

## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2016

**ОСЕНЬ: сентябрь – ноябрь**

Обзор состояния и тенденций изменения  
климата России

★  
Москва 2017

# 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 2016 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, 1936-2016 гг.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2016 гг. (осенний сезон) .....	24
ВЫВОДЫ .....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности осени 2016 г. на территории Республики Беларусь .....	29

---

<sup>1</sup> На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2016 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 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 252 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 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 искомым экстремумом.

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



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

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»).

---

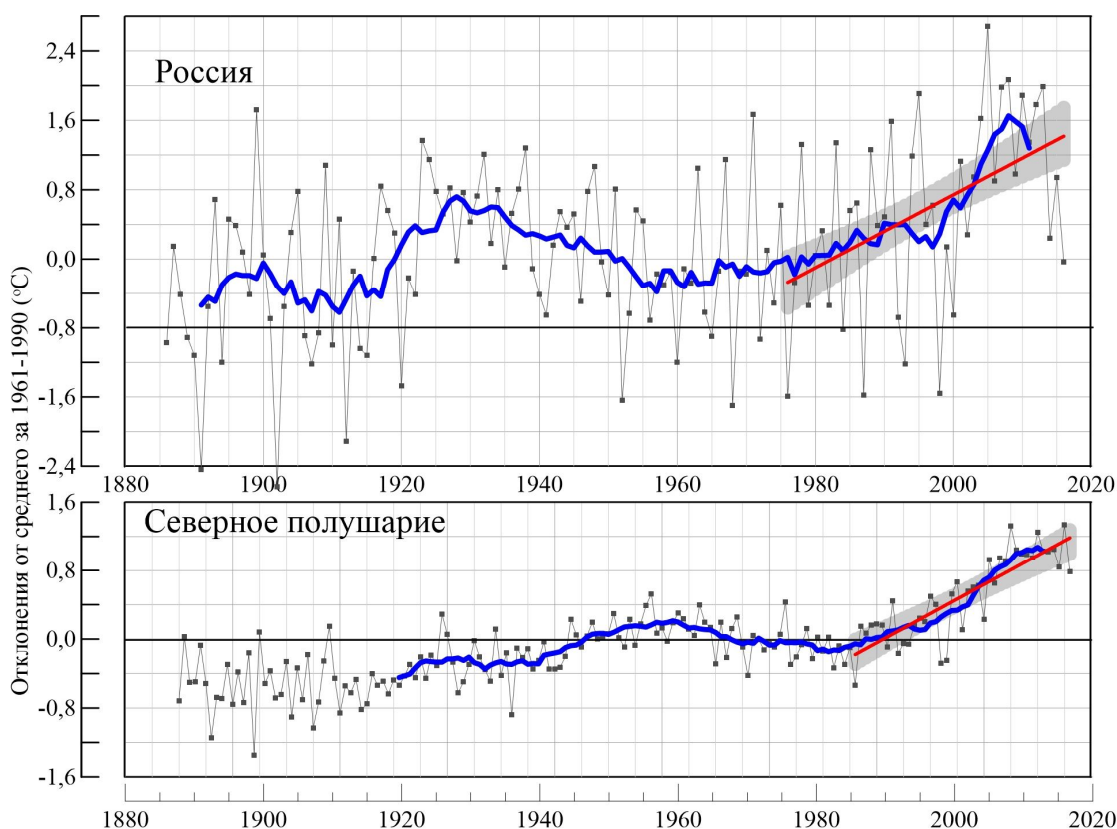
\* Раздел подготовлен в рамках программы Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды"

\*\* 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, Е.С. Щичилина.

## 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 (лето 2016: 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 1976-2016 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 (осень: сентябрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2016 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 1976-2016 гг. Используются данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).*

Аномалия температуры воздуха над сушей СП осенью составила  $+0.79^{\circ}\text{C}$  (стандартное отклонение  $0.24^{\circ}\text{C}$ ) – пятнадцатая величина с 1886 .

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила  $-0.03^{\circ}\text{C}$  при величине стандартного отклонения  $0.90^{\circ}\text{C}$  (75-76-я в ряду).

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений осенних температур за период 1976-2016 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Величина тренда средних по территории России осенних температур почти в полтора раза выше, чем для 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 1976-2016 гг.

Регионы	$\nu T_{2016}$	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	0.79	0.24	0.34	71
Россия	-0.03	0.90	0.42	21

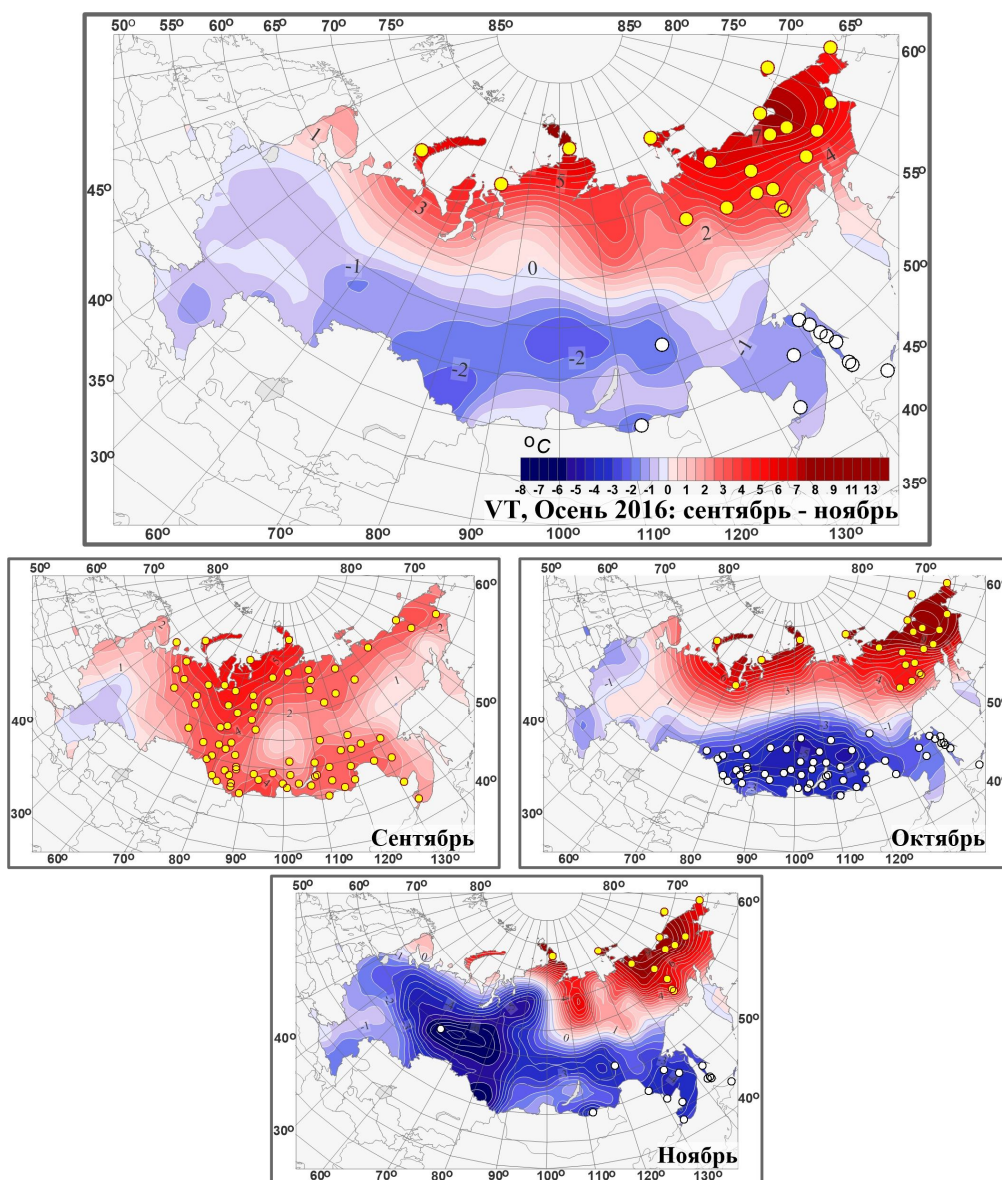
*Примечание:*  $\nu T$  – аномалия температуры,  $s$  - стандартное отклонение за период 1961-1990,  $b$  – коэффициент линейного тренда,  $D$  - вклад тренда в дисперсию.

## 2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2016 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России осени 2016 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  $-0.03^{\circ}\text{C}$ . Тепло на севере страны (севернее  $60^{\circ}$ - $63^{\circ}$  с.ш.), на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы), осредненная по Восточной Сибири аномалия  $2.89^{\circ}\text{C}$  – четвертая в ряду (за счет экстремально теплого октября и очень теплого ноября). Максимальная аномалия ( $7.9^{\circ}\text{C}$ ) зафиксирована на ГМО. Им. Федорова:  $7.9^{\circ}\text{C}$ .

Южнее  $60^{\circ}$ - $63^{\circ}$  с.ш, холодно (за счет всех месяцев, особенно октября и ноября), особенно на юге АЧР, здесь на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы, осредненная по Приамурью и Приморью аномалия  $-1.21^{\circ}\text{C}$  – осень среди четырех самых холодных осенних сезонов.



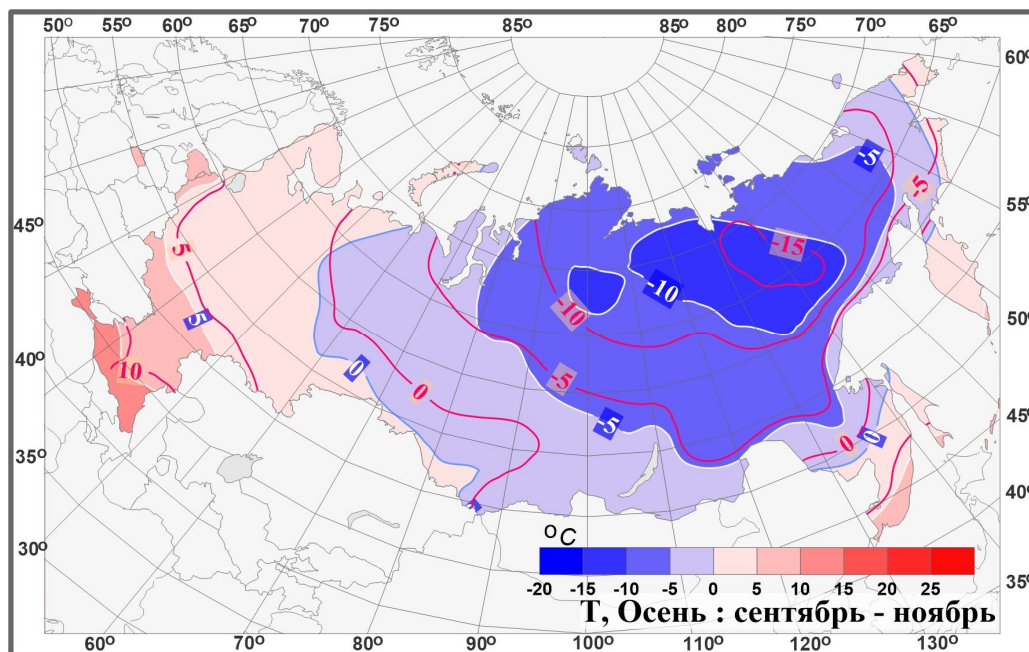
**Рисунок 2.1** – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории России осенью 2016 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го процентиля, желтого – выше 95-го процентиля. Аномалии рассчитаны 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 смещены к югу от своего климатического положения на большей части страны примерно на  $2^{\circ}$  с.ш.; а в Якутии и на Чукотке изотермы среднесезонных температур смещены к северу, особенно изотерма  $-10^{\circ}\text{C}$ .

**Сентябрь.** Осредненная по РФ аномалия температуры  $1.81^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина с 1936 года. Тепло всюду в АЧР ( $2.29^{\circ}\text{C}$  – ранг 1), а также на севере ЕЧР, экстремально тепло (аномалии более  $3^{\circ}\text{C}$ , на большинстве станций 95%-е экстремумы) на севере страны (от п-ва Канин до Чукотки, максимальная аномалия зафиксирована на станции остров Диксон:  $6.1^{\circ}\text{C}$ ), в междуречье Оби и Енисея, на Алтае, в Саянах, в Забайкалье (осредненные по Уральскому ФО, Сибирскому ФО, Дальневосточному ФО

аномалии температуры: 3.06°C, 2.67°C, 1.71°C - вторая первая и четвертая величины в соответствующих рядах).

