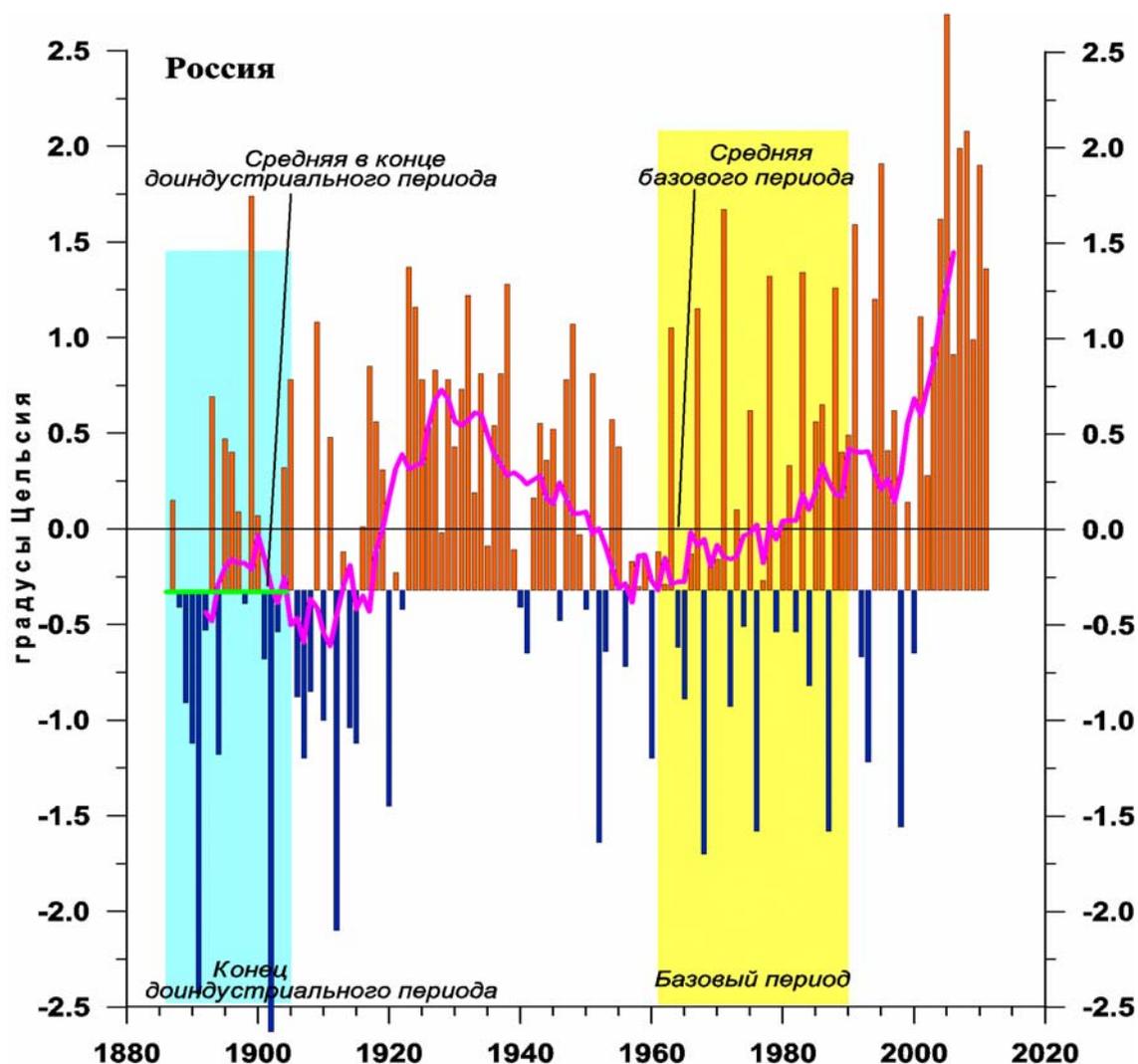


ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2011

ОСЕНЬ: сентябрь - ноябрь

Обзор состояния и тенденций изменения  
климата России

★  
Москва 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ<sup>1</sup>

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ .....	5
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2011 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ .....	6
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ (осень: сентябрь – ноябрь) .....	13
4. ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ ОСЕННЕГО СЕЗОНА В 1936-2011 гг. ....	16
5. ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОСЕННЕМУ СЕЗОНУ, 1936-2011 ГГ.	19
ВЫВОДЫ .....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности осени 2011г. на территории Республики Беларусь .....	23

---

<sup>1</sup> На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2011 гг. (осень: сентябрь - ноябрь)

*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 ИГКЭ. 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 261 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 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.



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

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 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.



**Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации**

Аналогичным образом, по данным о стационарных «нормах» (средних многолетних за базовый период) для каждого региона рассчитываются регионально осредненные «нормы». Региональные средние значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных «норм» и регионально осредненных аномалий (этот алгоритм уменьшает смещение средних, вызываемое пропусками в рядах наблюдений). Эти региональные средние значения самих климатических переменных используются при вычислении нормированной аномалии температуры и аномалии осадков в процентах от нормы.

В Приложении приводятся данные мониторинга климата на территории Республики Беларусь, подготовленные в рамках проекта 3.1 «Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства».

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 бюллетени мониторинга климата регулярно размещаются на Интернет-сайтах <http://climatechange.igce.ru>, <http://climatechange.su> (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»).

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

# 1. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности Земли (осень: июнь-август), осредненных по территории Земного шара (континенты и океаны), континентов Северного полушария (СП) и России. Ряд для Земного шара построен по ежемесячным данным о глобально осредненной аномалии приповерхностной температуры Университета Восточной Англии (массив hadcrut3gl.txt на сайте [www.cru.uea.ac.uk](http://www.cru.uea.ac.uk)). Этот ряд получен осреднением аномалии температуры воздуха у поверхности (2м) суши и аномалии температуры воды у поверхности океана. Аномалия температуры воздуха над сушей СП рассчитана также в Университете Восточной Англии по данным наблюдений на станциях глобальной метеорологической сети. Временной ряд для территории России рассчитан по стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН».

В среднем по Земному шару аномалия приповерхностной температуры осенью 2011 гг. составила  $+0.33^{\circ}\text{C}$ . Аномалия температуры воздуха над сушей СП составила  $+0.89^{\circ}\text{C}$ : это очень высокое значение (5-е место в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1886 года).

В целом по России температура приземного воздуха осенью 2011 г. оказалась значительно выше нормы 1961-1990 гг.: аномалия  $+1.36^{\circ}\text{C}$ . Это 11-я величина в ряду наблюдений с 1886 года; однако, она не представляется необычной для последнего десятилетия, в котором для 5 лет наблюдались аномалии, ее превосходящие.

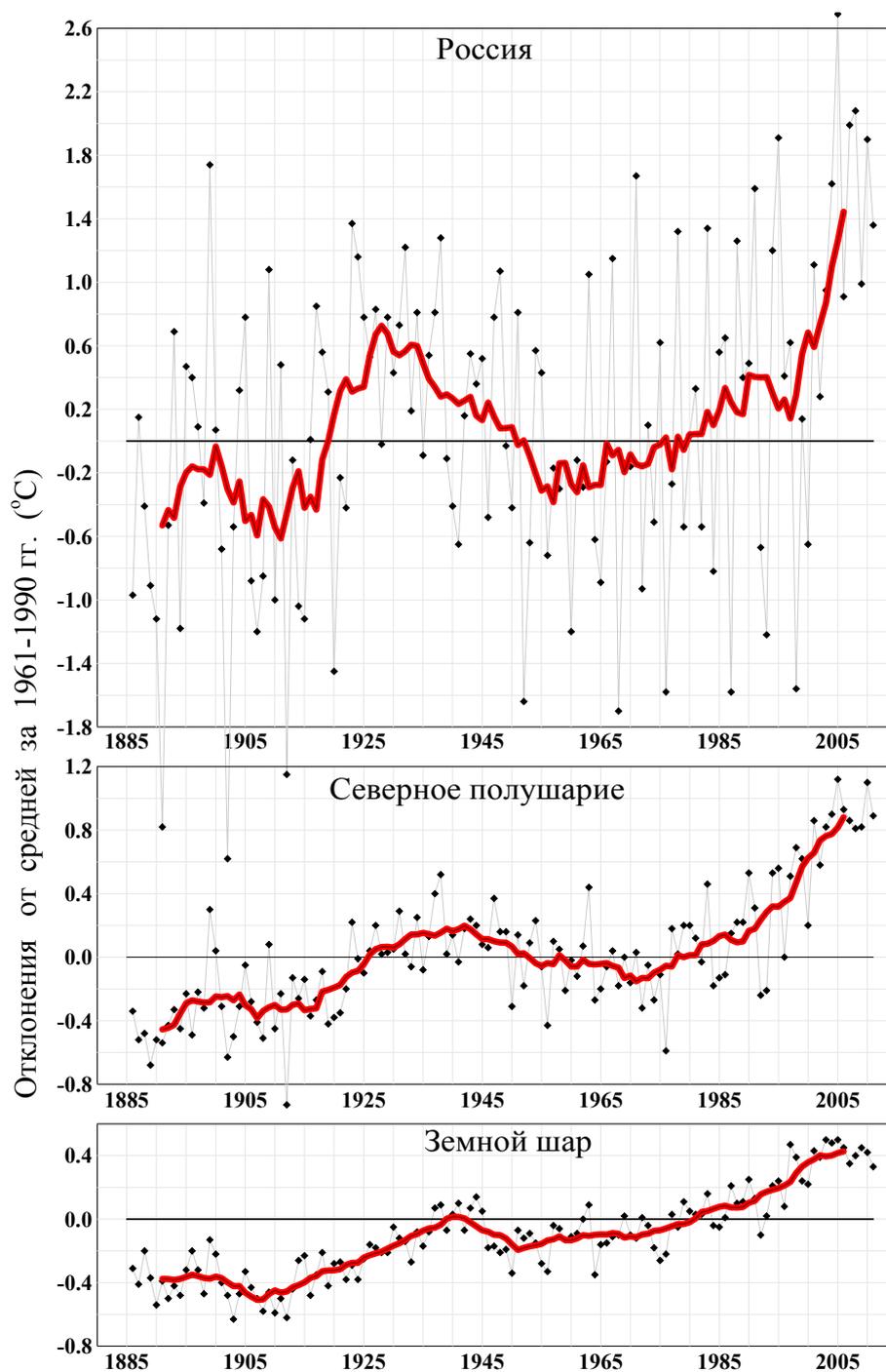
Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений осенних температур за период 1976-2011 гг. (современное глобальное потепление) в среднем для Земного шара, СП и России, приведены в табл. 1.1. Хотя начало современного потепления и принято относить к середине 1970-х годов, сглаженные кривые на рис.1.1 указывают на более раннее начало потепления для осенних сезонов (в особенности – для Земного шара в целом и территории РФ).

