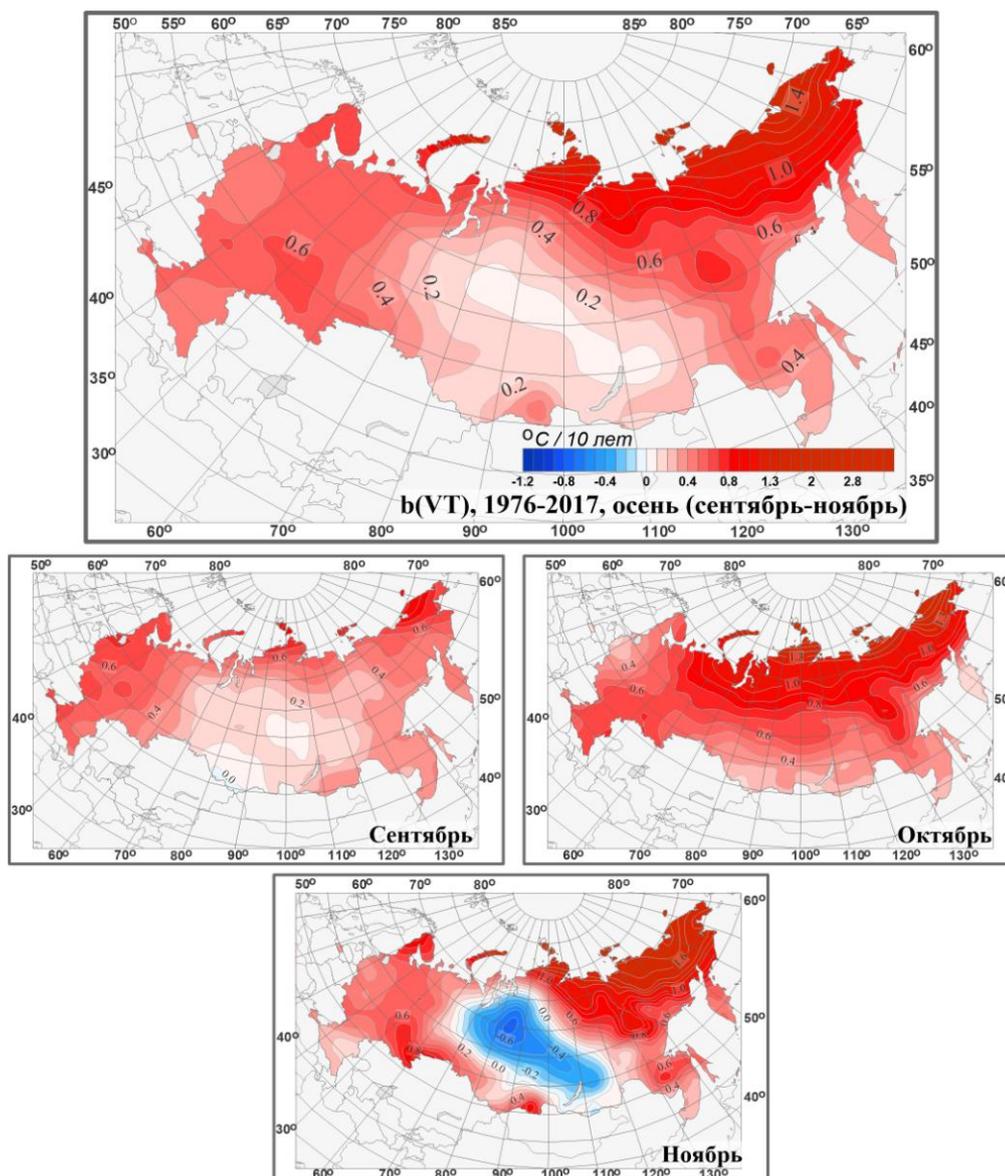
Среднесезонные осенние температуры растут со скоростью более  $+0.4^{\circ}\text{C}$  в ЕЧР (до  $+0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет в Поволжье) и на севере и востоке АЧР до  $+1.7^{\circ}\text{C}/10$  лет в Восточной Сибири, за счет октября и ноября).

В полосе от Обской губы до Забайкалья наблюдается минимальный рост температуры (до  $+0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) за счет отрицательного тренда температуры в ноябре (до  $-0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет в центре области).

По сравнению с прошлым 2017 годом уменьшилась интенсивность слабого похолодания в центре Сибири, (за счет экстремально теплого октября); и увеличилась интенсивность потепления в Восточной Сибири также из-за экстремально теплого октября.

Наиболее значительное увеличение температуры происходит в октябре – тренд от  $+0.4^{\circ}\text{C}$  до  $+1.8^{\circ}\text{C}/10$  лет на всей территории страны, а также в ноябре – в Восточной Сибири от  $+0.6^{\circ}\text{C}$  до  $+2.2^{\circ}\text{C}/10$  лет. Важная отличительная особенность изменений температуры в ноябре – наличие упомянутой выше области с отрицательным трендом в северной части Западной – южной части Средней Сибири и в Прибайкалье.

На большей части страны осенью (рис. 3.2) тенденции к изменению выпадений осадков не обнаруживаются.

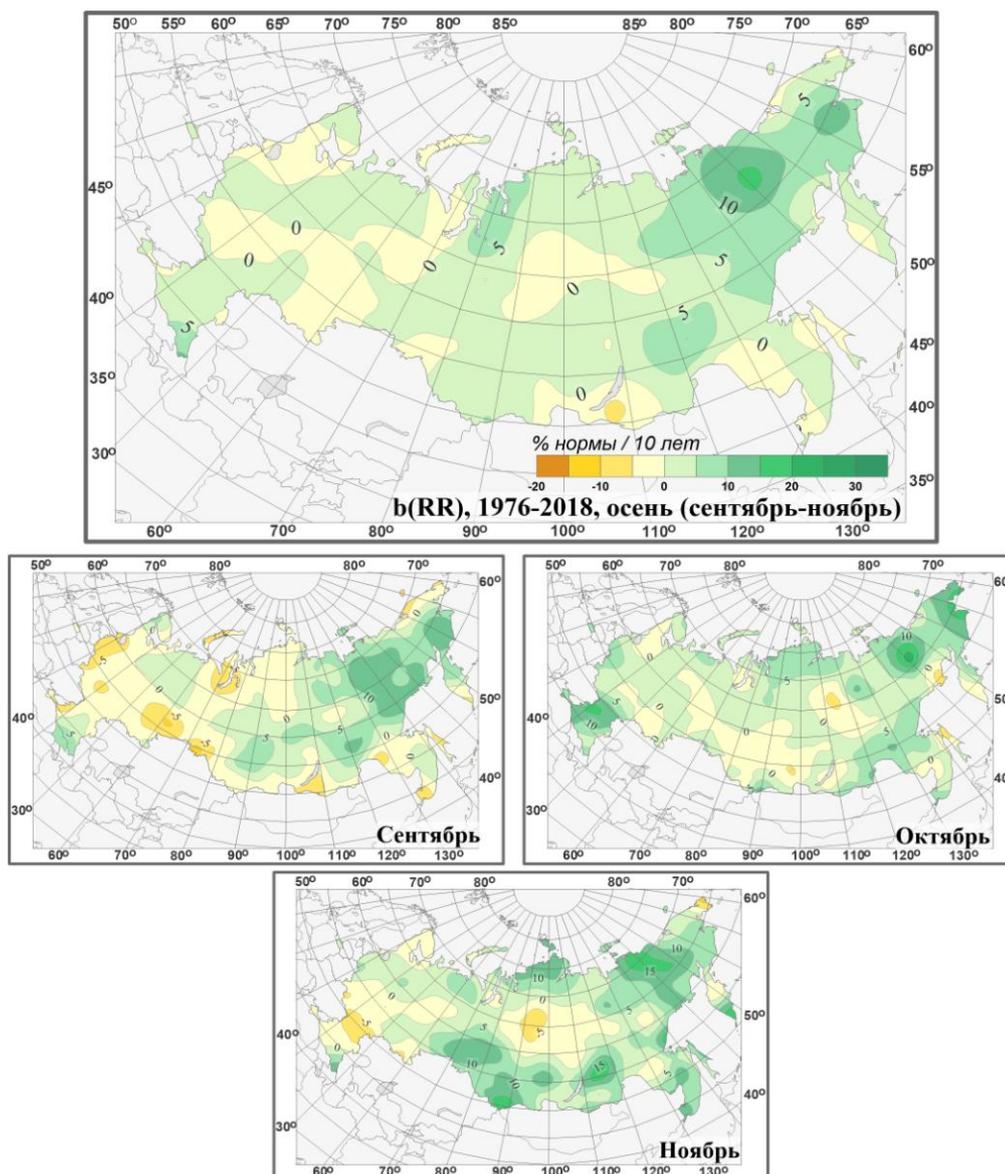


**Рисунок 3.1** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) на территории России по данным за 1976-2018 (осень)

Тенденция к увеличению осадков осенью (+5 мм/10 лет - +15 мм/10 лет) просматривается в восточных районах страны – здесь во все месяцы сезона наблюдаются районы, где происходит рост осадков (более +10 мм/10 лет). Кроме того, тенденция к увеличению осадков (более +10 мм/10 лет) наблюдается в октябре на юге европейской части РФ.

