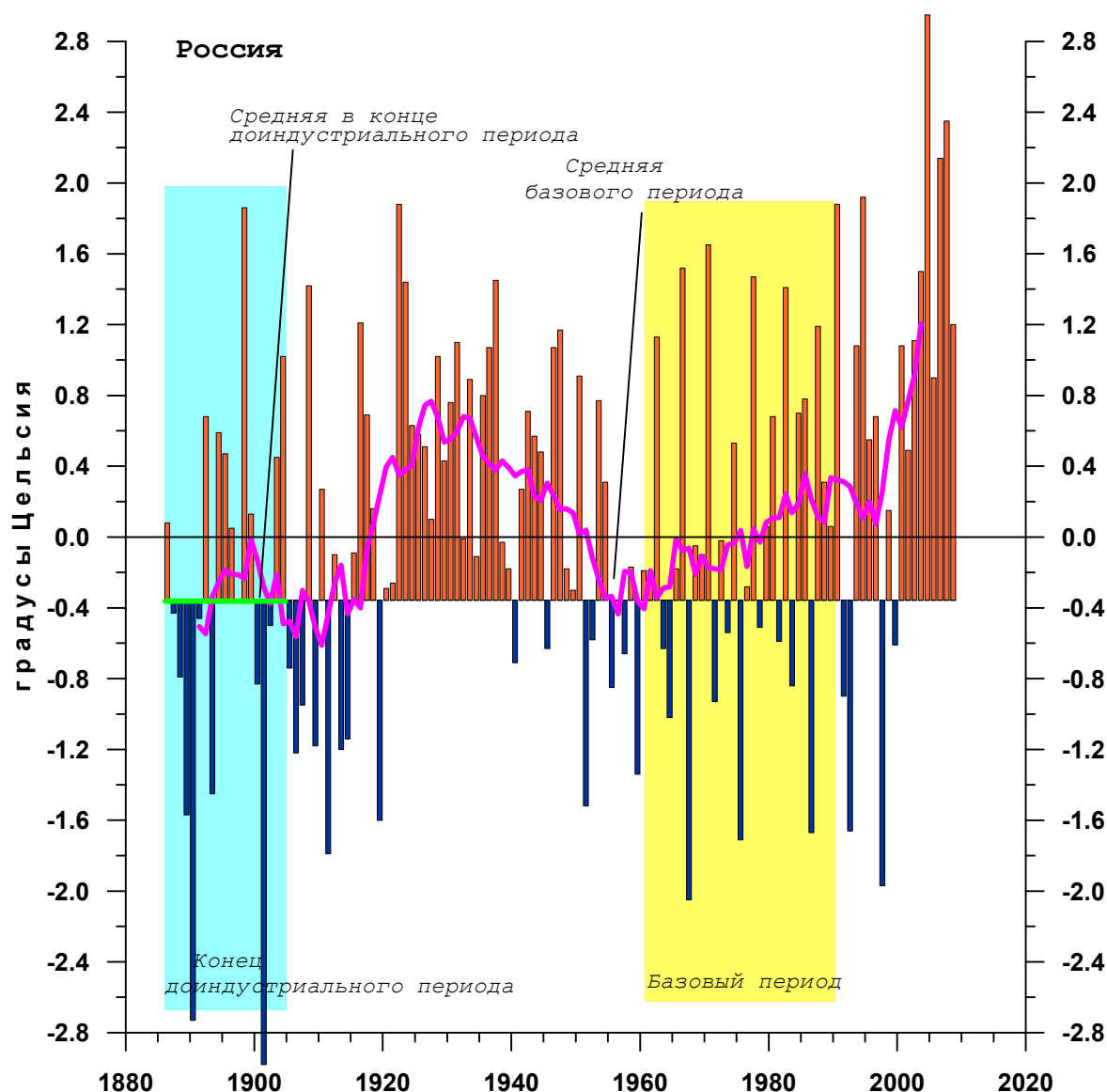


Институт Глобального Климата и Экологии



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2009 ОСЕНЬ (СЕНТЯБРЬ - НОЯБРЬ)

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА.....	5
1.1. Наблюдаемые изменения температуры воздуха у поверхности суши Северного полушария	5
1.2. Изменения температуры воздуха на территории России	6
1.3. Аномалии температуры воздуха на территории России осенью 2009 г.	9
2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ	14
2.1. Изменения осадков на территории России	14
2.2. Аномалии осадков на территории России осенью 2009 г.....	15
3. КРУПНЫЕ АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РФ.....	21
4. СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	24
ВЫВОДЫ	29

Примечание. На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2009 гг. (осень: сентябрь – ноябрь).

Аномалия температуры рассчитана, как отклонение от средней температуры за базовый период 1961-1990 гг. Столбцы диаграммы представлены относительно средней за 1886 – 1905 гг. (конец «доиндустриального периода»). Сиреновой линией показана 11-летняя скользящая средняя.

ВВЕДЕНИЕ

Все выводы сделаны 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).

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

Тренд рассчитан методом наименьших квадратов и выражен в градусах за десятилетие ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) – для температуры, в % от нормы за десятилетие ($\%/10$ лет) – для осадков.

Региональные средние величины аномалий метеорологических переменных рассчитываются с использованием алгоритма осреднения станционных данных по региону с предварительным осреднением по равновеликим боксам. Для этого область, охватывающая область анализа (полушарие), разбивается на равновеликие широтно-долготные боксы. Размер бокса определяется отрезком дуги меридиана. Затем производится осреднение (арифметическое) значений анализируемой переменной на станциях внутри каждого бокса, после чего полученные значения осредняются с весами, пропорциональными площади пересечения бокса с территорией региона.

Регионально осредненные оценки приводятся лишь с 1936 г., так как до этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных.

Регионы Российской Федерации (РФ), для которых в Бюллетене представлены результаты пространственного осреднения, приведены на рисунке 1.



Рис. 1. Физико-географические регионы РФ

Бюллетень подготовлен в Государственном учреждении «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН» (ИГКЭ) с использованием материалов, представленных ГУ «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации» (Гидрометцентр РФ), ГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ВНИИГМИ-МЦД).

Дополнительная информация о состоянии климата Российской Федерации и бюллетени мониторинга климата размещаются на Интернет-сайте ГУ ИГКЭ: <http://climatechange.su>

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

1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

1.1. Наблюдаемые изменения температуры воздуха у поверхности суши Северного полушария

На рисунке 2 представлены временные ряды среднегодовой температуры Северного полушария. Эти данные подготовлены группой исследований климата Национального Климатического центра США. Они представляют данные об аномалии температуры воздуха на наземных метеостанциях за каждый месяц года, осредненных по Северному полушарию относительно базового периода 1901-2000. При подготовке бюллетеня произведен пересчет средних месячных аномалий относительно базового периода 1961-1990 и расчет средних сезонных аномалий температуры.

Осень для Северного полушария в целом была очень теплой, аномалия температуры составила $+0.90^{\circ}\text{C}$ (6-ое место по величине аномалии в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1936 г.). Для сравнения, осень 2008 года также была очень теплой ($\text{VT} = +1.02^{\circ}\text{C}$ - 3-я по рангу теплых лет.). Самая теплая осень наблюдалась в 2005 году ($\text{VT} = +1.33^{\circ}\text{C}$). По сравнению с 2005 годом все последующие года были прохладнее. Следует отметить, что в десять самых теплых лет вошли все годы XXI века за исключением 2002 года (который был одиннадцатым).

Линейный тренд, оцененный за период с 1887 по 2009 год, составляет $+0.06^{\circ}\text{C}/10$ лет, а за 1976-2009 гг. $+0.36^{\circ}\text{C}/10$ лет (процент объясненной трендом дисперсии ряда 26% и 56% соответственно). Для Северного полушария за последние тридцать четыре года потепление осенью выражено сильнее, чем за весь ряд в целом.

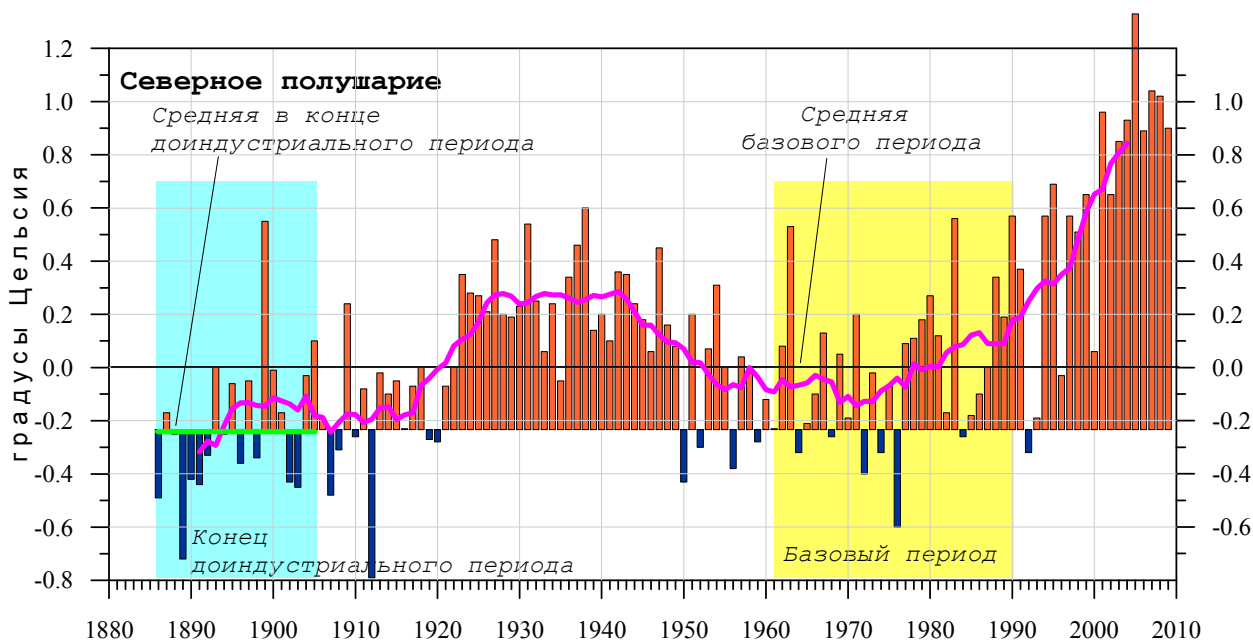


Рис. 2. Средняя сезонная аномалия (осень: сентябрь – ноябрь, 1887 – 2009 гг.) температуры приземного воздуха на суше Северного полушария. Аномалия температуры рассчитана, как отклонение от средней за базовый период 1961-1990 гг. Столбцы диаграммы представлены относительно средней за 1886 – 1905 гг. (конец «доиндустриального периода»). Жирной линией показан ход скользящих 11-летних средних. Данные представляют собой аномалию температуры воздуха на наземных станциях. Национальный Климатический центр США:
www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/anomalies/index.html.

1.2. Изменения температуры воздуха на территории России

В 2009 году – аномалия осенней температуры составила для России в целом лишь $+1.2^{\circ}\text{C}$ – это 12-ое положительное значение в ряду наблюдений с 1936 года.

Самая теплая осень в России в целом наблюдалась в 2005 году, аномалия средней сезонной температуры приземного воздуха составила тогда $+2.95^{\circ}\text{C}$, затем в 2008 году - аномалия средней сезонной температуры была $+2.35^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 3 представлены временные ряды средних осенних аномалий температуры воздуха, пространственно осредненных по территории России в целом и по ее регионам за период 1936-2009 гг. Количественные оценки линейных трендов регионально-осредненных температур осеннего сезона для периода 1976-2009 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1.

