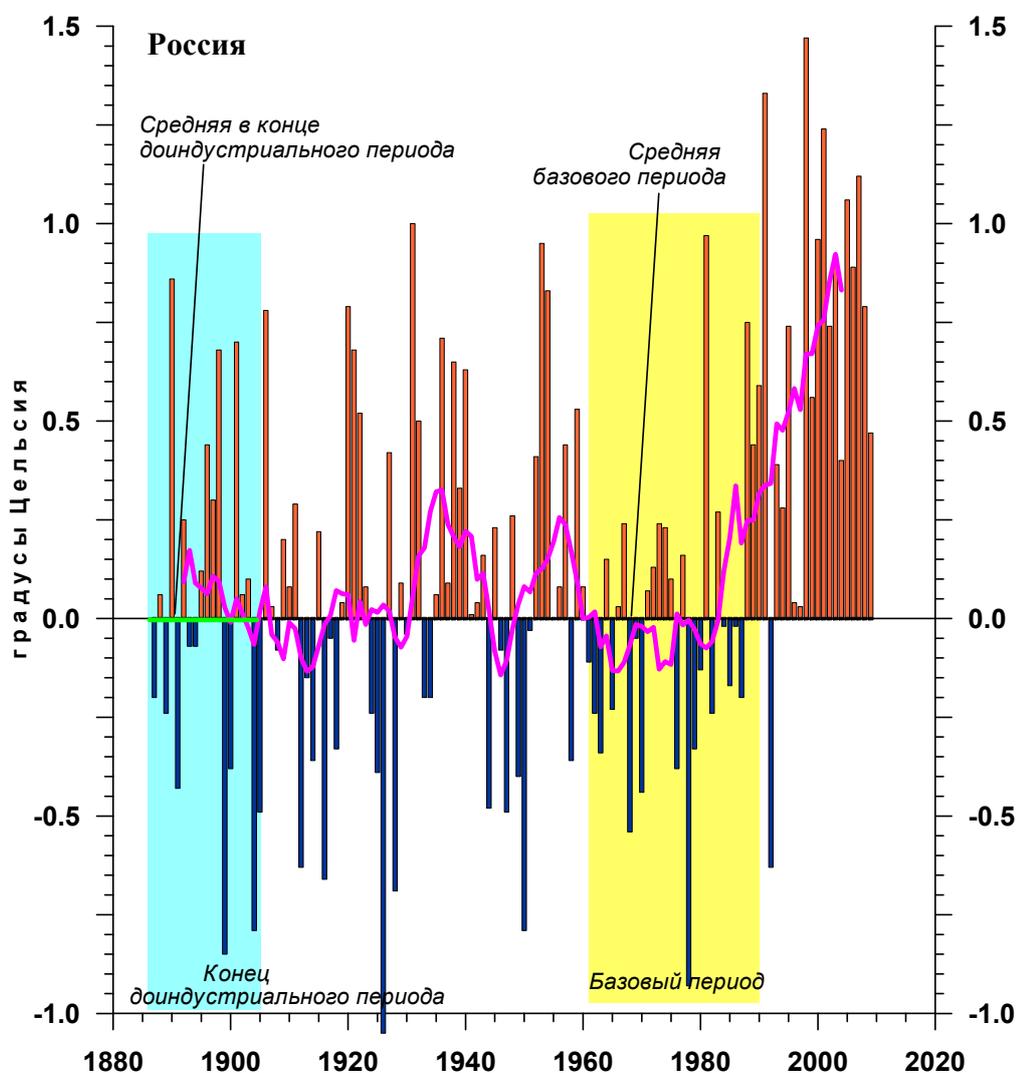


Институт Глобального Климата и Экологии



**ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2009**  
**ЛЕТО (ИЮНЬ - АВГУСТ)**

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 летом 2009 г. ....	10
2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ .....	14
2.1. Изменения осадков на территории России .....	14
2.2. Аномалии осадков на территории России летом 2009 г. ....	17
3. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЛЕТОМ 2009 г. ....	21
4. ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ЛЕТОМ 2009 г.....	21
ВЫВОДЫ .....	26

*Примечание.* На обложке приведен ход средней за летний сезон аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2009 гг. Аномалия температуры рассчитана как отклонение от средней температуры базового периода 1961-1990 гг. Столбцы диаграммы представлены относительно средней за 1886 – 1905 гг. (конец «доиндустриального периода»).

## ВВЕДЕНИЕ

Все оценки 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).

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 рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы – выраженное в процентах отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность превышения текущего значения климатической переменной (или ее аномалии) рассчитывается как доля наблюдений в прошлом, в которых значение этой переменной (или ее аномалии) было не больше текущего.

Регионально осредненные значения аномалий метеорологических переменных рассчитываются по данным станционных наблюдений с предварительным осреднением по равновеликим боксам. Для этого область региона покрывается сеткой равновеликих широтно-долготных боксов (вдоль экватора это боксы размером 2.5\*2.5 гр.), и рассчитываются средние (арифметические) из станционных значений внутри каждого бокса, после чего индивидуальные средние для боксов, входящих в регион, осредняются с весами, пропорциональными площади пересечения бокса с территорией региона.

Регионы РФ, для которых в Бюллетене представлены результаты мониторинга, приведены на рис. 1. Регионально осредненные временные ряды приводятся с 1936 г., так как до этого срока в архиве имеют место массовые пропуски данных.

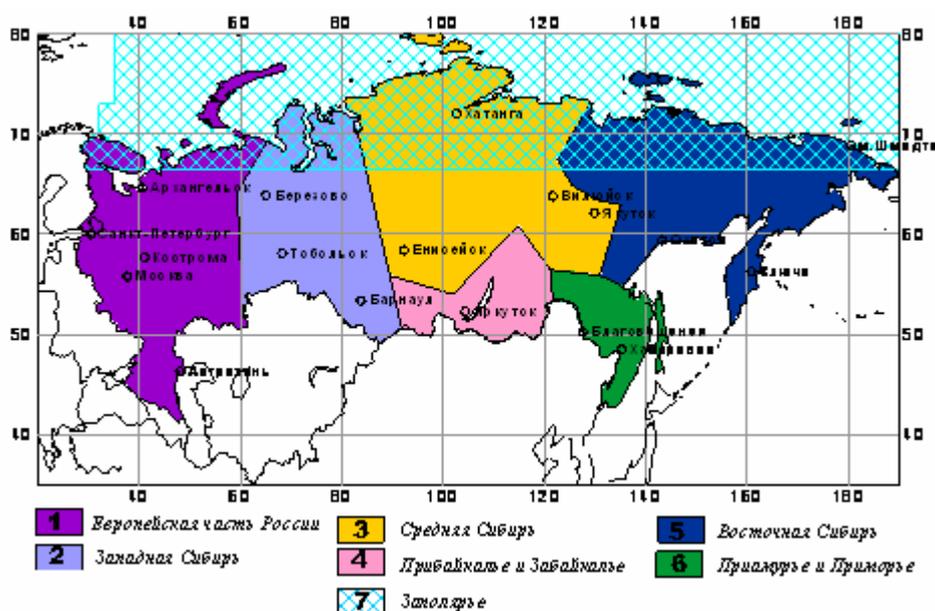


Рис. 1. Физико-географические регионы РФ

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

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

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 рис.2 представлен временной ряд пространственно осредненных сезонных аномалий температуры приземного воздуха Северного полушария (построен по данным «crutem3nh» группы исследований климата Университета Восточной Англии, [www.cru.uea.ac.uk](http://www.cru.uea.ac.uk), осредненным за летний сезон).

Лето 2009 года для Северного полушария в целом было теплым. Аномалия температуры составила  $+0.71^{\circ}\text{C}$  (8-ое место по величине аномалии в ряду наблюдений с 1936 г.), что незначительно выше летней температуры 2008 года, но значительно холоднее летних сезонов трех предшествующих лет. Самым теплым было лето 1998 года, когда осредненная по территории Северного полушария аномалия температуры была равна  $+0.91^{\circ}\text{C}$ . Следует отметить, что в десять самых теплых летних сезонов вошли все годы XXI века, за исключением 2004 года, который в этом ряду оказался 11-ым.

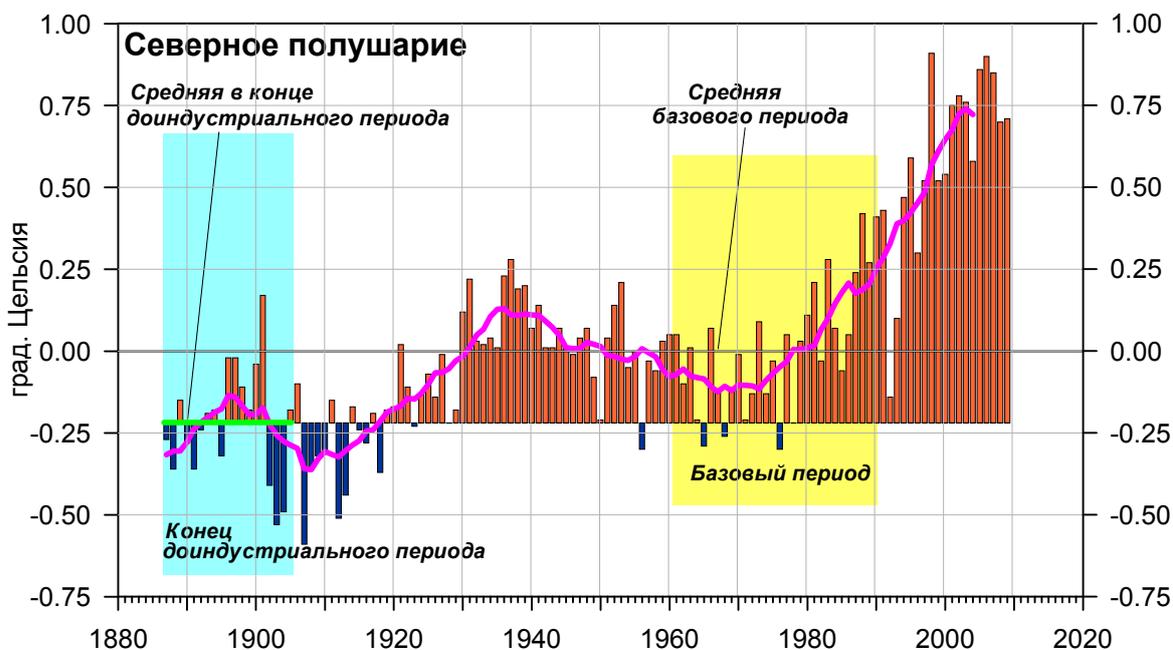


Рис. 2. Средняя сезонная аномалия (лето: июнь – август, 1887 – 2009 гг.) температуры приземного воздуха над сушей Северного полушария.