В южных районах ЕЧР температуры в сентябре были ниже нормы (аномалии не менее -1.1°C).



**Рисунок 2.2** – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России осенью 2016 гг. Красные изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

**Октябрь.** Осредненная по РФ октябрьская аномалия температуры -0.23°C. Экстремально холодно в южных районах страны, особенно в АЧР. Осредненные по регионам Прибайкалье и Забайкалье (-3.66°C) и Приамурье и Приморье (-2.03°C) аномалии температуры - минимальные в соответствующих рядах, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы, аномалии на станциях в АЧР: до -5.4°C (на станции Кыра Забайкальского края), в ЕЧР: до -2.1°C (в Ставрополе).

Экстремально тепло на севере страны, аномалии температуры на станциях побережья Северного Ледовитого океана выше 4°C, на многих станциях зафиксированы 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до 11.2°C (на станции Илirian Чукотского АО), осредненная аномалия по региону Восточная Сибирь 3.99°C – максимальная величина в ряду.

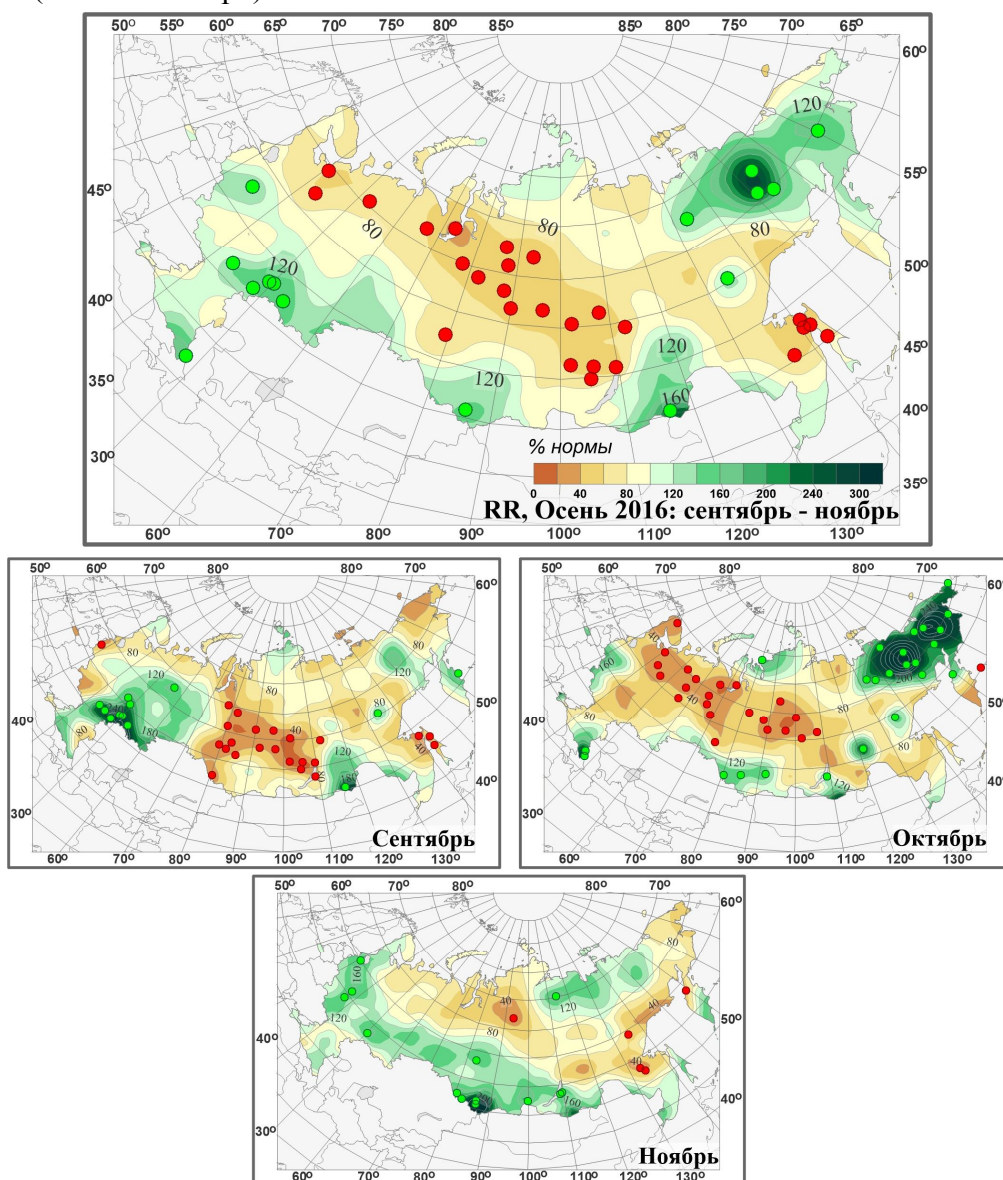
**Ноябрь.** Холодно почти на всей ЕЧР, в Уральском и Сибирском ФО (кроме узкой полосы побережья и островов Северного Ледовитого океана и Таймыра), и, далее на юге Дальневосточного ФО. Наиболее холодные условия наблюдались в центральных районах Западной Сибири (осредненная аномалия -5.14°C – ноябрь среди восьми самых холодных), в Приамурье и Приморье (-3.26°C - среди пяти самых холодных, на ряде станций зафиксированы 5%-е экстремумы), на станциях Ханты-Мансийск и Шаим аномалия -7.5°C.

Очень тепло в Якутии и на Чукотке, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы, аномалии на станциях до +10.3°C (станция Айон Чукотского АО).



**Атмосферные осадки.** Осредненные по РФ осадки 92% нормы. На севере ЕЧР и в центральных районах АЧР наблюдался сильный дефицит осадков (менее 80% нормы, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы, сильный дефицит осадков наблюдался в сентябре и октябре). Осредненные по АЧР осадки 88% нормы – четвертая среди минимальных величин, меньше всего осадков выпало в Средней Сибири: 66% - рекордный минимум в ряду.

Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР (на юге Приволжского ФО (за счет сентября), в Северо-Кавказском ФО), на юге Западной Сибири, на Алтае и в Забайкалье (за счет ноября), на востоке Якутии (в Среднеколымске выпало около трех сезонных норм) и на Чукотке (за счет октября).



**Рисунок 2.3** – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России осенью 2016г. (сентябрь – ноябрь). Кружками красного цвета показаны станционные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го процентиля.



### **Сентябрь.**

В сентябре осредненные по РФ осадки составили 91% нормы.

В АЧР преобладал дефицит осадков (80% нормы – 2-3 минимальная величина в ряду), особенно в Сибирском ФО (66% – 3-ья минимальная величина). Сильный дефицит осадков (менее 40%, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы) наблюдался в центральных районах АЧР, а также в Приморье и на Сахалине, вдоль побережья Северного Ледовитого океана восточнее Таймыра. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на западе и севере ЕЧР (особенно в Псковской области).

На юго-востоке ЕЧР и далее на юго-западе Западной Сибири наблюдался значительный избыток осадков (более 120% нормы), в Приволжском ФО (173% нормы – ранг 3) на ряде станций выпало более 3-х норм осадков, максимальное количество осадков выпало на станции Ершов: 375% нормы. Кроме того, избыток осадков наблюдался в верхнем течении Амура (на станции Борзя выпало 318% нормы), в Магаданской области, на востоке Якутии, на Камчатке (на станции Усть-Камчатск выпало 202%).

### **Октябрь.**

Осредненные осадки по России осадки 82% нормы – третья из минимальных величин в ряду. На большей части страны наблюдался дефицит осадков, особенно сильный (менее 40% нормы, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы): в северных районах ЕЧР (осредненные по Северо-Западному ФО осадки 51% - 4-ая из минимальных величин в ряду), в центральных районах Западной и Средней Сибири (57% - минимальная в ряду).

Значительный избыток осадков на востоке Якутии, на Чукотке, в Магаданской области, в Корякском АО: на большинстве станций выпало более двух месячных норм (на станции Зырянка выпало 537%), осредненные осадки по региону Восточная Сибирь 137% (ранг 4). Избыток осадков наблюдался на западе страны (в основном это Смоленская и Брянская области), в Северо-Кавказском ФО (201% - ранг 4), вдоль азиатской границы с Казахстаном, на Алтае, в Забайкалье.

**Ноябрь.** Осредненные по РФ осадки 106% нормы. Избыток осадков наблюдался в ЕЧР южнее бассейнов Северной Двины и Печеры, в АЧР: в верховьях Оби, Енисея, Лены, в Приморье, а также на севере Якутии. Особенно много осадков (более 3 норм или более 95-го перцентиля) выпало на станциях Алтая.

Дефицит осадков (ниже 60% нормы) наблюдался в центральных районах Красноярского края (на станции Агата выпало лишь 14% нормы), в Забайкалье, вдоль побережья Охотского моря.

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 неперевышения) региональных аномалий по данным за 1936-2015 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 около нормы, аномалия температуры составила  $-0.03^{\circ}\text{C}$ . Экстремально холодно было в Приамурье и Приморье ( $-1.21^{\circ}\text{C}$ - среди четырех самых холодных сезонов), экстремально тепло в Восточной Сибири ( $2.89^{\circ}\text{C}$  – среди четырех теплых).

**Таблица 2.1**

Регионально осредненные аномалии температуры осенью 2016 г.

Регионы	$\nu T_{2016}$	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$
Российская Федерация	-0.03	0.90	41.2
<b>Физико-географические регионы России</b>			
Европейская часть России	-0.41	1.04	26.2
Азиатская часть России	0.12	1.10	40.0
Западная Сибирь	-0.90	1.54	21.3
Средняя Сибирь	0.03	1.80	46.3
Прибайкалье и Забайкалье	-1.13	1.23	10.0
Приамурье и Приморье	<b>-1.21</b>	<b>0.89</b>	<b>3.8</b>
Восточная Сибирь	<b>2.89</b>	<b>0.94</b>	<b>96.2</b>
<b>Федеральные округа РФ</b>			
Северо-Западный	0.25	1.24	43.8
Центральный	-0.57	1.13	26.2
Приволжский	-0.75	1.25	25.0
Южный	-0.60	1.05	33.8
Северо-Кавказский	-0.73	0.85	27.5
Уральский	-0.29	1.64	35.0
Сибирский	-1.16	1.49	13.8
Дальневосточный	1.32	1.01	75.0

**Примечание:** 1. Аномалии  $\nu T_{2016}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.;  $s$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности неперевышения  $P(t \leq T_{2016})$  рассчитаны по выборке за 1936-2015 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Из месяцев сезона (см. табл. 2.1.1) следует отметить сентябрь (осредненная по РФ аномалия 1.81°C – исторический максимум в ряду, особенно тепло в АЧР (2.29°C – ранг 1) в Сибирском ФО (2.67°C – ранг 1), в Уральском ФО (3.06°C – ранг 2) и в Дальневосточном ФО (1.71°C – ранг 2).

В октябре очень холодно в регионах: Прибайкалье и Забайкалье (аномалия - 3.66°C – исторический минимум), Приамурье и Приморье (-2.03°C – исторический минимум). В октябре очень тепло в Восточной Сибири (аномалия 3.99°C – ранг 1).

В ноябре очень холодно в Приамурье и Приморье (-3.26°C – среди пяти самых холодных нояблей).

Количество выпавших осенью в РФ в целом осадков (табл. 2.2) составило 92% нормы. Сильный дефицит осадков наблюдался в целом по Азиатской части РФ (88% - среди четырех наиболее сухих сезонов), дефицит отмечался во всех федеральных округах АЧР, особенно в Сибирском ФО (82% нормы – среди трех самых сухих).

Из месяцев сезона (табл. 2.2.1) следует отметить сентябрь в АЧР (выпало 80% нормы – среди трех самых сухих сентяблей), а экстремальное количество осадков в сентябре выпало в Приволжском ФО (173% - ранг 3).

В октябре сильный дефицит осадков наблюдался в Северо-Западном ФО (51% нормы – среди четырех самых сухих октяблей), в Уральском ФО (56% - второй среди самых сухих, самым сухим здесь был октябрь 1987 года (47% нормы)), в Сибирском ФО (77% - среди пяти самых сухих), а в Северо-Кавказском ФО выпало 201% нормы осадков – ранг 4.

**Таблица 2.1.1**

Регионально осредненные аномалии температуры в осенние месяцы.