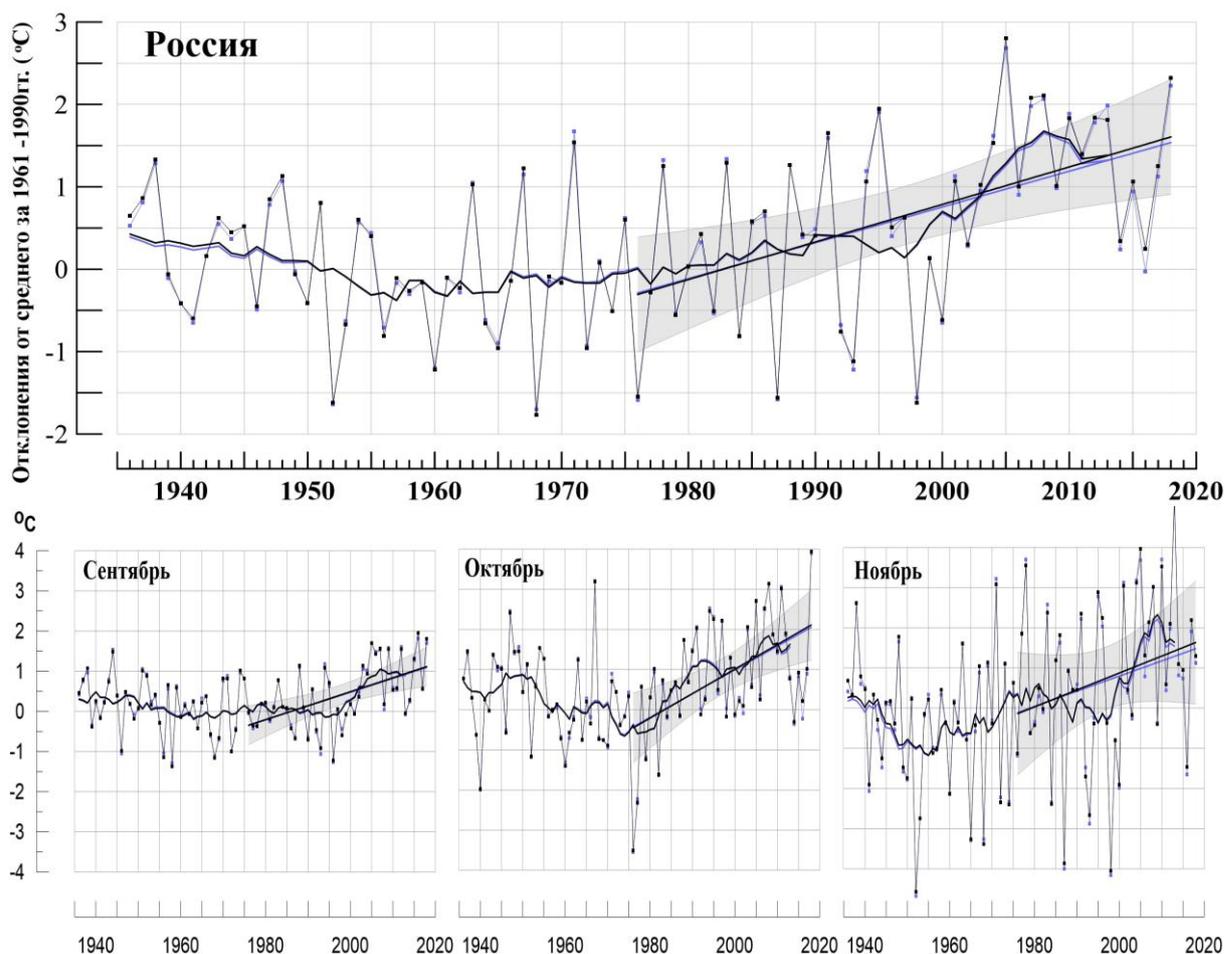
Уменьшение осадков (около -5 мм/10 лет) наблюдается в сентябре - в ЕЧР, на юге Сибири и Дальнего Востока; в октябре – в некоторых районах АЧР, в ноябре - в ЮФО и в центральных районах АЧР.

По сравнению с прошлым 2017 годом увеличилась интенсивность роста осадков осенью на северо-востоке страны из-за экстремально влажного сентября.



**Рисунок 3.2** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2018 (осень).

В таблице 3.1 приведены оценки линейного тренда температуры и осадков осеннего сезона и каждого его месяца для территории РФ в целом, а на рис. 3.3 и 3.4 приведены средние сезонные и средние месячные аномалии температуры и осадков, осредненные по территории РФ.



**Рисунок 3.3** – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) осредненная по территории РФ (черным цветом показаны оценки по архиву T3288, синим – по архиву T1383).

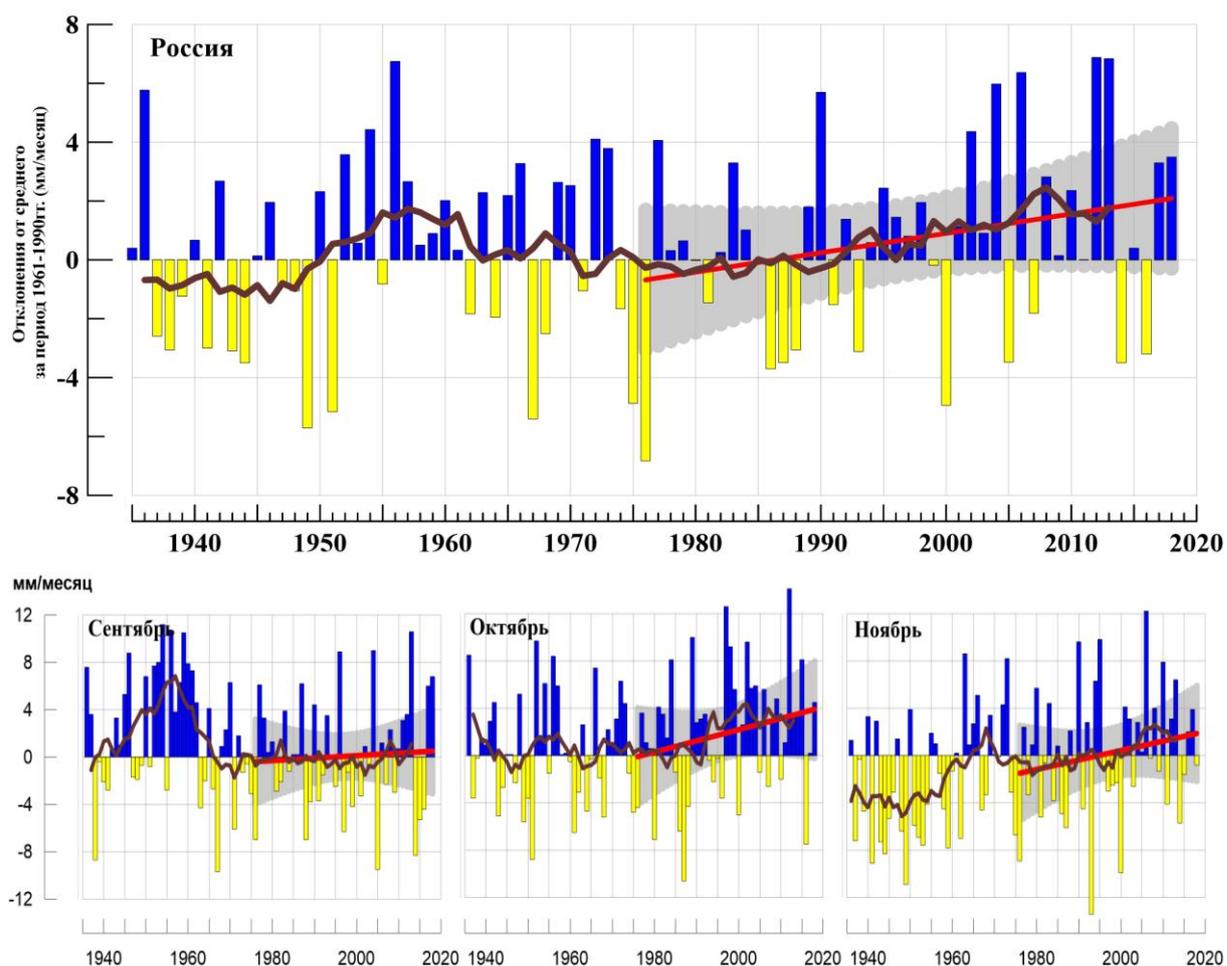
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2018 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда (по архиву T3288).