*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. Рисунок построен по данным Университета Восточной Англии ([www.cru.uea.ac.uk](http://www.cru.uea.ac.uk), массив crutem3nh)*

Линейный тренд, оцененный за период с 1887 по 2009 год, составляет  $+0.06^{\circ}\text{C}/10$  лет, а за 1976-2009 гг.  $+0.30^{\circ}\text{C}/10$  лет (процент объясненной трендом дисперсии ряда 52% и 76%, соответственно). Таким образом, на суше Северного полушария потепление летних температур за последние тридцать четыре года выражено сильнее, чем за сто двадцать три года в целом.

## 1.2. Изменения температуры воздуха на территории России

На рисунке 3 показан ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2009 гг. (лето: июнь – август). Жирными линиями разных цветов показаны средние значения аномалий за четыре тридцатилетних периода, начиная с 1887г

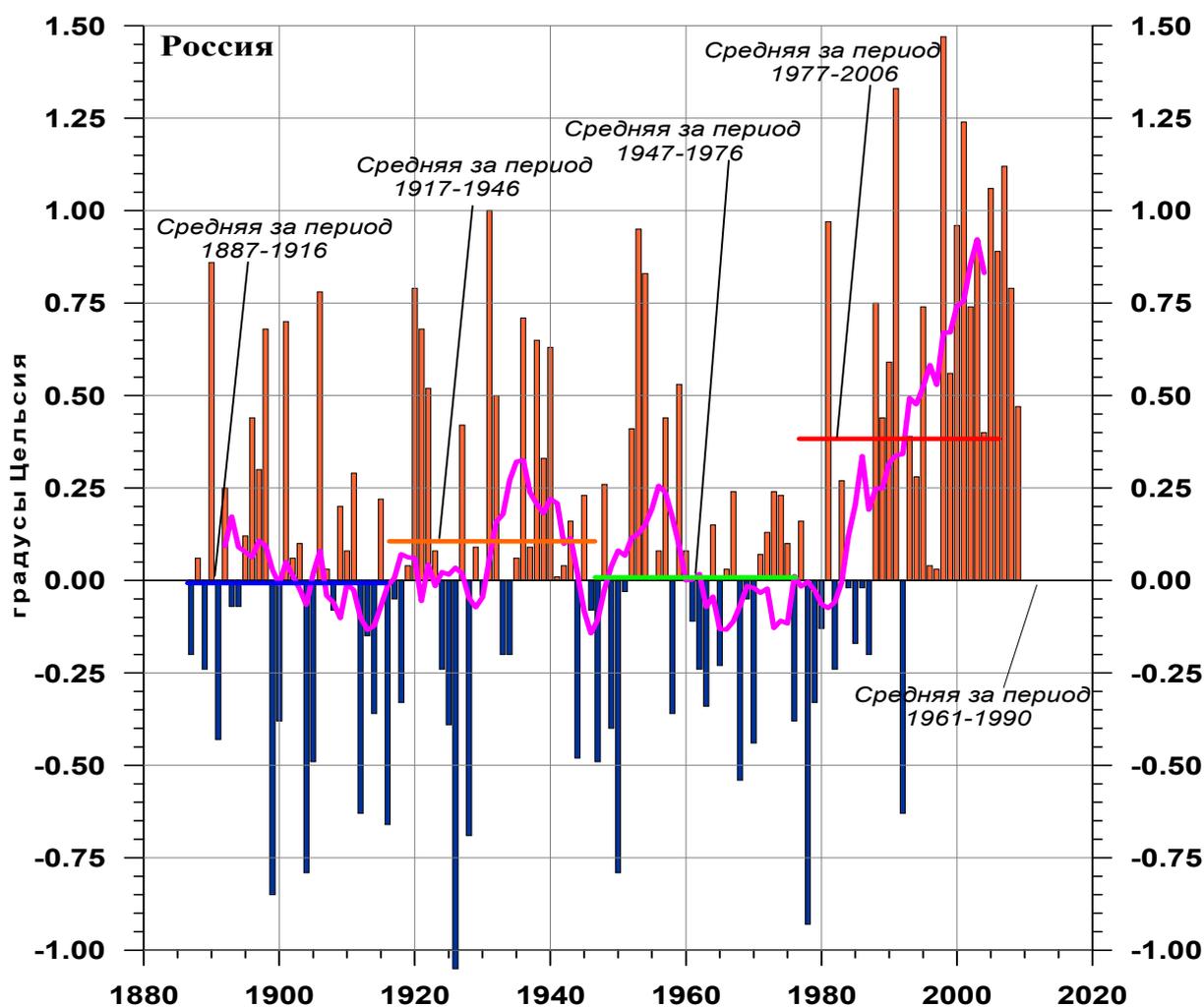


Рис. 3. Ход средней за сезон аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2009 гг. (лето: июнь – август). Аномалии температуры рассчитаны как отклонения от средней базового периода 1961-1990 гг. Сиреновой линией показана 11-летняя скользящая средняя. Отрезками прямых разных цветов показаны средние за четыре тридцатилетних периода, начиная с 1887г.

Как видно из рисунка 3, средние температуры летних сезонов за 1887-1916 и 1947-1976 гг. очень близки к средней базового периода 1961-1990, а 30-летия 1917-1946 и 1977-2006 гг. были в среднем теплее базового периода на  $+0.11^{\circ}\text{C}$  и  $+0.38^{\circ}\text{C}$ , соответственно.

Самое теплое лето для России в целом наблюдалось в 1998 году (средняя аномалия сезонной температуры приземного воздуха составила тогда  $+1.47^{\circ}\text{C}$ ). Последующие годы были прохладнее. В 2009 году аномалия летней температуры составила лишь  $0.47^{\circ}\text{C}$ .

На рисунке 4 представлены временные ряды средних за сезон аномалий температуры воздуха, осредненных по территории регионов России в течение 1936-2009 гг. Количественные оценки линейных трендов этих рядов для периода 1976-2009 гг. приведены в таблице 1.

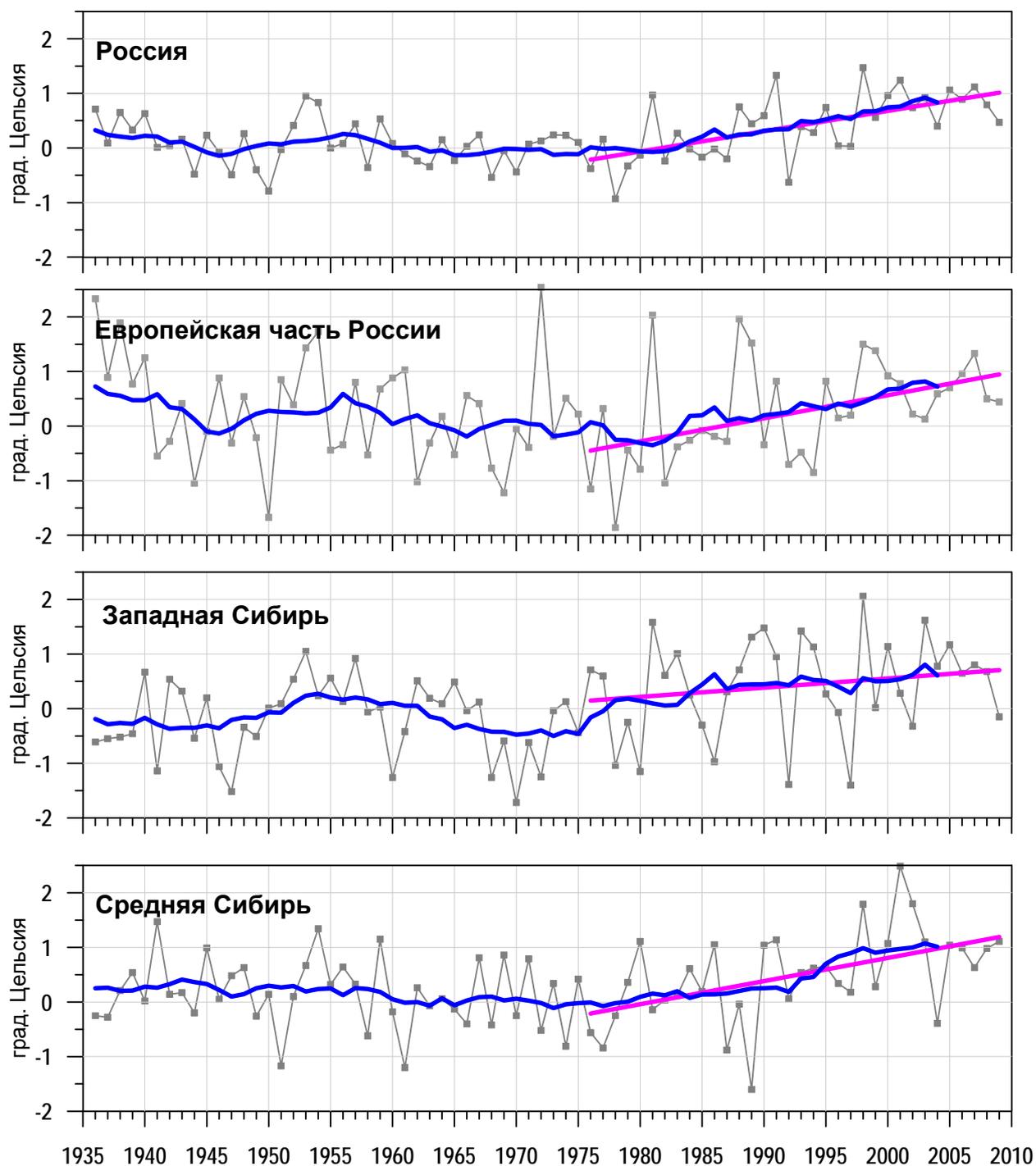


Рис. 4 (Продолжение следует)

