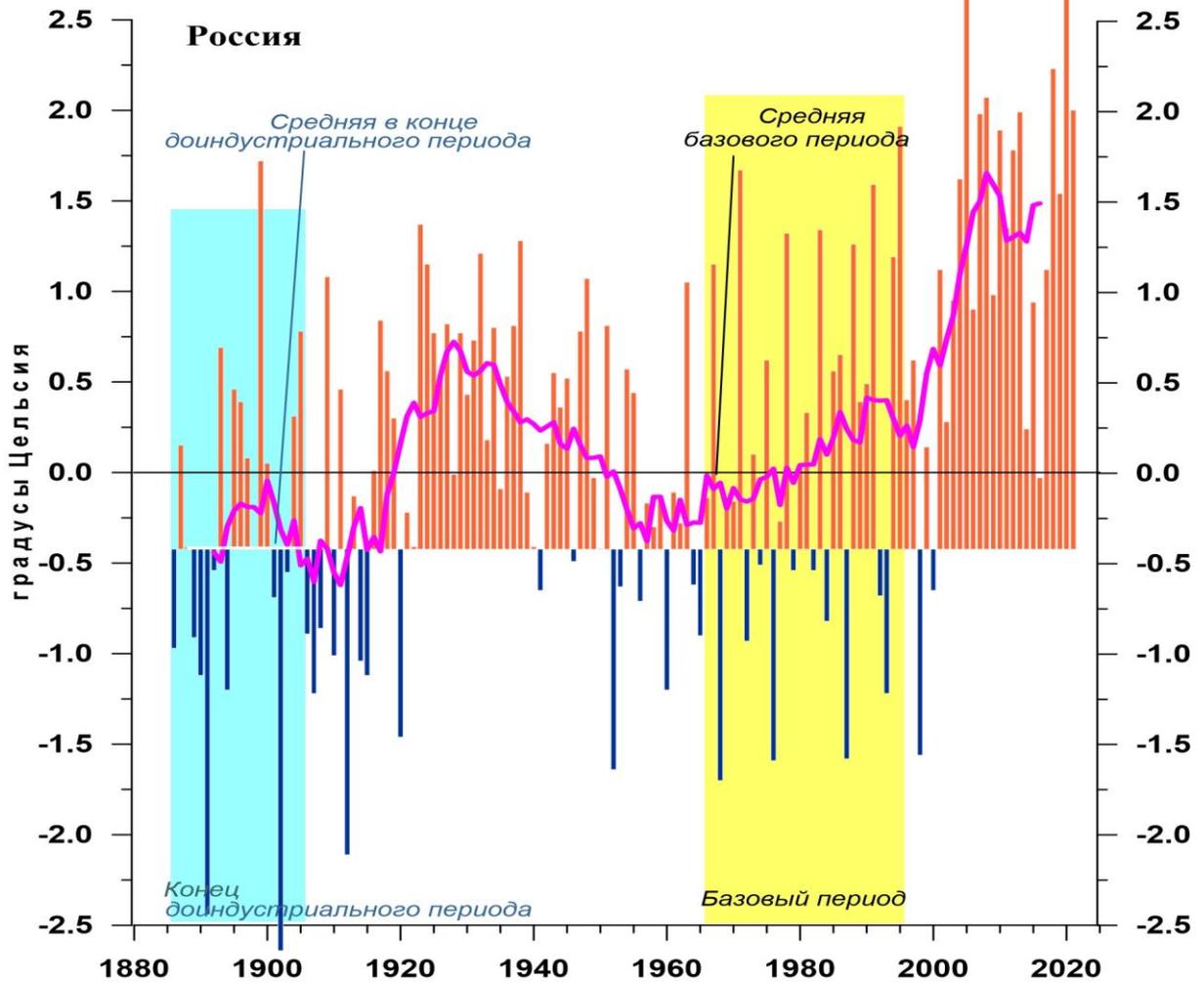


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2021

ОСЕНЬ: сентябрь – ноябрь

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (осенний сезон)	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2021 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, 1936-2021 гг.....	20
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2021 гг. (осенний сезон)	26
ВЫВОДЫ	29
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности осени 2021 г. на территории Республики Беларусь	31

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2019 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». 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 1961-1990 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 неперевышения значения X_0 , как и обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности неперевышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ или $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$ и $\alpha\%$ – обеспеченность искомых экстремумов.

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

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

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ»** 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-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (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), Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, 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 2021: 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 станционным 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 1976-2021 гг.

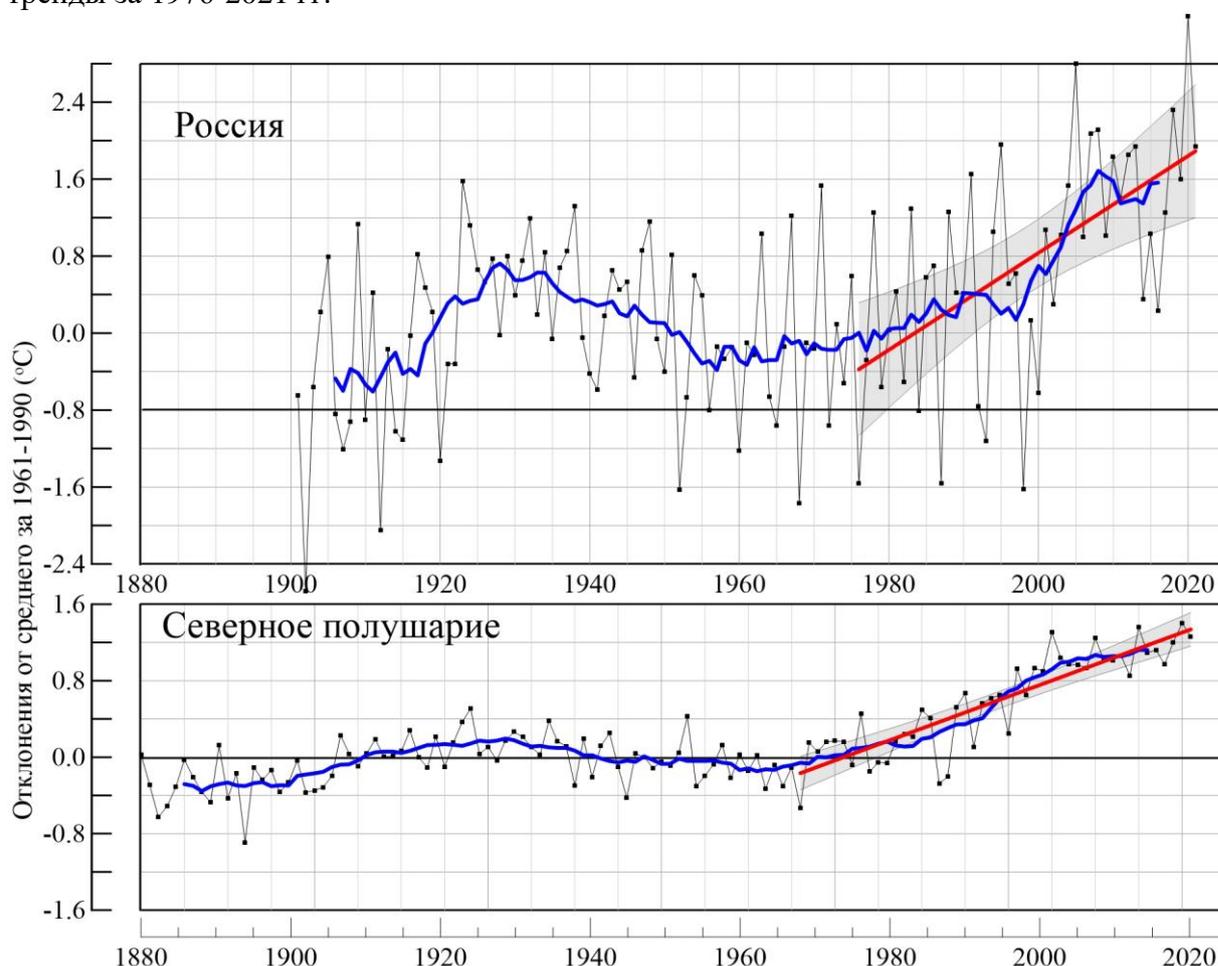


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (осень: сентябрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненная по суше Северного полушария и территории России Для России (1901-2021 гг.).

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 1976-2021 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 +1.260°C (стандартное отклонение 0.24°C) – пятая величина с 1886 г.

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила 1.94°C при величине стандартного отклонения 0.90°C (7-8-я в ряду с 1901 года). Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений осенних температур за период 1976-2021 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 1961-1990 гг. (°C), осредненные по суши СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2021 гг.

Регионы	vT_{2021}	$s_{1961-90}$	b , °C/10 лет	D %
СП	1.26	0.24	0.33	78
Россия	1.94	0.90	0.50	34

Примечание: vT – аномалия температуры, s - стандартное отклонение за период 1961-1990, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию.

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2021 гг. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России осени 2021 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 1.94°C – 7-8 величина в ряду. Положительные аномалии наблюдались всюду на территории страны. Экстремальные условия (аномалии выше 2°C, на станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались в восточной части ДФО (аномалия 2.65°C – ранг 3); 95%-е экстремумы фиксировались также в центре ЕЧР (аномалии здесь около 2°C).

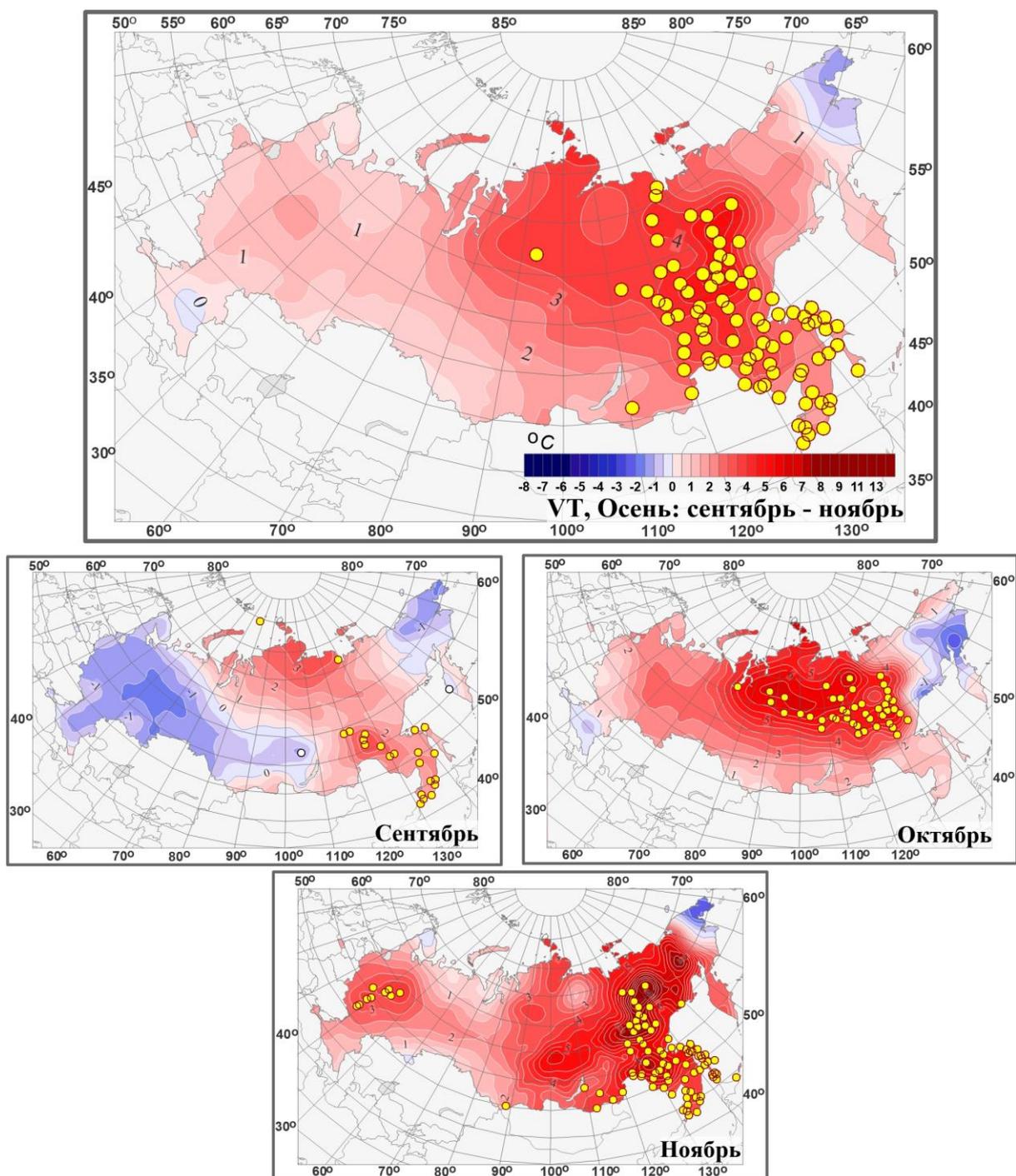


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России осенью 2021 г. Кружками желтого цвета показано местоположение станционных экстремумов выше 95-го перцентиля.

