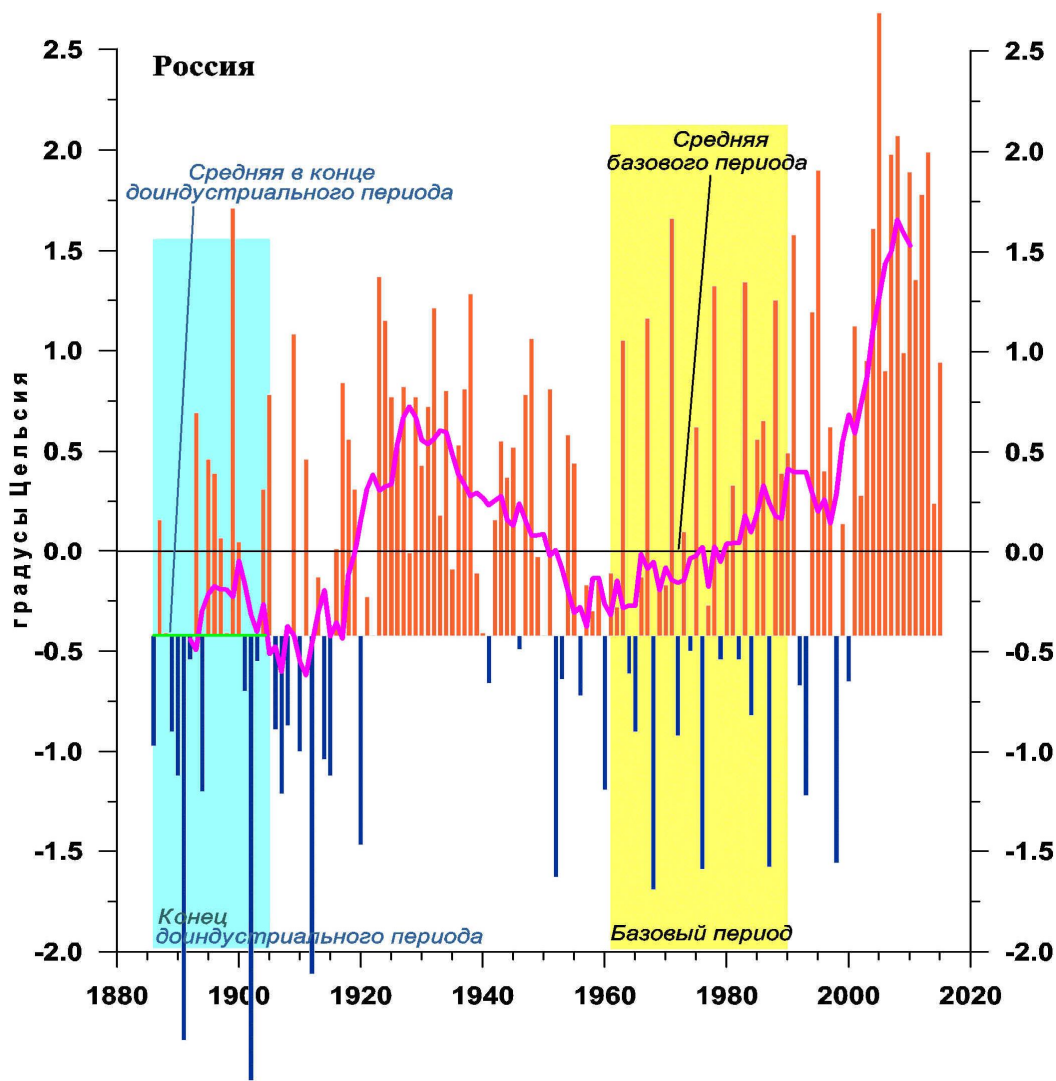


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Предварительный
Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2015

ОСЕНЬ: сентябрь – ноябрь

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (осенний сезон).....	6
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2015 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, 1936-2015 гг.....	19
5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2015 гг. (осенний сезон)	23
ВЫВОДЫ	26
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности осени 2015 г. на территории Республики Беларусь	28

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2015 гг. (осень)
Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры за базовый период 1961-1990 гг. Столбцы диаграммы представлены относительно средней за 1887 – 1905 гг. (конец «доиндустриального» периода)

ВВЕДЕНИЕ

Все приведенные в Бюллетене оценки для территории России получены по данным о средних месячных значениях температуры приземного воздуха и месячных суммах атмосферных осадков в базовом архиве ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Архив включает данные инструментальных наблюдений на 1383 станциях земного шара, в том числе 455 станций стран СНГ и Балтии (из них 310 станций России). В настоящем выпуске использованы данные 252 российских станций, по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Под «нормой» в бюллетене понимается среднее многолетнее значение рассматриваемой климатической переменной за 1961-1990 гг. (базовый период). Аномалии температуры определяются как отклонения наблюдаемого значения от нормы. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность непревышения текущего значения климатической переменной (или ее аномалии) рассчитывается как доля наблюдений в прошлом, в которых значение этой переменной (или ее аномалии) было не больше текущего.

Регионально осредненные оценки приводятся в Бюллетене для физико-географических регионов России (рис. 1) и Федеральных округов РФ (рис. 2) по данным с 1936 г., так как до этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных наблюдений. Следует заметить, что Калининградская область и республика Крым входят в состав региона: Европейская часть России.



Рисунок 1 – Физико-географические регионы РФ, рассматриваемые в Бюллетене.

В качестве региональных климатических переменных анализируются регионально осредненные аномалии и индексы экстремальности и аномальности рассматриваемых метеорологических полей.

Регионально осредненные аномалии рассчитываются в два этапа. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой 2.5° широты * 5.0° долготы, и в каждой ячейке сетки рассчитывается среднее арифметическое из попавших в эту ячейку стационарных аномалий. Затем выполняется взвешенное осреднение ячейечных средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Аналогично, для каждого региона по данным о стационарных нормах рассчитываются регионально осредненные нормы. Региональные средние значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных норм и регионально осредненных аномалий (такая процедура уменьшает смещение средних вследствие пропусков в рядах наблюдений).



Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации

Индексы экстремальности климата соответствуют площади под экстремальными аномалиями заданной обеспеченности. Это вероятностные индексы, в основе которых лежат значения эмпирической функции распределения $F(X_0)$, соответствующие наблюдаемым значениям рассматриваемой величины X_0 в точках поля или на станциях: $F(X_0) = P(x \leq X_0)$. Значение $F(X_0)$ часто называют вероятностью непревышения значения X_0 , как и обеспеченностью. Региональные индексы экстремальности определяются как доля площади региона, где вероятности непревышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ или $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$ и $\alpha\%$ – обеспеченность искомых экстремумов.

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

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

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»** с использованием материалов НИУ Росгидромета: ФГБУ «Гидрометцентр РФ» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Дополнительная информация по проблеме изменений климата и годовые и сезонные бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на Интернет-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»).

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

** В выпуске принимали участие сотрудники Отдела мониторинга и вероятностного прогноза климата ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»: М.Ю. Бардин (руководитель), Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Э.В. Рочева, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина, Ю.Ю. Соколов.

1. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (осенний сезон)

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (лето 2015: июнь - август), осредненных по суше Северного полушария (СП) и по территории России. Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП рассчитан по среднемесячным данным Университета Восточной Англии (массив crut4nh.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временной ряд для территории России рассчитан по стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Представлен также линейный тренд за 1976-2015 гг.

Для характеристики неопределенности оценок трендов приводится 95%-я доверительная полоса Уоркинга-Хотеллинга, представляющая собой область, симметричную относительно м.н.к. - оценки линии тренда, с вероятностью 95% накрывающая истинную линию тренда.

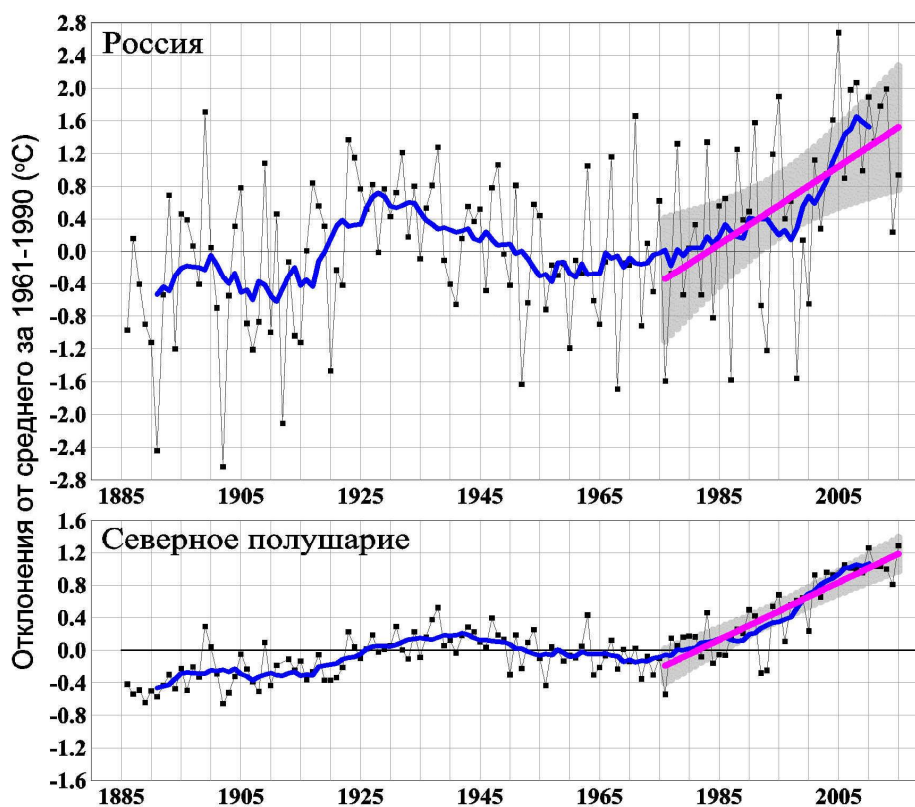


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (осень: сентябрь - ноябрь) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2015 гг.

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 1976-2015 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП осенью составила $+1.29^{\circ}\text{C}$ (стандартное отклонение 0.24°C) – вторая величина с 1886 года после рекордного 2005 г. (1.33°C).

Для России в целом средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха составила $+0.94^{\circ}\text{C}$ при величине стандартного отклонения 0.90°C – 23-ья величина в ряду с 1886 г. (Рекордная аномалия зафиксирована также в 2005 году: $+2.68^{\circ}\text{C}$).

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений осенних температур за период 1976-2015 гг. в среднем для суши СП и России, приведены в табл. 1.1. Величина тренда средних по территории России осенних температур почти в полтора раза выше, чем для средних по Северному полушарию. В последнее десятилетие наблюдается некоторое замедление потепления, как для Северного полушария, так и для России.

Таблица 1.1

Сезонные (осень: сентябрь – ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2015 гг.

Регионы	νT_{2015}	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	1.29	0.24	0.35	72
Россия	0.94	0.90	0.48	26

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2015 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России осени 2015 г. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го перцентилей. Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Температура воздуха. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.94°C (23-ья величина с 1936 г.). Тепло в ЕЧР (осредненная по региону аномалия 1.46°C , особенно тепло в Крымском ФО: аномалия 2.28°C – вторая величина с 1936 г.) и, далее, в северных и восточных районах АЧР. Особенно тепло на Таймыре и севере Среднесибирского плоскогорья (в основном за счет ноября, максимальная сезонная аномалия 5.6°C зафиксирована на станции ГМО им. Федорова).

На юге Сибири осенью было холодно (за счет сентября и, особенно, ноября). Минимальная сезонная аномалия зафиксирована на Урале на станции Верхотурье: -1.2°C .