Регионы	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	$\nu T_{2016}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$	$\nu T_{2016}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$	$\nu T_{2016}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2016})$
Российская Федерация	<b>1.81</b>	<b>0.59</b>	<b>100.0</b>	-0.23	1.26	21.3	-1.65	1.88	17.5
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	0.61	1.24	56.3	0.05	1.75	42.5	-1.88	1.80	17.5
Азиатская часть России	<b>2.29</b>	<b>0.65</b>	<b>100</b>	-0.34	1.38	20.0	-1.56	2.28	18.8
Западная Сибирь	<b>3.11</b>	<b>1.29</b>	<b>100</b>	-0.67	2.03	20.0	-5.14	3.63	8.7
Средняя Сибирь	<b>2.30</b>	<b>1.00</b>	<b>98.8</b>	-1.09	2.77	20.0	-1.25	3.70	30.0
Прибайкалье и Забайкалье	<b>2.63</b>	<b>0.93</b>	<b>98.8</b>	<b>-3.66</b>	<b>1.65</b>	<b>0</b>	-2.34	2.56	18.8
Приамурье и Приморье	1.67	0.85	92.5	<b>-2.03</b>	<b>1.24</b>	<b>0</b>	<b>-3.26</b>	<b>1.99</b>	<b>5.0</b>
Восточная Сибирь	1.47	0.97	87.5	<b>3.99</b>	<b>1.36</b>	<b>100</b>	3.36	2.02	85.0
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	1.74	1.41	86.3	1.08	1.95	63.7	-2.08	2.62	21.3
Центральный	0.23	1.44	46.3	-0.50	1.83	37.5	-1.43	1.97	23.7

Приволжский	0.09	1.49	45.0	-0.05	2.01	36.3	-2.28	2.04	20.0
Южный	-0.33	1.28	40.0	-0.69	1.81	25.0	-0.79	1.59	36.3
Северо-Кавказский	-0.11	1.12	43.8	-1.09	1.61	17.5	-1.03	1.33	23.7
Уральский	<b>3.06</b>	<b>1.38</b>	<b>98.8</b>	1.08	2.41	52.5	-5.01	4.05	11.2
Сибирский	<b>2.67</b>	<b>1.03</b>	<b>100</b>	<b>-2.77</b>	<b>1.87</b>	<b>3.8</b>	-3.37	3.25	16.2
Дальневосточный	<b>1.71</b>	<b>0.83</b>	<b>96.2</b>	1.34	1.23	71.2	0.99	2.00	57.5

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков осенью 2016 г.

Регионы	$\nu R_{2016}$	$RR_{2016}$	$m$	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2016})$
Российская Федерация	-3.2	92	0.3	2.2	2.1	13.8
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	0.1	100	0.4	5.9	4.4	47.5
Азиатская часть России	<b>-4.6</b>	<b>88</b>	<b>0,6</b>	<b>2,9</b>	<b>1,4</b>	<b>3.8</b>
Западная Сибирь	-4.8	88	0.4	3.0	2.1	15.0
Средняя Сибирь	<b>-11.4</b>	<b>66</b>	<b>0.0</b>	<b>2.1</b>	<b>1.8</b>	<b>0</b>
Прибайкалье и Забайкалье	0.8	103	-0.3	2.5	3.5	48.8
Приамурье и Приморье	-7.5	87	-0.2	5.1	8.0	23.7
Восточная Сибирь	1.9	105	-1.6	1.9	5.2	56.3
<b>Федеральные округа РФ</b>						
Северо-Западный	-10.8	81	0.0	3.6	3.0	7.5
Центральный	2.3	104	-2.7	5.0	12.9	58.7
Приволжский	7.7	116	0.7	7.5	4.9	82.5
Южный	1.6	104	-1.3	5.9	8.2	56.3
Северо-Кавказский	16.1	129	-0.2	6.7	8.3	78.8
Уральский	-6.4	86	-0.8	4.5	5.3	15.0
Сибирский	<b>-6.2</b>	<b>82</b>	<b>0.2</b>	<b>2.0</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>
Дальневосточный	-2.5	94	0.2	2.6	2.7	23.7

**Примечание:** 1. Аномалии  $\nu R_{2016}$  (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.),  $RR_{2016}$  - отношение  $R_{2016}$  к норме, выраженное в %,  $q1$ ,  $q3$  и  $m$  - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности непревышения  $P(r \leq R_{2016})$  - рассчитаны по выборке за 1936-2015 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Таблица 2.2.1

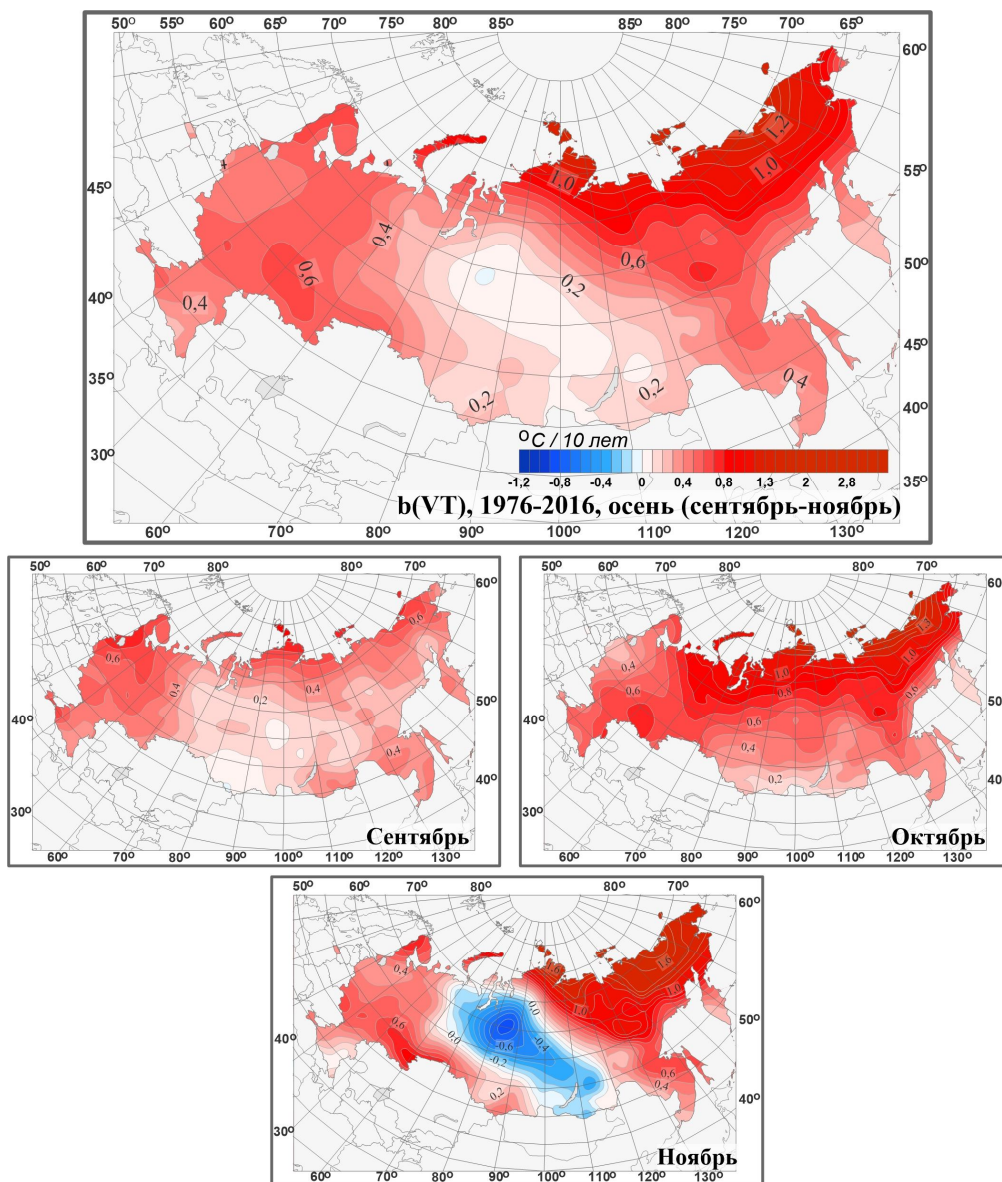
Регионально осредненные аномалии осадков в осенние месяцы.

Регионы	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	$\nu R_{2016}$	$RR_{2016}$	$P(r \leq R_{2016})$	$\nu R_{2016}$	$RR_{2016}$	$P(r \leq R_{2016})$	$\nu R_{2016}$	$RR_{2016}$	$P(r \leq R_{2016})$
Российская Федерация	-4.4	91	11.2	-7.5	82	2.5	2.0	106	68.8
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	9.6	118	80.0	-13.6	73	8.7	4.9	110	73.8
Азиатская часть России	<b>-10.0</b>	<b>80</b>	<b>2.5</b>	-5.1	86	7.5	0.8	103	57.5
Западная Сибирь	-10.9	77	7.5	-10.3	76	13.8	6.6	119	83.7
Средняя Сибирь	<b>-18.3</b>	<b>57</b>	<b>0</b>	<b>-14.0</b>	<b>57</b>	<b>0</b>	-2.5	91	38.7
Прибайкалье и Забайкалье	2.0	105	46.3	-2.7	88	30.0	3.2	119	71.2
Приамурье и Приморье	-9.5	89	40.0	-12.9	74	18.8	-1.5	95	46.3
Восточная Сибирь	-7.1	84	23.7	<b>14.2</b>	<b>137</b>	<b>96.2</b>	-6.4	94	48.8
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	-5.9	90	36.3	<b>-28.0</b>	<b>51</b>	<b>3.8</b>	1.4	103	61.3
Центральный	-7.1	87	35.0	-3.5	93	45.0	17.4	134	92.5
Приволжский	<b>36.2</b>	<b>173</b>	<b>97.5</b>	-21.0	57	12.5	7.8	117	73.8
Южный	16.7	141	87.5	-7.4	79	28.7	-4.3	91	52.5
Северо-Кавказский	6.8	112	61.3	<b>56.3</b>	<b>201</b>	<b>96.2</b>	-4.1	92	40.0
Уральский	1.0	102	51.2	<b>-19.7</b>	<b>56</b>	<b>1.3</b>	-0.6	98	52.5
Сибирский	<b>-15.1</b>	<b>66</b>	<b>2.5</b>	<b>-7.7</b>	<b>77</b>	<b>5.0</b>	4.2	115	85.0
Дальневосточный	-8.4	85	15.0	1.4	104	58.7	-1.4	95	45.0

### 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 1976-2016 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.



**Рисунок 3.1** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) на территории России по данным за 1976-2016 (осень)

Среднесезонные осенние температуры растут на всей территории страны; наиболее значительный рост наблюдается: в ЕЧР в Среднем Поволжье (до  $+0.6^{\circ}\text{C}/10$  лет), в АЧР в Восточной Сибири ( $+0.6^{\circ}\text{C}$  -  $+1.4^{\circ}\text{C}/10$  лет, за счет октября и ноября).