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

Распределение средних сезонных температур на рис. 2.2 позволяет проследить рассмотренные особенности сезона несколько под другим углом. Изотермы 0°C и $+5^{\circ}\text{C}$ смещены на север на 1-2° с.ш. Изотерма -5°C в Средней Сибири смещена на север на 3-5° с.ш., а на Дальнем Востоке (в ДФО) – на 8° с.ш. Изотерма -10°C в районе Чукотки близка к своему климатическому положению, а в Якутии проходит севернее на 5° с.ш. и

восточнее на 20° в.д. от своего климатического положения. Среднесезонных температур ниже -15°C осенью 2021 года вообще не наблюдалось.

Сентябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры +0.42°C. Отрицательные аномалии температуры наблюдались на ЕЧР, на юге Западной и Средней Сибири, на северо-востоке страны. Температуры выше климатической нормы наблюдались на севере Западной и Средней Сибири, в течении Лены, в Приамурье и Приморье (аномалия 1.99°C – ранг 5, на многих станциях зафиксированы 95%-е экстремумы температуры).

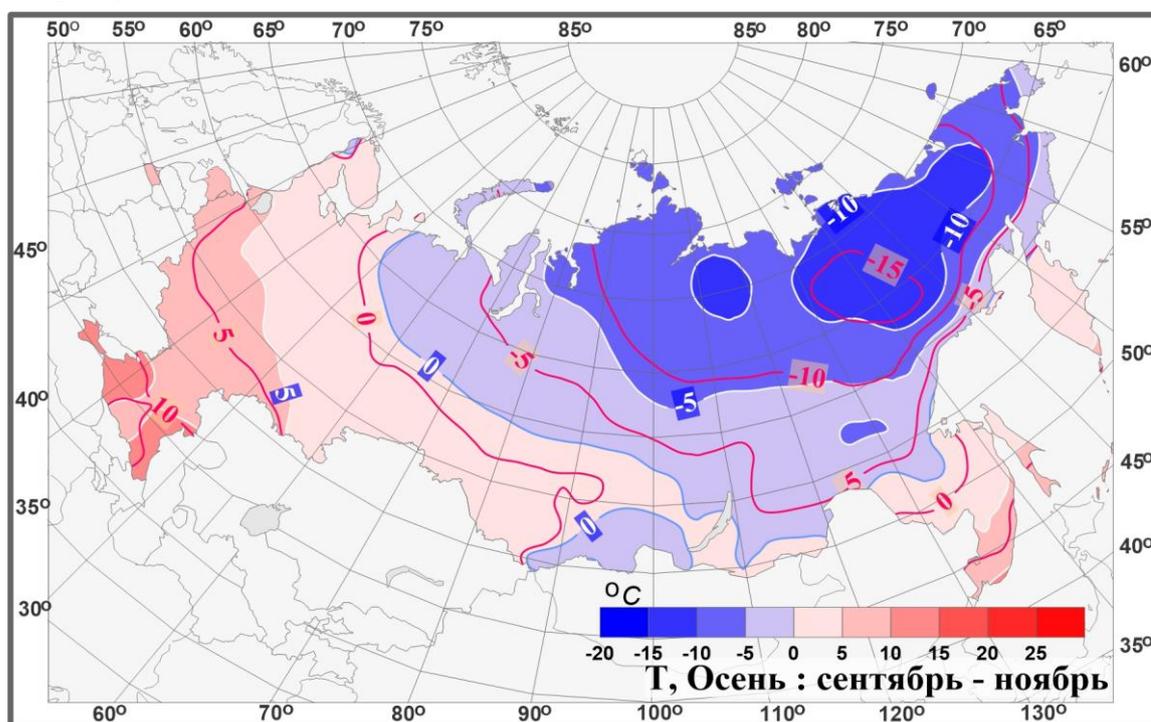


Рисунок 2.2 – Поля средней сезонной температуры приземного воздуха (°C) на территории России осенью 2021 гг. Красные изолинии: средние изотермы за период 1961-1990 гг.

Октябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры +2.27°C. Температуры выше климатической нормы наблюдались на большей части страны (кроме юга ЕЧР и северо-востока страны). На многих станциях центра АЧР фиксировались 95%-е экстремумы, осредненная по Средней Сибири аномалия составила 4.43°C – пятая величина в ряду.

Ноябрь. Осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры +3.33°C – шестая величина в ряду. Экстремально тепло (аномалии до 9°C, повсеместно фиксировались 95%-е экстремумы) в ДФО (4.70°C – ранг 2). Очень теплые условия (аномалии выше 2°C) наблюдались также в СФО и в центре ЕЧР.

Температуры ниже климатической нормы наблюдались лишь на Чукотке и в Мурманской области.

Атмосферные осадки. Осредненные по РФ осадки 109% нормы. Значительный избыток осадков (более 120%, на многих станциях отмечены 95%-е экстремумы)

наблюдался на севере СФО, в Забайкалье. Дефицит осадков наблюдался на Южном Урале, в Западных Саянах, в нижнем течении Амура.

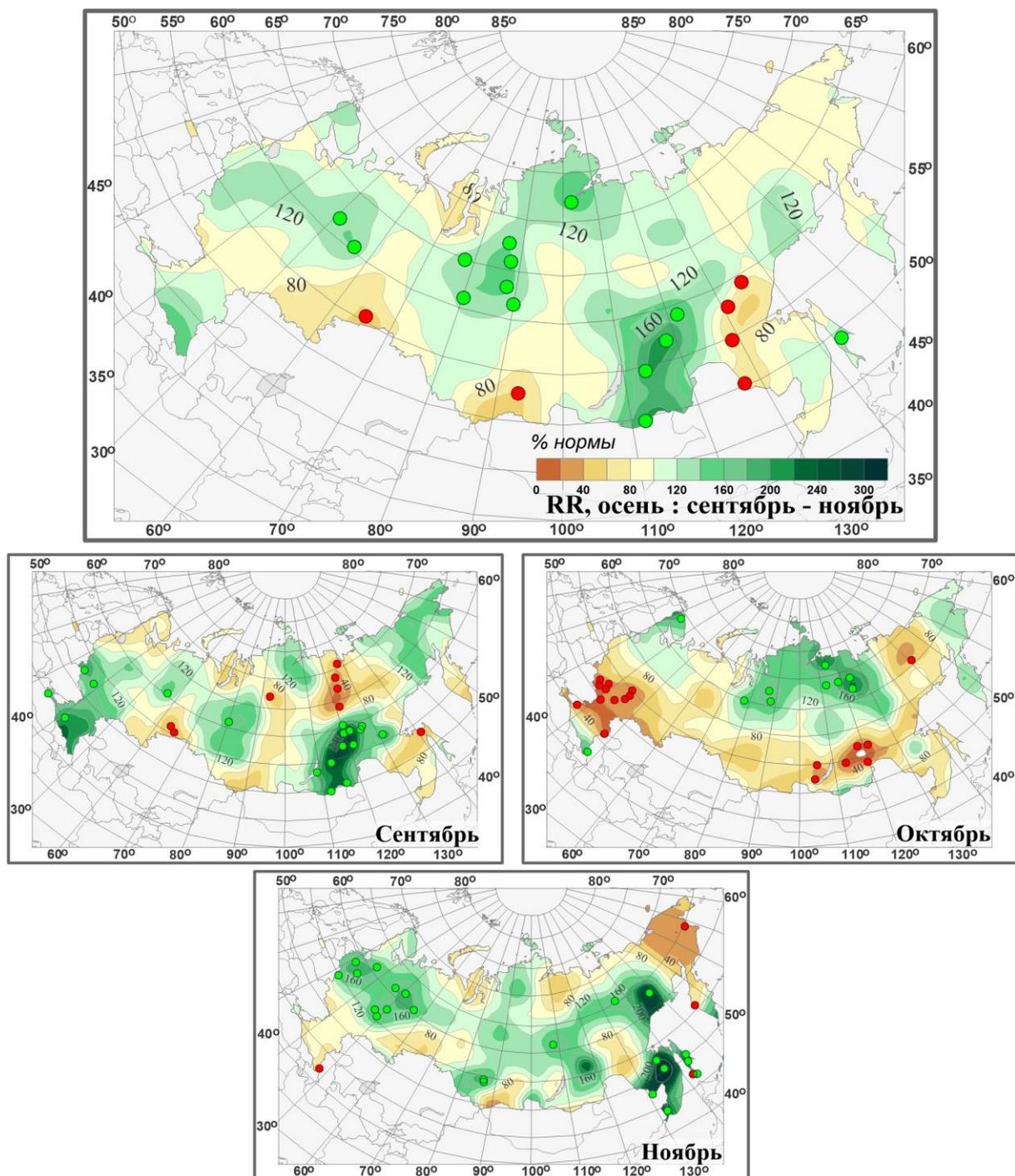


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России осенью 2021 г. (сентябрь – ноябрь). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Сентябрь. Осредненные по РФ осадки составили 115% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центре и на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 183% нормы –

(ранг 3), в СКФО – 195% (ранг 2)), в среднем течении Енисея, в Забайкалье (осредненные осадки по Прибайкалью и Забайкалью – 156% нормы (ранг 2)). Дефицит осадков (менее 80% нормы, на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы) отмечался на северо-западе Восточной Сибири

Октябрь. Осредненные по РФ осадки 88% нормы. Дефицит осадков наблюдался в основном на юге страны, особенно сильный (на ряде станций фиксировались 5%-е экстремумы) в ЦФО (54%), в ЮФО (53%), ПФО (51%), в Прибайкалье и Забайкалье (66%). Значительный избыток осадков (на ряде станций 95%-е экстремумы) наблюдался на севере АЧР от дельты Оби до дельты Лены.

Ноябрь. Осредненные по РФ осадки 124% нормы. Избыток осадков (более 120% нормы, на многих станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдался в центре и на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 142% нормы – ранг 2), и на востоке страны вдоль побережья Охотского моря (в Приамурье и Приморье выпало 198% нормы – ранг 1).

Дефицит осадков наблюдался вдоль побережья Северного Ледовитого океана (кроме Таймыра), особенно значительный (40-80%) на северо-востоке страны; на юге ЕЧР, на Южном Урале, в Западных Саянах.

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 перцентиль, 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 1936-2018 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 2021 г.

Регионы	νT_{2021}	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2021})$
Российская Федерация	1.94	0.90	92.9
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	0.88	1.04	68.2
Азиатская часть России	2.33	1.10	94.1
Западная Сибирь	1.35	1.54	76.5
Средняя Сибирь	3.35	1.80	97.6
Прибайкалье и Забайкалье	2.12	1.23	91.8
Приамурье и Приморье	2.63	0.89	98.8
Восточная Сибирь	2.16	0.94	83.5
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	0.98	1.24	68.2
Центральный	1.09	1.13	76.5
Приволжский	1.02	1.25	69.4
Южный	0.39	1.05	55.3
Северо-Кавказский	0.11	0.85	47.1
Уральский	1.56	1.64	75.3
Сибирский	2.05	1.49	85.9
Дальневосточный	2.65	1.01	97.6

Примечание: 1. Аномалии νT_{2021} ($^{\circ}\text{C}$) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s ($^{\circ}\text{C}$) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2021})$ 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 1.94°C (7-8 величина в ряду). Экстремально теплые условия наблюдались в Средней Сибири (аномалия 3.35°C – ранг 3) и в Приамурье и Приморье (2.63°C – ранг 2). Из федеральных округов выделяется ДФО (2.65°C – ранг 3).