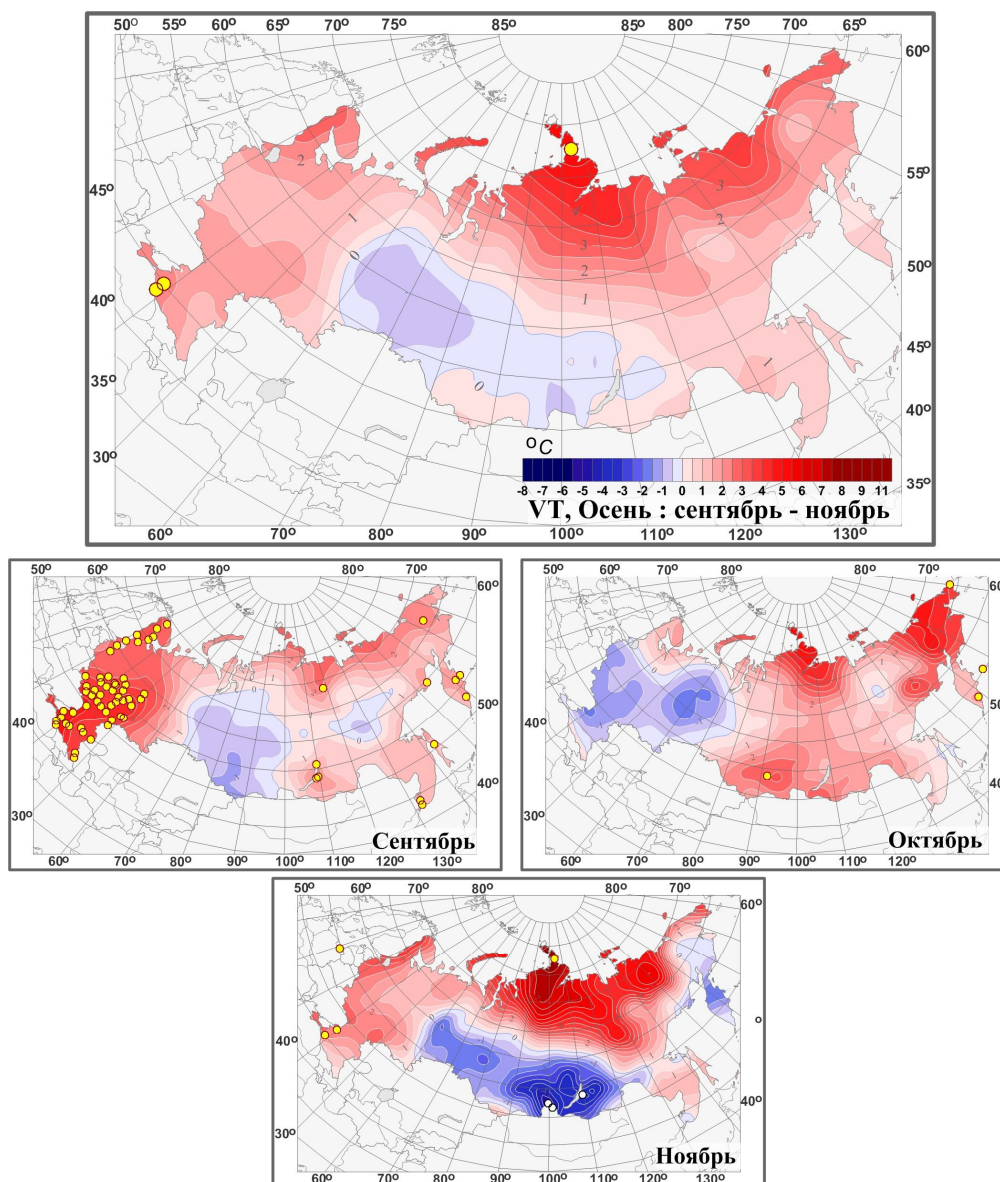


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России осенью 2015 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Сентябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры 1.27°C – 7-ая величина с 1936 года. Яркая особенность сентября - очень тепло в европейской части России (аномалия 3.19°C – ранг 2, рекордное значение аномалии наблюдалось здесь в 1938 году (3.3°C)). Экстремально тепло (температуры на станциях выше 95-го перцентиля) в ЕЧР практически всюду (кроме востока и северо-востока), аномалии до 5.5°C (в Краснодаре). Осредненные по Южному, Северо-Кавказскому и Крымскому ФО аномалии: 4.31°C , 3.84°C , 4.42°C – максимальные величины с 1936 года, по Центральному, Приволжскому, Северо-Западному ФО: 3.41°C , 3.28°C , 2.54°C – вторая,

третья, пятая величины в ряду. (Для примера на рис.2.2 приведен ход сентябрьских температур в Москве).

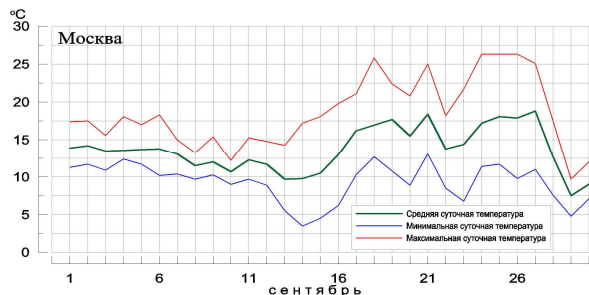


Рисунок 2.2 – Ежедневные температуры ($^{\circ}\text{C}$) в Москве в сентябре.

Осредненная по АЧР аномалия температуры 0.50°C . В АЧР тепло на западе Западной Сибири, на севере (до 2.8°C на станции Сухана), вдоль побережья морей Тихого океана (до 2.0°C на Камчатке на станции Ключи), в районе Байкала (до 2.2°C в Усть-Баргузине), в горах Дальнего Востока. Холодно в центре и на юге Сибирского ФО (до -1.4°C на станции Киселевск юга Якутии).

Октябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.81°C – 30-ая величина с 1936 года. Холодно на большей части ЕЧР (октябрьская аномалия -0.56°C , холодно было во всех ФО ЕЧР, кроме Северо-Западного ФО) и на большей части Западной Сибири, минимальные аномалии до -1.9°C (на юге ЕЧР в Ростове-на-Дону) и до -2.1°C (в Западной Сибири на станции Березово). На большей части АЧР тепло, очень тепло на севере Среднесибирского плоскогорья и на Таймыре (до 5.6°C на ГМО им. Федорова), на Чукотке (до 5°C на станции Верхне-Пенжино), в Саянах (до 3.3°C на станции Оленья Речка).

Ноябрь. Осредненная по РФ аномалия температуры 0.74°C – 27-ая величина с 1936 года. Ноябрь – очень контрастный месяц в сезоне. Очень тепло на севере АЧР, особенно тепло на Таймыре, аномалии до 8.3°C (на станции ГМО им. Федорова), тепло также в ЕЧР (наибольшие аномалии зафиксированы в южных и западных районах (до 3.3°C в Краснодаре), осредненная по Крымскому ФО аномалия: 2.75°C – 4-ая в ряду).

На юге Сибири очень холодно, аномалии в районе Байкала до -5.7°C (на станции Монды). Холодно также в Корьякском АО, на Камчатке, аномалии до -2.5°C (в Усть-Камчатске).

Атмосферные осадки. Осредненные по РФ осадки 101% нормы.

Избыток осадков наблюдался в южных и восточных районах ЕЧР (наибольшее количество выпало на станциях в среднем течении Волги: более полутора норм) и, далее, в южных районах Западной и Средней Сибири (на многих станциях выпало более 95-го перцентиля, или более полутора сезонных норм, максимальное количество выпало на станции Купино: 188% нормы) – за счет октября и ноября. Избыток осадков наблюдался также в дельте Амура (за счет октября, максимальное количество осадков: 196% нормы зафиксировано на станции им. Полины Осипенко).

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на западе и в центре ЕЧР (за счет экстремального октября в этих районах), а также на Северном Урале и, далее, в центральных районах АЧР (за счет ноября), и в районе Байкала (за счет сентября), и в Приморье (за счет сентября и, особенно, ноября).

Сентябрь. Осредненные по РФ осадки 90% нормы, по ЕЧР: 72% нормы (7-ая среди минимальных величин), по АЧР: 97% нормы. Сильный дефицит осадков (40%-80% нормы, количество выпавших осадков на станциях более 95-го перцентиля)

наблюдался в центральных и южных районах ЕЧР (в Южном, Северо-Кавказском, Крымском ФО: 40%, 55%, 5% нормы – 3-ья (среди наименьших), 5-6-ая (среди наименьших) и рекордный минимум с 1936 г.), на Южном Урале, в горах Дальнего Востока, в Приморье, на Сахалине.

Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центре и на юге Сибирского ФО (более двух норм на станциях Белово и Енисейск), в низовьях Яны, Индигирки, Колымы (203% нормы на станции Чокурдах), во многих районах вдоль побережья морей Тихого океана.

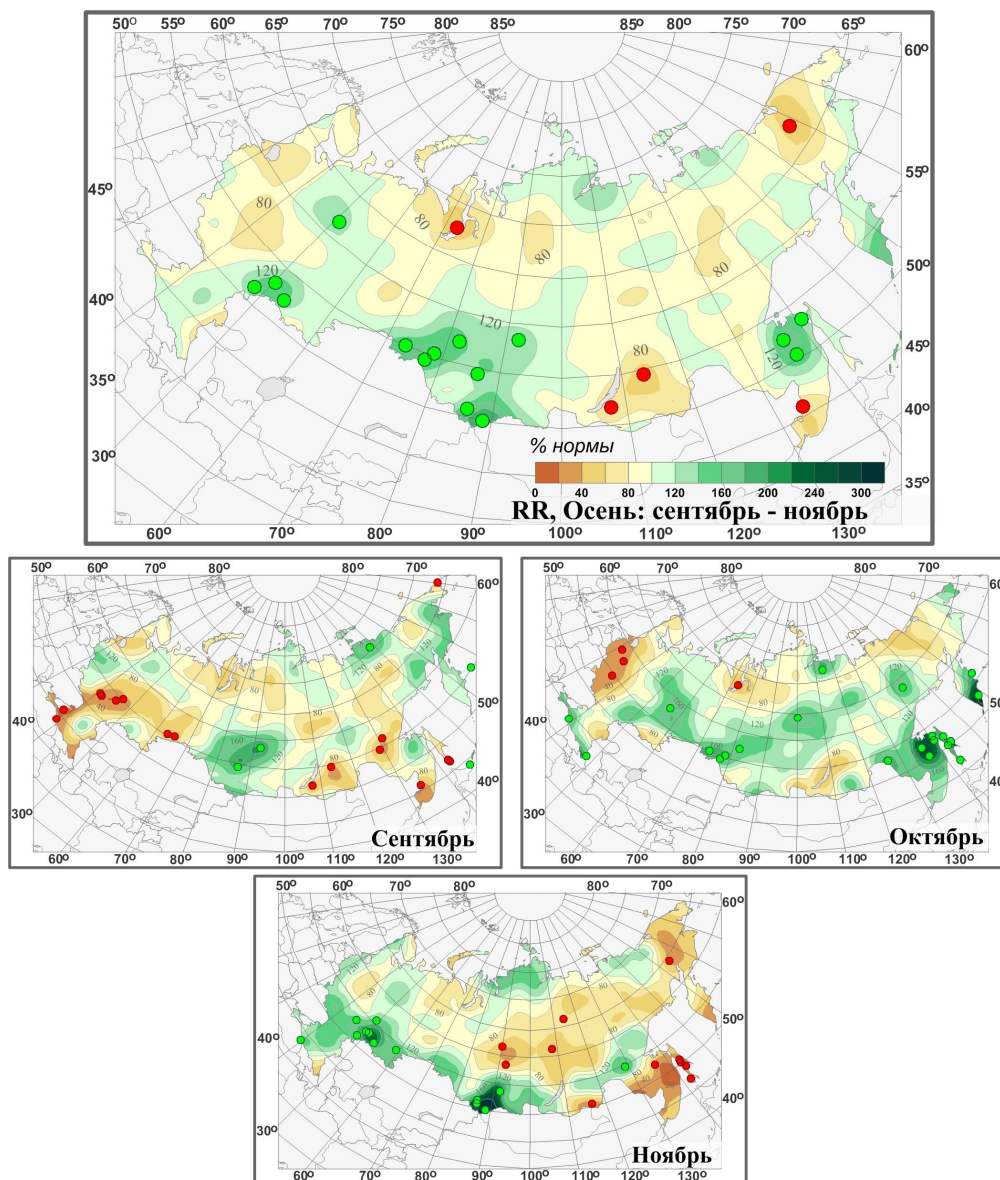


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России осенью 2015г. (сентябрь – ноябрь). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Октябрь. Осредненные по РФ осадки 120% нормы (9-10 величина в ряду), по АЧР: 131% нормы – рекордная величина с 1936 года (предыдущий максимум зафиксирован в 2012 году: 129% нормы). Экстремальное (более 95-го перцентиля) количество осадков выпало в регионах: Приамурье и Приморье (177% нормы – 3-ья

величина, после рекордного 1972: 190% и 1981: 184%, на большинстве станций выпало более 2-х норм, максимальное количество осадков выпало на станции им. Полины Осипенко: 302% нормы и в Петропавловске – Камчатском: 350% нормы), Восточная Сибирь (147% нормы - 3-ья величина после рекордного 2012: 170% нормы и 1944: 156%).

В ЕЧР (в среднем выпало 100% нормы) на востоке и крайнем юге наблюдался значительный избыток осадков (более 120% нормы), в то время как, на западе наблюдался сильный дефицит осадков (менее 40%, на ряде станций менее 5-го перцентиля), минимальное количество осадков выпало в Калуге (22% нормы).

Ноябрь. Осредненные по РФ осадки 95% нормы. Особенность ноября: значительный избыток осадков в южных районах ЕЧР (экстремальное количество осадков на станциях выпало в Приволжском ФО: осредненные по ФО осадки составили 137% нормы – 7-ая величина с 1936 г.) и, далее, на юге АЧР (до течения Амура). Экстремальное количество осадков выпало на Алтае (на многих станциях количество выпавших осадков более 95-го перцентиля или более 2-х норм).

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на северном Урале и, далее, полосой по центральным районам АЧР до Чукотки и Камчатки, а также в Приамурье и Приморье (осредненные по региону осадки 49% нормы – 5-ая минимальная величина в ряду) и на Сахалине. На ряде станций количество выпавших осадков менее 5-го перцентиля.

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям стационарных 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 1936-2014 годы.

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

Как уже отмечалось выше, осень для России в целом (см. табл. 2.1) была 23-ей в ряду наблюдений с 1936 года, аномалия температуры составила +0.94°C. В ЕЧР осенью тепло было во всех федеральных округах; особенно тепло было в сентябре, осредненные по федеральным округам ЕЧР аномалии среди пяти самых крупных; в октябре в ЕЧР холодно (аномалия -0.56°C): холодно во всех федеральных округах ЕЧР, кроме Северо-Западного ФО.