**Таблица 1.1**

Сезонные (осень 2011 года) аномалии и оценки линейного тренда осредненной по Земному шару приповерхностной температуры и по СП и России - температуры приземного воздуха за период 1976-2011

Регионы мира	$\nu T_{\text{осень } 2011}, ^{\circ}\text{C}$	1976-2011	
		$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
Земной шар	0.33	0.16	70
СП	0.89	0.33	64
Россия	1.36	0.53	25

**Примечание:**  $\nu T$  – аномалия температуры,  $b$  – коэффициент линейного тренда,  $D$  - вклад тренда в дисперсию

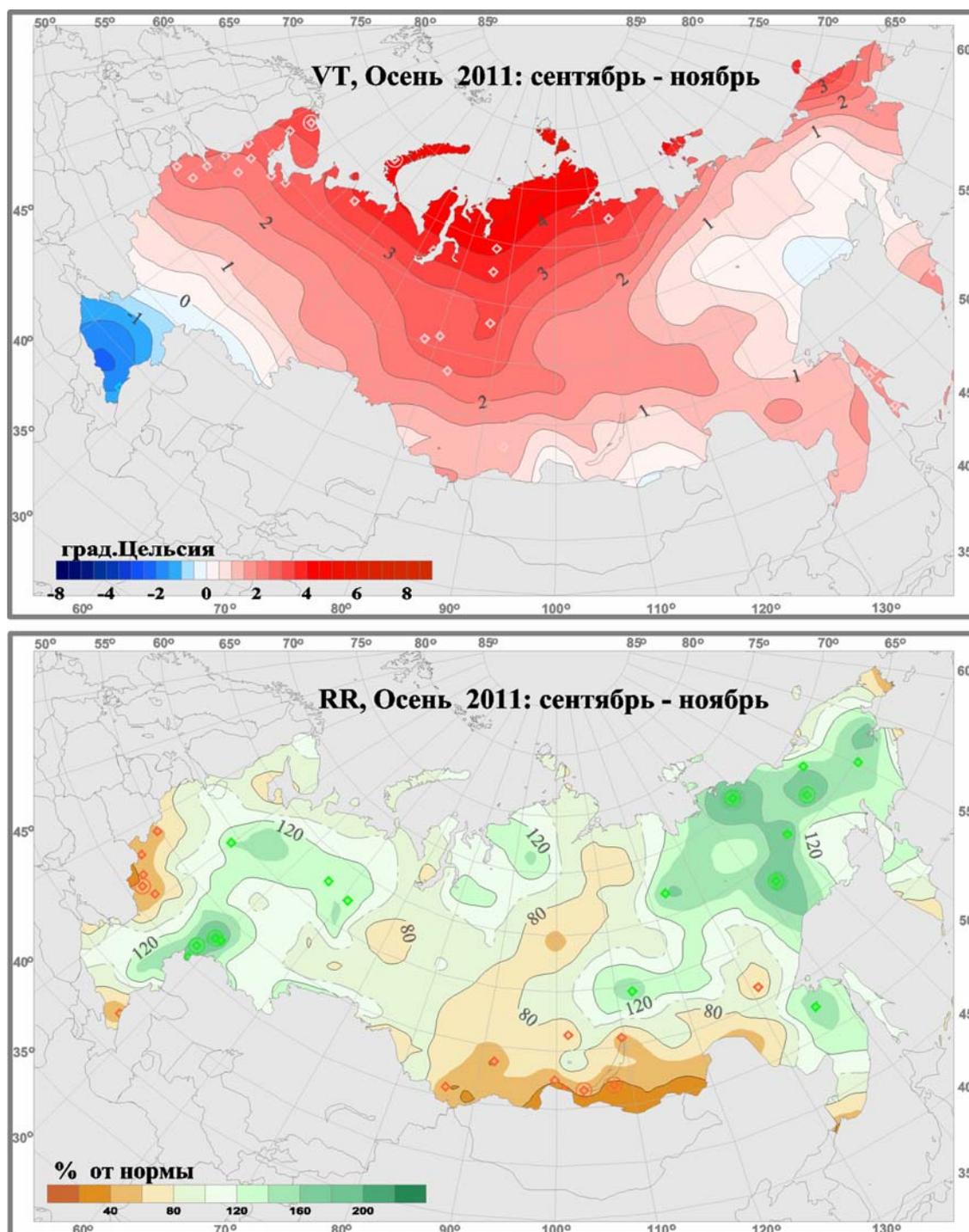


**Рисунок 1.1** – Сезонная аномалия (осень: сентябрь–ноябрь) приповерхностной температуры, осредненная по Земному шару, Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2011 гг.

*Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Использованы данные Университета Восточной Англии (Земной шар, СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).*

## 2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕНИ 2011 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 представлены распределения сезонных аномалий температуры и осадков осенью 2011 г. на территории России.



**Рисунок 2.1** – Поля аномалий средней сезонной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ , сверху) и сезонных сумм осадков (% от нормы, внизу) на территории России осенью 2011 года с указанием локализации экстремальных аномалий.

*Нормы рассчитаны за 1961-1990 гг. Значения 5-го- и 95-го перцентилей получены по данным за 1936-2010 гг. Разъяснения к рисунку см. в тексте*

На этих же картах показано местоположение станций, где значения метеорологической величины попали в нижние и верхние 5% соответствующих эмпирических распределений (процентили 5% и 95%). Экстремумы на рисунке показаны значками того же цвета, что и аномалии. Станции, для которых значение 2011 г. оказалось «рекордным» за период наблюдений с 1936 г., выделены на рисунке дополнительным кружком.

Положительные аномалии температуры занимали почти всю территорию страны (исключение – южные районы ЕЧР и северное побережье Охотского моря). Очень тепло было на побережье Карского моря (до +4.2°C). Положительные сезонные экстремумы наблюдались на северо-западе ЕЧР, в Западной Сибири, на Сахалине. В предгорьях Кавказа осенью температуры были ниже нормы (аномалии до – 1.9°C).

Избыток осадков наблюдался в ряде областей ЕЧР, особенно в Поволжье между 50-55°с.ш. (выпало 120%-140% нормы, на некоторых станциях наблюдались 95% экстремумы). Обширная область избытка осадков наблюдалась на Дальнем востоке: в Якутии, на Чукотке, Магаданской области и Хабаровском крае (120%-160% нормы, на ряде станций - 95% экстремумы и рекордные значения).

Обширная область дефицита осадков охватывала восточную и южную части Сибирского ФО (выпало 80%-60%, на одиннадцати станциях зафиксирован 5% экстремум). Другая область дефицита осадков (80%-60%) располагалась на западе страны в областях, пограничных с Украиной и Белоруссией.

На рис.2.2 аналогичные данные об аномалиях температуры и осадков приведены для каждого месяца сезона, а в табл. 2.1 и 2.2 перечислены станции, на которых значения 2011 года оказались рекордными (с 1936 года).

Положительные аномалии на севере наблюдались во все осенние месяцы. В октябре было тепло почти на всей территории РФ, что выразилось в положительной сезонной аномалии также почти везде: крупные отрицательные аномалии на Дальнем востоке в сентябре и в южных областях страны в ноябре сформировали лишь область отрицательной аномалии температуры осенью в предгорьях Кавказа и небольшую отрицательную аномалию на побережье Охотского моря.

Сезонный избыток осадков в Поволжье и на Дальнем Востоке связан в основном с избытком осадков в этих областях в сентябре. Дефицит осадков на юге Сибирского ФО наблюдался во все месяцы сезона, особенно в сентябре-октябре.

**Сентябрь.** Положительные аномалии температуры наблюдались на севере от западной границы до побережья моря Лаптевых. В восточной части эта область распространялась на юг до границы с Казахстаном, охватывая всю Западно-Сибирскую низменность; аномалии температуры в районе между Обской губой и Енисейским заливом достигали +3.8°C. На востоке эта область располагалась от Восточно-Сибирского моря до восточной оконечности Евразии. Область отрицательных аномалий температуры до -2.5°C с центром на юге Якутии охватывала бассейн Лены, Прибайкалье и Приамурье, Хабаровский край; на 17 станциях в этой области температуры были ниже 5% процентиля.

На большей части ЕЧР в сентябре наблюдался избыток осадков (в среднем Поволжье выпало от двух до четырех месячных норм). Другая обширная область избытка осадков охватывала восточную часть Дальневосточного ФО (выпало две – три

месячных нормы). Область небольшого избытка осадков (120%-170% нормы) располагалась в среднем течении Лены и Алдана. На 31 станции страны зафиксированы 95% экстремумы выпадения осадков.

Остальную часть азиатской территории страны занимала область дефицита осадков (менее 40% нормы на юге Западной Сибири и вдоль границы с Монголией). На западе ЕЧР (в Белгородской, Курской, Брянской областях), на Северном Кавказе и в приполярных областях ЕЧР также наблюдался дефицит осадков. На 22 станциях страны зафиксированы 5% экстремумы.

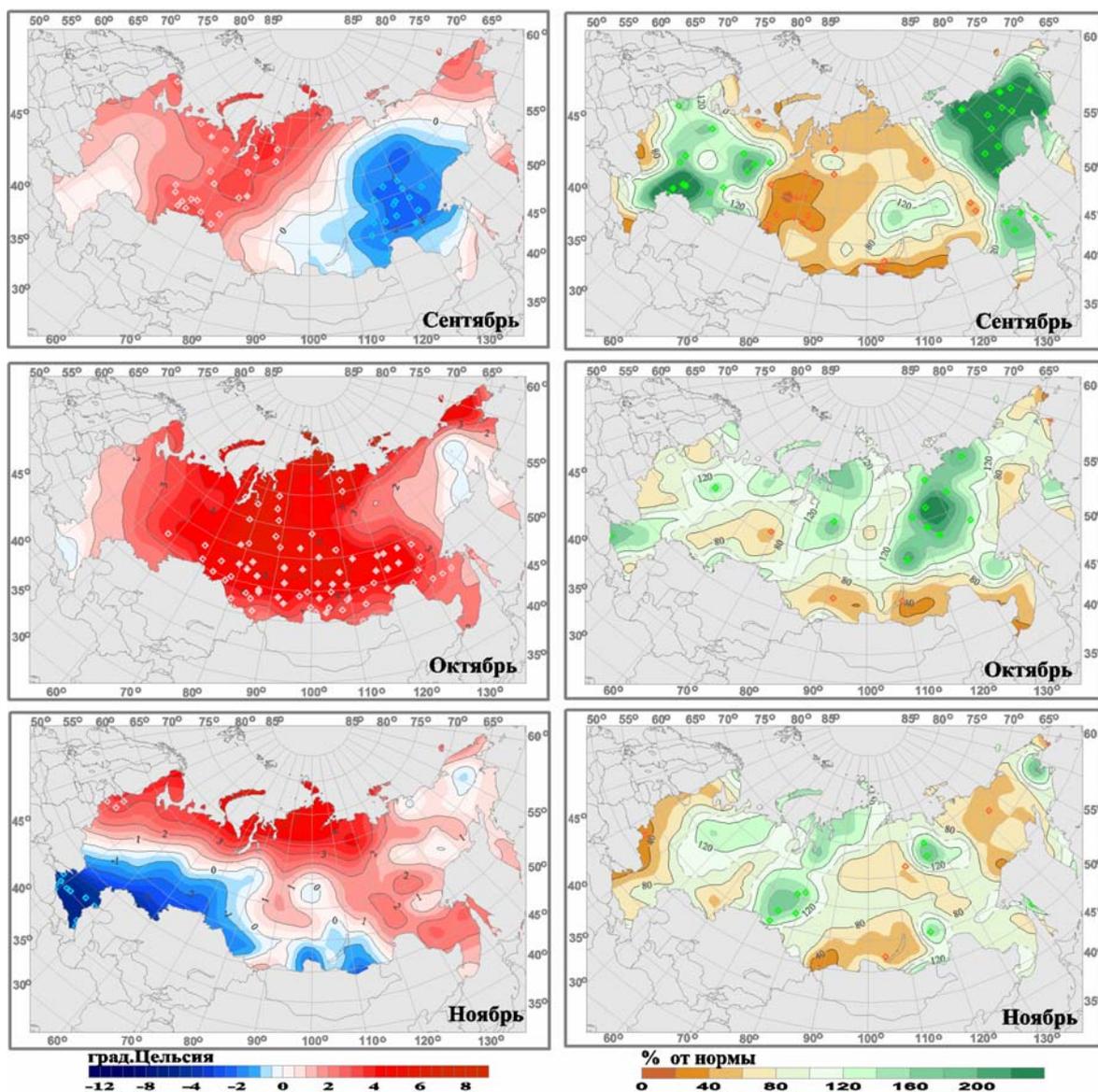


Рисунок 2.2 – То же, что на рис. 2.1, но для отдельных месяцев осеннего сезона.

