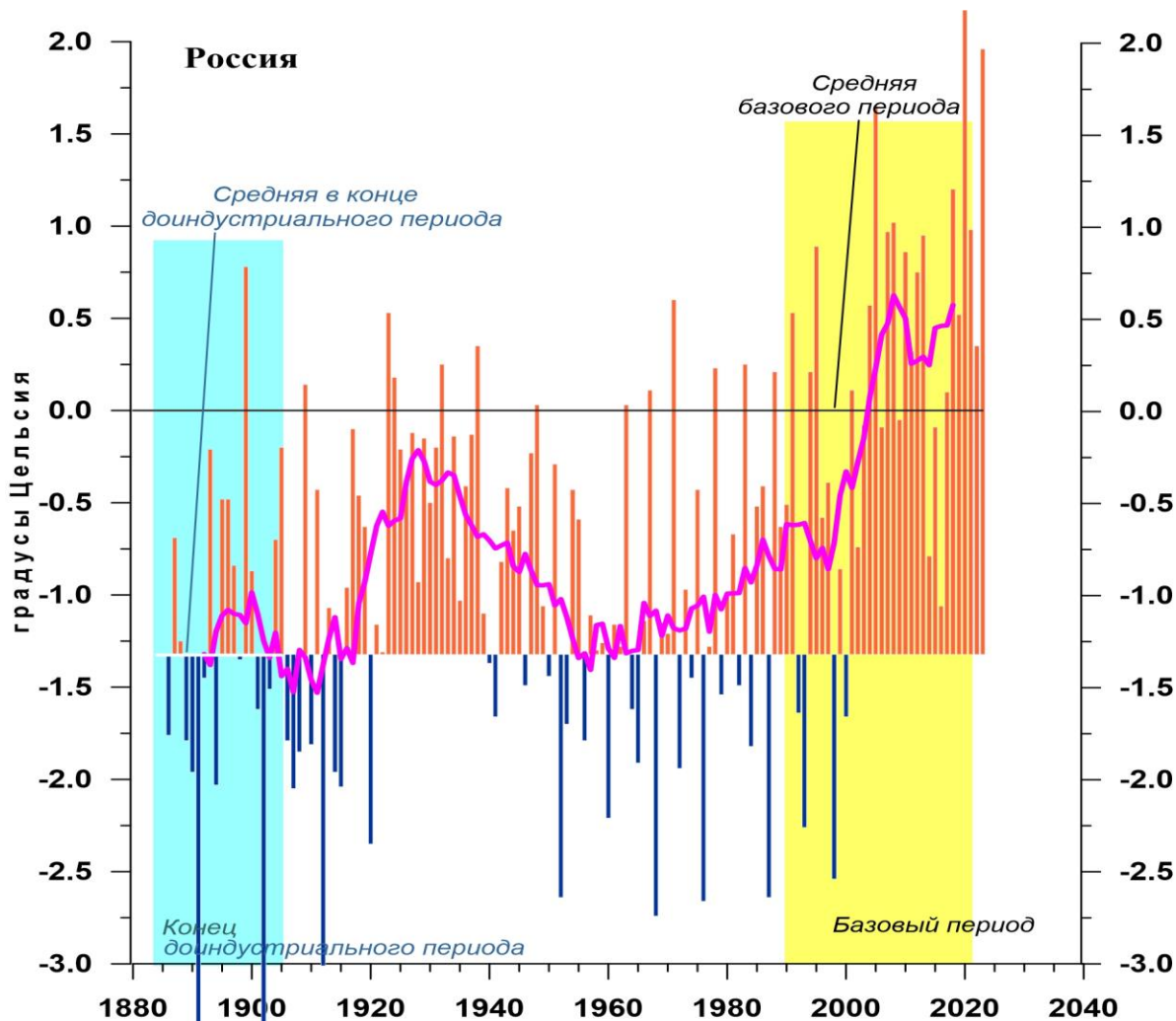


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2023

ОСЕНЬ: сентябрь – ноябрь

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (осенний сезон)	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2023 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, 1936-2023 гг.....	20
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг. (осенний сезон)	26
ВЫВОДЫ	29
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности осени 2023 г. на территории Республики Беларусь	31

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2023 гг. (осень)
Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1991-2020 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». 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 (577) станций России). В настоящем выпуске использованы данные 248 (для осадков по архиву R1383) и 396 (для температуры по архиву T3288) российских станций, по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Под «нормой» в бюллетене понимается среднее многолетнее значение рассматриваемой климатической переменной за 1991-2020 гг. (базовый период). Аномалии температуры определяются как отклонения наблюденного значения от нормы. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность превышения 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 в соответствии с Указом Президента России от 3 ноября 2018 года №632 Республика Бурятия и Забайкальский край исключены из состава СФО и переданы в ДФО.



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.

Для температуры воздуха все данные в тексте и на картах приведены по архиву Т3288. 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.

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»** с использованием материалов НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ», ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ФГБУ «ВНИИСХМ». Дополнительная информация по проблеме изменений климата и годовые и сезонные бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на Интернет-сайте (<http://www.igce.ru/performance/publishing> (ФГБУ «ИГКЭ»)).

* 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»: М.Ю. Бардин (руководитель), Э.Я. Ранькова, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, У.И. Антипина, В.Д. Смирнов

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 2023: 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 `scut5nh.txt` на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временные ряды для территории России рассчитаны по стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ» по базовому архиву, содержащему 3288 (Т3288: начальный год 1901) станции на поверхности суши Земного шара. Представлены также линейные тренды за 1976-2023 гг.

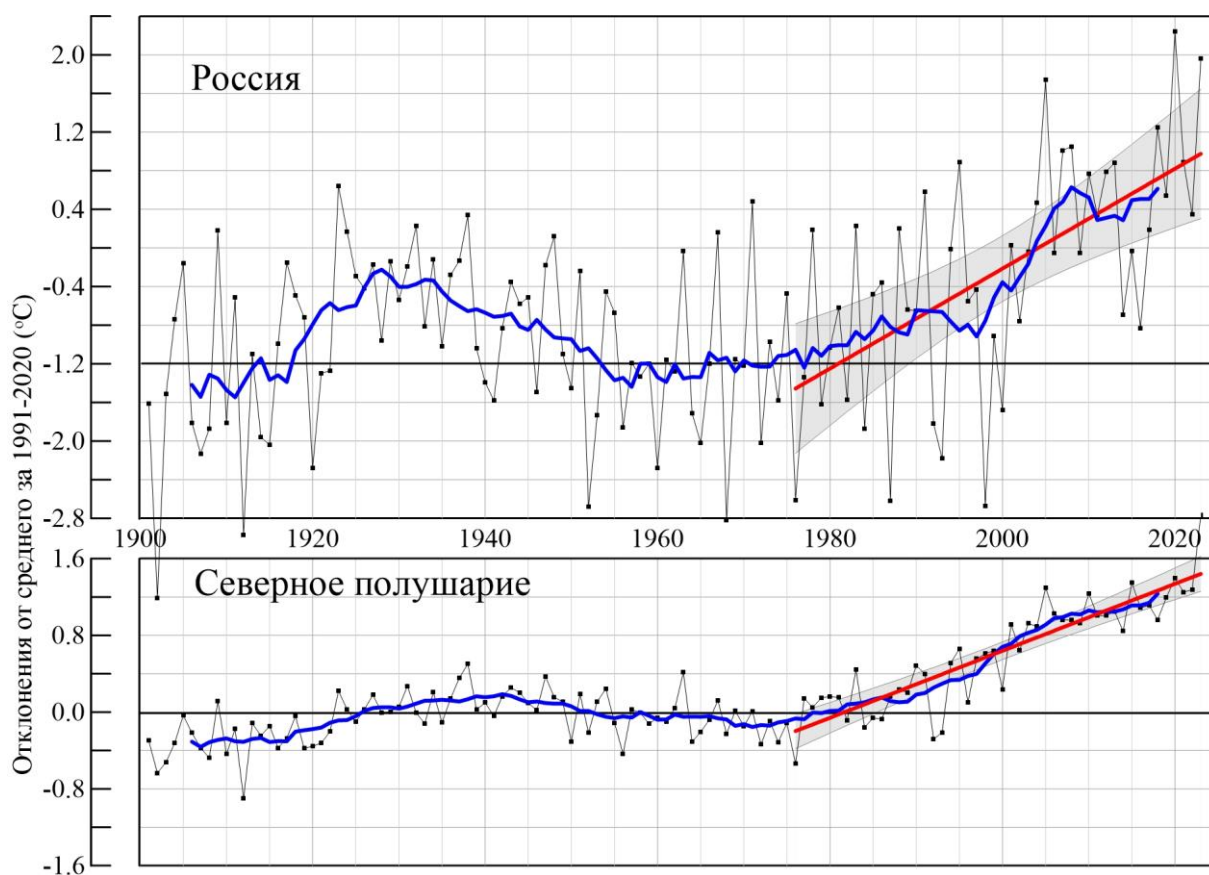


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (осень: сентябрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненная по суше Северного полушария и территории России (1901-2023 гг.).

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Показаны м.н.к. – оценка линейного тренда и 95% -я доверительная область для линии тренда за 1976-2023 гг. (доверительная область для России показана для архива Т3288). Используются данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ» (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 +1,255°C (стандартное отклонение 0,42°C) – рекордная величина с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила 1,96°C при величине стандартного отклонения 1,12°C вторая величина в ряду. Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений осенних температур за период 1976-2023 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Величина тренда средних по территории России осенних температур почти в 1,5 раза выше, чем средних по Северному полушарию. В первом десятилетии XXI века наблюдалось 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 1991-2020 гг. (°C), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2023 гг.

Регионы	νT_{2023}	$s_{1991-2020}$	b , °C/10 лет	D %
СП	1,255	0,42	0,35	79
Россия	1,96	1,12	0,52	38

Примечание: νT – аномалия температуры, s - стандартное отклонение за период 1991-2020, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2023 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России осени 2023 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 1,96°C – вторая величина в ряду (рекордное значение зафиксировано осенью 2020: 2,24°C). Всюду (кроме Карелии и Кольского полуострова) температуры были выше климатической нормы. 95%-е экстремумы зарегистрированы на 42% станций страны. Аномалии температуры, осредненные по регионам (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) и федеральным округам (кроме СЗФО и ЦФО) - среди четырех самых крупных.

В Карелии и на Кольском полуострове температуры были ниже климатической нормы (аномалии до -1°C).

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности сезона несколько под другим углом. На ЕЧР и на большей части АЧР осенние изотермы располагаются севернее (приблизительно на 2-3° с. ш.) своего климатического положения. В Хабаровском крае, в Приамурье и Приморье осенние изотермы совпадают со своим климатическим положением.

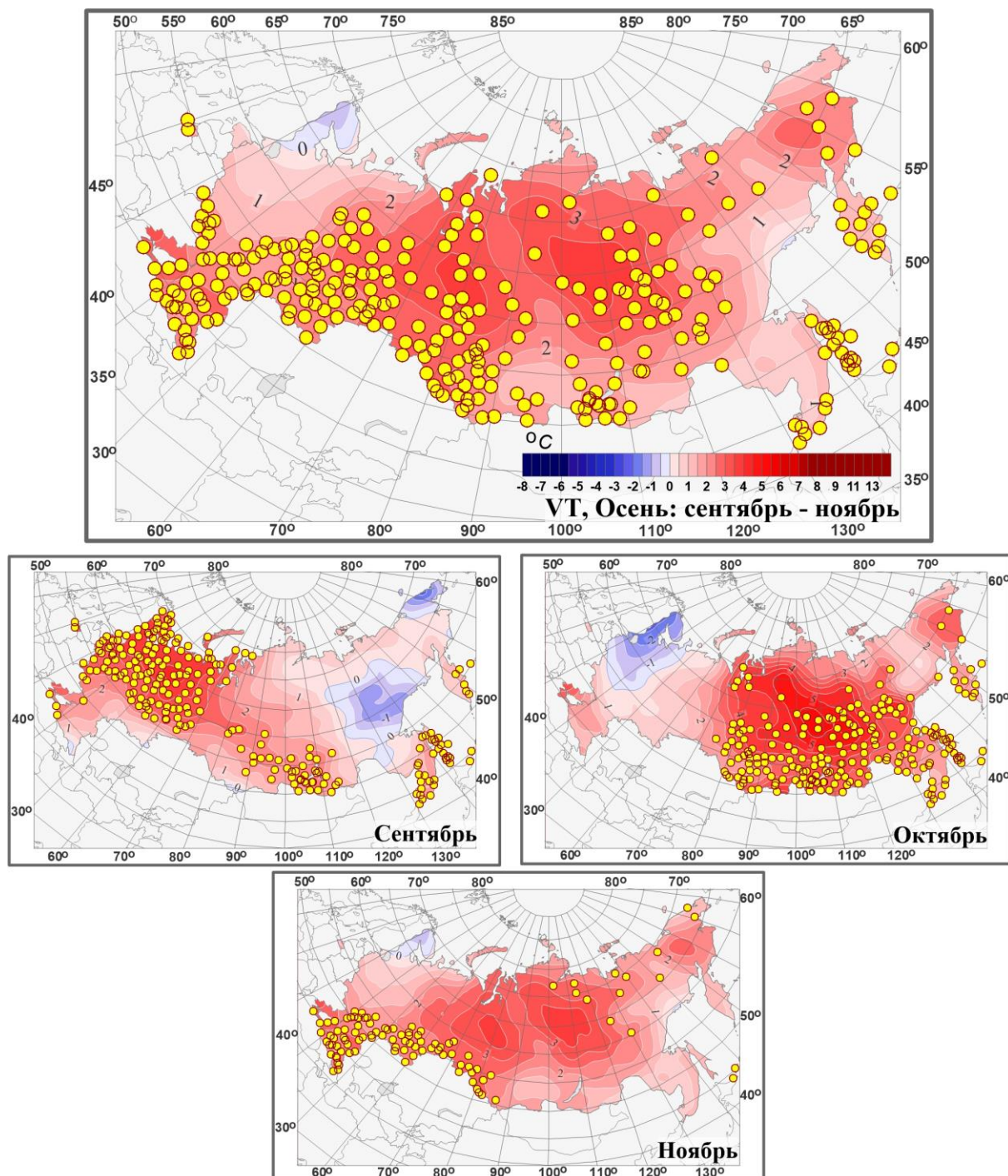


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха (°C) на территории России осенью 2023 г. Кружками желтого цвета показано местоположение станционных экстремумов выше 95-го перцентиля.
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1991-2020 гг.

Сентябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры $1,45^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду (самым теплым сентябрь был в 2020 ($+1,76^{\circ}\text{C}$)), по ЕЧР - $+2,63^{\circ}\text{C}$ – рекордная величина (особенно тепло в СЗФО ($+3,64^{\circ}\text{C}$ – ранг 1) и в ЦФО ($+2,55^{\circ}\text{C}$ – ранг 2)); по АЧР - $+1,02^{\circ}\text{C}$ – четвертая величина (особенно тепло особенно тепло в УФО ($+2,62^{\circ}\text{C}$ – ранг 3) и в СФО ($+1,59^{\circ}\text{C}$ – ранг 5). В этих федеральных округах на многих станциях отмечались 95%-е экстремумы.

Температуры выше климатической нормы наблюдались на юге Якутии, в Хабаровском крае, на Чукотке.

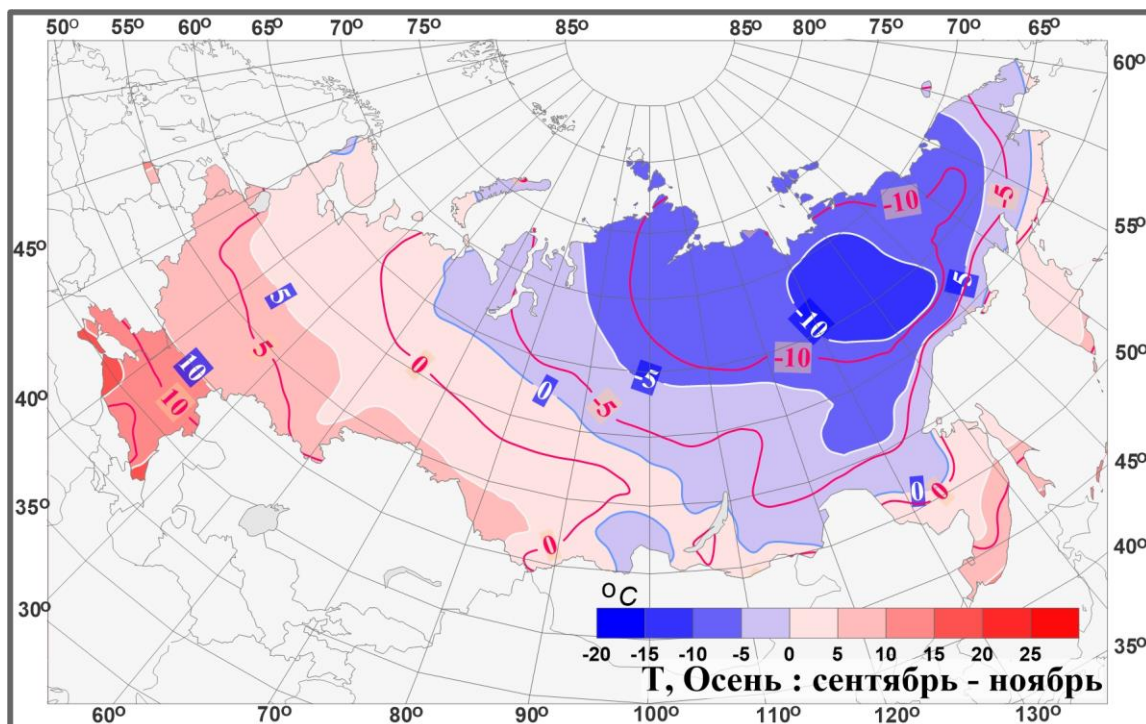


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России осенью 2023 г. Красные изолинии: средние изотермы за период 1991-2020 гг.

Октябрь. Осредненные по РФ и АЧР аномалии температуры $+2,12^{\circ}\text{C}$ и $+2,81^{\circ}\text{C}$ – вторые величины в ряду (максимальные величины аномалий зафиксированы в 2018 г. ($+2,51^{\circ}\text{C}$ и $+3,06^{\circ}\text{C}$). Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме северо-запада страны). Особенно тепло в центре и на юге АЧР, осредненные по всем регионам и округам АЧР (кроме УФО) аномалии температуры среди четырех самых крупных.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались на северо-западе страны (аномалии до $-2,2^{\circ}\text{C}$).

Ноябрь. Осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры $2,29^{\circ}\text{C}$ (ранг 6). Всюду (кроме Карелии и Кольского полуострова) температуры были выше климатической нормы. 95%-е экстремумы отмечались на юге ЕЧР (в ПФО ($3,38^{\circ}\text{C}$ – ранг 5), в ЮФО ($4,05^{\circ}\text{C}$ – ранг 2), в СКФО ($4,11^{\circ}\text{C}$ – ранг 1)).

В Карелии и на Кольском полуострове температуры были ниже климатической нормы.

Атмосферные осадки.

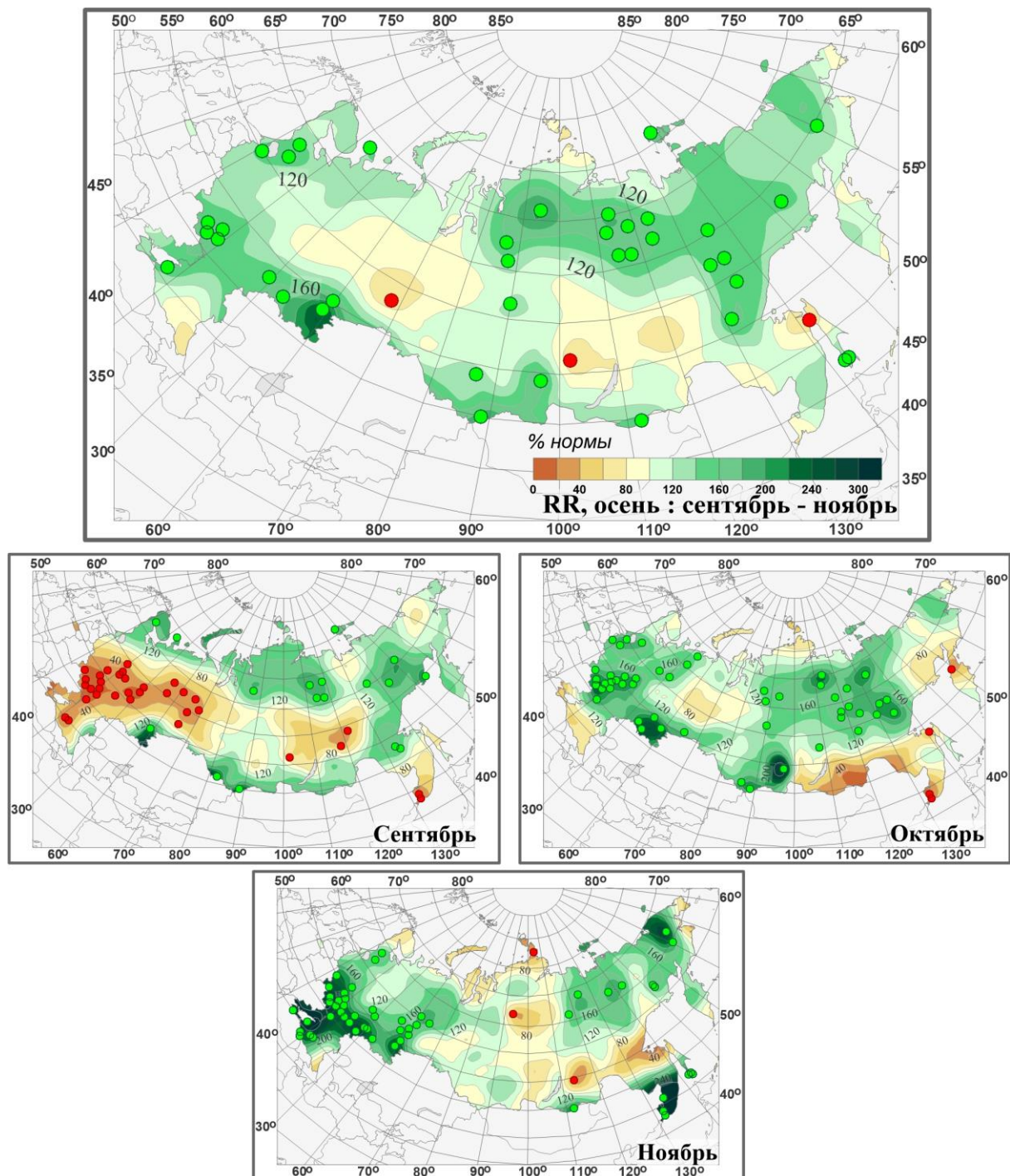


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1991-2020 гг.) на территории России осенью 2023 г. (сентябрь – ноябрь). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Осредненные по РФ осенние осадки 117% нормы – максимальная величина в ряду, а по ЕЧР (125% нормы) и АЧР (113%) – вторые величины в соответствующих

рядах. На большей части страны (кроме центра Западной Сибири и верхнего течения Лены, в предгорьях Кавказа) наблюдался значительный избыток осадков (более 120%, на ряде станций отмечены 95%-е экстремумы), особенно много осадков выпало в Средней Сибири (105% - ранг 3), в Восточной Сибири (109% - ранг 1), в СФО (115% - ранг 3) и в ДФО (117% - ранг 3). Небольшой дефицит осадков наблюдался в центре Западной Сибири, в верхнем течении Лены, в предгорьях Кавказа.

Сентябрь. Осредненные по РФ осадки составили 94% нормы, а по ЕЧР лишь 63% нормы – первая-вторая минимальная величина (такое же количество осадков наблюдалось в 2014 г. (63%)). В ЦФО, ЮФО, УФО осадки среди пяти самых «сухих», повсеместно отмечены 5%-е экстремумы. Дефицит осадков наблюдалось также в среднем течении Лены и в Приамурье и Приморье.

Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался на севере ЕЧР, в СФО, на большей части ДФО.

Октябрь. Осредненные по РФ осадки 124% нормы - максимальная величина в ряду. Значительный избыток осадков (на многих станциях 95%-е экстремумы) наблюдался на ЕЧР (142% нормы – ранг 3, особенно много осадков выпало в СЗФО (137% - ранг 2), в ЦФО (177% - ранг 5) и в ПФО (159% - ранг 4)); в СФО (128% - ранг 1); в центре и на севере ДФО.

Дефицит осадков (менее 80%) наблюдался в предгорьях Кавказа, в центре Западной Сибири, в Забайкалье, в бассейне Амура, на севере Камчатки.

Ноябрь. Осредненные по РФ и ЕЧР осадки оставили 138% и 172% нормы – максимальные величины в рядах, а по АЧР - 118% - пятая величина в ряду. Значительный избыток осадков (более 120%, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы) в ЦФО (206% - ранг 1), в ПФО (179% - ранг 2), в ЮФО (262% - ранг 1), в УФО (137% - ранг 3), в Восточной Сибири (123%), в Приамурье и Приморье (152%).

Небольшой дефицит осадков наблюдался в центре Средней Сибири, в Забайкалье, в бассейне Амура.

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 1991-2020 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 1936-2022 годы.