В АЧР положительные сезонные аномалии зафиксированы в Сибирском и Дальневосточном ФО, отрицательная сезонная аномалия – в Уральском ФО (холодно в октябре и в ноябре). В ноябре холодно было и в Сибирском ФО (аномалия -1.19°C).

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры осенью 2015 г.

Регионы	νT_{2015}	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$
Российская Федерация	0.94	0.90	72.2
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	1.46	1.04	83.5
Азиатская часть России	0.73	1.10	60.8
Западная Сибирь	-0.23	1.54	32.9
Средняя Сибирь	1.20	1.80	69.6
Прибайкалье и Забайкалье	0.03	1.23	49.4
Приамурье и Приморье	0.80	0.89	70.9
Восточная Сибирь	1.62	0.94	81.0
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	1.54	1.24	78.5
Центральный	1.51	1.13	86.1
Приволжский	1.24	1.25	75.9
Южный	1.87	1.05	92.4
Северо-Кавказский	1.51	0.85	88.6
Уральский	-0.21	1.64	35.4
Сибирский	0.19	1.49	51.9
Дальневосточный	1.47	1.01	78.5
Крымский	2.28	1.01	98.7

Примечание: 1. Аномалии νT_{2015} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности превышения $P(t \leq T_{2015})$ рассчитаны по выборке за 1936-2014гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попавшие в 5% максимальных.

Количество выпавших осенью в РФ в целом осадков (табл. 2.2) составило 101% нормы. Дефицит осадков наблюдался в целом по Европейской части РФ (96%), дефицит отмечался всюду (кроме Приволжского и Южного ФО). В сентябре в ЕЧР дефицит осадков наблюдался всюду, особенно, в Южном ФО (40% нормы – 3-ья минимальная величина в ряду); в октябре – в Северо-Западном и Центральном (особенно, выпало 55% нормы – 8-ая минимальная величина с 1936 г.); в ноябре в ЕЧР наблюдался избыток осадков, наиболее значительный в Приволжском ФО (137% нормы). В целом по АЧР осенью наблюдался небольшой избыток осадков (103% нормы); при этом максимальный избыток наблюдался в АЧР в октябре (131% нормы –

исторический максимум в ряду, особенно много осадков выпало в Дальневосточном ФО: 149% нормы – вторая максимальная величина с 1936 г.); в сентябре и ноябре в АЧР (в целом) зафиксирован дефицит осадков, при этом в ноябре дефицит осадков наблюдался во всех федеральных округах, наиболее значительный в Дальневосточном ФО (65% нормы – третья минимальная величина с 1936 г.).

Таблица 2.1.1

Регионально осредненные аномалии температуры в осенние месяцы.

Регионы	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	νT_{2015}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$	νT_{2015}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$	νT_{2015}	$S_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2015})$
Российская Федерация	1.27	0.59	92.4	0.81	1.26	63.3	0.74	1.88	67.1
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	3.19	1.24	98.7	-0.56	1.75	29.1	1.74	1.80	79.7
Азиатская часть России	0.50	0.65	65.8	1.35	1.38	69.6	0.34	2.28	54.4
Западная Сибирь	-0.38	1.29	32.9	0.37	2.03	40.5	-0.69	3.63	41.8
Средняя Сибирь	0.27	1.00	54.4	1.65	2.77	67.1	1.68	3.70	70.9
Прибайкалье и Забайкалье	0.84	0.93	81.0	1.99	1.65	83.5	-2.75	2.56	15.2
Приамурье и Приморье	1.01	0.85	73.4	0.80	1.24	63.3	0.57	1.99	57.0
Восточная Сибирь	1.26	0.97	82.3	1.98	1.36	83.5	1.73	2.02	62.0
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	2.52	1.41	94.5	0.02	1.95	39.2	2.08	2.62	69.6
Центральный	3.41	1.44	98.7	-0.94	1.83	30.4	2.07	1.97	79.7
Приволжский	3.28	1.49	97.5	-0.89	2.01	24.1	1.32	2.04	69.6
Южный	4.31	1.28	100.0	-0.81	1.81	24.1	2.11	1.59	91.1
Северо-Кавказский	3.84	1.12	100.0	-0.15	1.61	40.5	0.83	1.33	67.1
Уральский	0.24	1.38	51.9	-0.52	2.41	29.1	-0.34	4.05	44.3
Сибирский	0.03	1.03	44.3	1.74	1.87	73.4	-1.19	3.25	36.7
Дальневосточный	1.02	0.83	81.0	1.57	1.23	75.9	1.90	2.00	73.4
Крымский	4.42	1.09	100.0	-0.32	1.77	39.2	2.75	1.74	96.2

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков осенью 2015 г.

Регионы	νR_{2015}	RR_{2015}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2015})$
Российская Федерация	0.4	101	0.3	2.2	2.1	48.1
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	-1.9	96	0.4	5.9	4.4	40.5
Азиатская часть России	1.3	103	0.6	2.9	1.4	60.8
Западная Сибирь	5.5	113	0.4	3.0	2.1	89.9
Средняя Сибирь	-1.1	97	0.0	2.1	1.8	29.1
Прибайкалье и Забайкалье	-3.4	88	-0.3	2.5	3.5	12.7
Приамурье и Приморье	2.5	104	-0.2	5.1	8.0	68.4

Восточная Сибирь	1.9	105	-1.6	1.9	5.2	55.7
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	-3.9	93	0.0	3.6	3.0	32.9
Центральный	-5.4	90	-2.7	5.0	12.9	39.2
Приволжский	1.1	102	0.7	7.5	4.9	58.2
Южный	1.0	102	-1.3	5.9	8.2	55.7
Северо-Кавказский	-4.4	92	-0.2	6.7	8.3	29.1
Уральский	-0.2	100	-0.8	4.5	5.3	50.6
Сибирский	2.2	106	0.2	2.0	2.5	62.0
Дальневосточный	1.1	103	0.2	2.6	2.7	57.0
Крымский	-2.6	93	-0.1	0.5	0.7	38.0

Примечание: 1. Аномалии νR_{2015} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2015} – отношение R_{2015} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2015})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2014 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_{2015}	RR_{2015}	$P(r \leq R_{2015})$	νR_{2015}	RR_{2015}	$P(r \leq R_{2015})$	νR_{2015}	RR_{2015}	$P(r \leq R_{2015})$
Российская Федерация	-5.3	90	10.1	8.1	120	89.9	-1.6	95	44.3
Физико-географические регионы России									
Европейская часть России	-15.0	72	7.6	0.0	100	40.5	9.3	119	86.1
Азиатская часть России	-1.4	97	34.2	11.4	131	100.0	-6.0	79	10.1
Западная Сибирь	5.9	112	62.0	8.6	120	86.1	0.9	103	58.2
Средняя Сибирь	1.0	102	45.6	3.7	111	64.6	-7.9	71	3.8
Прибайкалье и Забайкалье	-6.6	85	20.3	-2.2	90	35.4	-1.3	92	27.8
Приамурье и Приморье	-15.4	83	32.9	37.9	177	97.5	-14.8	49	5.1
Восточная Сибирь	-1.4	97	48.1	18.0	147	97.5	-9.3	70	11.4
Федеральные округа РФ									
Северо-Западный	-6.9	89	34.2	-5.3	91	36.7	0.5	101	59.5
Центральный	-3.7	93	45.6	-21.8	55	8.9	9.3	118	78.5
Приволжский	-24.4	51	15.2	10.4	121	68.4	17.3	137	93.7
Южный	-25.3	40	2.5	9.3	126	57.0	19.0	138	87.3
Северо-Кавказский	-24.2	55	6.3	9.2	116	60.8	1.9	103	53.2
Уральский	-7.5	86	22.8	7.5	117	75.9	-0.7	98	51.9
Сибирский	4.0	109	62.0	5.2	116	86.1	-3.3	88	24.1
Дальневосточный	-4.7	91	26.6	18.5	149	98.7	-9.7	65	2.5
Крымский	-34.2	5	0.0	18.2	159	78.5	8.2	118	67.1

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 1976-2015 гг.: температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для осеннего сезона в целом и для каждого из месяцев осени.

Оценки получены по стационарным временным рядам аномалий в точках расположения станций и затем картированы. Представленные поля характеризуют направление и среднюю скорость изменений температуры и осадков осеннего сезона на территории России с 1976 г.

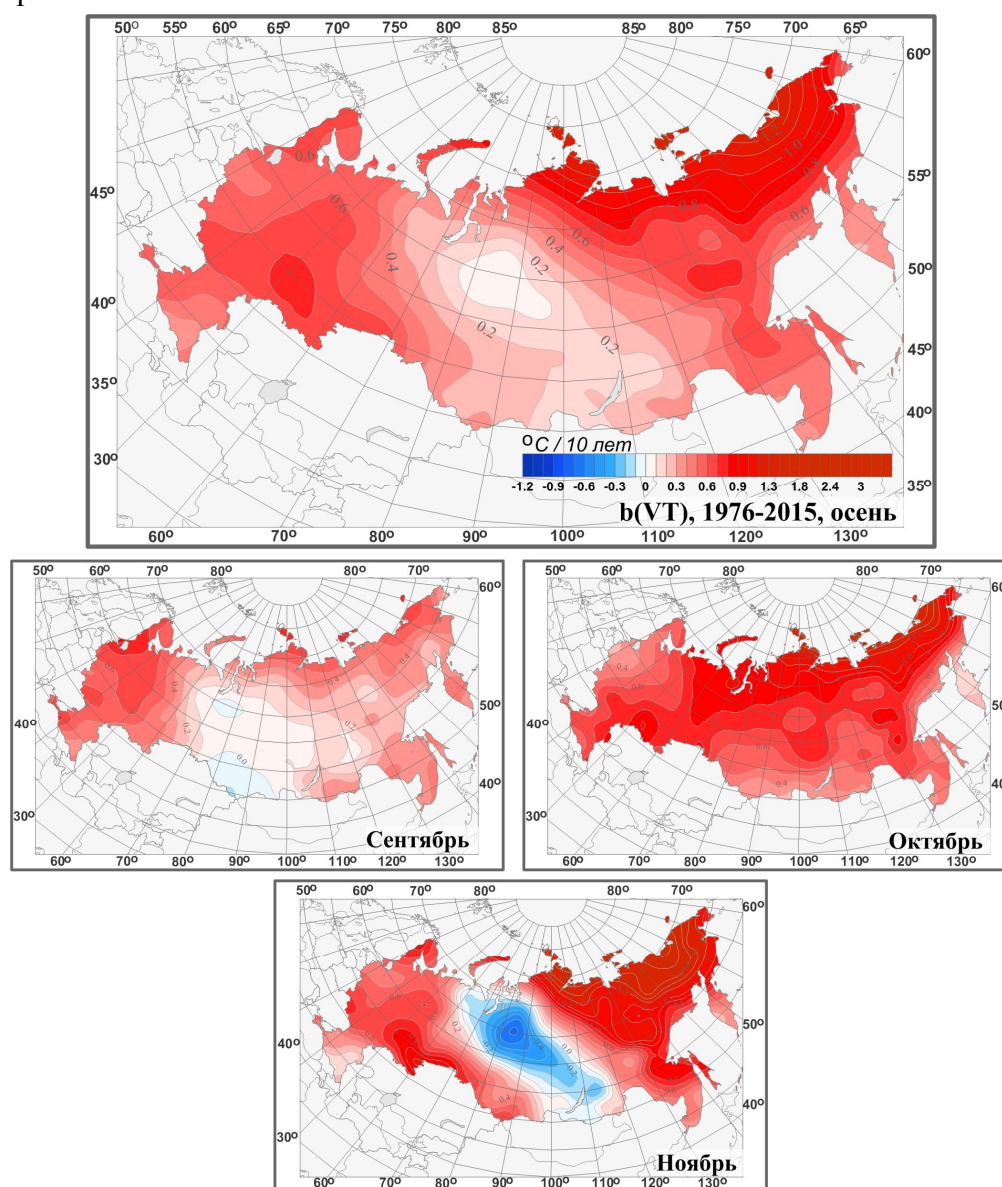


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2015 (осень)

Среднесезонные осенние температуры растут на всей территории страны; наиболее значительный рост наблюдается: в ЕЧР в Среднем Поволжье (до $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ лет), в АЧР в Восточной Сибири ($+0.6^{\circ}\text{C}$ - $+1.3^{\circ}\text{C}/10$ лет, за счет октября и ноября).

В полосе от Обской губы до Байкала рост температуры минимальный (до $+0.3^{\circ}\text{C}/10$ лет за счет уменьшения температуры здесь в ноябре (до $-0.8^{\circ}\text{C}/10$ лет в центре области).

Наиболее значительное увеличение температуры происходит в октябре – тренд от $+0.4^{\circ}\text{C}$ до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет на всей территории страны, а также в ноябре – в Восточной Сибири от $+0.6^{\circ}\text{C}$ до $+1.8^{\circ}\text{C}/10$ лет.

По сравнению с прошлым 2014 годом уменьшилась область значительного (более $0.7^{\circ}/10$ лет) потепления на юго-востоке ЕЧР.