В сентябре (см. табл. 2.1.1) во всех федеральных округах ЕЧР и в УФО отмечались отрицательные аномалии температуры, а в Приамурье и Приморье – экстремально тепло (1.99°C – ранг 4).

В октябре экстремально тепло в Средней Сибири (4.43°C – ранг 4).

В ноябре осредненные по всем регионам и федеральным округам аномалии температуры были положительными, экстремальные условия наблюдались в ДФО (4.70°C – ранг 2).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в осенние месяцы

Регионы	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	vT_{2021}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2021})$	vT_{2021}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2021})$	vT_{2021}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2021})$
Российская Федерация	0.42	0.59	51.8	2.27	1.26	88.2	3.33	1.88	94.1
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-1.02	1.24	16.5	1.65	1.75	77.6	2.01	1.80	80.0
Азиатская часть России	0.67	0.65	69.4	2.50	1.38	88.2	3.81	2.28	91.8
Западная Сибирь	-0.41	1.29	30.6	2.84	2.03	78.8	1.61	3.63	65.9
Средняя Сибирь	1.14	1.00	76.5	4.43	2.77	96.5	4.44	3.70	90.6
Прибайкалье и Забайкалье	0.79	0.93	76.5	1.99	1.65	83.5	3.56	2.56	92.9
Приамурье и Приморье	1.99	0.85	96.5	1.13	1.24	72.9	4.76	1.99	98.8
Восточная Сибирь	0.48	0.97	54.1	1.14	1.36	57.6	4.87	2.02	94.1
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-0.78	1.41	21.2	2.15	1.95	81.2	1.56	2.62	61.2
Центральный	-1.11	1.44	20.0	1.18	1.83	69.4	3.18	1.97	94.1
Приволжский	-1.36	1.49	11.8	2.22	2.01	77.6	2.22	2.04	84.7
Южный	-0.86	1.28	29.4	0.17	1.81	49.4	1.85	1.59	88.2
Северо-Кавказский	-0.55	1.12	34.1	-0.32	1.61	34.1	1.19	1.33	83.5
Уральский	-0.35	1.38	31.8	3.47	2.41	82.4	1.55	4.05	64.7
Сибирский	0.07	1.03	43.5	2.93	1.87	90.6	3.13	3.25	83.5
Дальневосточный	1.21	0.83	81.2	2.06	1.23	81.2	4.70	2.00	98.8

Количество выпавших осенью в РФ в целом осадков (табл. 2.2) составило 109% нормы. Во всех регионах и федеральных округах (кроме ПФО) наблюдался избыток осадков.

Значительный избыток осадков (табл. 2.2.1) наблюдался в *сентябре* в Прибайкалье и Забайкалье (156% нормы – ранг 2), в ЮФО (183% - ранг 3) и в СКФО (195% - ранг 2); в *ноябре* – в Приамурье и Приморье (198% - ранг 2) и в СЗФО (142% нормы – ранг 2).

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков осенью 2021 г.

Регионы	νR_{2021}	RR_{2021}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2021})$
Российская Федерация	3.6	109	0.3	2.2	2.1	84.7
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	4.8	109	0.4	5.9	4.4	75.3
Азиатская часть России	3.1	108	0,6	2,9	1,4	74.1
Западная Сибирь	0.5	101	0.4	3.0	2.1	48.2
Средняя Сибирь	6.5	119	0.0	2.1	1.8	91.8
Прибайкалье и Забайкалье	6.2	122	-0.3	2.5	3.5	82.4
Приамурье и Приморье	1.0	102	-0.2	5.1	8.0	61.2
Восточная Сибирь	0.8	102	-1.6	1.9	5.2	48.2
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	8.7	116	0.0	3.6	3.0	90.6
Центральный	4.8	109	-2.7	5.0	12.9	64.7
Приволжский	-3.3	93	0.7	7.5	4.9	41.2
Южный	3.3	108	-1.3	5.9	8.2	61.2
Северо-Кавказский	21.8	140	-0.2	6.7	8.3	88.2
Уральский	0.4	101	-0.8	4.5	5.3	58.7
Сибирский	3.0	108	0.2	2.0	2.5	70.6
Дальневосточный	3.7	110	0.2	2.6	2.7	77.6

Примечание: 1. Аномалии νR_{2021} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2021} - отношение R_{2021} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m - соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности непревышения $P(r \leq R_{2021})$ - рассчитаны по выборке за 1936-2018 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		
	νR_{2021}	RR_{2021}	$P(r \leq R_{2021})$	νR_{2021}	RR_{2021}	$P(r \leq R_{2021})$	νR_{2021}	RR_{2021}	$P(r \leq R_{2021})$
Российская Федерация	7.5	115	87.1	-4.7	88	14.1	8.1	124	94.1
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	13.0	124	87.1	-10.0	80	15.3	11.3	123	90.6
Азиатская часть России	5.3	111	74.1	-2.5	93	18.8	6.7	123	91.8
Западная Сибирь	4.8	110	63.5	-7.4	83	21.2	4.2	112	70.6
Средняя Сибирь	7.3	117	80.0	6.9	121	83.5	5.2	120	90.6
Прибайкалье и Забайкалье	25.1	156	98.8	-7.3	66	8.2	0.6	104	49.4
Приамурье и Приморье	-12.6	86	37.6	-10.0	80	24.7	28.7	198	100
Восточная Сибирь	-0.0	100	51.8	-1.1	97	37.6	3.8	112	71.8
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	0.6	101	55.3	4.7	108	57.6	20.8	142	98.8
Центральный	25.3	146	91.8	-22.2	54	7.1	11.3	122	82.4
Приволжский	1.7	103	56.5	-24.2	51	5.9	12.7	127	85.9
Южный	34.0	183	97.6	-16.6	53	4.7	-7.4	85	47.1
Северо-Кавказский	51.2	195	98.8	18.3	133	69.4	-4.1	92	40.0
Уральский	2.5	105	57.6	-3.7	92	34.1	2.4	107	60.0
Сибирский	5.8	113	71.8	-3.0	92	28.2	6.4	120	88.2
Дальневосточный	5.6	111	76.5	-2.1	94	31.8	8.2	132	87.1

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 1976-2021 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 $+1.6^{\circ}\text{C}/10$ лет в Восточной Сибири и до $+2^{\circ}\text{C}/10$ лет на островах Северной Земли, в основном, за счет октября и ноября).

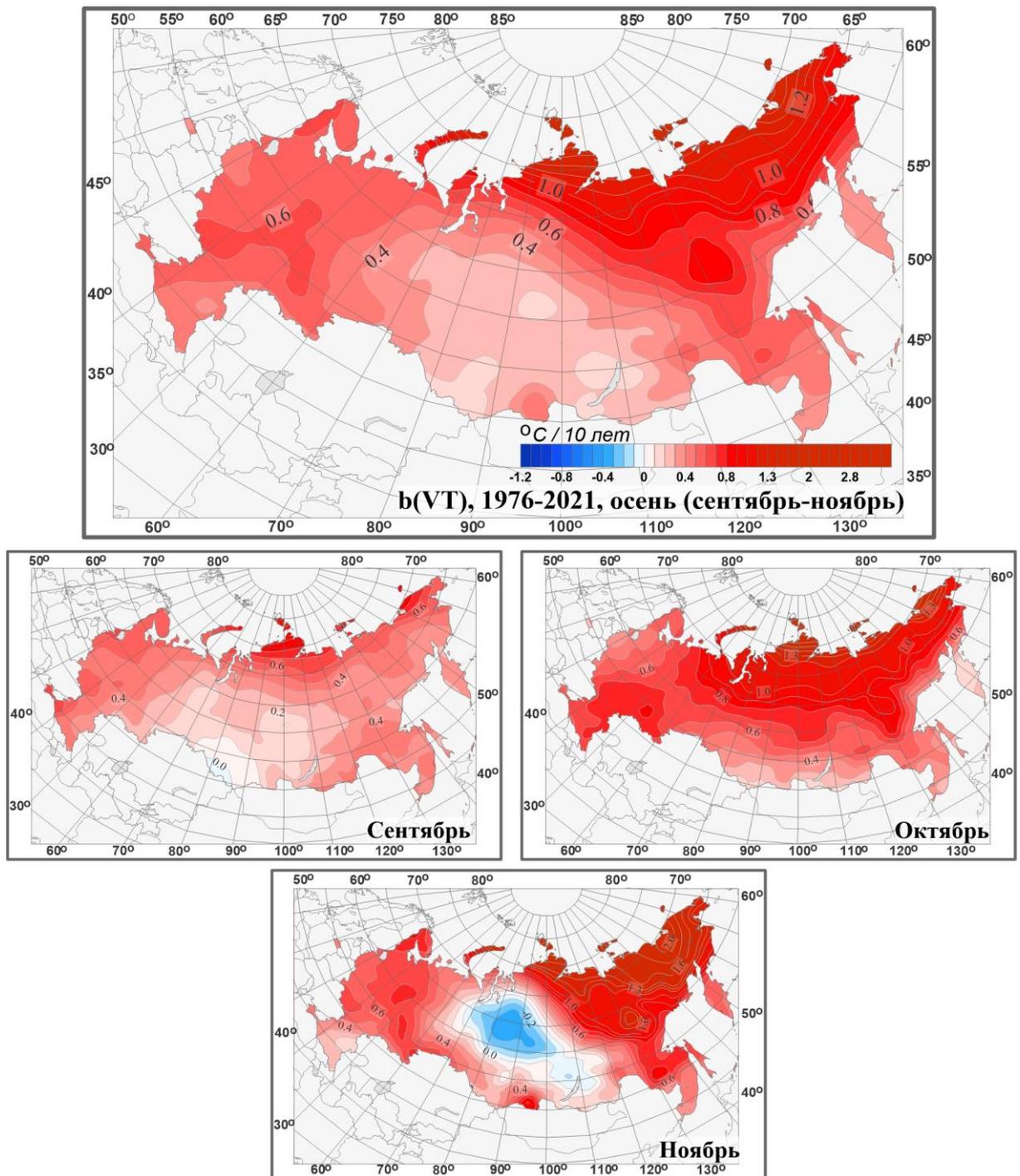


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2021 (осень)