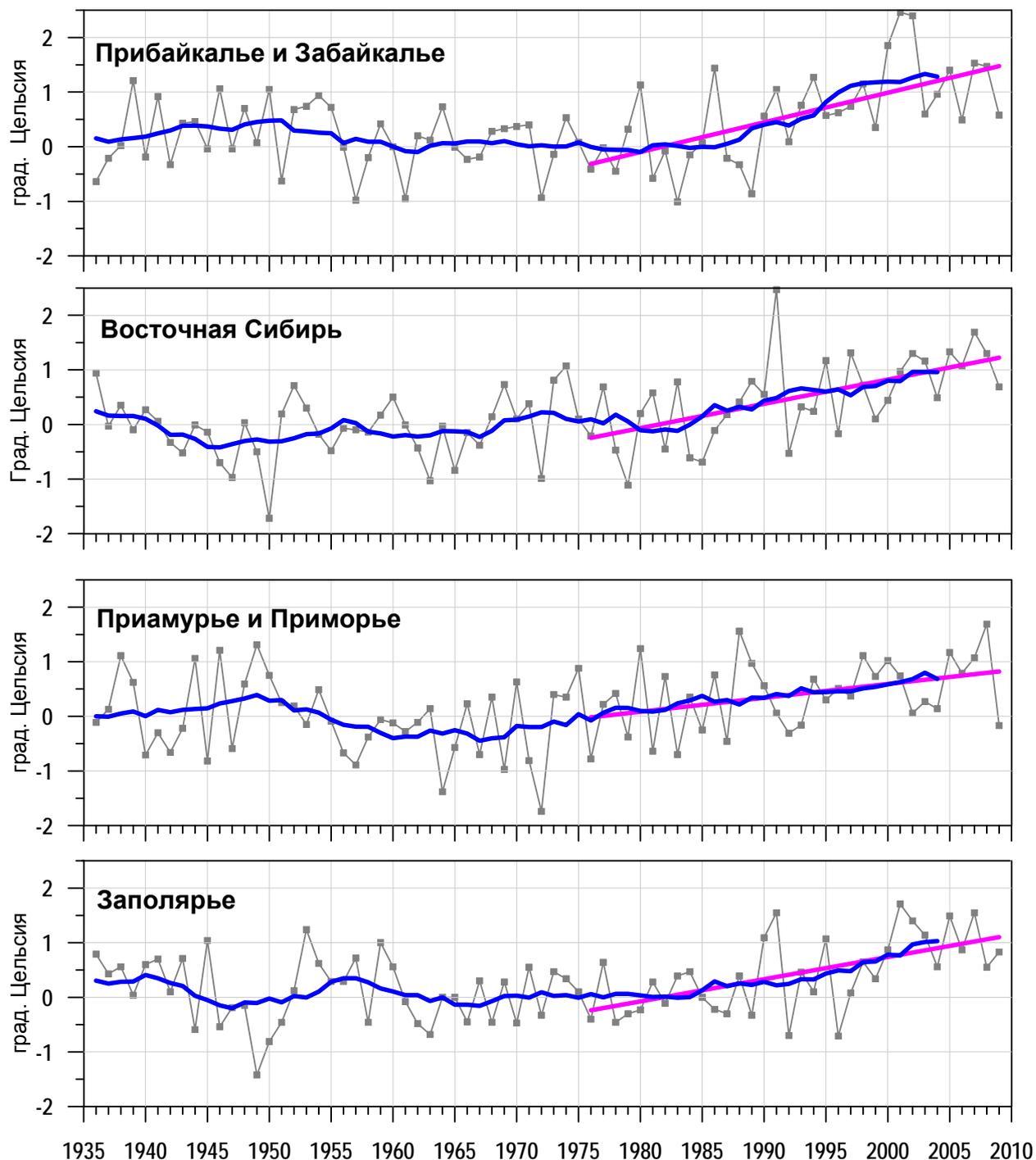


Рис. 4. Средние за сезон (лето: июнь – август) аномалии температуры приземного воздуха, осредненные по территории регионов РФ (°C).

*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.*

Таблица 1.

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

$b$ , °C/10 лет – коэффициент линейного тренда,  $D\%$  – вклад тренда в суммарную дисперсию.

Регионы	$b$ , °C/10 лет	$D\%$
Россия	0.37	40
Европейская часть России	0.42	21
Западная Сибирь	0.17	3
Средняя Сибирь	0.42	26
Прибайкалье и Забайкалье	0.54	39
Восточная Сибирь	0.44	33
Приамурье и Приморье	0.25	15
Заполярье	0.41	34

Из таблицы 1 и приведенных временных рядов следует, что во всех рассматриваемых регионах России летом отмечается определенное повышение температуры. Вклад тренда в дисперсию во всех регионах, кроме Западной Сибири, превышает 5%-ый уровень значимости. В среднем по территории России, тренд летних температур составляет  $+0.37^{\circ}\text{C}/10$  лет, вклад тренда в дисперсию ряда - 40%. Наиболее интенсивное потепление наблюдалось в Прибайкалье и Забайкалье ( $0.54^{\circ}\text{C}/10$  лет).

На рисунке 5 представлено пространственное распределение локальных коэффициентов тренда на территории России, рассчитанных непосредственно по данным станционных наблюдений.

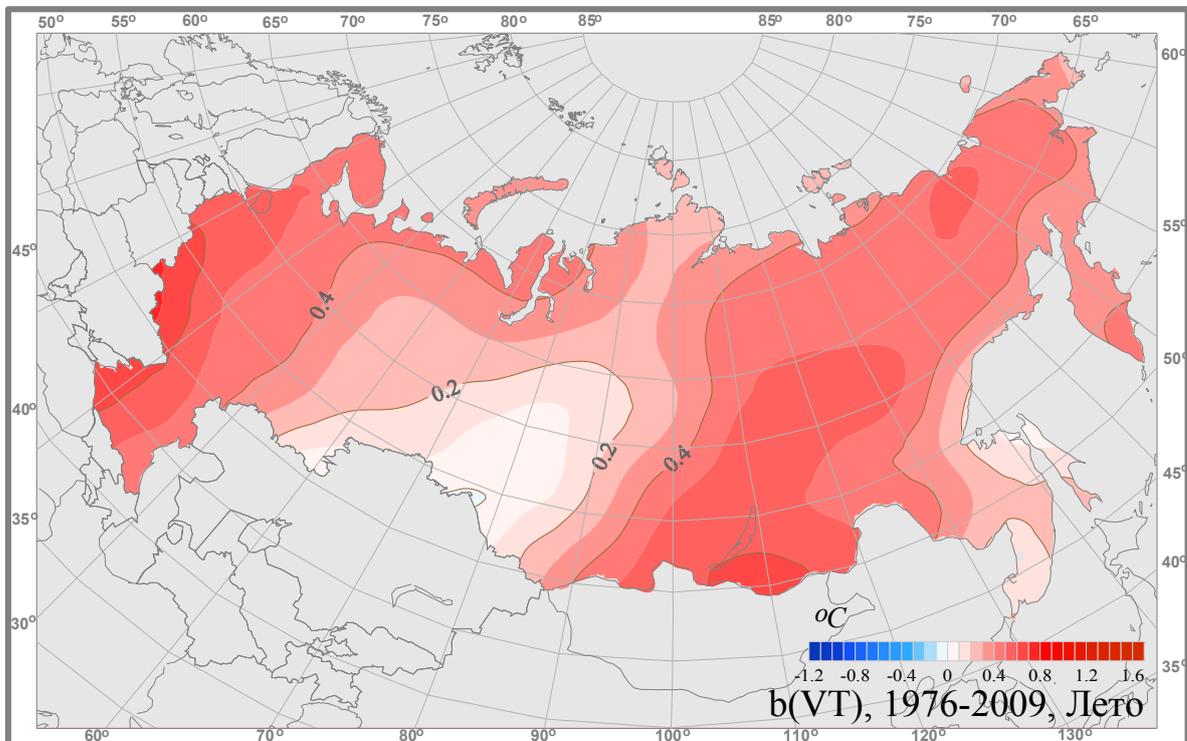


Рис.5. Коэффициенты линейного тренда температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) на территории России за 1976-2009 гг. (в среднем для летнего сезона).