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

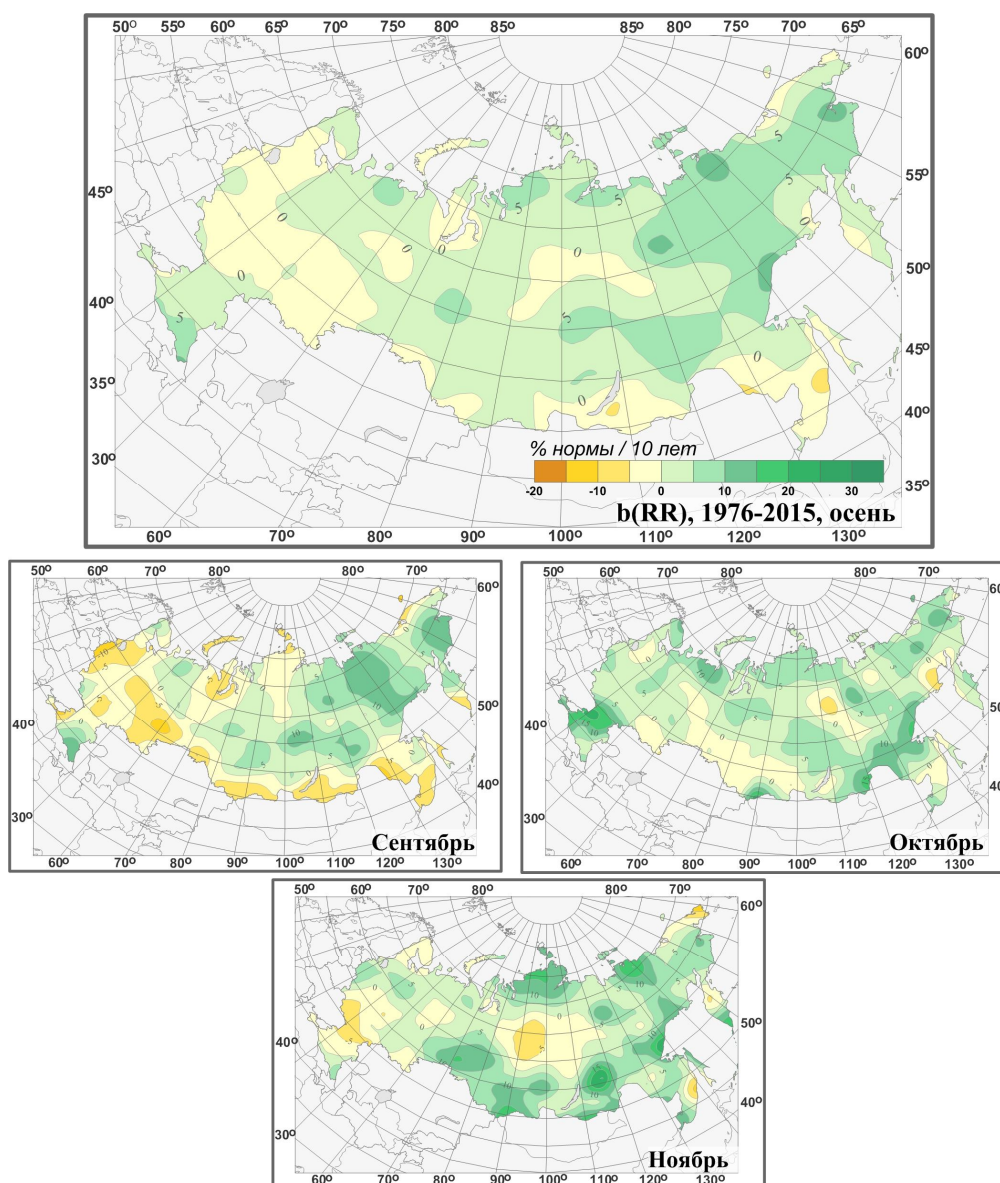


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2015 (осень).

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

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

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

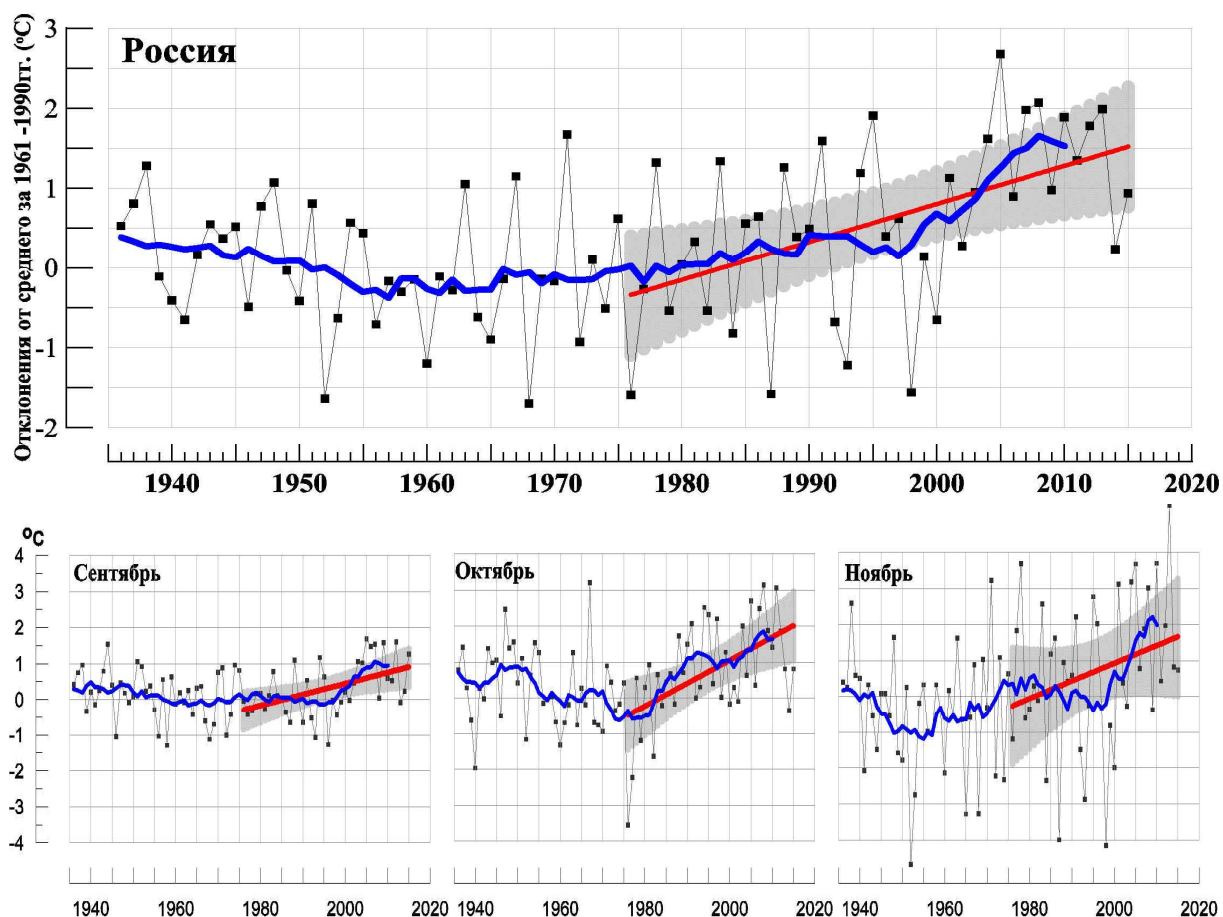


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2015 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за осенний сезон, за 1976-2015 гг.

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

Регион: Российская Федерация	Температура		Осадки	
	b °C/10 лет	D , %	b мм/мес/10 лет	D , %
Осень	0.48	26	0.7	7
Сентябрь	0.31	23	-0.1	0
Октябрь	0.64	28	1.5	11
Ноябрь	0.49	7	0.8	3

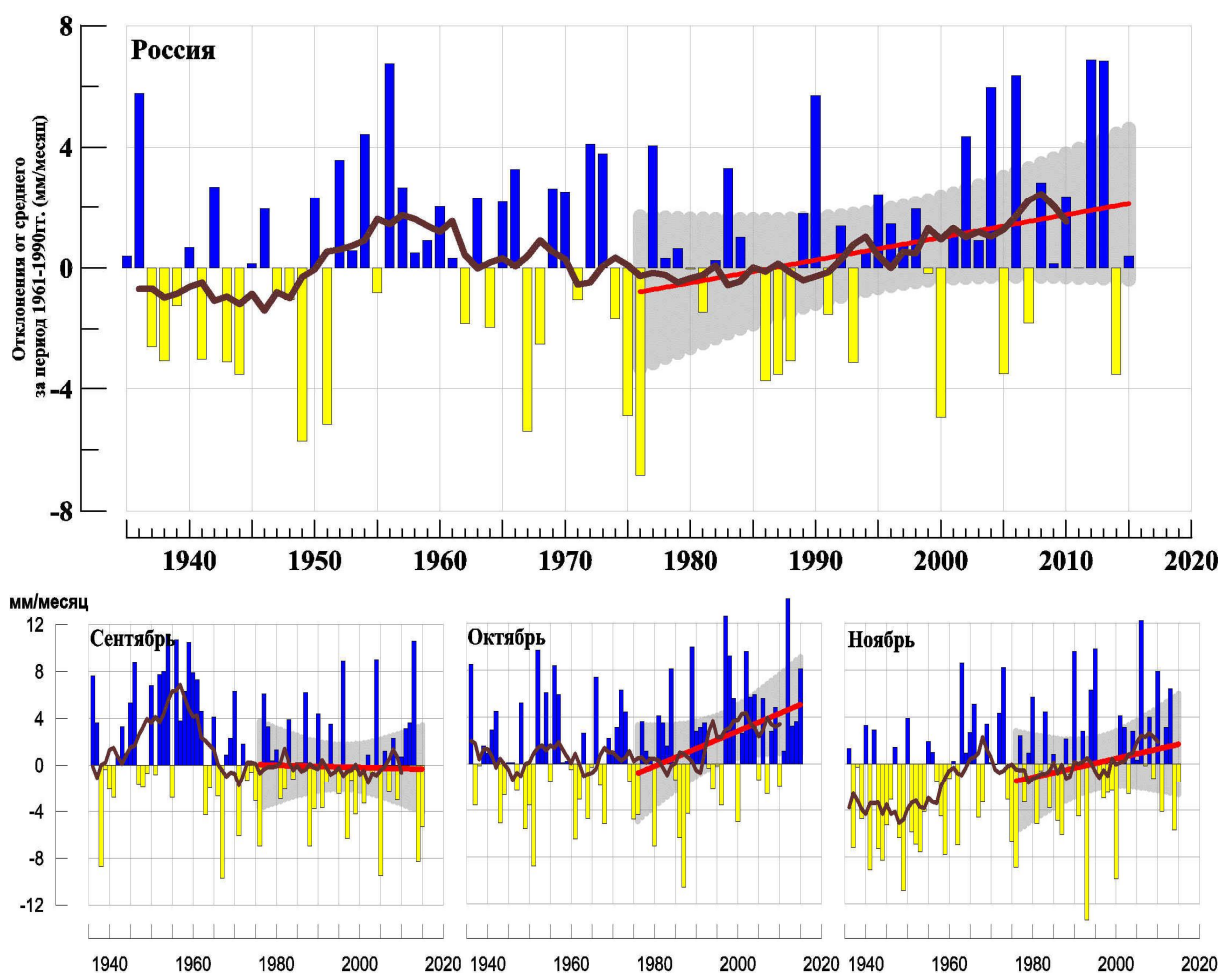


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

4. ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ОСЕННЕГО СЕЗОНА В РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА ПЕРИОД 1936-2015 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 – 2015 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2015 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 1976-2015 гг. (осенний сезон),

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

Регионы	Температура		Осадки		
	b $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D , %	b мм/мес/10 лет	b , %/10 лет	D , %
Россия	0.48	26	0.7	1.8	7
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.59	28	0.1	0.3	0
Азиатская часть России	0.44	19	1.0	2.6	17
Западная Сибирь	0.32	5	0.7	1.6	3
Средняя Сибирь	0.37	7	1.0	3.1	13
Прибайкалье и Забайкалье	0.23	5	0.7	2.4	3
Приамурье и Приморье	0.50	35	0.1	0.2	0
Восточная Сибирь	0.73	40	1.9	5.1	17
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.57	21	0.2	0.4	0
Центральный	0.60	26	-0.1	-0.1	0
Приволжский	0.65	25	-0.7	-1.5	1
Южный	0.55	23	0.9	2.0	1
Северно-Кавказский	0.45	17	1.8	3.2	2
Уральский	0.34	5	0.7	1.6	2
Сибирский	0.24	4	0.7	2.1	6
Дальневосточный	0.63	41	1.3	3.2	16
Крымский	0.54	26	1.4	3.7	1

Основная особенность изменения осенней температуры (рис. 4.1, 4.2) – рост температуры наблюдается во всех регионах. Но начало роста во всех регионах разный: в Европейской части России и в Западной Сибири – конец 1990-х гг., в Средней Сибири и в Восточной Сибири – середина 1970-х гг., в Прибайкалье и Забайкалье – середина

1960-х гг., в Приамурье и Приморье – середина 1980-х гг. Во всех регионах, начиная с 2000-х, заметно замедление роста температуры (сглаженная кривая на рис. 4.1 и 4.2).