**Таблица 3.1**

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за осенний сезон, за 1976-2018 гг.

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

Регион: Российская Федерация	Температура				Осадки: архив R1383	
	Архив T3288		Архив T1383		$b$ мм/мес/10 лет	$D$ , %
	$b$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет	$D$ , %	$b$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет	$D$ , %		
<b>Осень</b>	0.46	27	0.44	25	0.6	5
Сентябрь	0.35	30	0.34	30	0.0	0
Октябрь	0.61	28	0.59	26	1.0	5
Ноябрь	0.42	6	0.38	5	0.8	4



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

#### **4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ОСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2018 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) осеннего сезона за 1936 – 2018 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2018 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2018 гг. (осенний сезон),

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

	Температура		Осадки		
	$b$ °C/10 лет	$D$ , %	$b$ мм/мес/10 лет	$b$ , %/10 лет	$D$ , %
Россия	0.46	27	0.6	1.4	5
<b>Физико-географические регионы России</b>					
Европейская часть России	0.54	28	0.2	0.5	0
Азиатская часть России	0.43	21	0.7	1.9	10
Западная Сибирь	0.27	5	0.4	0.9	1
Средняя Сибирь	0.34	7	0.7	2.1	5
Прибайкалье и Забайкалье	0.20	4	0.6	2.1	3
Приамурье и Приморье	0.39	22	-0.5	-0.8	0
Восточная Сибирь	0.80	47	1.9	5.0	19
<b>Федеральные округа РФ</b>					
Северо-Западный	0.55	22	0.2	0.3	0
Центральный	0.53	24	0.2	0.5	0
Приволжский	0.58	23	--0.3	-0.6	0
Южный	0.49	21	0.7	1.8	1
Северно-Кавказский	0.42	20	1.6	2.9	2
Уральский	0.34	6	0.3	0.6	0
Сибирский	0.19	3	0.4	1.3	2
Дальневосточный	0.63	44	1.1	2.7	14

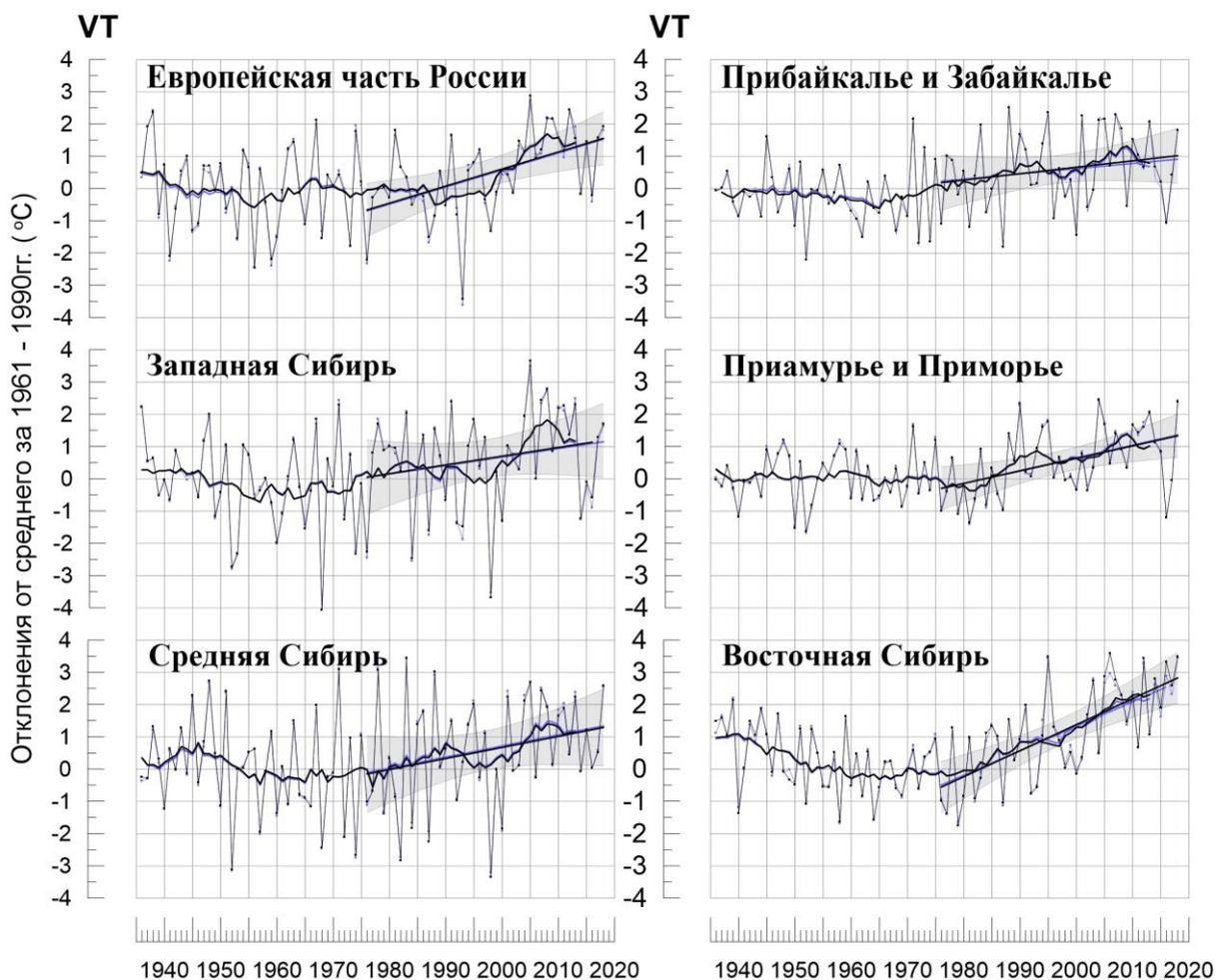
Основная особенность изменения осенней температуры (рис. 4.1, 4.2) – рост температуры наблюдается во всех регионах. Но начало роста во всех регионах разный: в Европейской части России и в Западной Сибири – конец 1990-х гг., в Средней Сибири и в Восточной Сибири – середина 1970-х гг., в Прибайкалье и Забайкалье – середина 1960-х гг., в Приамурье и Приморье – середина 1980-х гг. Во всех регионах, наблюдались периоды замедление роста температуры: с конца 1980-х по 2000-е, а также - в начале 2010-х, кроме Восточной Сибири (сглаженная кривая на рис. 4.1 и 4.2).

Наиболее заметен рост температуры в Восточной Сибири и в Европейской части России и в (превышает полградуса за 10 лет). В этих регионах, а также в Приамурье и Приморье, вклад тренда в дисперсию ряда позволяет говорить о значимости тенденции увеличения температуры на 1% уровне.

По сравнению с периодом 1976-2017 гг. оценки линейного тренда осенью увеличились на 0.02°C-0.03°C / 10 лет во всех регионах за счет исключительно теплого октября (особенно в АЧР) и сентября в ЕЧР.