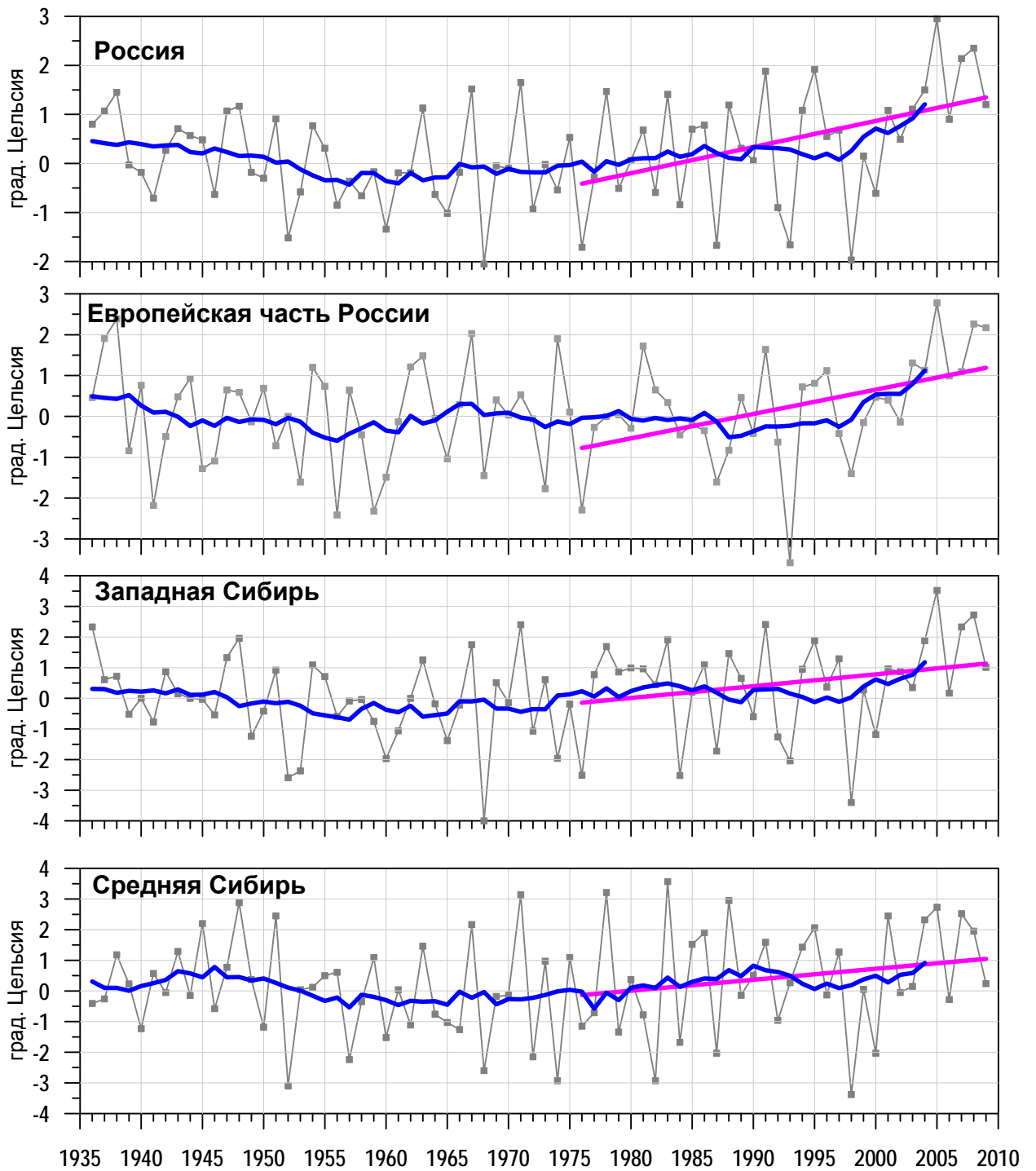
Оценки линейного тренда регионально-осредненной сезонной температуры приземного воздуха (осень) для регионов России за 1976-2009 гг.

b, $^{\circ}\text{C}/10$ лет – коэффициент линейного тренда, D% - вклад тренда в суммарную дисперсию.

Регионы	b, $^{\circ}\text{C}/10$ лет	D%
Россия	0.53	19
Европейская часть России	0.59	21
Западная Сибирь	0.39	6
Средняя Сибирь	0.36	4
Прибайкалье и Забайкалье	0.23	3
+Восточная Сибирь	0.87	39
Приамурье и Приморье	0.49	25
Заполярье	0.73	24

Из таблицы 1 видно, что во всех рассматриваемых регионах России осенью тренд температуры положительный. Наиболее интенсивное потепление отмечается в Восточной Сибири ($b = +0.87^{\circ}\text{C}/10$ лет, $D=39\%$), в Заполярье, на Европейской части России (ЕЧ России), в Приамурье и Приморье. Следует отметить, что вклад тренда в суммарную дисперсию пространственно осредненной осенней температуры для регионов Прибайкалье и Забайкалье, Западная и Средняя Сибирь составляет всего лишь 3-6%.

На рисунке 4 представлено пространственное распределение средней скорости изменения температуры приземного воздуха для территории России. Из рисунка видно, что скорость потепления в разных частях РФ различна. Наиболее сильное потепление отмечается на юго-востоке ЕЧ России (в Приволжском ФО) и Южном Урале (скорость потепления составляет здесь $+0.7^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также в Дальневосточном ФО ($+0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет). На территории, расположенной в Сибири - от Югорского полуострова (на северо-западе) до озера Байкал (на юго-востоке), тренд практически отсутствует.



Продолжение следует

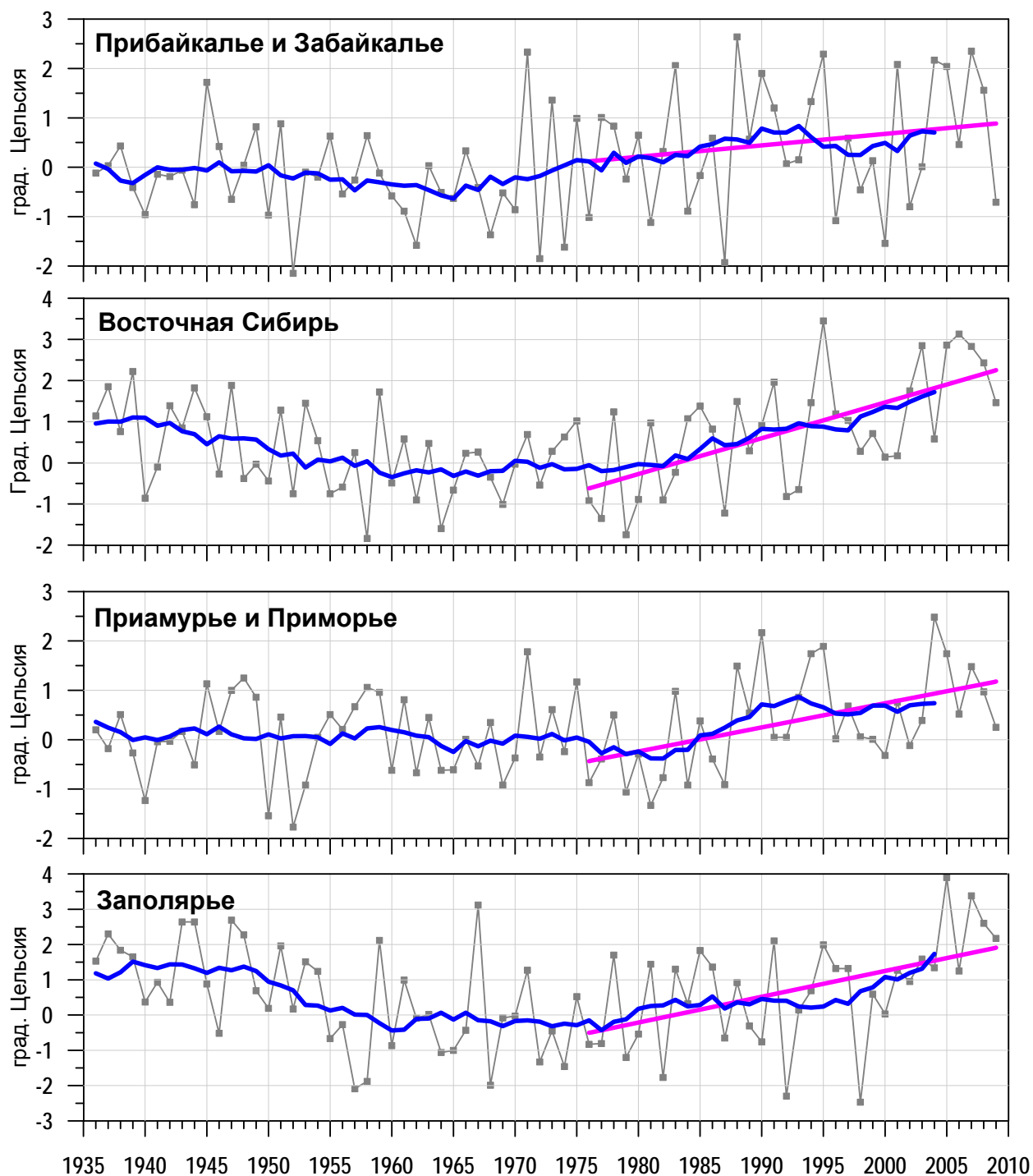


Рис. 3. Средние сезонные (осень 2009: сентябрь – ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха, осредненные по территории регионов РФ ($^{\circ}\text{C}$). Аномалии рассчитаны как отклонения средних месячных температур от средних за 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2009 гг.

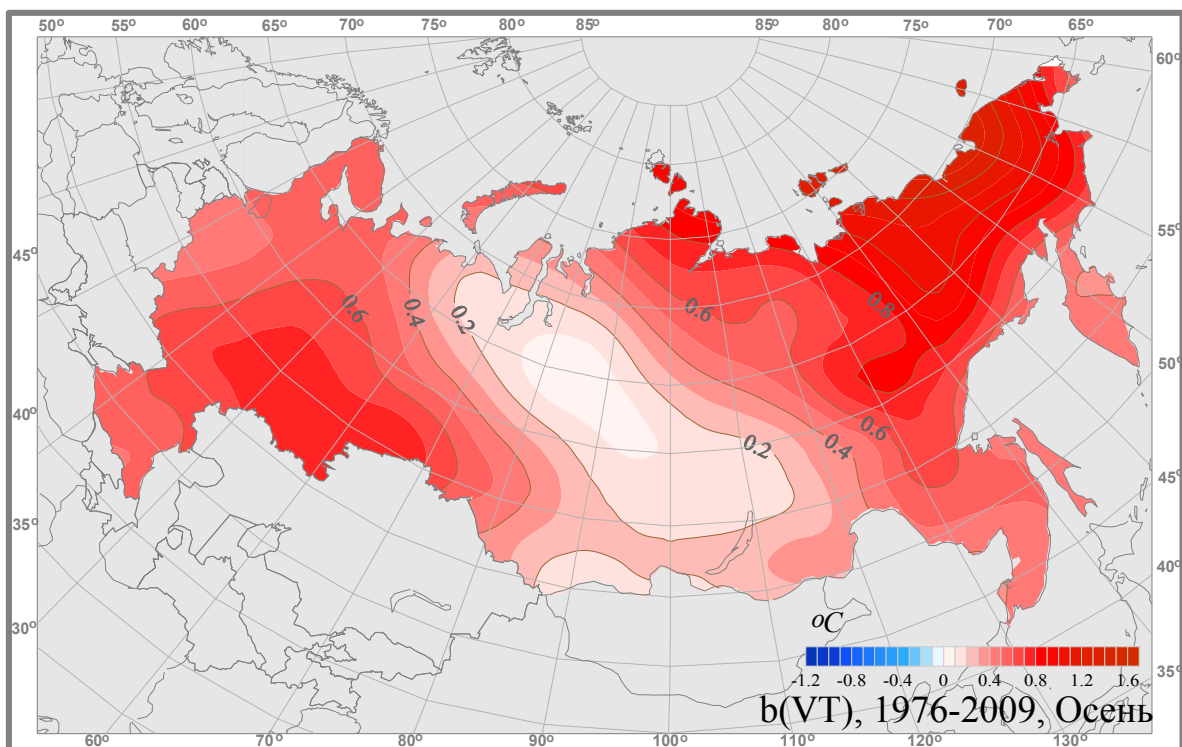


Рис. 4. Коэффициенты линейного тренда температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России за 1976-2009 гг. (в среднем для осеннего сезона).

1.3. Аномалии температуры воздуха на территории России осенью 2009 г.

Рассмотрим региональные особенности температурного режима на территории России осенью 2009г. В таблице 2 представлены аномалии температуры, осредненные по регионам РФ (в скобках приведен их ранг в ранжированном по убыванию ряду), и вероятности непревышения аномалий температуры, наблюдавшихся в 2009 году.