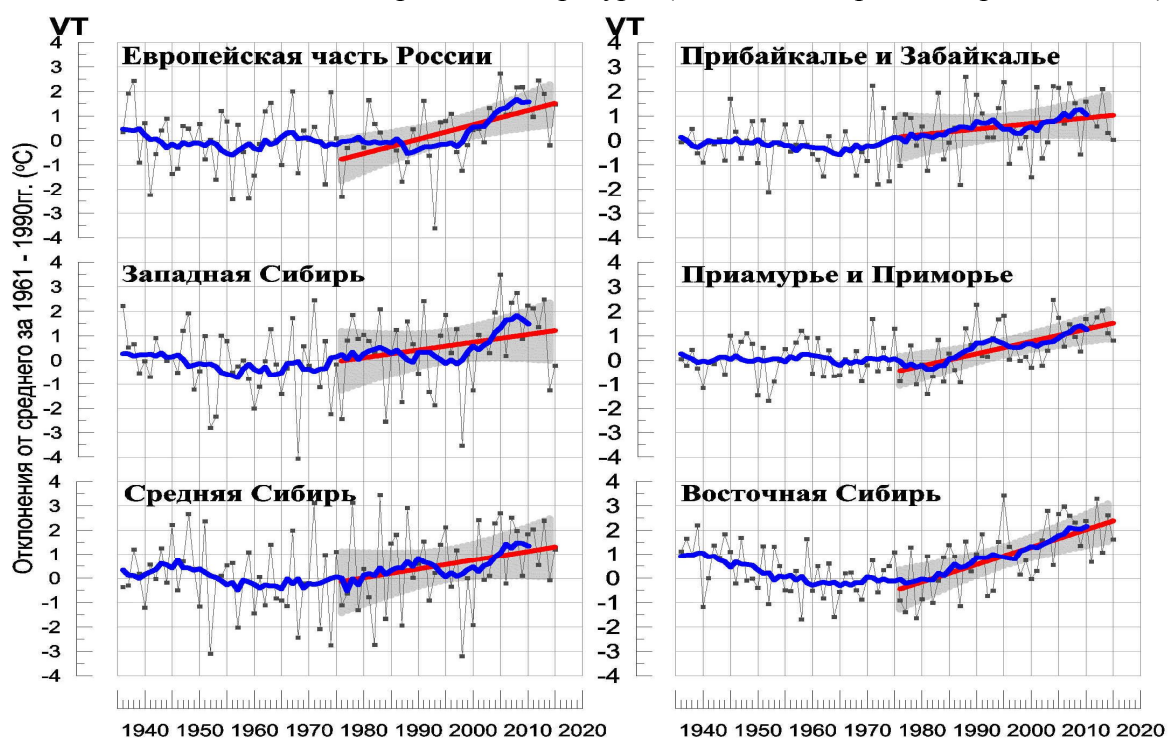


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ, осень 2015 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2015 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

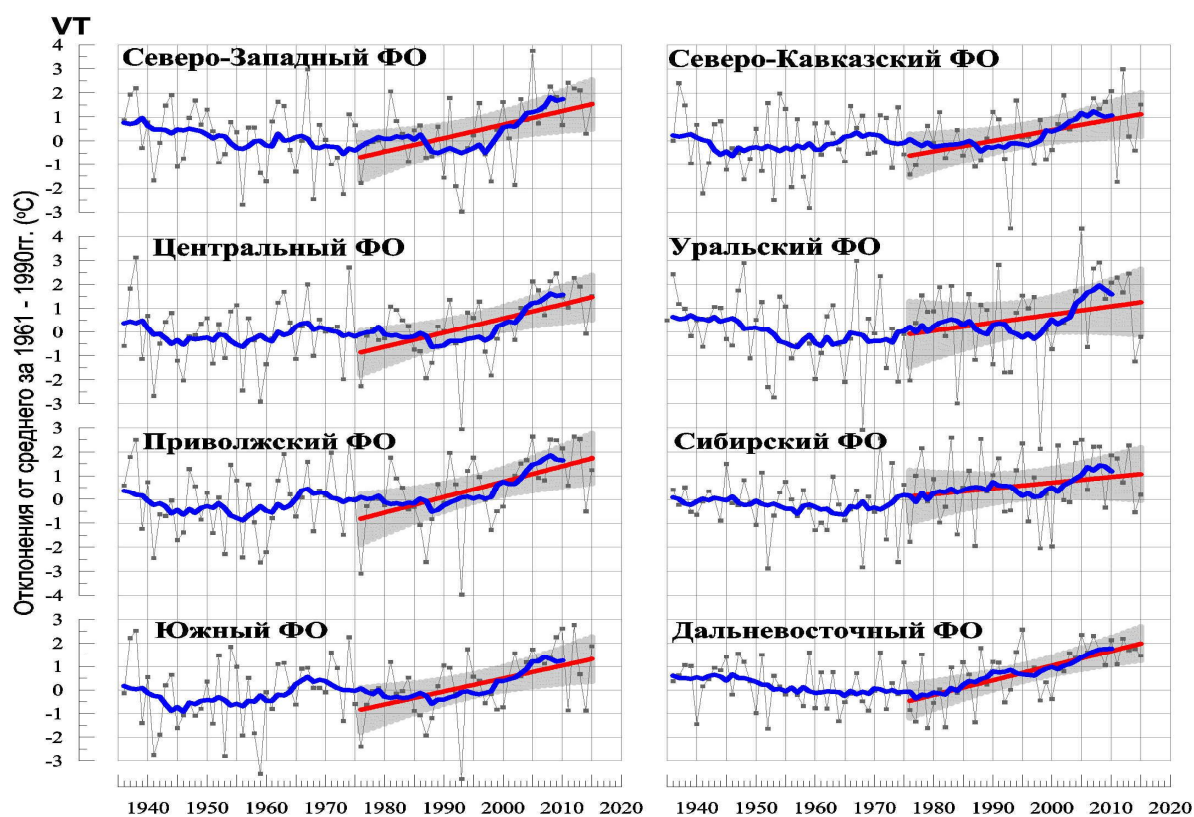


Рисунок 4.2 – То же, что на рис.4.1, но для федеральных округов

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

Монотонная тенденция изменения осадков (рис. 4.3, 4.4) за период современного потепления (с 1976 г.) прослеживается в регионах: Средняя Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье, Восточная Сибирь (Дальневосточный ФО) и Азиатская часть России в целом, где наблюдается увеличение осадков и тренд значим на уровне 5%. Значительный рост осадков осенью происходит в регионе Восточная Сибирь (тренд +1.9 мм/10 лет (5.1%/лет) объясняет 17% изменчивости ряда).

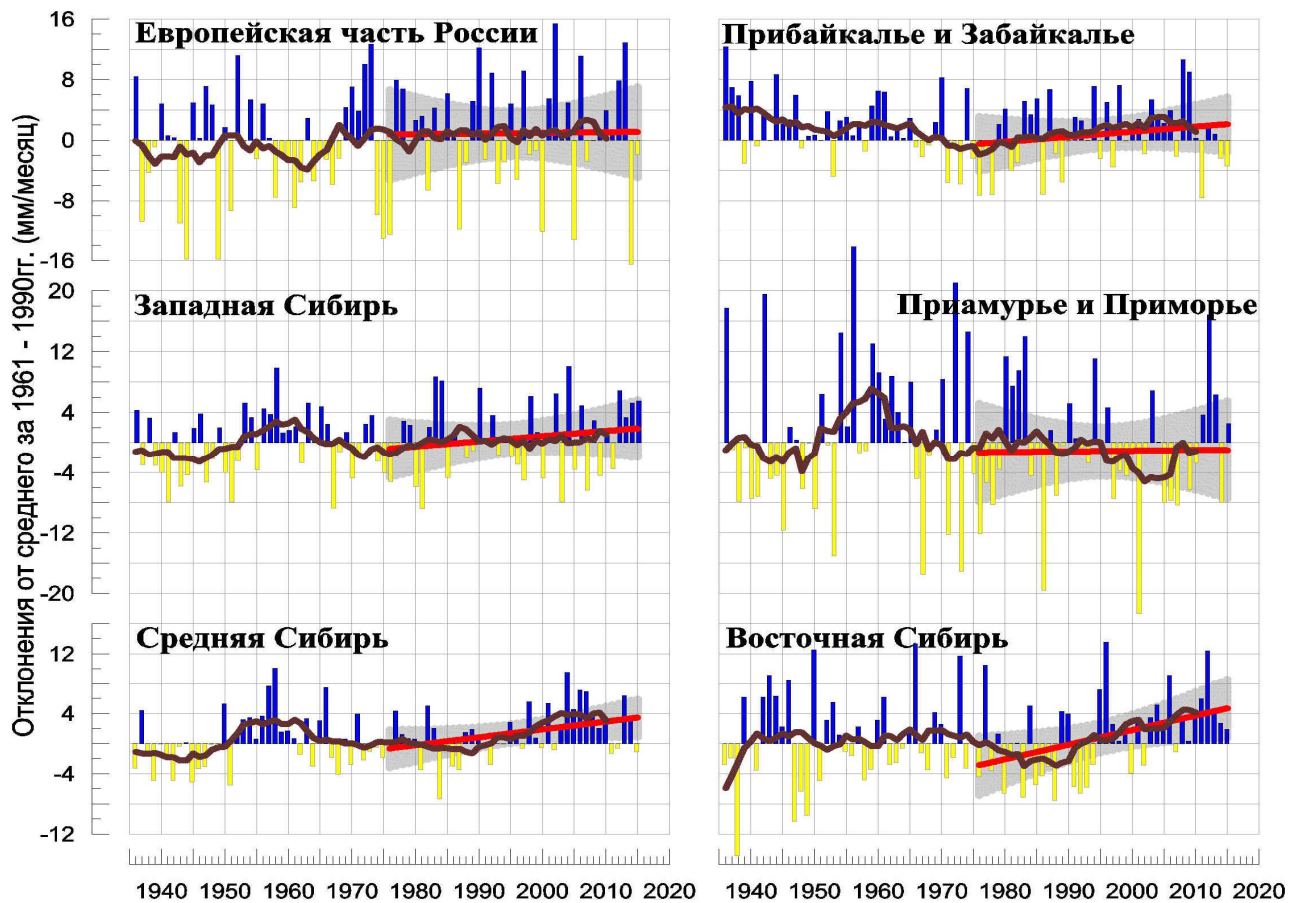


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ, осень 2015 гг.
Условные обозначения см. на рис. 4.1.

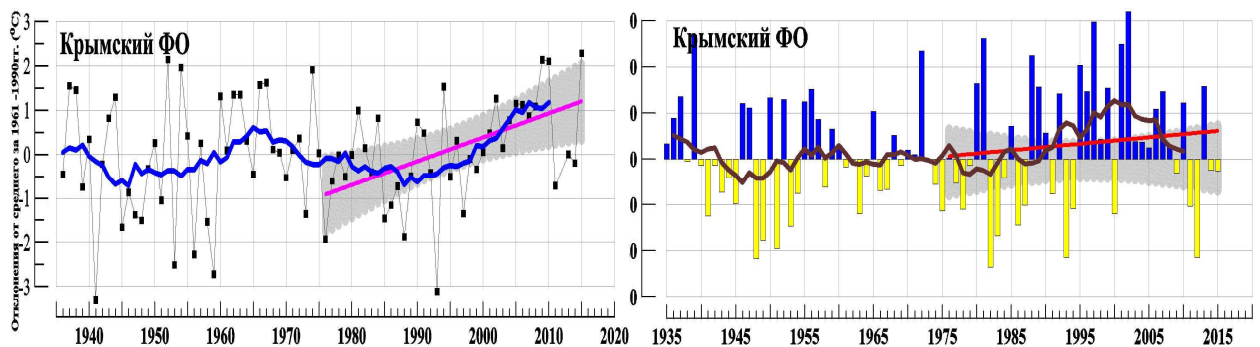


Рисунок 4.4 – То же, что на рис. 4.1 - 4.3, но для Крымского ФО.

