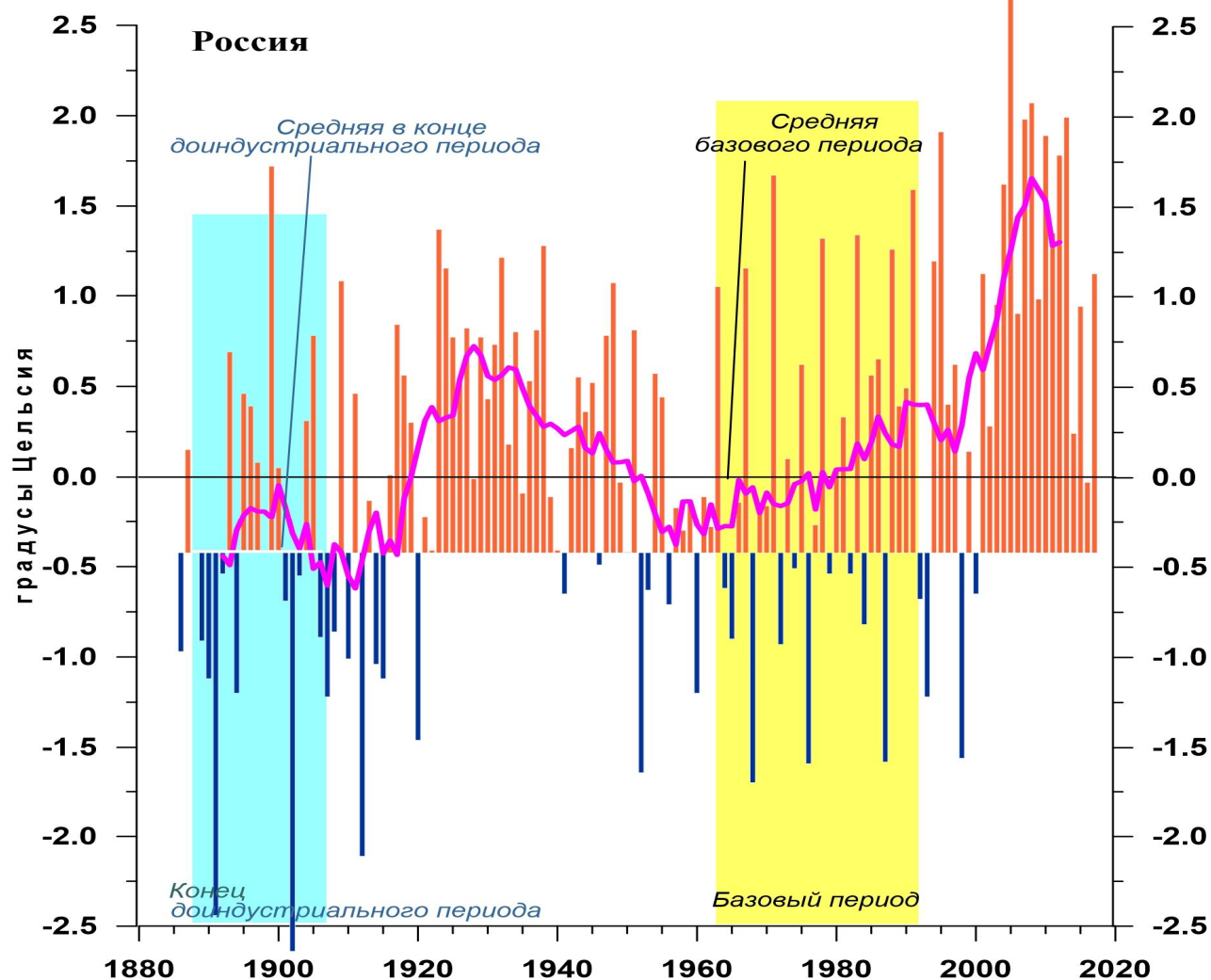


ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2017

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 2017 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, 1936-2017 гг.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2017 гг. (осенний сезон) .....	25
ВЫВОДЫ .....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности осени 2017 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 – 2017 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 310 (576) станций России). В настоящем выпуске использованы данные 250 (395) 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 непревышения, процентиля; при этом, 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) 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»).

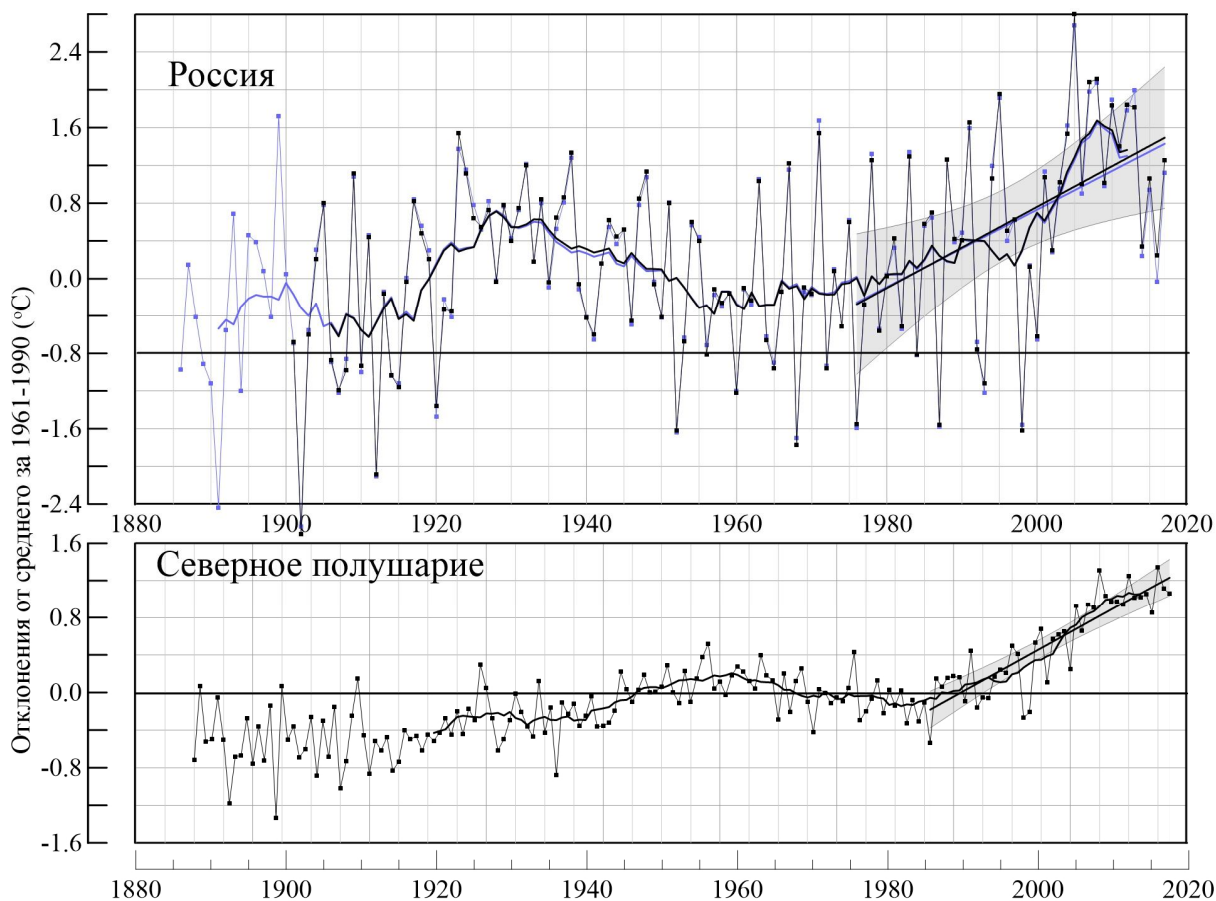
---

\* 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 2017: 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 стационарным 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 1976-2017 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 (1901-2017 гг.), синим – по архиву T1383 (1886-2017 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 1976-2017 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  $+1.06^{\circ}\text{C}$  (стандартное отклонение  $0.24^{\circ}\text{C}$ ) – пятая величина с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила  $1.25^{\circ}\text{C}$  (архив Т3288) при величине стандартного отклонения  $0.90^{\circ}\text{C}$  (16-17-я в ряду с 1901 года). Различия оценок сезонных аномалий за период 1901-2017 г., рассчитанных по двум архивам, лишь в отдельных случаях превышают  $0.1^{\circ}\text{C}$ .

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений осенних температур за период 1976-2017 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. Различие в оценках трендов по двум архивам составляет менее 5%.

**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 1976-2017 гг.

Регионы		$\nu T_{2017}$	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП		1.06	0.24	0.34	74
Россия	T3288	1.25	0.90	0.43	24
	T1383	1.12	0.90	0.41	22

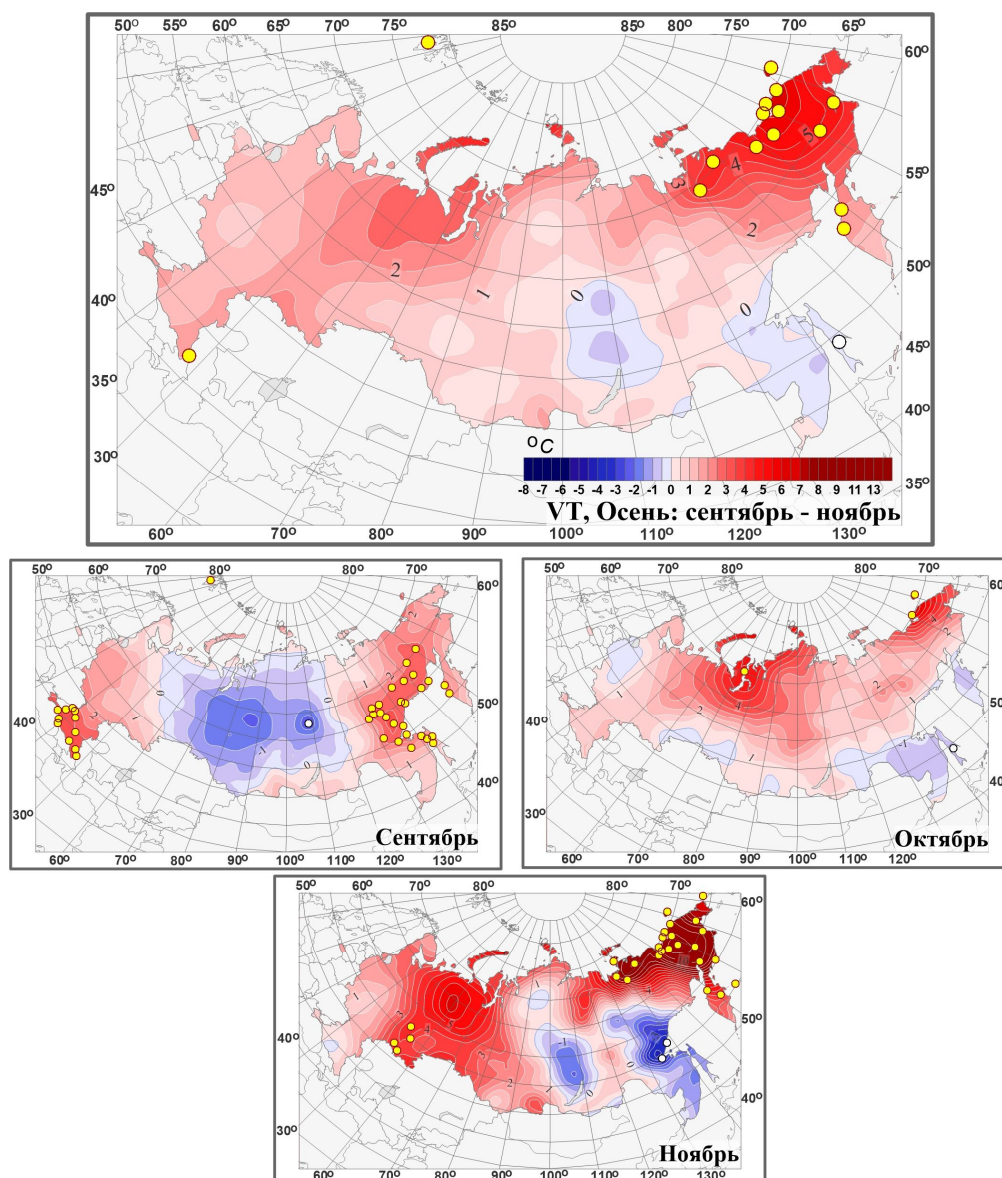
*Примечание:*  $\nu T$  – аномалия температуры,  $s$  - стандартное отклонение за период 1961-1990,  $b$  – коэффициент линейного тренда,  $D$  - вклад тренда в дисперсию.