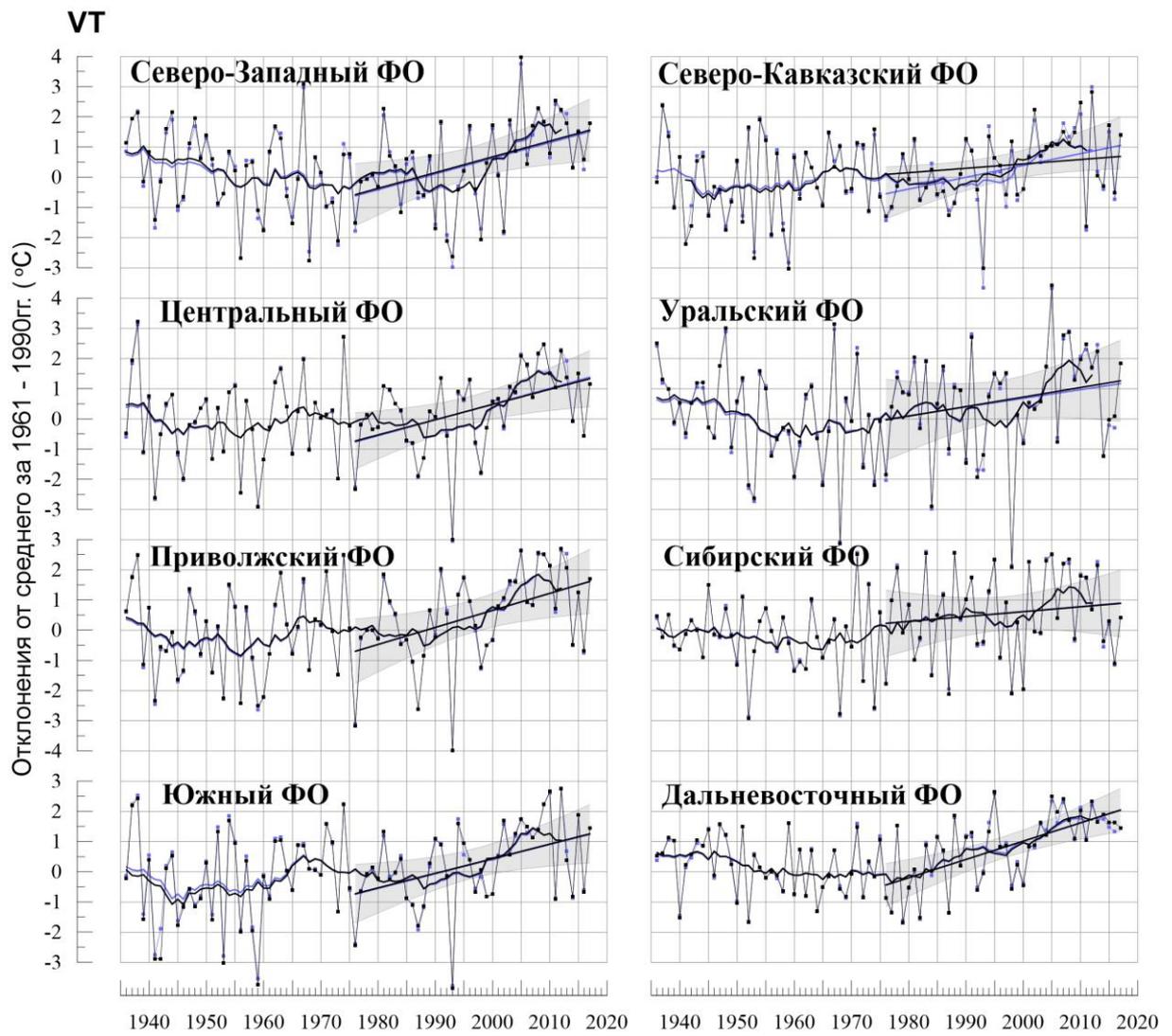
Монотонная тенденция увеличения осадков (рис. 4.3, 4.4) за период современного потепления (с 1976 г.) прослеживается в регионах: Восточная Сибирь (Дальневосточный ФО) и Азиатская часть России в целом, где наблюдается увеличение

осадков и тренд значим на уровне 5%. Значительный рост осадков осенью происходит в регионе Восточная Сибирь (тренд +1.9 мм/10 лет (5.0%/лет) объясняет 19% изменчивости ряда).

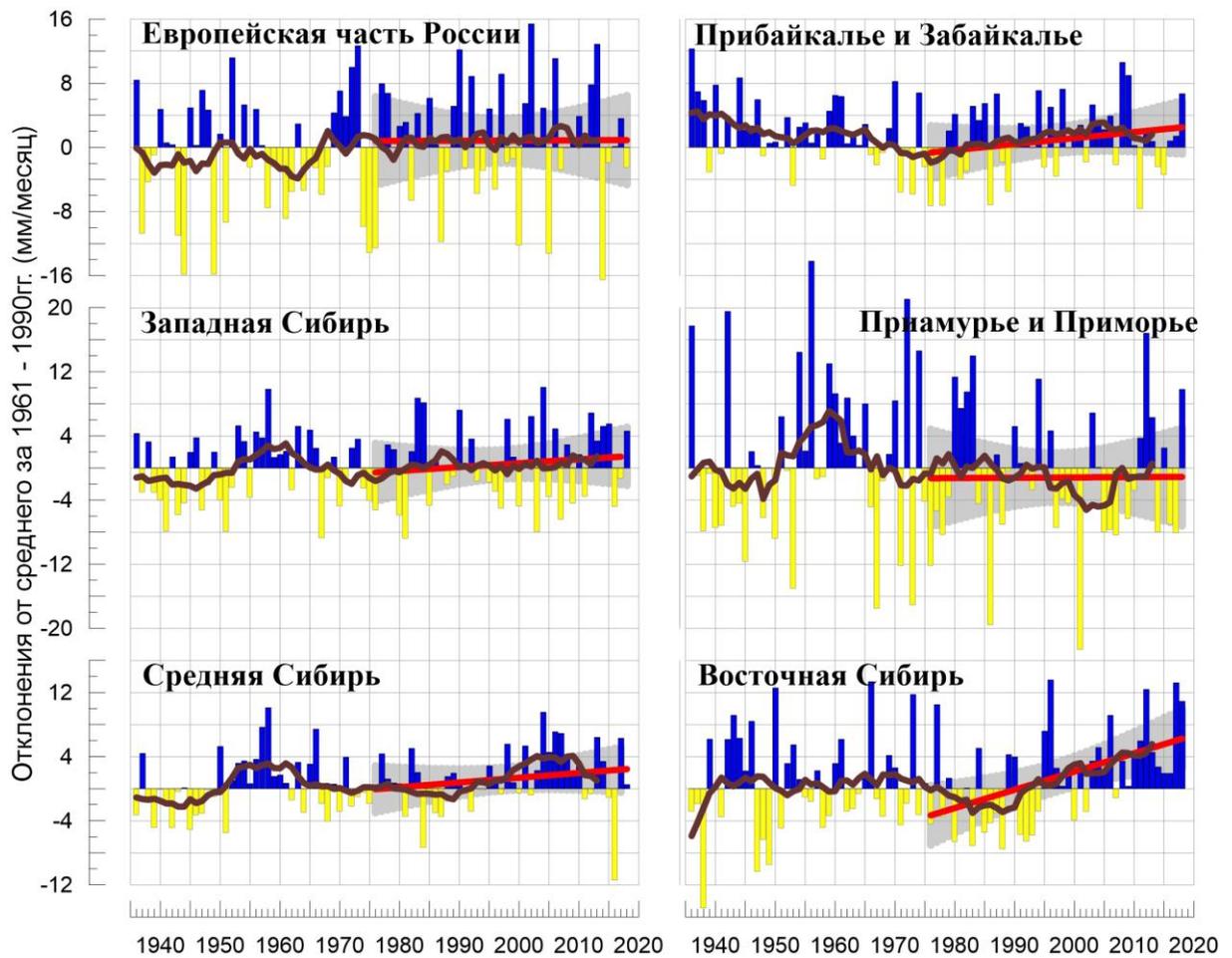


**Рисунок 4.1** - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, осень 1936-2018 гг. Черным цветом показаны оценки по архиву T3288, синим – по архиву T1383.

*Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2018гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда (по архиву T3288).*