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

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры осенью 2023 г.

Регионы	νT_{2023}	$s_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$
Российская Федерация	1,96	1,12	98,9
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	1,56	1,31	96,6
Азиатская часть России	2,10	1,15	98,9
Западная Сибирь	1,84	1,60	100
Средняя Сибирь	2,70	1,53	98,9
Прибайкалье и Забайкалье	1,68	1,13	98,9
Приамурье и Приморье	1,06	0,94	93,1
Восточная Сибирь	1,56	1,37	94,3
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	1,03	1,60	87,4
Центральный	1,39	1,44	94,3
Приволжский	1,96	1,41	100
Южный	2,38	1,38	100
Северо-Кавказский	2,10	1,26	98,9
Уральский	2,95	1,83	98,9
Сибирский	2,45	1,48	100
Дальневосточный	1,74	1,03	98,9

Примечание: 1. Аномалии νT_{2023} ($^{\circ}\text{C}$) рассчитаны как отклонения от нормы 1991-2020 гг.; s ($^{\circ}\text{C}$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности неперевышения $P(t \leq T_{2023})$ рассчитаны по выборке за 1936-2019 гг. и выражены в %.

Как уже отмечалось выше, аномалия температуры осенью для России в целом (см. табл. 2.1) составила 1,96 $^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду. В всех регионах и федеральных округах температуры были выше климатической нормы. В большинстве регионов (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) и федеральных округов (кроме СЗФО и ЦФО) аномалии температуры среди четырех самых крупных.

В сентябре (см. табл. 2.1.1) осредненная по России в целом аномалия температуры составила 1,45 $^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду, во всех регионах (кроме

Восточной Сибири) и федеральных округах температуры были выше климатической нормы, в ЕЧР аномалия температуры составила 2,63°C – рекорд, в АЧР 1,01°C четвертая величина; экстремально теплые условия наблюдались в Западной Сибири (2,18°C – ранг 3), Прибайкалье и Забайкалье (1,47°C – ранг 5), в СЗФО (3,64°C – ранг 1), в ЦФО (2,55°C – ранг 2), УФО (2,62°C – ранг 3), СФО (1,59°C – ранг 5).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в осенние месяцы

Регионы	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	νT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$	νT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$	νT_{2023}	$S_{1991-2020}$	$P(t \leq T_{2023})$
Российская Федерация	1,45	0,88	98,9	2,12	1,20	98,9	2,29	2,20	94,3
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	2,63	1,30	100	0,26	1,47	72,4	1,77	2,63	82,8
Азиатская часть России	1,02	0,92	96,6	2,81	1,30	98,9	2,49	2,33	90,8
Западная Сибирь	2,18	1,50	97,7	2,42	1,77	96,6	3,94	3,35	93,1
Средняя Сибирь	0,88	1,26	80,5	4,01	1,95	97,7	3,23	3,10	88,5
Прибайкалье и Забайкалье	1,47	1,05	95,4	3,36	1,62	100	0,22	2,43	64,4
Приамурье и Приморье	0,82	0,93	88,5	2,18	1,17	98,9	0,17	2,15	64,4
Восточная Сибирь	-0,03	1,08	67,8	1,96	1,65	96,6	2,78	2,48	94,3
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	3,64	1,38	100	-0,32	1,87	51,7	-0,24	3,13	49,4
Центральный	2,55	1,60	98,9	0,04	1,59	64,4	1,58	2,88	78,2
Приволжский	2,00	1,45	93,1	0,51	1,57	74,7	3,38	3,04	95,4
Южный	1,62	1,73	87,4	1,49	1,65	89,7	4,05	2,66	98,9
Северо-Кавказский	0,55	1,53	77,0	1,45	1,54	89,7	4,11	2,25	100
Уральский	2,62	1,63	97,7	2,27	2,09	92,0	3,95	3,68	87,4
Сибирский	1,59	1,30	95,4	3,41	1,73	100	2,33	3,10	82,8
Дальневосточный	0,35	0,89	75,9	2,62	1,24	98,9	2,26	1,97	95,4

В октябре осредненная по России в целом и по АЧР аномалии температуры составили 2,12°C и 2,81°C – вторые величины в соответствующих рядах; экстремально теплые условия наблюдались в Западной Сибири (2,42°C – ранг 4), в Средней Сибири (4,01°C – ранг 3), в Прибайкалье и Забайкалье (3,36°C – ранг 1), в Приамурье и Приморье (2,18°C – ранг 2), в Восточной Сибири (1,96°C – ранг 4), в СФО (3,41°C – ранг 1), в ДФО (2,62°C – ранг 2).

В ноябре осредненная по России в целом аномалия температуры составила 2,29°C – шестая величина в ряду, во всех регионах и федеральных округах температуры в ПФО (3,38°C – ранг 5), в ЮФО (4,04°C – ранг 2), в СКФО (4,11°C – ранг 1), в ДФО (2,26°C – ранг 5).

Количество выпавших осенью в РФ в целом осадков (табл. 2.2) составило 117% нормы – максимальная величина в ряду, а в ЕЧР 125% (ранг 2), в АЧР 113 (ранг 2). Экстремальный избыток осадков наблюдался в Средней Сибири (105% - ранг 3), в Восточной Сибири (109% - ранг 1), в СФО (115% - ранг 3), в ДФО (117% - ранг 3). Дефицит осадков наблюдался в Прибайкалье и Забайкалье, в Приамурье и Приморье, в СКФО.

Из месяцев особо выделяются «влажные» октябрь и ноябрь, в целом по России выпало 124% и 138% нормы – максимальные величины в соответствующих рядах (табл. 2.2.1).

В октябре экстремально «влажные» условия наблюдались в Средней Сибири (141% - ранг 1), в СЗФО (137% - ранг 1), в ПФО (177% - ранг 5), в СФО (128% - ранг 1). В ноябре экстремально «влажные» условия наблюдались в ЦФО (206% - ранг 1), в ПФО (179% - ранг 2), в ЮФО (262% - ранг 1), в УФО (137% - ранг 3).

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков осенью 2023 г.

Регионы	νR_{2023}	RR_{2023}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2023})$
Российская Федерация	7,4	117	-0,1	-1,4	2,0	100
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	12,5	125	-0,3	2,8	4,7	98,9
Азиатская часть России	5,3	113	-0,3	1,9	2,5	98,9
Западная Сибирь	3,1a	82	0,3	4,2	3,6	79,3
Средняя Сибирь	7,4	105	-0,1	2,7	2,8	97,7
Прибайкалье и Забайкалье	-0,5	90	0,0	2,1	2,6	51,7
Приамурье и Приморье	-1,0	104	1,0	6,3	2,5	37,9
Восточная Сибирь	12,5	109	-0,4	2,6	3,6	100
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	11,5	120	2,1	9,2	3,1	93,1
Центральный	17,6	133	0,7	8,5	7,3	90,8
Приволжский	13,3	129	1,0	8,9	5,5	87,4
Южный	14,0	134	-1,1	8,7	12,4	88,5
Северо-Кавказский	-5,4	88	-2,7	6,6	10,0	39,1
Уральский	0,0	100	0,1	4,9	3,9	52,9
Сибирский	5,8	115	0,6	1,7	2,2	97,7
Дальневосточный	6,7	117	-0,6	1,7	3,1	97,7

Примечание: 1. Аномалии νR_{2023} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1991-2020 гг.), RR_{2023} - отношение R_{2023} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2023})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2022 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

В сентябре экстремально «сухо» в ЕЧР: выпало 63% нормы – второй самый «сухой» сентябрь; экстремально «сухо» в ЦФО (23% - второй самый «сухой»), в ЮФО (33% - третий самый «сухой»), в УФО (67% - пятый самый «сухой»).

Таблица 2.2.1

Регионально осредненные аномалии осадков в осенние месяцы.

Регионы	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	νR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$	νR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$	νR_{2023}	RR_{2023}	$P(r \leq R_{2023})$
Российская Федерация	-2,9	94	18,4	11,0	124	100	14,0	138	100
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-19,5	63	1,1	23,7	142	97,7	33,1	172	100
Азиатская часть России	3,8	107	64,4	5,8	114	93,1	6,3	118	95,4
Западная Сибирь	-4,7	90	24,1	6,5	114	80,5	7,5	120	92,0
Средняя Сибирь	3,5	107	75,9	16,9	141	100	1,8	105	75,9
Прибайкалье и Забайкалье	-0,3	99	48,3	-1,7	94	44,8	0,5	102	65,5
Приамурье и Приморье	-2,6	96	37,9	-16,7	69	18,7	16,2	152	89,7
Восточная Сибирь	19,4	140	93,1	8,8	120	90,8	8,9	123	88,5
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	0,0	100	40,2	22,9	137	98,9	11,7	123	89,7
Центральный	-42,2	23	1,1	45,7	177	95,4	49,2	206	100
Приволжский	-22,9	50	11,5	30,1	159	96,6	32,8	179	98,9
Южный	-22,6	33	2,3	4,1	109	64,4	66,4	262	100
Северо-Кавказский	-21,4	61	19,5	-20,3	59	23,0	25,6	149	85,1
Уральский	-16,7	67	4,6	3,2	106	69,0	13,7	137	97,7
Сибирский	5,1	111	75,9	11,8	128	100	0,7	102	72,4
Дальневосточный	8,1	114	81,6	3,5	108	82,8	8,2	126	92,0

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 1976-2023 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 $+0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет в центральных областях) и на севере и востоке АЧР до $+1,5^{\circ}\text{C}/10$ лет в Восточной Сибири и до $+1,9^{\circ}\text{C}/10$ лет на островах Северной Земли, в основном, за счет октября и ноября).

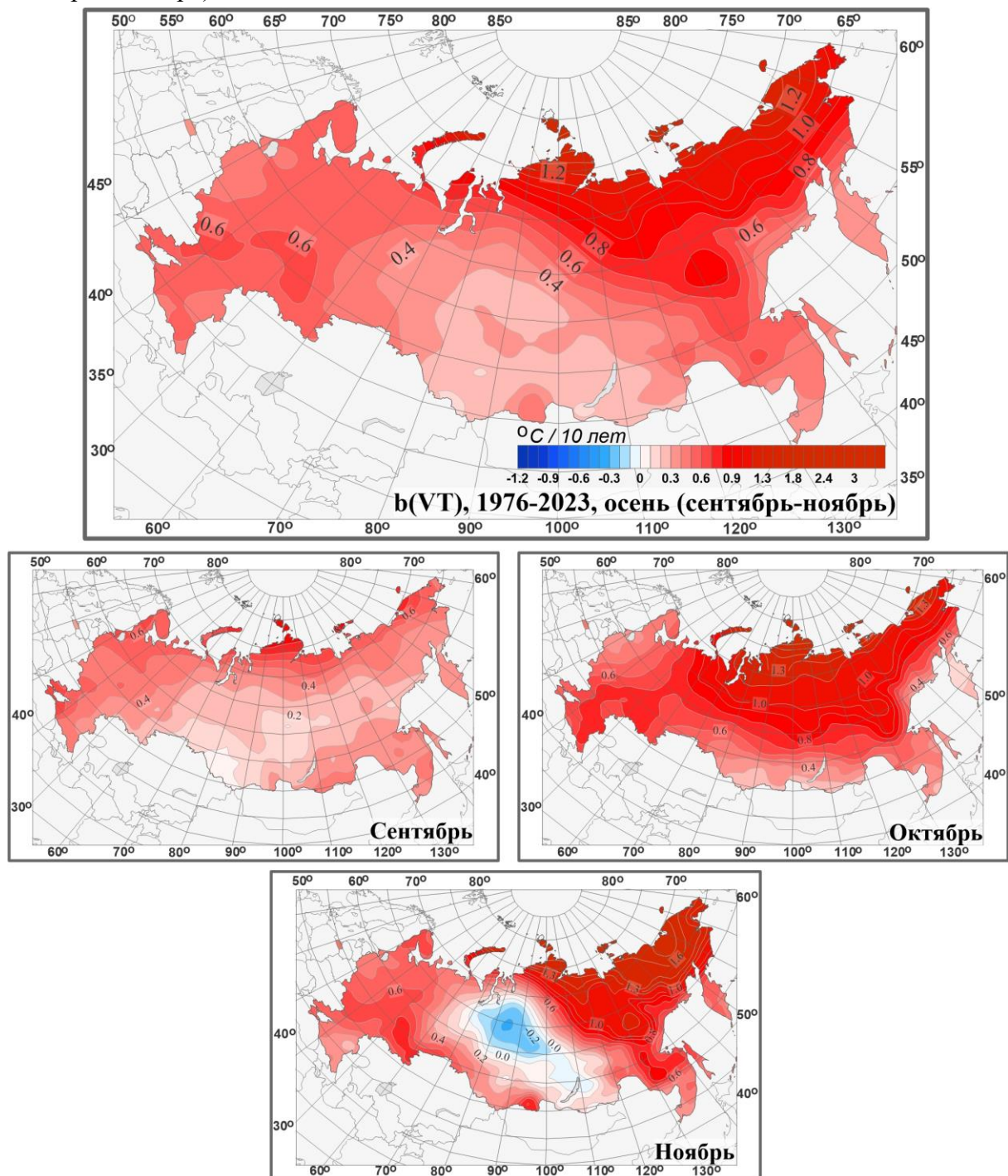


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2023 (осень)