## 2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2017 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры (полученные по данным Т3288) и осадков (Т1383) на территории России осени 2017 г. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го перцентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

**Температура воздуха.** Осредненная по РФ аномалия температуры  $1.25^{\circ}\text{C}$ . Положительные аномалии температуры наблюдались на большей части страны, исключая области на севере Прибайкалья – юге Средней Сибири и на востоке Приамурья-Приморья с отрицательными аномалиями менее  $1^{\circ}\text{C}$  по величине. Очень тепло (аномалии выше  $3^{\circ}\text{C}$ , на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) на северо-

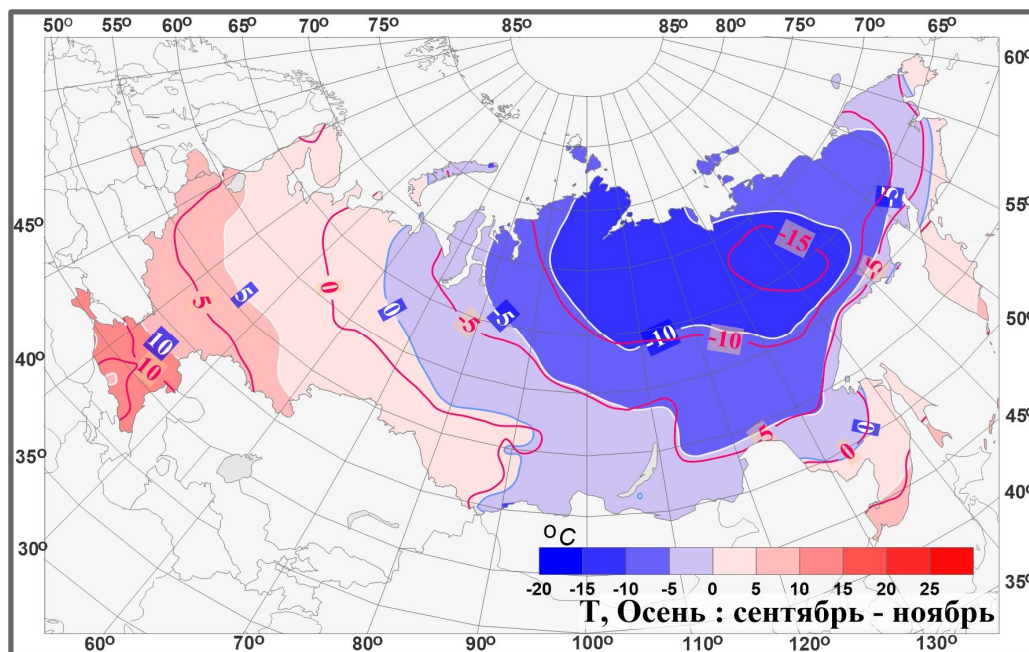
востоке РФ; значительные аномалии (выше  $2^{\circ}\text{C}$ ) наблюдались на Северном Урале и в дельте Оби (за счет экстремально теплого ноября в этих районах)..



**Рисунок 2.1** – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории России осенью 2017 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Граница области среднесезонных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  (рис. 2.2) на ЕЧР и Южном Урале смещена к северу от своего климатического положения примерно на  $2.5^{\circ}$ . Западные ветви нулевой изотермы и изотермы  $-5^{\circ}\text{C}$  на севере смещены к западу на  $10^{\circ}$ , а на юге АЧР – практически совпадают со своим климатическим положением. На северо-востоке страны изотерма  $-5^{\circ}\text{C}$  смещена к западу примерно на  $10^{\circ}$  в.д, а изотерма  $-10^{\circ}\text{C}$  - примерно на  $10^{\circ}$  в.д.; среднесезонных температур ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  (в Якутии) для осени 2017 года вообще не наблюдалось.

**Сентябрь.** Осредненная по РФ аномалия температуры  $0.56^{\circ}\text{C}$  (незначительно выше нормы). Тепло (на ряде станций отмечались 95%-е экстремумы) на большей части ЕЧР (кроме северо-востока) и на большей части Дальневосточного ФО, особенно вдоль побережья Охотского моря. На северо-востоке ЕЧР и далее на восток до  $\approx 120^{\circ}$  в.д. (исключая район Байкала) температуры были ниже нормы (аномалии до  $-2.30^{\circ}\text{C}$ ).



**Рисунок 2.2** – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории России осенью 2017 гг. Красные изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

**Октябрь.** Осредненная по РФ октябрьская аномалия температуры  $1.02^{\circ}\text{C}$  (незначительно выше нормы).

На большей части страны температура была выше климатической нормы, очень тепло (аномалии выше  $3^{\circ}\text{C}$ ) на северо-востоке ЕЧР и, далее, на севере Западной и Средней Сибири, на Чукотке. Температура ниже климатической нормы наблюдались на западе страны (Псковская, Ленинградская области), в некоторых областях юга АЧР, особенно холодно (аномалии до  $-0.9^{\circ}\text{C}$ ) в Приамурье и на Сахалине.

**Ноябрь.** Осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры  $2.19^{\circ}\text{C}$  (существенно выше нормы: вероятность непревышения более 80%). Экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) на северо-востоке РФ, максимальная аномалия зафиксирована на станции Островное Чукотского АО:  $12.3^{\circ}\text{C}$ ; очень тепло (аномалии выше  $3^{\circ}\text{C}$ ) в восточных районах ЕЧР и в Западной Сибири (самая большая аномалия температуры здесь на станции Пехора в республике Коми :  $6.2^{\circ}\text{C}$ ).

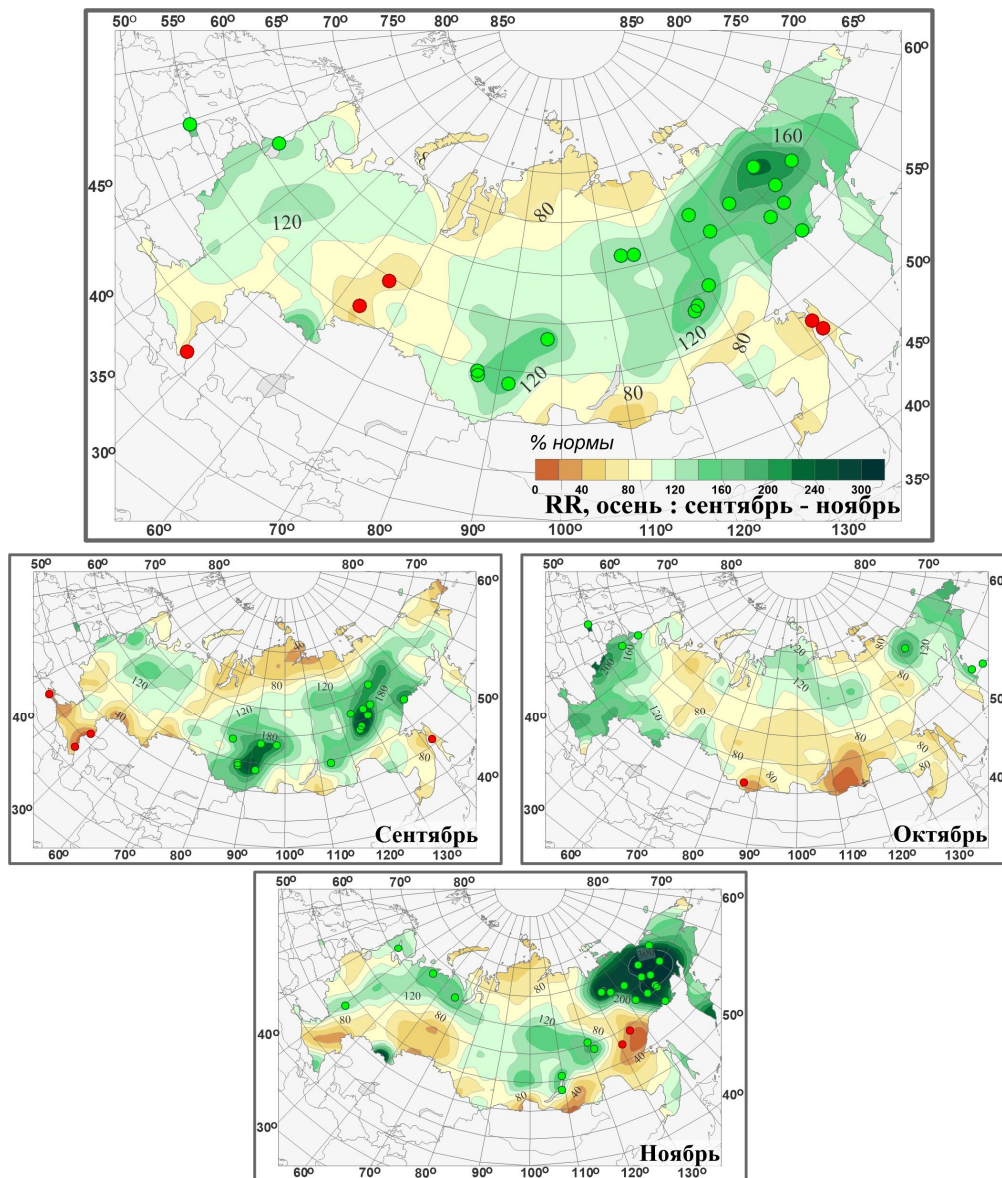
На юго-востоке Сибирского ФО и юге Дальневосточного ФО холодно, в Хабаровском крае аномалии температуры были ниже  $-2^{\circ}\text{C}$ , минимальная аномалия зафиксирована на станции Удское:  $-4.7^{\circ}\text{C}$

**Атмосферные осадки.** Осредненные по РФ осадки 108% нормы. На большей части ЕЧР (за счет октября), на юге Сибирского ФО, в центральных и северных



районах Дальневосточного ФО (за счет сентября и ноября) наблюдался избыток осадков, наиболее значительный в Восточной Сибири (в среднем по региону выпало 134% нормы – ранг 3) – на большинстве станций Якутии отмечались 95%-е экстремумы.

Дефицит осадков наблюдался на юге ЕЧР (в основном, в ЮФО и в СКФО), на юге Западной Сибири, вдоль побережья Северного ледовитого океана от Новой Земли до дельты Лены (в основном, за счет сентября); а также в Саянах, в Забайкалье, в Приамурье и в Приморье (за счет октября и ноября).



**Рисунок 2.3** – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России осенью 2017г. (сентябрь – ноябрь). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

**Сентябрь.** Осредненные по РФ осадки составили 112% нормы. Значительный избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался на большей части АЧР, кроме арктической зоны; в среднем по региону



осадки составили 118%. Особенно много осадков выпало на юге Красноярского края и в центральных районах Дальневосточного ФО. Избыток осадков (80%-140%) наблюдался на севере ЕЧР.

Сильный дефицит осадков (20%-80%) наблюдался на юге ЕЧР, особенно в Северо-Кавказском ФО (48% - сентябрь здесь среди трех самых «сухих»); дефицит осадков (40%-80%) наблюдался на Южном Урале, на западе и севере Западной Сибири, на севере Средней Сибири, на Чукотке.

**Октябрь.** Осредненные осадки по России осадки составили 100% нормы. На северо-востоке ЕЧР и, далее в центральных и южных районах АЧР наблюдался дефицит осадков (в среднем по АЧР выпало 87% нормы – октябрь здесь среди девяти самых «сухих»). Сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался на Алтае, в Забайкалье (осредненные по региону Прибайкалье и Забайкалье осадки составили 68% - восьмая величина в ранжированном по возрастанию ряду).

На западе и юге ЕЧР наблюдался значительный избыток осадков (в Новгороде выпало 219% нормы). Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на северо-востоке страны. Избыток осадков наблюдался также на Таймыре и, далее, на восток до течения Лены.

**Ноябрь.** Осредненные по РФ осадки 113% нормы. Экстремальный избыток осадков (на большинстве станций отмечались 95%-е экстремумы) наблюдался в Якутии и на Чукотке, осредненные осадки по Восточной Сибири: 186% нормы – пятая наибольшая величина в ряду. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался также в центральных и северных районах ЕЧР, на севере Западной Сибири, в центре Сибирского ФО.

Сильный дефицит осадков (30-80% нормы) наблюдался на юге Дальневосточного ФО (исключая юг Приморья), особенно сильный дефицит - в Хабаровском крае. Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался на западе, юге и юго-востоке ЕЧР, юге Западной и Средней Сибири, в дельте Оби, на Таймыре.

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 1936-2016 годы.

Как показывает таблица, различие оценок региональных среднесезонных аномалий, полученных по двум архивам, для ЕЧР и ее федеральных округов не превышает 0.1°C (кроме СЗФО); несколько больше различия в АЧР, особенно в Восточной Сибири и Прибайкалье-Забайкалье, где архив Т3288 содержит значительно больше станций (в Прибайкалье-Забайкалье – почти вдвое).

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 теплой, аномалия температуры составила 1.25°C (здесь и далее – оценки по «старому» архиву Т1383). Осредненные по всем регионам аномалии (кроме Приамурья и Приморья) положительные, наиболее экстремальные условия наблюдались в регионе Восточная Сибирь (2.59°C – ранг 9).

В регионе Приамурье и Приморье было немного холоднее нормы: аномалия - 0.05°C.