**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, осень 2018 г.  
*Условные обозначения см. на рис. 4.1.*

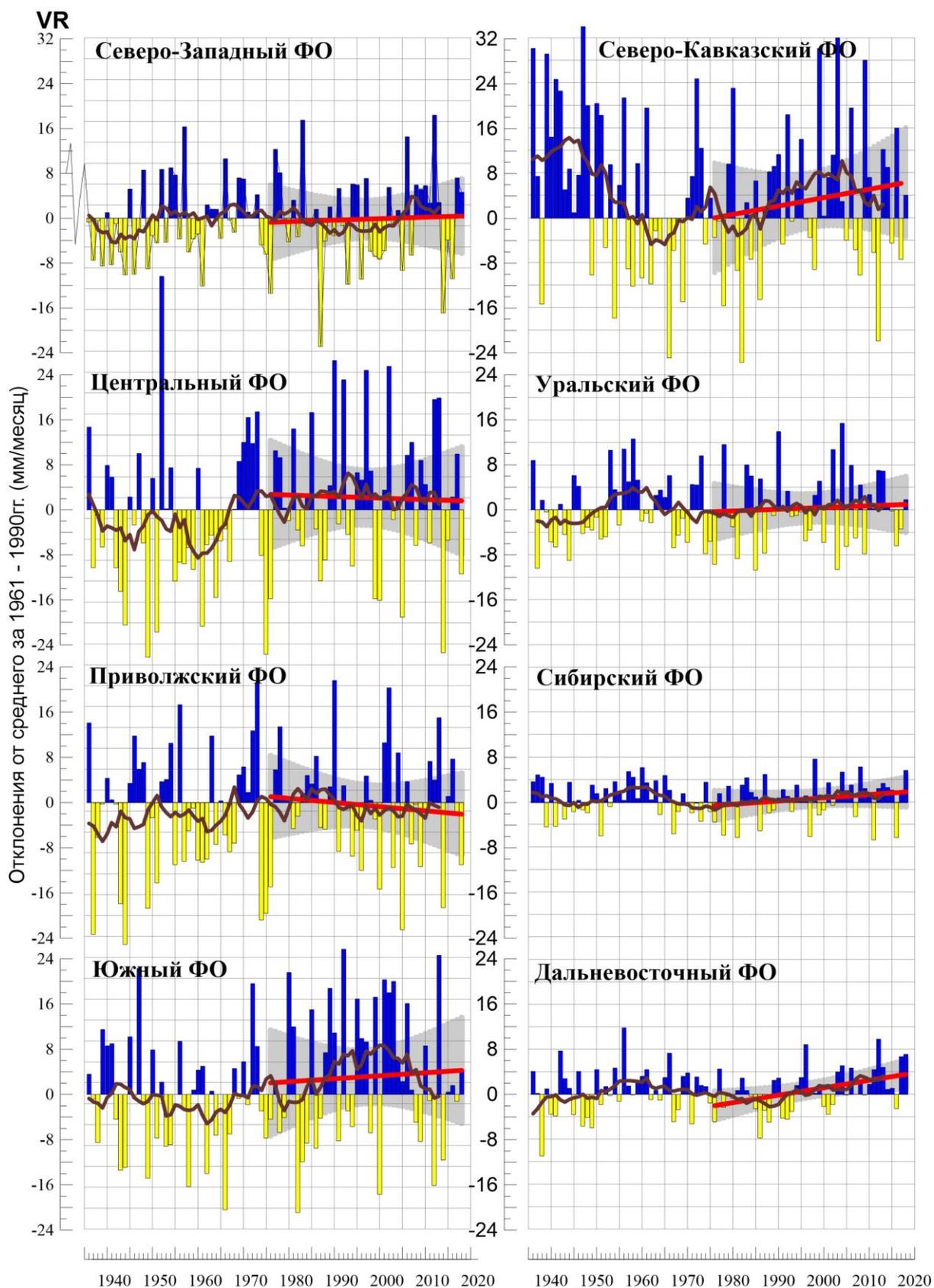
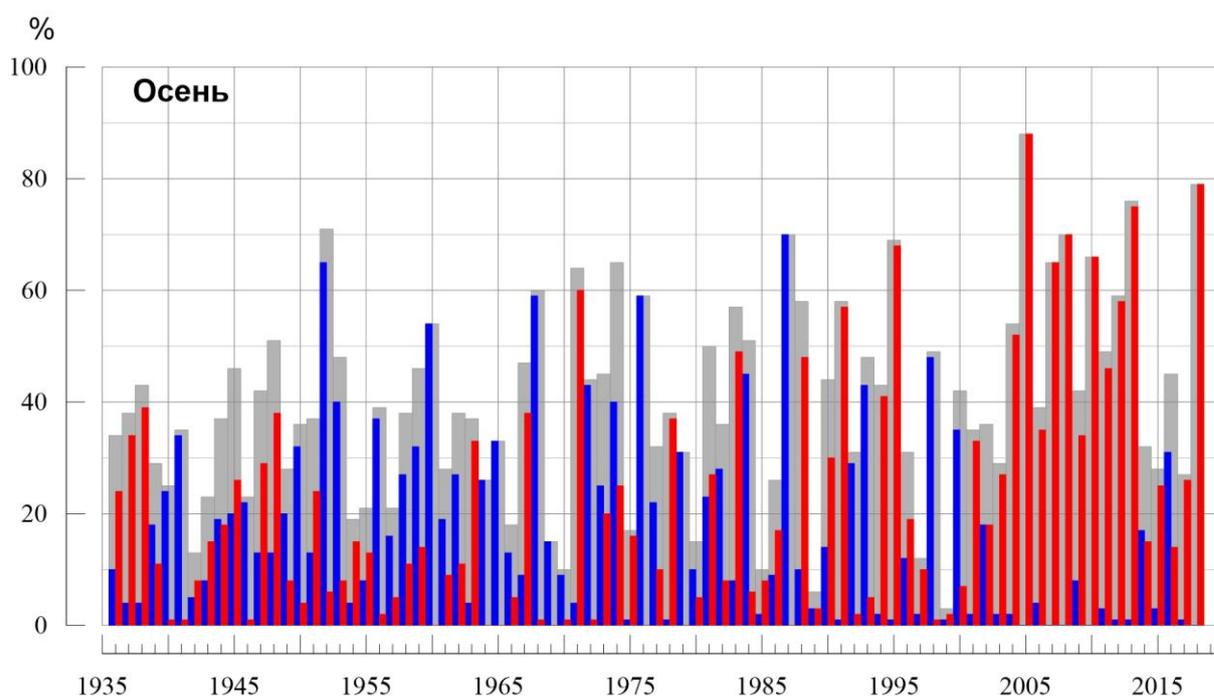


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

## 5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2018 гг. (осенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для осеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2018 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.** Осенью 2018 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями составляла 79% - вторая величина в ряду с 1936 года (максимальная площадь с крупными положительными аномалиями наблюдалась в 2005 году: 88%), отрицательными аномалиями: 0%. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2018 составляет 4.0% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 19%).



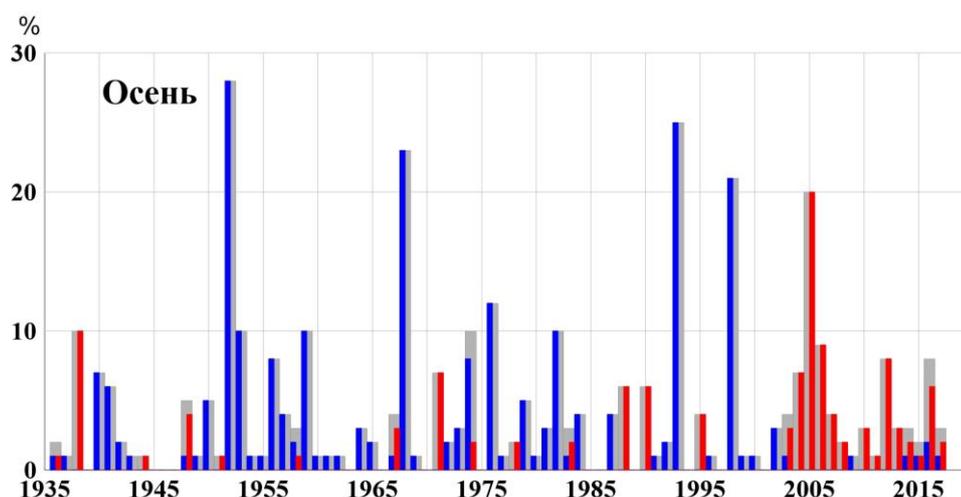
**Рисунок 5.1** – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2018 гг. (осень):

- 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).

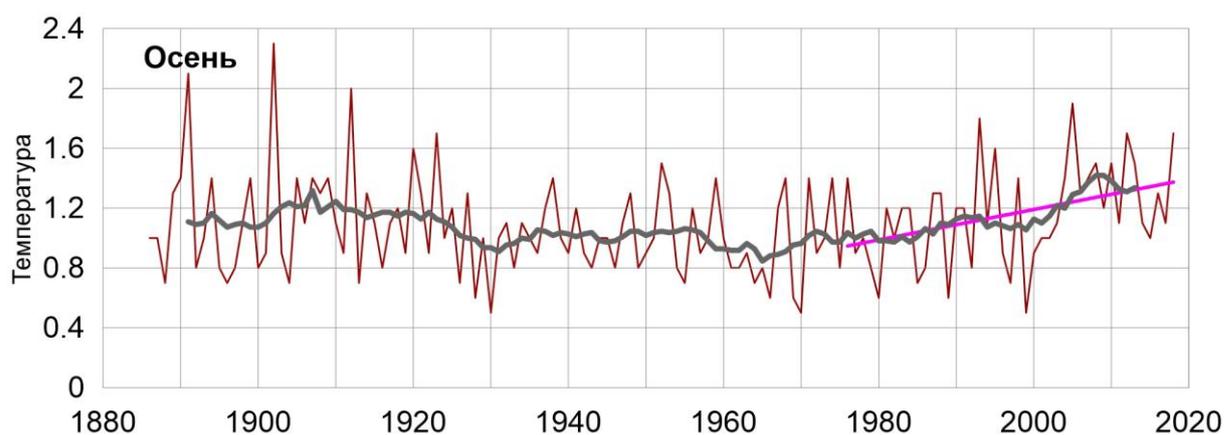
Осенью 2018 года доля площади под экстремальными положительными аномалиями составила 7% (ранг 6-7), под отрицательными – 0% площади страны. Наиболее экстремальные теплые осенние сезоны наблюдались: в 1938 (8% площади занято экстремальными аномалиями), в 1990 (8%) в 2004 г. (11%), в 2005 (18% - наиболее экстремально жаркий осенний сезон), в 2012 (8%). Экстремально холодные осенние сезоны наблюдались: в 1952 (28% площади занято экстремальными аномалиями, наиболее экстремально холодный осенний сезон), в 1968 (23%), в 1976 (12%), в 1982 (10%), в 1993 (25%), в 1998 (21%, это последний год, когда экстремумы холода преобладали).

С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается некоторое увеличение площади под экстремальными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2018 составляет 0.9% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 10%).