**Октябрь.** Почти на всей территории страны наблюдались положительные аномалии температуры. Максимум (до +6.5°C) наблюдался в междуречье Оби и Енисея. На 86 станциях зафиксированы 95%-е экстремумы. Небольшие области со слабыми отрицательными аномалиями температуры располагались на востоке Якутии, в Магаданской области (до -1.2°C), а также в предгорьях Кавказа (до -0.5°C).

В октябре на большей части территории РФ наблюдался избыток осадков. Следует отметить области избытка осадков в Якутии (120-287%; нормы, на девяти из 28 станций области зафиксированы 95% экстремумы), в Западной Сибири (особенно на севере), на западе Южного ФО (выпало более 150% нормы).

Значительный дефицит осадков (80-20% нормы) наблюдался на юге азиатской части РФ, в особенности на Алтае, в Саянах, в Забайкалье, в Приамурье и в Приморье.

**Ноябрь.** Область положительной аномалии располагалась длинной полосой, захватывая северную часть страны, с максимумом вдоль Арктического побережья до Новосибирских островов (аномалии достигали +6°C). Юг страны (от западной границы до Яблонового хребта) находился в области холода с аномалиями в предгорьях Кавказа до -6°C, на десяти станциях области зафиксированы 5% экстремумы.

В поле осадков наибольший интерес представляли обширные области дефицита осадков (80%-40%) на западе страны, на юге Сибирского ФО, на Среднесибирском плоскогорье, на востоке Якутии и в Магаданской области.

Таблица 2.1

Станции, на которых отмечались рекорды температуры осенью 2011 г.

	Федеральный округ	Станция	Индекс ВМО	Норма (°C)	Текущее значение (°C)	Предыдущий экстремум	
						Значение (°C)	Год
<b>Сентябрь</b>							
<b>Min</b>	Дальневосточный	Бомнак	31253	8.3	5.9	6.0	1969
	Дальневосточный	Корсаков	32158	13.5	15.8	15.7	1936
<b>Max</b>	Северо-Западный	Хоседа-Хард	23219	4.7	7.6	7.6	1940
		Малые Кармакулы	20744	3.3	6.6	5.9	1985
	Уральский	Тазовск	23256	4.3	8.1	7.9	1991
		Ларьяк	23867	7.4	11.1	11.0	1991
<b>Октябрь</b>							
<b>Max</b>	Дальневосточный	Томмот	31005	-7.2	-2.0	-2.3	1947
		Чульман	30393	-7.7	-3.0	-3.6	1947
		Джикимда	30089	-5.7	-0.3	-1.4	1967
		Тяня	30173	-6.5	-1.1	-1.2	1947
	Сибирский	Могоча	30673	-4.3	-0.5	-0.6	1949
		Чара	30372	-6.8	-1.8	-2.4	1949
		Орлинга	30328	-2.6	2.6	1.5	2005
		Киренск	30230	-3.1	2.6	1.2	1971
		Нижнеангарск	30433	-1.0	3.7	2.5	1990
		Богучары	29282	-1.2	2.9	3.1	1990
		Баргузин	30636	-1.0	3.4	2.7	1945
		Хамар-Дабан	30815	-2.5	1.4	1.3	2004
		Витим	30054	-4.0	0.6	0.1	1967
		Красноярск	29570	0.9	6.2	5.1	2005
		Зима	30603	-0.4	3.9	3.7	2005
		Минусинск	29866	1.7	5.2	4.9	2005
		Ванавара	24908	-5.2	0.4	-0.5	1967
Енисейск	29263	-0.8	4.2	3.5	2005		

		Братск	30309	-0.4	5.0	3.6	1971
		Киселевск	29749	1.9	6.6	5.8	1997
		Оленья Речка	29974	-3.2	1.4	1.2	1936
		Белово	29745	1.6	6.5	5.5	2004
		Бакчар	29328	0.1	5.0	4.6	1967
		Колпашево	29231	-0.6	4.9	4.3	1947
		Томск	29430	0.6	5.3	4.7	1967
		Пудино	29313	-0.2	4.7	4.5	1967
		Александровское	23955	-1.8	3.8	3.5	1967
<b>Ноябрь</b>							
<b>Max</b>	Дальневосточный	Южно-Сахалинск	32150	-2.0	1.9	1.5	1990

Таблица 2.2  
Станции, на которых отмечались рекорды месячных сумм осадков осенью 2011 г.

	Федеральный округ	Станция	Индекс ВМО	Норма (мм)	Текущее значение (мм)	Предыдущий экстремум	
						Значение (мм)	Год
<b>Сентябрь</b>							
<b>Min</b>	Сибирский	Александровское	23955	53.1	6	8	1970
		Томск	29430	43.1	6	14	1973
	Уральский	Толька	23662	64.1	18	25	1955
<b>Max</b>	Дальневосточный	Чокурдах	21946	25.2	67	49	2001
		Островное	25138	25.3	74	66	1977
		Марково	25551	39.2	109	108	1973
		Богородское	31439	72.5	128	121	1969
	Приволжский	Безенчук	27995	40.6	177	107	1959
		Самара	28900	45.1	192	125	1987
		Ершов	34186	34.7	138	89	1985
Уральский	Няксимволь	23724	61.0	149	120	1978	
<b>Октябрь</b>							
<b>Max</b>	Дальневосточный	Вилойск	24641	24.3	48	47	1979
		Тонгулах	24843	21.2	46	42	1979
	Сибирский	Витим	30054	36.9	100	88	2003

В таблице 2.3 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по наблюдаемым значениям станционных аномалий осеннего сезона 2011 гг., и среднее квадратическое отклонение за базовый период 1961-90 гг. Оценки приведены для физико-географических регионов (рис.1) и Федеральных округов (рис.2) Российской Федерации. Для осадков дополнительно к отклонениям от нормы приведены относительные аномалии, т.е. процентное отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме (о процедуре регионального осреднения см. во введении), а также первый и третий квартили аномалий, рассчитанные для базового периода. В таблице 2.4 приведены значения эмпирической вероятности (вероятности непревышения) наблюдаемых значений по данным за 1936-2011 годы. В Разделе 4 будут представлены временные

ряды регионально осредненных аномалий температуры и осадков для каждого из рассматриваемых физико-географических регионов и Федеральных округов РФ.

Таблица 2.3

Регионально осредненные аномалии температуры и осадков осенью 2011г.

Регионы	Температура		Осадки				
	$vT_{2011}$	$s$	$vR_{2011}$	$RR_{2011}$	$s$	$q1$	$q3$
Российская Федерация	1.36	0.90	0.0	100	3.1	-1.8	2.4
<b>Физико-географические регионы России</b>							
Европейская часть России	0.97	1.04	1.4	103	7.1	-4.5	4.8
Западная Сибирь	2.10	1.54	-3.5	92	4.5	-3.7	3.0
Средняя Сибирь	2.03	1.80	-1.3	96	3.4	-1.5	3.1
Прибайкалье и Забайкалье	0.92	1.23	<b>-7.7</b>	72	4.5	-1.3	4.6
Приамурье и Приморье	1.36	0.89	3.7	107	8.8	-6.2	4.8
Восточная Сибирь	0.72	0.94	6.0	116	5.4	-3.4	4.0
<b>Федеральные Округа РФ</b>							
Северо-Западный	<b>2.42</b>	1.24	2.7	105	7.8	-5.8	5.3
Центральный	1.05	1.13	-5.9	89	12.5	-9.2	7.8
Приволжский	0.62	1.25	7.3	115	10.4	-8.9	4.8
Южный	-0.87	1.05	-1.1	97	11.0	-7.1	9.2
Северо-Кавказский	-1.74	0.85	-6.1	89	12.5	-5.3	12.2
Уральский	2.29	1.64	0.2	100	6.5	-4.9	4.4
Сибирский	1.72	1.49	<b>-6.6</b>	81	3.3	-1.6	3.1
Дальневосточный	1.11	1.01	4.4	111	3.5	-2.4	3.0

**Примечание:** Аномалии  $vT_{2011}$  ( $^{\circ}C$ ),  $vR_{2011}$  (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.),  $RR_{2011}$  - как отношение  $R_{2011}$  к норме, выраженное в %,  $s$  ( $^{\circ}C$ , мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение,  $q1$  – первый квартиль аномалий (мм/месяц),  $q3$  – третий квартиль (мм/месяц). Квартили рассчитаны за период 1936-2011 гг.

Таблица 2.4

Ранги регионально осредненных аномалий температуры и осадков и соответствующие им вероятности непревышения осенью 2011г. за период 1976-2011гг.

Регионы	Температура		Осадки	
	$P(t \leq T_{2011})$	$R$	$P(r \leq R_{2011})$	$R$
Российская Федерация	89	9	41	46
<b>Физико-географические регионы России</b>				
Европейская часть России	76	19	59	32
Западная Сибирь	91	8	28	55
Средняя Сибирь	84	13	27	56
Прибайкалье и Забайкалье	79	18	<b>0</b>	<b>76</b>
Приамурье и Приморье	89	9	72	22
Восточная Сибирь	53	36	83	14
<b>Федеральные Округа РФ</b>				
Северо-Западный	<b>97</b>	<b>3</b>	69	24
Центральный	81	15	37	49
Приволжский	60	31	83	14
Южный	24	58	44	43
Северо-Кавказский	7	71	21	60
Уральский	89	9	55	35
Сибирский	85	13	<b>0</b>	<b>76</b>
Дальневосточный	72	22	89	11

**Примечание:** Вероятности неперевышения  $P(t \leq T_{2011})$ ,  $P(r \leq R_{2011})$  – рассчитаны по данным за 1936-2010 гг. и выражены в %.

Осенью было тепло во всех регионах, особенно Западной Сибири (8-я величина в ряду наблюдений с 1936 года), Приамурье и Приморье (9-я).

Количество выпавших осадков в целом по России в 2011 году равно норме базового периода. В регионе Прибайкалье и Забайкалье было рекордно сухо – дефицит осадков составил -7.7 мм/месяц (ранг 1 в ранжированном по возрастанию ряду осадков). Дефицит осадков наблюдался в Западной и Средней Сибири.

### **3. ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ПЕРИОД ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ**

На рис. 3.1 представлено распределение коэффициента линейного тренда за 1976-2011 гг. температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для осеннего сезона в целом. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных 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. На рис. 3.2 распределения трендов приведены для каждого осеннего месяца в отдельности.