**Таблица 2.1**

Регионально осредненные аномалии температуры осенью 2017 г. (оценки двух базовых архивов ИГКЭ)

Регионы	Архив Т3288			Архив Т1383		
	$vT_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$	$vT_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$
Российская Федерация	1.25	0.90	82.7	1.12	0.90	79.0
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	1.58	1.04	87.7	1.49	1.04	84.0
Азиатская часть России	1.12	1.09	76.5	0.97	1.10	74.1
Западная Сибирь	1.28	1.53	76.5	1.13	1.54	74.1
Средняя Сибирь	0.51	1.82	58.0	0.59	1.80	61.7
Прибайкалье и Забайкалье	0.42	1.20	61.7	0.26	1.23	56.8
Приамурье и Приморье	-0.05	0.90	35.8	-0.05	0.89	37.0
Восточная Сибирь	2.59	0.94	90.1	2.31	0.94	87.7
<b>Федеральные округа РФ</b>						
Северо-Западный	1.78	1.24	84.0	1.66	1.24	82.7
Центральный	1.15	1.13	80.2	1.14	1.13	80.2
Приволжский	1.69	1.25	81.5	1.61	1.25	81.5
Южный	1.45	1.05	84.0	1.43	1.05	84.0
Северо-Кавказский	1.41	0.85	86.4	1.38	0.85	84.0
Уральский	1.83	1.64	84.0	1.70	1.64	81.5
Сибирский	0.41	1.49	60.5	0.35	1.49	58.0
Дальневосточный	1.5	1.01	77.8	1.29	1.01	74.1

**Примечание:** 1. Аномалии  $vT_{2017}$  ( $^{\circ}C$ ) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.;  $s$  ( $^{\circ}C$ ) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения  $P(t \leq T_{2017})$  рассчитаны по выборке за 1936-2016гг. и выражены в %.

Из месяцев сезона (см. табл. 2.1.1) самым теплым был ноябрь: осредненная по РФ аномалия  $2.19^{\circ}C$  – ранг 15. Из регионов следует отметить регион Восточная Сибирь в сентябре ( $2.02^{\circ}C$  – ранг 4) и в ноябре ( $4.33^{\circ}C$  – ранг 7).

Аномалии температуры были отрицательны в сентябре: в Западной и Средней Сибири, в октябре и в ноябре: в Приамурье и Приморье.

Количество выпавших осенью в РФ в целом осадков (табл. 2.2) составило 108% нормы. Во всех федеральных округах ЕЧР (кроме ЮФО и СКФО), а также в Средней, Восточной Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье, осенью наблюдался избыток, особенно значительный в Восточной Сибири (134% нормы – ранг 3). Значительный избыток осадков наблюдался в сентябре в АЧР (118% - ранг 8), в октябре – ЦФО (157% - ранг 9), в ноябре – в Восточной Сибири (186% - ранг 5).

Сильный дефицит осадков (табл. 2.2.1) наблюдался в сентябре в СКФО (48% нормы – ранг 3), в октябре в СФО (77% нормы – октябрь среди пяти 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		
	$vT_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$	$vT_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$	$vT_{2017}$	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2017})$
Российская Федерация	0.56	0.59	67.9	1.02	1.26	67.9	2.19	1.88	84.0
	0.55	0.59	67.9	0.90	1.26	65.4	1.91	1.88	82.7
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	1.13	1.24	70.4	0.98	1.75	65.4	2.63	1.80	88.9
	1.25	1.24	70.4	0.80	1.75	64.2	2.46	1.80	87.7
Азиатская часть России	0.33	0.65	56.8	1.03	1.38	66.7	2.02	2.28	81.5
	0.27	0.65	54.3	0.94	1.38	63.0	1.69	2.28	77.8
Западная Сибирь	-1.08	1.29	18.5	1.48	2.03	64.2	3.44	3.63	86.4
	-1.12	1.29	18.5	1.22	2.03	61.7	3.29	3.63	84.0
Средняя Сибирь	-0.39	1.00	29.6	1.37	2.77	60.5	0.52	3.70	53.1
	-0.30	1.00	32.1	1.41	2.77	59.3	0.63	3.70	56.3
Прибайкалье и Забайкалье	0.32	0.93	63.0	0.28	1.65	37.0	0.67	2.56	60.5
	0.24	0.93	61.7	0.19	1.65	35.8	0.3	2.56	58.0
Приамурье и Приморье	1.24	0.85	81.5	-0.57	1.24	23.5	-0.83	1.99	35.8
	1.24	0.85	81.5	-0.63	1.24	21.0	-0.78	1.99	35.8
Восточная Сибирь	2.02	0.97	96.3	1.51	1.36	69.1	4.33	2.02	92.6
	2.08	0.97	96.3	1.36	1.36	63.0	3.48	2.02	87.7
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	0.37	1.41	49.4	1.40	1.95	66.7	3.58	2.62	87.7
	0.50	1.41	49.4	1.13	1.95	66.7	3.36	2.62	87.7
Центральный	1.77	1.44	82.7	0.33	1.83	51.9	1.37	1.97	74.1

	1.76	1.44	82.7	0.31	1.83	51.9	1.34	1.97	74.1
Приволжский	0.88	1.49	65.4	0.95	2.01	59.3	3.22	2.04	91.4
	0.94	1.49	65.4	0.85	2.01	59.3	3.05	2.04	91.0
Южный	2.61	1.28	92.6	0.87	1.81	63.0	0.87	1.59	65.4
	2.59	1.28	92.6	0.80	1.81	63.0	0.89	1.59	65.4
Северо-Кавказский	3.10	1.12	92.6	0.75	1.61	64.2	0.31	1.33	54.3
	2.83	1.12	92.6	0.58	1.61	64.2	0.58	1.33	63.0
Уральский	-0.98	1.38	19.8	2.25	2.41	66.7	4.18	4.05	86.4
	-0.98	1.38	19.8	1.92	2.41	66.7	4.15	4.05	87.7
Сибирский	-0.61	1.03	21.0	0.86	1.87	48.1	0.99	3.25	70.4
	-0.61	1.03	21.0	0.84	1.87	48.1	0.83	3.25	69.1
Дальневосточный	1.41	0.83	87.7	0.81	1.23	59.3	2.19	2.00	79.0
	1.43	0.83	87.7	0.71	1.23	59.3	1.74	2.00	71.6

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков осенью 2017 г.

Регионы	$vR_{2017}$	$RR_{2017}$	$m$	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2017})$
Российская Федерация	3.5	108	0.3	2.2	2.1	84.0
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	3.6	107	0.4	5.9	4.4	64.2
Азиатская часть России	3.4	109	0.6	2.9	1.4	81.5
Западная Сибирь	-1.3	97	0.4	3.0	2.1	43.2
Средняя Сибирь	6.3	119	0.0	2.1	1.8	91.4
Прибайкалье и Забайкалье	1.4	105	-0.3	2.5	3.5	51.9
Приамурье и Приморье	-8.1	86	-0.2	5.1	8.0	13.6
Восточная Сибирь	13.2	134	-1.6	1.9	5.2	97.5
<b>Федеральные округа РФ</b>						
Северо-Западный	7.2	113	0.0	3.6	3.0	86.4
Центральный	9.9	119	-2.7	5.0	12.9	79.0
Приволжский	0.5	101	0.7	7.5	4.9	54.3
Южный	-1.2	97	-1.3	5.9	8.2	44.4
Северо-Кавказский	-7.3	87	-0.2	6.7	8.3	21.0
Уральский	-3.4	92	-0.8	4.5	5.3	32.1
Сибирский	1.8	105	0.2	2.0	2.5	59.3
Дальневосточный	6.7	117	0.2	2.6	2.7	93.8

**Примечание:** 1. Аномалии  $vR_{2017}$  (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.),  $RR_{2017}$  – отношение  $R_{2017}$  к норме, выраженное в %,  $q1$ ,  $q3$  и  $m$  – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности превышения  $P(r \leq R_{2017})$  – рассчитаны по выборке за 1936-2016 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		
	$vR_{2017}$	$RR_{2017}$	$P(r \leq R_{2017})$	$vR_{2017}$	$RR_{2017}$	$P(r \leq R_{2017})$	$vR_{2017}$	$RR_{2017}$	$P(r \leq R_{2017})$
Российская	6.0	112	79.0	0.2	100	44.4	4.4	113	87.7

Федерация									
<b>Физико-географические регионы России</b>									
Европейская часть России	-1.8	97	40.7	13.1	126	82.7	-0.6	99	55.6
Азиатская часть России	9.1	118	91.4	-5.0	87	9.9	6.4	122	91.5
Западная Сибирь	4.8	110	61.7	-6.1	86	28.4	-2.7	92	38.3
Средняя Сибирь	18.5	144	71.6	-2.9	91	22.2	3.5	113	81.5
Прибайкалье и Забайкалье	8.6	119	43.2	-7.0	68	8.6	2.5	115	64.2
Приамурье и Приморье	-8.0	91	40.0	-15.7	68	13.6	-0.1	100	50.6
Восточная Сибирь	11.8	126	84.0	1.2	103	59.3	26.9	186	95.1
<b>Федеральные округа РФ</b>									
Северо-Западный	13.3	121	77.8	4.2	107	58.0	4.2	109	71.6
Центральный	-6.1	89	38.3	28.8	157	90.1	7.1	114	70.4
Приволжский	-5.2	90	35.8	7.4	115	63.0	-0.8	98	59.3
Южный	-14.9	64	27.2	25.5	172	82.7	-14.2	71	32.1
Северо-Кавказский	-28.2	48	2.5	16.6	130	67.9	-10.7	80	30.9
Уральский	-3.6	93	34.6	-2.7	94	37.0	-3.8	90	46.9
Сибирский	11.2	125	88.9	-7.8	77	4.9	2.0	107	67.9
Дальневосточный	10.8	120	88.9	-3.3	91	23.5	12.9	146	92.6

### 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 1976-2017 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.

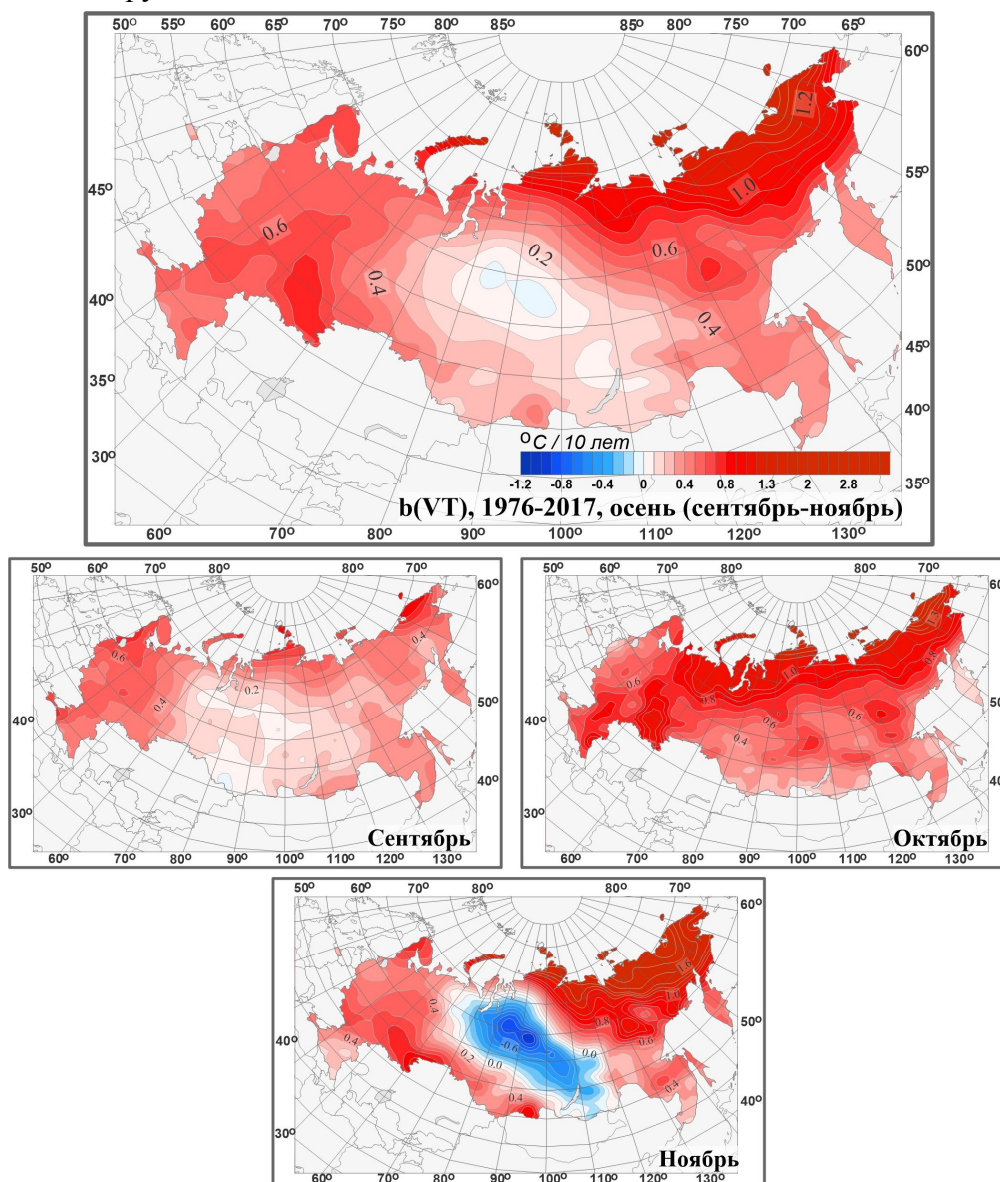
Среднесезонные осенние температуры растут со скоростью более  $+0.4^{\circ}\text{C}$  в ЕЧР (до  $+0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет в Поволжье) и на севере и востоке АЧР до  $+1.5^{\circ}\text{C}/10$  лет в Восточной Сибири, за счет октября и ноября).