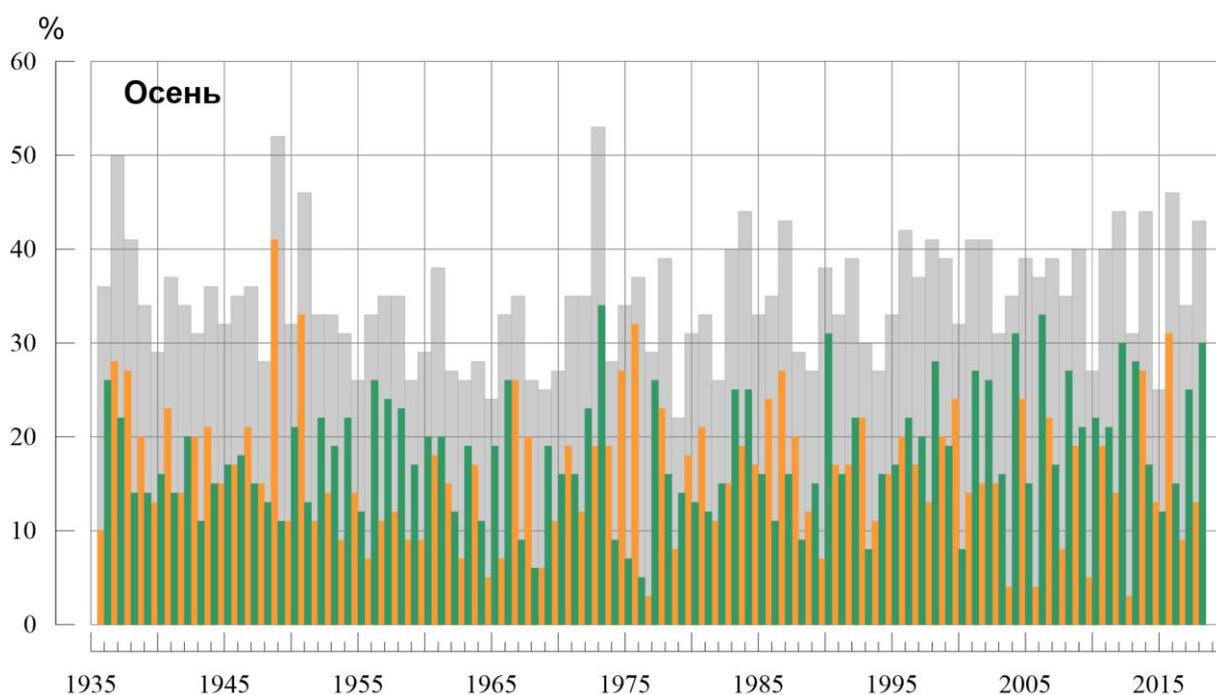
**Рисунок 5.2** - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше  $-2\sigma$ : синие столбики, больше  $+2\sigma$ : красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры осенью, 1936-2018 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Индекс аномальности Багрова в 2018 году составил 1.7 единиц (3-4 величина с 1936 года, наибольшая величина индекса Багрова наблюдалась осенью 2005 года: 1.9 единиц; за ним следует 1993 год: 1.8). Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в осенний сезон растет – тренд объясняет 15% общей дисперсии ряда за 1976-2018 гг.



**Рисунок 5.3.** - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России осенью 1886-2018 гг.

**Осадки.** Осенью 2018 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 процентиля (рис. 5.4) составила 30%, ниже 20-го процентиля – 13%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го процентиля, тренд за период 1976-2018 составляет +2.2%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 15%: тренд значим на уровне 5%) и незначимое уменьшение площади под аномалиями ниже 20-го процентиля, тренд за период 1976-2018 составляет -0.8%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 2%).



**Рисунок 5.4** – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2018 гг. (осень):

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

## ВЫВОДЫ

1. Осень для Северного полушария в целом была достаточно теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП  $+0.94^{\circ}\text{C}$  (при стандартном отклонении  $0.24^{\circ}\text{C}$ ) - двенадцатая величина с 1886 г., значение аномалии температуры ниже, ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда  $-0.29^{\circ}\text{C}$ .

2. Осень в целом по РФ была экстремально теплой, осредненная по территории РФ сезонная аномалия  $2.32^{\circ}\text{C}$  – вторая величина в ряду. Наиболее экстремальные условия (повсеместно фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались в ДВФО (аномалия  $3.05^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина в ряду) и в СЗФО ( $2.41^{\circ}\text{C}$  – ранг 2).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля), составила 79% (ранг 2); площадь с экстремальными положительными аномалиями (выше  $2\sigma$ ) составила 7% площади страны (6-7 величина в ряду с 1936 г.); индекс аномальности Багрова в 2018 году составил 1.7 единиц (ранг 3-4).

4. Из месяцев сезона следует, прежде всего, отметить **октябрь**: осредненная по РФ аномалия температуры  $3.90^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина в ряду; аномалии на севере АЧР до  $9^{\circ}\text{C}$

В **сентябре** осредненная по РФ аномалия температуры  $1.80^{\circ}\text{C}$  – вторая величина в ряду. Экстремально тепло в ЕЧР ( $2.70^{\circ}\text{C}$  – ранг 2), в Восточной Сибири ( $2.47^{\circ}\text{C}$  – ранг 2).

В **ноябре** экстремально тепло (аномалии  $3^{\circ}\text{C}$ - $9^{\circ}\text{C}$ , 95%-е экстремумы) на юге Якутии и в Приморье.

5. Осенью в среднем по РФ выпало 108% нормы осадков. Значительный избыток осадков наблюдался на северо-востоке ЕЧР и в АЧР (всюду, кроме междуречья Енисея и Лены в среднем течении), в целом по АЧР выпало 115% нормы (ранг 4), на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы.

6. Осенью площадь, занятая крупными аномалиями осадков выше 80 перцентиля составила 30%, ниже 20-го перцентиля – 13%.

7. В **сентябре** большие области значительного избытка осадков наблюдались восточнее течения Лены и в районе Байкала (в Восточной Сибири выпало 135% нормы – максимальная величина в ряду, в Прибайкалье и Забайкалье – 149% - ранг 5); в **октябре** – на северо-востоке ЕЧР, на севере Западной и Средней Сибири; в **ноябре** – в Сибирском ФО (131% - ранг 4), Хабаровском крае.

Сильный дефицит осадков (60%-80%) в **сентябре** наблюдался на востоке ЕЧР, и, далее, в АЧР до течения Лены (осредненные по Западной Сибири осадки составили 73% нормы – сентябрь здесь среди пяти самых «сухих»). в **ноябре** - в ЦФО (36% - среди четырех самых «сухих»), на севере АЧР, восточнее Таймыра.

8. В целом по России линейный тренд осенней температуры воздуха за период 1976-2018 гг. составил  $+0.46^{\circ}\text{C}/10$  лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 27%, что значительно выше, чем в среднем для суши Северного полушария ( $+0.33^{\circ}\text{C}/10$  лет. дисперсия ряда 74%). Среднесезонные осенние температуры растут со скоростью более  $+0.4^{\circ}\text{C}$  в ЕЧР (до  $+0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет в Поволжье) и на севере и востоке АЧР до  $+1.7^{\circ}\text{C}/10$  лет

в Восточной Сибири, за счет октября и ноября).

В полосе от Обской губы до Забайкалья рост температуры минимальный (до  $+0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) за счет отрицательного тренда температуры в ноябре: (до  $-0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет в центре области).

Наиболее значительное увеличение температуры происходит в октябре – тренд от  $+0.4^{\circ}\text{C}$  до  $+1.8^{\circ}\text{C}/10$  лет на всей территории страны, а также в ноябре – в Восточной Сибири от  $+0.6^{\circ}\text{C}$  до  $+2.2^{\circ}\text{C}/10$  лет.

Региональные средние осенние температуры с конца 1970 г. растут во всех регионах, Во всех регионах, наблюдались периоды замедление роста температуры: с конца 1980-х по 2000-е, а также - в начале 2010-х

10. Тренд осенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет  $+1.4\%$  / 10 лет, объясняет 5% межгодовой изменчивости.

Рост осадков осенью происходит в регионе Восточная Сибирь ( $+5.0\%$  / 10 лет, 19%) и Дальневосточном ФО ( $+2.7\%$  / 10 лет, 14%). В остальных регионах вклад тренда в общую изменчивость осадков незначителен.

## 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) осенью 2017 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 погодно-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 2017 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 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).