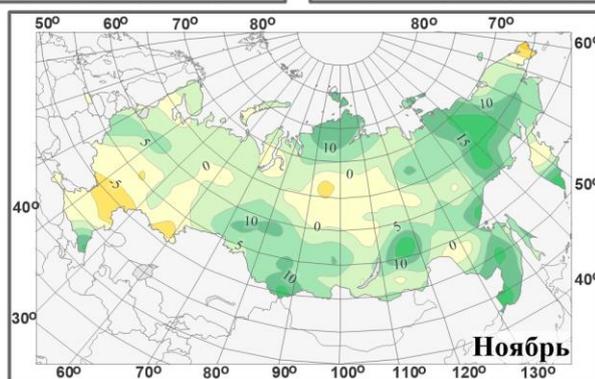
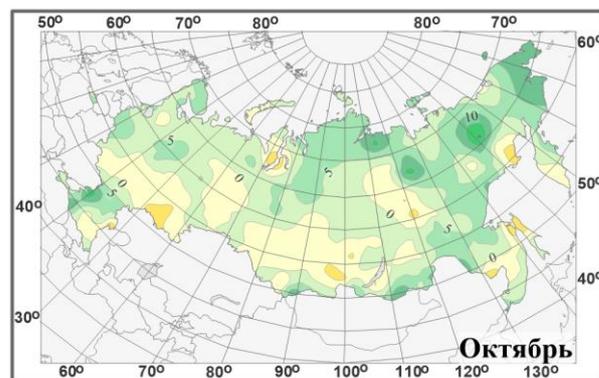
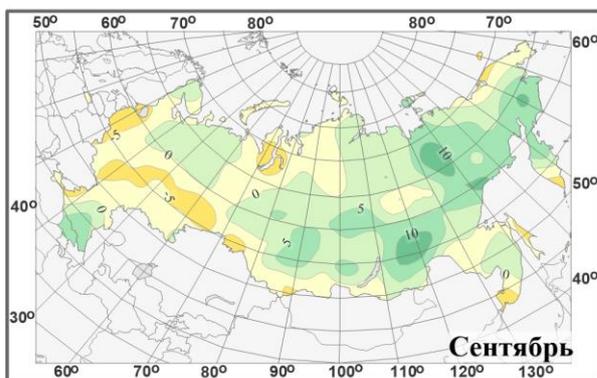
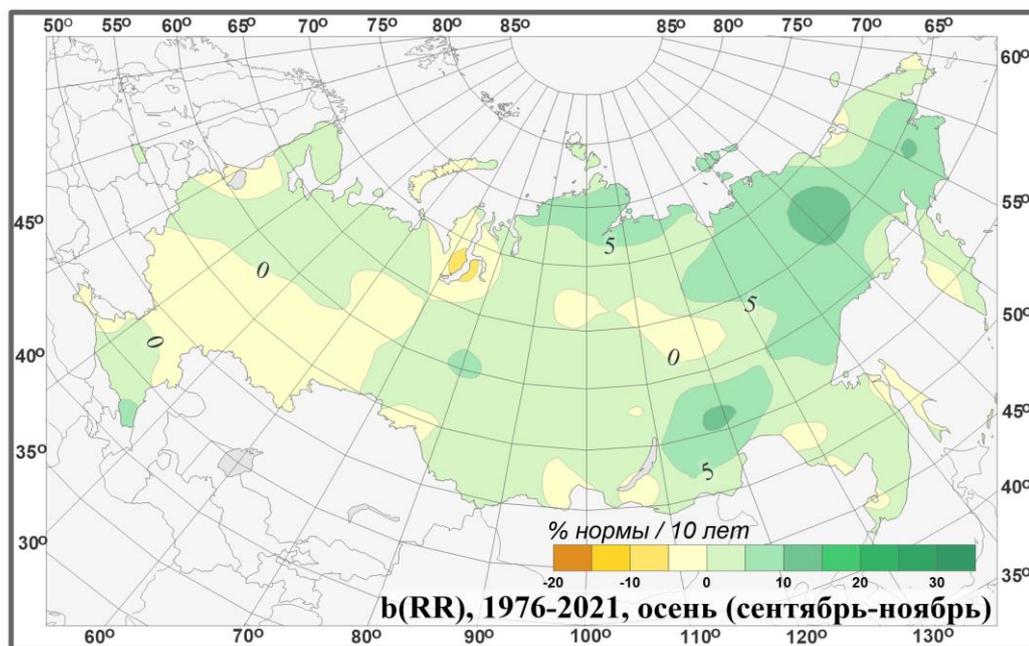


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы / 10 лет) на территории России по данным за 1976-2021 (осень).

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 $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет в центре области).

Наиболее значительное увеличение температуры происходит в октябре – тренд от $+0.4^{\circ}\text{C}$ до $+1.8^{\circ}\text{C}/10$ лет на материковой части территории страны (до $+2.3^{\circ}\text{C}/10$ 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 +2.7°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.

По сравнению с прошлым 2020 годом в ноябре из-за аномально теплой погоды в АЧР несколько уменьшилась площадь области с отрицательным трендом.

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

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

По сравнению с прошлым 2020 годом в ноябре из-за избытка осадков на ЕЧР уменьшилась 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 1976-2021 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	0.50	34	0.7	8
Сентябрь	0.35	32	0.3	1
Октябрь	0.64	34	0.8	4
Ноябрь	0.53	11	0.9	5

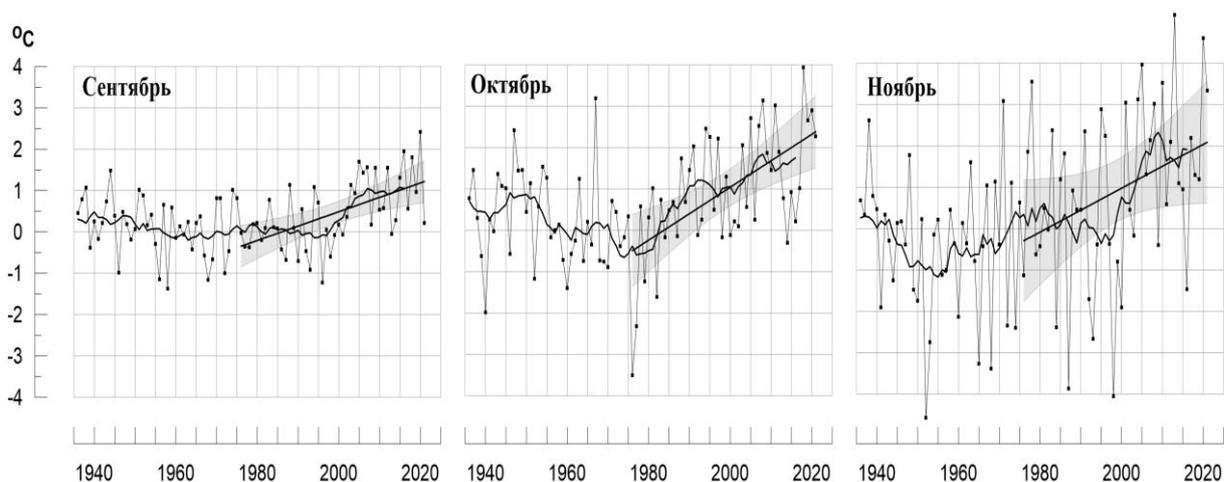
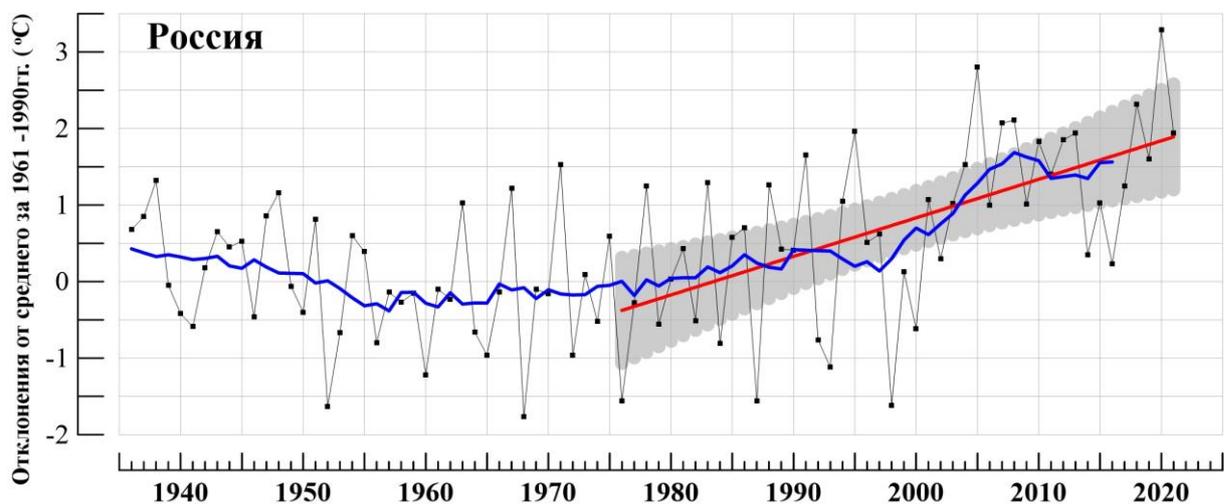


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2021 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

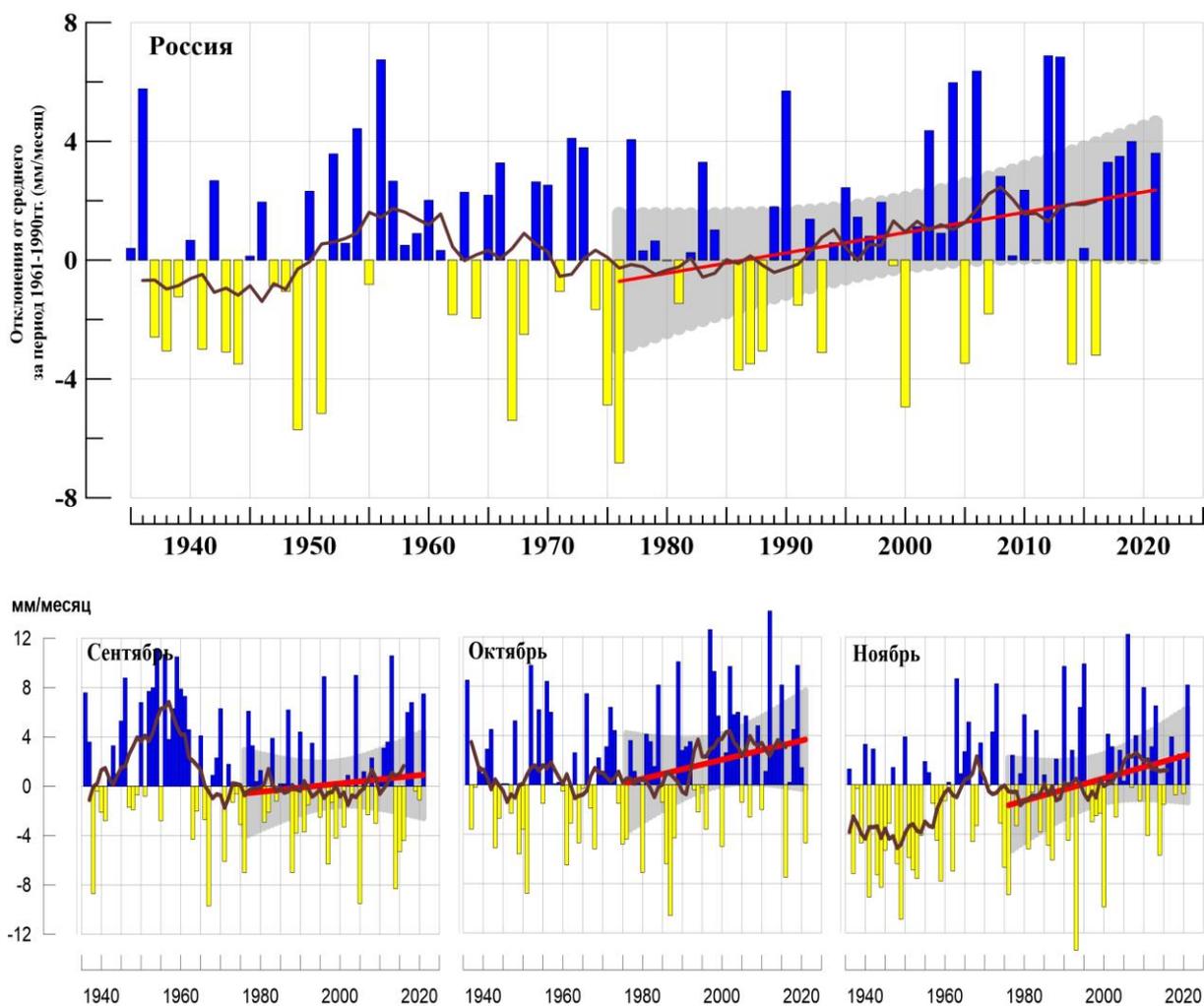


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/месяц).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ОСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2021 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 – 2021 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2021 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 1976-2021 гг. (осенний сезон),

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

	Температура		Осадки		
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0.50	34	0.7	1.6	8
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.53	30	-0.1	-0.2	0
Азиатская часть России	0.50	29	1.0	2.6	20
Западная Сибирь	0.31	7	0.4	1.0	2
Средняя Сибирь	0.49	14	0.9	2.6	9
Прибайкалье и Забайкалье	0.27	9	1.0	3.5	8
Приамурье и Приморье	0.45	31	0.4	0.8	1
Восточная Сибирь	0.82	52	2.0	5.4	24
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.55	25	0.9	1.6	2
Центральный	0.57	30	-0.6	-1.1	0
Приволжский	0.53	23	-1.3	-2.6	3
Южный	0.49	24	-0.6	-1.5	1
Северно-Кавказский	0.41	22	1.4	2.4	2
Уральский	0.38	9	0.2	0.4	0
Сибирский	0.27	6	0.8	2.1	8
Дальневосточный	0.64	49	1.3	3.4	24

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 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 1976-2020 гг. оценки линейного тренда осенью изменились незначительно (в пределах 0.01°C-0.02°C / 10 лет).