В полосе от Обской губы до Забайкалья наблюдается либо минимальный рост температуры (до  $+0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) либо слабое убывание (до  $-0.1^{\circ}\text{C}/10$  на Среднесибирском плоскогорье) за счет отрицательного тренда температуры в ноябре (до  $-1.3^{\circ}\text{C}/10$  лет в центре области).

По сравнению с прошлым 2016 годом увеличилась интенсивность слабого похолодания в центре Сибири, (за счет холодного сентября и ноября); в Восточной Сибири увеличилась интенсивность потепления из-за экстремально теплого ноября.

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  $+2.3^{\circ}\text{C}/10$  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 1976-2017 (осень)

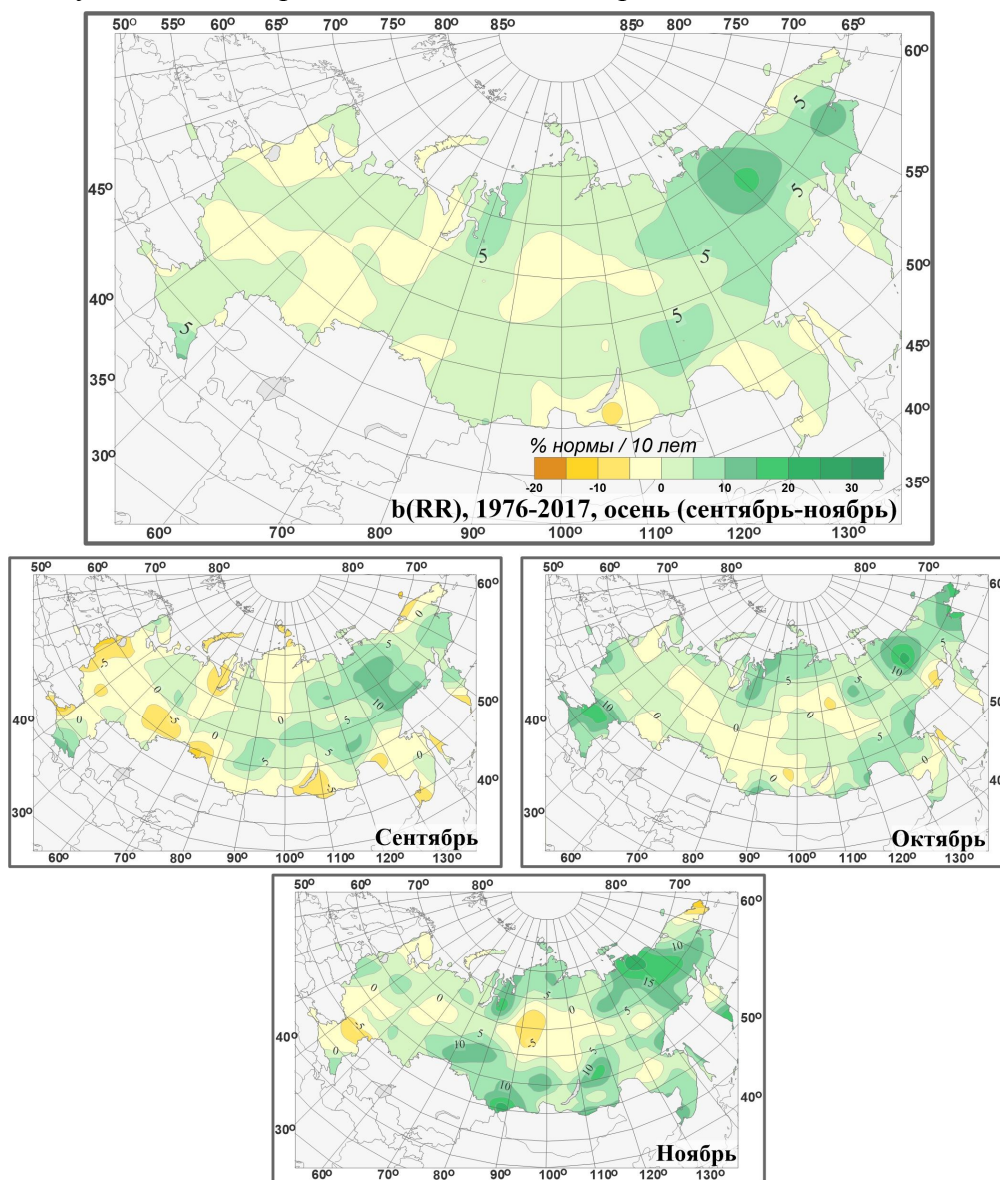
Тенденция к увеличению осадков осенью ( $+5\text{мм}/10$  лет -  $+15\text{мм}/10$  лет) просматривается в восточных районах страны – здесь во все месяцы сезона наблюдаются районы, где происходит рост осадков (более  $+10$  мм/10 лет). Кроме того,



тенденция к увеличению осадков (более +10 мм/10 лет) наблюдается в октябре на юге европейской части РФ.

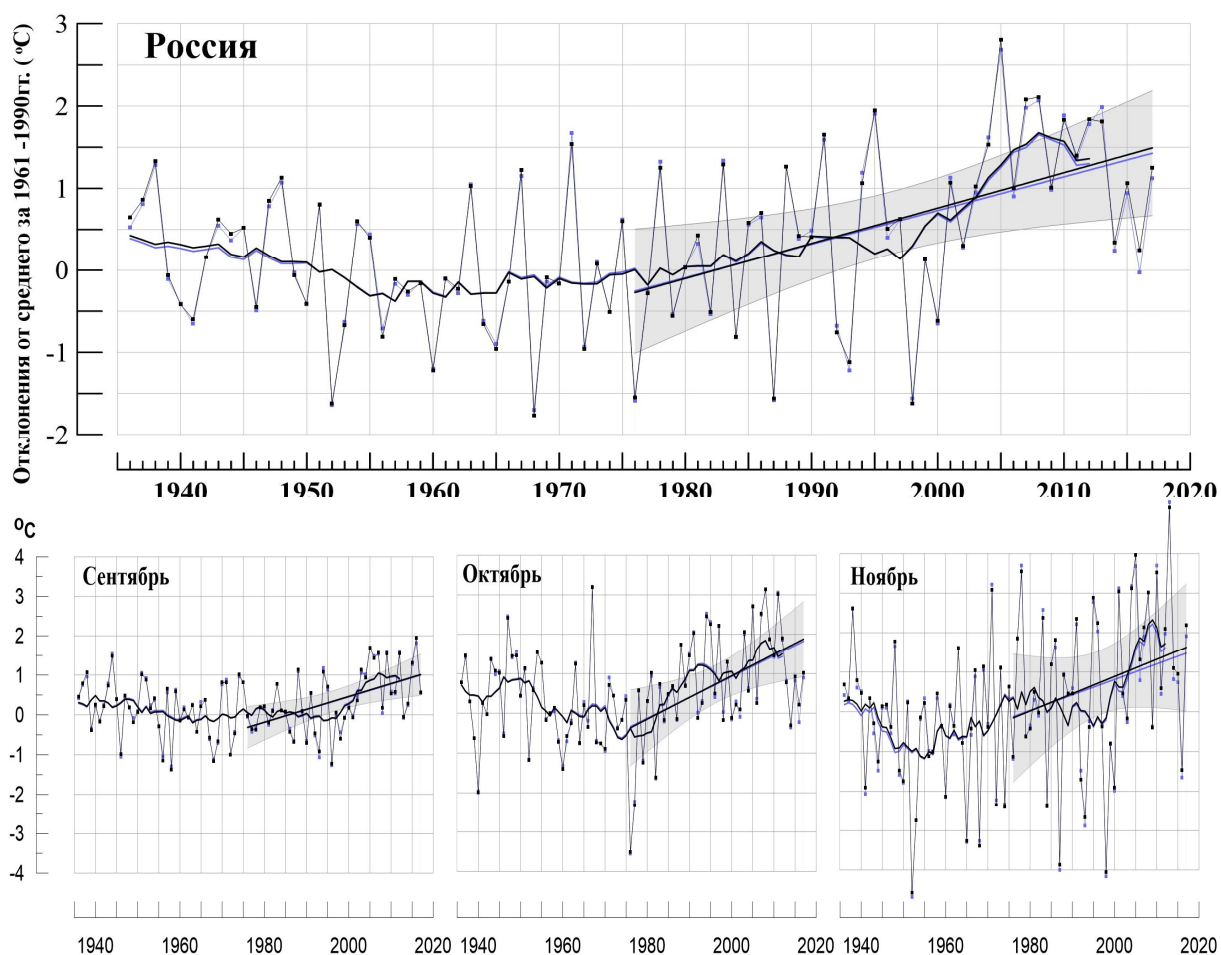
Уменьшение осадков (около -5мм/10 лет) наблюдается в сентябре - в ЕЧР, на юге Сибири и Дальнего Востока; в октябре – в некоторых районах АЧР, в ноябре - в ЮФО и в центральных районах АЧР.

По сравнению с прошлым 2016 годом увеличилась интенсивность роста осадков осенью в Якутии из-за экстремально влажного ноября.



**Рисунок 3.2** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2017 (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.



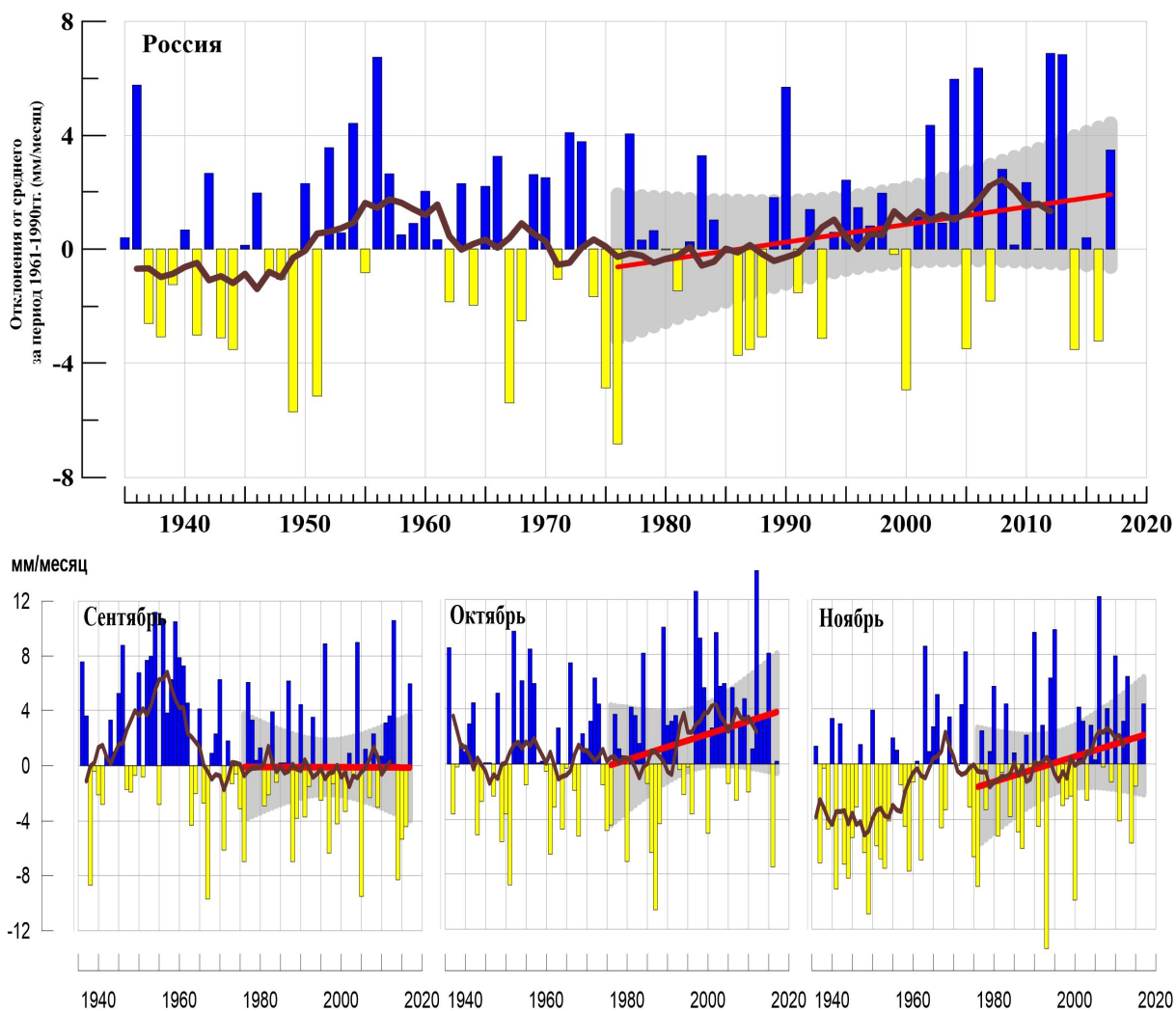
**Рисунок 3.3** – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) осредненная по территории РФ (черным цветом показаны оценки по архиву Т3288, синим – по архиву Т1383).