Таблица 2.

Средние за сезон аномалии температуры приземного воздуха в регионах России летом 2009 г. (В скобках указан ранг значения в ряду наблюдений с 1936 г.)

Регионы	$\nu T, ^{\circ}\text{C}$	$P(t \leq T_{2009}), \%$
Россия	+1.2 (12)	84
Европейская часть России	+2.2 (4)	96
Западная Сибирь	+1.0 (19)	74
Средняя Сибирь	+0.2 (34)	54
Прибайкалье и Забайкалье	-0.7 (57)	23
Восточная Сибирь	+1.5 (16)	80
Приамурье и Приморье	+0.2 (34)	55
Заполярье	+2.2 (10)	82

Примечание: νT - сезонная аномалия температуры осенью 2009 г. ($^{\circ}\text{C}$);
 $P(t \leq T_{2009})$ - вероятность непревышения значения νT относительно 1936-2008 гг. (%)

Аномалия температуры в целом по территории России составила $+1.2^{\circ}\text{C}$ (12-ая по величине положительная аномалия за последние 74 года). Для сравнения, осень 2008г. была очень теплой (аномалия температуры тогда составила $+2.35^{\circ}\text{C}$ и была 2-ой величиной в ранжированном по убыванию ряду).

Осень 2009 года была очень теплой на территории ЕЧ России - аномалия температуры составила здесь +2.2°C. В ранжированном ряду наблюдений с 1936 года - это четвертая положительная величина. Такая осень бывает на этой территории один раз в 25 лет.

Холодно осенью было в Прибайкалье и Забайкалье - средняя сезонная аномалия температуры приземного воздуха была здесь меньше нормы ($V_T = -0.7^\circ\text{C}$) - такая холодная осень бывает в Прибайкалье и Забайкалье один раз в шесть лет.

Более детальное представление о региональных особенностях температурных условий дают пространственные распределения аномалий тепла и холода на территории России, представленные на рисунках 5 и 6 для всего сезона в целом и для каждого из осенних месяцев. На рисунке 5 приведены значения аномалий (поле изолиний), а на рисунке 6 – соответствующие им вероятности неперевышения, нанесенные непосредственно в точках размещения станций и потому более четко очерчивающие очаги аномалий обоих знаков разной степени интенсивности. Крайние градации (0-10% для отрицательных аномалий и 90-100% для положительных) соответствует экстремумам, попадающим в 10%-ые «хвосты» распределений (вероятность осуществления таких крупных аномалий в прошлом не более 10%). В таблице 3 показано распределение станций по регионам РФ с аномалиями температуры среди 10% самых крупных. В бюллетене использованы данные 261 российских станций (из числа 310), по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Как видно из таблицы 3 наибольшее количество крупных положительных аномалий осенью наблюдалось на территории ЕЧ России (наибольшее их количество наблюдалось в сентябре). Наибольшее количество крупных отрицательных аномалий наблюдались в Средней Сибири (в основном в ноябре).

Таблица 3.

Количество станций в регионах РФ, на которых осенью 2009 г. осуществились аномалии температуры, попавшие в 10%-ые «хвосты» распределения за 1936 - 2009 гг.

Регион	Число станций в регионе	Осень		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь	
		<Q ₁₀	>Q ₉₀	<Q ₁₀	>Q ₉₀	<Q ₁₀	>Q ₉₀	<Q ₁₀	>Q ₉₀
Европейская часть России	82		57		60		19		19
Западная Сибирь	40		7		15		2		
Средняя Сибирь	44	3	3		6		3	3	1
Прибайкалье и Забайкалье	23	2					1	1	
Восточная Сибирь	47		6		13		18	1	1
Приамурье и Приморье	25	1					8	4	

Примечание. Q₁₀, Q₉₀ – 10%- и 90%-ый квантили распределения

Осень. Осенью обширная область с положительными аномалиями температуры располагалась на ЕЧ России, Среднем и Южном Урале. Средние сезонные аномалии температуры достигали +2°C. На 60-ти станциях этих районов – осень была среди 10% самых теплых в ряду наблюдений с 1936 года.

Тепло было также на азиатском побережье Северного Ледовитого океана, в горах Дальнего Востока. Средние сезонные аномалии температуры достигали +2.5°C - +3°C.

Холодно в центре и юге Сибири со средними сезонными аномалиями до -2°C . На 5-ти станциях – осень среди 10% самых холодных.

Сентябрь.

Почти вся территория России была занята положительными аномалиями температуры с основными очагами в Европейской части России (в Сыктывкаре и Сортавале $\Delta t=3.9^{\circ}\text{C}$) и в Якутии (на станции Усть-Мома 3.3°C).

На 50 станциях среднемесячная температура оказалась выше 95%-го перцентиля (уровень, выше которого на этих станциях температура поднималась лишь в 5% случаев) и еще на 43 станциях она была выше 90%-перцентиля. Лишь в Предбайкалье отмечались слабые отрицательные аномалии температуры.

Октябрь. На большей части РФ тепло. Экстремально тепло было на юге ЕЧ России (Южный ФО) и на востоке Дальневосточного ФО, где на 16-ти и 25-ти станциях соответственно октябрь был среди 10% самых теплых (со средними месячными аномалиями температуры на станциях до $+5.3^{\circ}\text{C}$ – Элиста, $+5.6^{\circ}\text{C}$ - Марково).

Холодно на северо-западе страны и в районе оз. Байкал, со средними месячными аномалиями до -1.9°C (станция Сортавала) и -1.2°C (станция Багдарин) соответственно.

Ноябрь. Для азиатской части страны – это самый холодный месяц в сезоне. Центры холода располагались на Среднесибирском плоскогорье и на Камчатке (со средними месячными аномалиями на станциях до -7.2°C (станция Ванавара) и -2.5°C (станция Усть-Камчатск). На 8-ти станциях этих районов – аномалии температуры были меньше 10% перцентиля.

Тепло было на ЕЧ России и на азиатском побережье Северного Ледовитого океана (со средними месячными аномалиями до $+3.9^{\circ}\text{C}$ (станция Тотьма) и $+5.5^{\circ}\text{C}$ (станция Саскылах) соответственно). На 18 станциях ЕЧ России ноябрь был среди 10% самых теплых в ряду наблюдений с 1936 года.

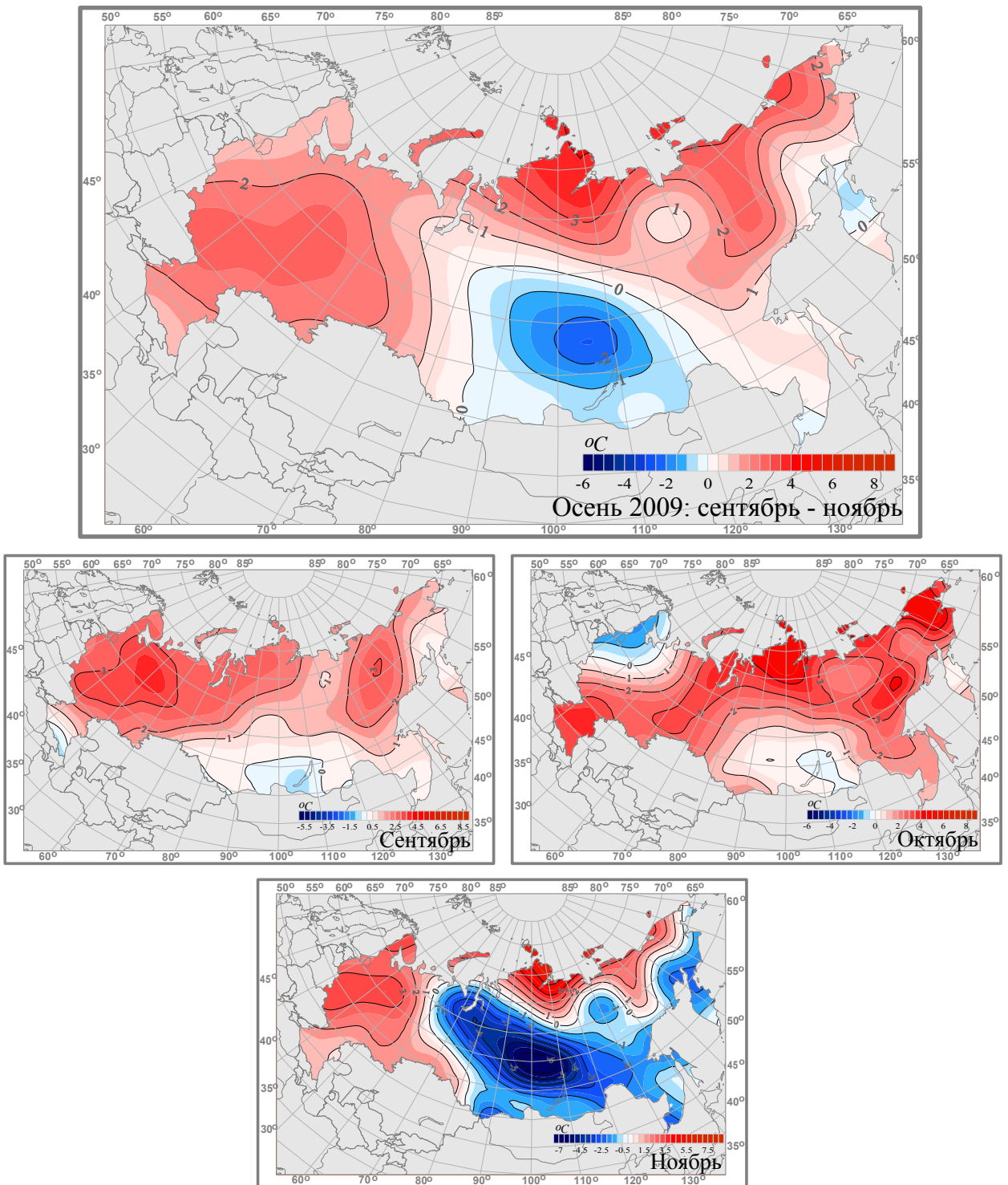


Рис. 5. Поля аномалий средней сезонной (осень 2009: сентябрь - ноябрь) и месячных температур приземного воздуха на территории России (осредненные за осенний сезон отклонения средних месячных температур от соответствующих норм 1961-1990 гг.).