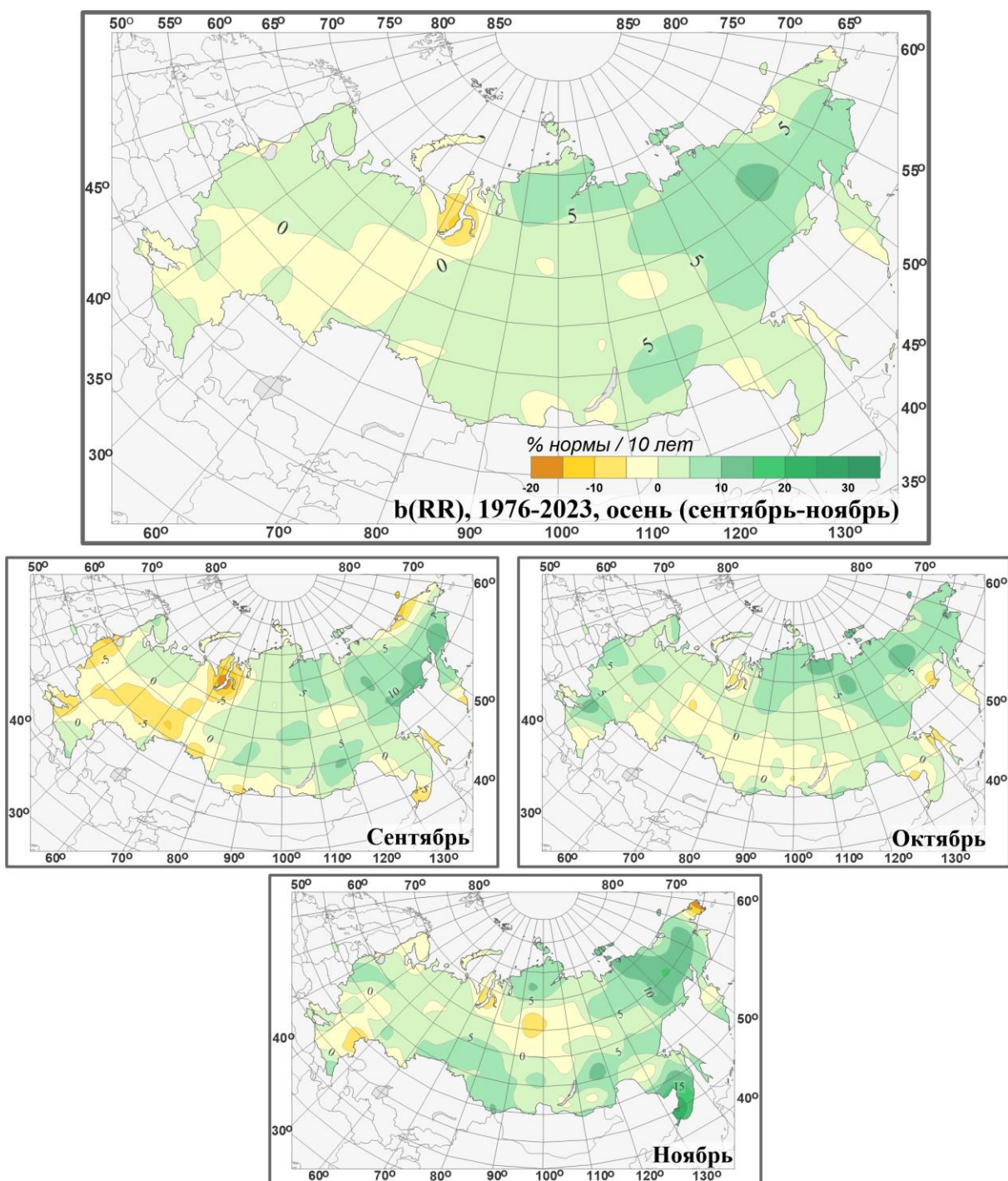


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2023 (осень).

В полосе от Обской губы до Забайкалья наблюдается минимальный рост температуры (до $+0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет) за счет отрицательного тренда температуры в ноябре (до $-0,3^{\circ}\text{C}/10$ 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 материковой части территории страны (до $+2,2^{\circ}\text{C}/10$ лет –

на Северной Земле), а также в ноябре – на материковой части в Восточной Сибири от +0,6°C до +2,0°C/10 лет (до +2,5°C/10 лет – на Северной Земле). Важная отличительная особенность изменений температуры в ноябре – наличие упомянутой выше области с отрицательным трендом в центре АЧР и в районе Байкала.

Осенью особых изменений в площади распространения и интенсивности трендов температуры по сравнению с прошлым 2022 годом не произошло.

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

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

Уменьшение осадков (около -5 мм/10 лет) наблюдается в сентябре – на юге Западной Сибири; в ноябре - в ЮФО.

По сравнению с прошлым 2022 годом в сентябре из-за дефицита осадков на ЕЧР увеличилась площадь уменьшения осадков.

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.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за осенний сезон, за 1976-2023 гг.

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

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки	
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>D</i> , %
Осень	0,52	38	0,7	10
Сентябрь	0,34	33	0,2	0
Октябрь	0,68	40	0,8	5
Ноябрь	0,53	13	1,1	8

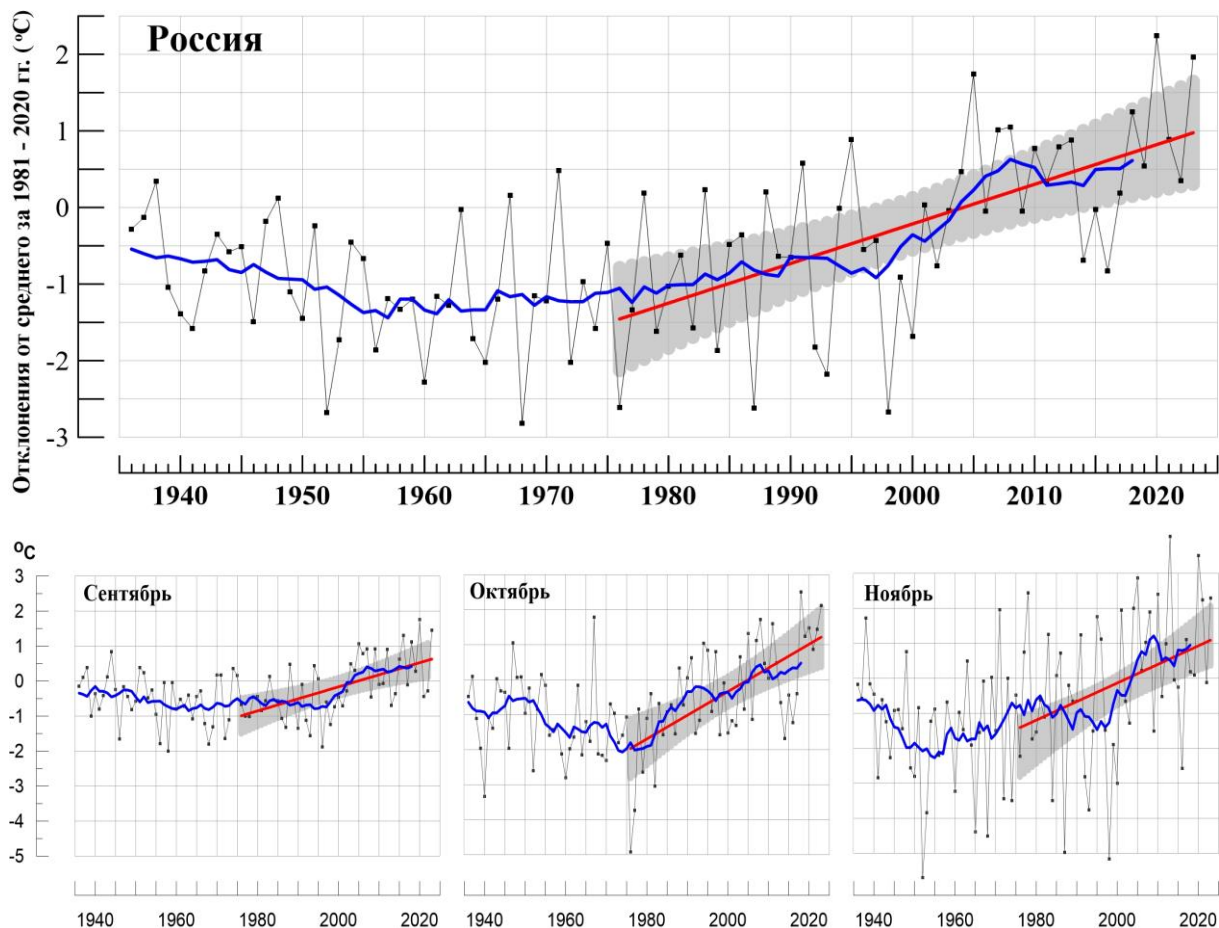


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха (°C) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2023 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

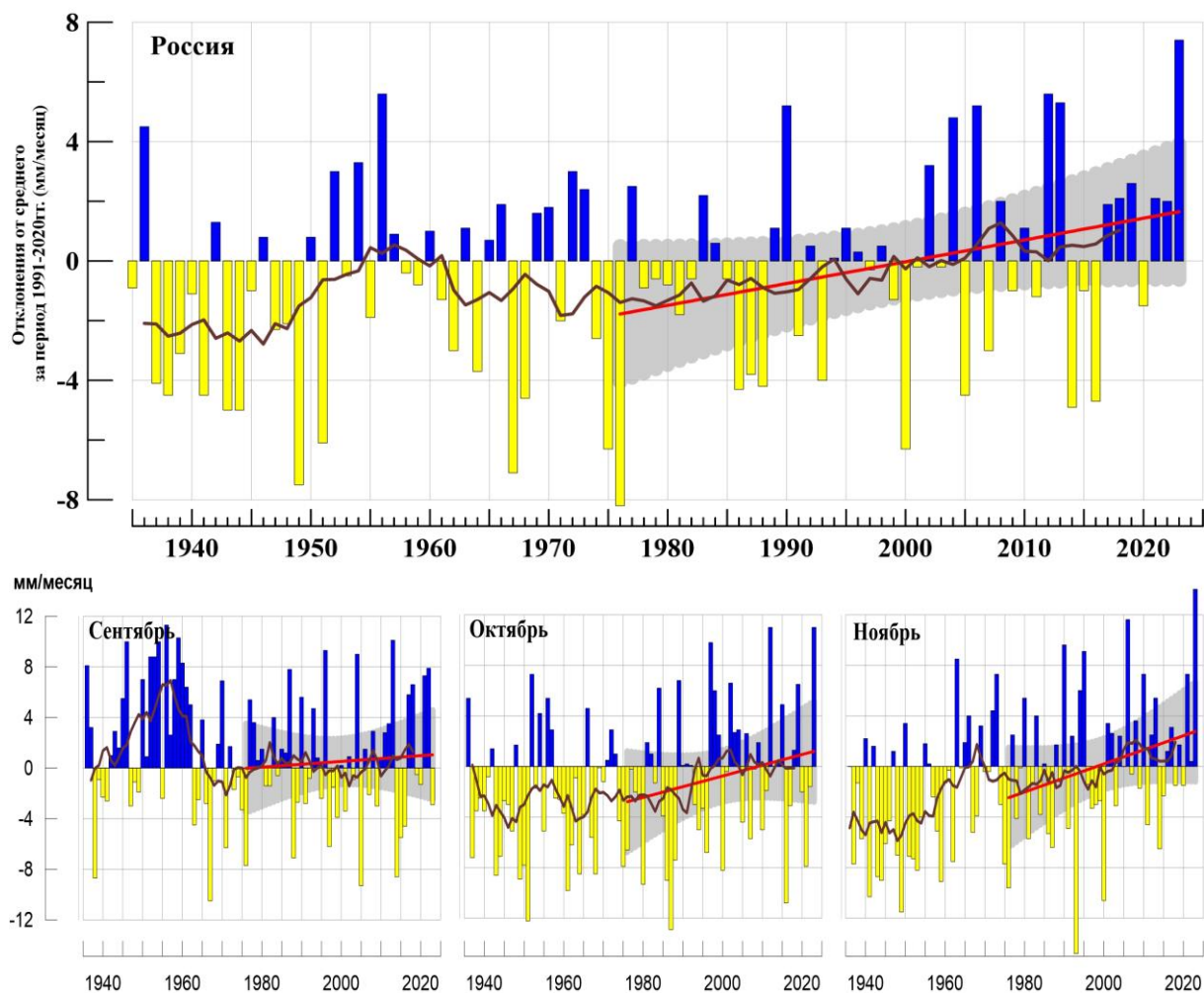


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/месяц).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ОСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2023 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 – 2023 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2023 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 1976-2023 гг. (осенний сезон),

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

	Температура		Осадки		
	b °C/10 лет	D , %	b мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Россия	0,52	38	0,7	1,7	10
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0,53	33	0,4	0,8	1
Азиатская часть России	0,51	33	0,9	2,2	17
Западная Сибирь	0,36	10	0,3	0,6	1
Средняя Сибирь	0,53	17	1,0	2,9	13
Прибайкалье и Забайкалье	0,30	12	0,8	2,8	6
Приамурье и Приморье	0,46	34	-0,2	-0,4	0
Восточная Сибирь	0,77	50	1,9	4,9	23
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0,54	26	1,0	1,8	3
Центральный	0,55	31	0,5	0,9	0
Приволжский	0,54	26	-0,5	-1,2	1
Южный	0,53	29	0,4	0,9	0
Северно-Кавказский	0,47	28	0,7	1,7	1
Уральский	0,43	12	-0,1	-0,2	0
Сибирский	0,32	9	0,8	2,1	8
Дальневосточный	0,63	51	1,1	2,8	20

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 ЕЧР, в АЧР, в Восточной Сибири (превышает полградуса за 10 лет). В этих регионах, а также в Средней Сибири и в Приамурье и Приморье, вклад тренда в дисперсию ряда позволяет говорить о значимости тенденции увеличения температуры на 1% уровне.