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2017 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда (по архиву Т3288).

**Таблица 3.1**

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за осенний сезон, за 1976-2017 гг.  
 $b$  – коэффициенты линейного тренда,  $D$  - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регион: Российская Федерация	Температура				Осадки: архив R1383	
	Архив Т3288		Архив Т1383		$b$ мм/мес/10 лет	$D$ , %
	$b$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет	$D$ , %	$b$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет	$D$ , %		
<b>Осень</b>	0.43	24	0.41	22	0.6	5
Сентябрь	0.32	27	0.32	26	-0.0	0
Октябрь	0.55	24	0.52	22	0.9	4
Ноябрь	0.43	6	0.39	5	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 1936-2017 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 – 2017 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2017 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 1976-2017 гг. (осенний сезон),

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

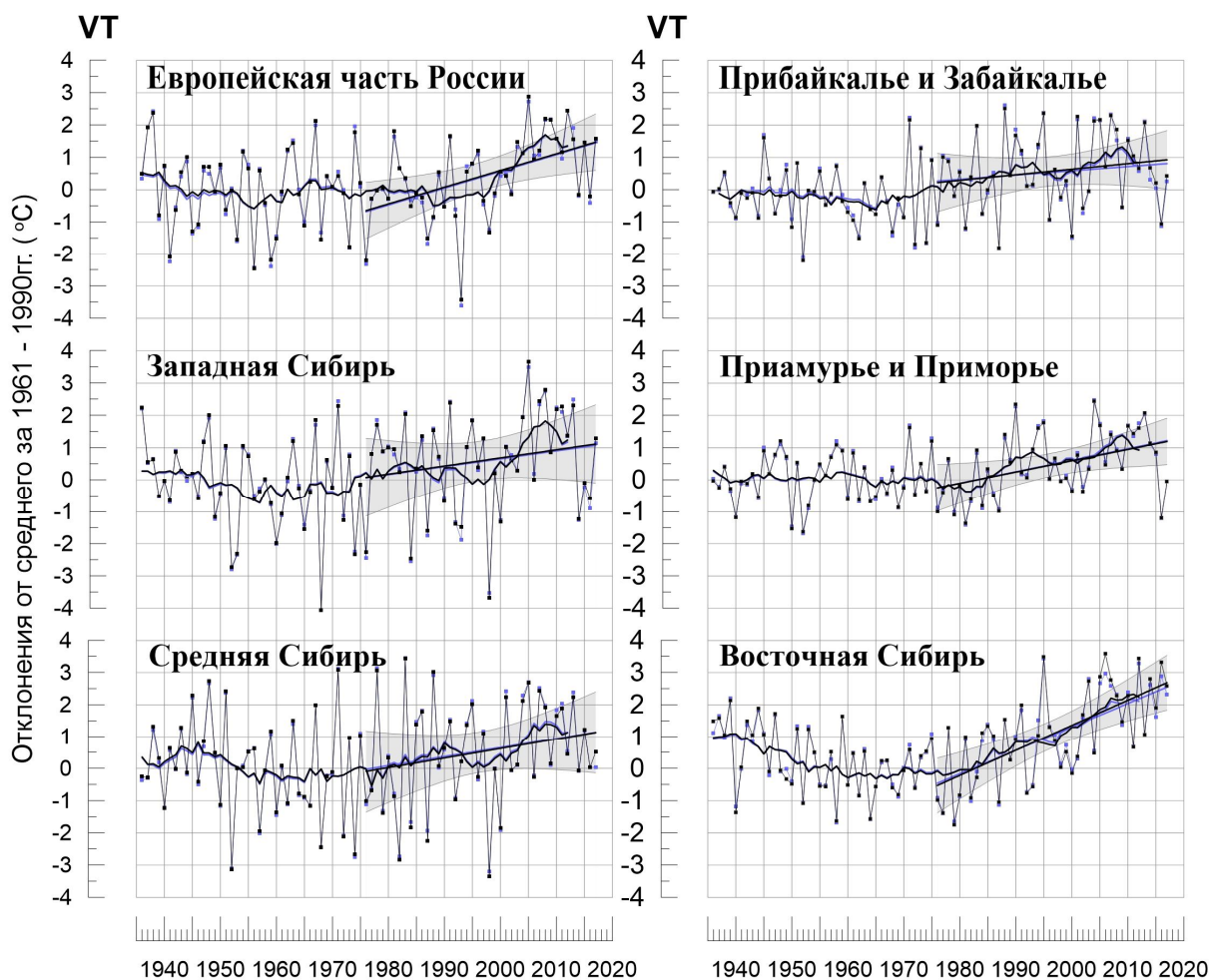
	Температура				Осадки		
	Архив T3288		Архив T1383		<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %			
Россия	0.43	24	0.41	22	0.6	1.4	5
<b>Физико-географические регионы России</b>							
Европейская часть России	0.52	25	0.52	25	0.2	0.3	0
Азиатская часть России	0.40	18	0.37	16	0.8	2.1	11
Западная Сибирь	0.25	3	0.25	4	0.4	0.8	1
Средняя Сибирь	0.30	5	0.30	5	0.7	2.0	4
Прибайкалье и Забайкалье	0.17	3	0.13	2	0.6	2.2	3
Приамурье и Приморье	0.35	18	0.36	19	-0.3	-0.6	0
Восточная Сибирь	0.78	44	0.73	44	2.1	5.6	21
<b>Федеральные округа РФ</b>							
Северо-Западный	0.52	20	0.52	21	0.1	0.2	0
Центральный	0.50	22	0.52	22	0.2	0.4	0
Приволжский	0.56	21	0.56	21	--0.3	-0.7	0
Южный	0.49	19	0.49	20	0.5	1.2	0
Северно-Кавказский	0.40	17	0.39	15	1.6	2.8	2
Уральский	0.32	5	0.31	5	0.3	0.6	0
Сибирский	0.16	2	0.15	2	0.4	1.3	2
Дальневосточный	0.61	41	0.58	39	1.2	3.0	15

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 1976-2016 гг. оценки линейного тренда осенью уменьшились на 0.01°C-0.05°C / 10 лет в регионах: Средняя Сибирь (за счет холодного сентября и ноября), Приамурье и Приморье (за счет октября и ноября); увеличились на 0.01°C-0.04°C / 10 лет в регионах Западная Сибирь (за счет ноября), Прибайкалье и Забайкалье, Восточная Сибирь (за счет ноября).

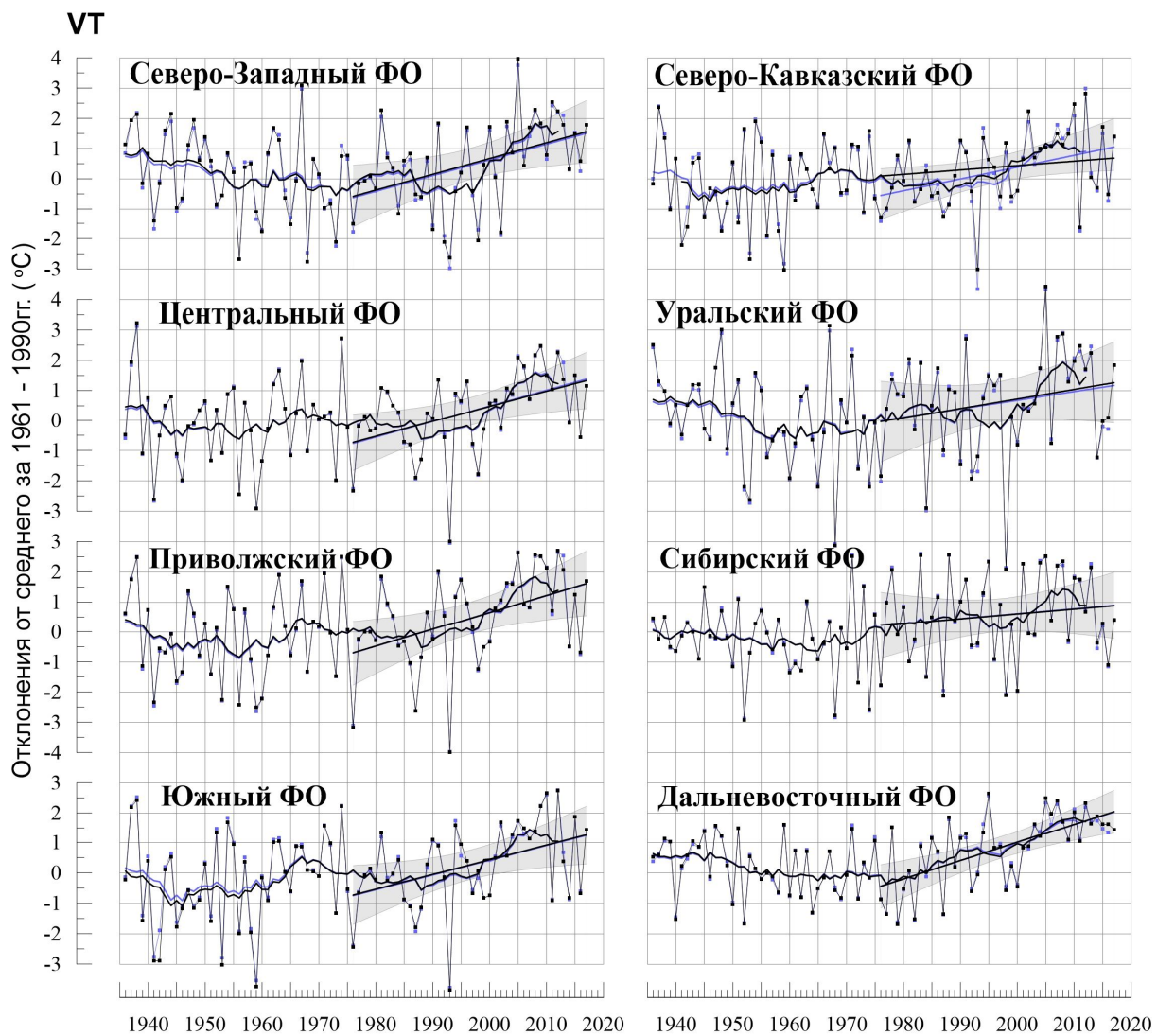
Монотонная тенденция увеличения осадков (рис. 4.3, 4.4) за период современного потепления (с 1976 г.) прослеживается в регионах: Восточная Сибирь (Дальневосточный ФО) и Азиатская часть России в целом, где наблюдается увеличение осадков и тренд значим на уровне 5%. Значительный рост осадков осенью происходит в регионе Восточная Сибирь (тренд +2.1 мм/10 лет (5.6%/ лет) объясняет 21% изменчивости ряда).



**Рисунок 4.1** - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, осень 1936-2017 гг. Черным цветом показаны оценки по архиву T3288, синим – по архиву T1383.