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 1%. Значительный рост осадков осенью происходит

в регионе Восточная Сибирь (тренд +2.0 мм/10 лет (5.4%/ лет) объясняет 24% изменчивости ряда).

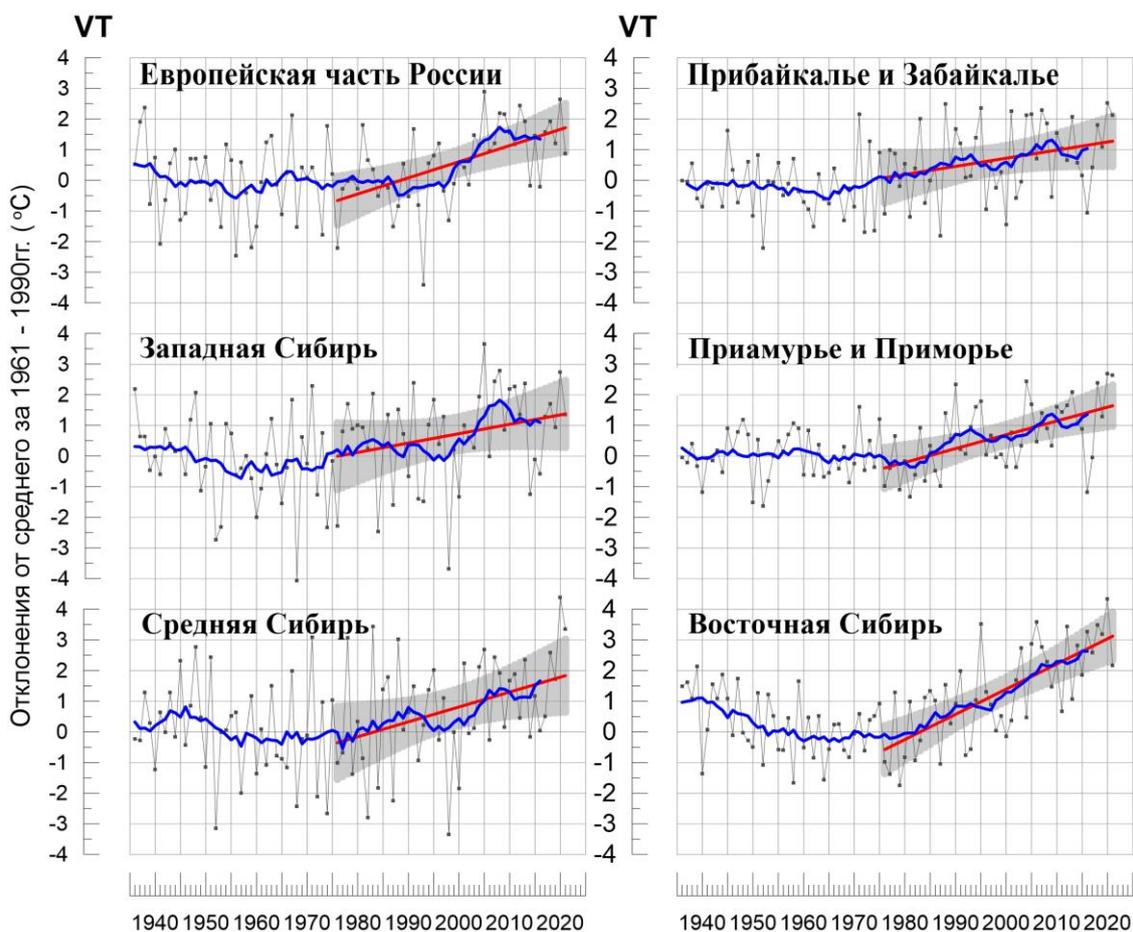


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, осень 1936-2021 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2021гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда (по архиву T3288).

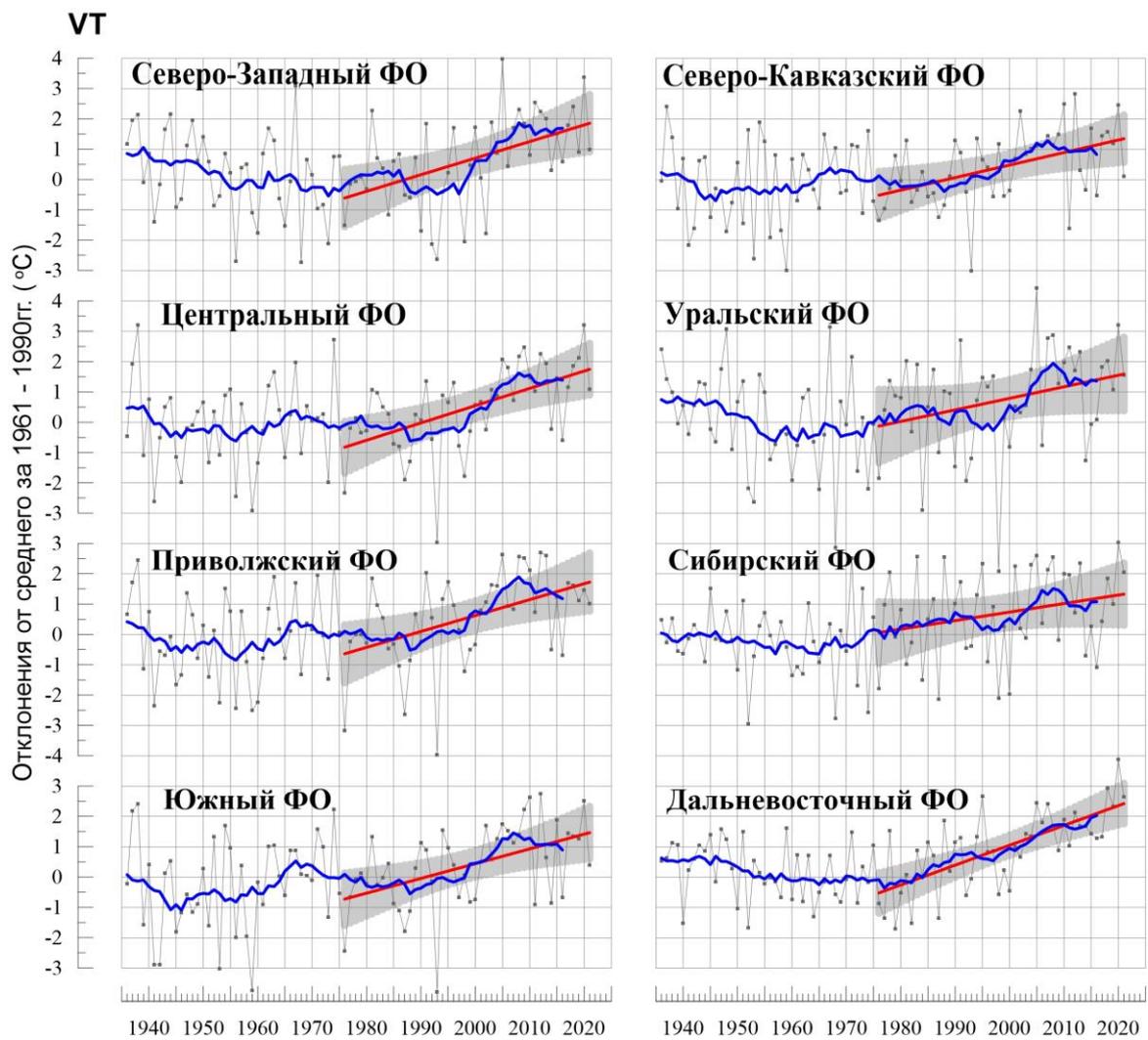


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

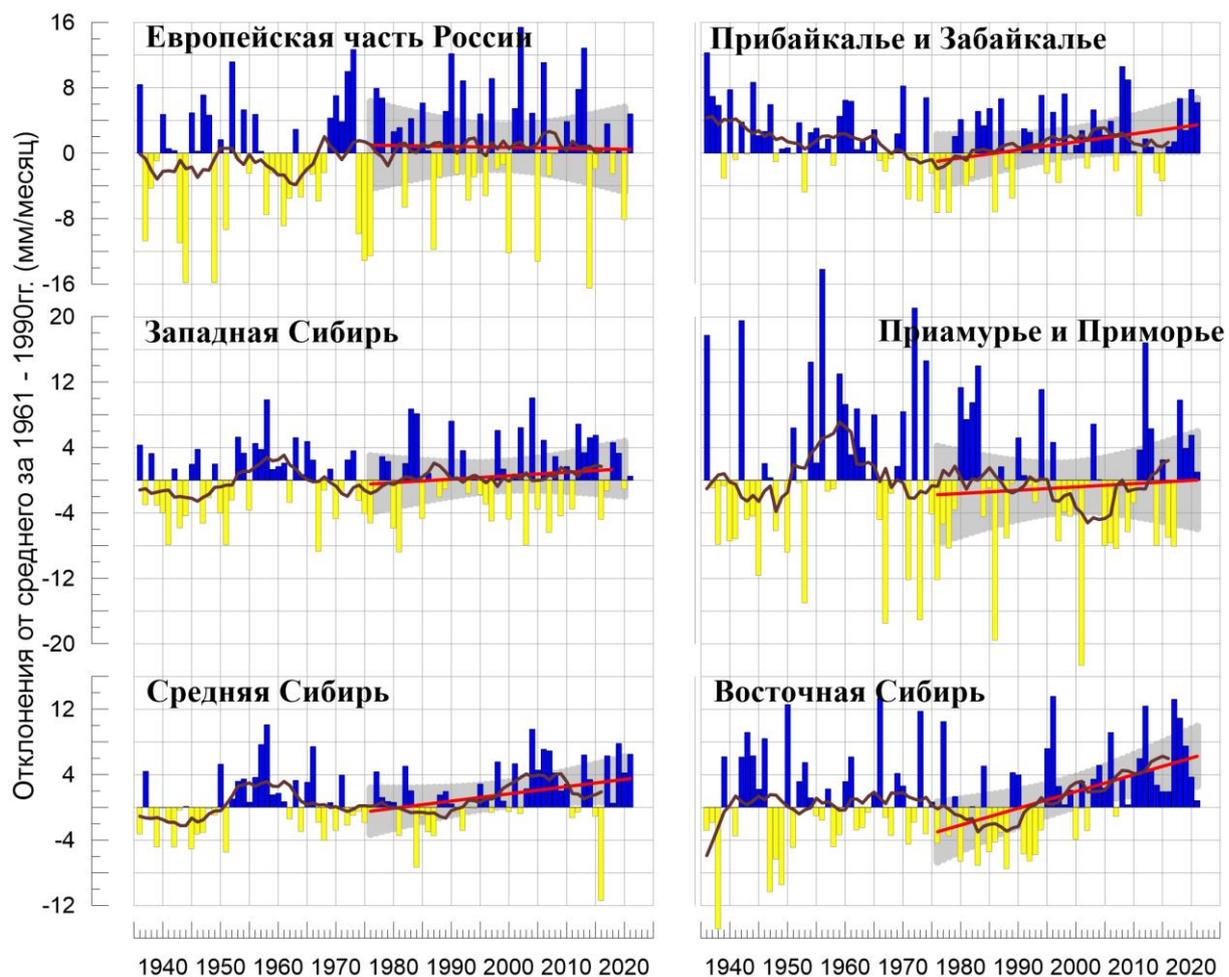


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, осень 2021 г.
Условные обозначения см. на рис. 4.1.