По сравнению с периодом 1976-2022 гг. оценки линейного тренда осенью изменились: увеличились в пределах 0,01°C-0,06°C / 10 лет.

Монотонная тенденция увеличения осадков (рис. 4.3, 4.4) за период современного потепления (с 1976 г.) прослеживается в регионах: Восточная Сибирь

(тренд +1,9 мм/10 лет (4,9%/ лет) объясняет 23% изменчивости ряда), Азиатская часть России и в Дальневосточном ФО, где наблюдается увеличение осадков и тренд значим на уровне 1%.

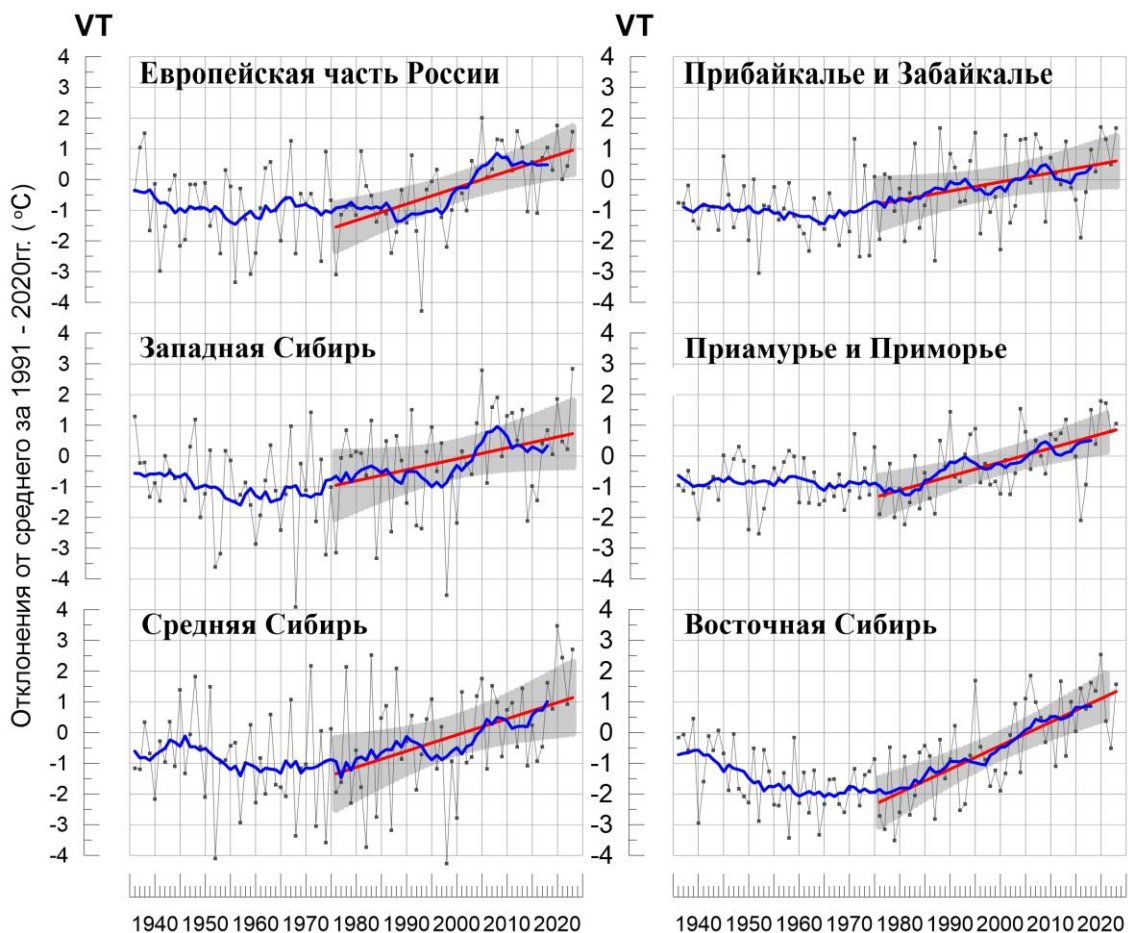


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, осень 1936-2023 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2023гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда (по архиву T3288).

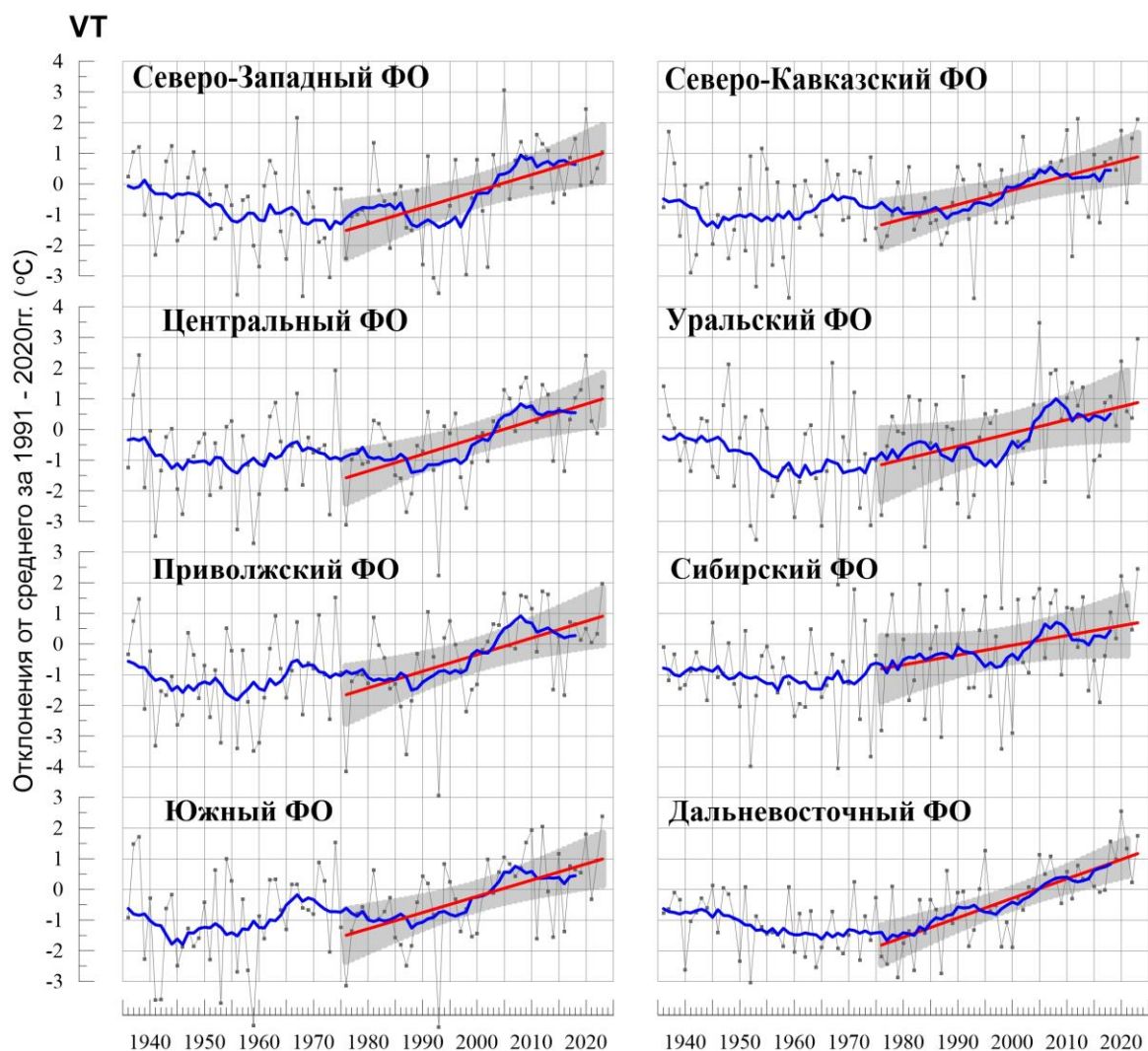


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

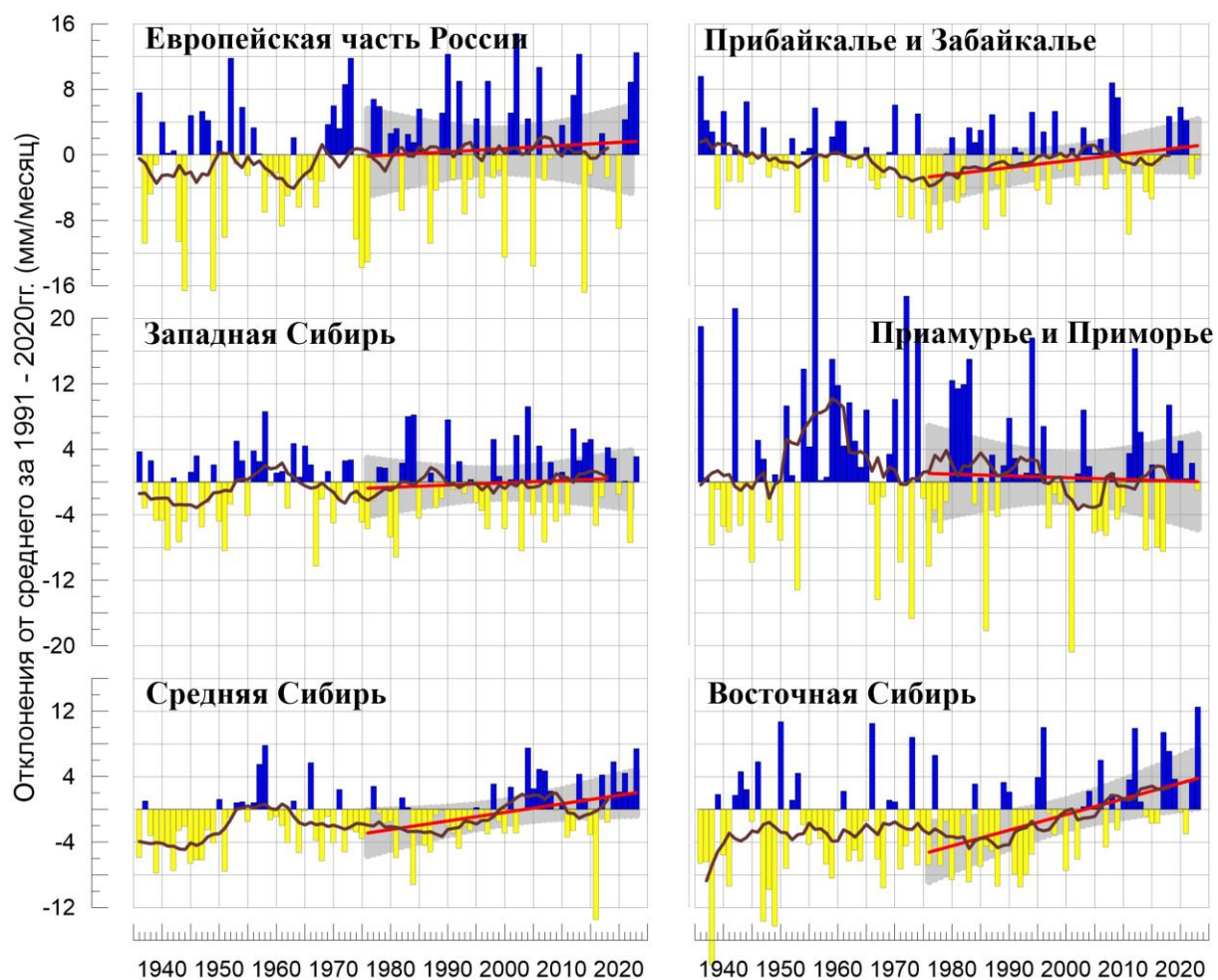


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, осень 2023 г.
Условные обозначения см. на рис. 4.1.