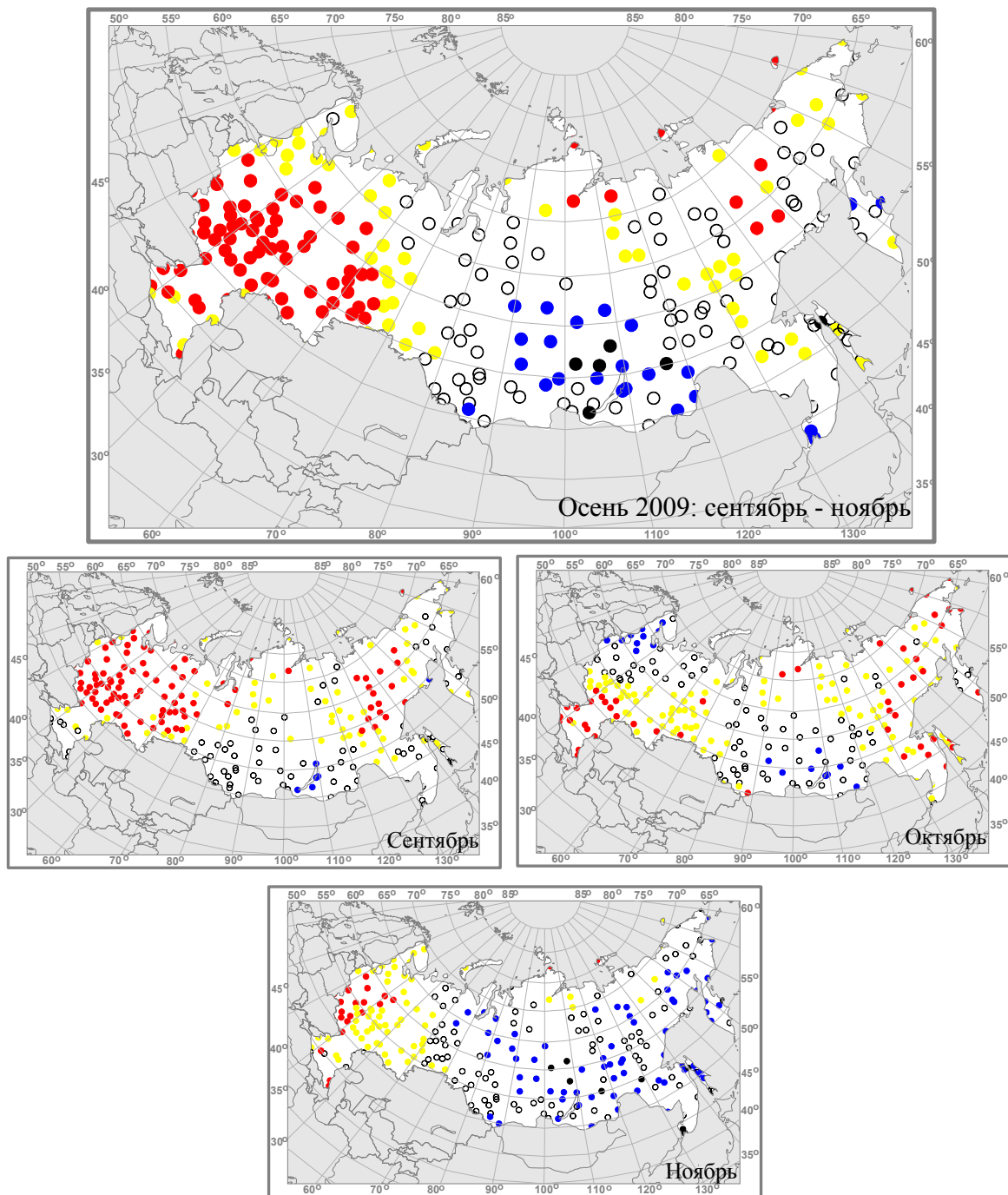


Рис. 6. Вероятности непревышения $P(t \leq T_{2009})$ средних сезонных и средних месячных аномалий температуры, наблюдавшихся осенью 2009 г., относительно периода 1936-2008:

- [0%, 10%)- экстремально холодно (месяц попал в 10% самых холодных)
- [10%, 30%) - холодно
- [30%, 70%) - около нормы
- (70%, 90%) - тепло
- (90%, 100%) - экстремально тепло (месяц попал в 10% самых теплых)

2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

2.1. Изменения осадков на территории России

В таблице 4 представлены данные о трендах осадков за период 1976-2009 гг.

Из таблицы 4 видно, что в последние десятилетия осенью происходит незначительное уменьшение осадков в регионе Приамурье и Приморье (летом здесь также происходит уменьшение осадков). В регионах: ЕЧ России, Западная Сибирь тренд осадков осенью отсутствует. Увеличение осадков происходит в регионах: Средняя Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье, Восточная Сибирь, Заполярье, – при этом, процент объясненной трендом дисперсии в Средней Сибири, в Прибайкалье и Забайкалье, в Заполярье больше 15% (5% -й уровень значимости).

Таблица 4.

Оценки линейного тренда регионально осредненных месячных сумм атмосферных осадков (осень) для регионов России за период 1976-2009 гг.:
b, мм/мес/10 лет – коэффициент линейного тренда, *D*% - вклад тренда в дисперсию

Регионы	<i>b</i> , мм/10 лет	<i>D</i> %
Россия	0.6	3
Европейская часть России	-0.0	0
Западная Сибирь	0.0	0
Средняя Сибирь	1.4	16
Прибайкалье и Забайкалье	2.0	18
Восточная Сибирь	1.4	9
Приамурье и Приморье	-0.7	1
Заполярье	1.4	20

На рисунке 7 представлено пространственное распределение коэффициентов линейного тренда осадков.

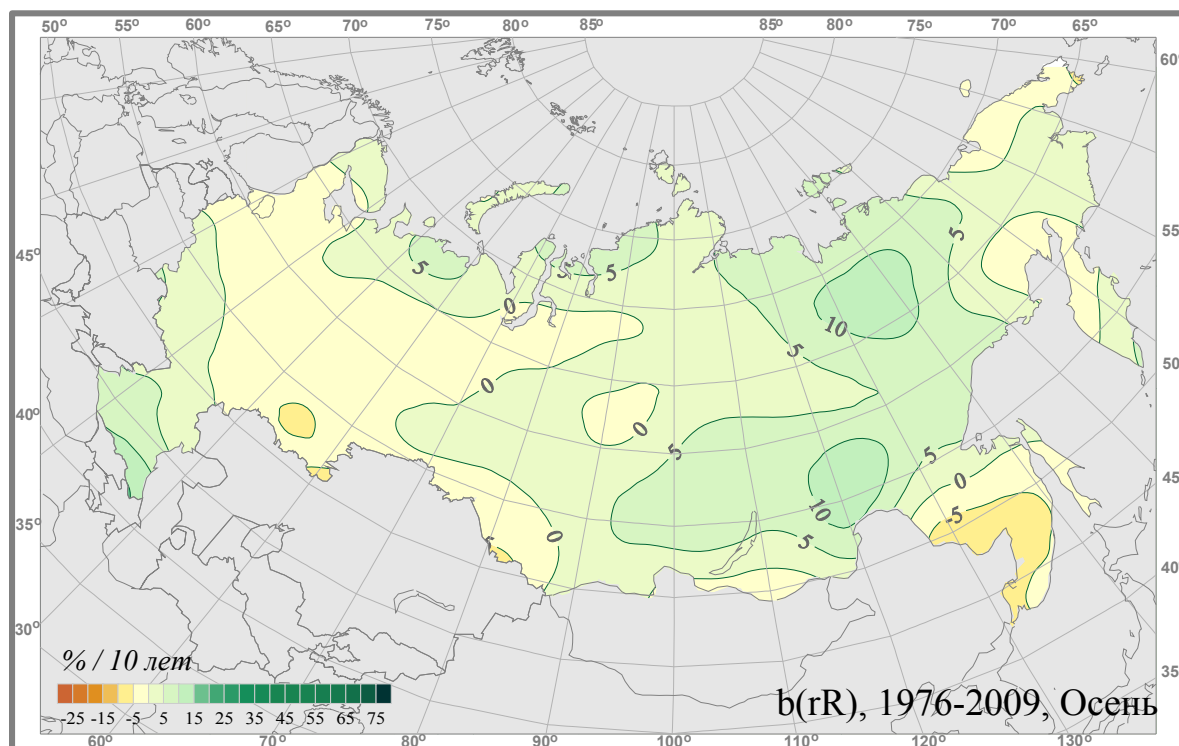


Рис. 7. Пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда осадков осеннего сезона на территории России (%/10 лет) за 1976-2009 гг..

На большей части территории страны тренд осадков мал (-5% /10 лет - +5% /10 лет). Уменьшение осадков (тренд меньше -5% /10 лет) происходит на Южном Урале и в Приморском крае. Значительное увеличение осадков (тренд больше 10% /10 лет) отмечается в междуречье Лены и Индигирки и на Алданском нагорье.

2.2. Аномалии осадков на территории РФ осенью 2009 г.

Аномалии рассчитаны как отклонения месячных сумм осадков от соответствующих месячных норм 1961-1990 гг. Сезонные аномалии осадков рассчитаны как средние из аномалий месячных сумм осадков за три месяца осеннего сезона и выражены в мм/месяц.

Временные ряды средних сезонных аномалий осадков (мм/месяц) показаны на рисунке 8. В таблице 5 представлены данные об аномалиях осадков по регионам РФ в осенний сезон 2009 года.

Таблица 5.

Средние за сезон (осень: сентябрь – ноябрь) аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории регионов России

Регионы	νR	P
Россия	-1.4 (53)	42
Европейская часть России	-0.5 (42)	53
Западная Сибирь	-4.8 (62)	23
Средняя Сибирь	+1.7 (25)	68
Прибайкалье и Забайкалье	+8.9 (3)	95
Восточная Сибирь	-0.4 (39)	53
Приамурье и Приморье	+2.8 (28)	69
Заполярье	-1.0(46)	47

Примечание: νR - сезонная аномалия осадков осенью 2009 г. (мм/месяц, в скобках приведен ранг аномалии в ранжированном по убыванию ряду с 1936 года;

$P(r \leq R_{2009})$ - вероятность неперевышения значения νR относительно 1936-2008 гг. (%)

Как видно из рисунка 8 и таблицы 5, количество выпавших осадков в целом по России было немного меньше нормы (сезонная аномалия осадков составила -1.4 мм/месяц – 53 значение в ранжированном по убыванию ряду наблюдений). Для сравнения осень 2008 года осадков в целом по России выпало немного больше нормы (сезонная аномалия осадков составляла тогда +1.7 мм/месяц).

Наибольшее количество осадков выпало осенью в Прибайкалье и Забайкалье. Аномалия осадков составила + 8.9 мм/месяц – так много осадков в этом регионе осенью выпадает один раз в 20 лет. Следует отметить, что и летом в этом регионе выпало много осадков ($VR = 12.9$ мм/месяц – 14-ая величина в ряду наблюдений с 1936 года). В Средней Сибири и в Приамурье и Приморье сезонные аномалии осадков составили 1.7 мм/месяц и 2.8 мм/месяц соответственно (вероятность неперевышения 68% ,т.е.такие осадки выпадают в этих регионах 1 раз в 3 года).

Дефицит осадков осенью наблюдался в регионах: ЕЧ России, Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Заполярье.

Пространственное распределение осадков представлено на рисунках 9, 10.

Осень.

Осенью избыток осадков отмечался в центре и на западе ЕЧ России - выпало более 120% нормы осадков. На 9-ти станциях аномалии сезонных осадков были больше 90% процентиля.

На Алтае, в Прибайкалье, в Якутии, в Хабаровском крае выпало 130% -140% нормы. На 20-ти станциях этих районов - осень среди 10% самых влажных.

Осенью дефицит осадков (около 60% нормы) отмечался в среднем течении Волги, на Южном Урале (на 10-ти станциях сезонные аномалии осадков были меньше 10% процентиля). Вся территория Чукотского АО была охвачена дефицитом осадков 60-80% нормы.

Сентябрь. Наблюдались две области дефицита осадков. Первая – на европейской части страны (кроме района Северного Кавказа) и в Западной Сибири (выпало 60% - 40% нормы), вторая область – на северо-востоке страны (выпало 40% - 30% нормы). На 21-ной и 14-ти станциях соответственно месячные аномалии осадков были меньше 10% процентиля.