Представленные оценки указывают на продолжающуюся тенденцию к потеплению летних сезонов на всей территории страны. Наибольшая средняя скорость потепления в рассматриваемом периоде отмечается в южном районе Забайкалья и вдоль юго-западной границы РФ (скорость потепления – более  $+0.6^{\circ}\text{C}/10$  лет), наименьшая – на юге Западной Сибири, где тренд практически отсутствует.

### 1.3. Аномалии температуры воздуха на территории России летом 2009 гг.

Рассмотрим региональные особенности температурного режима на территории России летом 2009 г. В таблице 2 представлены, в среднем для регионов РФ, сезонные аномалии температуры, наблюдавшиеся летом 2009 года, и вероятности их превышения, оцененные по данным за 1936-2008 гг.

Таблица 2.

Средние за сезон аномалии температуры приземного воздуха  
в регионах России летом 2009 г.

Регионы	$\nu T, ^{\circ}\text{C}$	$P (t \leq T_{2009}), \%$
Россия	+0.47	71
Европейская часть России	+0.44	58
Западная Сибирь	-0.15	36
Средняя Сибирь	+1.11	90
Прибайкалье и Забайкалье	+0.58	64
Восточная Сибирь	+0.69	75
Приамурье и Приморье	-0.17	32
Заполярье	+0.83	82

*Примечание:*  $\nu T$  - сезонная аномалия температуры летом 2009 г. ( $^{\circ}\text{C}$ );

$P(t \leq T_{2009})$  - вероятность превышения значения  $\nu T$  относительно 1936-2008 гг. (%)

Аномалия температуры в целом по территории России составила  $+0.47^{\circ}\text{C}$  (лишь 22-ая по величине аномалия за последние 74 года). Для сравнения, лето 2008г. было более теплым (аномалия температуры тогда составила  $+0.79^{\circ}\text{C}$  и была 12-ой величиной в ранжированном по убыванию ряду температур).

Лето 2009 года было очень теплым на территории Средней Сибири – аномалия температуры составила здесь  $+1.11^{\circ}\text{C}$ . Это лето было восьмым в ряду наблюдений с 1936 года (т.е. за 73 предшествующих года лишь 7 летних сезонов были теплее текущего). Наиболее прохладным лето было в Приамурье и Приморье – это единственный регион, где в 2009 г. температура летнего сезона была ниже нормы ( $\nu t = -0.17^{\circ}\text{C}$ ).

Более детальное представление о географических особенностях температурных условий на территории России дают пространственные распределения аномалий, представленные на рисунках 6 и 7 для всего сезона в целом и для каждого из летних месяцев. На рис. 6 приведены значения аномалий (поле изолиний), а на рисунке 7 – соответствующие им вероятности превышения, нанесенные непосредственно в точках размещения станций и потому более четко указывающие реальную локализацию 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 262 российских станций (из числа 310), по которым своевременно поступили сводки КЛИМАТ в оперативном потоке.

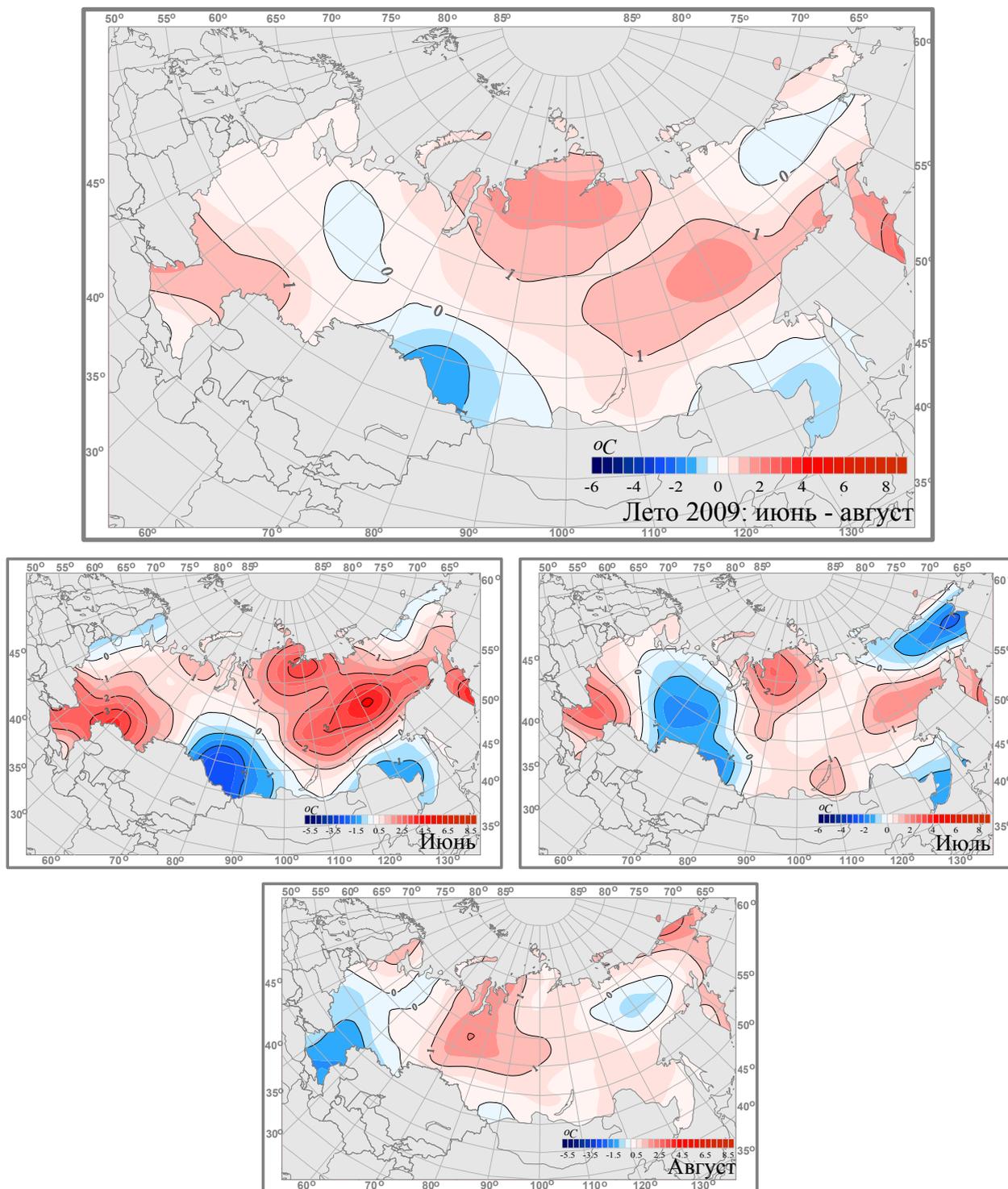


Рис. 6. Поля аномалий средней сезонной (лето 2009: июнь – август) и месячных температур приземного воздуха на территории России (осредненные за летний сезон отклонения средних месячных температур от соответствующих норм 1961-1990 гг.).

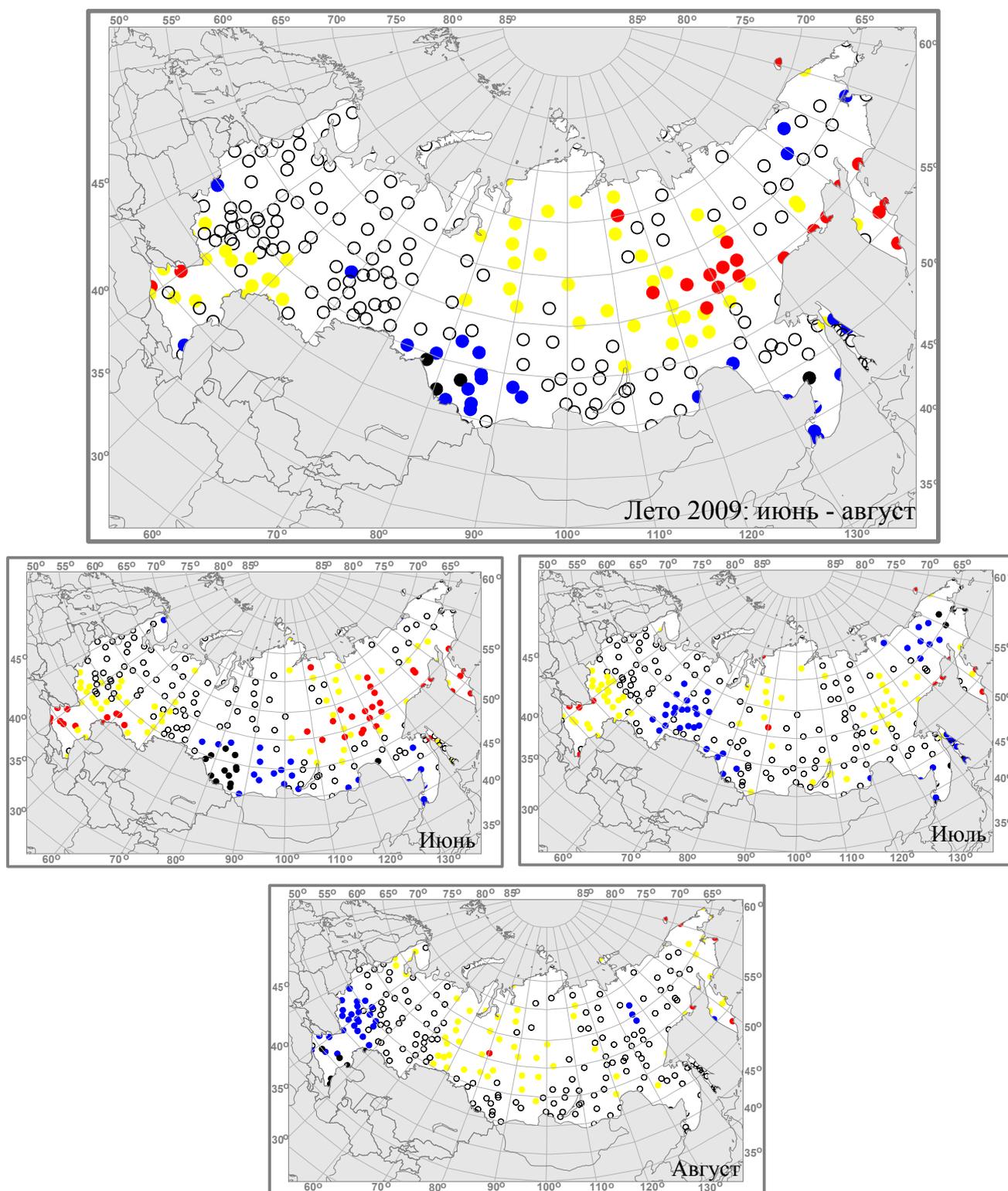


Рис. 7. Вероятности неперевышения  $P(t \leq T_{2009})$  средних сезонных и средних месячных аномалий температуры, наблюдавшихся летом 2009 г., относительно периода 1936-2008:

- [ 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)

Таблица 3.