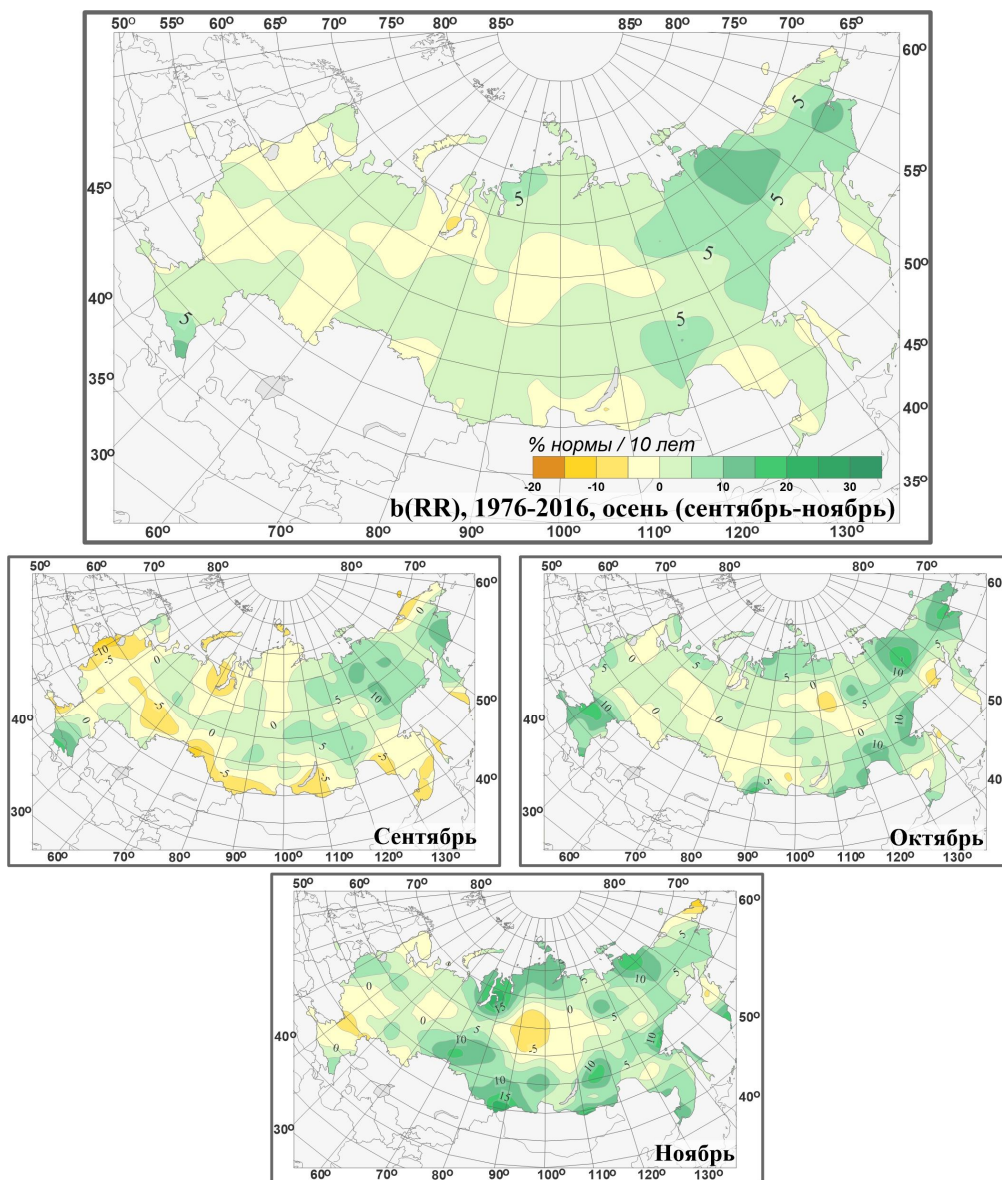
В полосе от Обской губы до Байкала рост температуры минимальный (до  $+0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет за счет уменьшения температуры здесь в ноябре (до  $-0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет в центре области).

Наиболее значительное увеличение температуры происходит в октябре – тренд от  $+0.4^{\circ}\text{C}$  до  $+1.6^{\circ}\text{C}/10$  лет на всей территории страны, а также в ноябре – в Восточной Сибири от  $+0.6^{\circ}\text{C}$  до  $+1.7^{\circ}\text{C}/10$  лет.

По сравнению с прошлым 2015 годом увеличилась область в центре Сибири, где рост температуры минимальный (за счет холодного октября и ноября).

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



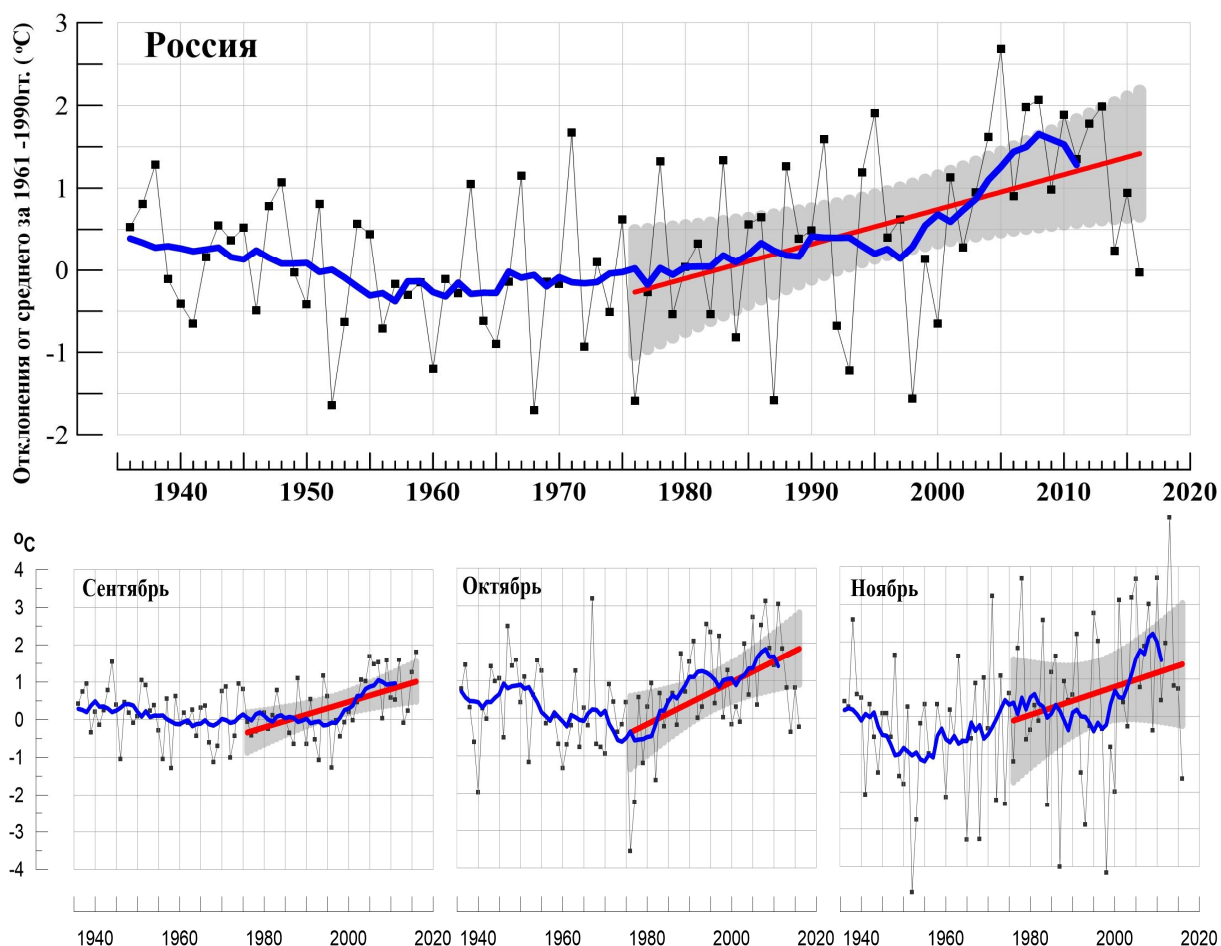


**Рисунок 3.2** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2016 (осень).

Тенденция к увеличению осадков осенью (около +5мм/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 -5мм/10 лет) наблюдается в сентябре - в ЕЧР, на юге Сибири и Дальнего Востока. Тенденция к уменьшению осадков наблюдается также в октябре – в Якутии и в Магаданской области, в ноябре - в центре ЕЧР и в центральных районах АЧР.

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.

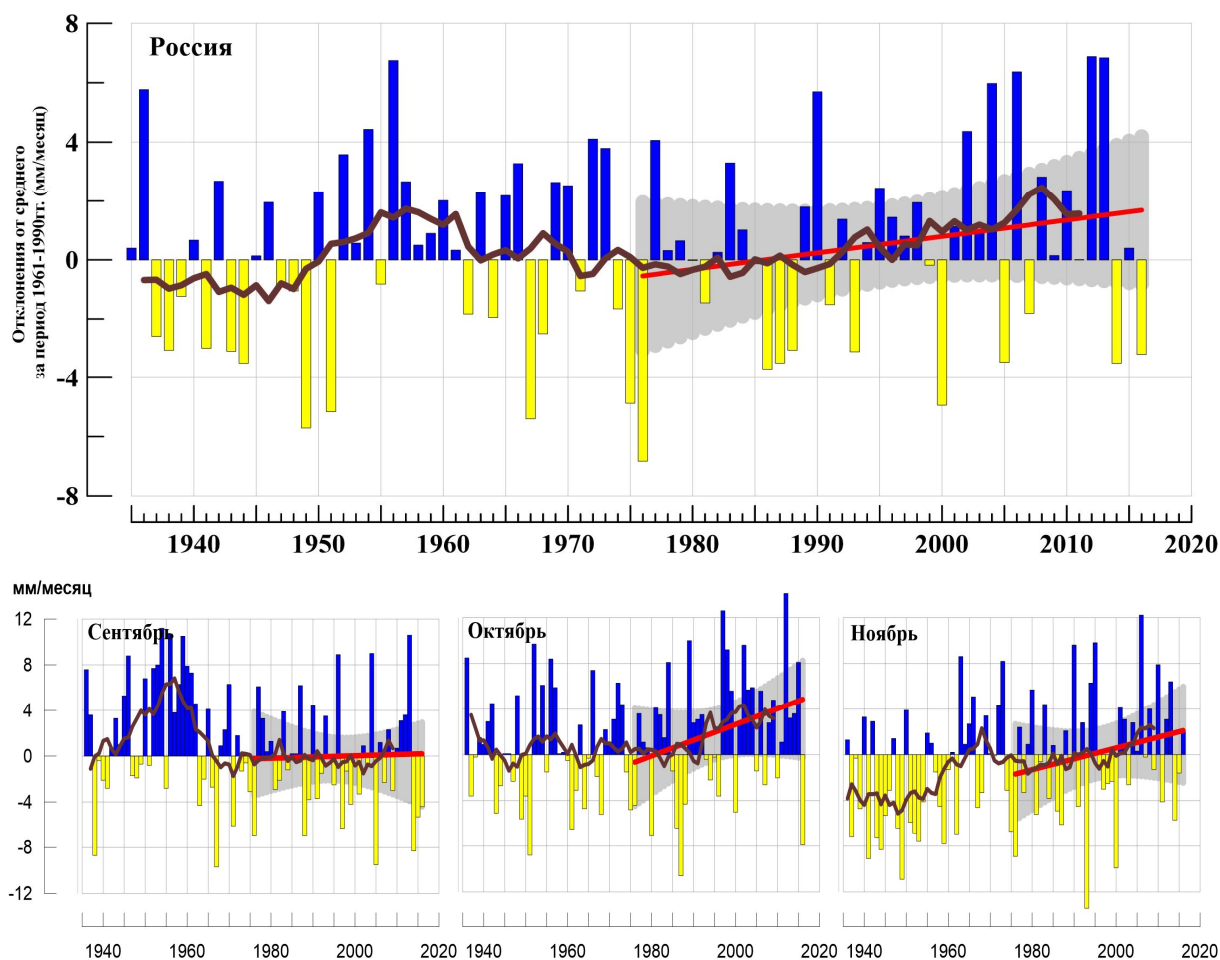
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2016 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

**Таблица 3.1**

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за осенний сезон, за 1976-2016 гг.