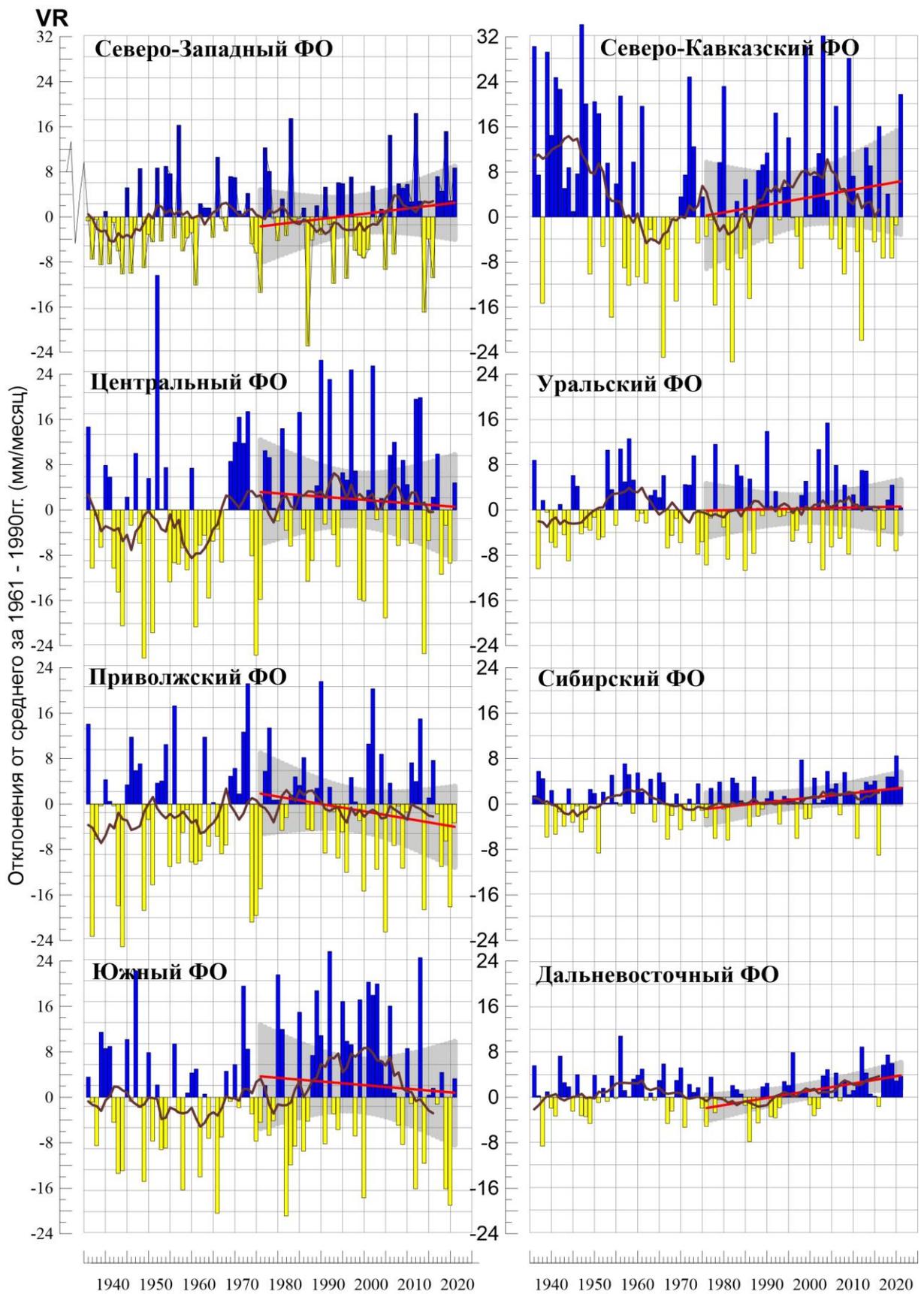
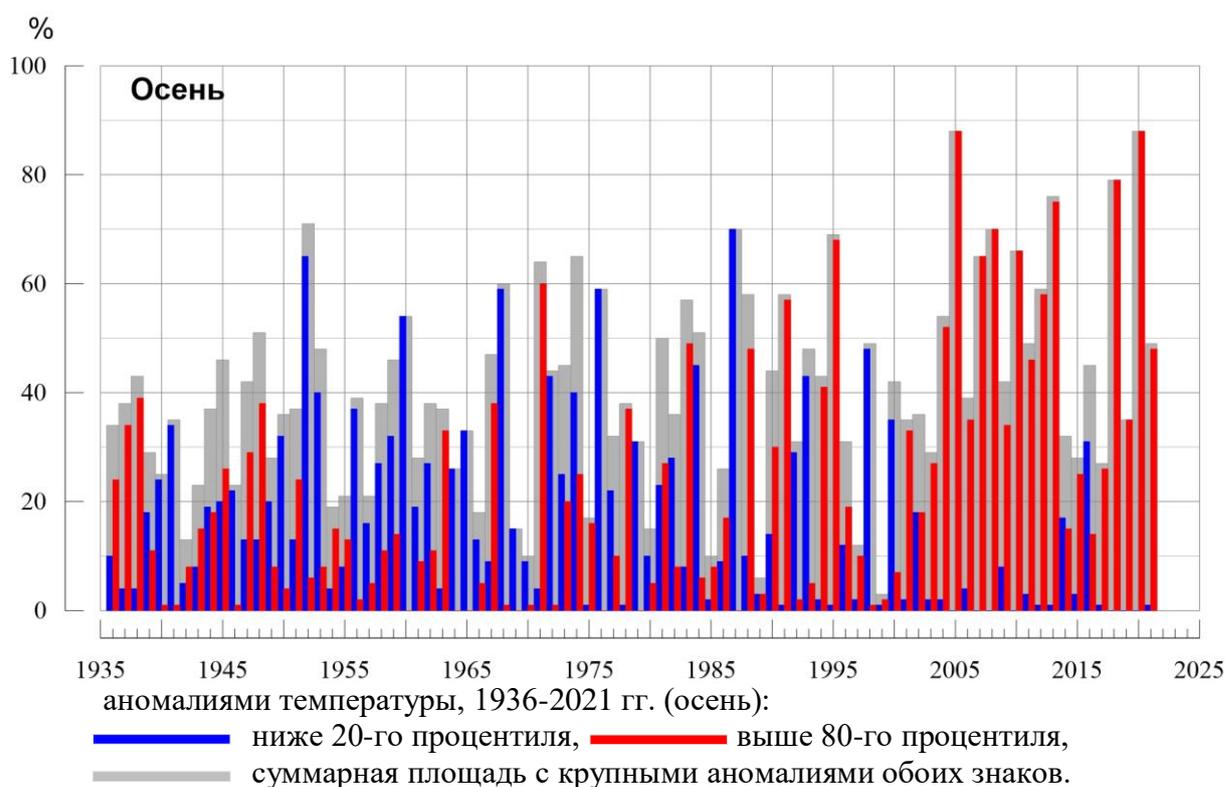


Рисунок 4.4 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2021 гг. (осенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для осеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2021 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 2021 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями составляла 48% (ранг 16-17), отрицательными аномалиями: 1%. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2021 составляет 4.4% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 23%).



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 2021 года доля площади под экстремальными положительными аномалиями составила 13% (ранг 3-4). 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 1976-2021 составляет 1.7% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 16%).

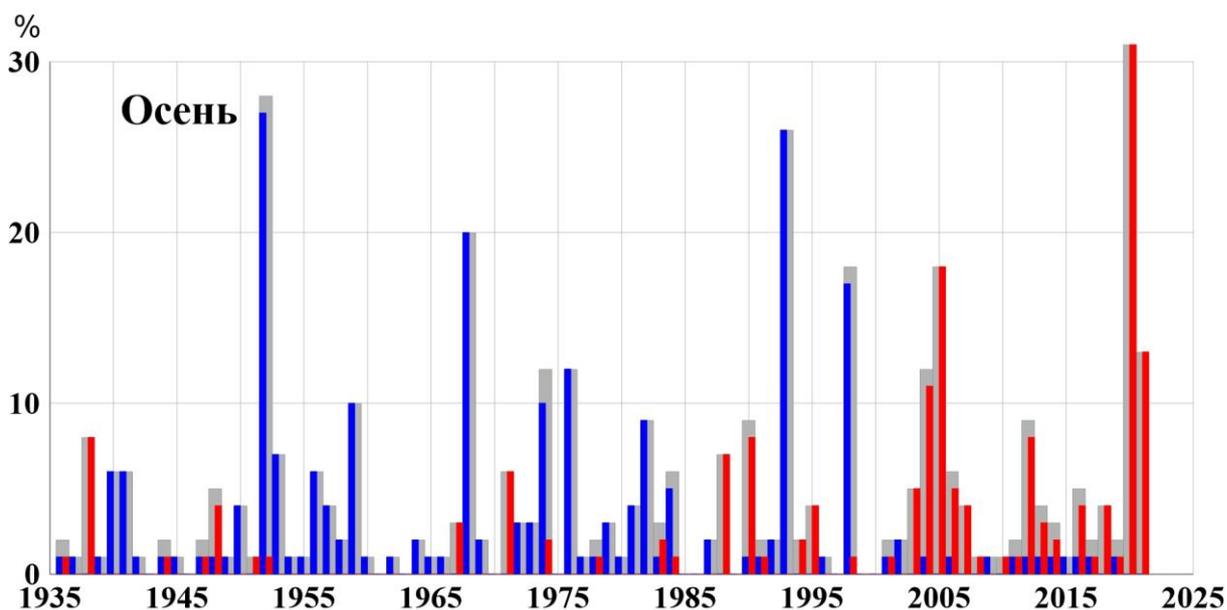


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры осенью, 1936-2021 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

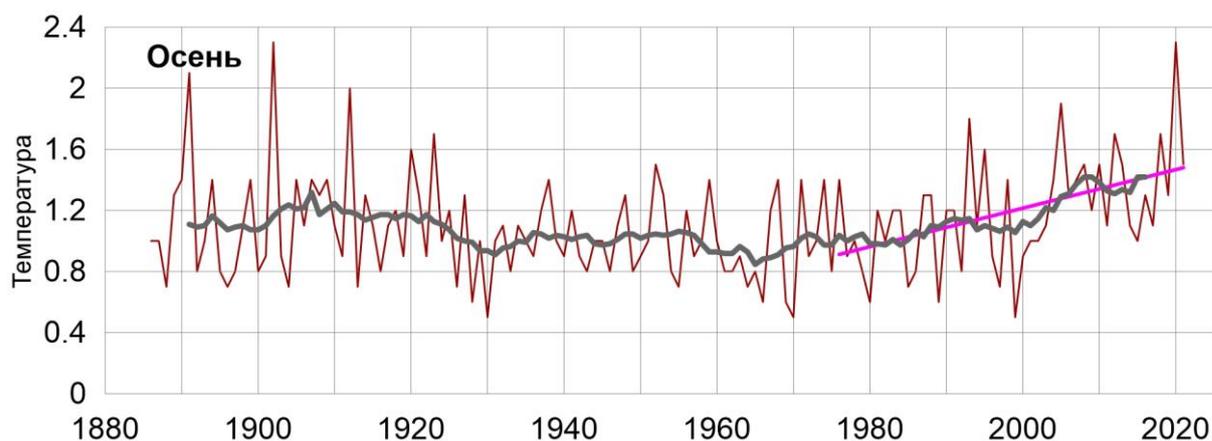


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России осенью 1886-2021 гг.

Индекс аномальности Багрова в 2021 году составил 1.5 единиц (ранг 12-16)). 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 22% общей дисперсии ряда за 1976-2021 гг.

Осадки. Осенью 2021 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 процентиля (рис. 5.4) составила 22%, ниже 20-го процентиля – 6%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го процентиля, тренд за период 1976-2021 составляет +2.0%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 14%: тренд значим на уровне 5%) и незначимое уменьшение площади под аномалиями ниже 20-го процентиля, тренд за период 1976-2021 составляет -1.0%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 4%).