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

Регион	Число станций в регионе	Лето		Июнь		Июль		Август	
		<Q <sub>10</sub>	>Q <sub>90</sub>						
Европейская часть России	83		2		12		4	6	
Западная Сибирь	40	3		12					1
Средняя Сибирь	44		7		11		2		
Прибайкалье и Забайкалье	23				1				
Восточная Сибирь	46		13		14	4	5		1
Приамурье и Приморье	26	1		1	2	4			

Примечание. Q<sub>10</sub>, Q<sub>90</sub> – 10%- и 90%-ый квантили распределения

Как видно из табл. 3 и рис. 7, основные летние положительные аномалии в 2009 г. наблюдались в Восточной и Средней Сибири (в основном, в июне). Из крупных отрицательных аномалий следует отметить область на юге Западной Сибири (в июне) и на юге Европейской части РФ (в августе).

Ниже приводится краткое описание географического распределения аномалий температуры на территории России летом 2009 г. (в целом за сезон и в отдельные месяцы).

**Лето.** Обширная область положительных аномалий (до 1.5-2.0 °С) охватила почти всю восточную территорию РФ (от Ямала и Таймыра на северо-западе до Магаданской области и Камчатки на юго-востоке) и юг Европейской части России (Южный и Приволжский ФО). На станциях Дальневосточного ФО (Магадан, Петропавловск-Камчатский, Брохово, Усть-Камчатск), перекрыты ранее наблюдавшиеся максимумы сезонных температур. Области отрицательных аномалий температуры (до 1.0-1.5 °С) отмечены на юге Дальневосточного и Сибирского ФО.

**Июнь.** Распределение областей тепла и холода напоминает летнюю картину в целом, но с более интенсивными аномалиями (до 3.5°С, 4°С). На станциях Дальневосточного ФО (Ключи, Сеймчан, Среднекан) зафиксированы рекордно высокие значения июньской температуры.

**Июль.** Сохранились области тепла в Южном ФО, на Ямале и Таймыре, в Магаданской области и на Камчатке. На станциях Магадан, о.Врангеля установлен новый максимум средних температур июля. Области холода расширились и оформились в три очага (аномалии до -1.5, -2.0 °С), охватывающих Западную Сибирь и север ЕЧР, территорию Чукотки, Сахалин и Приморье.

**Август.** Обширная область положительных аномалий (до 1.5 – 2.0 °С) установилась в Западной и Средней Сибири, на Чукотке и Камчатке. На станции Брохово превышен максимум августовских температур. В Южном ФО и на юге Центрального и Приволжского ФО, а также в Магаданской области отмечены области небольших (до 1.5 °С) отрицательных аномалий.

## 2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

### 2.1. Изменения осадков на территории России

Временные ряды осредненных за летние сезоны и по регионам РФ аномалий осадков (мм/месяц) показаны на рисунке 8. В таблице 4 представлены данные о трендах этих регионально осредненных рядов за период 1976-2009гг., а на рисунке 9 – пространственное распределение точечных коэффициентов линейного тренда, оцененных непосредственно в точках расположения используемых метеорологических станций.

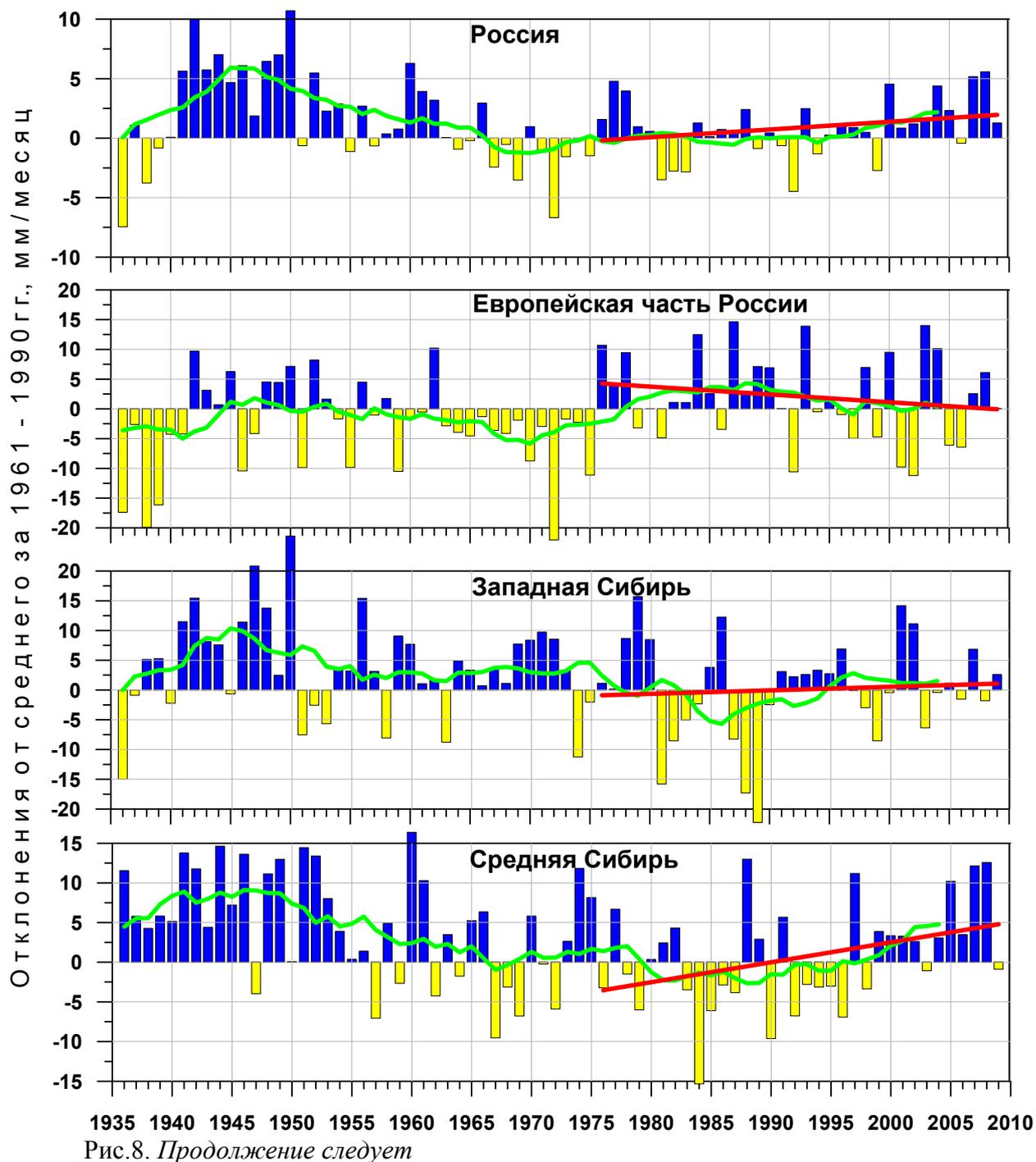
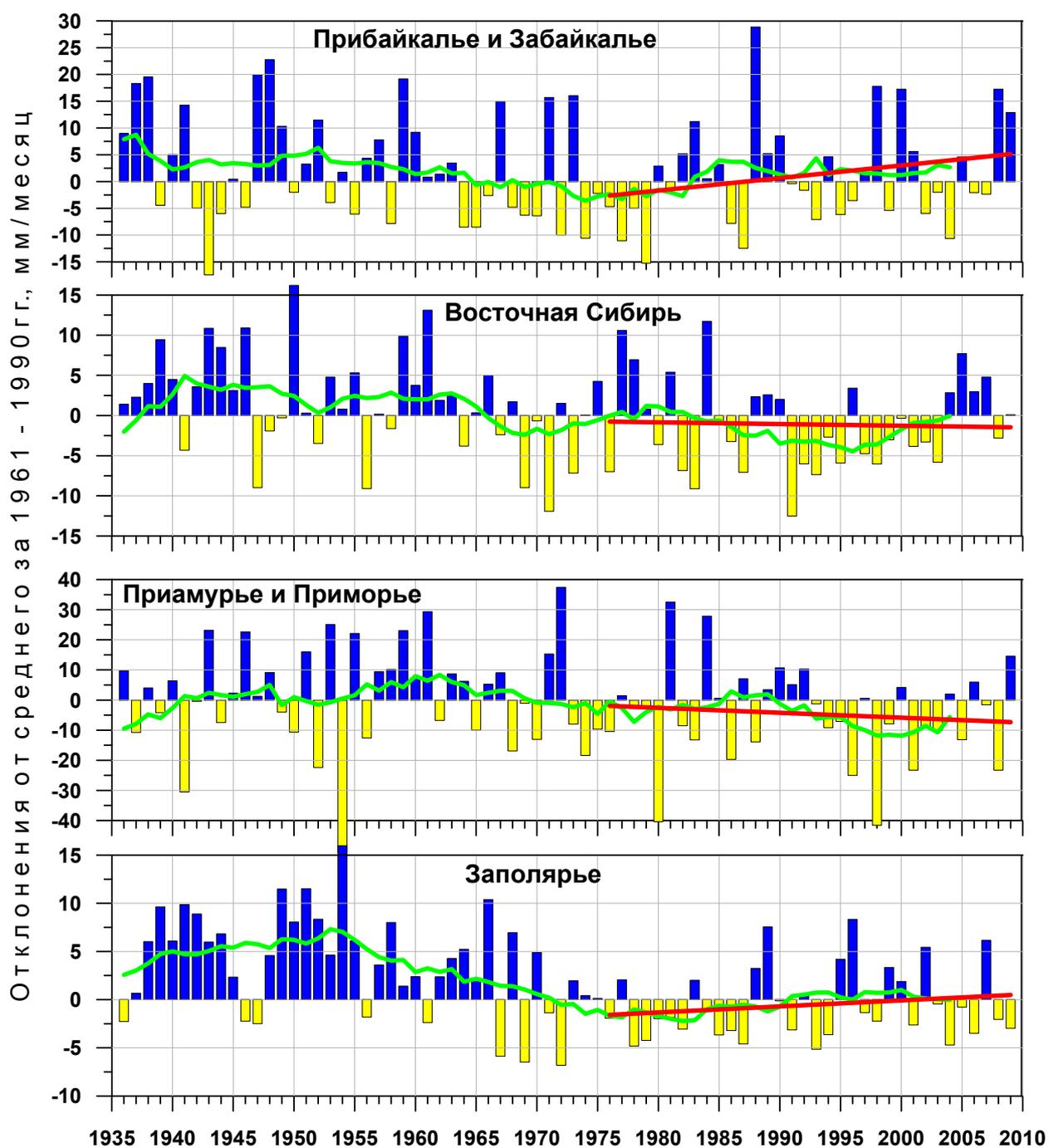