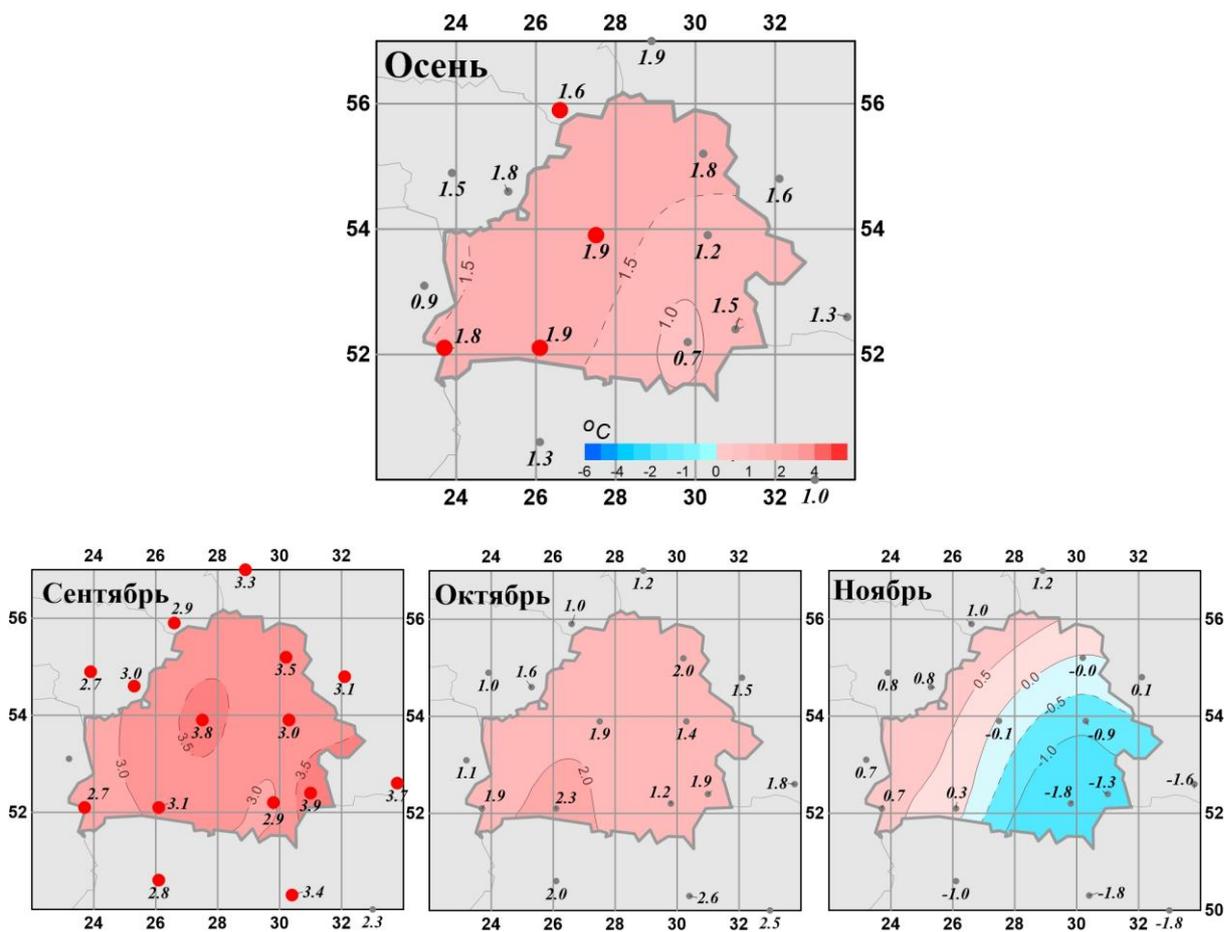
### СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ОСЕНЬЮ 2017 г.

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

**Таблица 2**

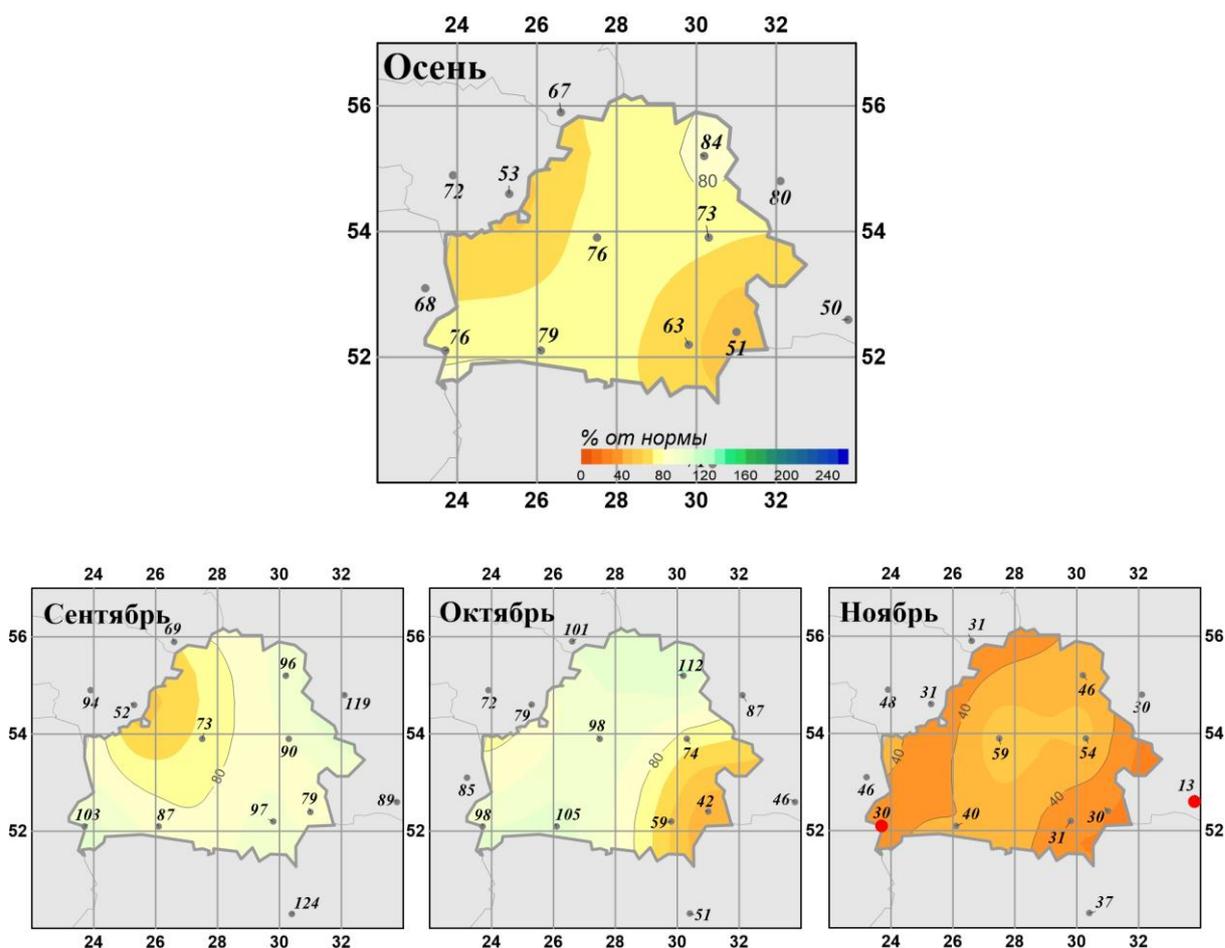
Характеристики температурного режима на станциях Беларуси осенью 2018 г.

	<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>Осень</i>	<b>7.33</b>	<b>8.13</b>	<b>7.00</b>	<b>9.67</b>	<b>9.13</b>	<b>7.57</b>	<b>8.27</b>
Сентябрь	14.5	15.5	14.5	15.8	15.7	15.3	16.5
Октябрь	7.6	8.2	7.2	9.8	9.5	8.0	8.6
Ноябрь	-0.10	0.70	-0.70	3.40	2.20	-0.60	-0.30
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Осень</i>	<b>1.83</b>	<b>1.88</b>	<b>1.16</b>	<b>1.76</b>	<b>1.89</b>	<b>0.73</b>	<b>1.54</b>
Сентябрь	3.53	3.77	2.95	2.72	3.14	2.86	3.94
Октябрь	1.99	1.92	1.4	1.86	2.25	1.16	1.93
Ноябрь	-0.04	-0.06	-0.88	0.7	0.27	-1.82	-1.25



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

*Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях.*



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

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красными кружками показаны станции с экстремумами – ниже 5-го процентилей

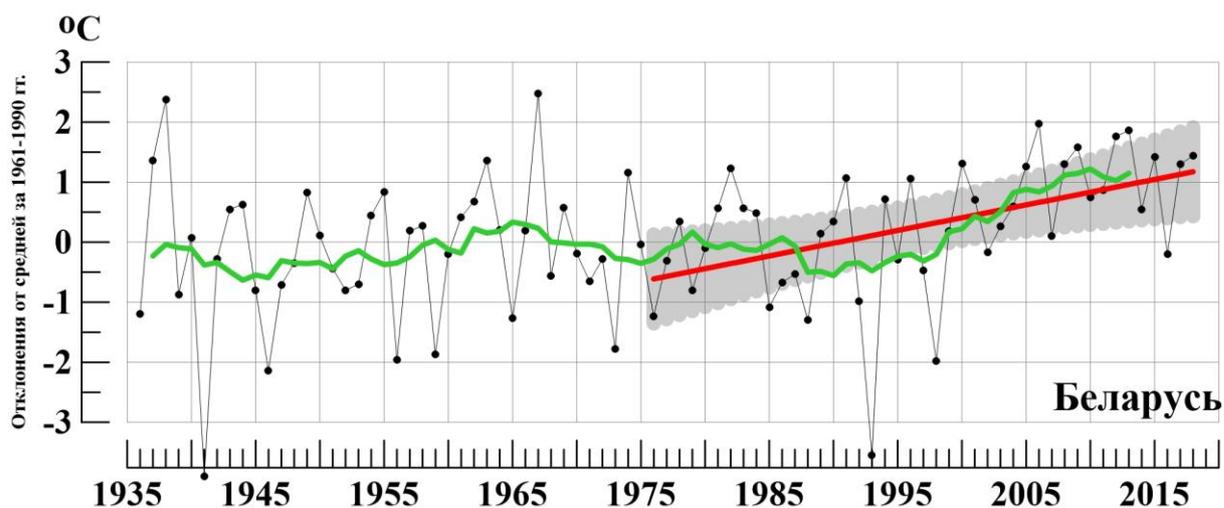
**Таблица 3**

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси осенью 2018 г.