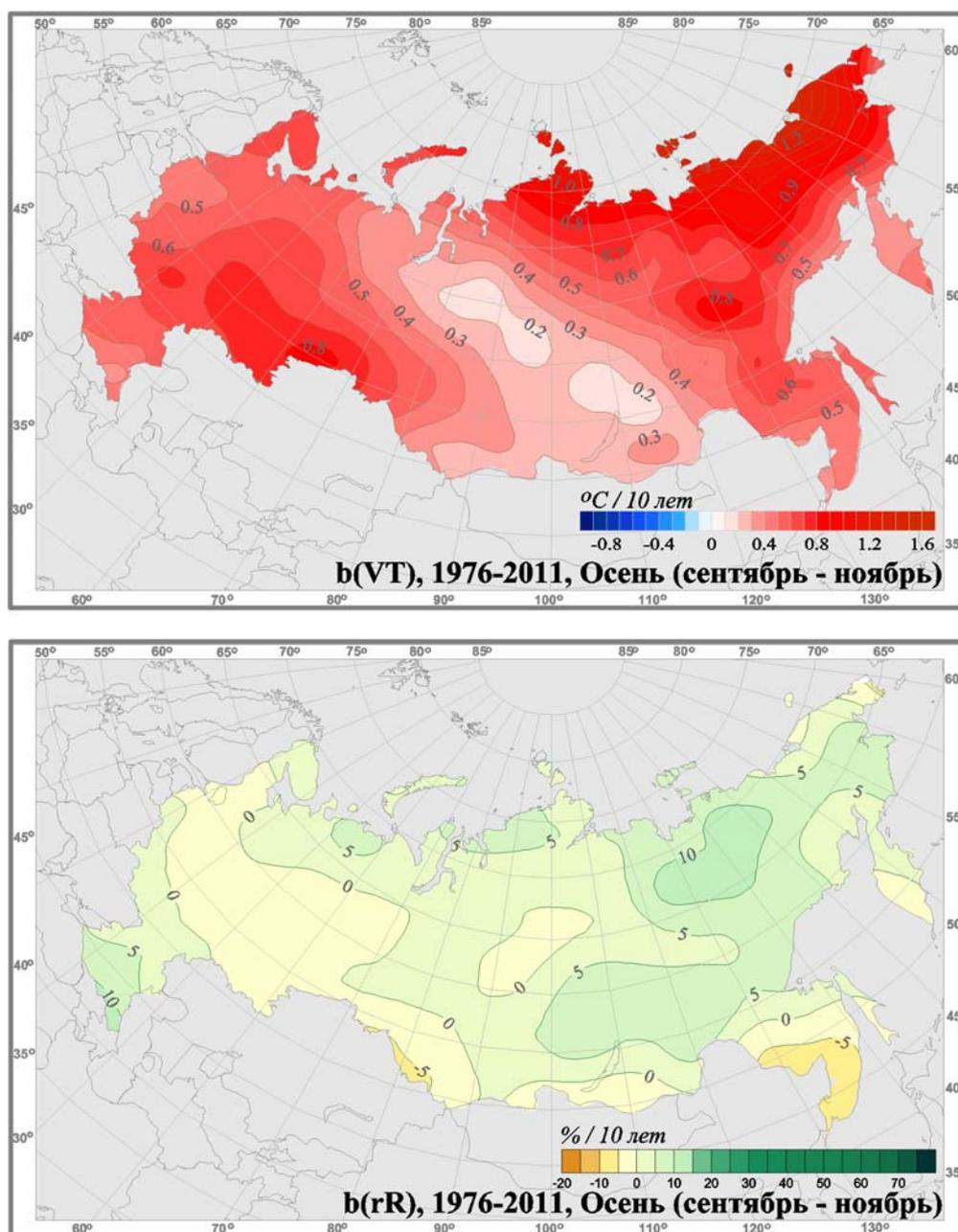
Тенденции климатических изменений температуры, наблюдавшиеся в предыдущие годы, в основном сохраняются; осенние температуры растут на всей территории РФ. В среднем по территории России, тренд средних сезонных (осень) температур составляет  $+0.53^{\circ}\text{C}/10$  лет. наиболее интенсивное потепление осенних сезонов происходит в двух областях: в Восточной Сибири (тренд региональной средней  $+0.77^{\circ}\text{C}/10$  лет и достигает  $+1.4^{\circ}\text{C}/10$  лет в районе Колымской низменности) и юг Западной Сибири – Южный Урал (более  $+0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет в Курганской области). Следует заметить, что величина тренда в регионе Восточная Сибирь несколько уменьшилась – за период 1976-2011гг. она составила  $+0.77^{\circ}\text{C}/10$  лет, а за период 1976-2010гг. -  $+0.84^{\circ}\text{C}/10$  лет; это связано с тем, что температура в этом регионе оказалась значительно ниже, чем в предыдущие 6 лет.

Осенние месяцы резко различаются по характеру изменений температуры. В октябре наблюдается наибольшее потепление на большей части РФ (почти на всей территории РФ тренд средних октябрьских температур не ниже  $+0.8^{\circ}\text{C}/10$  лет). В ноябре максимум потепления расположен в Дальневосточном ФО (в районе Колымской низменности достигает  $+1.6^{\circ}\text{C}/10$  лет; здесь значительное потепление происходит во все осенние месяцы) и на Южном Урале – юге Западной Сибири. С другой стороны, в ноябре наблюдается обширная область похолодания (до  $-0.7^{\circ}\text{C}/10$  лет), простирающаяся полосой от Северного Урала на северо-западе до Забайкалья на юго-востоке.

Тренд сезонных сумм осадков за 1976-2011 гг., в среднем по России, составляет  $0.6$  мм/мес/10лет и объясняет 5% межгодовой изменчивости. Наиболее заметен рост сумм осадков в регионах: Средняя Сибирь (тренд  $1.3$  мм/мес/10лет описывает 17% межгодовой изменчивости), Прибайкалье и Забайкалье (тренд  $1.3$  мм/мес/10лет, учтенная дисперсия 8%), Восточная Сибирь (тренд  $1.8$  мм/мес/10лет, учтенная

дисперсия 12%: здесь наибольшее увеличение осадков происходит в сентябре).

В табл. 3.1 приведены оценки линейных трендов среднесезонных (осень) регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2011 гг. для регионов РФ и федеральных округов РФ.



**Рисунок 3.1** – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных аномалий температуры ( $^{\circ}C/10$  лет,верху) и осадков ( $\% / 10$  лет) на территории России по данным за 1976-2011 (осень: сентябрь-ноябрь).

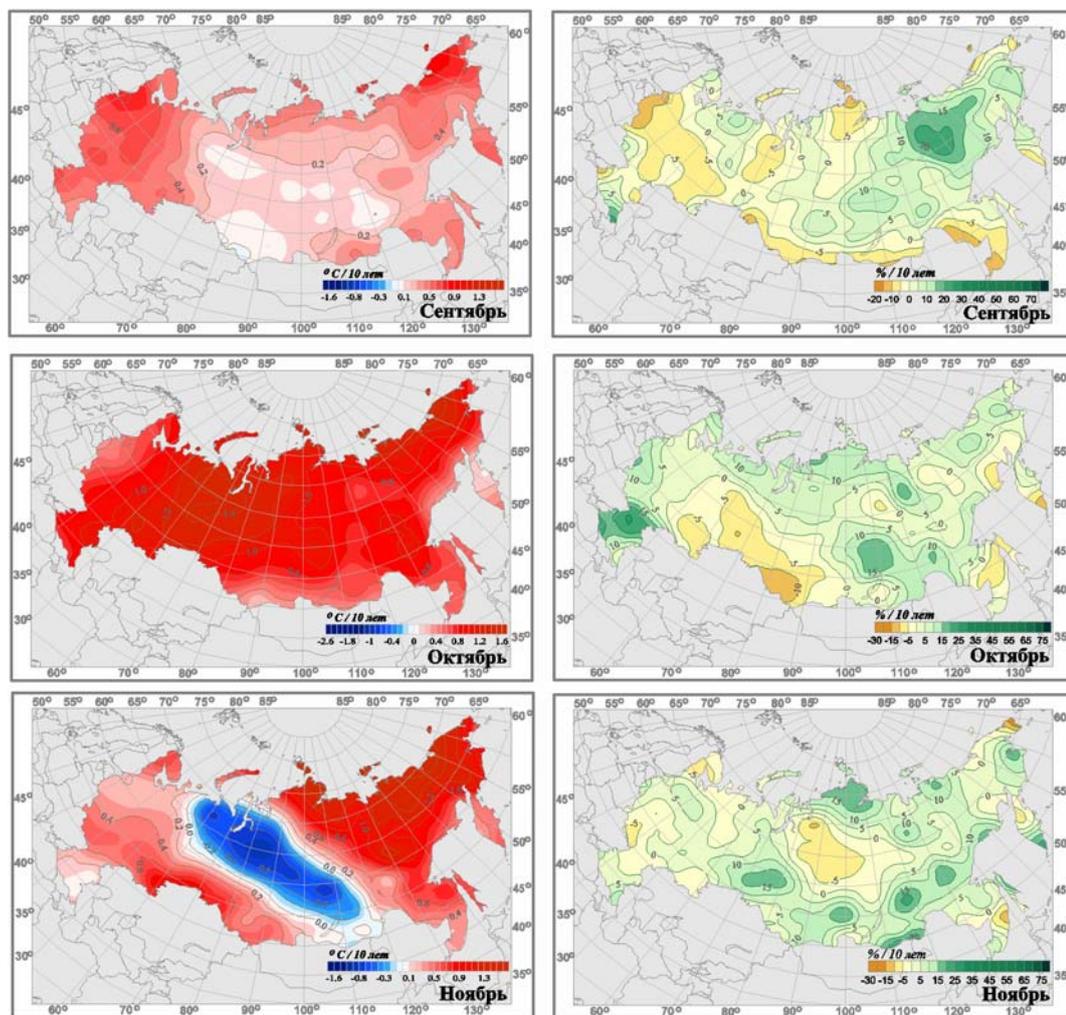


Рисунок 3.2 – То же, что на рис. 3.1, но для отдельных месяцев осеннего сезона

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда среднесезонных регионально осредненных температуры приземного воздуха и месячных сумм осадков за 1976-2011 гг. (осень: сентябрь – ноябрь),

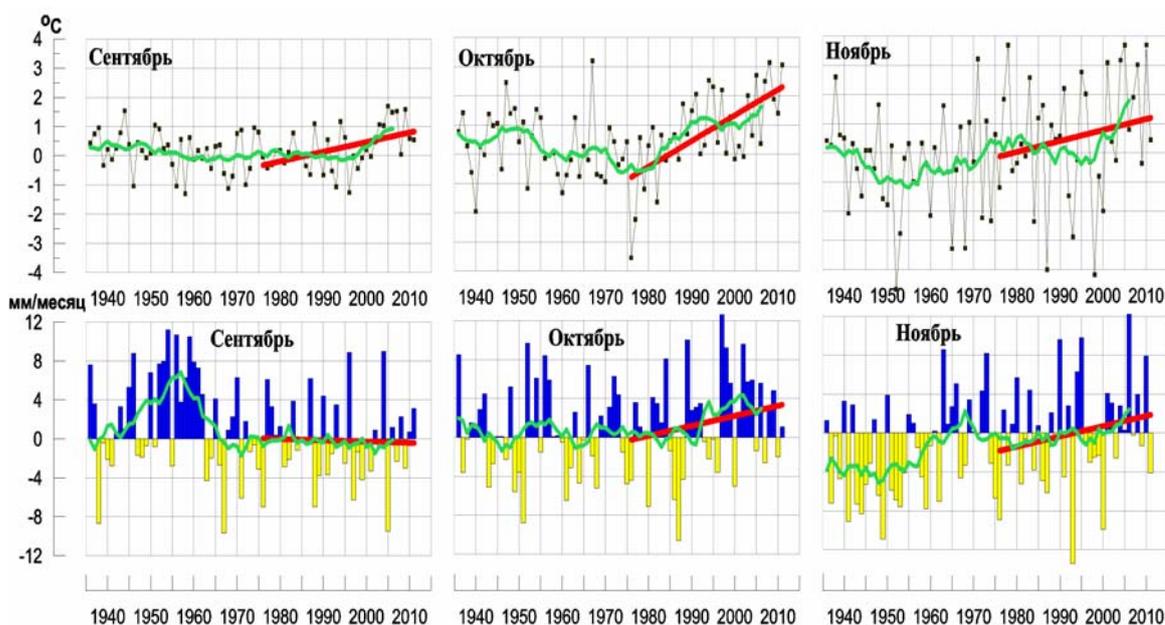
*b* – коэффициенты линейного тренда, *D* - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регионы	Температура		Осадки			
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0.53	25	0.6	5	1.6	5
<b>Физико-географические регионы России</b>						
Европейская часть России	0.60	25	0.3	0	0.6	0
Западная Сибирь	0.45	9	0.0	0	-0.1	0
Средняя Сибирь	0.42	7	1.3	17	3.9	16
Прибайкалье и Забайкалье	0.28	6	1.3	8	4.6	8
Приамурье и Приморье	0.51	30	-0.9	2	-1.6	2
Восточная Сибирь	0.77	37	1.8	12	4.7	13
<b>Федеральные Округа РФ</b>						
Северо-Западный	0.55	16	0.4	0	0.7	0
Центральный	0.60	22	0.1	0	0.2	0
Приволжский	0.69	24	-1.1	2	-2.2	2