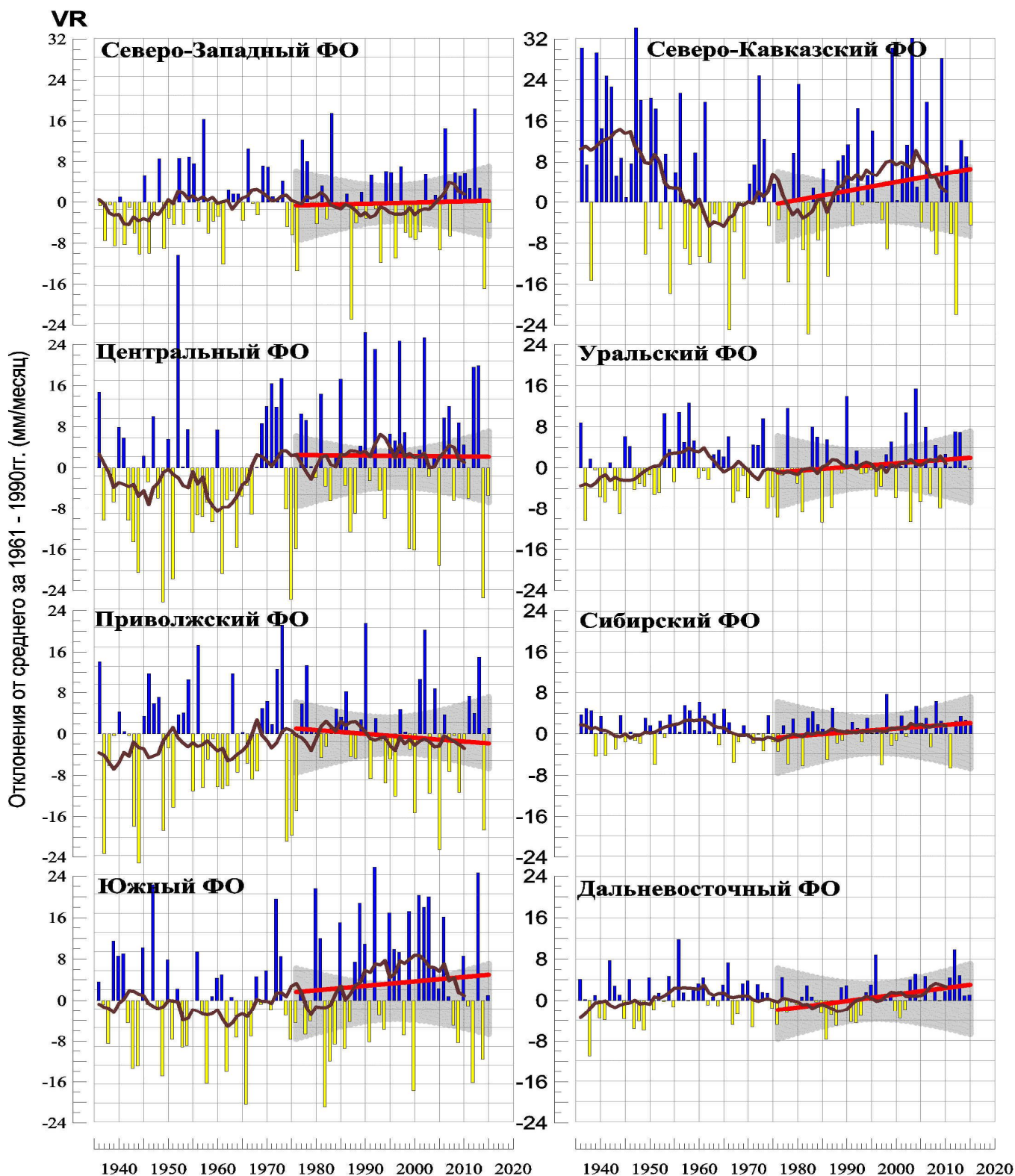


Рисунок 4.5 – То же, что на рис.4.3, но для федеральных округов

5. ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА РОССИИ, 1936-2015 гг. (осенний сезон)

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для осеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2015 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 2015 гг. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями составляла 25%, отрицательными аномалиями лишь 2%. С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2015 составляет 11.8% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 25%).

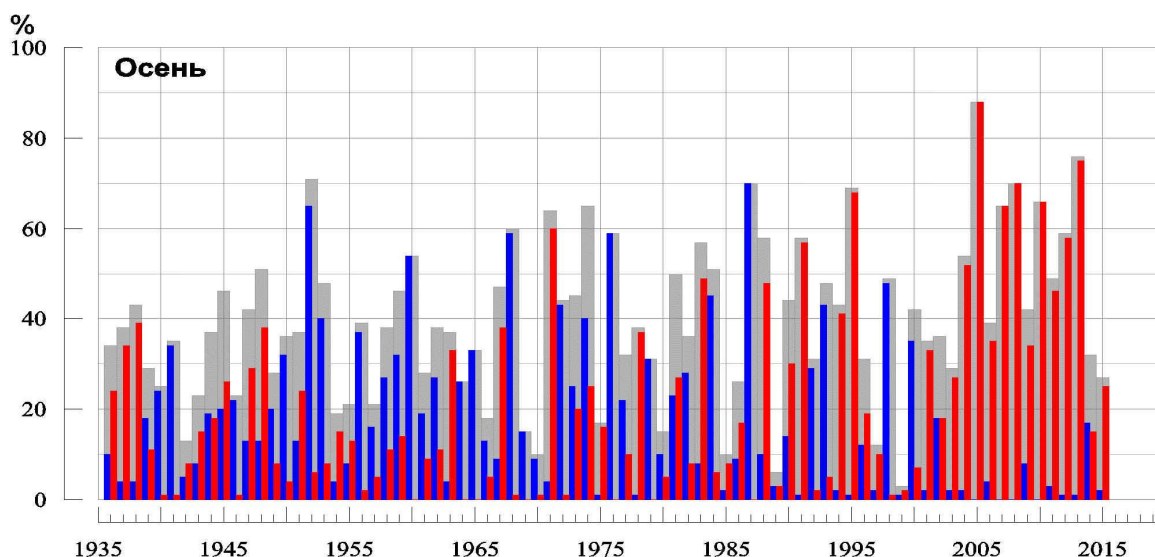


Рисунок 5.1 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями температуры, 1936-2015 гг. (осень):

— 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).

На рис.5.2 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше 2σ и ниже -2σ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует вероятности примерно 2.3% процента для каждого хвоста распределения).

Осенью 2015 года доля площади под экстремальными положительными аномалиями составила 0%, под отрицательными – 1% площади страны. Наиболее экстремальные теплые осенние сезоны наблюдались: в 2004 г. (11% площади занято экстремальными аномалиями), в 2005 (18% - наиболее экстремально жаркий осенний

сезон), в 2012 (8%), в 1990 (8%), в 1938 (8%). Экстремально холодные осенние сезоны наблюдались: в 1952 (27% площади занято экстремальными аномалиями, наиболее экстремально холодный осенний сезон), в 1968 (20%), в 1976 (12%), в 1982 (9%), в 1993 (26%), в 1998 (17%, это последний год, когда экстремумы холода преобладали).

С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается некоторое увеличение площади под экстремальными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2015 составляет 1.0% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 10%).

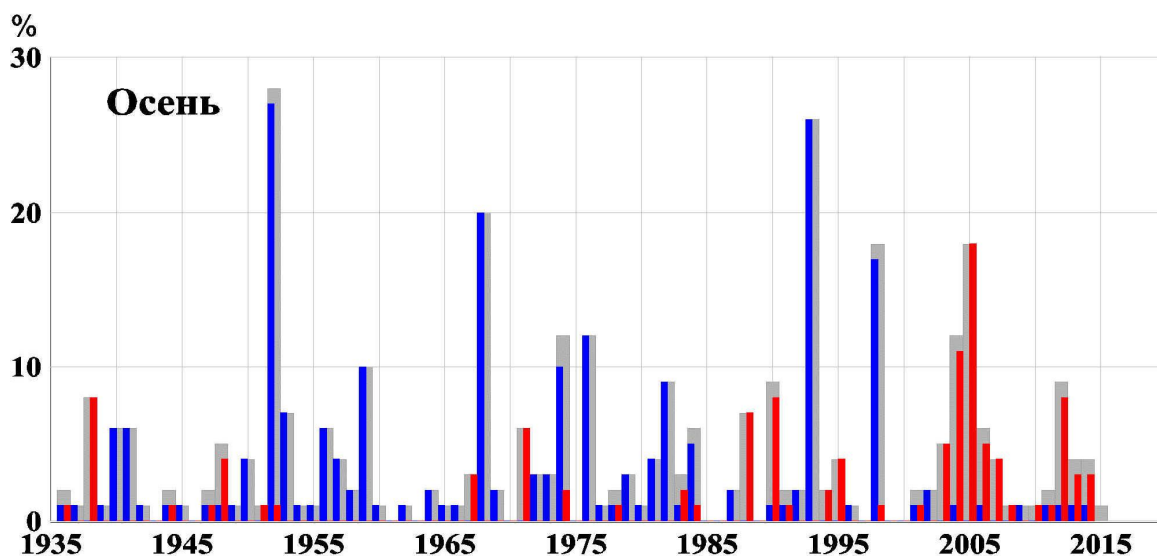


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры осенью, 1936-2015 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в осенний сезон растет – тренд объясняет 10% общей дисперсии ряда за 1976-2015 гг.

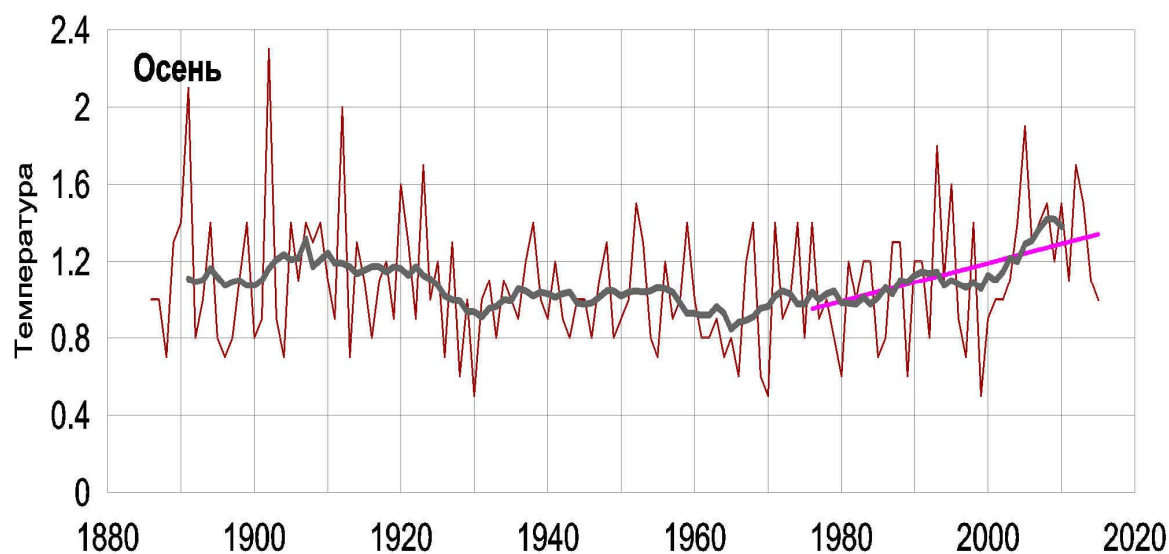


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России осенью 1886-2015 гг.

Осадки. Осенью 2015 г. площадь, занятая крупными аномалиями выше 80 перцентиля (рис. 5.4) составила 12%, ниже 20-го перцентиля – 13%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалиями выше 80-го перцентиля, тренд за период 1976-2015 составляет +2.2%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 13%: тренд значим на уровне 5%) и незначимое уменьшение площади под аномалиями ниже 20-го перцентиля, тренд за период 1976-2015 составляет -1.2%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 4%).

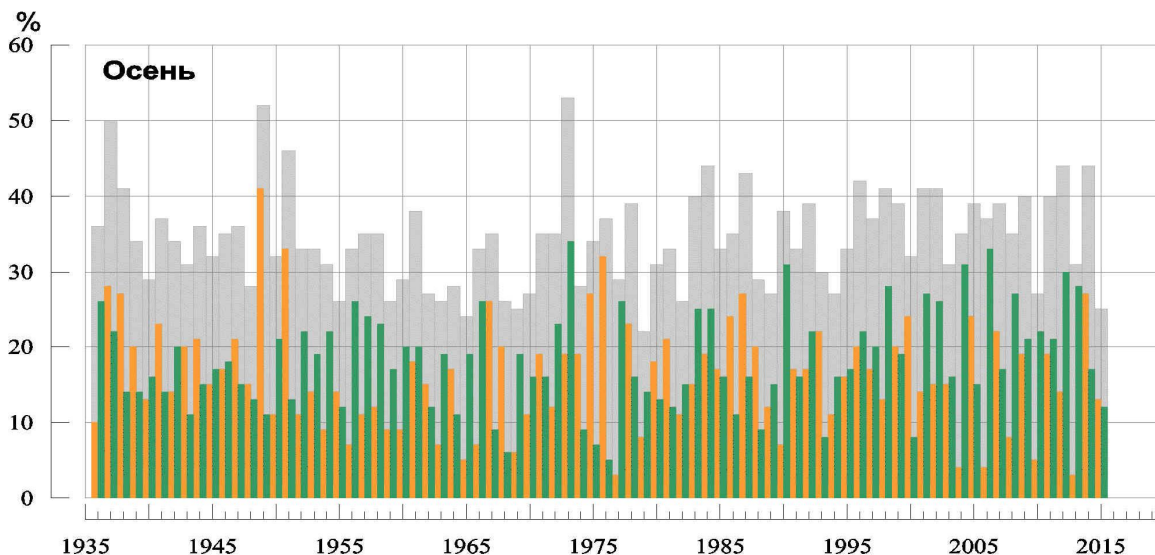


Рисунок 5.4 – Доля площади РФ (в процентах) с крупными сезонными аномалиями осадков, 1936-2015 гг. (осень):

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

ВЫВОДЫ

1. Осень для Северного полушария в целом была экстремально теплой: аномалия температуры воздуха над сушей СП $+1.29^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.24°C) – вторая величина с 1886 года после рекордного 2005 г. (1.33°C), значение соответствует значению, ожидаемому при потеплении: отклонение от линейного тренда около $+0.10^{\circ}\text{C}$.