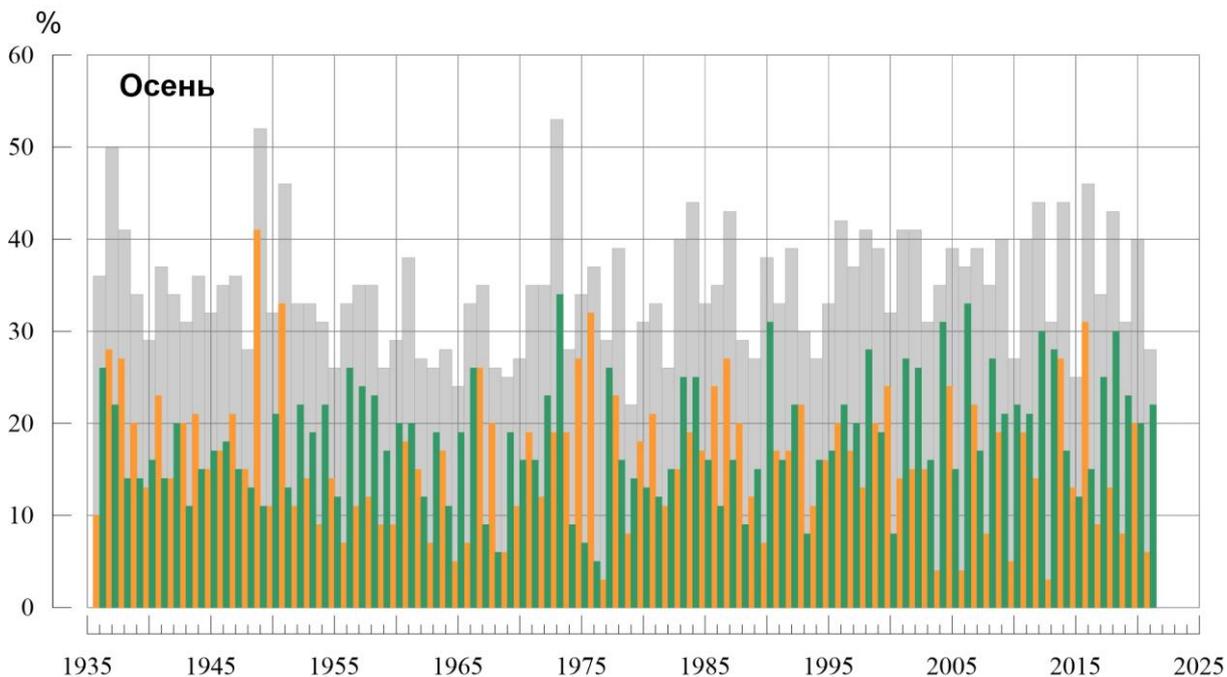


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2021 гг. (осень):

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

ВЫВОДЫ

1. Осень для Северного полушария в целом была теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП $+1.26^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.24°C) - пятая величина с 1886 г., значение аномалии температуры чуть ниже, ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда -0.07°C .

2. Осень в целом по РФ была теплой, осредненная по территории РФ сезонная аномалия 1.94°C – седьмая-восьмая величина в ряду. Положительные аномалии температуры наблюдались на всей территории страны. Экстремальные условия (аномалии выше 2°C , на станциях фиксировались 95%-е экстремумы) наблюдались в восточной части ДФО (аномалия 2.65°C – ранг 3); а также в центре ЕЧР.

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными аномалиями (выше 80-го перцентиля), составила 48% (ранг 16-17); площадь с экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) составила лишь 13% площади страны (ранг 3-4), индекс аномальности Багрова в 2021 году составил 1.5 единиц.

4. В *ноябре* осредненная по РФ ноябрьская аномалия температуры $+3.33^{\circ}\text{C}$ – шестая величина в ряду; экстремально тепло в ДФО (4.70°C – ранг 2); температуры ниже климатической нормы наблюдались лишь на Чукотке и в Мурманской области.

В *октябре* экстремально тепло в центре АЧР (осредненная по Средней Сибири аномалия составила 4.43°C – ранг 5); температуры ниже климатической нормы наблюдались лишь на юге ЕЧР и на северо-востоке страны.

В *сентябре* экстремально тепло в Приамурье и Приморье (аномалия 1.99°C – ранг 5); температуры ниже климатической нормы наблюдались во всех федеральных округах ЕЧР, на большей части УФО, на юге Западной и Средней Сибири, на северо-востоке страны.

5. Осенью в среднем по РФ выпало 109% нормы осадков. Избыток осадков наблюдался на севере СФО, в Забайкалье. Дефицит осадков наблюдался на Южном Урале, в Западных Саянах, в нижнем течении Амура.

6. Осенью площадь, занятая крупными аномалиями осадков выше 80 перцентиля составила 22%, ниже 20-го перцентиля – 6%.

7. В *сентябре* экстремально «влажно» в центре и на юге ЕЧР (в ЮФО выпало 183% нормы – (ранг 3), в СКФО – 195% (ранг 2)), в районе Байкала (осадки, осредненные по Прибайкалью и Забайкалью – 156% нормы (ранг 2)). Значительный дефицит осадков в сентябре наблюдался на севере Якутии.

В *октябре* дефицит осадков - на юге страны, особенно сильный; избыток осадков наблюдался на севере АЧР от дельты Оби до дельты Лены.

В *ноябре* избыток осадков наблюдался в центре и на севере ЕЧР (в СЗФО выпало 142% нормы – ранг 2) и на востоке страны вдоль побережья Охотского моря (в Приамурье и Приморье выпало 198% нормы – ранг 1. Дефицит осадков в ноябре - на северо-востоке страны.

8. В целом по России линейный тренд осенней температуры воздуха за период 1976-2021 гг. составил $+0.50^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 34%, что

значительно выше, чем в среднем для суши Северного полушария ($+0.33^{\circ}\text{C}/10$ лет, дисперсия ряда 78%). 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 $+2.0^{\circ}\text{C}/10$ лет на островах Северной Земли, за счет октября и ноября).

В полосе от Обской губы до Забайкалья рост температуры минимальный (до $+0.1^{\circ}\text{C}/10$ лет на Среднесибирском плоскогорье) за счет уменьшения температуры в ноябре: (до $-0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет в центре области).

Наиболее значительное увеличение температуры происходит в октябре – тренд от $+0.4^{\circ}\text{C}$ до $+1.8^{\circ}\text{C}/10$ лет на всей территории страны, а также в ноябре – в Восточной Сибири от $+0.6^{\circ}\text{C}$ до $+2.0^{\circ}\text{C}/10$ лет (на Северной Земле до $+2.3^{\circ}\text{C}/10$ лет – в октябре, до $+2.7^{\circ}\text{C}/10$ лет – в ноябре).

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.

10. Тренд осенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет $+1.6\%/10$ лет, объясняет 8% межгодовой изменчивости.

Рост осадков осенью происходит в регионе Восточная Сибирь ($+5.4\%/10$ лет, 24%) и Дальневосточном ФО ($+3.4\%/10$ лет, 24%). 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 погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды".

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

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

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

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюдаемого значения от нормы, то есть от средней за базовый период 1961-1990 гг. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы (процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы). Дополнительно приводится «вероятность непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2017 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

Осреднение по регионам выполняется по станционным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса

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

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

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

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

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

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси осенью 2021 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>	8.00	7.97	10.00	9.37	8.40	8.93
Сентябрь	14.4	13.9	15.8	15.5	15.5	16.2
Октябрь	7.0	6.9	9.2	8.2	6.5	7.2
Ноябрь	2.6	3.1	5.0	4.4	3.2	3.4
б) аномалия температуры (град. Цельсия)						
<i>Осень</i>	1.06	0.44	1.06	0.99	-0.03	0.61
Сентябрь	-0.87	-1.63	-0.38	-0.46	-1.74	-1.16
Октябрь	1.39	0.62	1.26	0.95	-0.34	0.53
Ноябрь	2.66	2.34	2.3	2.47	1.98	2.45

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси осенью 2021 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>	67.3	33.7	29.0	29.0	14.7	19.7
Сентябрь	76	31	47	48	12	35
Октябрь	39	10	15	0	2	0
Ноябрь	87	60	25	39	30	24
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)						
<i>Осень</i>	18.7	9.8	-13.6	-6.3	18.7	9.8
Сентябрь	33.2	58.8	0.8	31.2	33.2	58.8
Октябрь	-9.1	-36.9	-19.8	-46.6	-9.1	-36.9
Ноябрь	32.1	7.6	-21.8	-3.4	32.1	7.6
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)						
<i>Осень</i>	151	198	101	159	147	207
Сентябрь	81	21	43	0	5	0
Октябрь	158	115	53	92	62	55
Ноябрь	133	118	69	87	76	91

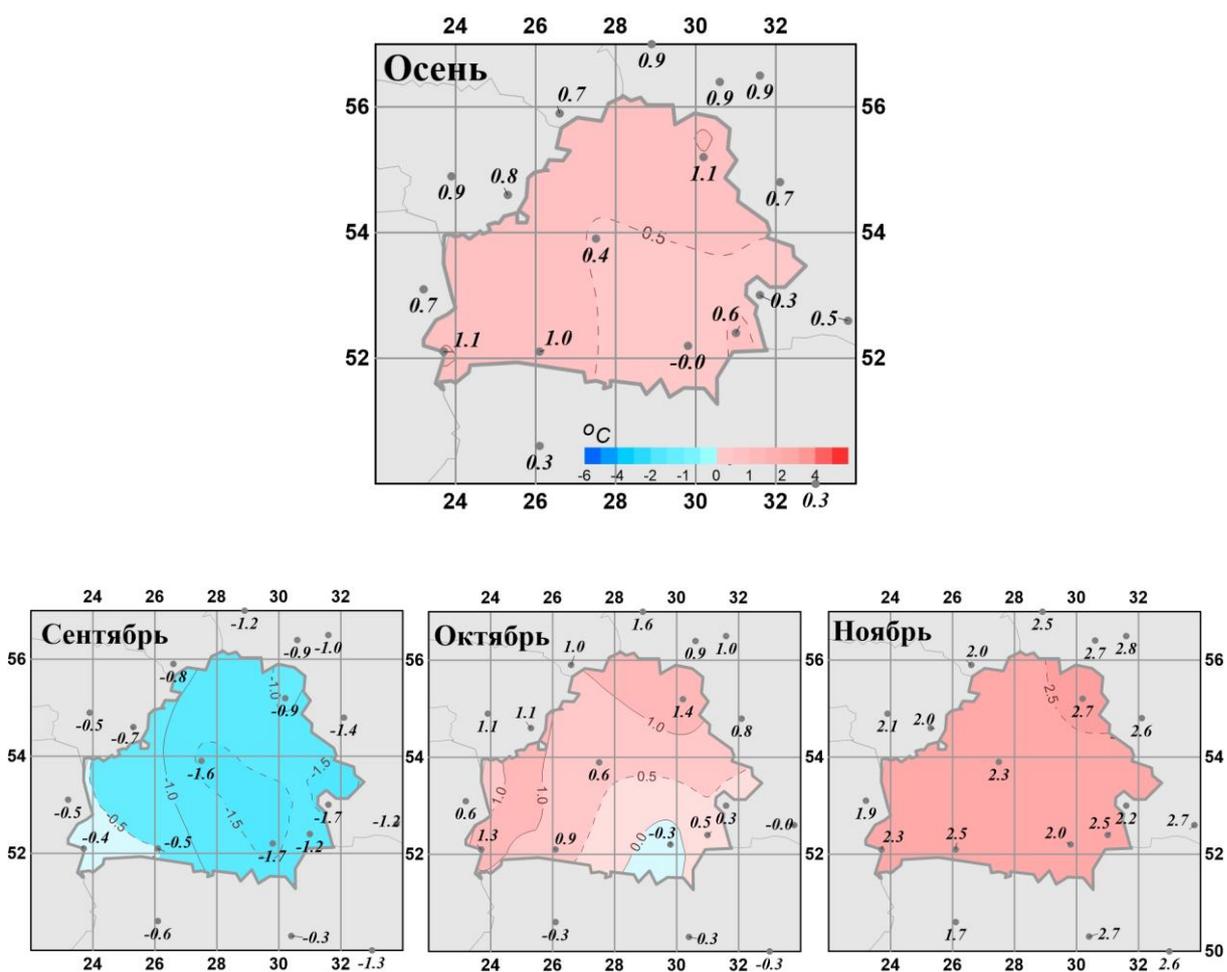


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь осенью.