Южный	0.59	22	1.9	3	4.6	3
Северно-Кавказский	0.45	15	3.3	7	5.9	7
Уральский	0.47	7	0.4	0	0.9	0
Сибирский	0.33	6	0.6	3	1.6	3
Дальневосточный	0.66	36	1.0	10	2.6	10

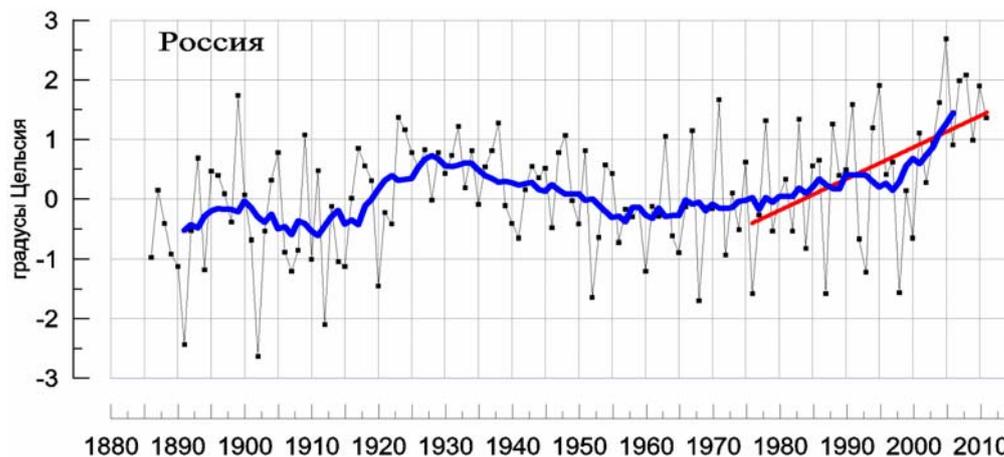
#### 4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ ОСЕННЕГО СЕЗОНА В 1936-2011 гг.

В разделе 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 – 2011 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2011 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Для России в целом дополнительно приведены аналогичные ряды для каждого месяца сезона (рис. 4.1).



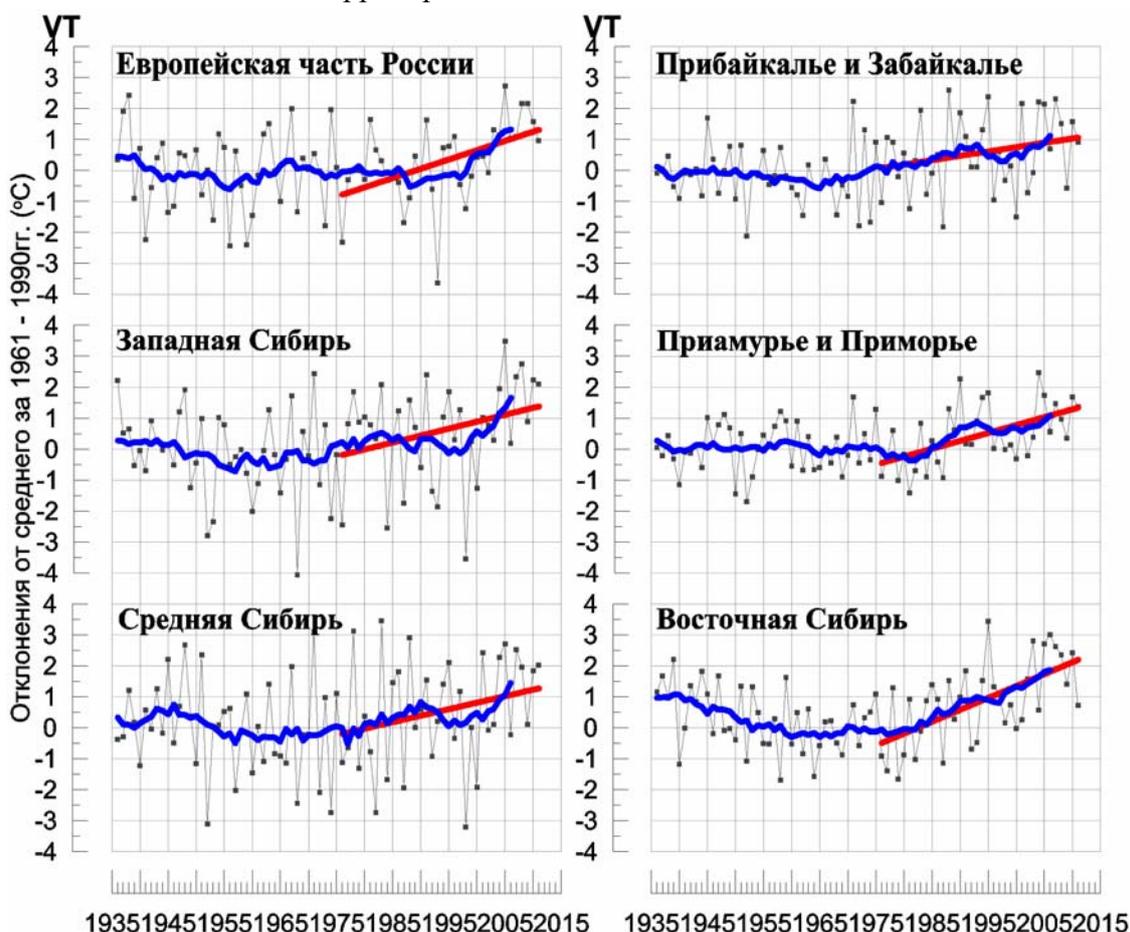
**Рисунок 4.1** – Аномалии средней месячной температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2011 гг.

Характер изменения осенней температуры в различных регионах имеет ряд общих черт. Во первых, во всех регионах в последние несколько десятилетий наблюдается рост температуры; во-вторых, в большинстве случаев ему предшествовал период понижения температуры приблизительно между 1940-ми – 1960-ми годами. Однако, определить начало современного потепления на территории РФ непросто. Для России в целом период похолодания заканчивается около 1955 г., после чего на протяжении примерно двух десятилетий температура практически постоянна; в общем, середина 1970-х гг. как начало потепления не противоречит сглаженному ходу температуры на рис. 4.2.



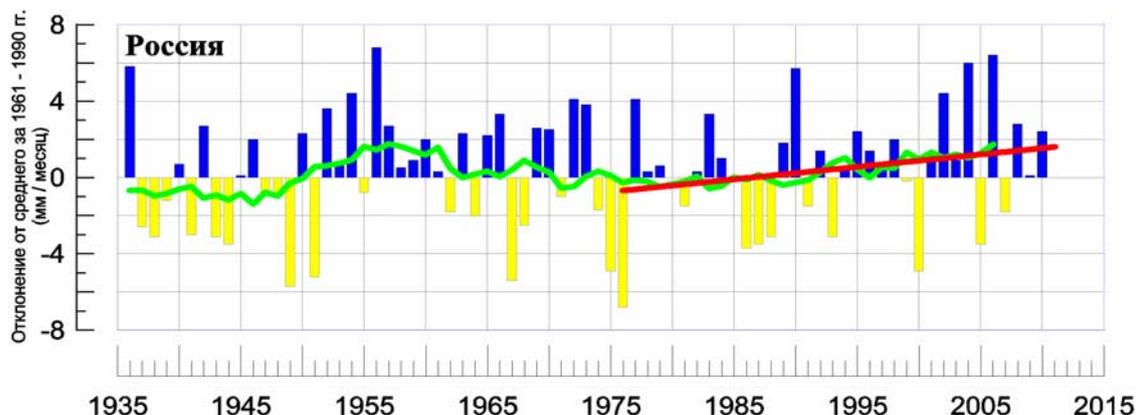
**Рисунок 4.2** - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории РФ (осень 2011.). Условные обозначения см. на рис. 4.1

Для регионов РФ (рис. 4.3) начало потепления распределено между серединой 1960-х гг. (Западная и Средняя Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье) и серединой 1980-х (ЕЧР). В ряде случаев на описанную картину дополнительно накладываются более короткопериодные колебания (например, для ЕЧР максимум около 1965 г.), которые затрудняют выделение периода современного потепления; однако само его наличие в осенний сезон на всей территории РФ не вызывает сомнения.

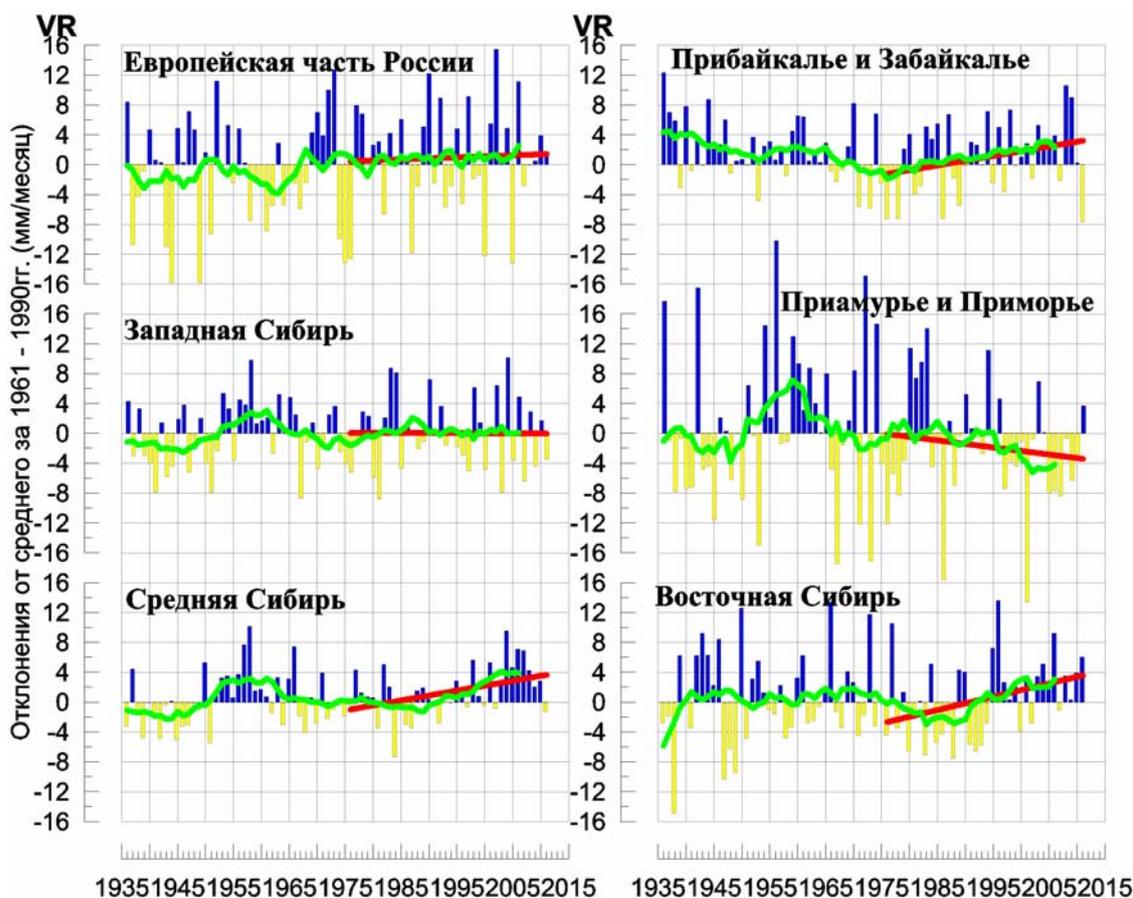


**Рисунок 4.2** - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осредненные по территории регионов РФ (осень 2011.). Условные обозначения см. на рис. 4.1

В изменениях осадков (рис. 4.4 и 4.5) еще более выражены колебания с периодами порядка 2-3 десятилетий; однако, в некоторых случаях наблюдаются тенденции, сохраняющиеся более 2 десятилетий: рост осадков в Прибайкалье и Забайкалье с середины 1970-х гг. и в Средней и Восточной Сибири с середины 1980-х гг. (тренд значим на 5%-ном уровне: Табл. 3.1), слабое убывание осадков с начала 1980-х в Приамурье и Приморье (тренд статистически незначим).