2. Осень была выше климатической нормы (осредненная по территории РФ сезонная аномалия $+0.94^{\circ}\text{C}$ немного больше стандартного отклонения (0.90°C)). Тепло в ЕЧР и, далее, в северных и восточных районах АЧР (особенно на Таймыре и севере Среднесибирского плоскогорья). На юге Сибири было холодно (до -1.2°C на Урале).

3. Доля площади территории России, занятая крупными положительными среднесезонными аномалиями температуры (выше 80-го перцентиля), составила 25% (29-30 величина с 1936 года), а площади с экстремальными положительными аномалиями (выше 2σ) не было совсем.

4. Из месяцев сезона следует, прежде всего, отметить **сентябрь** (осредненная по РФ аномалия температуры 1.27°C – ранг 7): экстремально тепло (температуры выше 95-го перцентиля) всюду в европейской части России (аномалия 3.19°C – ранг 2), осредненные по федеральным округам ЕЧР аномалии температуры среди пяти самых крупных. В АЧР тепло (аномалии до 2.8°C) на западе Западной Сибири, на севере, вдоль побережья морей Тихого океана, в районе Байкала, в горах Дальнего Востока. Холодно в центре и на юге Сибирского ФО (до -1.4°C на юге Якутии).

Ноябрь – очень контрастный месяц в сезоне. Очень тепло (аномалии до 8.3°C) на севере АЧР, особенно тепло на Таймыре, тепло в ЕЧР (аномалии 3.3°C на юге).

На юге Сибири очень холодно (аномалии в районе Байкала до -5°C). Холодно (аномалии до -2.5°C) также в Корякском АО, на Камчатке.

В **октябре** холодно (аномалии до -2.1°C) на большей части ЕЧР (осредненная по ЕЧР аномалия -0.56°C , холодно было во всех федеральных округах ЕЧР, кроме Северо-Западного ФО) и на большей части Западной Сибири. На большей части АЧР тепло, особенно (аномалии до 5.6°C) на севере Среднесибирского плоскогорья и на Таймыре, на Чукотке. Очень тепло (аномалии до 3.3°C) в Саянах.

5. Осенью в среднем по РФ выпало 101% нормы осадков. Значительный избыток (более 95-го перцентиля или более полутора норм) осадков наблюдался в Поволжье и, далее, в южных районах Западной и Средней Сибири, в дельте Амура.

Дефицит осадков (менее 80% нормы) наблюдался на западе и в центре ЕЧР, в центральных районах АЧР, в районе Байкала и в Приморье (на ряде станций выпало менее 5-го перцентиля осадков).

6. Осенью площадь, занятая крупными аномалиями осадков ниже 20-го перцентиля – 13%, выше 80 перцентиля - 12%.

7. В **сентябре** сильный дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в южных районах ЕЧР (осредненные по Южному, Северо-Кавказскому, Крымскому ФО осадки - среди пяти наименьших), в Южном Урале, на юге Дальнего Востока.

Значительный избыток осадков (более 120% нормы) наблюдался в центре и на юге Сибирского ФО, а также в низовьях Яны, Индигирки, Колымы и во многих районах вдоль побережья морей Тихого океана.

В **октябре** осредненные по АЧР: 131% нормы – рекордная величина с 1936 года. Экстремальное (более 95-го перцентиля) количество осадков выпало в регионах: Приамурье и Приморье (177% нормы – 3-ья величина с 1936 года, на большинстве станций здесь выпало более 2-х норм, Восточная Сибирь (147% нормы - 3-ья в ряду)

На западе ЕЧР наблюдался сильный дефицит осадков (менее 40%, на ряде станций менее 5-го перцентиля).

Особенность **ноября**: значительный избыток осадков в южных районах ЕЧР (экстремальное количество осадков выпало в Приволжском ФО: 137% нормы – 7-ая величина с 1936 г.) и, далее, на юге АЧР (до течения Амура), особенно на Алтае (выпало более 95-го перцентиля).

Дефицит осадков в **ноябре** (менее 80% нормы, на ряде станций менее 5-го перцентиля) наблюдался на северном Урале и, далее, полосой по центральным районам АЧР до Чукотки и Камчатки, а также в Приамурье и Приморье (осредненные по региону осадки 49% нормы – 5-ая минимальная величина в ряду) и на Сахалине.

9. 6. В целом по России линейный тренд осенней температуры воздуха за период 1976-2015 гг. составил $+0.48^{\circ}\text{C}/10$ лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 26%, что значительно выше, чем в среднем для суши Северного полушария ($+0.35^{\circ}\text{C}/10$ лет, дисперсия ряда 72%). Основные тенденции климатических изменений температуры в осенний сезон: температуры растут на всей территории страны; наиболее значительный рост наблюдается в Среднем Поволжье, в Восточной Сибири ($+0.6^{\circ}\text{C}$ - $+1.3^{\circ}\text{C}/10$ лет). В полосе от Обской губы до Байкала рост температуры минимальный.

Наиболее значительное увеличение температуры происходит в октябре – тренд от $+0.4^{\circ}\text{C}$ до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет на всей территории страны, а также в ноябре – в Восточной Сибири от $+0.6^{\circ}\text{C}$ до $+1.8^{\circ}\text{C}/10$ лет.

В ноябре в полосе от Северного Урала до Байкала тренд температуры отрицательный (до $-0.6^{\circ}\text{C}/10$ лет).

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

10. Тренд осенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет $+1.8\%$ /10 лет, объясняет 7% межгодовой изменчивости.

Рост осадков осенью происходит в регионе Средняя Сибирь (тренд $+3.1\%$ /10 лет объясняет 13% изменчивости ряда), В Прибайкалье и Забайкалье ($+2.4\%/10$ лет, 3%), в Восточной Сибири ($+5.1\%/10$ лет, 17%) и Дальневосточном ФО ($+3.2\%/10$ лет, 16%). В остальных регионах вклад тренда в общую изменчивость осадков незначителен.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального климата и экологии»

Обзор состояния и тенденций изменения климата на территории Республики Беларусь



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) осенью 2015 г. и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется в рамках сотрудничества по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых 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 2015 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 2015 г.

В таблицах 2 и 3 приведены станционные данные о наблюдаемой температуре и осадках для каждого месяца рассматриваемого летнего сезона и для сезона в целом, а на рисунках 1 и 2 – соответствующие этим данным распределения аномалий (поля изолиний), также для сезона и для каждого из месяцев. В таблицах 4 и 5 приведены аномалии температуры и осадков, а также оценки трендов, в среднем по всей территории республики Беларусь.

Осенью (рис. 1) сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики составила 1.37°C – 7-ая положительная величина в ряду. На всех станциях республики аномалии температуры были выше нормы, от $+1.26^{\circ}\text{C}$ (в Пинске) до $+1.77^{\circ}\text{C}$ (в Гомеле).

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси летом 2015 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) температура (град. Цельсия)							
Осень	7.1	7.9	7.1	9.2	8.9	8.1	8.5
Сентябрь	14.0	14.5	14.2	15.4	15.5	15.5	16.1
Октябрь	4.7	5.4	4.4	7.0	6.6	5.2	5.9
Ноябрь	2.7	3.8	2.8	5.1	4.6	3.6	3.5
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
Осень	1.63	1.64	1.29	1.26	1.65	1.27	1.77
Сентябрь	3.03	2.77	2.65	2.32	2.94	3.06	3.54
Октябрь	-0.91	-0.88	-1.40	-0.94	-0.65	-1.64	-0.77
Ноябрь	2.76	3.04	2.62	2.40	2.67	2.38	2.55

Сентябрь был аномально теплым, аномалии от 2.32°C (в Бресте) до 3.54°C (в Гомеле). На всех станциях (кроме Бреста) температуры на станциях были выше 95-го перцентиля. Осредненная по территории республики сентябрьская аномалия 2.81°C – 3-ья величина в ряду после рекордного 1937 (3.07°C) и 1994 (3.05°C).

Ноябрь – также был теплым месяцем, на всех станциях республики аномалии температуры были выше нормы, аномалии от 1.38°C (в Василевичах) до 3.04°C (в Минске).

Октябрь - холодный месяц в сезоне, аномалии от -1.64°C (в Василевичах) до -0.65°C (в Пинске).

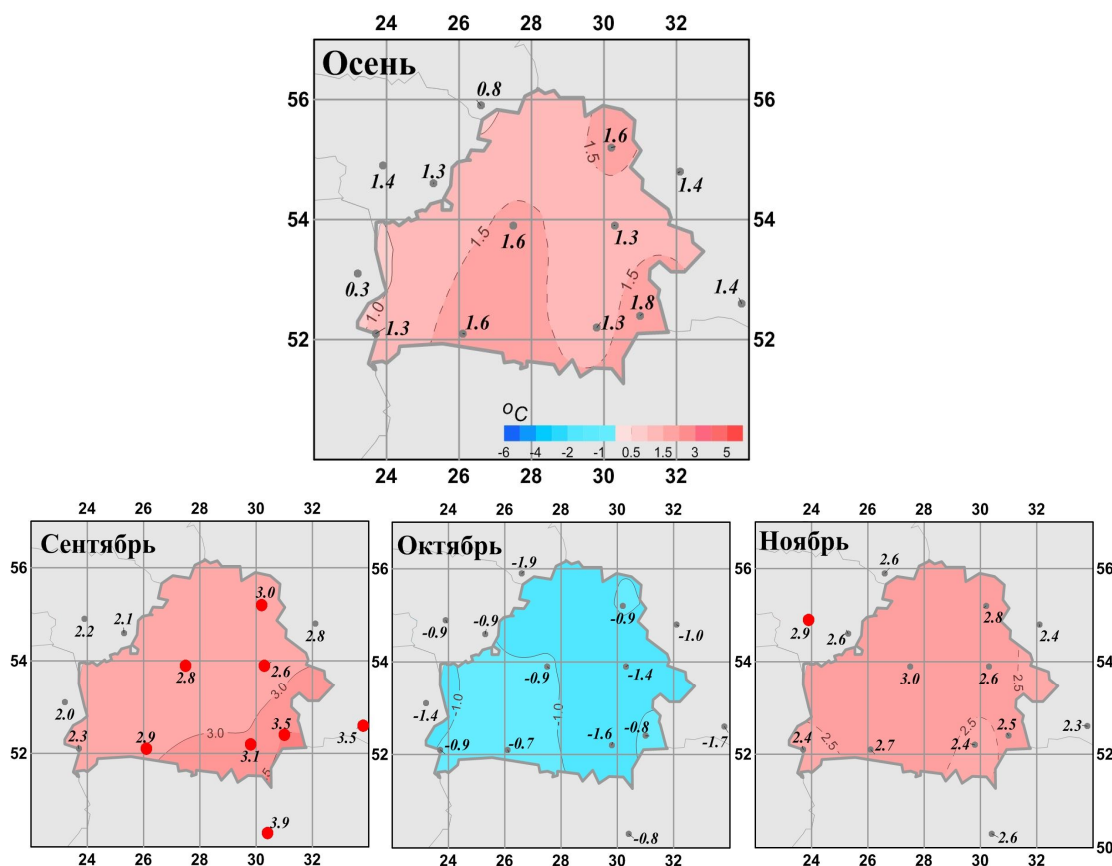


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры (°C) приземного воздуха на территории республики Беларусь осенью.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны станционные экстремумы – выше 95-го перцентиля

Осенью (рис. 2) осредненные по территории республики осадки составили 112% сезонной нормы – 29 величина в ряду.

Осенью на всех станциях осадков выпало больше нормы, от 107% нормы на юго-востоке (в Гомеле) до 141% на юго-западе (в Пинске).

В сентябре на большей части республики наблюдался значительный избыток осадков, особенно значительный на юго-западе (в Бресте выпало 197% нормы, в Пинске - 195%), лишь на юго-востоке в Василевичах (95%) и в Гомеле (102%) осадков выпало немного меньше нормы и около нормы.

В ноябре также наблюдался избыток осадков, на большинстве станций выпало более полутора месячных норм осадков (кроме станции Брест на юго-западе республики). Максимальное количество осадков выпало в Пинске (182% нормы).

Октябрь. На большей части республики наблюдался сильный дефицит осадков, наиболее значительный на севере (в Витебске выпало лишь 25% месячной нормы). На юго-западе количество выпавших осадков было выше нормы (в Бресте выпало 115% нормы).