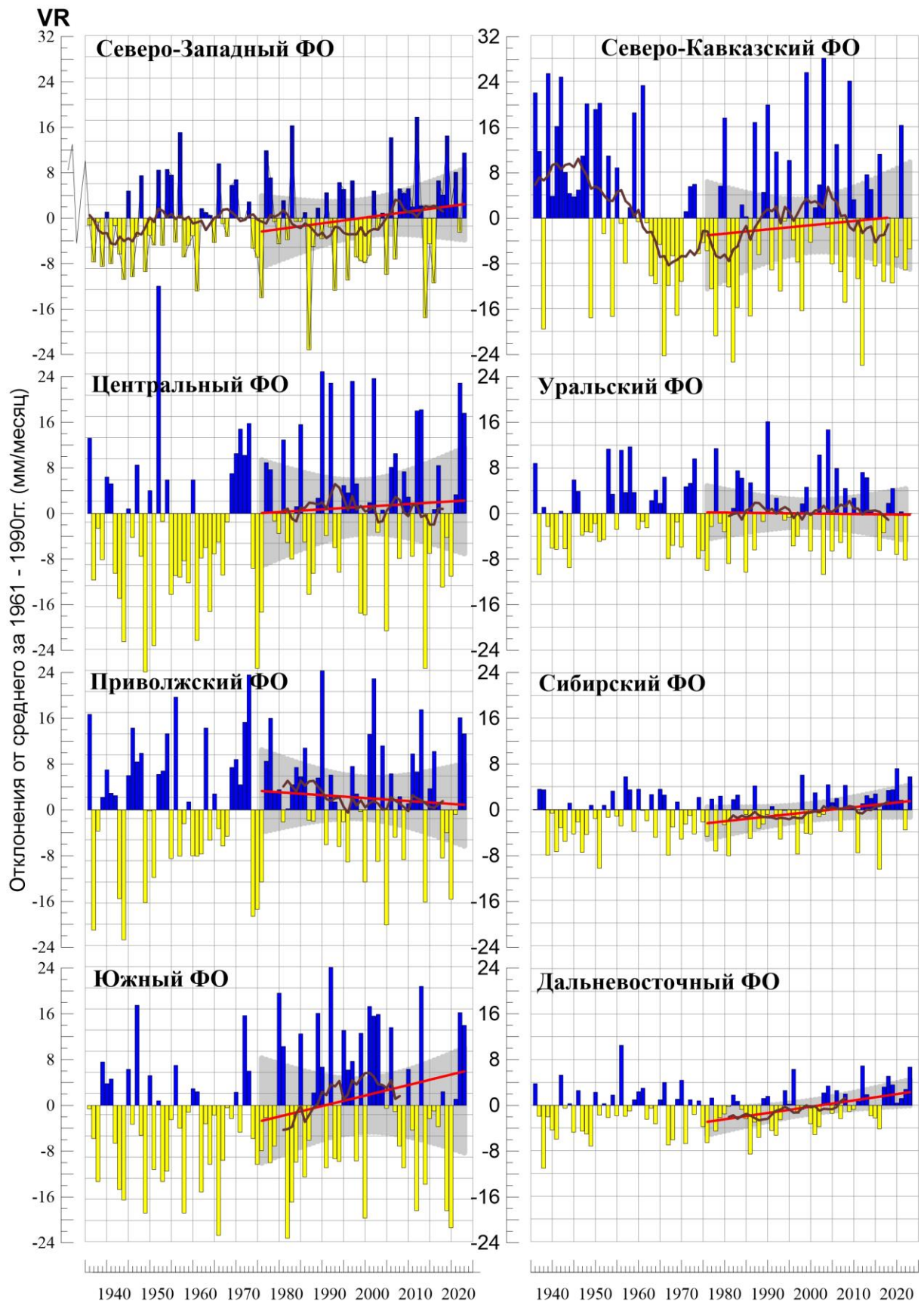


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2023 гг. (осенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для осеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2023 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 2023 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями, составляла 93% - максимальная величина в ряду, крупных отрицательных аномалий не наблюдалось. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2023 составляет 4,7% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 25%).

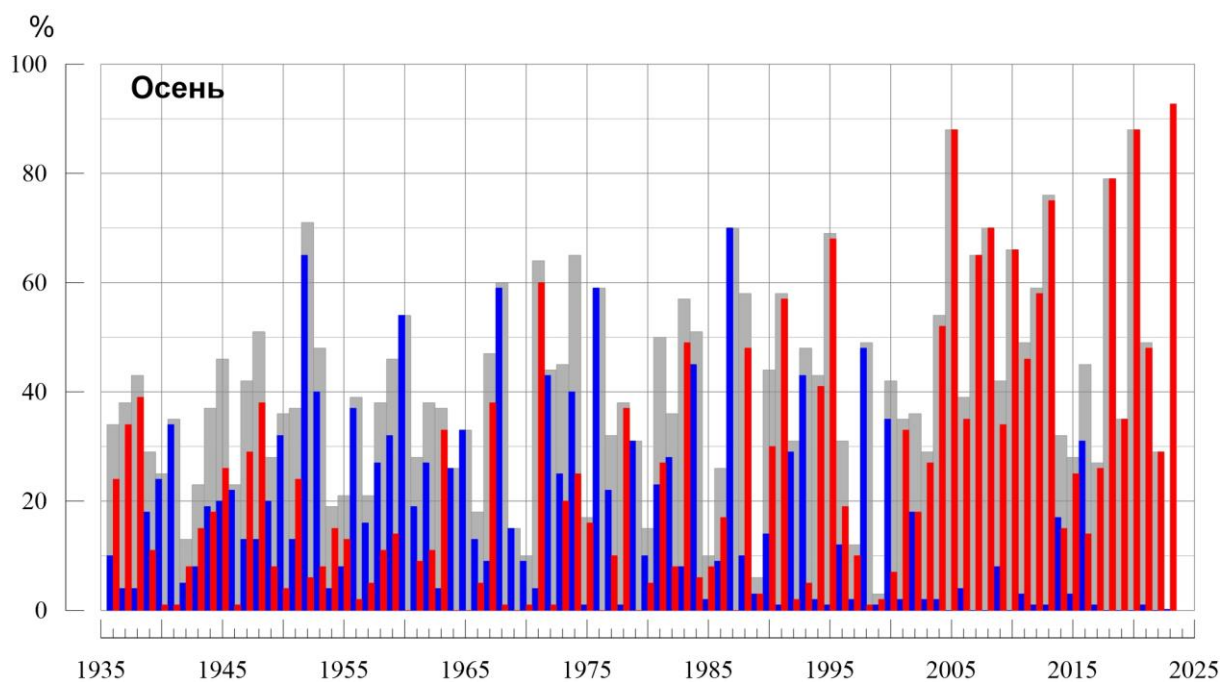


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2023 гг. (осень):

- 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 -2σ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует вероятности примерно 2,3% процента для каждого хвоста распределения).

Осенью 2023 года доля площади под экстремальными положительными аномалиями составила 14%, экстремальных отрицательных аномалий не наблюдалось. Наиболее экстремальными осенними сезонами были: 2020 (31% площади страны) и 2005 (18%)

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 увеличение площади под экстремальными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2023 составляет 1,7% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 17%).

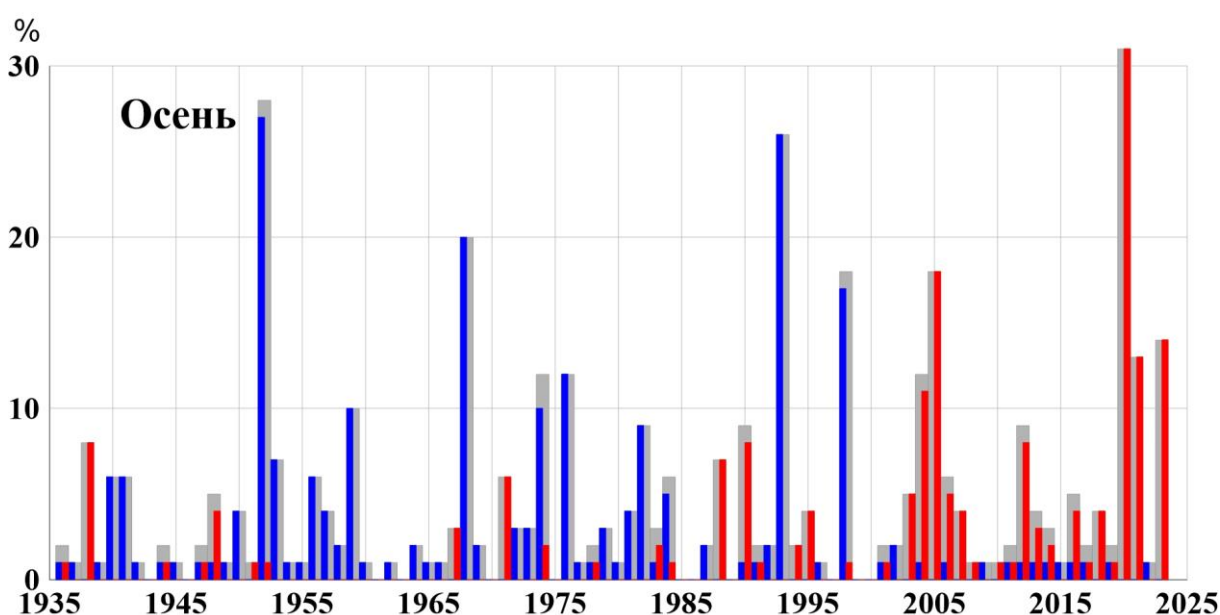


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры осенью, 1936-2023 гг. Базовый период для расчета статистик: 1991-2020 гг.

Индекс аномальности Багрова в 2023 году составил 2,1 единиц (ранг 3). 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 19% общей дисперсии ряда за 1976-2023 гг.

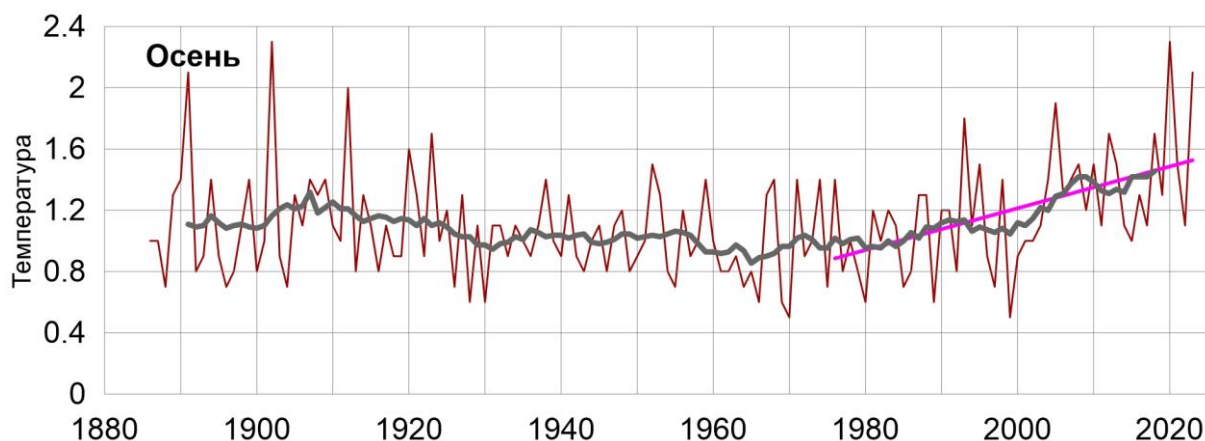


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России осенью 1886-2023 гг.

Осадки. Осенью 2023 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля (рис. 5.4) составила 43% - максимальная величина в ряду, ниже 20-го перцентиля – 3%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го перцентиля, тренд за период 1976-2023 составляет +2,4%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 20%: тренд значим на уровне 1%) и незначимое уменьшение площади под аномалиями ниже 20-го перцентиля, тренд за период 1976-2023 составляет -1,3%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 6%).