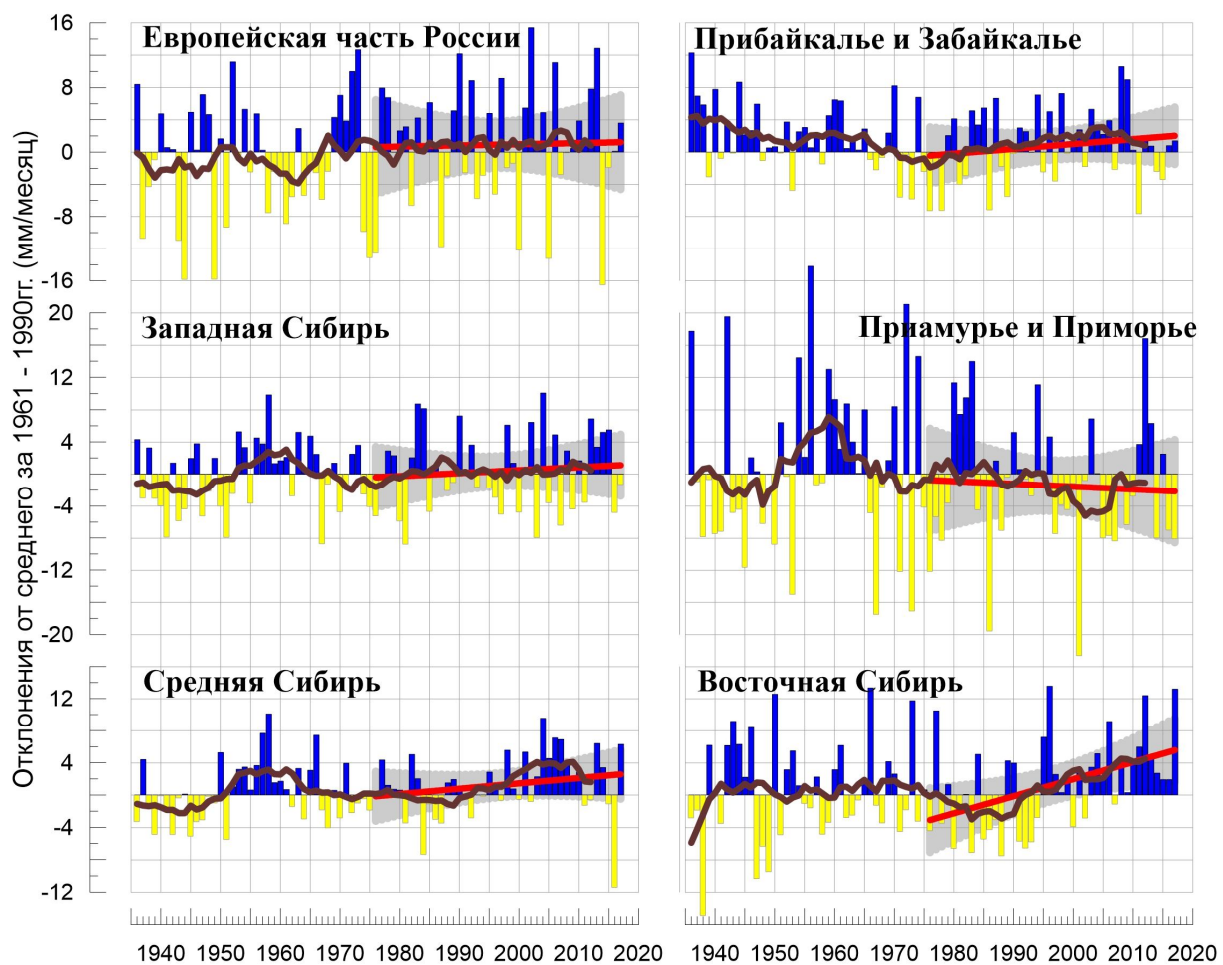
*Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2016 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда (по архиву T3288).*





**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 2017 г.  
*Условные обозначения см. на рис. 4.1.*

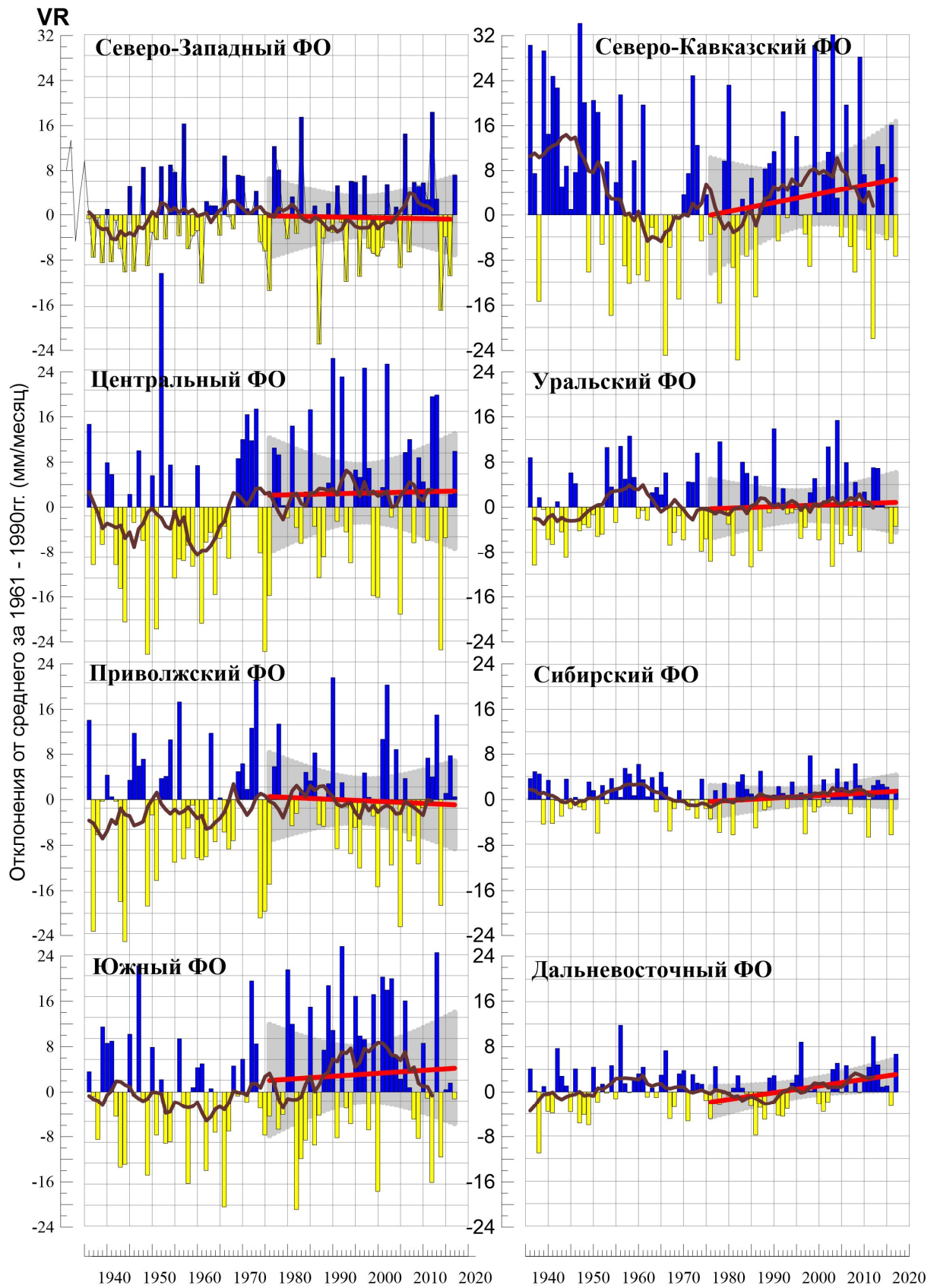
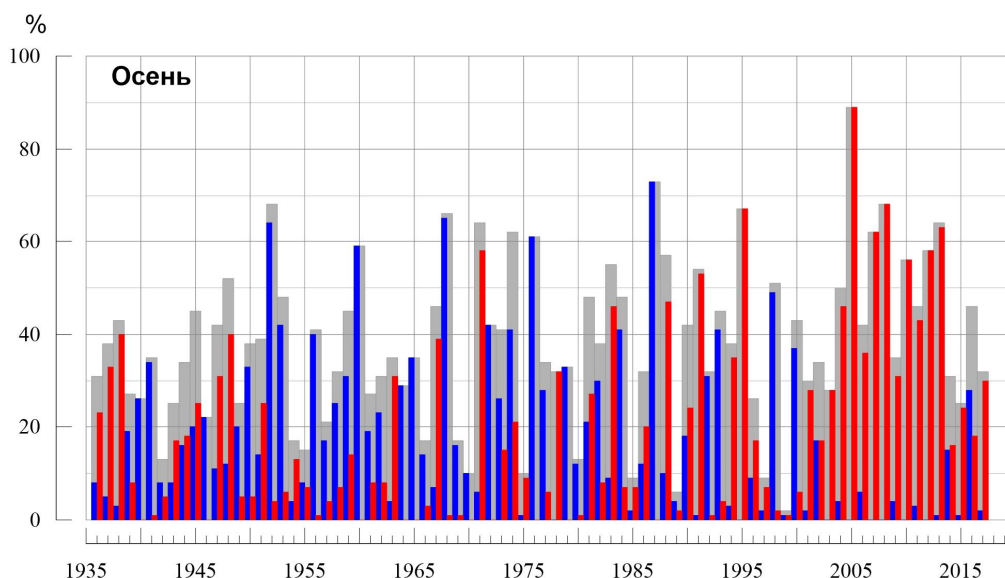


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

## 5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2017 гг. (осенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для осеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2017 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 2017 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями составляла 30%, отрицательными аномалиями: 2%. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2017 составляет 3.5% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 16%). 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, 1936-2017 гг. (осень):

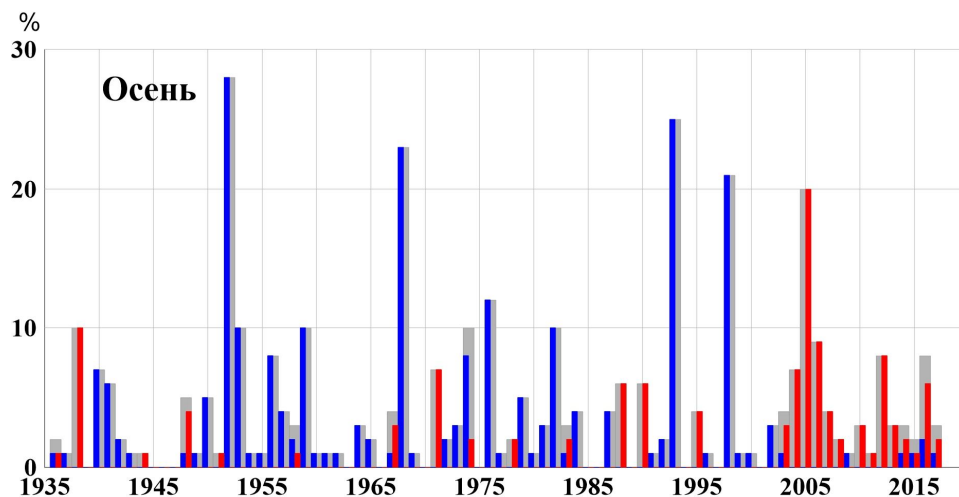
■ ниже 20-го перцентиля, ■ выше 80-го перцентиля,  
■ суммарная площадь с крупными аномалиями обоих знаков.

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 2017 года доля площади под экстремальными положительными аномалиями составила 2%, под отрицательными – 1% площади страны. Наиболее экстремальные теплые осенние сезоны наблюдались: в 1938 (10% площади занято экстремальными аномалиями), в 1990 (6%) в 2004 г. (7%), в 2005 (20% - 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

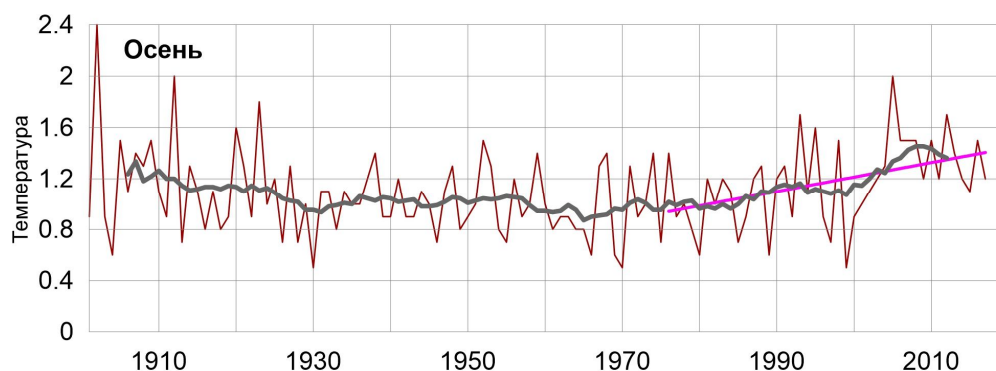
(10%), в 1993 (25%), в 1998 (21%, это последний год, когда экстремумы холода преобладали).

С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается некоторое увеличение площади под экстремальными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2017 составляет 1.1% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 12%).



**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, 1936-2017 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

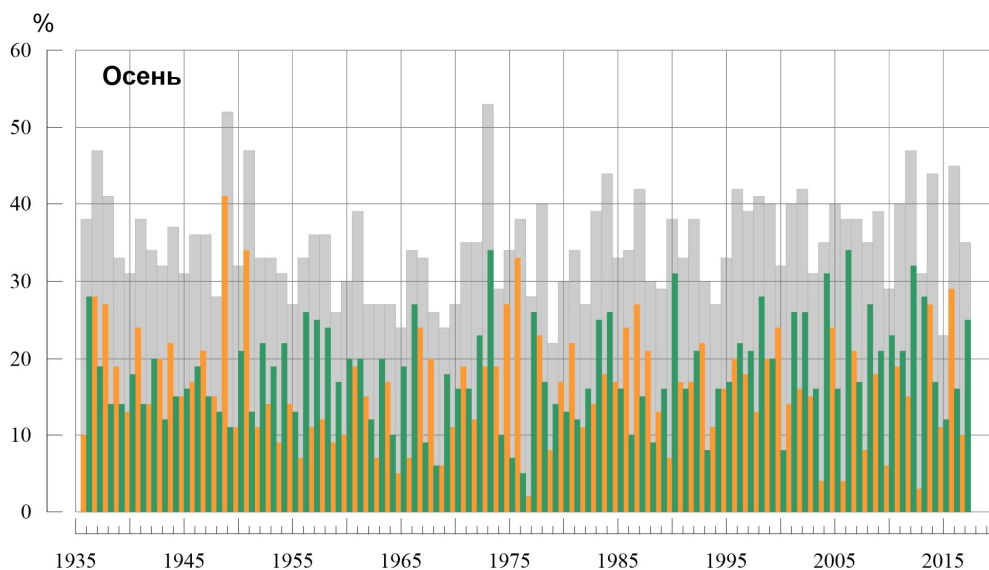
Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в осенний сезон растет – тренд объясняет 18% общей дисперсии ряда за 1976-2017 гг.