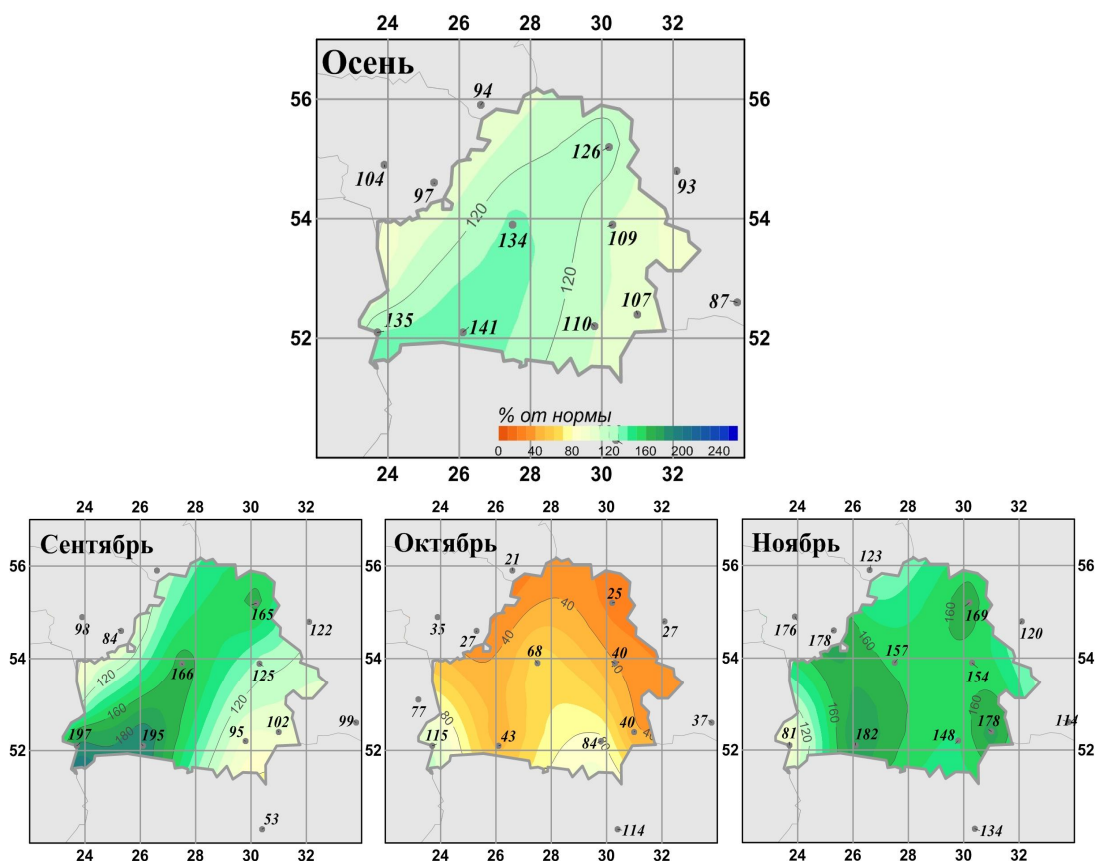


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь осенью.

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

Красным кружком показан стационарный экстремум – ниже 5-го процентиля

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси осенью 2015 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)							
<i>Осень</i>	70.7	71.3	53.3	59.7	66.7	51.0	48.0
Сентябрь	107	100	68	101	103	47	49
Октябрь	12	32	18	40	20	34	17
Ноябрь	93	82	74	38	77	72	78
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)							
<i>Осень</i>	14.7	18.2	4.3	15.4	19.4	4.8	3.1
Сентябрь	42.2	39.8	13.8	49.8	50.2	-2.7	1.1

Октябрь	-36.1	-14.9	-26.7	5.2	-26.6	-6.4	-25.9
Ноябрь	38.1	29.6	25.9	-8.8	34.6	23.5	34.1
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
<i>Осень</i>	<i>126</i>	<i>134</i>	<i>109</i>	<i>135</i>	<i>141</i>	<i>110</i>	<i>107</i>
Сентябрь	165	166	125	197	195	95	102
Октябрь	25	68	40	115	43	84	40
Ноябрь	169	157	154	81	182	148	178

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2015 гг.

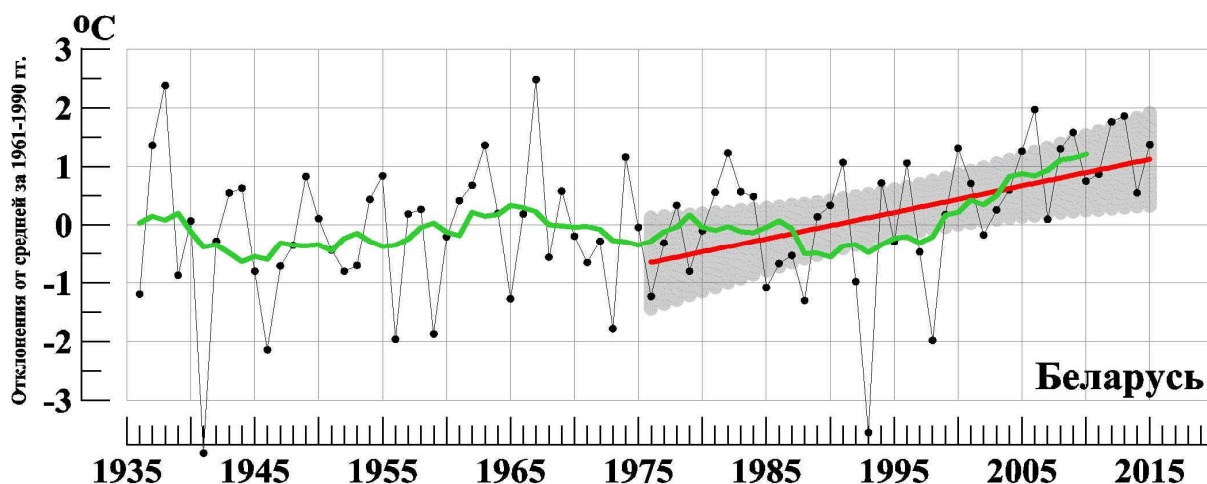


Рисунок 3 - Сезонные (сентябрь - ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2015 гг.

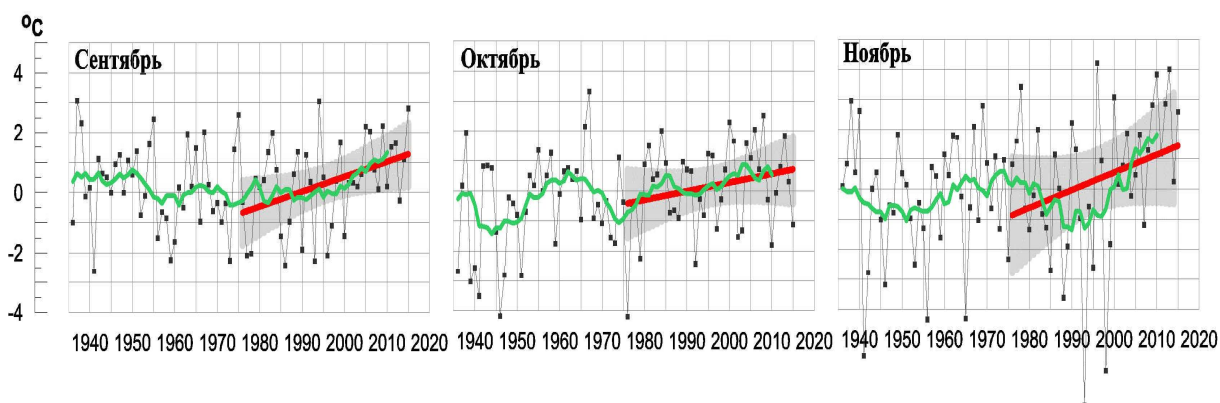


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Условные обозначения см. на рисунке 3.

Тренд осенних температур, в среднем по территории Беларуси, составил $+0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 22% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд положителен. Наибольшее потепление наблюдается в ноябре: $+0.54^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 7% дисперсии ряда, не значим на уровне 1%).

В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил $+0.6$

мм/месяц/10 лет. Вклад трендов осадков в суммарную изменчивость за сезон и за все месяцы сезона статистически незначим даже на 5%-ом уровне значимости. В сентябре осадки убывают, в октябре (особенно) и в ноябре осадки возрастают.

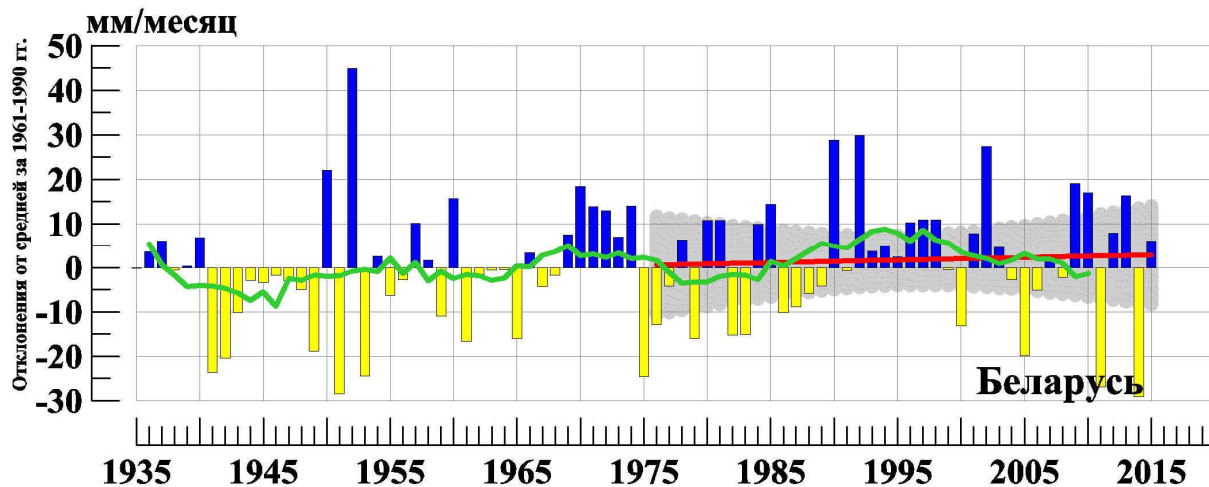


Рисунок 5 - Сезонные (сентябрь - ноябрь) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.

Условные обозначения см. на рис. 3

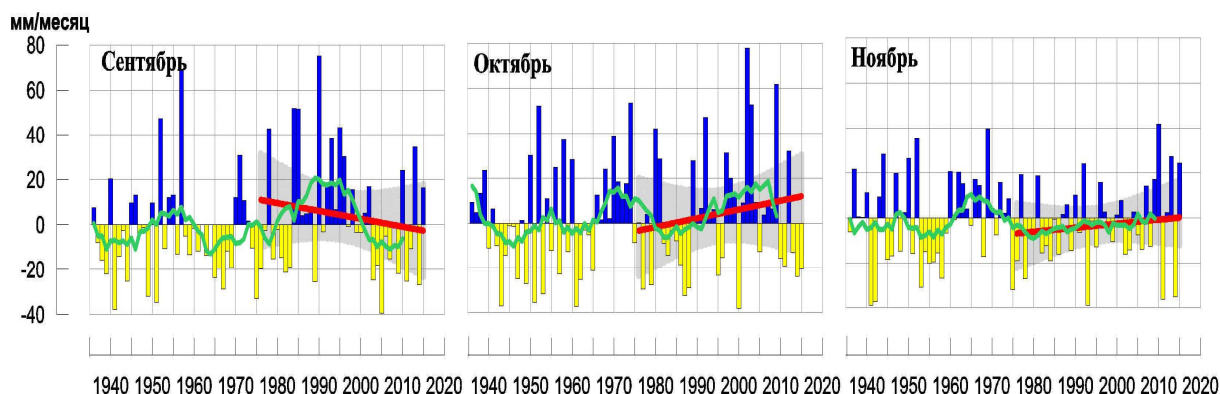


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.

Условные обозначения см. на рисунке 3.

Таблица 4

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

	νT_{2015}	s	νR_{2015}	s
Осень	1.37	0.92	6.0	12.7
Сентябрь	2.81	1.40	16.4	26.4
Октябрь	-1.11	1.46	-20.5	23.5
Ноябрь	2.59	1.88	24.4	16.3

Примечание: Аномалии νT_{2015} ($^{\circ}C$), νR_{2015} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), s ($^{\circ}C$, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2015 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2015}$ °C/10 лет	$D_{1976-2015}$ %	$b_{1976-2015}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2015}$ %
Осень	0.45	22	0.6	0
Сентябрь	0.49	16	-3.5	2
Октябрь	0.29	5	3.9	2
Ноябрь	0.59	7	1.8	1

ВЫВОДЫ

1. Осень в Беларуси была теплой, сезонная аномалия температуры, осредненная по территории республики $+1.37^{\circ}\text{C}$ – 7-ая положительная величина в ряду. На всех станциях наблюдались аномалии более 1.3°C .

2. Экстремально тепло в сентябре, осредненная по территории республика аномалия: 2.81°C – 3-ья величина в ряду. На всех станциях (кроме Бреста) температура на станциях была выше 95-го перцентиля.

В ноябре осредненная по территории республика аномалия: 2.59°C – 11-ая величина в ряду. В октябре холодно, осредненная по территории республики аномалия: -1.11°C .

3. Лето в Беларуси было умеренно влажным, осредненные по территории республики осадки составили 112% сезонной нормы –29 величина в ряду.

В сентябре (аномалия 16.4 мм/месяц) и в ноябре (аномалия 24.4 мм/месяц – 7-ая величина в ряду) на большей части республики наблюдался значительный избыток осадков.

В октябре (аномалия -20.5 мм/месяц) на большей части республики наблюдался сильный дефицит осадков.

4. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон (линейный тренд составил $0.45^{\circ}\text{C}/10$ лет, ответствен за 22% дисперсии), так и в отдельные осенние месяцы. Наибольшее потепление наблюдается в ноябре: тренд составил $+0.59^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 7% дисперсии ряда).

В целом для Беларуси отмечается слабая тенденция к увеличению осадков, линейный тренд составил 0.6 мм/месяц/10 лет, рост осадков отмечается в октябре и ноябре, в сентябре отмечается уменьшение осадков. За сезон в целом и во все месяцы осени тренд осадков не значим даже на 5%-ом уровне значимости.