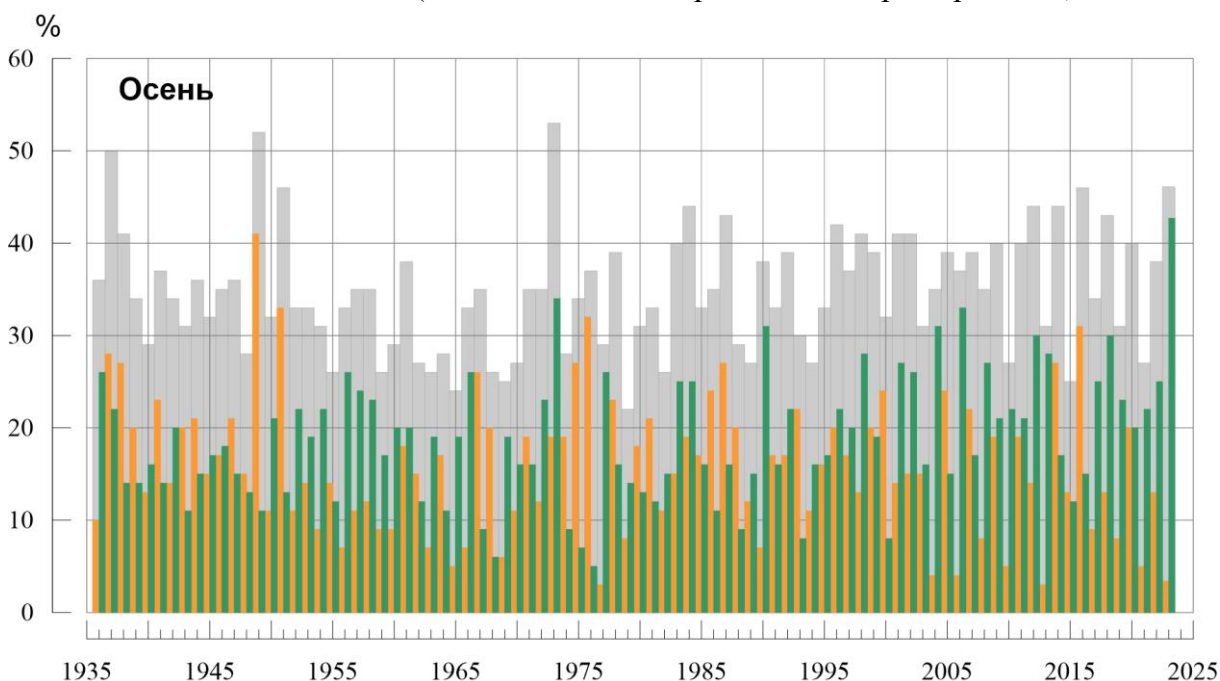


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2023 гг. (осень):

- 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 $+1,26^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении $0,42^{\circ}\text{C}$) – рекордная величина с 1886 г., значение аномалии температуры значительно выше, ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда $+0,61^{\circ}\text{C}$.

2. Осень в целом по РФ была очень теплой, осредненная по территории РФ сезонная аномалия $1,96^{\circ}\text{C}$ – вторая величина в ряду. Всюду (кроме Карелии и Кольского полуострова) температуры были выше климатической нормы. 95%-е экстремумы зарегистрированы на 42% станций страны. Аномалии температуры, осредненные по регионам (кроме Приамурья и Приморья и Восточной Сибири) и федеральным округам (кроме СЗФО и ЦФО) – среди четырех самых крупных.

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля), составила 93% (максимальная величина в ряду); а площадь с экстремальными аномалиями (выше 2σ и ниже -2σ) 14%, индекс аномальности Багрова в 2023 году составил 2,1 единиц (ранг 3).

4. Все три месяца осени были теплыми с аномалиями $1,45^{\circ}\text{C}$, $2,12^{\circ}\text{C}$, $2,29^{\circ}\text{C}$ – вторая, вторая и шестая величины в соответствующих рядах.

В **сентябре** особенно тепло в ЕЧР ($2,63^{\circ}\text{C}$ – ранг 1), в Западной Сибири ($2,18^{\circ}\text{C}$ – ранг 4) и в районе Байкала (в Прибайкалье и Забайкалье аномалия температуры $1,47^{\circ}\text{C}$ – ранг 5).

В **октябре** особенно тепло в АЧР ($2,81^{\circ}\text{C}$ – ранг 2).

В **ноябре** наиболее теплые условия сложились на юге ЕЧР (в ПФО, ЮФО, СКФО) и Западной Сибири

5. Отрицательные аномалии температуры отмечались в сентябре на юге Якутии, в Хабаровском крае, на Чукотке, в октябре – на северо-западе страны, в ноябре – в Карелии и на Кольском полуострове.

6. Осенью количество выпавших в целом по РФ осадков составило 117% нормы – максимальная величина в ряду. На большей части страны (кроме центра Западной Сибири и верхнего течения Лены) наблюдался значительный избыток осадков, особенно много осадков выпало в Средней Сибири (105% – ранг 3), в Восточной Сибири (109% – ранг 1), в СФО (115% – ранг 3) и в ДФО (117% – ранг 3). Небольшой дефицит осадков наблюдался в центре Западной Сибири, в верхнем течении Лены, в предгорьях Кавказа.

7. Осенью площадь, занятая крупными аномалиями осадков выше 80 перцентиля составила 43% – максимальная величина в ряду, ниже 20-го перцентиля – 3%.

8. Из месяцев особо выделяются «влажные» **октябрь** (124% – ранг 1) и **ноябрь** (138% – ранг 1).

В **октябре** избыток наблюдался на ЕЧР (142% нормы – ранг 3); в СФО (128% – ранг 1); в центре и на севере ДФО; в **ноябре** – в ЕЧР (171% – ранг 1), в Восточной Сибири, в Приморье.

9. В *сентябре* экстремально «сухо» в ЕЧР: выпало 63% нормы – первый-второй самый «сухой» сентябрь (также «сухо» было в 2014 г.); в УФО (67% - пятый самый «сухой»).

10. В целом по России линейный тренд осенней температуры воздуха за период 1976-2023 гг. составил $+0,52^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 38%, что значительно выше, чем в среднем для суши Северного полушария ($+0,35^{\circ}\text{C}/10$ лет. дисперсия ряда 79%). Среднесезонные осенние температуры растут со скоростью более $+0,4^{\circ}\text{C}$ в ЕЧР (до $+0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет в центральных областях) и на севере и востоке АЧР до $+1,5^{\circ}\text{C}/10$ лет в Восточной Сибири и до $+1,9^{\circ}\text{C}/10$ лет на островах Северной Земли, в основном, за счет октября и ноября).

В полосе от Обской губы до Забайкалья наблюдается минимальный рост температуры (до $+0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет) за счет отрицательного тренда температуры в ноябре (до $-0,3^{\circ}\text{C}/10$ 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 материковой части территории страны (до $+2,2^{\circ}\text{C}/10$ лет – на Северной Земле), а также в ноябре – на материковой части в Восточной Сибири от $+0,6^{\circ}\text{C}$ до $+2,0^{\circ}\text{C}/10$ лет (до $+2,5^{\circ}\text{C}/10$ лет – на Северной Земле). Важная отличительная особенность изменений температуры в ноябре – наличие упомянутой выше области с отрицательным трендом в центре АЧР и в районе Байкала.

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

10. Тренд осенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет $+1,7\%/10$ лет, объясняет 10% межгодовой изменчивости.

Рост осадков осенью происходит в регионах АЧР ($+2,2\%/10$ лет, 17%), Восточная Сибирь ($+4,9\%/10$ лет, 23%) и Дальневосточном ФО ($+2,8\%/10$ лет, 20%). В остальных регионах вклад тренда в общую изменчивость осадков незначителен.

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) осенью 2017 г. и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется в рамках сотрудничества по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых 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 1991-2020 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 стационарным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2,5 градуса

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

широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается «ячеечное» среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячеечных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

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

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

В таблицах 2 и 3 приведены станционные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого осеннего сезона и для сезона в целом, а на рисунках 1 и 2 – соответствующие этим данным распределения аномалий (поля изолиний), также для сезона и для каждого из месяцев.

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси осенью 2023 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
а) температура (град. Цельсия)						
<i>Осень</i>	<i>7,87</i>	<i>8,23</i>	<i>10,87</i>	<i>10,17</i>	<i>9,00</i>	<i>9,53</i>
Сентябрь	16,0	15,4	18,5	17,5	15,8	17,0
Октябрь	6,4	7,6	10,6	9,9	8,9	8,9
Ноябрь	1,2	1,7	3,5	3,1	2,3	2,7
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Осень</i>	<i>1,27</i>	<i>0,9</i>	<i>1,57</i>	<i>1,51</i>	<i>1,22</i>	<i>1,43</i>
Сентябрь	3,68	2,71	4,6	3,9	2,69	3,32
Октябрь	0,09	0,88	2,18	1,99	1,61	1,47
Ноябрь	0,53	0,31	0,06	0,4	0,52	1,07

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси осенью 2023 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)						
<i>Осень</i>	<i>88,0</i>	<i>60,3</i>	<i>37,3</i>	<i>51,3</i>	<i>92,7</i>	<i>73,7</i>
Сентябрь	29	29	20	26	26	12
Октябрь	95	77	40	70	92	93
Ноябрь	140	75	52	58	160	116
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Осень</i>	<i>25,0</i>	<i>8,1</i>	<i>-8,3</i>	<i>3,4</i>	<i>40,3</i>	<i>21,5</i>
Сентябрь	-34,1	-23,5	-35,8	-27	-30,9	-40,5
Октябрь	27,3	22,7	-2,7	23,7	37	34,2
Ноябрь	81,7	25,2	13,5	13,5	114,7	70,9
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Осень</i>	<i>139</i>	<i>116</i>	<i>82</i>	<i>107</i>	<i>177</i>	<i>141</i>
Сентябрь	46	55	36	49	46	23
Октябрь	140	142	94	151	167	158
Ноябрь	240	151	135	130	353	257

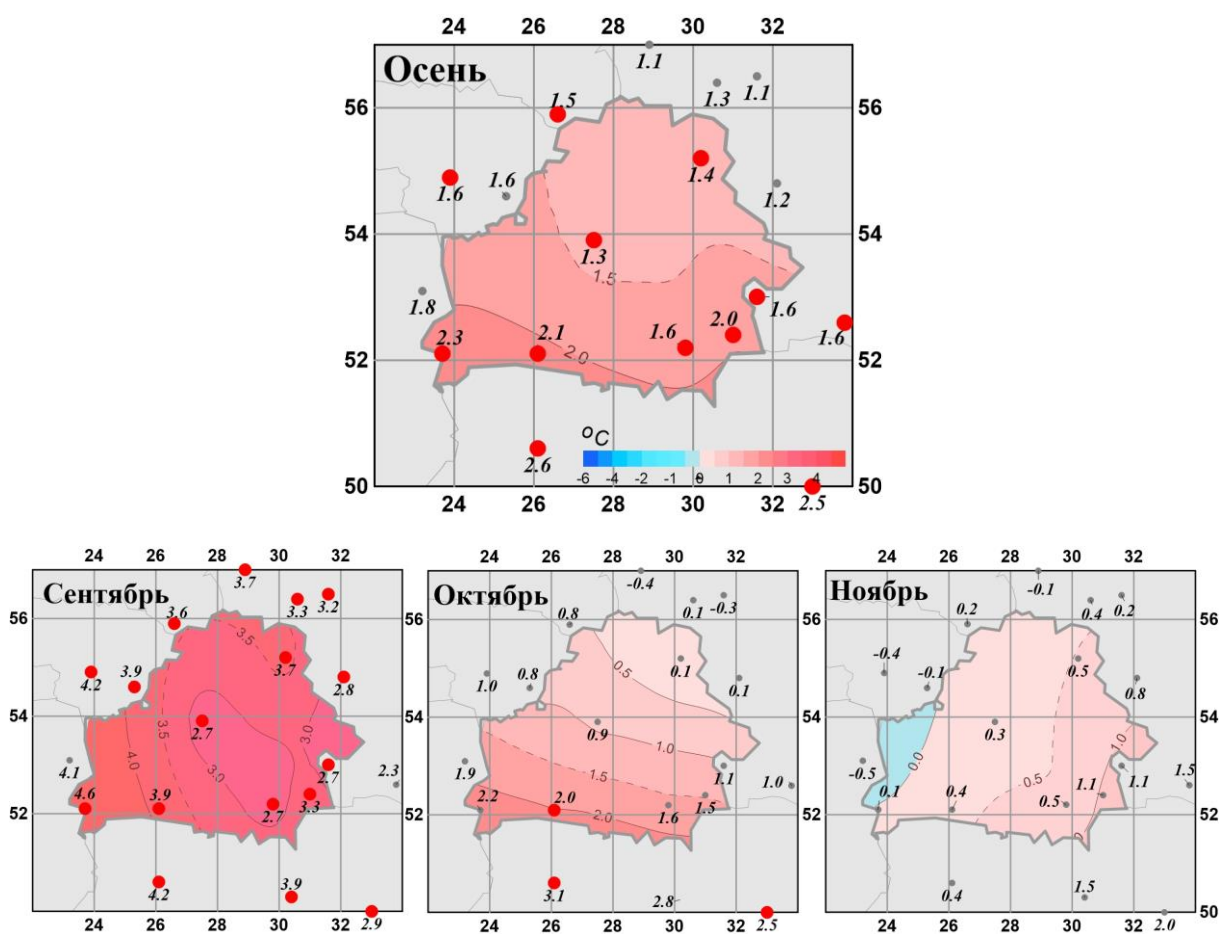


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь осенью.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1991-2020 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях.