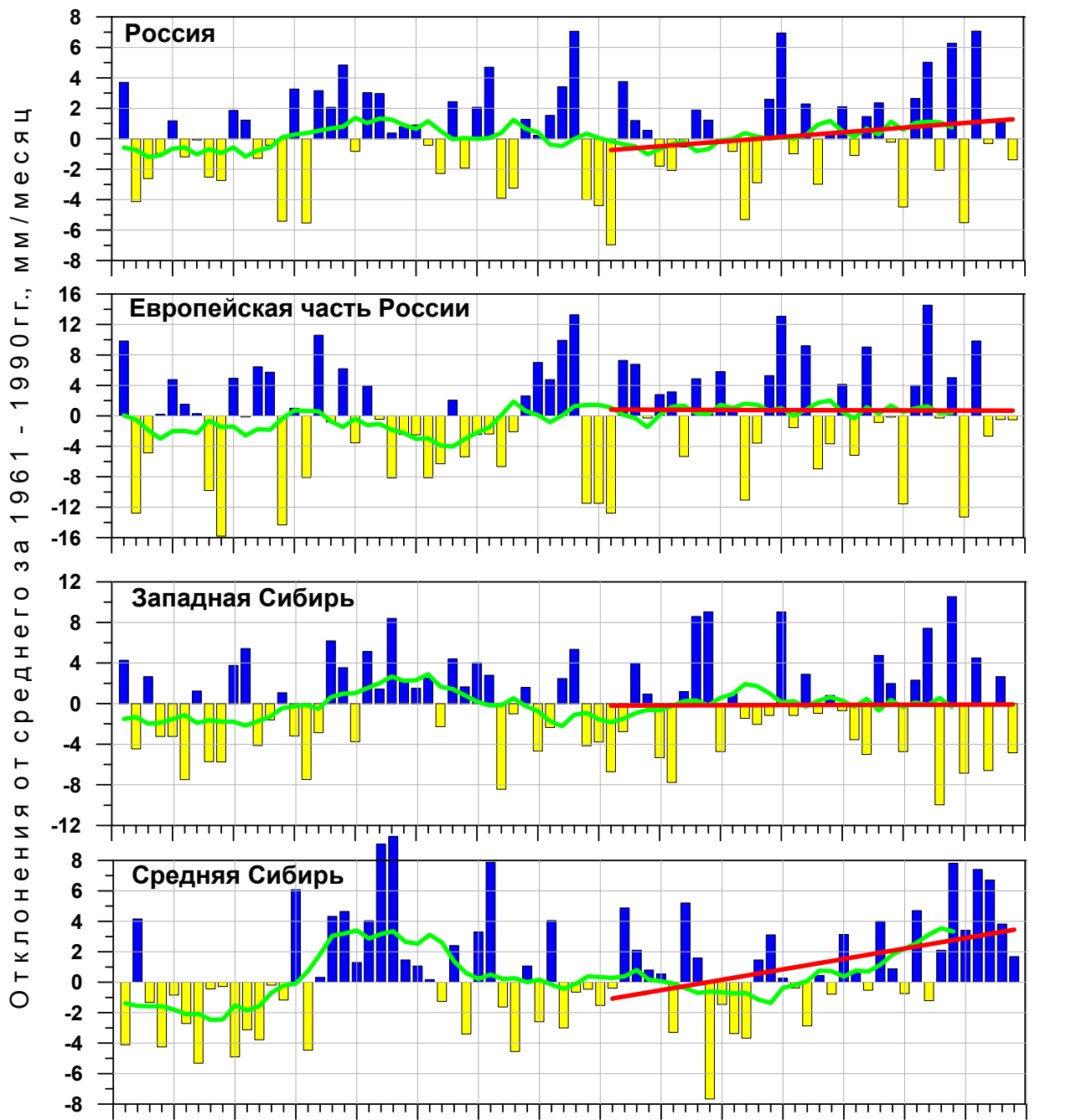
Обширная область избытка осадков располагалась в азиатской части страны примерно от 85 град.в.д (на западе) до 140 град.в.д. (на востоке). Больше всего осадков в этой области выпало на Алданском плоскогорье - около 160% нормы. На 16-ти станциях области сентябрь был среди 10% самых влажных.

Октябрь. Области дефицита осадков располагались в районе Северного Кавказа (выпало около 40% нормы) и в центре Сибири (выпало около 60% нормы). На 7-ми и 11-ти станциях соответственно октябрь был среди 10% самых сухих.

Наблюдались три области избытка осадков: в центре ЕЧ России, на Среднем и Северном Урале выпало 140% нормы (на 18-ти станциях октябрь был среди 10% самых влажных); на Алтае и в Саянах выпало 160% нормы, при этом на шести станциях октябрь был среди 10% самых влажных, на побережье Охотского моря (160% нормы, на 11-ти станциях области аномалии осадков превышали 90% процентиля).

Ноябрь. Избыток осадков наблюдался на ЕЧ России (в центре - выпало 130%, на юге осадков выпало особенно много - около 180% нормы, на семи станциях ноябрь был среди 10% самых влажных), на Алтае и в районе оз. Байкал (выпало около 140% месячной нормы, на девяти станциях аномалии осадков были больше 90% процентиля).

Области дефицита осадков (около 40% нормы) находились в Приволжском ФО и Южном Урале (на четырех станциях здесь ноябрь был среди 10% самых сухих), в Приморье и Сахалине (на четырех станциях аномалии осадков были больше 90% процентиля), на Чукотке (на трех станциях ноябрь был среди 10% самых сухих).



1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010
 Продолжение следует

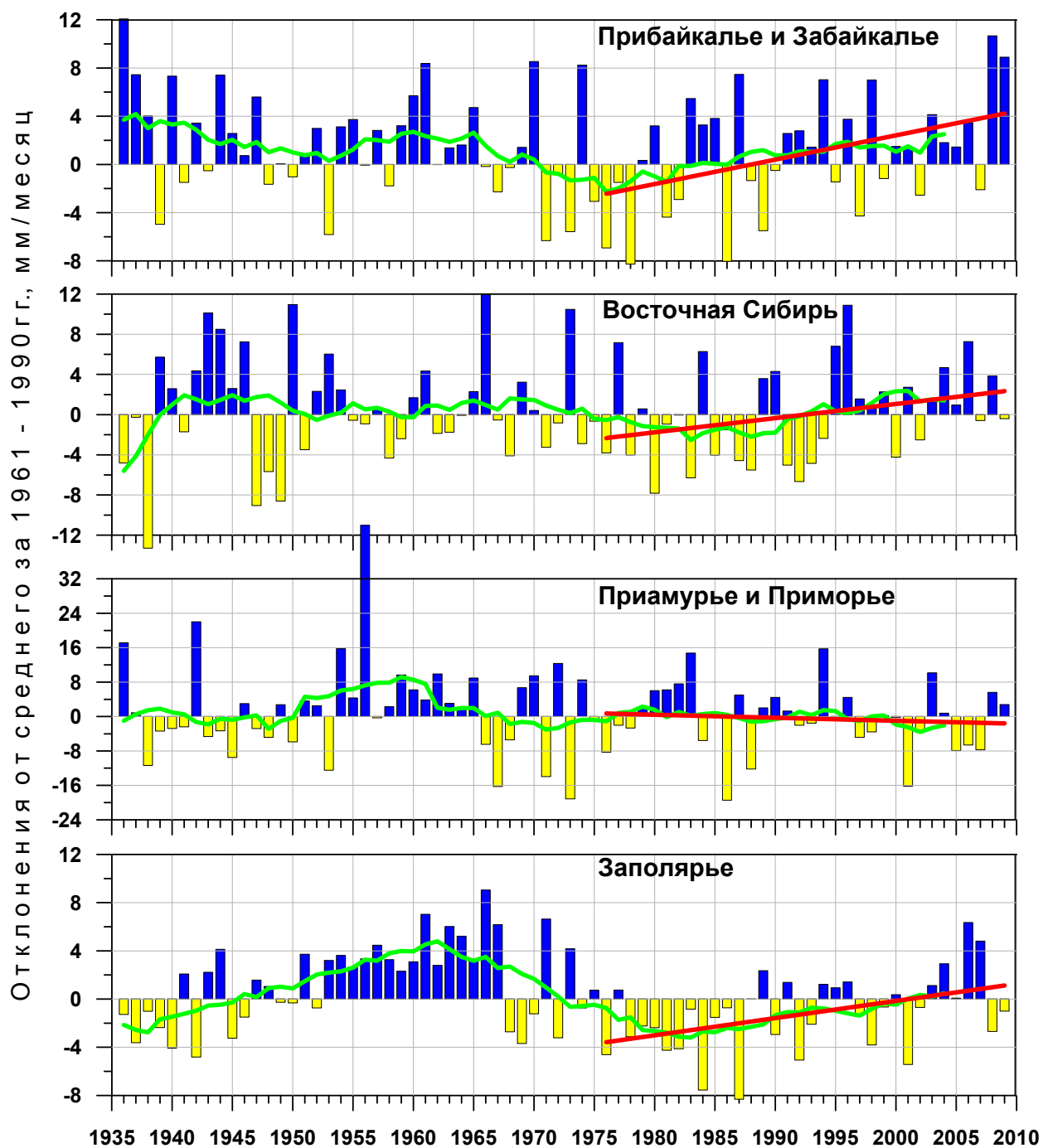


Рис. 8. Средние за сезон (осень: сентябрь – ноябрь) аномалии осадков (мм/месяц) для регионов РФ (1936 – 2009 гг.).

Столбцы представляют аномалии – отклонения от норм 1961 – 1990гг. Сглаженная кривая соответствуют 11-летнему скользящему осреднению. Линейный тренд показан за 1976-2009 гг.

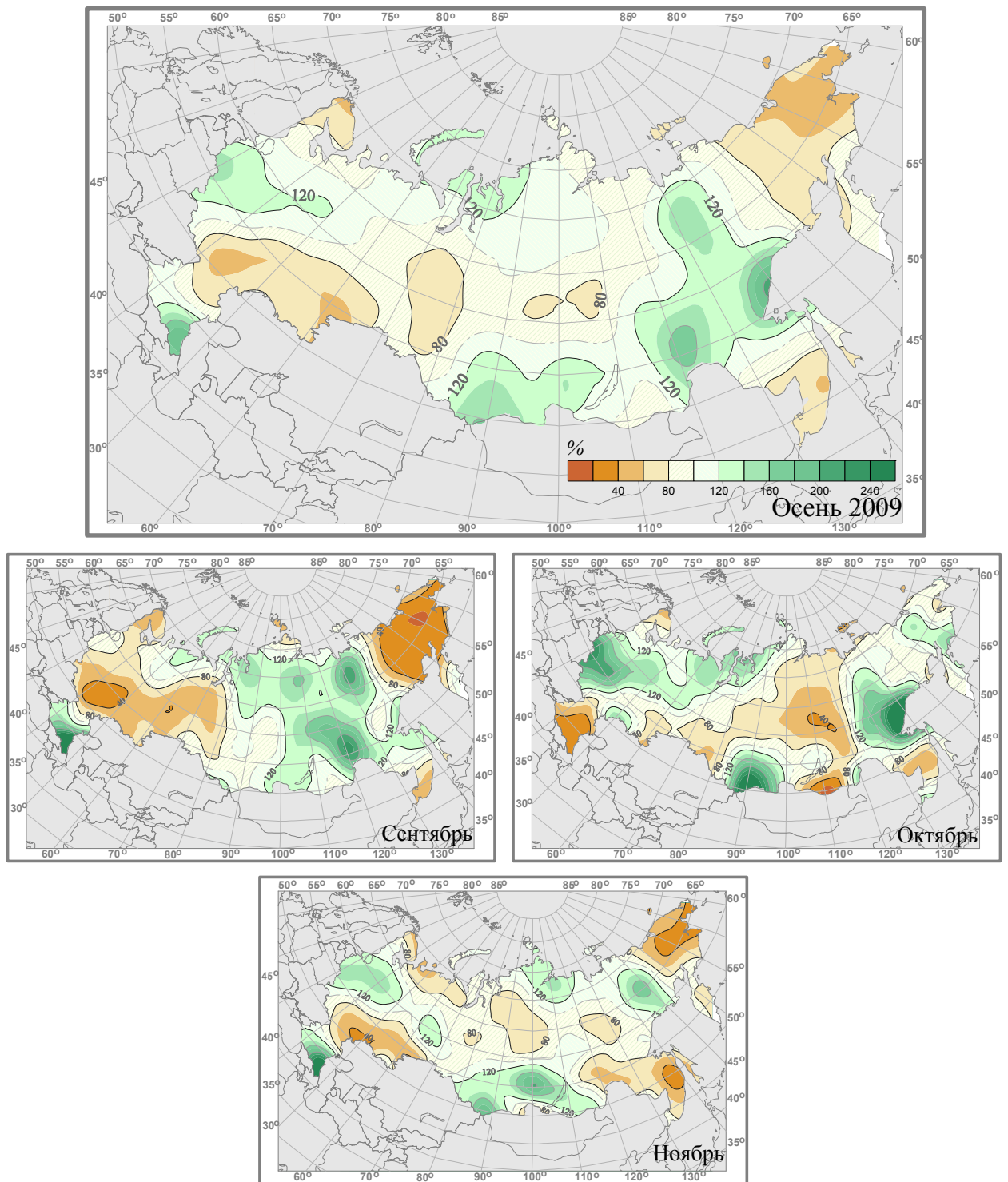


Рис. 9. Поля аномалий средних сезонных (осень 2009: сентябрь – ноябрь) и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России.