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

Регион: Российская Федерация	Температура		Осадки	
	$b$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет	$D$ , %	$b$ мм/мес/10 лет	$D$ , %
<b>Осень</b>	0.42	21	0.6	4
Сентябрь	0.34	27	0.1	0
Октябрь	0.56	23	1.4	8
Ноябрь	0.37	4	0.9	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 1936-2016 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 – 2016 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2016 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 1976-2016 гг. (осенний сезон),

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

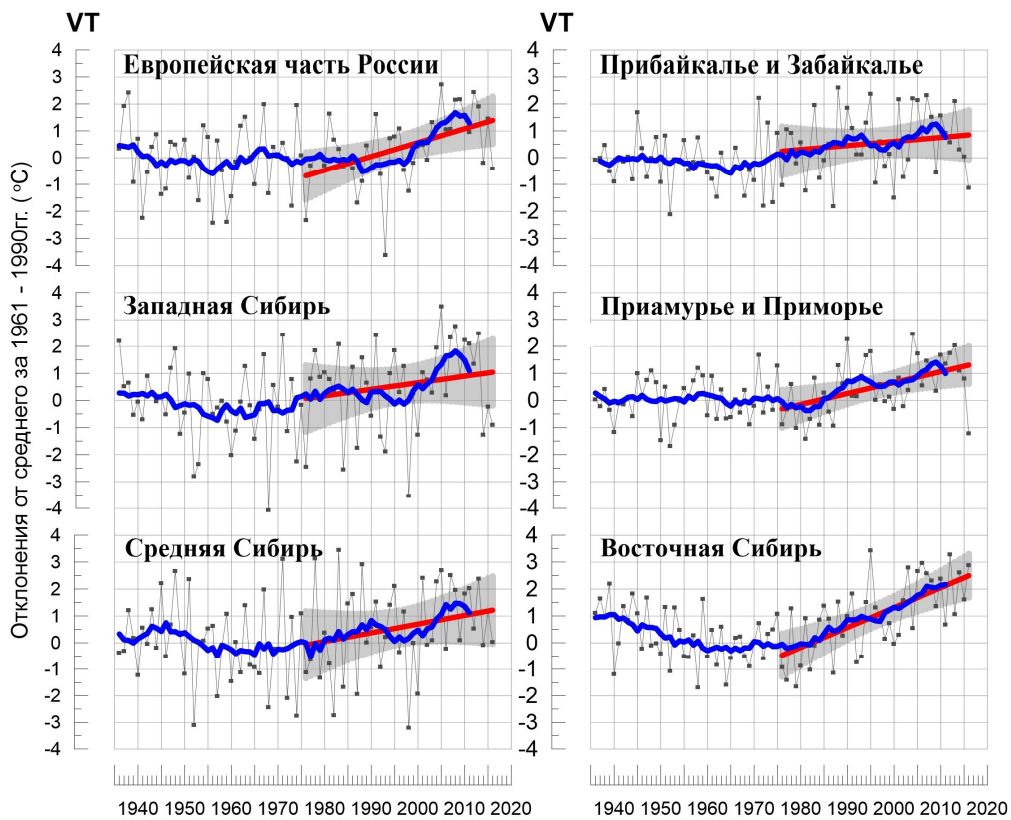
Регионы	Температура		Осадки		
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0.42	21	0.6	1.3	4
<b>Физико-географические регионы России</b>					
Европейская часть России	0.52	23	0.1	0.2	0
Азиатская часть России	0.39	16	0.7	1.9	9
Западная Сибирь	0.24	3	0.5	1.0	1
Средняя Сибирь	0.32	6	0.5	1.5	2
Прибайкалье и Забайкалье	0.15	2	0.6	2.2	3
Приамурье и Приморье	0.40	23	-0.1	-0.2	0
Восточная Сибирь	0.74	43	1.8	4.8	17
<b>Федеральные округа РФ</b>					
Северо-Западный	0.52	19	-0.1	-0.3	0
Центральный	0.52	22	-0.1	-0.1	0
Приволжский	0.56	20	-0.4	-0.8	0
Южный	0.48	19	0.7	1.7	0
Северно-Кавказский	0.38	13	2.1	3.7	4
Уральский	0.29	4	0.4	1.0	1
Сибирский	0.16	2	0.4	1.2	2
Дальневосточный	0.60	40	1.1	2.7	12

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, начиная с 2000-х, заметно замедление роста температуры (сглаженная кривая на рис. 4.1 и 4.2).

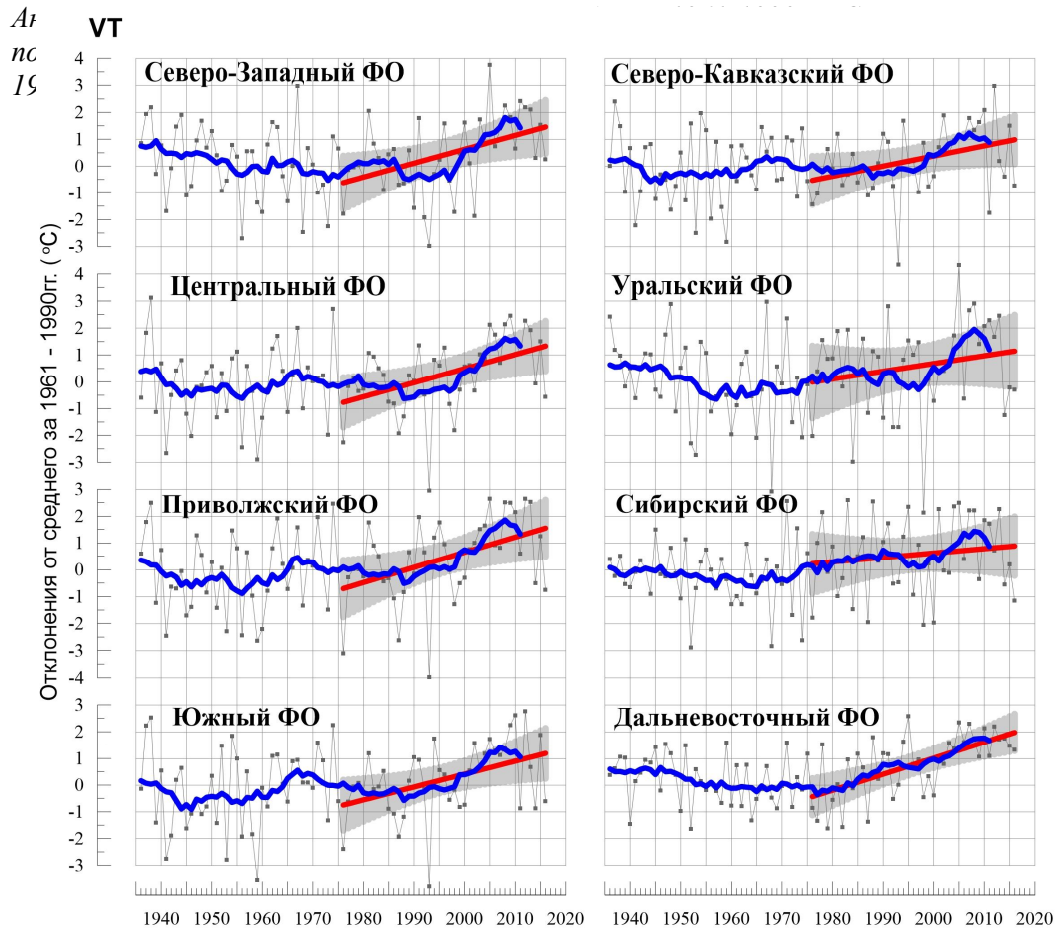
Наиболее заметен рост температуры в Европейской части России и в Восточной Сибири (превышает полградуса за 10 лет). В этих регионах, а также в Приамурье и Приморье, вклад тренда в дисперсию ряда позволяет говорить о значимости тенденции увеличения температуры на 1% уровне.

По сравнению с периодом 1976-2015 гг. во всех регионах оценки линейного тренда осенью уменьшились на 0.05°C / 10 лет (в Средней Сибири) – 0.10°C / 10 лет (в Приамурье и Приморье), за счет холодного октября и ноября в южных районах страны

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 +1.8 мм/10 лет (4.8%/лет) объясняет 17% изменчивости ряда).