**Рисунок 4.4** - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ (осень 2011.). Условные обозначения см. на рис. 4.1



**Рисунок 4.5** - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ (осень 2011.). Условные обозначения см. на рис. 4.1

## 5. ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОСЕННЕМУ СЕЗОНУ, 1936-2011 гг.

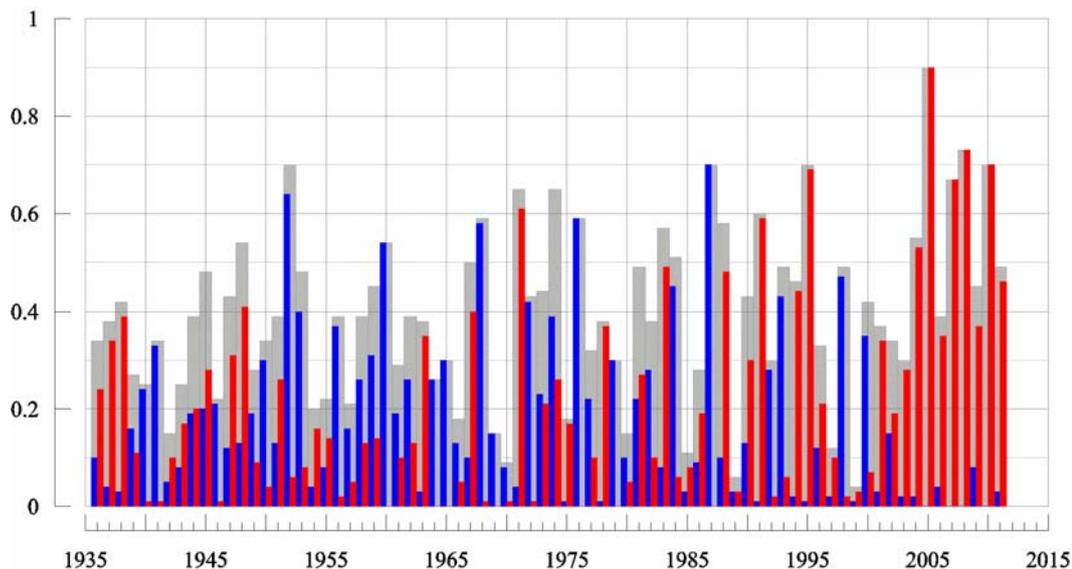
**Индексы экстремальности климата (ИЭК).** Это вероятностные индексы, в основе которых - значения функции распределения  $F(X_0)$ , соответствующие наблюдаемым значениям рассматриваемой величины  $X_0$  в точках поля или на станциях:  $F(X_0)=P(x \leq X_0)$ . Значение  $F(X_0)$  часто называют вероятностью непревышения (иногда – обеспеченностью) наблюдаемого значения. Как правило, используются эмпирические вероятности (частоты), оцененные по доступным данным за базовый период или по всему доступному ряду наблюдений (при отсутствии в нем длительных пропусков наблюдений на отдельных территориях исследуемых регионов). Для метеорологических величин с известным распределением (например, близким к нормальному) вероятности могут быть оценены по таблицам и функциям распределения для наблюдаемого значения нормированной аномалии. Чаще используется не усредненное по площади значение вероятностного индекса, а (как легче интерпретируемое) доля площади, занятая его экстремальными значениями. Эти индексы соответствуют областям экстремальных аномалий заданной обеспеченности и относятся к индексам экстремальности климата (ИЭК).

**Индекс аномальности климата (ИАК).** Для характеристики степени аномальности полей температуры воздуха используется "коэффициент аномальности" (КА) (предложенный Н.А.Багровом), равный среднеквадратическому значению (по площади) нормированной аномалии температуры. Представляется, что показатель КА, как индекс аномальности климата, имеет смысл также и в применении к полям других климатических параметров (включая осадки) и к любым комплексам полей. В этом случае переменные, выбранные для описания текущего состояния климатической системы (или некоторой ее части) рассматриваются как координаты вектора состояния климата в некотором фазовом пространстве, а показатель КА превращается в евклидово расстояние между точками, характеризующими текущее состояние климата и его среднее состояние (норму). Очевидно, что чем больше индекс аномальности климата, тем больше отличается от нормы состояние климатической системы и тем дальше оно удалено от среднего положения в фазовом пространстве.

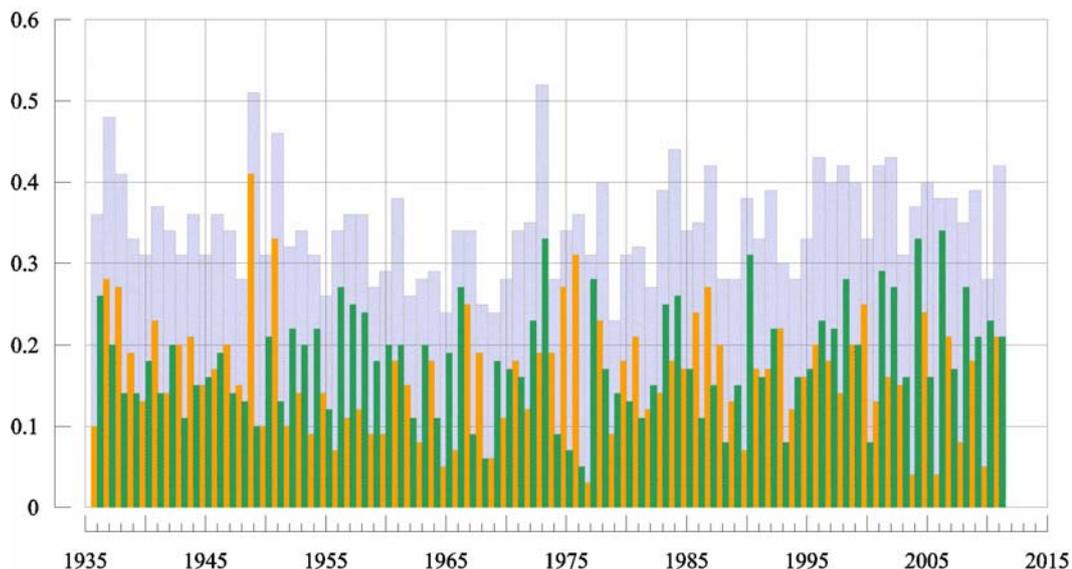
На рисунках 5.1. – 5.4. приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для осеннего сезона за период 1936 -2011 гг.

Для температуры (рис. 5.1) очевидны значительные изменения долей площади, покрытой крупными сезонными аномалиями, с начала 1990-х гг.: рост площади, покрытой положительными аномалиями, и убывание площади отрицательных аномалий, при этом площадь положительных аномалий в разы превосходит площадь отрицательных. В ряде лет вообще не наблюдается крупных отрицательных аномалий (ниже 20-го перцентиля).

С другой стороны, для осадков площади, занятые аномалиями меньше 20 перцентиля и больше 80 перцентиля осенью за период наблюдений с 1936 года мало изменились.

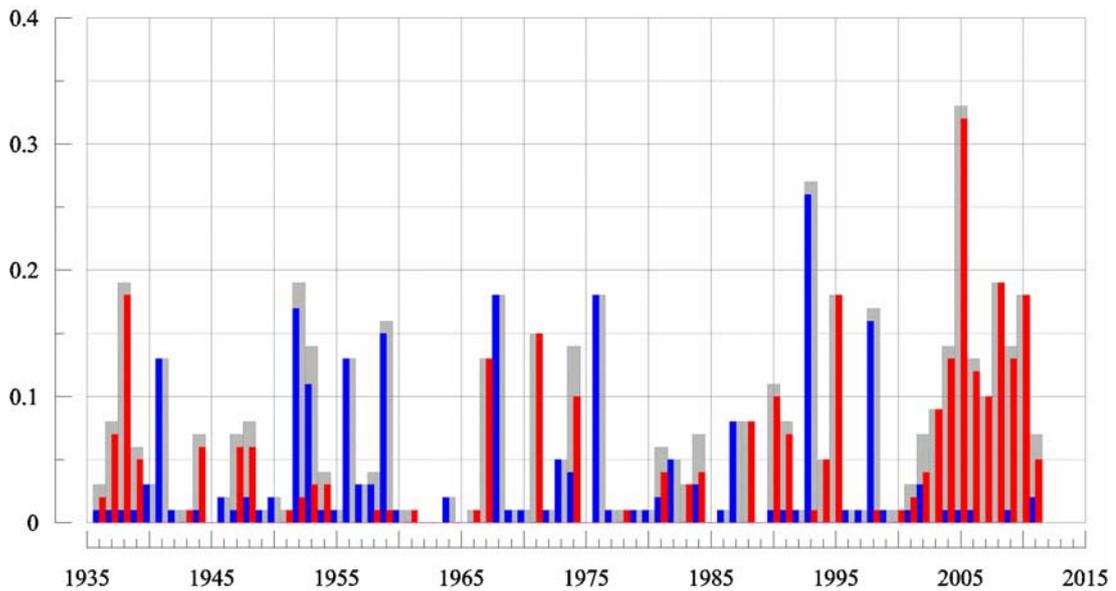


**Рисунок 5.1** - Доля площади с крупными аномалиями (ниже 20 процентиля: синие столбики, выше 80 процентиля: красные столбики, суммарная площадь с крупными аномалиями: серые столбики) температуры осенью, 1936-2011 гг.