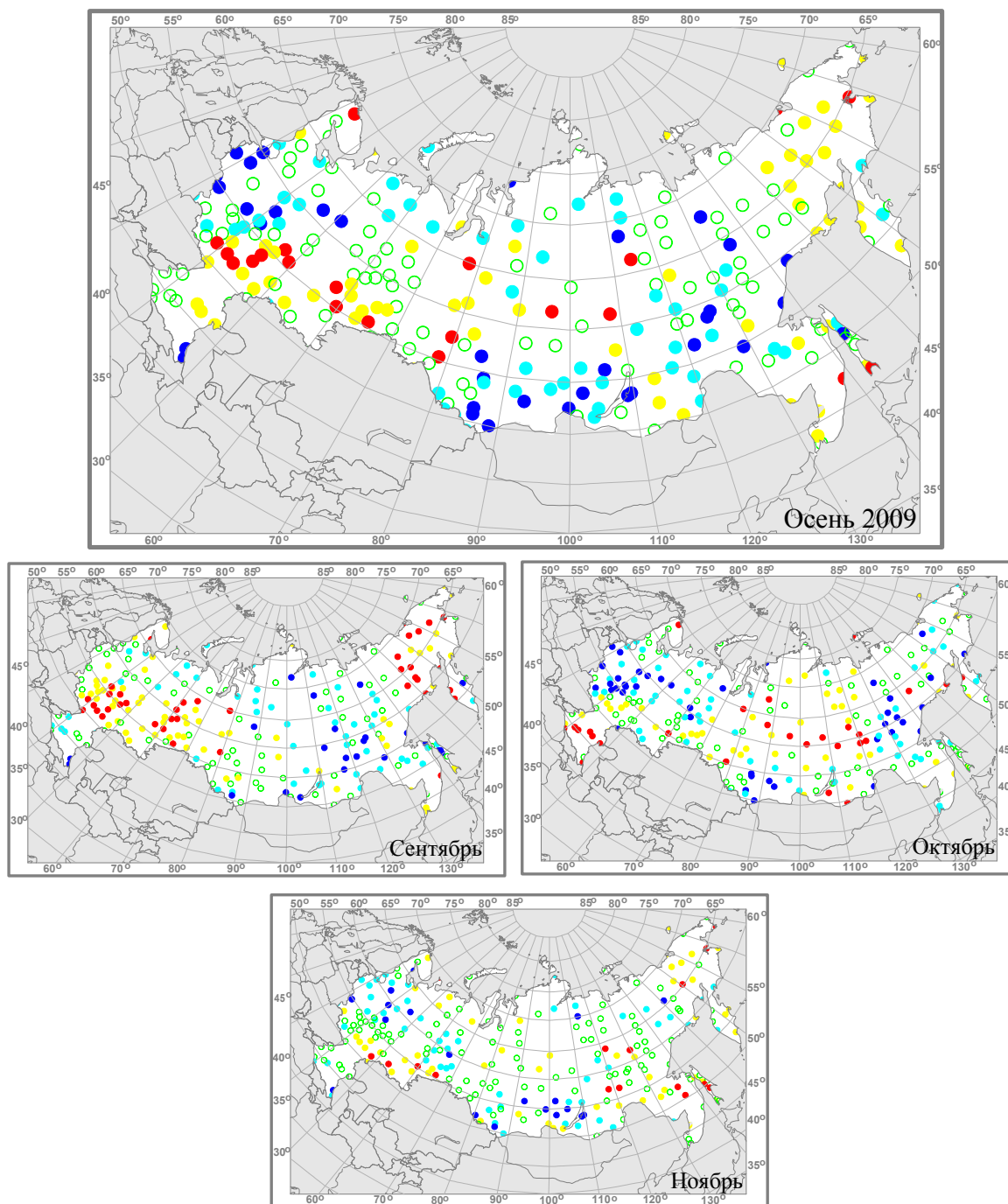


Рис. 10. Вероятности непревышения $P(r \leq R_{2009})$ средних за месяцы и за сезон (осень: сентябрь – ноябрь) месячных сумм атмосферных осадков, наблюдавшихся в 2009 г относительно периода 1936-2008 гг.:

- [0%, 10%) - экстремально сухо (месяц попал в 10% самых сухих)
- [10%, 30%) - сухо
- [30%, 70%) - около нормы
- (70%, 90%) - влажно
- (90%, 100%) - экстремально влажно (месяц попал в 10% самых влажных)

В таблице 6 приведено распределение станций, в которых осуществились крупные аномалии месячных сумм атмосферных осадков, по регионам РФ. В качестве границы крупных аномалий использованы границы 10%-ых «хвостов» распределения рассматриваемой переменной за 1936-2009 гг. (т.е. 10%- и 90%-квантили). В расчете

использованы данные 261 российских станций (из числа 310), по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

Таблица 6.

Количество станций в регионах РФ, на которых осенью 2009 г. осуществились аномалии осадков, попавшие в 10%-ые «хвосты» распределения за 1936 - 2009 гг.

Регион	Число станций в регионе	Осень		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь	
		<Q ₁₀	>Q ₉₀	<Q ₁₀	>Q ₉₀	<Q ₁₀	>Q ₉₀	<Q ₁₀	>Q ₉₀
Европейская часть России	82	10	11	13	2	9	18	4	6
Западная Сибирь	40	4	4	9	1	2	6	1	2
Средняя Сибирь	44	3	6		7	7	5	3	3
Прибайкалье и Забайкалье	23		6		5	3	4		4
Восточная Сибирь	47	2	4	14	3	4	9	3	
Приамурье и Приморье	25	2	2	1	5			4	

Примечание. Q₁₀, Q₉₀ – 10%- и 90%-ый квантили распределения

Из таблицы 6 видно, что наиболее «сухие» условия осуществились осенью на территории ЕЧ России (в основном, в сентябре и октябре), в Западной Сибири (наиболее «сухие» условия осуществились в октябре), в Восточной Сибири (в основном, в сентябре).

«Влажные» условия наблюдались осенью на Европейской части РФ (в большей части, в октябре), в Западной Сибири (в основном, в октябре), в Средней Сибири (наблюдались, в основном, в сентябре и октябре).

3. КРУПНЫЕ АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РФ

На рисунке 11 показаны станции (из 310 станций РФ), на которых осуществились крупные аномалии температуры воздуха (рисунок сверху) и атмосферных осадков (рисунок внизу) в отдельные месяцы текущего осеннего сезона.

Сентябрь был экстремально теплым месяцем в сезоне – на 50 станции страны аномалии температуры были выше 95% процентиля – так тепло на этих станциях бывает один раз в 20 лет. Из них 40 станций располагались на территории ЕЧ России и в Западной Сибири, остальные десять – в Восточной Сибири.

В сентябре значительный дефицит осадков наблюдался на территории ЕЧ России, на Урале, на Чукотке. На 11 станциях ЕЧ России и Урала и на 11 станциях Дальневосточного ФО (десять из них - на Чукотке) аномалии осадков были ниже 5% процентиля.

В октябре экстремально тепло было на семи станциях Южного ФО и на восьми станциях Дальневосточного ФО - аномалии температуры были выше 95% процентиля.

В октябре на 20-ти станциях РФ (в основном, это станции центра ЕЧ России - восемь станций, Алтай - пять станций, побережья Охотского моря - пять станций) наблюдался значительный избыток осадков – октябрь на этих станциях был среди 5% самых «влажных» в ряду наблюдений с 1936 года. В октябре экстремально «сухо» было на

Северном Кавказе и в Забайкалье. На четырех и семи станциях соответственно аномалии осадков были ниже 5% процентиля.

В ноябре экстремально тепло было на западе ЕЧ России – здесь на четырех станциях ноябрь был среди 5% самых теплых в ряду наблюдений с 1936 года.

В ноябре на шести станциях Сибирского ФО (это станции, входящие в регион Прибайкалье и Забайкалье) наблюдался значительный избыток осадков – ноябрь на этих станциях был среди 5% самых «влажных» в ряду наблюдений с 1936 года.

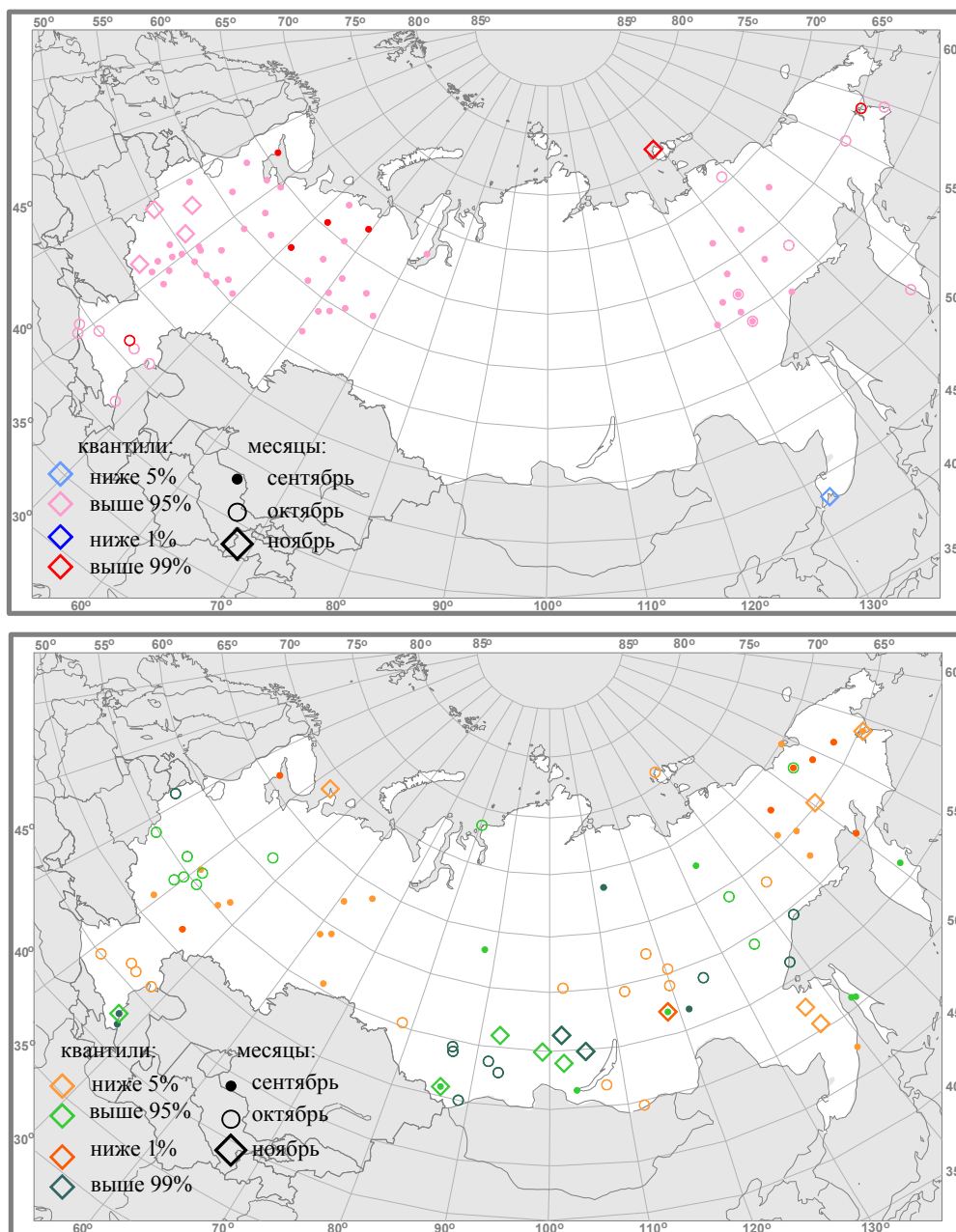


Рис. 11. Станции, на которых в сентябре, октябре и ноябре 2009 г. осуществились крупные (ниже 5%-ых и 1%-ых и выше 95%-ых и 99% квантилей) аномалии температуры (сверху) и осадков (внизу).

Рисунок 11 дополняют таблицы 7 и 8, в которых показаны станции, на которых осуществились крупные аномалии температуры и осадков (ниже 1%-ых и выше 99% квантилей)

Таблица 7.

Станции, на которых отмечались крупные аномалии температуры (ниже 1%-ых и выше 99% квантилей) в отдельные месяцы осеннего сезона.

NN	название станции	№ ВМО	Федеральный Округ	Норма	значение средней месячной температуры за текущий месяц	Предыдущий экстремум	
						среднее значение Т за месяц	год осуществления
СЕНТЯБРЬ							
1	Гридино	22422	Северо-Западный	8	11	10.8	1974
2	Хоседа-Хард	23219	Северо-Западный	4.7	7.5	7.5	1940
3	Усть-Цильма	23405	Северо-Западный	6.3	9.7	9.4	2001
4	Сыктывкар	23804	Северо-Западный	7.8	11.6	11.6	1992
ОКТАБРЬ							
1	Анадырь	25563	Дальневосточный	-6.3	-1.6	-2.1	2005
2	Элиста	34861	Южный	8.8	14.1	13.7	1974
НОЯБРЬ							
1	О.Котельный	21432	Дальневосточный	-23.2	-16.5	-17.2	1947

Таблица 8.