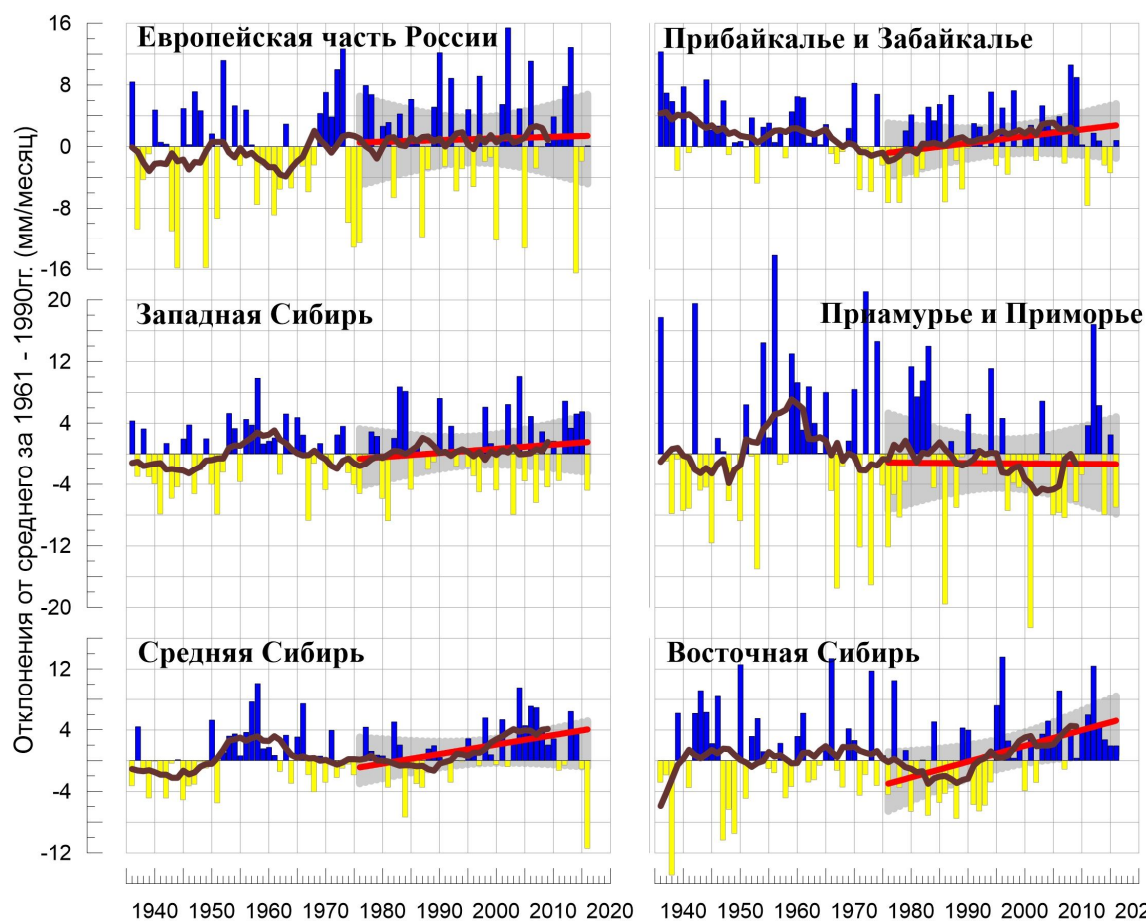


**Рисунок 4.1** - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, осень 2016 гг.



**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 2016 г.  
*Условные обозначения см. на рис. 4.1.*



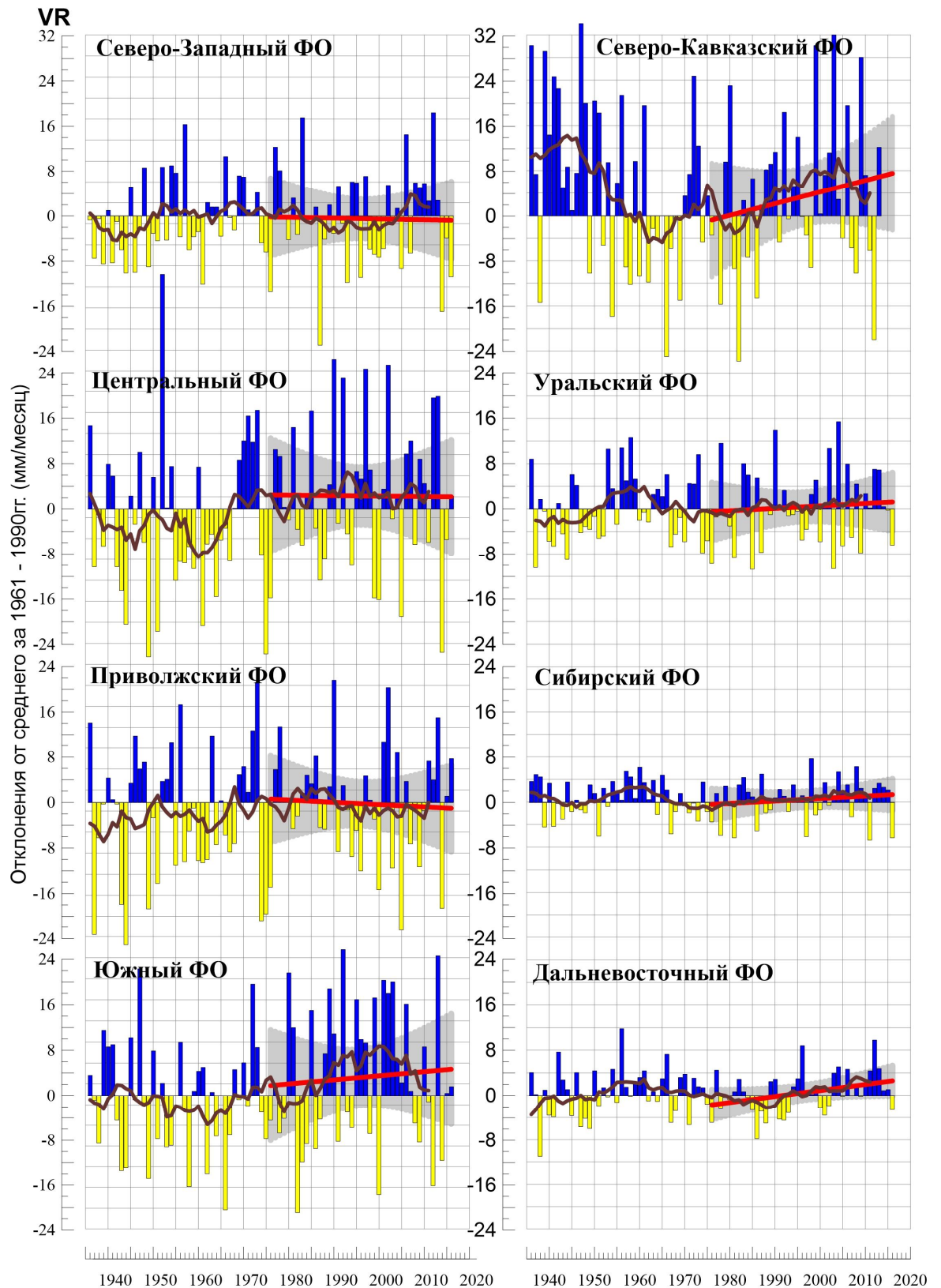
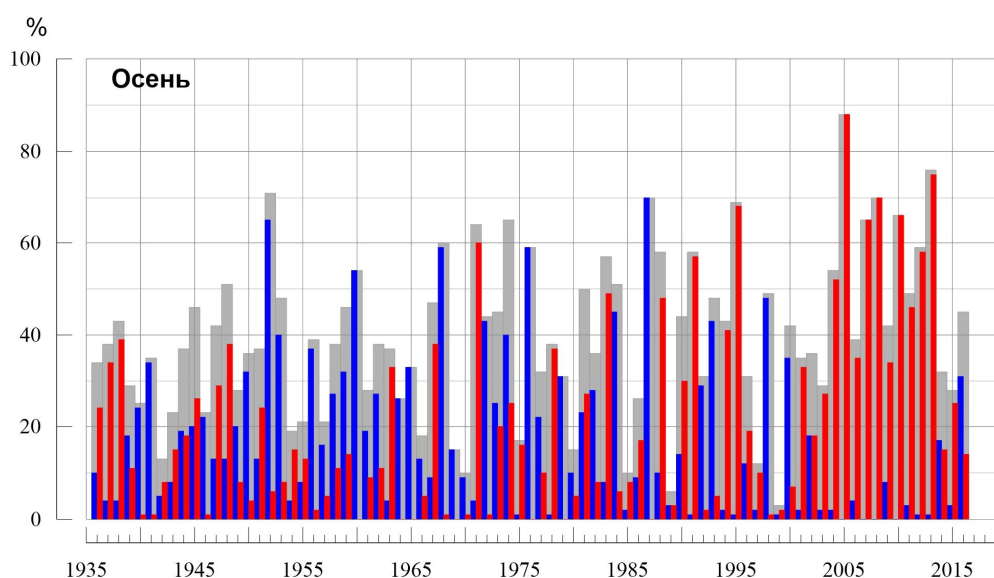


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

## 5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2016 гг. (осенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для осеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2016 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.** Осенью 2016 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями составляла 14%, отрицательными аномалиями: 31%. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2016 составляет 3.8% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 17%). В последние несколько лет доля площади под крупными аномалиями обоих знаков несколько уменьшилась.



**Рисунок 5.1** – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2016 гг. (осень):

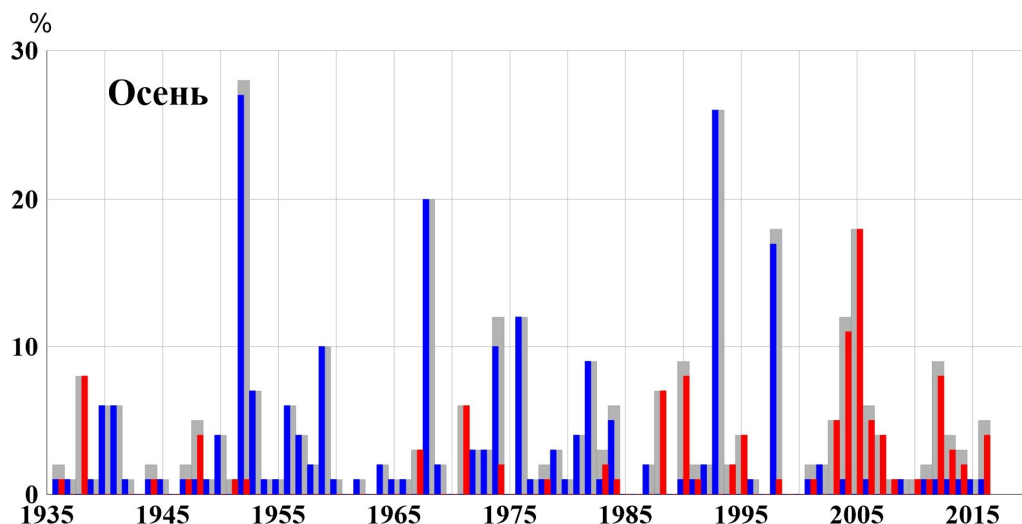
■ ниже 20-го перцентиля, ■ выше 80-го перцентиля,  
■ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

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 2016 года доля площади под экстремальными положительными аномалиями составила 4%, под отрицательными – 1% площади страны. Наиболее экстремальные теплые осенние сезоны наблюдались: в 2004 г. (11% площади занято экстремальными аномалиями), в 2005 (18% - наиболее экстремально жаркий осенний сезон), в 2012 (8%), в 1990 (8%), в 1938 (8%). Экстремально холодные осенние сезоны наблюдались: в 1952 (27% площади занято экстремальными аномалиями, наиболее

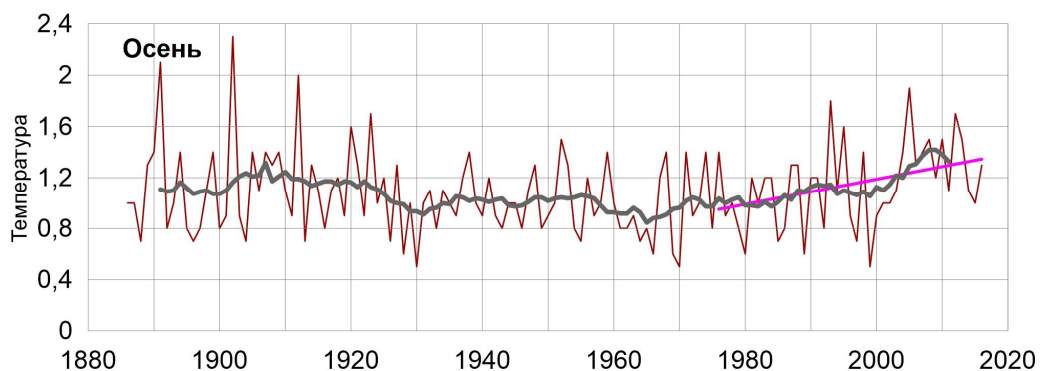
экстремально холодный осенний сезон), в 1968 (20%), в 1976 (12%), в 1982 (9%), в 1993 (26%), в 1998 (17%, это последний год, когда экстремумы холода преобладали).

С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается некоторое увеличение площади под экстремальными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2016 составляет 1.0% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 10%).



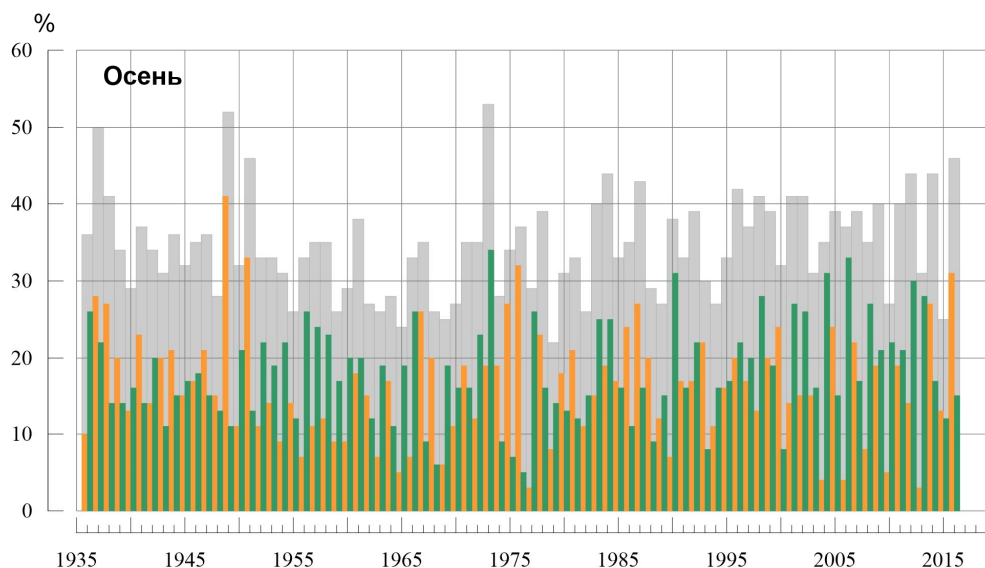
**Рисунок 5.2** - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше  $-2\sigma$ : синие столбики, больше  $+2\sigma$ : красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры осенью, 1936-2016 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

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 13% общей дисперсии ряда за 1976-2016 гг.



**Рисунок 5.3.** - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России осенью 1886-2016 гг.

**Осадки.** Осенью 2016 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля (рис. 5.4) составила 15%, ниже 20-го перцентиля – 31%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го перцентиля, тренд за период 1976-2016 составляет +1.9%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 11%: тренд значим на уровне 5%) и незначимое уменьшение площади под аномалиями ниже 20-го перцентиля, тренд за период 1976-2016 составляет -0.6%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 1%).



**Рисунок 5.4** – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2016 гг. (осень):

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

## ВЫВОДЫ

1. Осень для Северного полушария в целом была теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП  $+0.79^{\circ}\text{C}$  (при стандартном отклонении  $0.24^{\circ}\text{C}$ ), но значение аномалии значительно ниже, ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда около  $-0.4^{\circ}\text{C}$ .

2. Осень была близка к климатической норме (осредненная по территории РФ сезонная аномалия  $-0.03^{\circ}\text{C}$ ). Тепло севернее  $60^{\circ}$ - $63^{\circ}$  с.ш., на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы, особенно в Восточной Сибири (аномалия  $2.89^{\circ}\text{C}$  – четвертая в ряду).

Южнее  $60^{\circ}$ - $63^{\circ}$  с.ш. холодно, особенно на юге АЧР, на ряде станций отмечались 5%-е экстремумы, осредненная по Приамурью и Приморью аномалия  $-1.21^{\circ}\text{C}$  – среди четырех самых холодных осенних сезонов.

3. Доля площади территории России, занятая крупными отрицательными среднесезонными аномалиями температуры (ниже 20-го перцентиля), составила 31%, а занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля), составила 14%. Площади с экстремальными отрицательными аномалиями (выше  $2\sigma$ ) составили 1% страны, а площади с экстремальными положительными аномалиями: 4%.

4. Из месяцев сезона следует, прежде всего, отметить **сентябрь** (осредненная по РФ аномалия температуры  $1.81^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина с 1936 года. экстремально тепло (аномалии более  $3^{\circ}\text{C}$ , на большинстве станций 95%-е экстремумы) на севере страны, в междуречье Оби и Енисея, на Алтае, в Саянах, в Забайкалье (осредненные по Уральскому ФО, Сибирскому ФО, Дальневосточному ФО аномалии температуры:  $3.06^{\circ}\text{C}$ ,  $2.67^{\circ}\text{C}$ ,  $1.71^{\circ}\text{C}$  - вторая первая и четвертая величины в соответствующих рядах).

В южных районах ЕЧР температуры в сентябре были ниже нормы (аномалии не менее  $-1.1^{\circ}\text{C}$ ).