**Рисунок 5.3.** - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России осенью 1886-2017 гг.

**Осадки.** Осенью 2017 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 процентиля (рис. 5.4) составила 25%, ниже 20-го процентиля – 10%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го процентиля, тренд за период 1976-2017 составляет  $+2.1\%/10$  лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда

12%: тренд значим на уровне 5%) и незначимое уменьшение площади под аномалиями ниже 20-го перцентиля, тренд за период 1976-2017 составляет -0.8%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 2%).



**Рисунок 5.4** – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2017 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 очень теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП  $+1.06^{\circ}\text{C}$  (при стандартном отклонении  $0.24^{\circ}\text{C}$ ) - пятая величина с 1886 г., но значение аномалии ниже, ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда около  $-0.17^{\circ}\text{C}$ .

2. Осень в целом по РФ была теплой, осредненная по территории РФ сезонная аномалия  $1.25^{\circ}\text{C}$ ). Наиболее экстремальные условия (повсеместно фиксировались 95%-е экстремумы) в регионе Восточная Сибирь ( $2.59^{\circ}\text{C}$  – ранг 9).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля), составила 30%, а крупными отрицательными (ниже 20-го перцентиля), составила 2%, Площади с экстремальными положительными аномалиями (выше  $2\sigma$ ) составили 2%, а площади с экстремальными отрицательными аномалиями (ниже  $2\sigma$ ) 1% страны.

4. Из месяцев сезона следует, прежде всего, отметить **сентябрь**; экстремально тепло (повсеместно отмечались 95%-е экстремумы) вдоль побережья Охотского моря (осредненная аномалия температуры по региону Восточная Сибирь:  $1.81^{\circ}\text{C}$  – ранг 4), а также в ЮФО и СКФО; на северо-востоке ЕЧР и, далее, до течения Лены холодно (аномалии до  $-2.30^{\circ}\text{C}$ ).

В **ноябре** экстремально тепло на северо-востоке страны (аномалии до  $12^{\circ}\text{C}$ ) и в восточных районах ЕЧР и в Западной Сибири (аномалии до  $6^{\circ}\text{C}$ ).

В **октябре** на большей части страны температура была выше климатической нормы, очень тепло (аномалии выше  $3^{\circ}\text{C}$ ) на северо-востоке ЕЧР и, далее, на севере Западной и Средней Сибири, на Чукотке.

5. Осенью в среднем по РФ выпало 108% нормы осадков. На большей части страны наблюдался избыток осадков, наиболее значительный (на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы) в Восточной Сибири (134% нормы – ранг 3).

6. Осенью площадь, занятая крупными аномалиями осадков выше 80 перцентиля составила 25%, ниже 20-го перцентиля – 10%.

7. В **сентябре** большие области значительного избытка осадков наблюдались на большей части АЧР (особенно в центральных областях), в **октябре** – на большей части ЕЧР (особенно в ЦФО), в **ноябре** – в Восточной Сибири (186% нормы – ранг 5).

Дефицит осадков (местами сильный) в **сентябре** наблюдался на юге ЕЧР (в СКФО выпало 48% нормы – среди самых «сухих» сентябрей), на севере АЧР, в **октябре** – на северо-востоке ЕЧР и, далее, в южных районах АЧР (в Сибирском ФО выпало 77% нормы- среди пяти самых «сухих»), в **ноябре** – на юге Дальневосточного ФО (исключая юг Приморья), особенно сильный дефицит - в Хабаровском крае.

8. В целом по России линейный тренд осенней температуры воздуха за период 1976-2017 гг. составил  $+0.43^{\circ}\text{C}/10$  лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 24%, что значительно выше, чем в среднем для суши Северного полушария ( $+0.34^{\circ}\text{C}/10$  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  $+1.5^{\circ}\text{C}/10$  лет в Восточной Сибири, за счет октября и ноября).

В полосе от Обской губы до Забайкалья рост температуры либо минимальный (до  $+0.2^{\circ}\text{C}/10$  лет) либо слабо отрицательный (до  $-0.1^{\circ}\text{C}/10$  на Среднесибирском плоскогорье) за счет уменьшения температуры в ноябре: (до  $-1.3^{\circ}\text{C}/10$  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  $+2.3^{\circ}\text{C}/10$  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 ( $+5.6\%/10$  лет, 21%) и Дальневосточном ФО ( $+3.0\%/10$  лет, 15%). 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<sup>\*</sup> 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 погодных-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды".

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

**Таблица 1.**

Список используемых станций Республики Беларусь.

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

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

---

<sup>\*</sup> 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 2017 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.

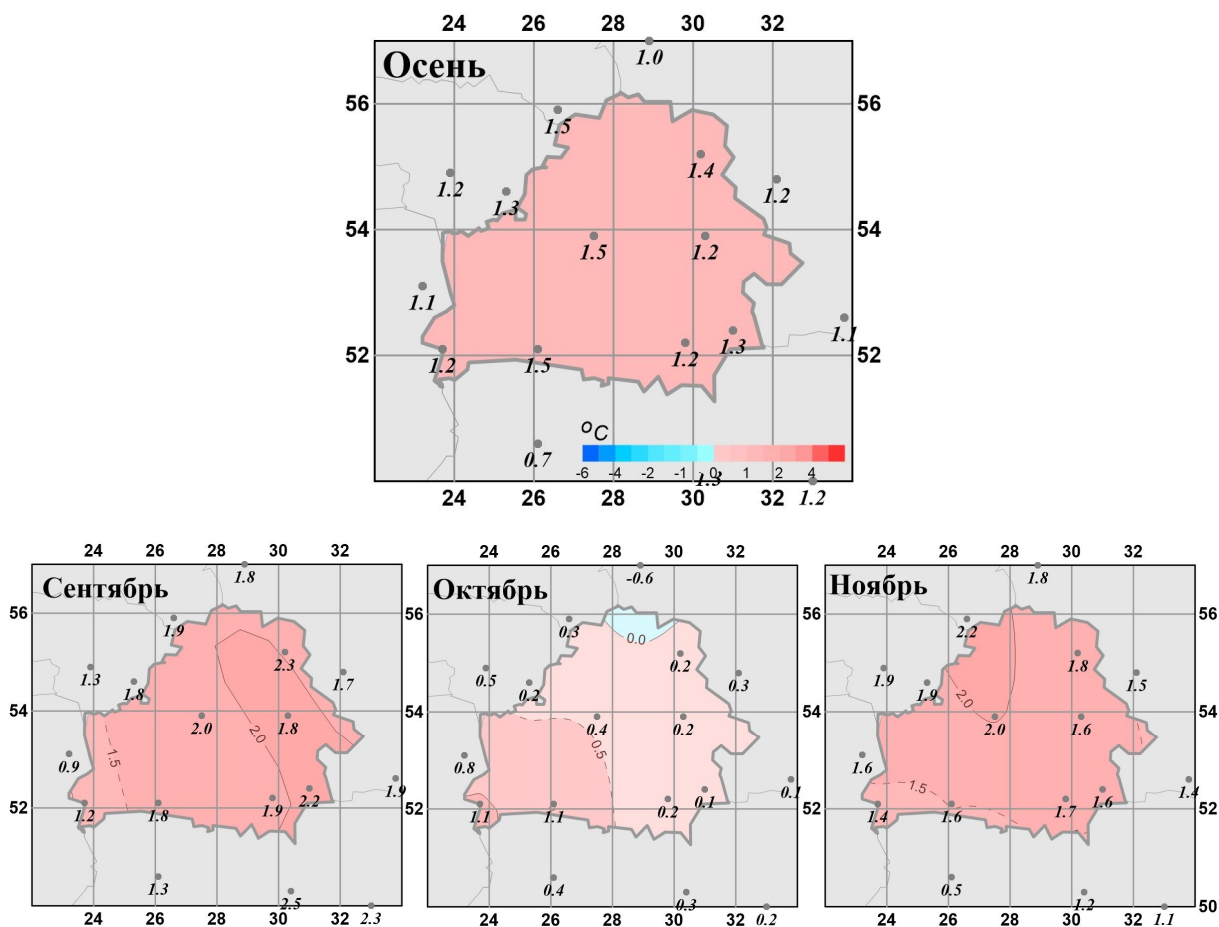
**Осенью** (рис. 1) на всей территории республики было тепло, сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики составила 1.3°C (ранг 11-12). Аномалии температуры на станциях республики от 1.19°C (в Могилеве) до +1.49°C (в Пинске). Тепло было во все месяцы сезона, особенно в сентябре (1.81°C – ранг 13) и в ноябре (1.69°C – ранг 20).

**Таблица 2**

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси осенью 2017 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>6.9</b>	<b>7.7</b>	<b>7.0</b>	<b>9.1</b>	<b>8.6</b>	<b>8.1</b>	<b>8.1</b>
Сентябрь	13.3	13.7	13.3	14.3	14.4	14.3	14.8
Октябрь	5.8	6.7	6.0	9.0	8.3	7.0	6.8
Ноябрь	1.7	2.8	1.8	4.1	3.15	2.9	2.6
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<b>Осень</b>	<b>1.43</b>	<b>1.48</b>	<b>1.19</b>	<b>1.23</b>	<b>1.49</b>	<b>1.23</b>	<b>1.34</b>
Сентябрь	2.33	1.97	1.75	1.22	1.84	1.86	2.24
Октябрь	0.19	0.42	0.20	1.06	1.05	0.16	0.13
Ноябрь	1.76	2.04	1.62	1.40	1.57	1.68	1.65





**Рисунок 1** - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь осенью.

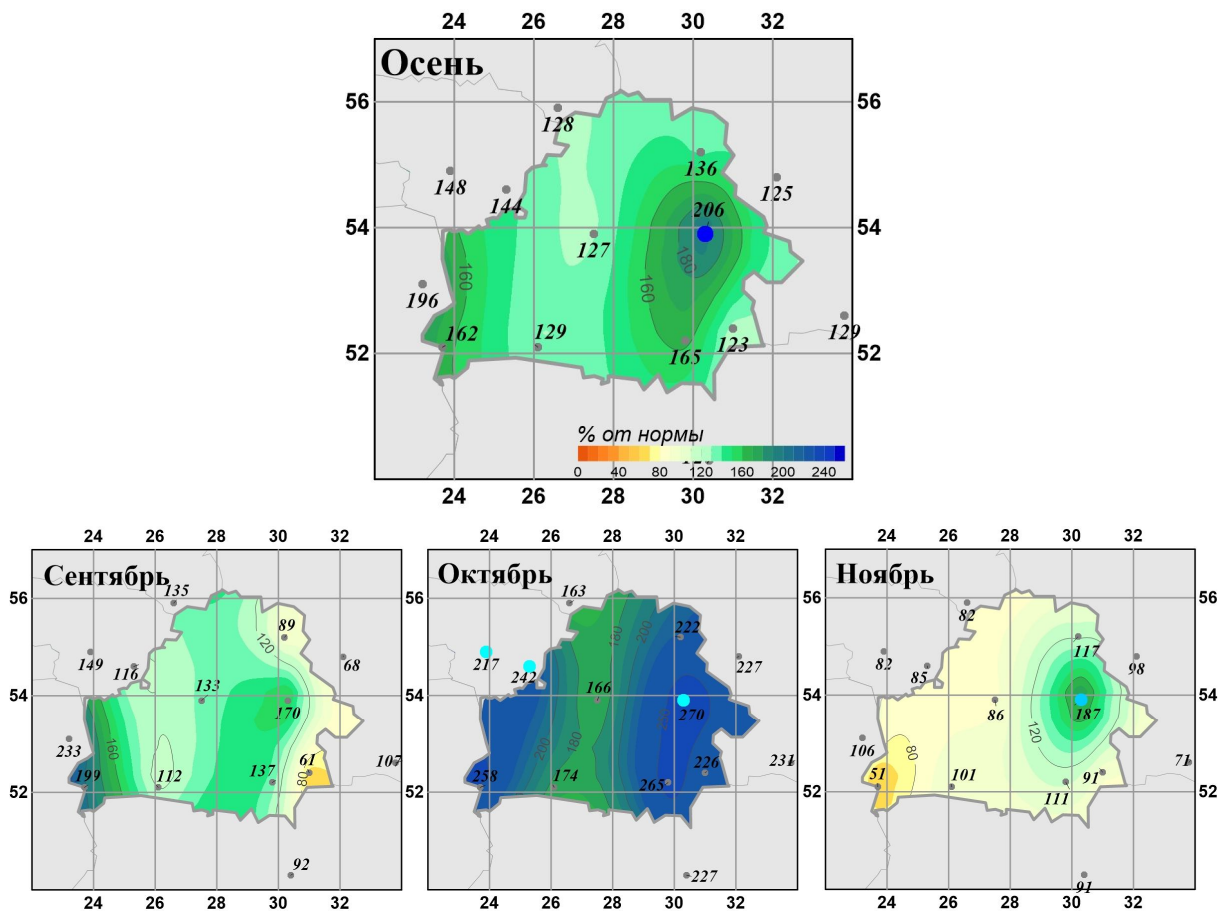
*Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях.*

**Осенью** (рис. 2) в Беларуси наблюдался значительный избыток осадков, Осредненные по территории республики осадки составили 149% сезонной нормы – 5-ая величина в ряду. На всех станциях осадков выпало больше нормы, особенно много осадков выпало в Могилеве (206% нормы).