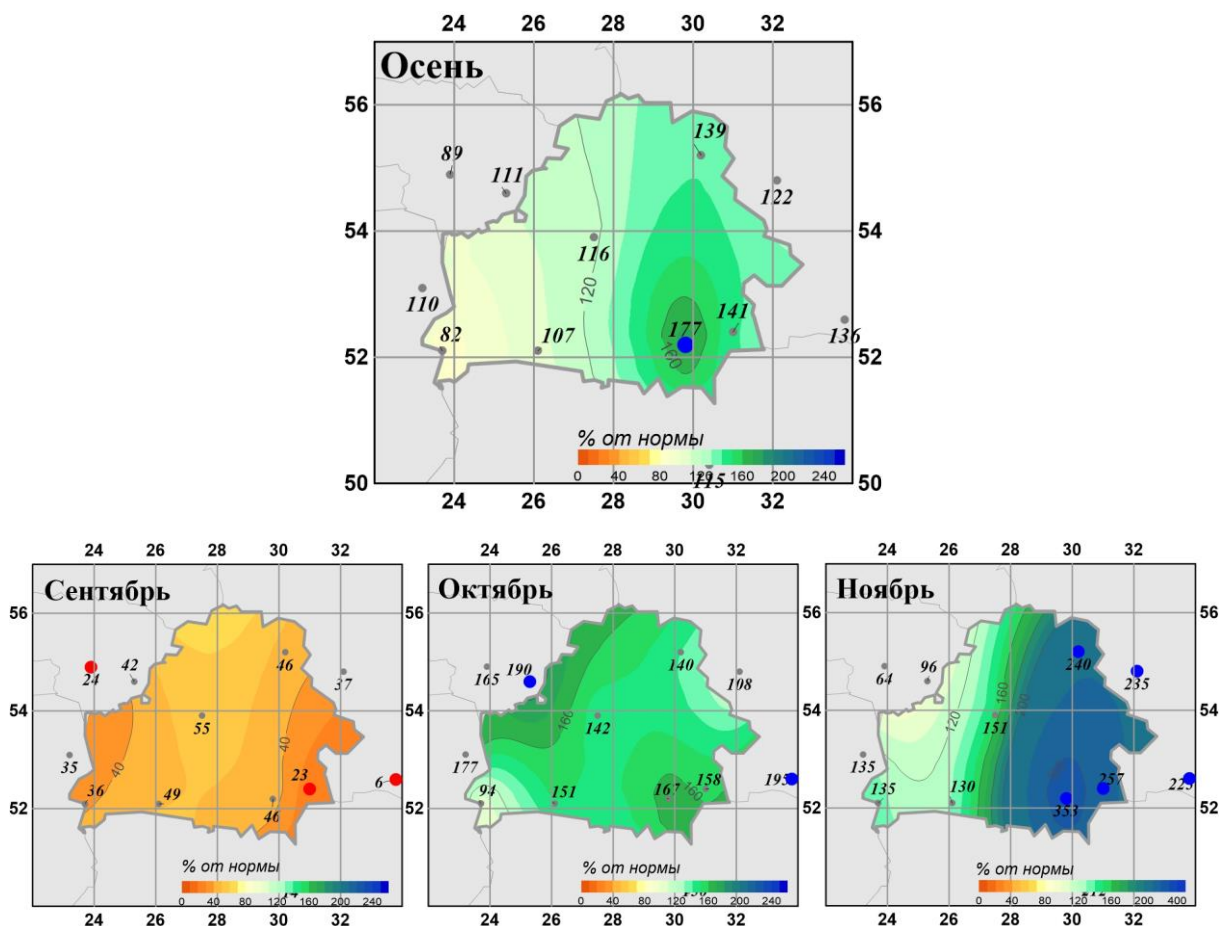


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь осенью.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1991-2020 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.

Красными кружками показаны станции с экстремумами – ниже 5-го процентилей

На рисунках 3-6 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2023 гг. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

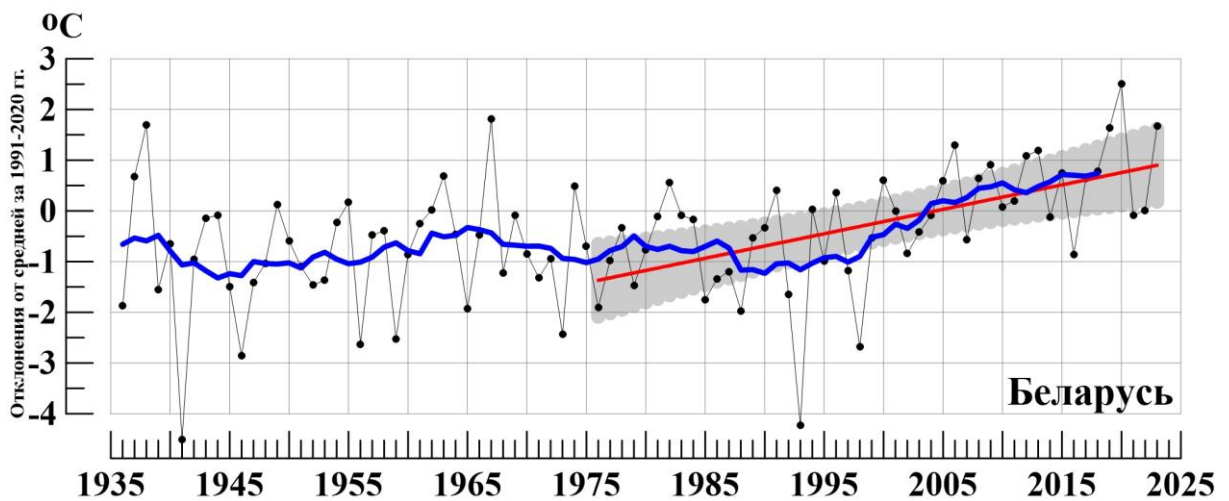


Рисунок 3 - Сезонные (сентябрь - ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1991-2020 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2023 гг.

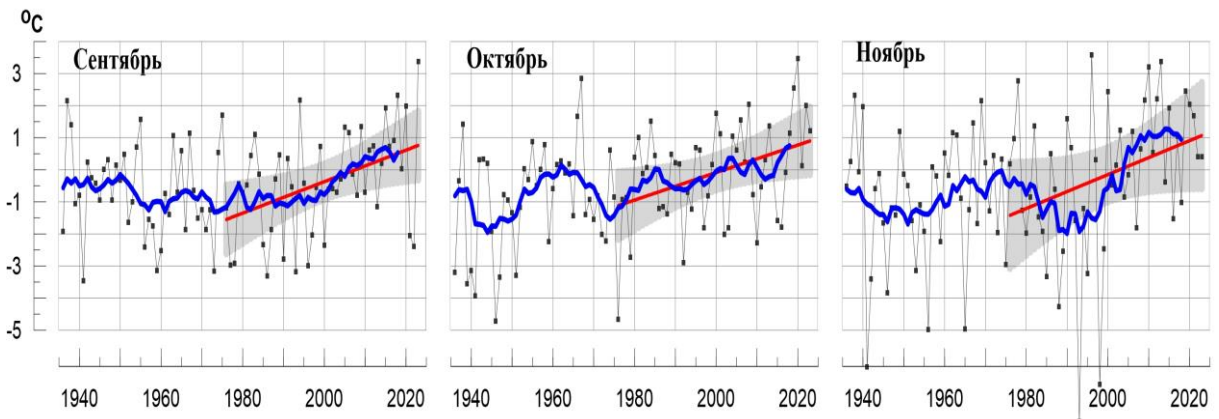


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Условные обозначения см. на рисунке 3.

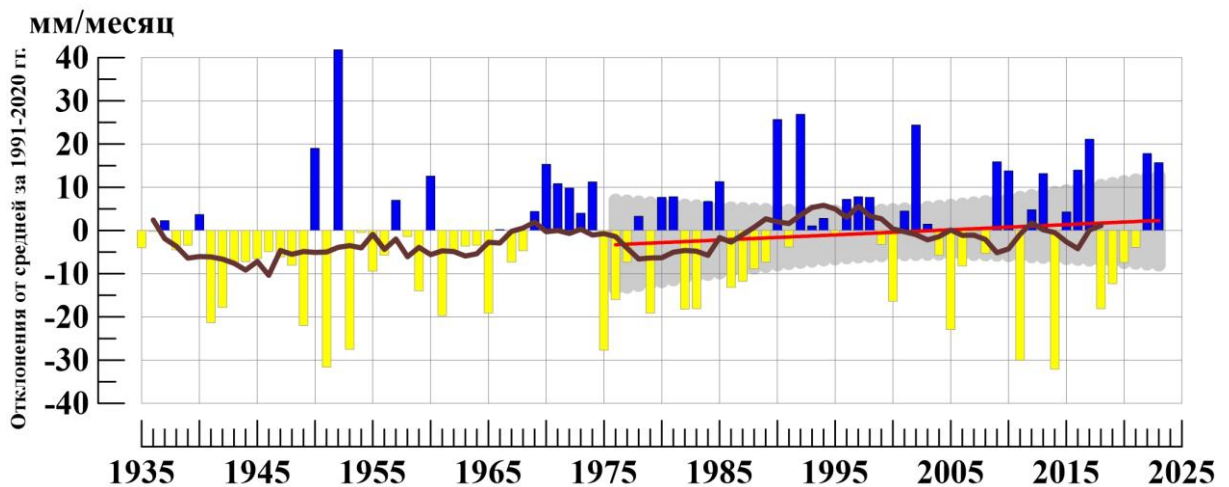


Рисунок 5 - Сезонные (сентябрь - ноябрь) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.

Условные обозначения см. на рис. 3

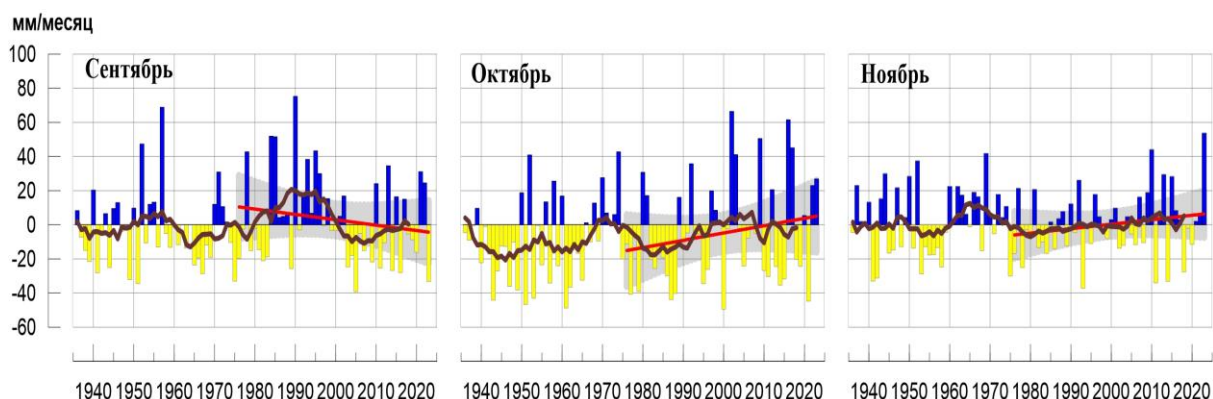


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2023}	s	νR_{2023}	s
Осень	1,67	1,31	15,7	14,7
Сентябрь	3,38	1,42	-33,3	21,4
Октябрь	1,22	1,54	26,8	30,7
Ноябрь	0,41	2,65	53,7	19,4

Примечание: Аномалии νT_{2023} (°C). νR_{2023} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1991-2020 гг.). s (°C, мм/месяц). – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2023 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2023}$ °C/10 лет	$D_{1976-2023}$ %	$b_{1976-2023}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2023}$ %
Осень	0,48	32	1,2	1
Сентябрь	0,49	18	-3,1	3
Октябрь	0,43	15	4,3	4
Ноябрь	0,53	10	1,6	4