Октябрь и ноябрь – очень контрастные месяцы: тепло на севере, холодно на юге.

В **октябре** осредненные по регионам Прибайкалье и Забайкалье ( $-3.66^{\circ}\text{C}$ ) и Приамурье и Приморье ( $-2.03^{\circ}\text{C}$ ) аномалии температуры - минимальные в соответствующих рядах, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы; а по региону Восточная Сибирь:  $3.99^{\circ}\text{C}$  – максимальная величина в ряду.

В **ноябре** экстремально холодно в Приамурье и Приморье (аномалия  $-3.26^{\circ}\text{C}$  - среди пяти самых холодных, на ряде станций зафиксированы 5%-е экстремумы); очень тепло в Якутии и на Чукотке, на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы.

5. Осенью в среднем по РФ выпало 92% нормы осадков. На севере ЕЧР и в центральных районах АЧР наблюдался сильный дефицит осадков (менее 80% нормы, на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы). Меньше всего осадков выпало в Средней Сибири: 66% - рекордный минимум в ряду.

Значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался на юге ЕЧР, на юге Западной Сибири, на Алтае и в Забайкалье, на востоке Якутии и на Чукотке.

6. Осенью площадь, занятая крупными аномалиями осадков ниже 20-го перцентиля – 31%, выше 80 перцентиля - 15%.

7. В *сентябре* и в *октябре* наблюдались большие области с сильным дефицитом осадков (на многих станциях отмечались 5%-е экстремумы); в *сентябре* – в АЧР (80%нормы – 2-3 минимальная величина в ряду), особенно в Сибирском ФО (66% – 3-ья минимальная величина), в *октябре* в северных районах ЕЧР (осредненные по Северо-Западному ФО осадки 51% - 4-ая из минимальных величин в ряду), в центральных районах Западной и Средней Сибири (57% - минимальная в ряду).

Значительный избыток осадков в *сентябре* наблюдался на юго-востоке ЕЧР, на юго-западе Западной Сибири, в Приволжском ФО выпало 173%нормы – ранг 3; в *октябре* - на востоке Якутии, на Чукотке; в *ноябре* – в южных районах страны.

8. В целом по России линейный тренд осенней температуры воздуха за период 1976-2016 гг. составил  $+0.42^{\circ}\text{C}/10$  лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 21%, что значительно выше, чем в среднем для суши Северного полушария ( $+0.34^{\circ}\text{C}/10$  лет. дисперсия ряда 71%). Основные тенденции климатических изменений температуры в осенний сезон: температуры растут на всей территории страны; наиболее значительный рост наблюдается в Среднем Поволжье, в Восточной Сибири ( $+0.6^{\circ}\text{C}$  -  $+1.4^{\circ}\text{C}/10$  лет). В полосе от Обской губы до Байкала рост температуры минимальный, эта область (по сравнению с оценками 1976-2015 гг.) увеличилась из-за холодного октября и ноября здесь.

Наиболее значительное увеличение температуры происходит в октябре – тренд от  $+0.4^{\circ}\text{C}$  до  $+1.6^{\circ}\text{C}/10$  лет на всей территории страны, а также в ноябре – в Восточной Сибири от  $+0.6^{\circ}\text{C}$  до  $+1.7^{\circ}\text{C}/10$  лет.

В ноябре в полосе от Северного Урала до Байкала тренд температуры отрицательный (до  $-0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет).

Региональные средние осенние температуры с конца 1970 г. растут во всех регионах, но во всех регионах, начиная с 2000-х, заметно замедление роста температуры.

10. Тренд осенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет  $+1.3\%/10$  лет, объясняет 4% межгодовой изменчивости.

Рост осадков осенью происходит в регионе Восточная Сибирь ( $+4.8\%/10$  лет, 17%) и Дальневосточном ФО ( $+2.7\%/10$  лет, 12%). 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 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 неперевышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2016 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 ОСЕНЬЮ 2016 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.

**Осенью** (рис. 1) сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики составила  $-0.2^{\circ}\text{C}$ . Аномалии температуры на станциях республики от  $-0.7^{\circ}\text{C}$  (в Могилеве – на северо-востоке) до  $+0.5^{\circ}\text{C}$  (в Пинске – на юго-западе).

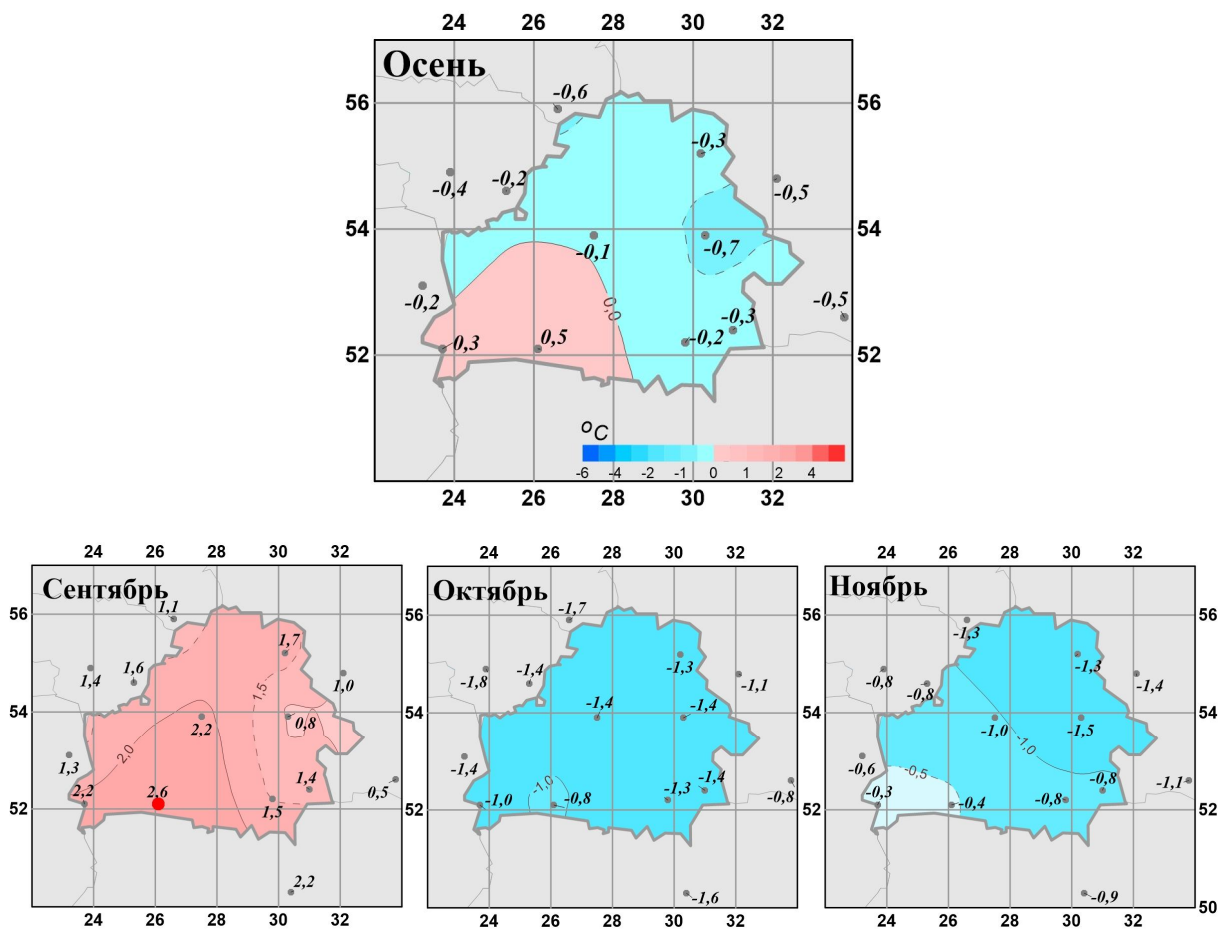
**Таблица 2**

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси осенью 2016 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)							
<b>Осень</b>	<b>5.2</b>	<b>5.6</b>	<b>5.2</b>	<b>8.2</b>	<b>7.7</b>	<b>6.6</b>	<b>6.5</b>
Сентябрь	12.7	13.9	12.4	15.3	15.2	13.9	14.0
Октябрь	4.3	4.9	4.4	6.9	6.4	5.5	5.3
Ноябрь	-1.4	-2.0	-1.3	2.4	1.5	0.4	0.1
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<b>Осень</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.7</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>-0.2</b>	<b>-0.3</b>
Сентябрь	1.73	2.17	0.85	2.22	2.64	1.46	1.44
Октябрь	-1.31	-1.38	-1.40	-1.04	-0.85	-1.34	-1.37
Ноябрь	-1.34	-0.96	-1.48	-0.30	-0.43	-0.82	-0.85

Сентябрь был теплым. аномалии от 0.85°C (в Могилеве) до 2.17°C (в Минске).

В октябре и в ноябре температуры на станциях были ниже нормы, аномалии не ниже -1.5°C.



**Рисунок 1** - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°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. Красными кружками показаны станционные экстремумы – выше 95-го перцентиля*

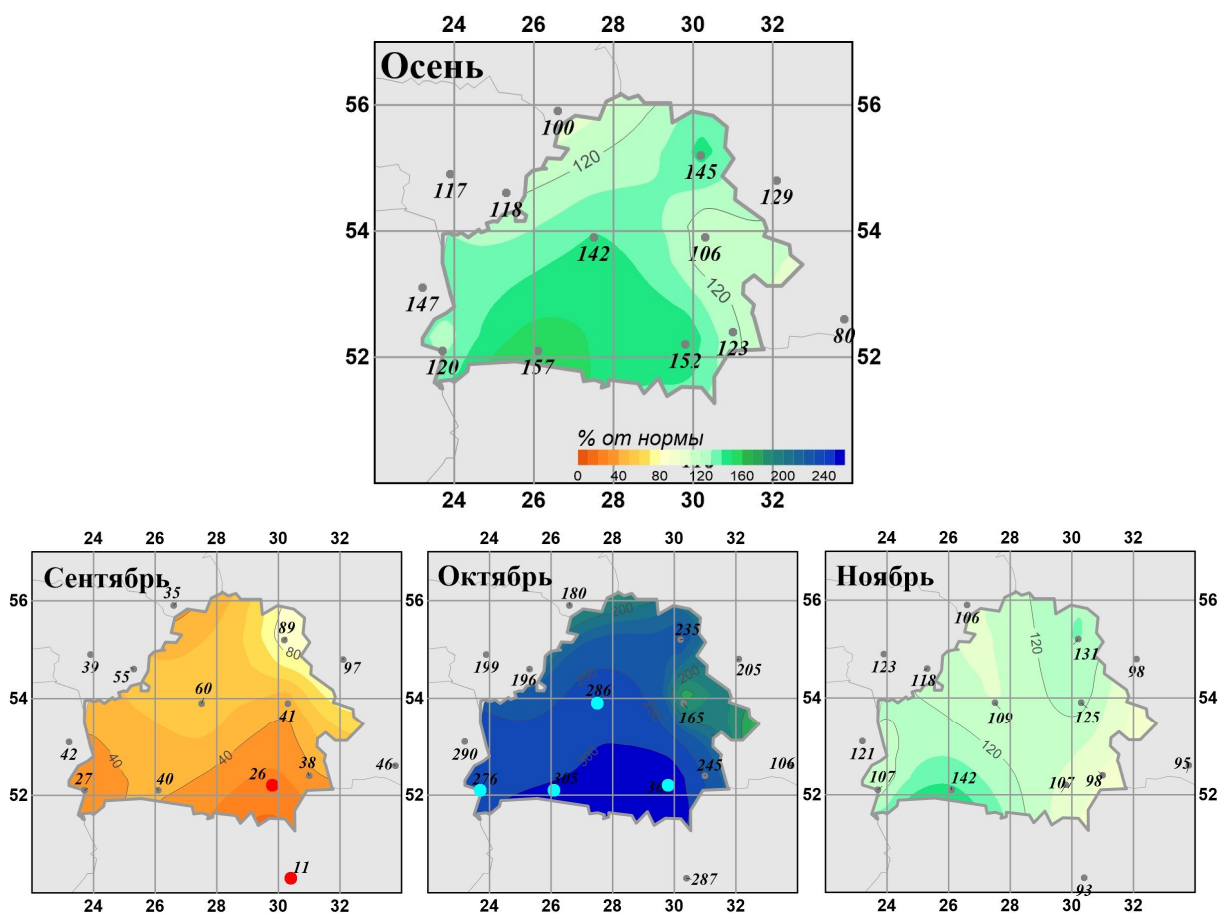
**Осенью** (рис. 2) осредненные по территории республики осадки составили 134% сезонной нормы – 8-ая величина в ряду.