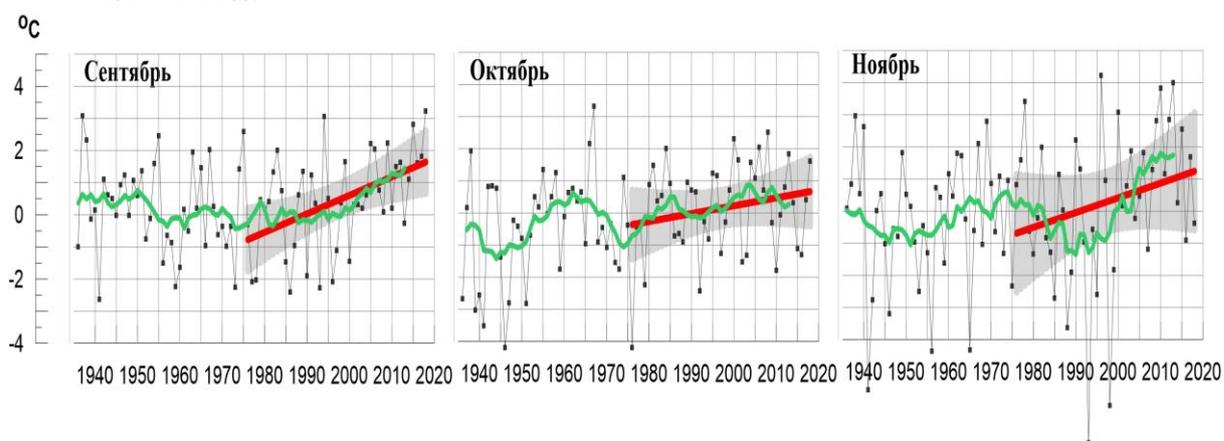
	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
<b>а) Сумма осадков (мм/месяц)</b>							
<i>Осень</i>	47.0	40.3	36.0	33.7	37.3	29.0	23.0
Сентябрь	62	44	49	53	46	48	38
Октябрь	54	46	33	34	49	24	18
Ноябрь	25	31	26	14	17	15	13
<b>б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)</b>							
<i>Осень</i>	-8.93	-12.83	-13.00	-10.60	-9.93	-17.20	-21.90
Сентябрь	-2.8	-16.2	-5.2	1.8	-6.8	-1.7	-9.9
Октябрь	5.9	-0.9	-11.7	-0.8	2.4	-16.4	-24.9
Ноябрь	-29.9	-21.4	-22.1	-32.8	-25.4	-33.5	-30.9

в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
<i>Осень</i>	84	76	73	76	79	63	51
Сентябрь	96	73	90	103	87	97	79
Октябрь	112	98	74	98	105	59	42
Ноябрь	46	59	54	30	40	31	30

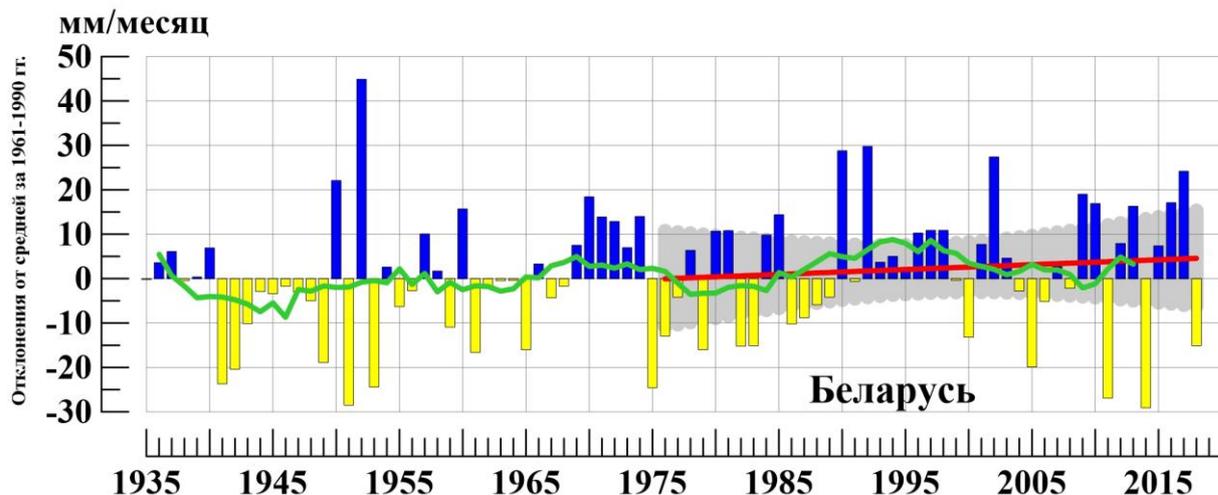
На рисунках 3-6 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2018 гг. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.



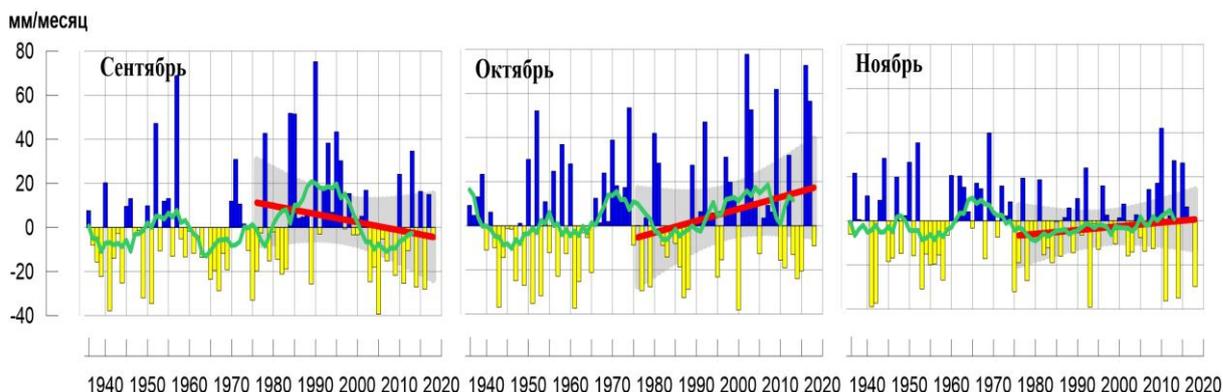
**Рисунок 3** - Сезонные (сентябрь - ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ). осредненные по территории Республики Беларусь.  
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2018гг.



**Рисунок 4** - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ). осредненные по территории Республики Беларусь.  
Условные обозначения см. на рисунке 3.



**Рисунок 5** - Сезонные (сентябрь - ноябрь) 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 осенний сезон и в отдельные месяцы сезона.

	$\nu T_{2018}$	s	$\nu R_{2018}$	s
<b>Осень</b>	<b>1.44</b>	<b>0.92</b>	<b>-15.1</b>	<b>12.7</b>
Сентябрь	3.23	1.40	-5.4	26.4
Октябрь	1.62	1.46	-9.1	23.5
Ноябрь	0.38	1.88	-29.8	16.3

**Примечание:** Аномалии  $\nu T_{2018}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).  $\nu R_{2018}$  (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.). s ( $^{\circ}\text{C}$ , мм/месяц). – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2018 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2018}$ °C/10 лет	$D_{1976-2018}$ %	$b_{1976-2018}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2018}$ %
<b>Осень</b>	<b>0.43</b>	<b>23</b>	<b>1.1</b>	<b>1</b>
Сентябрь	0.57	23	-3.7	3
Октябрь	0.24	5	5.4	5
Ноябрь	0.46	6	1.7	1