Рис.8. Продолжение следует



1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010  
 Рис. 8. Средние за сезон (лето: июнь – август) аномалии осадков (мм/месяц) для регионов РФ (1936 – 2009 гг.). Регионы показаны на рис.1.

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

Из таблицы 4 видно, что относительно трендов регионально осредненных осадков определенно можно говорить лишь о тенденции к росту осадков в регионе Средняя Сибирь. Существенно менее определенно прослеживается тенденция к росту осадков в регионе Байкала и к уменьшению осадков в Приамурье-Приморье. Относительно остальных регионов, как и территории России в целом, по-видимому, следует считать, что заметных трендов в изменении их суммарных летних осадков с 1976 г. не выявлено.

Таблица 4.

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

Регионы	$b$ мм/месяц/10лет	$D\%$
Россия	0.6	7
Европейская часть России	-1.3	3
Западная Сибирь	0.6	0
Средняя Сибирь	2.5	14
Прибайкалье и Забайкалье	2.3	6
Восточная Сибирь	-0.2	0
Приамурье и Приморье	-1.6	1
Заполярье	0.6	3

Распределение локальных коэффициентов линейного тренда летних осадков на рисунке 9, полученное по данным станционных наблюдений (непосредственно в точках расположения станций), хорошо согласуется с оценками в таблице 4. Действительно, интенсивных трендов не выявлено. Практически на всей азиатской территории России (кроме прибрежных районов и Приамурья) прослеживается тенденция к слабому росту летних осадков (в пределах 5-10% нормы за 10 лет), тогда как на большей части европейской территории России, напротив, отмечается тенденция к их слабому уменьшению. На северном побережье Ямала и Таймыра, на Чукотке и Камчатке тенденция к убыванию осадков несколько более заметна.

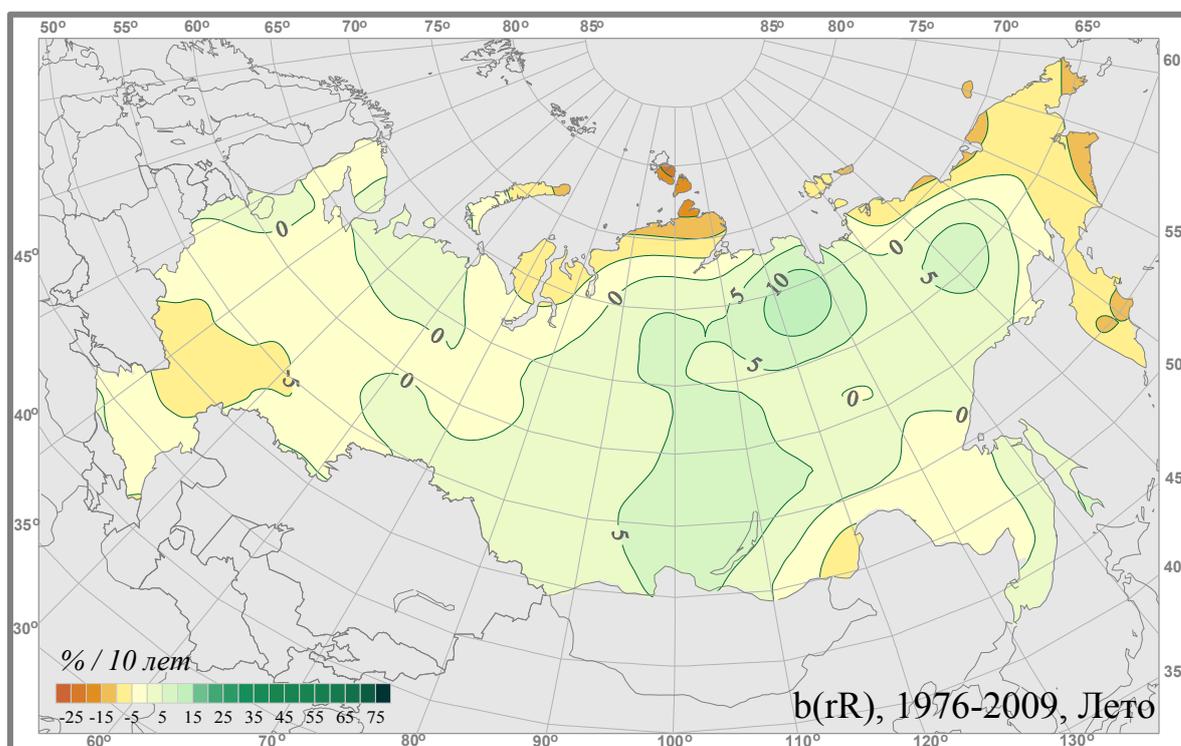


Рис. 9. Пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда осадков летнего сезона на территории России (%/10 лет) за 1976-2009 гг.

## 2.2. Аномалии осадков на территории РФ летом 2009 гг.

В таблице 5 представлены данные об аномалиях осадков по регионам РФ в летний сезон 2009 года. 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 летнего сезона и выражены в мм/месяц.

Таблица 5.

Средние за сезон (лето: июнь – август) аномалии месячных сумм осадков, осредненные по территории регионов России (в скобках указан ранг значения в ряду наблюдений с 1936 г.)

Регионы	$\nu R$ , мм/месяц	$P(r \leq R_{2009})$ , %
Россия	+1.3 (31)	58
Европейская часть России	+0.0 (32)	55
Западная Сибирь	+2.6 (37)	49
Средняя Сибирь	-0.9 (49)	33
Прибайкалье и Забайкалье	+12.9 (14)	84
Восточная Сибирь	+0.1 (40)	45
Приамурье и Приморье	+14.6 (12)	85
Заполярье	-3.0 (60)	21

*Примечание:*  $\nu R$  - сезонная аномалия осадков летом 2009 г. (мм/месяц);

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

Количество осадков, выпавших на территории России летом 2009 г., в целом было незначительно выше нормы; сезонная аномалия осадков составила +1.3 мм/месяц и оказалась на 31 месте в ранжированном по убыванию ряду наблюдений. Для сравнения: лето 2008 года было очень влажным; аномалия осадков составила +5.6 мм/месяц (десятое место в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1936 года).

Наиболее влажным лето 2009 г. было в Приамурье и Приморье (аномалия осадков составила 15 мм/месяц) и в Прибайкалье и Забайкалье (аномалия осадков составила +12.9 мм/месяц). Столь влажные летние сезоны в этих регионах наблюдаются, в среднем, один раз в 6-7 лет. В регионах Средняя Сибирь и Заполярье наблюдался дефицит осадков.

Пространственное распределение аномалий осадков и вероятностей их непревышения по территории России представлено на рисунках 10, 11 для сезона в целом и для каждого отдельного месяца. Эти поля согласуются с оценками в таблице 5, но дают более детальную картину локализации очагов аномалий, если таковые были.

**Лето.** На большей части территории России количество выпавших за летний сезон осадков составляло 80-120% нормы (градация «около нормы»). На этом фоне выделяется обширная область дефицита осадков (ниже 80% нормы), протянувшаяся от Средне-Сибирского плоскогорья до п-ва Ямал и о. Новая Земля. Области дефицита осадков меньшей протяженности сформировались на Камчатке, в низовьях Волги и в бассейне Кубани. Избыток летних осадков (выше 120% нормы) наблюдался лишь в небольших областях на крайнем западе страны, на Алтае и в Прибайкалье, в Приморье и на Сахалине.