Осенью на всех станциях осадков выпало больше нормы особенно значительный на юге (в Пинске выпало 157%).

В сентябре на большей части республики наблюдался сильный дефицит осадков на всех станциях республики, меньше всего осадков выпало в Василевичах: 26% - это менее 5-го перцентиля.

В октябре наблюдался значительный избыток осадков, на всех станциях выпало более полутора норм, особенно много осадков выпало на юге: в Пинске и в Василевичах, - более трех месячных норм. На четырех станциях (это станции юга и центра республики) количество выпавших осадков превысило 95-й перцентиль. Осредненные по республике аномалии осадков составили 72.8 мм/месяц - вторая величина в ряду.

В ноябре также наблюдался избыток осадков на всех станциях, кроме Гомеля, больше всего осадков выпало в Пинске (142% нормы).



**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 и синими кружками показаны станции с экстремумами – выше 95-го и ниже 5-го процентов

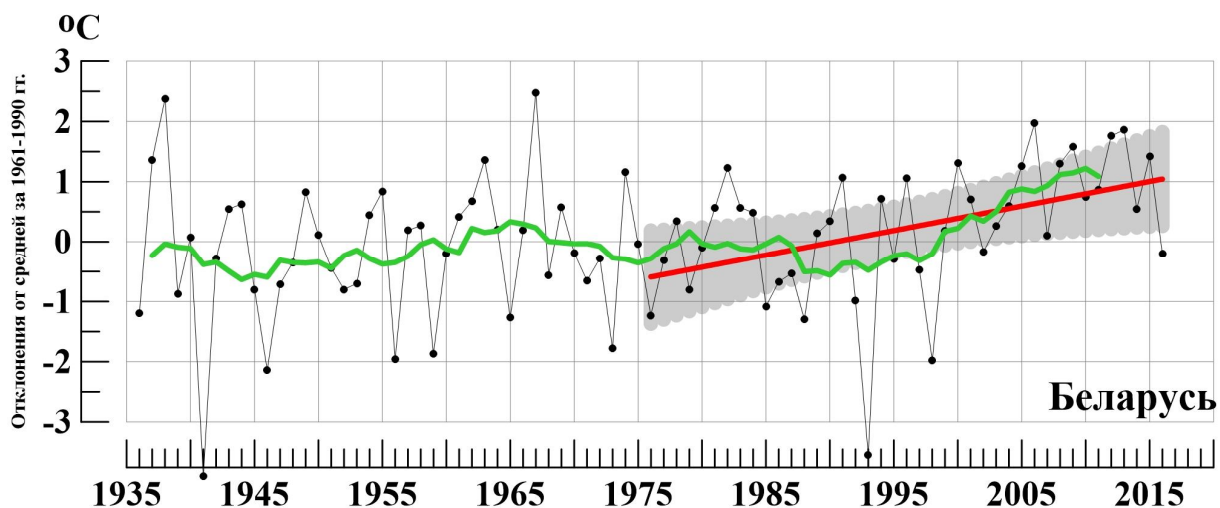
**Таблица 3**

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси осенью 2016 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>	81.0	75.3	52.0	53.3	74.3	70.3	55.3
Сентябрь	58	36	22	14	21	13	18
Октябрь	113	134	74	96	142	146	105
Ноябрь	72	56	60	50	60	52	43
<b>б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)</b>							
<i>Осень</i>	25.1	22.5	3.0	9.1	27.1	24.1	10.4
Сентябрь	-6.8	-24.2	-32.2	-37.2	-31.8	-36.7	-29.9
Октябрь	64.9	87.1	29.3	61.2	95.4	105.6	62.1
Ноябрь	17.1	4.6	11.9	3.2	17.6	3.5	-0.9
<b>в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)</b>							

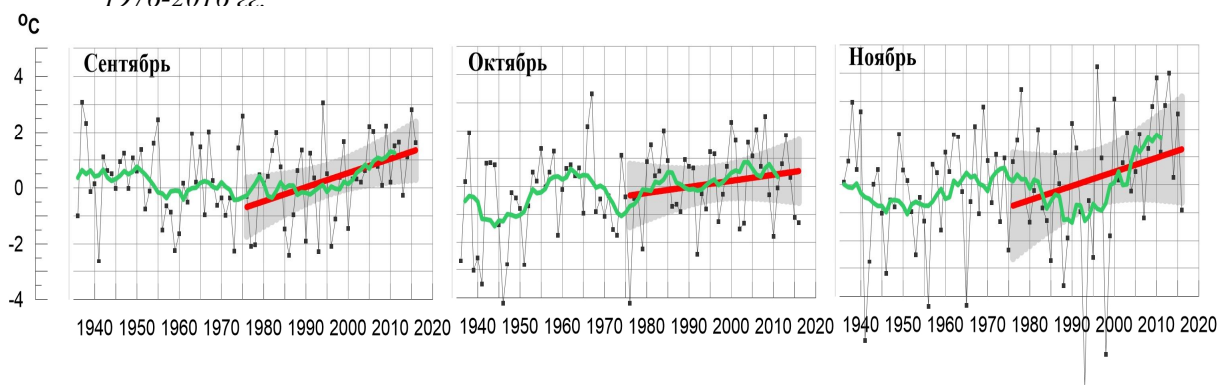
<b>Осень</b>	<b>145</b>	<b>142</b>	<b>106</b>	<b>120</b>	<b>157</b>	<b>152</b>	<b>123</b>
Сентябрь	89	60	41	27	40	26	38
Октябрь	235	286	165	276	305	361	245
Ноябрь	131	109	125	107	142	107	98

На рисунках 3. 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2016 гг.



**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 1976-2016 гг.*



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

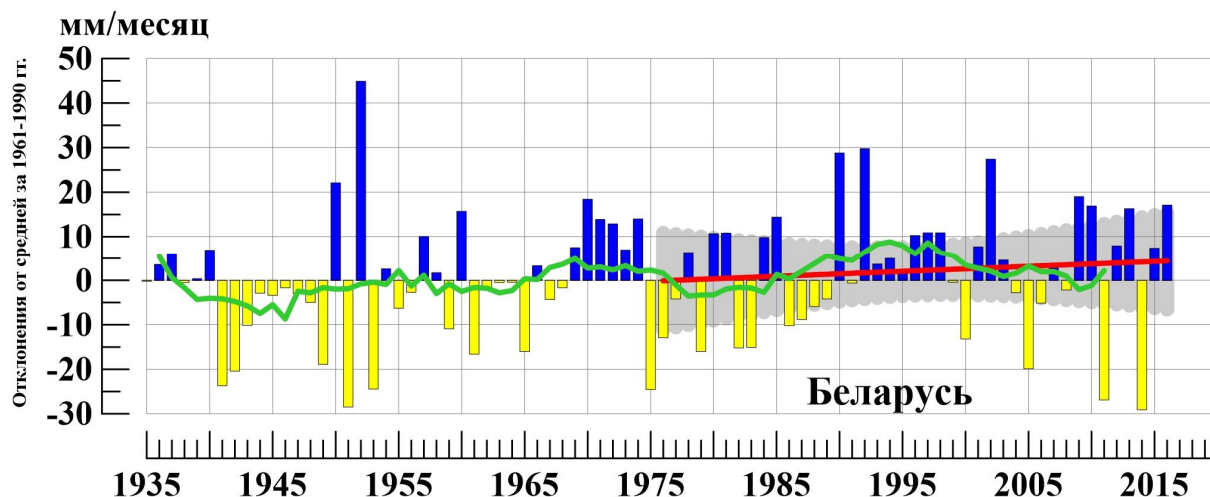
*Условные обозначения см. на рисунке 3.*

Тренд осенних температур, в среднем по территории Беларуси, составил  $+0.41^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 19% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд положителен. Наибольшее потепление наблюдается в ноябре:  $+0.54^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 7% дисперсии ряда, не значим на уровне 1%).

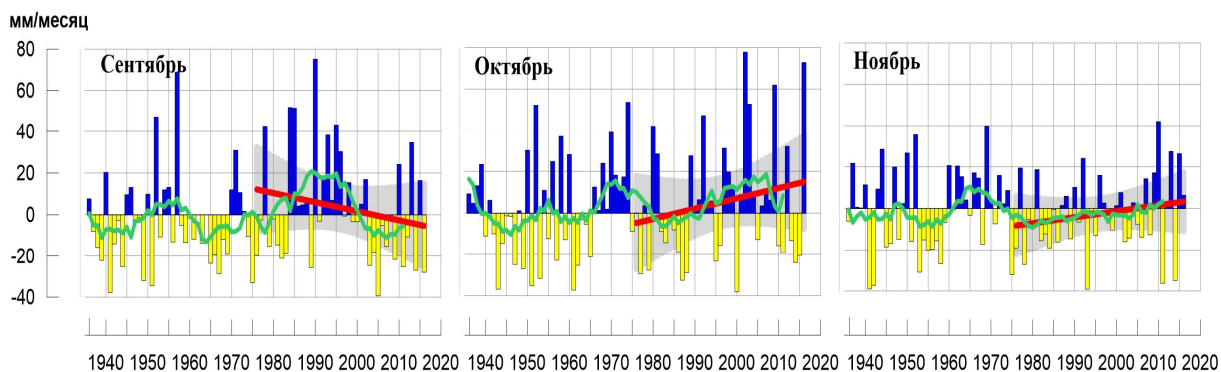
В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил  $+0.6$  мм/месяц/10 лет. Вклад трендов осадков в суммарную изменчивость за сезон и за все месяцы сезона статистически незначим даже на 5%-ом уровне значимости. В сентябре



осадки убывают. в октябре (особенно) и в ноябре осадки возрастают.



**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.

	$\nu T_{2015}$	s	$\nu R_{2015}$	s
<b>Осень</b>	<b>-0.20</b>	<b>0.92</b>	<b>72.8</b>	<b>12.7</b>
Сентябрь	1.61	1.40	-28.0	26.4
Октябрь	-1.30	1.46	72.8	23.5
Ноябрь	-0.90	1.88	6.3	16.3

**Примечание:** Аномалии  $\nu T_{2016}$  ( $^{\circ}C$ ).  $\nu R_{2016}$  (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	
	$b_{1976-2016}$ °C/10 лет	$D_{1976-2016}$ %	$b_{1976-2016}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2016}$ %
<b>Осень</b>	<b>0.41</b>	<b>19</b>	<b>1.1</b>	<b>1</b>
Сентябрь	0.50	17	-4.4	4
Октябрь	0.22	3	4.9	4
Ноябрь	0.50	6	2.9	4

## ВЫВОДЫ

1. Осень в Беларуси была прохладной. сезонная аномалия температуры. осредненная по территории республики  $-0.2^{\circ}\text{C}$ , лишь на юго-западе температуры на станциях были выше нормы.

2. В сентябре тепло аномалии от  $0.85^{\circ}\text{C}$  (на востоке) до  $2.17^{\circ}\text{C}$  (на юге). В октябре и в ноябре температуры на станциях были ниже нормы, аномалии не ниже  $-1.5^{\circ}\text{C}$ .

3. Осень в Беларуси была влажной. осредненные по территории республики осадки составили 134% сезонной нормы –8 величина в ряду.

В сентябре на многих станциях наблюдался сильный дефицит осадков, особенно на юге (в Василевичах выпало лишь 26%).

В октябре в Беларуси наблюдался значительный избыток осадков, на всех станциях выпало более полутора норм, на ряде станций юга и центра республики отмечались 95-е экстремумы осадков.

В ноябре на большинстве станций наблюдался избыток осадков.

4. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению. как в среднем за сезон (линейный тренд составил  $0.41^{\circ}\text{C}/10$  лет. ответствен за 19% дисперсии). так и в отдельные осенние месяцы. Наибольшее потепление наблюдается в сентябре: тренд составил  $+0.50^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 17% дисперсии ряда).

В целом для Беларуси отмечается слабая тенденция к увеличению осадков. линейный тренд составил  $1.1$  мм/месяц/10 лет. рост осадков отмечается в октябре и ноябре. в сентябре отмечается уменьшение осадков. За сезон в целом и во все месяцы осени тренд осадков не значим даже на 5%-ом уровне значимости.