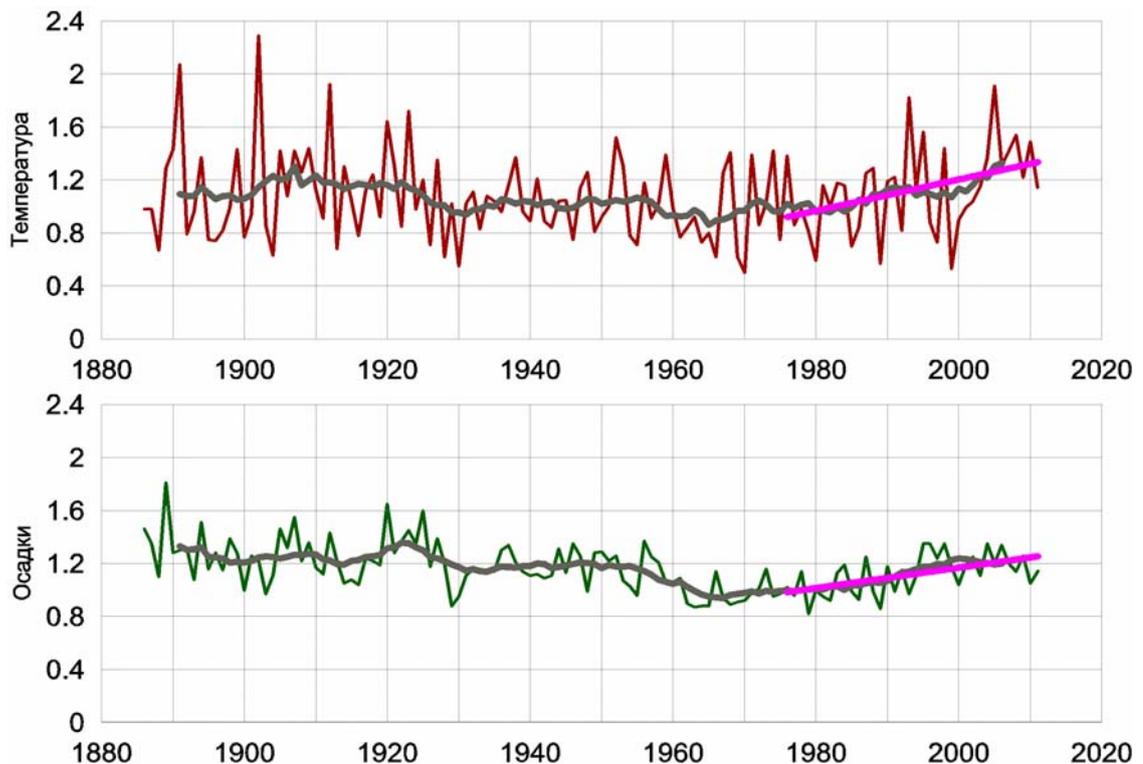
**Рисунок 5.2** - Доля площади с крупными аномалиями осадков (ниже 20 процентиля: желтые столбики, выше 80 процентиля: зеленые столбики, суммарная площадь с крупными аномалиями: серые столбики) осенью, 1936-2011 гг.

На рис.5.3 представлены ряды доли площади под экстремальными (выше  $2\sigma$  и ниже  $-2\sigma$ ) аномалиями сезонной температуры (в предположении гауссовости распределения это соответствует примерно 2.3% процента для каждого хвоста распределения). С середины 1970-х гг. наблюдается очевидный рост доли площади под положительными экстремумами, особенно значительный для последнего десятилетия, когда эта величина в среднем равна 13,5% и превосходит среднее значение базового периода (2.3%) более, чем в 5 раз, достигая 32% общей площади (в 2005 г.).



**Рисунок 5.3** - Доля площади с экстремальными (сезонная нормированная аномалия меньше  $-2$ : синие столбики, больше  $+2$ : красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры осенью, 1936-2011 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рисунок 5.4) показывает, что после середины 1970-х гг. аномальность температурного режима и режима выпадения осадков в осенний сезон возрастает – для температуры тренд и объясняет 14% общей дисперсии ряда за 1976-2011 гг., а для осадков 30%.



**Рисунок 5.4.** - Индекс аномальности Багрова (КА) для осеннего сезона применительно к температуре и к осадкам, 1886-2011 гг.

## ВЫВОДЫ

1. Осень 2011 года для Земного шара в целом и для Северного полушария оказалась теплой; средняя за сезон и по пространству температура была выше нормы на  $0.33^{\circ}\text{C}$  и  $0.89^{\circ}\text{C}$ , соответственно (13-е и 5-е место в ранжированных по убыванию рядах наблюдений).

Средняя скорость потепления для Земного шара и суши Северного полушария за 1976-2011 гг. составляет, соответственно,  $0.16^{\circ}\text{C}/10$  лет (линейный тренд объясняет 70% дисперсии) и  $0.64^{\circ}\text{C}/10$  лет (64%).

2. В среднем по территории России аномалия температуры приземного воздуха осенью 2011 г. составила  $+1.36^{\circ}\text{C}$  – девятое по величине значение за период наблюдений с 1936 года.

Положительные аномалии температуры занимали почти всю территорию страны (кроме южных районов ЕЧР и северного побережья Охотского моря), на 33 станциях страны зафиксированы 95%-е экстремумы. Очень тепло было в октябре – почти всю территорию страны занимала область с крупными положительными аномалиями температуры, на 86 станциях (т.е., на каждой третьей станции, для которой пришли данные) зафиксированы 95%-е экстремумы.

В сентябре прослеживалась область с отрицательными аномалиями температуры (до  $-2.5^{\circ}\text{C}$ ) в Дальневосточном ФО, на 17 станциях температуры были ниже 5% перцентиля. В ноябре область холода наблюдалась на юге страны (от западной границы до Яблонового хребта, аномалии до  $-6^{\circ}\text{C}$ ), на десяти станциях предгорья Кавказа зафиксированы 5% экстремумы; на севере (в особенности в приполярных областях) было тепло..

3. Количество выпавших осадков в целом по России в 2011 году равно среднему многолетнему.

Экстремально сухо было в регионе Прибайкалье и Забайкалье (ранг 1 в ранжированном по возрастанию ряду осадков) за счет сентября и октября. Еще одна область дефицита осадков – крайний запад страны (дефицит осадков наблюдался здесь, в основном, в сентябре и ноябре).

Области значительного избытка осадков располагались в Поволжье, в Якутии, на Чукотке, Хабаровском крае.

4. Основная тенденция роста средней температуры осеннего сезона сохраняется на всей территории страны.

В целом по России линейный тренд осенней температуры воздуха за период 1976-2011 гг. составил  $+0.53^{\circ}\text{C}/10$  лет (за период 1976-2010 гг. -  $+0.54^{\circ}\text{C}/10$  лет). Наиболее интенсивное потепление сохраняется на Южном Урале (до  $+1.0^{\circ}\text{C}/10$  лет) и в Восточной Сибири (до  $+1.4^{\circ}\text{C}/10$  лет в районе Колымской низменности).

Из осенних месяцев потепление максимально в октябре на большей части РФ и в ноябре в Дальневосточном ФО. В ноябре наблюдается обширная область похолодания в центре Сибири.

5. В изменении сезонных сумм осадков прослеживается слабая тенденция к увеличению осадков в Средней и Восточной Сибири (около 5%/10лет, наибольшее увеличение осадков происходит в сентябре), на остальной территории устойчивые однонаправленные изменения практически отсутствуют.

## 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

## ОСЕНЬ 2011



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении\* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) осенью 2011 года и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется 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" на 2007 – 2011 годы (проект 3.1 «Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства»).

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 2010 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

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

Осреднение по регионам выполняется по стационарным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса 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 ячейчных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

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

### **СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ОСЕНЬЮ 2011 г.**

Осенью 2011 гг. сезонная аномалия температуры воздуха, осредненная по территории Беларуси, составила  $+0.87^{\circ}\text{C}$  (14-ая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений), аномалия осадков  $-26.9$  мм/месяц (вторая величина в ранжированном по возрастанию ряду наблюдений после рекордно «сухого» 1951).

В таблицах 2 и 3 приведены стационарные 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**

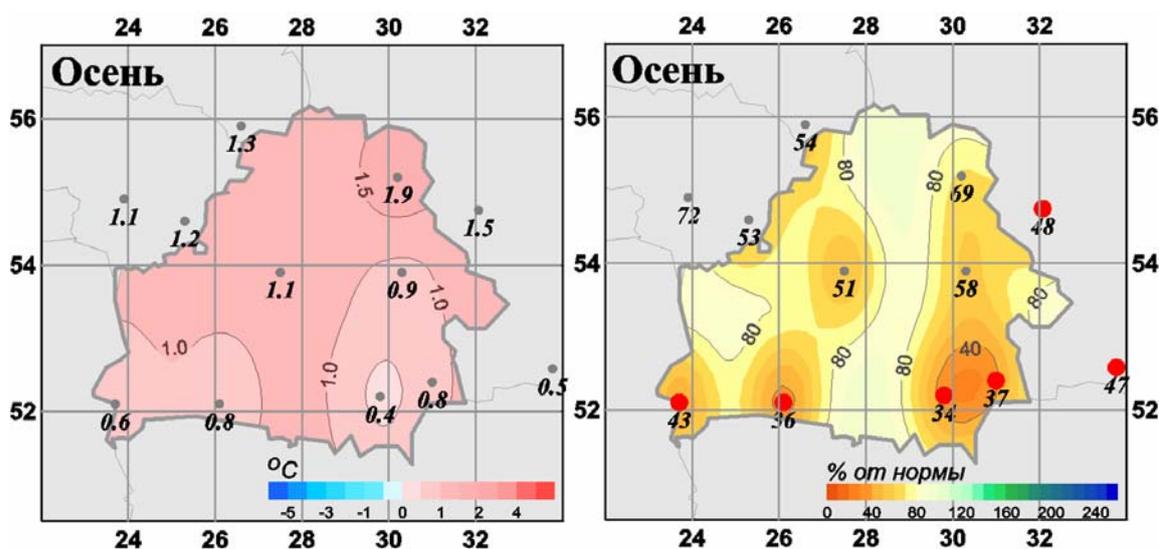
Характеристики температурного режима на станциях Беларуси осенью 2011 года

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	<b>26666</b>	<b>26850</b>	<b>26863</b>	<b>33008</b>	<b>33019</b>	<b>33038</b>	<b>33041</b>
а) температура (град. Цельсия)							
<i><b>Осень 2011</b></i>	<b>7.4</b>	<b>7.4</b>	<b>6.7</b>	<b>8.5</b>	<b>8.0</b>	<b>7.2</b>	<b>7.6</b>
Сентябрь	13.3	13.7	12.5	15.1	14.5	13.4	13.8
Октябрь	6.5	6.2	6.0	7.5	6.9	6.2	6.7
Ноябрь	2.3	2.3	1.6	2.9	2.6	2.1	2.2
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i><b>Осень 2011</b></i>	<b>1.86</b>	<b>1.14</b>	<b>0.86</b>	<b>0.59</b>	<b>0.75</b>	<b>0.40</b>	<b>0.84</b>
Сентябрь	2.33	1.97	0.95	2.02	1.94	0.96	1.24
Октябрь	0.89	-0.08	0.20	-0.44	-0.35	-0.64	0.03
Ноябрь	2.36	1.54	1.42	0.20	0.67	0.88	1.25

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси осенью 2011 года

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
<b>а) Сумма осадков (мм/месяц)</b>							
<i>Осень 2011</i>	38.3	27.0	28.3	19.0	17.0	15.7	16.7
Сентябрь	40	28	44	26	18	25	22
Октябрь	42	36	30	24	29	15	21
Ноябрь	33	17	11	7	4	7	7
<b>б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)</b>							
<i>Осень 2011</i>	-17.6	-26.2	-20.7	-25.3	-30.3	-30.5	-28.2
Сентябрь	-24.8	-32.2	-10.2	-25.2	-34.8	-24.7	-25.9
Октябрь	-6.1	-10.9	-14.7	-10.8	-17.6	-25.4	-21.9
Ноябрь	-21.9	-35.4	-37.1	-39.8	-38.4	-41.5	-36.9
<b>в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)</b>							
<i>Осень 2011</i>	68.5	50.8	57.7	42.9	35.9	34.0	37.2
Сентябрь	61.7	46.5	81.1	50.7	34.1	50.3	45.9
Октябрь	87.3	76.8	67.1	68.9	62.1	37.1	49.0
Ноябрь	60.1	32.5	22.9	15.0	9.4	14.4	15.9