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

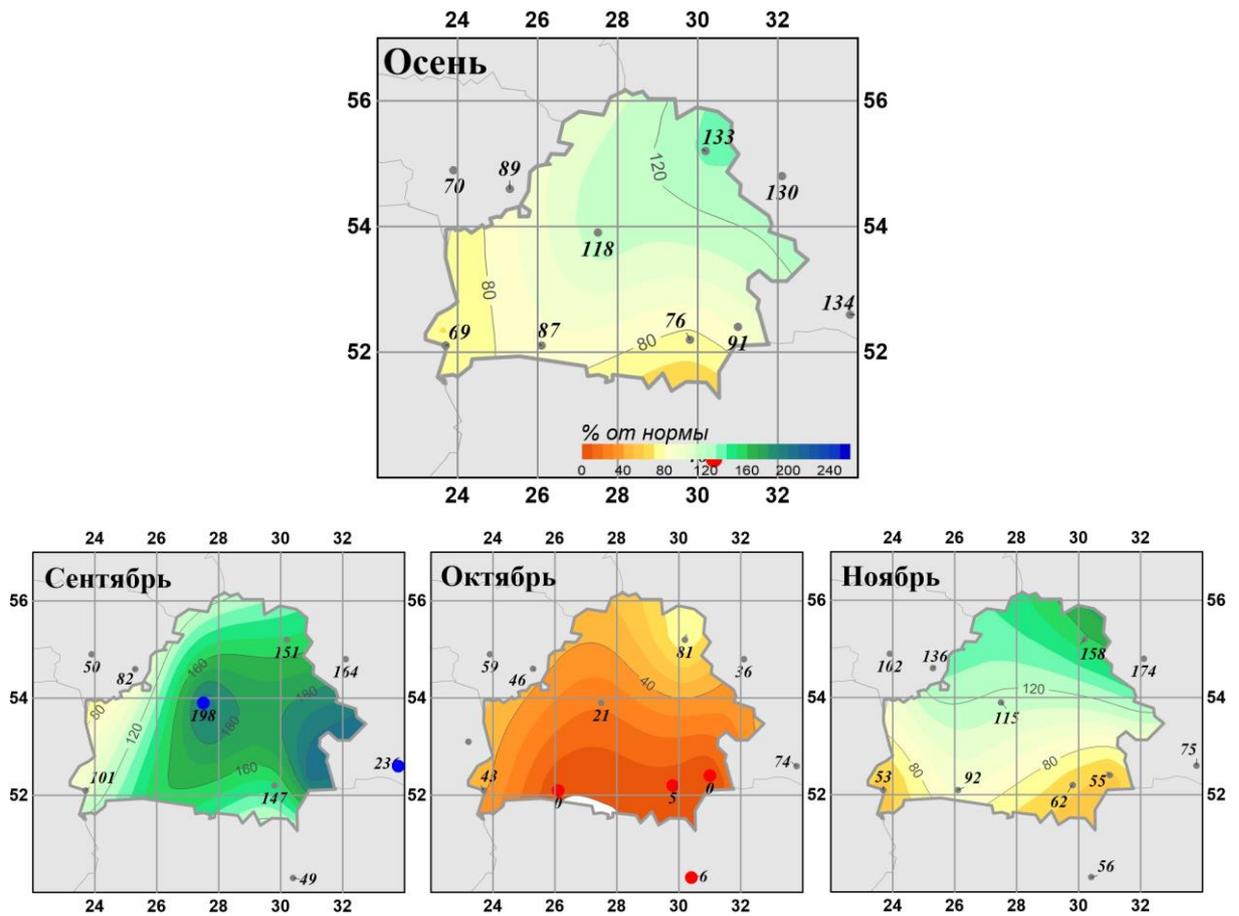


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь осенью.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях.

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

На рисунках 3-6 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2021 гг. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

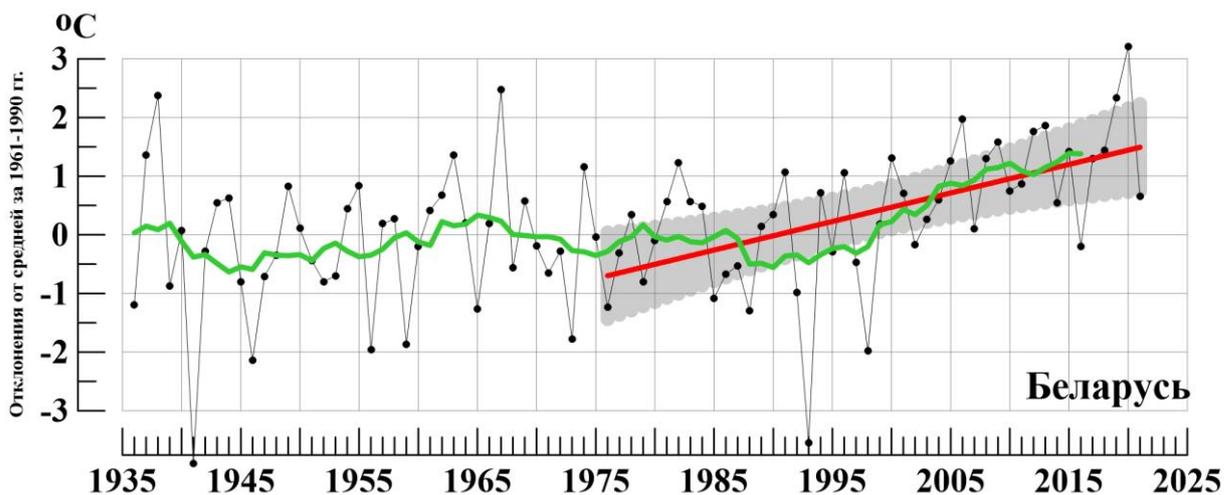


Рисунок 3 - Сезонные (сентябрь - ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$). осредненные по территории Республики Беларусь.
Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2021гг.

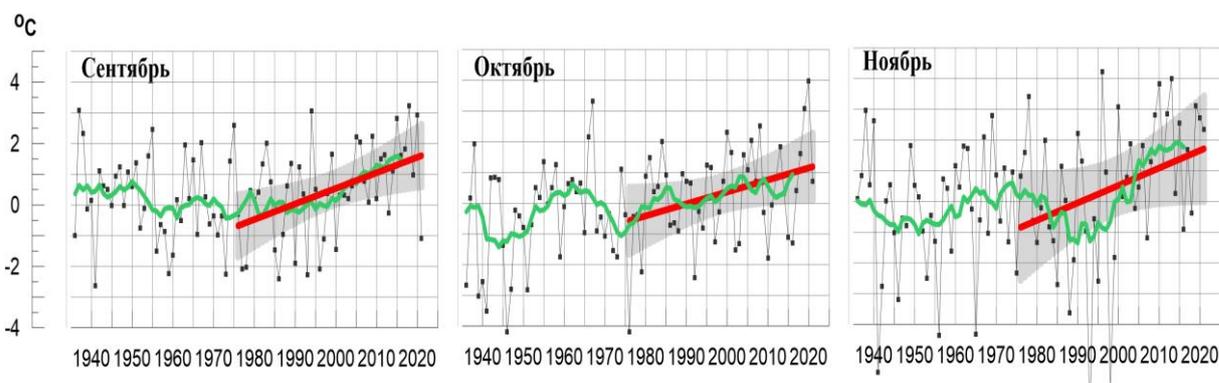


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$). осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

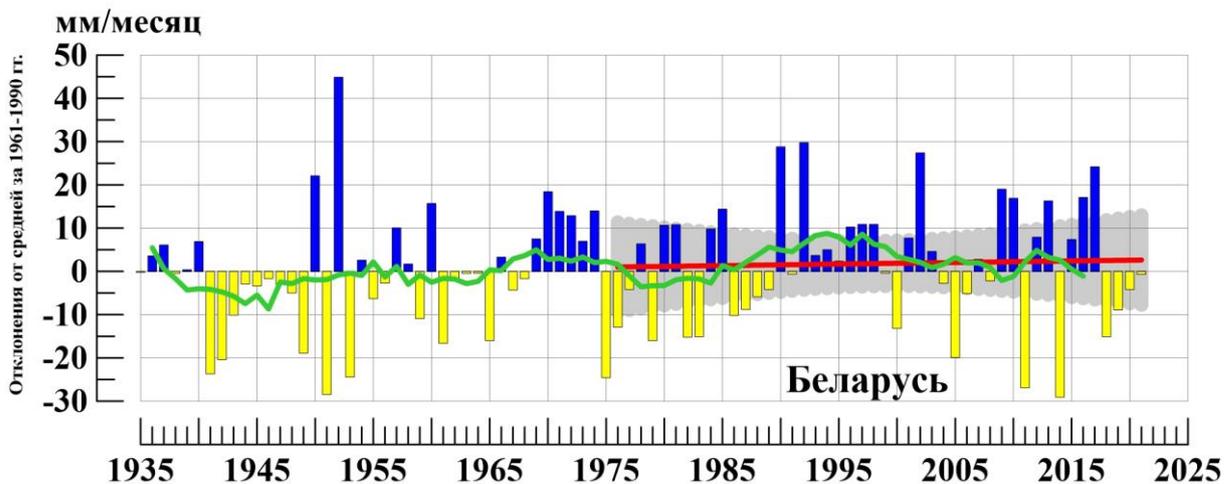


Рисунок 5 - Сезонные (сентябрь - ноябрь) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц). осредненные по территории Республики Беларусь. *Условные обозначения см. на рис. 3*

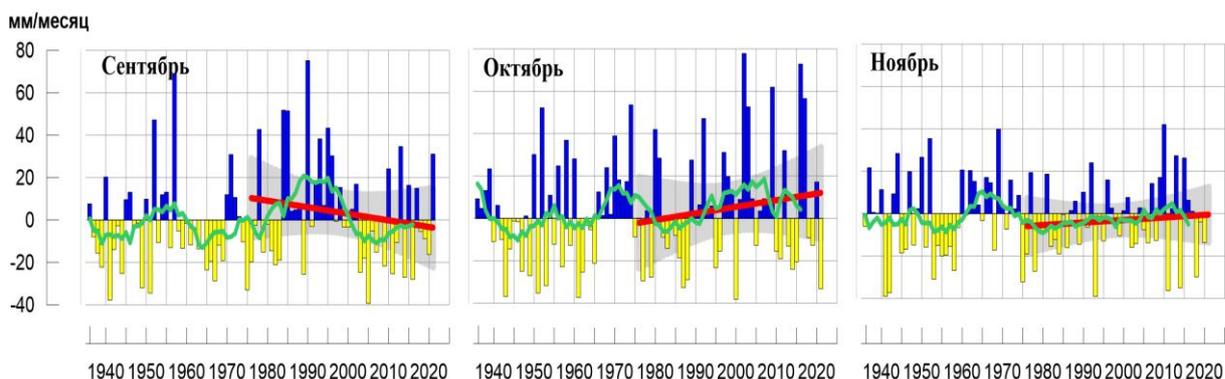


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2021}	s	νR_{2021}	s
Осень	0.65	0.92	-0.7	12.7
Сентябрь	-1.09	1.40	31.1	26.4
Октябрь	0.7	1.46	-33.2	23.5
Ноябрь	2.35	1.88	0.2	16.3

Примечание: Аномалии νT_{2021} ($^{\circ}C$). νR_{2021} (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 1976-2021 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2021}$ $^{\circ}C/10$ лет	$D_{1976-2021}$ %	$b_{1976-2021}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2021}$ %
Осень	0.49	30	0.4	0
Сентябрь	0.51	20	-3.1	3
Октябрь	0.39	11	3.1	2
Ноябрь	0.57	10	1.2	1