Здесь ряд станций (Новгород, Золотой, Южно-Сахалинск, Южно-Курильск, Омск) зафиксировал рекордные значения сезонных сумм осадков с 1936 г.

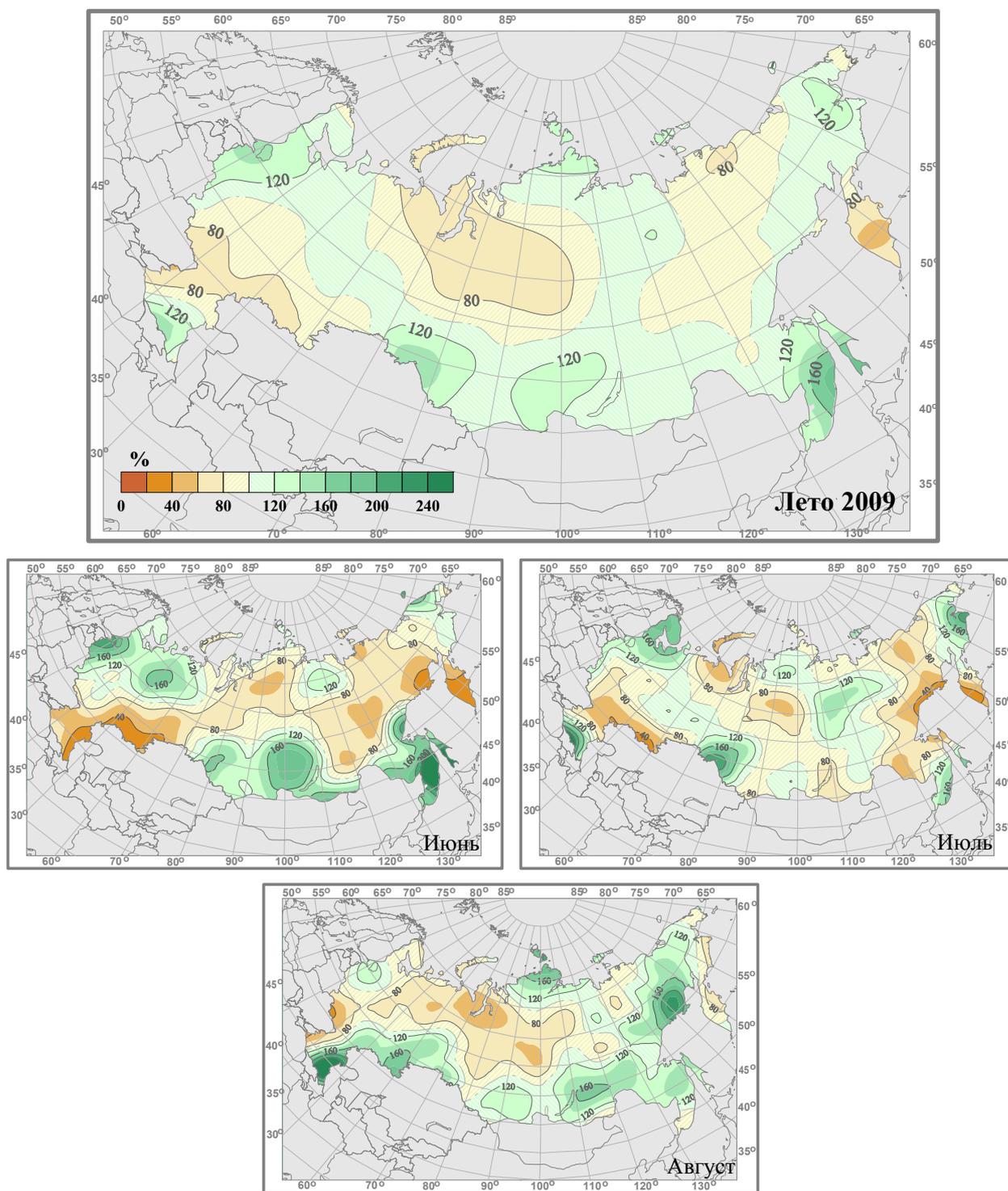


Рис. 10. Поля аномалий средних сезонных (лето 2009: июнь – август) и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России.

**В июне** осадки «около нормы» осуществились лишь в узкой разделительной полосе, тогда как на основной территории наблюдались весьма обширные области интенсивных аномалий обоих знаков. Область низких осадков (от 80% до 60-40% нормы) протянулась от Кавказского региона через южный Урал до п-ва Таймыр и далее, через горные массивы Восточной Сибири до Камчатки и Новосибирских островов. Избыток

осадков (от 120% до 160-180% нормы) наблюдался на западе и в центре Европейской части России, в южных районах Сибирского и Дальневосточного ФО, на побережье Чукотского моря. Рекордно высокие значения июньских осадков зафиксированы на станциях: Новгород, Сортавала, Аян, Золотой, Корсаков, Южно-Сахалинск. На станции Магадан зафиксирован минимум июньских осадков с 1936 г.

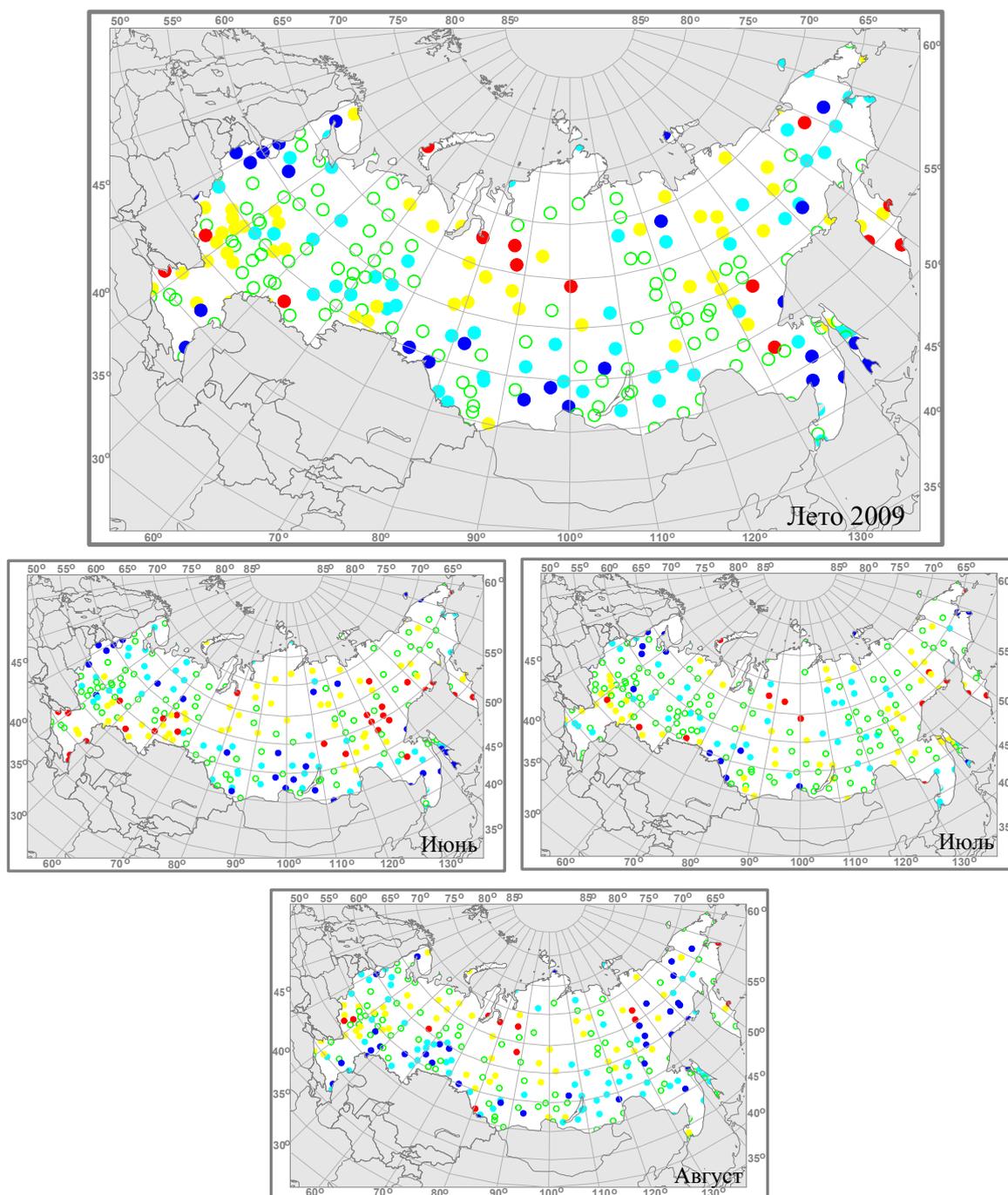


Рис. 11. Вероятности непревышения  $P(r \leq R_{2009})$  сезонных и месячных сумм осадков, наблюдавшихся летом 2009 г., относительно периода 1936-2008 гг.

- [ 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 июле** поле осадков, в целом, носит существенно более пятнистый характер, а области с аномально высокими и низкими осадками не столь обширны. Избыток осадков (до 140-160% нормы) отмечен в предгорьях Кавказа, в Карелии, в Мурманской, Омской и Новосибирской областях, в Якутии, в бассейне Анадыря, в Корякском Автономном Округе, в Приморье, на Сахалине и Курилах. Дефицит осадков наблюдался в низовьях Волги и на Южном Урале (60% - 40% нормы); в Амурской области и на побережье Охотского моря (60% - 40% нормы). На станциях Купино (Новосибирская область) и Южно-Курильск перекрыт ранее наблюдавшийся максимум, а на станции Охотск – ранее наблюдавшийся минимум июльских осадков.