Наиболее «влажный» месяц в сезоне – октябрь, Осредненные по республике аномалии осадков составили 56.5 мм/месяц - четвертая величина в ряду. В Могилеве выпало 270% месячной нормы (95%-ый экстремум).

В сентябре избыток осадков наблюдался всюду, кроме восточный районов республики. Наибольшее количество осадков выпало в Бресте: 199% нормы, что превысило 95-ый процентиль.

В ноябре избыток осадков наблюдался на востоке (в Могилеве выпало 187% нормы). На юго-западе наблюдался дефицит осадков (в Бресте выпало лишь 51% месячной 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 процентилей

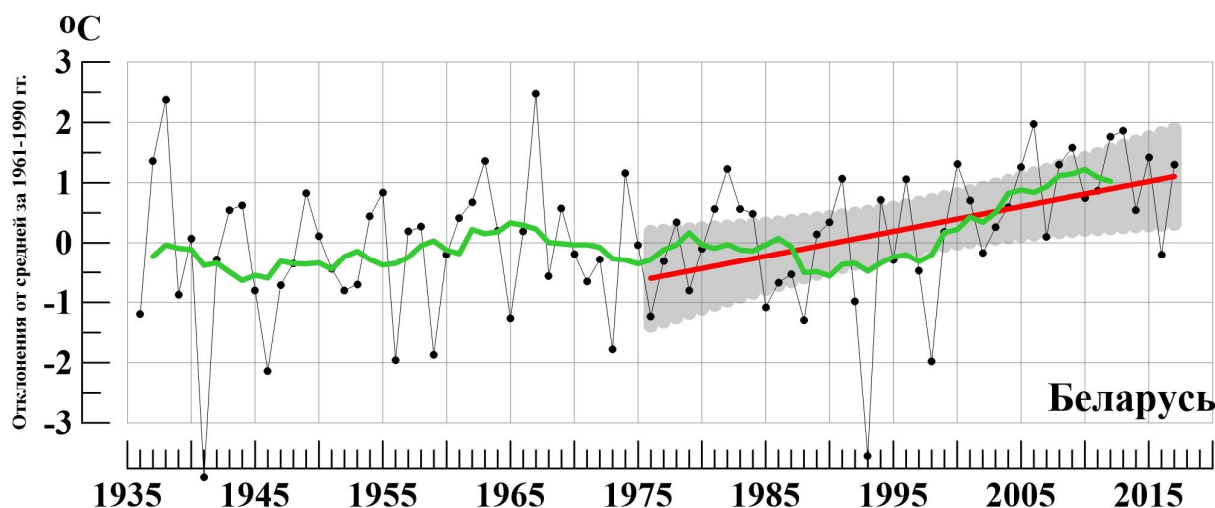
**Таблица 3**

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси осенью 2017 г.

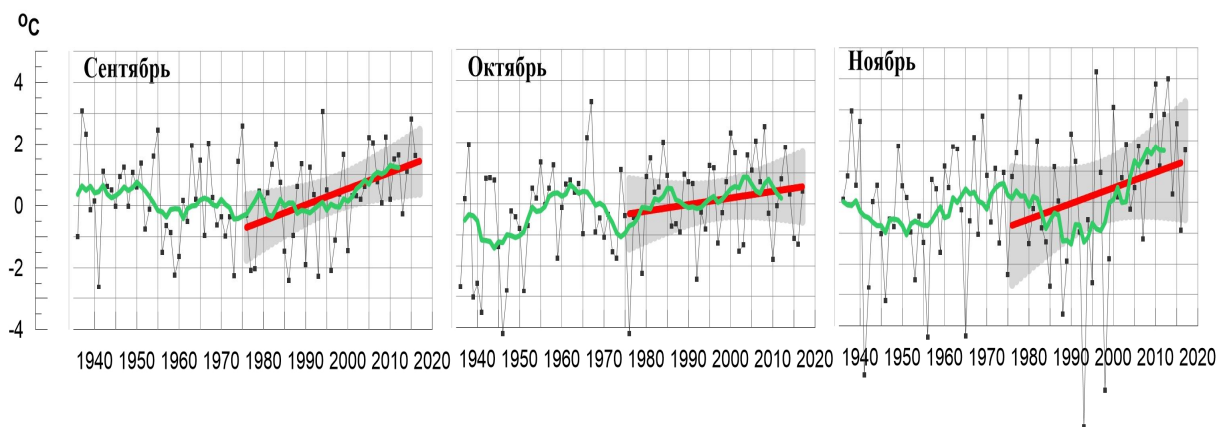
	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
<b>а) Сумма осадков (мм/месяц)</b>							
<i>Осень</i>	76.3	67.7	101.0	72.0	61.0	76.3	55.3
Сентябрь	58	80	92	102	59	68	29
Октябрь	107	78	121	90	81	107	97
Ноябрь	64	45	90	24	43	54	40
<b>б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)</b>							
<i>Осень</i>	22.4	18.5	13.0	0.4	21.4	24.8	9.4
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	9.1	-7.4	41.9	-22.8	0.6	5.5	-3.9
<b>в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)</b>							
<i>Осень</i>	136	127	206	162	129	165	123
Сентябрь	89	133	170	199	112	137	61

Октябрь	222	166	270	258	174	265	226
Ноябрь	117	86	187	51	101	111	91

На рисунках 3. 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2017 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 1976-2017 гг.

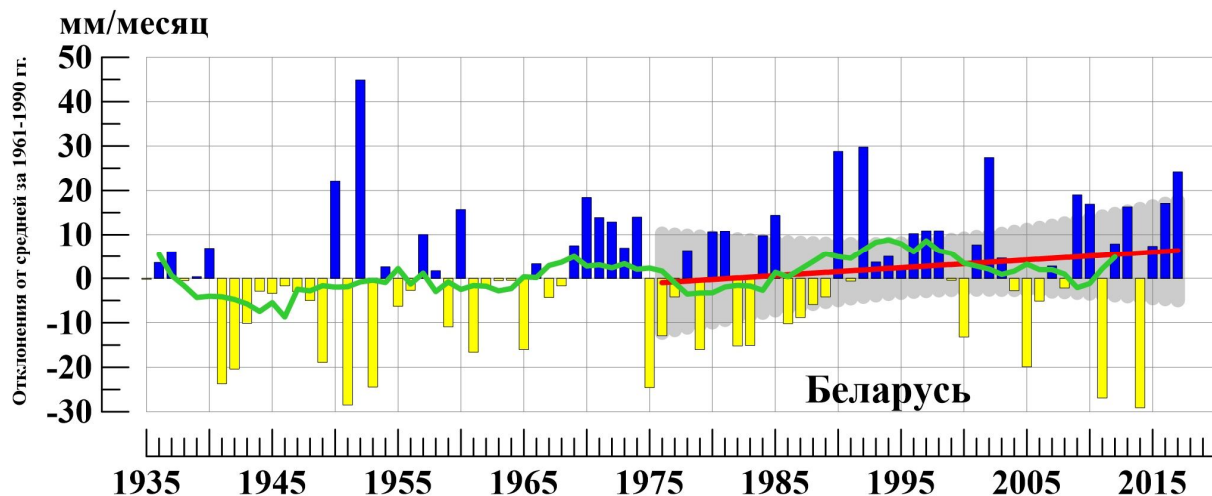


**Рисунок 4** - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ). осредненные по территории Республики Беларусь.  
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Тренд осенних температур, в среднем по территории Беларуси, составил  $+0.42^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 21% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд положителен. Наибольшее потепление наблюдается в сентябре:  $+0.52^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 19% дисперсии ряда, значим на уровне 1%).

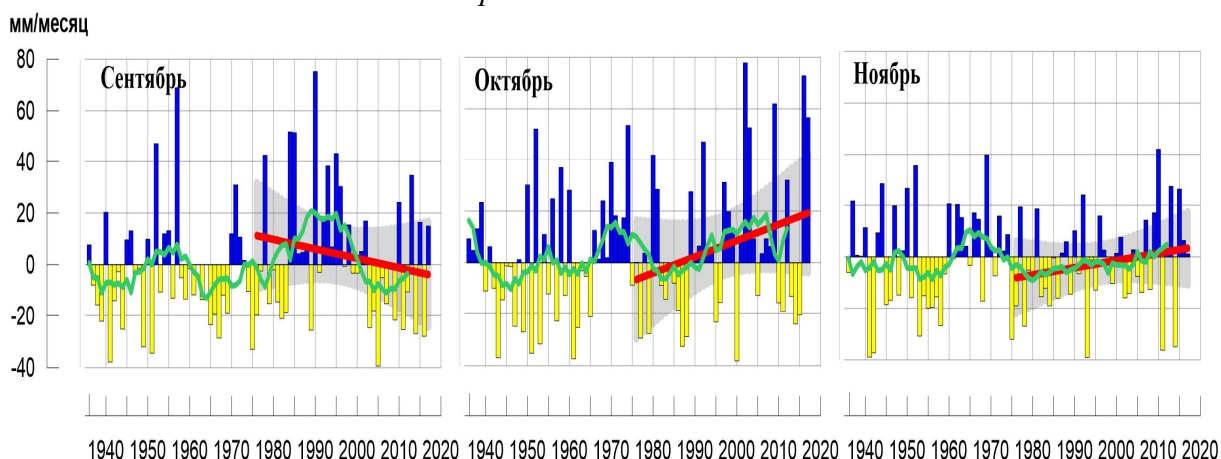
В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил  $+1.8$  мм/месяц/10 лет. Вклад трендов осадков в суммарную изменчивость за сезон и за все

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.

	$\nu T_{2017}$	s	$\nu R_{2017}$	s
<b>Осень</b>	<b>1.30</b>	<b>0.92</b>	<b>24.2</b>	<b>12.7</b>
Сентябрь	1.81	1.40	15.0	26.4
Октябрь	0.41	1.46	56.5	23.5
Ноябрь	1.69	1.88	1.1	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 1976-2017 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2017}$ °C/10 лет	$D_{1976-2017}$ %	$b_{1976-2017}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2017}$ %
<b>Осень</b>	<b>0.42</b>	<b>21</b>	<b>1.8</b>	<b>2</b>
Сентябрь	0.52	19	-3.7	3
Октябрь	0.21	3	6.3	7
Ноябрь	0.50	6	2.8	4

## ВЫВОДЫ

1. Осенью в Беларуси было тепло. сезонная аномалия температуры. осредненная по территории республики  $1.3^{\circ}\text{C}$ , размах сезонных аномалий температур на станциях небольшой: от  $1.19^{\circ}\text{C}$  до  $1.49^{\circ}\text{C}$ .

2. Тепло было во все месяцы сезона: осредненные по территории республики аномалии составили: в сентябре  $1.81^{\circ}\text{C}$ , в октябре  $0.41^{\circ}\text{C}$ , в ноябре  $1.69^{\circ}\text{C}$ .

3. Осенью в Беларуси наблюдался значительный избыток осадков, осредненные по территории республики осадки составили 149% сезонной нормы – пятая величина в ряду. Наиболее «влажный» месяц в сезоне – октябрь, Осредненные по республике аномалии осадков составили 226% нормы  $56.5$  мм/месяц - четвертая величина в ряду. Избыток осадков почти на всей территории наблюдался и в сентябре (128% нормы), а в ноябре избыток осадков наблюдался на востоке республики.

4. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению. как в среднем за сезон (линейный тренд составил  $0.42^{\circ}\text{C}/10$  лет. ответствен за 21% дисперсии). так и в отдельные осенние месяцы. Наибольшее потепление наблюдается в сентябре: тренд составил  $+0.52^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 19% дисперсии ряда).

В целом для Беларуси отмечается слабая тенденция к увеличению осадков. линейный тренд составил  $1.8$  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.