Станции, на которых отмечались крупные аномалии месячных сумм осадков (ниже 1%-ых и выше 99% квантилей) в отдельные месяцы осеннего сезона.

NN	название станции	№ ВМО	Федеральный Округ	норма	месячная сумма осадков за текущий месяц	предыдущий экстремум	
						месячная сумма осадков	год осуществления
СЕНТЯБРЬ							
<i>Min</i>							
1	Гридино	22422	Северо-Западный	50	16	17	2000
2	Островное	25138	Дальневосточный	25.3	5	5	1992
3	Среднеколымск	25206	Дальневосточный	20.8	1	1	1993
4	Илирней	25248	Дальневосточный	18.3	2	2	1949
5	Эньмувеем	25356	Дальневосточный	24.1	2	2	1949
6	Тайгонос	25932	Дальневосточный	46.2	4	4	1995
7	Октябрьский Городок	34163	Приволжский	38.9	1	1	1994
<i>Max</i>							
1	Оленек	24125	Дальневосточный	31	65	62	1941
2	Усть-Нюкжа	30385	Дальневосточный	50.2	171	147	1994
3	Дербент	37470	Южный	45.5	292	129	1999
4	Махачкала	37472	Южный	38.6	179	150	1936
ОКТАБРЬ							
<i>Max</i>							
1	Псков	26258	Северо-Западный	51.8	109	103	1997
2	Белово	29745	Сибирский	40.6	73	69	1987
3	Киселевск	29749	Сибирский	46	82	77	1964

4	Минусинск	29866	Сибирский	26.8	61	51	1980
5	Оленья Речка	29974	Сибирский	104.2	232	228	1972
6	Алдан	31004	Дальневосточный	61.2	154	108	1970
7	Охотск	31088	Дальневосточный	53.7	148	143	1982
8	Аян	31168	Дальневосточный	76.6	408	345	1976
9	Кош-Адач	36259	Сибирский	3.5	13	13	1970
НОЯБРЬ							
<i>Min</i>							
1	Чара	30372	Дальневосточный	5.7	0	0	2003
<i>Max</i>							
1	Братск	30309	Сибирский	21.4	41	40	1936
2	Жигалово	30521	Сибирский	17.1	32	29	1986

4. СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

На рисунке 12 представлен фрагмент карты, иллюстрирующий физико-географическое положение региона Республики Беларусь и сопредельные территории. На карте показана сеть расположенных здесь метеорологических станций, ежемесячно передающих сводки «КЛИМАТ» и входящих в базовую сеть станций климатического мониторинга, выполняемого в ИГКЭ (сеть из 1383 станций). Список этих станций и основные данные о них приводятся в таблице 9.



Рис. 12. Физико-географическое положение республики Беларусь.

Таблица 9.

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

На рисунках 13, 14 показаны временные ряды регионально осредненных зимних аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2009 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961-1990 гг.

Осенью 2009 г. аномалия температуры воздуха, осредненная по территории республики Беларусь составила $+1.6^{\circ}\text{C}$. Это 4-ая величина в ранжированном ряду наблюдений с 1936 года.

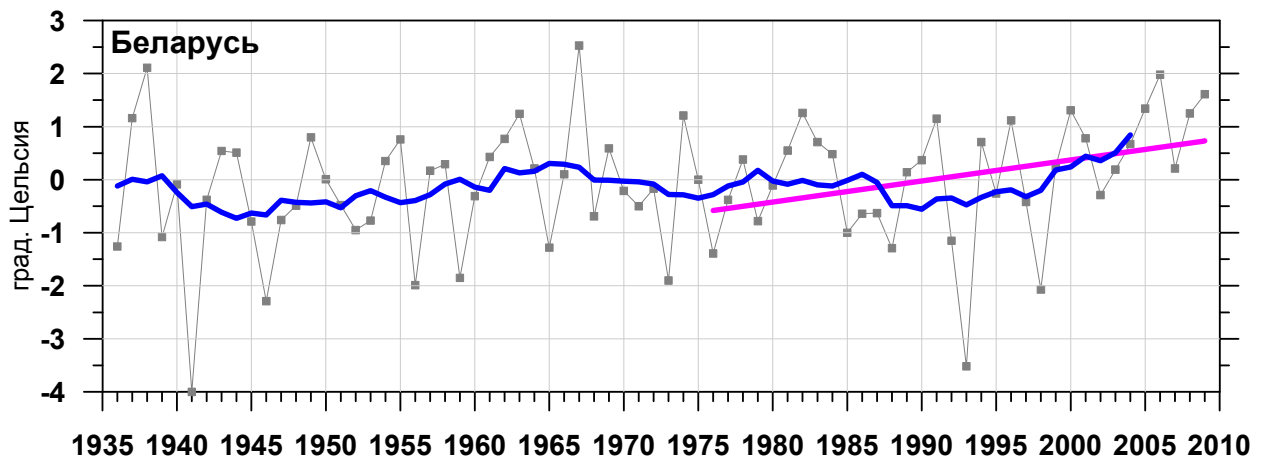


Рис. 13. Средние сезонные (осень: сентябрь – ноябрь) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по региону Республики Беларусь, 1936 – 2009 гг. Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд температуры за период 1976 – 2009 гг.

Тренд потепления за 1976-2009 гг. для Беларуси составил $+0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет (объясненная трендом дисперсия – 12%).

Аномалия осадков, осредненная по территории Беларуси, составила $+21.0$ мм/месяц - это 8-ая величина в ранжированном по убыванию ряду осадков с 1936 года. Заметим, что и летом в Беларуси тоже было влажно, аномалия осадков составила тогда $+40.1$ мм/месяц.

Тренд осадков за период 1976-2009 составил 1.8 мм/10лет. Но процент объясненной трендом дисперсии ряда - лишь 2%.

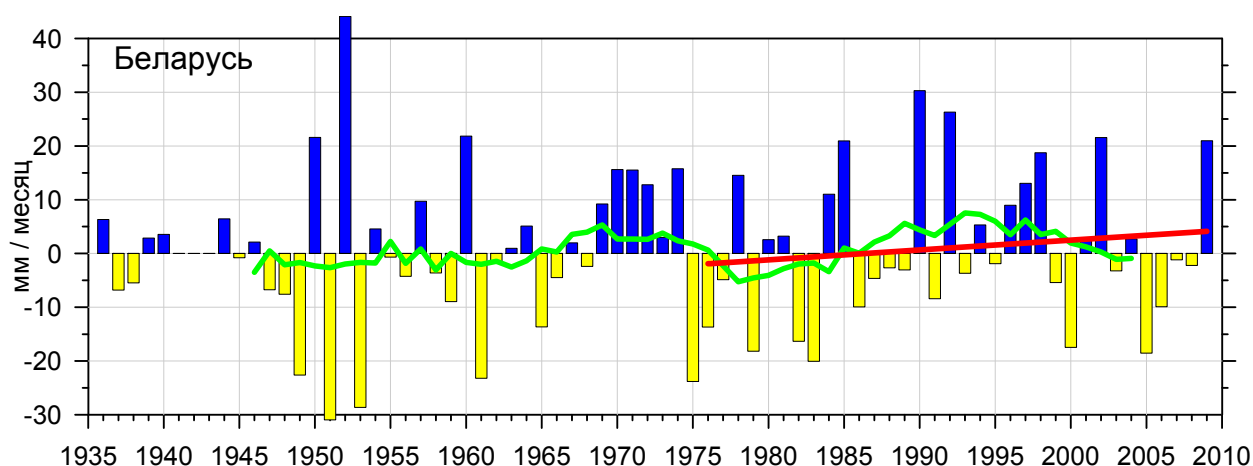


Рис. 14. Средние за сезон (осень 2009: сентябрь – ноябрь) аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь. Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за 1976 – 2009 гг.

В таблице 10 приведены станционные данные о наблюдаемой температуре для каждого месяца рассматриваемого осеннего сезона и для сезона в целом, а на рисунке 15 – соответствующие этим данным пространственные распределения аномалий (поля изолиний), также ежемесячно и для сезона в целом.

Таблица 10.

Средние месячные и сезонные температуры и аномалии температуры на станциях Беларусь осенью 2009г.

	<i>Витебск</i> 26666	<i>Минск</i> 26850	<i>Могилев</i> 26863	<i>Брест</i> 33008	<i>Пинск</i> 33019	<i>Василевичи</i> 33038	<i>Гомель</i> 33041
а) температура (град. Цельсия)							
Осень2009	7.6	7.7	7.5	8.9	8.6	8.6	9.0
Сентябрь	13.9	14.1	13.4	15	14.7	14.4	15.6
Октябрь	5.5	5.5	5.7	6.8	7	7.1	7.3
Ноябрь	3.4	3.5	3.3	4.9	4.2	4.3	4.1
а) аномалия температуры (град. Цельсия)							
Осень2009	+2.1	+1.4	+1.6	+1.0	+1.4	+1.8	+2.3
Сентябрь	+2.9	+2.4	+1.9	+1.9	+2.1	+2.0	+3.0
Октябрь	-0.1	-0.8	-0.1	-1.1	-0.2	+0.3	+0.6
Ноябрь	+3.5	+2.7	+3.1	+2.2	+2.3	+3.1	+3.2

Осень в целом на территории республики была очень теплой. Средние сезонные аномалии температуры воздуха на станциях – от +1.0°C (в Бресте) до +2.3°C (в Гомеле). На трех станциях: Могилев, Василевичи, Гомель – осень среди 10% самых теплых. Теплыми были сентябрь и особенно ноябрь. В Гомеле и Витебске – сентябрь среди 10% самых теплых в ряду наблюдений с 1936 года. В Гомеле, Витебске, Минске, Василевичах – ноябрь среди 10% самых теплых. В октябре температуры на большинстве станций Беларуси были близки к норме. Наиболее холодно в октябре было в Бресте (средняя месячная аномалия составила -1.1°C), наиболее тепло – в Гомеле (средняя месячная аномалия составила +0.6°C)

В таблице 11 и на рисунке 16 аналогичные данные приведены для количества выпавших за сезон (месяц) осадков. В целом за сезон количество выпавших осадков на территории республики больше сезонной нормы. Количество выпавших осадков - от 128% нормы (в Пинске) до 176% нормы (в Витебске). В Витебске – осень среди 10% самых «влажных». Распределение осадков по месяцам было очень неоднородно.