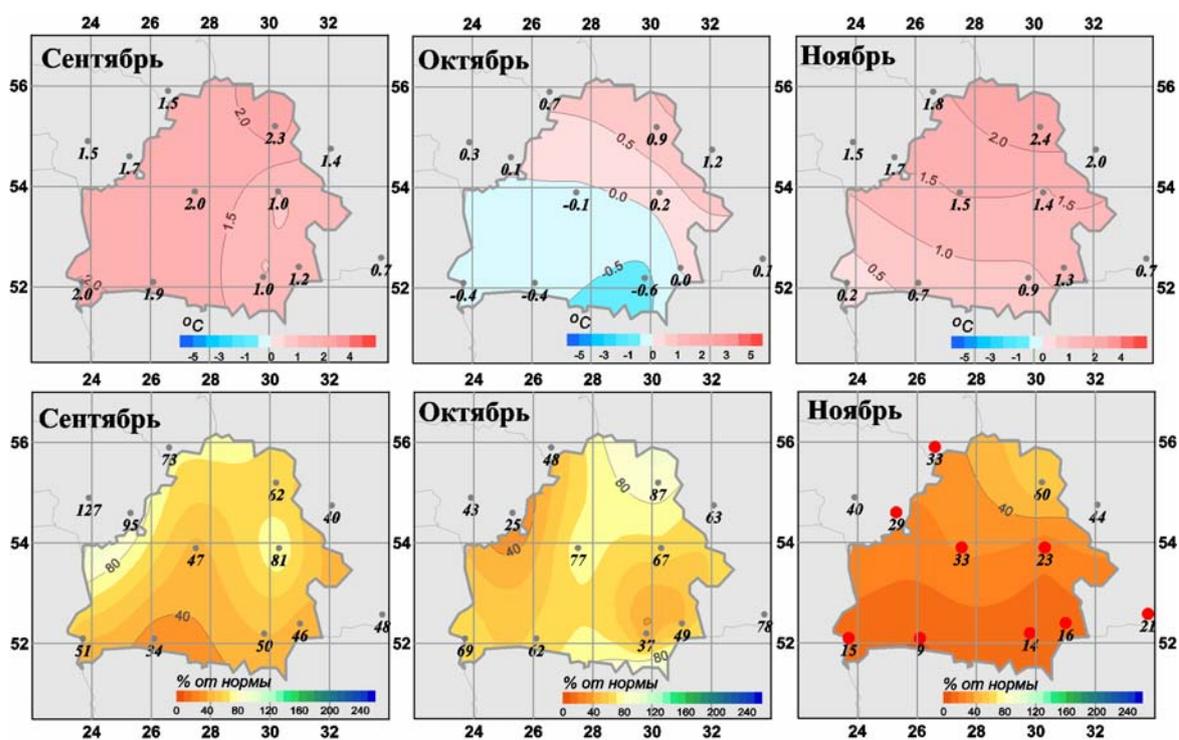
**Рисунок 1** - Средние сезонные аномалии температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) приземного воздуха (верхний фрагмент) и атмосферных осадков (% от нормы, нижний фрагмент) на территории республики Беларусь осенью 2011 гг.

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

*Осень* была теплее средней многолетней на всей территории Республики Беларусь, аномалии температуры на станциях от  $+0.59^{\circ}\text{C}$  (Брест) до  $+1.86^{\circ}\text{C}$  (Витебск). Тепло было в сентябре и ноябре на всей территории республики, в октябре – тепло лишь на севере, а на юге республики наблюдались отрицательные аномалии температуры (до  $-0.64^{\circ}\text{C}$  в Василевичах).

Осенью осадков выпало меньше нормы на всей территории республики (аномалии от  $-30.5$  мм/месяц в Василевичах до  $-17.6$  мм/месяц в Витебске). В Пинске, в

Бресте, в Гомеле и в Василевичах количество выпавших осадков было меньше 5% процентиля. Сухо было во все месяцы сезона, особенно в ноябре – на большей части республики выпало менее 40% нормы осадков, на всех станциях (кроме Витебска) зафиксированы 5% экстремумы.



**Рисунок 2** - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (вверху) и атмосферных осадков (внизу) для месяцев осеннего сезона 2011 г. на территории республики Беларусь.

*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, на которых количество выпавших осадков было меньше 5% процентиля.*

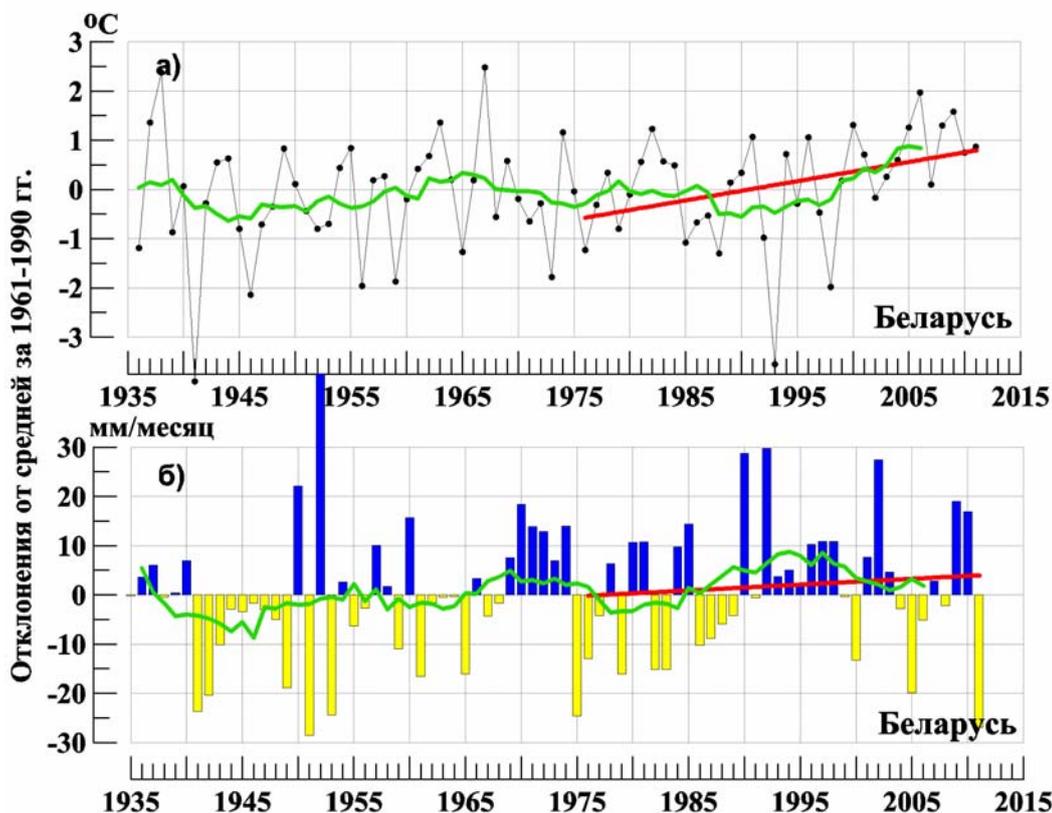
Количественные данные о климатических условиях осени 2011 г. в целом для территории Беларуси приведены в табл. 4. В этой же таблице приведены региональные оценки трендов за 1976-2011 гг., в том числе – коэффициенты тренда  $b$  (ед./10 лет) и доля объясненной трендом дисперсии  $D$  (%).

**Таблица 4**

Аномалии температуры и осадков осенью 2011 года и оценки линейного тренда 1976-2011 гг., в среднем по Республике Беларусь

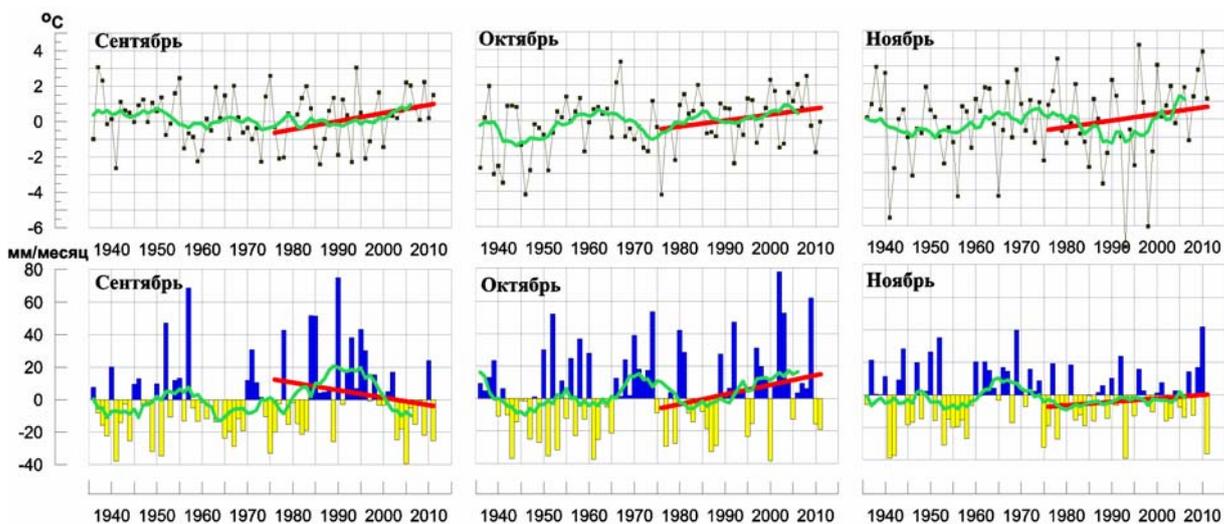
Сезон	Температура			Осадки		
	$vT_{2011}$ °C	$b_{1976-2011}$ °C/10 лет	$D_{1976-2011}$ %	$vR_{2011}$ мм/месяц	$b_{1976-2011}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2011}$ %
<b>Осень</b>	<b>0.87</b>	<b>0.39</b>	<b>14</b>	<b>-26.9</b>	<b>1.2</b>	<b>1</b>
Сентябрь	1.50	0.46	11	-25.4	-4.6	3
Октябрь	-0.06	0.34	6	-19.1	6.0	5
Ноябрь	1.17	0.37	2	-36.3	2.1	2

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Республики сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2011 гг.



**Рисунок 3** - Сезонные (сентябрь – ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и месячных сумм осадков (мм/месяц), 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 1976-2011 гг.*



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

Как отмечалось выше, сезонная аномалия температуры воздуха ( $+0.87^{\circ}\text{C}$ , ранг 14), а аномалия осадков ( $-26.9$  мм/месяц) – второе место среди сухих сезонов.

Тренд осенних температур, в среднем по территории Беларуси, составил  $0.39^{\circ}\text{C}/10$  лет (ответствен за 14% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд положителен. В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил  $1.2$  мм/месяц/10 лет.

## **ВЫВОДЫ**

1. В среднем по Беларуси сезонная аномалия температуры воздуха составила  $+0.87^{\circ}\text{C}$  (ранг 14). Тепло с аномалиями  $+1^{\circ}\text{C}$  –  $+2^{\circ}\text{C}$  было в сентябре и ноябре на всей территории республики, в октябре тепло было на севере, а на юге республики наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры.

2. В среднем по Беларуси сезонная аномалия осадков составила  $-26.9$  мм/месяц – это второе место среди сухих сезонов. Сухо было во все месяцы сезона, особенно в ноябре, на всех станциях (кроме Витебска) зафиксированы 5% экстремумы.

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон, так и в отдельные осенние месяцы.

4. В целом для Беларуси линейные тренды в изменении осадков обнаруживаются слабее.