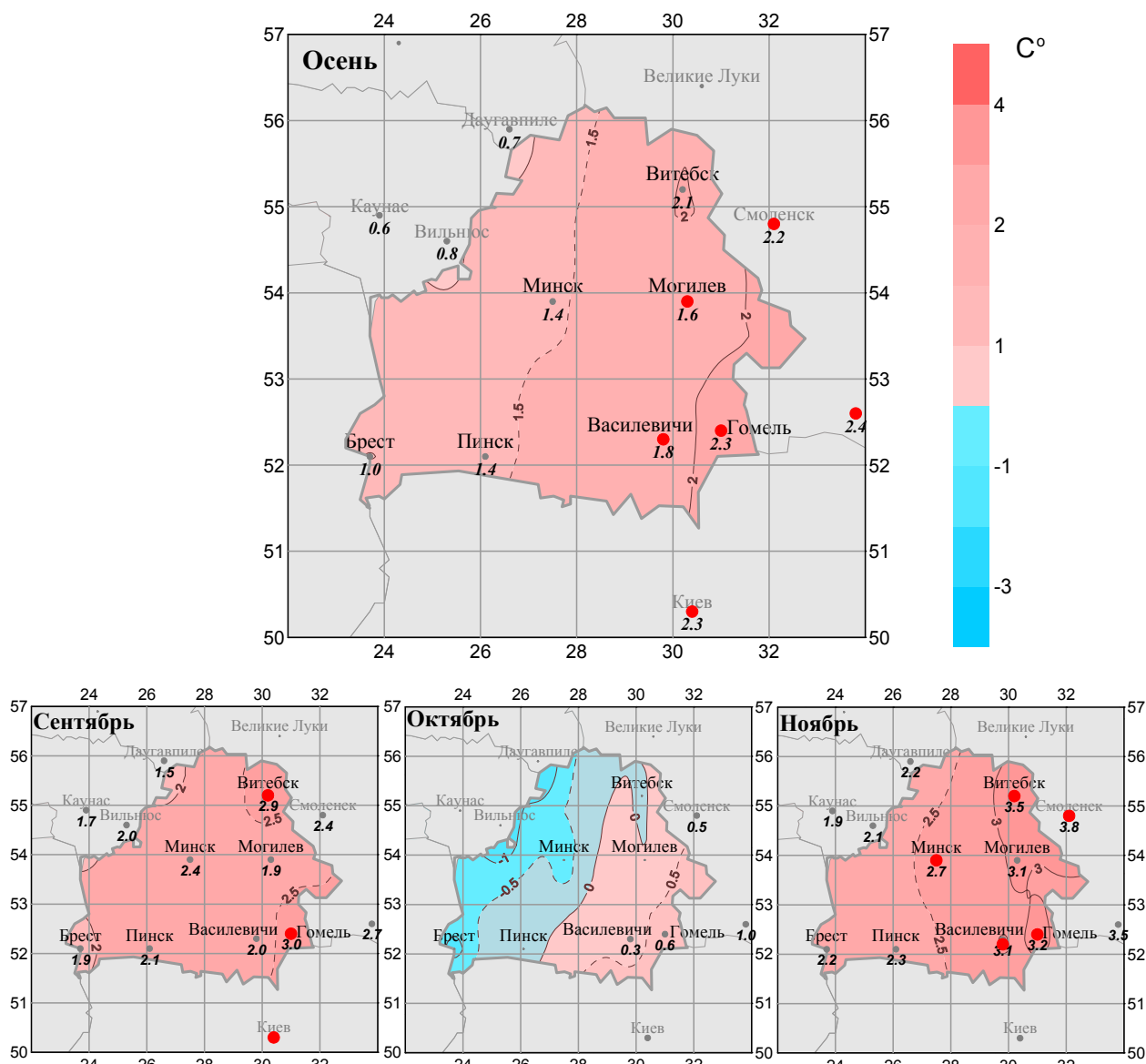


Рис. 15. Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от средних за 1961-1990 гг., град. Цельсия) на территории республики Беларусь: осень: сентябрь – ноябрь 2009.

Цифрами приведены значения аномалий (в градусах Цельсия) на станциях. Красными кружками показаны станции, на которых средняя температура (за месяц/сезон) превысила 95%-ый квантиль (т.е. текущий месяц/сезон 2009 г. попал в 5% самых теплых за период наблюдений с 1936 г.).

В сентябре осадков на всех станциях республики выпало меньше нормы, а в Могилеве – сентябрь был среди 10% самых «сухих» в ряду наблюдений с 1936 года – здесь выпало лишь 26% нормы осадков.

В октябре выпало от 206% (в Пинске) до 322% (в Витебске). В Пинске, Витебске, Василевичах, Минске – октябрь среди 10% самых «влажных».

В ноябре выпало от 113% (в Минске) до 171% (в Витебске). Наибольшее количество осадков выпало в восточной части республики, в Витебске –ноябрь был среди 10% самых «влажных».

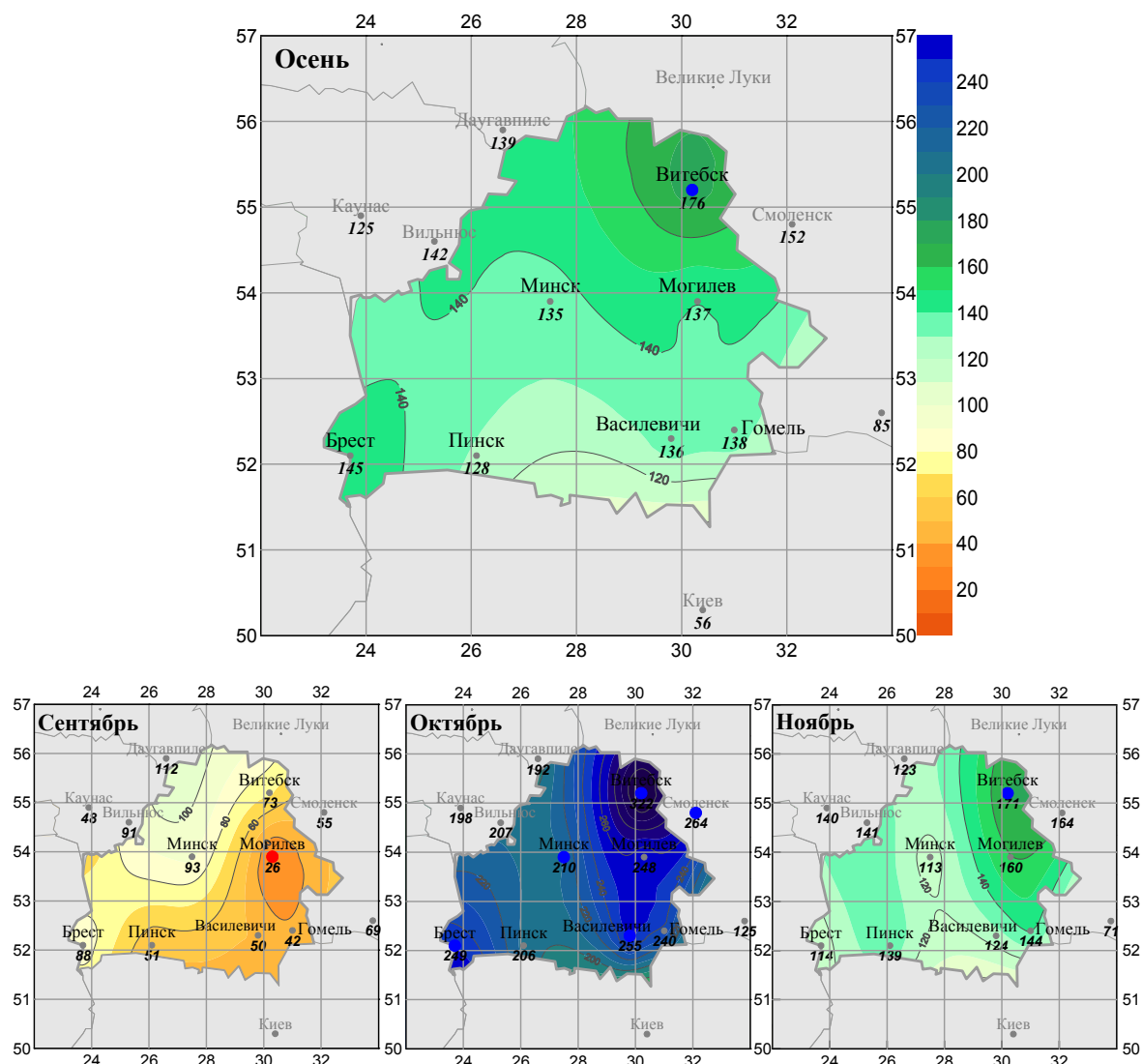


Рис. 16. Аномалии атмосферных осадков на территории Беларуси осенью 2009 г. (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.). Цифрами приведены значения аномалий на станциях (в % от нормы). Синими кружками показаны станции, на которых количество выпавших осадков превысило 95%-ый квантиль (т.е. текущий месяц/сезон 2009 г. попал в 5% самых влажных за период наблюдений с 1936 г.). Красным кружком показана станция, где сентябрь попал в 5% самых сухих за период наблюдений с 1936 г.

Таблица 11.

Месячные и сезонные суммы осадков на станциях Беларуси весной 2008 - 2009 гг.

	Витебск	Минск	Могилев	Брест	Пинск	Василевичи	Гомель
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков за месяц /сезон / (мм)							
Осень2009	99	73	67	67	61	63	62
Сентябрь	47	56	14	45	27	25	20
Октябрь	155	103	111	104	96	104	103

Ноябрь	94	59	77	52	59	59	63
а) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / (мм)							
<i>Осень2009</i>	<i>42.7</i>	<i>18.9</i>	<i>18.3</i>	<i>20.8</i>	<i>13.4</i>	<i>16.5</i>	<i>17.1</i>
Сентябрь	-17.8	-4.1	-40.2	-6.2	-25.8	-24.9	-27.9
Октябрь	106.9	53.9	66.3	62.3	49.4	63.2	60.1
Ноябрь	39.1	7.0	28.9	6.3	16.6	11.3	19.1
а) Аномалия сумм осадков за месяц /сезон / (% от нормы)							
<i>Осень2009</i>	<i>176.3</i>	<i>135.2</i>	<i>137.3</i>	<i>145.0</i>	<i>128.4</i>	<i>135.9</i>	<i>138.1</i>
Сентябрь	72.5	93.1	25.8	87.9	51.1	50.1	41.8
Октябрь	322.0	209.7	248.2	249.2	206.0	254.9	240.3
Ноябрь	171.1	113.5	160.0	113.7	139.3	123.7	143.5

ВЫВОДЫ

1. Для Северного полушария тренд осенних температур за период 1976-2009 составляет $+0.36^{\circ}\text{C}/10$ лет и описывает 26% межгодовой изменчивости.

Для территории России тренд осенних температур составляет $+0.53^{\circ}\text{C}/10$ лет, вклад тренда в дисперсию ряда 19%.

Наибольшая скорость роста температур отмечается в Приволжском ФО, на Южном Урале ($+0.7^{\circ}\text{C}/10$ лет) и в Дальневосточном ФО ($+0.9^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Тренд температуры практически отсутствует на большой территории Сибири (от Югорского полуострова - на северо-западе, до озера Байкал и Алданского нагорья – на юго-востоке).

Во временных рядах регионально осредненных аномалий температур во всех регионах России осенью тренд температуры положительный. Наиболее интенсивное потепление отмечается для регионов Восточная Сибирь ($0.87^{\circ}\text{C}/10$ лет), Заполярье ($0.73^{\circ}\text{C}/10$ лет), ЕЧ России, Приамурье и Приморье.

2. Осень для Северного полушария в целом была очень теплой, аномалия температуры составила $+0.90^{\circ}\text{C}$ (6-ое место по величине аномалии в ряду наблюдений с 1936 г.).

Для территории России аномалия осенней температуры составила $+1.2^{\circ}\text{C}$. На 60-ти станциях – осень была среди 10% самых теплых в ряду наблюдений с 1936 года. Самым теплым месяцем в сезоне был сентябрь

Особенно теплой осень была на европейской части России (выше нормы на 2.2°C) и в Восточной Сибири.

Холодно осенью (за счет ноября) было в центре и на юге Сибири со средними сезонными аномалиями до -2°C . На 5-ти станциях Сибири – осень среди 10% самых холодных. (В ноябре центр холода располагался над Среднесибирским плоскогорьем со средними месячными аномалиями до -6°C , при этом на 8-ти станциях аномалии температуры были меньше 10% процентиля.)

3. Линейные тренды в ходе осадков осенью на интервале 1976-2009 гг. выражены значительно слабее, чем в ходе температуры. Как правило, они ответственны за слишком малую долю межгодовой изменчивости и указывают на наличие слабой тенденции к

увеличению осадков лишь в отдельных регионах (Средняя Сибирь и Прибайкалье и Забайкалье).

4. Осенью количество выпавших осадков в целом по России было немного меньше нормы (сезонная аномалия осадков составила -1.2 мм/месяц).

Избыток осадков отмечался в центре и на западе европейской части РФ (за счет октября) - выпало около 130% нормы осадков, на 9-ти станциях осень среди 10% самых влажных в ряду наблюдений с 1936 года. На Алтае, в Прибайкалье, в Якутии, в Хабаровском крае – выпало 130% - 140% нормы, при этом на 20-ти станциях осень среди 10% самых влажных.

Дефицит осадков (около 60% нормы) отмечался в среднем течении Волги, на Южном Урале (Самарская, Саратовская Оренбургская области – в основном за счет сентября, на 9-ти станциях области осень была среди 10% самых «сухих»), на Чукотке (за счет сентября и ноября, на 2-х станциях осень была среди 10% самых «сухих»).