**В Августе** на обширной территории, включающей Ростовскую, Курскую, Белгородскую области и Ямало-Ненецкий АО, наблюдался дефицит осадков (80-60% нормы и ниже). Область избыточных осадков протянулась широкой полосой вдоль всей южной границы России: от Дагестана и низовьев Волги, через южный Урал и далее вдоль южного горного массива Средней и Восточной Сибири до Чукотки, включая Приморье и Магаданскую область. Почти две нормы месячной суммы осадков выпало в Дагестане и в Магаданской области. На северном побережье более 160% нормы осадков выпало на Таймыре.

На станциях Среднекан, Омск и Оленья Речка количество выпавших осадков зафиксировано как рекордное с 1936 г. На девяти станциях Дальневосточного ФО август 2009 г. попал в число 5% самых влажных сезонов.

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

Из таблицы 6 видно, что наиболее «сухие» условия наблюдались в июне на Европейской части РФ и в Восточной Сибири, «влажные» условия наблюдались: в июне – на Европейской части РФ и Приамурье и Приморье, в августе - на Европейской части РФ, в Западной и Восточной Сибири.

Таблица 6.

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

Регион	Число станций в регионе	Лето		Июнь		Июль		Август	
		<Q <sub>10</sub>	>Q <sub>90</sub>						
Европейская часть России	83	4	1	9	7	3	6	3	9
Западная Сибирь	40	1	3	3	3	1	4	3	6
Средняя Сибирь	44	3	1	3	3	3		2	2
Прибайкалье и Забайкалье	23		3	2	5		1		2
Восточная Сибирь	46	5	5	11	4	6	3	4	12
Приамурье и Приморье	26	1	7	1	8	1	2		2

Примечание. Q<sub>10</sub>, Q<sub>90</sub> – 10%- и 90%-ый квантили распределения

### 3. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*В июне 2009 года* на территории России наблюдалось 64 опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), большая часть которых была связана с сильными дождями, усилением ветра, грозами, градом, жарой, заморозками.

*В июле 2009 года* на территории России наблюдалось 57 опасных гидрометеорологических явлений. Наибольшее количество ОЯ в июле были связаны с сильными дождями, усилением ветра, жарой.

*В августе 2009 года* на территории России наблюдалось 42 опасных гидрометеорологических явлений. Наибольшее количество ОЯ в августе связаны с сильными дождями, усилением ветра, грозами, градом, заморозками.

### 4. ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ЛЕТОМ 2009 г.

На рисунке 12 представлен фрагмент карты, иллюстрирующий физико-географическое положение Республики Беларусь. На карте показана сеть метеорологических станций этого региона, 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 7.



Рис. 12. Физико-географическое положение республики Беларусь.

Станции Республики Беларусь, входящие в базовую сеть мониторинга климата

	Станция	Индекс ВМО	Широта (с.ш.)	Долгота (в.д.)	Высота (м)
1	Витебск	26666	55,2	30,2	169
2	Минск	26850	53,9	27,5	234
3	Могилев	26863	53,9	30,3	180
4	Брест	33008	52,1	23,7	144
5	Пинск	33019	52,1	26,1	144
6	Василевичи	33038	52,3	29,8	140
7	Гомель	33041	52,4	31,0	138

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

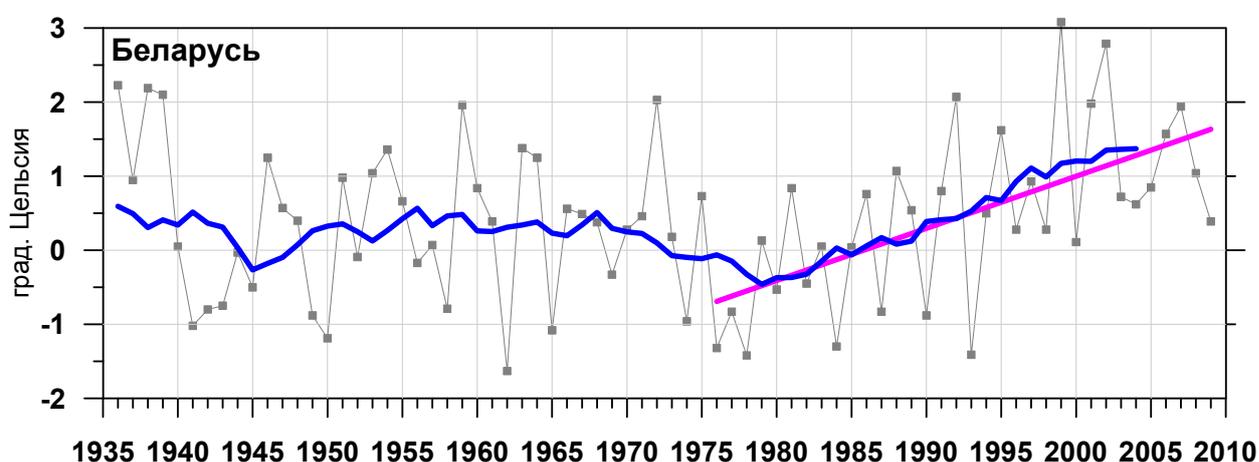


Рис. 13. Средние аномалии температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) летнего сезона, осредненные по региону Республики Беларусь, 1936 – 2009 гг.

*Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за 1976 – 2009 гг.*

Летом 2009 г. аномалия температуры воздуха, осредненная по территории республики Беларусь, составила  $+0.39^{\circ}\text{C}$ . Это 39-ая величина в ранжированном ряду наблюдений с 1936 года. Тренд потепления за 1976-2009 гг., в среднем для Беларуси, составил  $+0.7^{\circ}\text{C}/10$  лет, а объясненная дисперсия 37% (т.е. гипотеза о случайности тренда отвергается на уровне значимости  $\alpha < 0.01\%$ ).

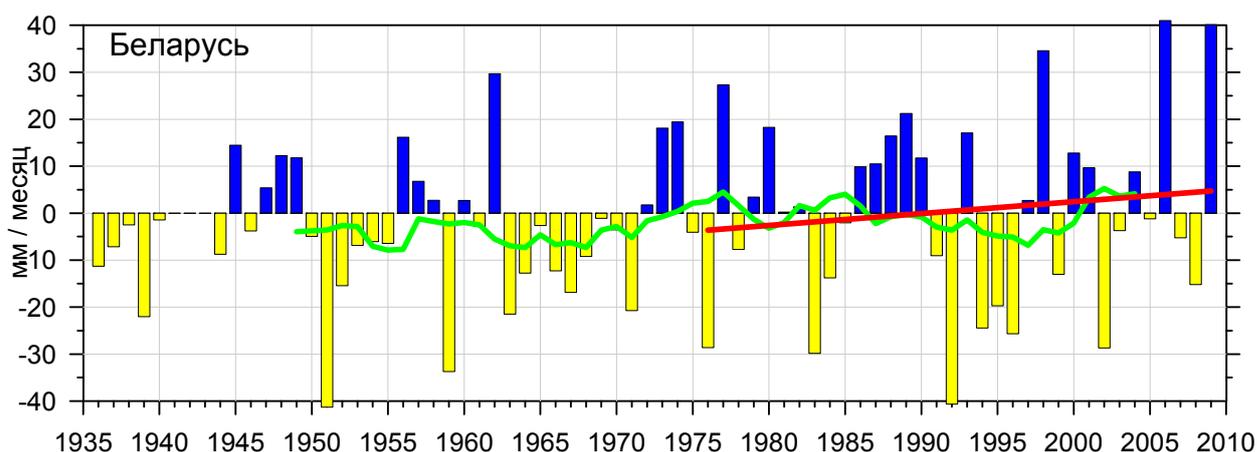


Рис. 14. Средние за сезон (лето 2009: июнь – август) аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь. Показаны 11-летняя скользящая средняя и линейный тренд за 1976 – 2009 гг.

Аномалия сезонных сумм осадков, осредненная по территории Беларуси, составила +39.9 мм/месяц. Это вторая величина в ранжированном по убыванию ряду осадков с 1936 года. Рекордным был 2006 год, когда летом выпало 40.8 мм / месяц.

Тренд осадков за период 1976-2009 гг. составил 2.5 мм/10лет. Однако процент объясненной трендом дисперсии ряда составляет лишь 1%, что скорее указывает на отсутствие однонаправленных тенденций в исследуемом ряду (гипотеза о случайности отвергается лишь на уровне значимости  $\alpha > 21\%$ ).

В таблице 8 приведены стационарные данные о наблюдаемой температуре для каждого месяца рассматриваемого летнего 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 8.

Средняя месячная и сезонная температура на станциях Беларуси летом 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
<b>Температура (град. Цельсия)</b>							
<i>Лето 2009</i>	<i>16.7</i>	<i>17.0</i>	<i>16.4</i>	<i>18.2</i>	<i>18.2</i>	<i>17.9</i>	<i>18.6</i>
Июнь	+15.9	+15.8	+15.8	+16.5	+17.2	+17.8	+18.4
Июль	+18.2	+18.6	+17.8	+20.0	+19.7	+19.5	+20.2
Август	+16.1	+16.5	+15.5	+18.2	+17.7	+16.4	+17.3
<b>Аномалия температуры (град. Цельсия)</b>							
<i>Лето 2009</i>	<i>0.4</i>	<i>0.3</i>	<i>-0.2</i>	<i>0.9</i>	<i>1.2</i>	<i>0.5</i>	<i>0.9</i>
Июнь	-0.1	-0.4	-0.4	-0.3	0.7	0.7	1.1
Июль	1.2	1.3	0.5	2.0	2.1	1.4	1.8
Август	0.2	0.0	-0.8	0.8	0.8	-0.7	-0.2

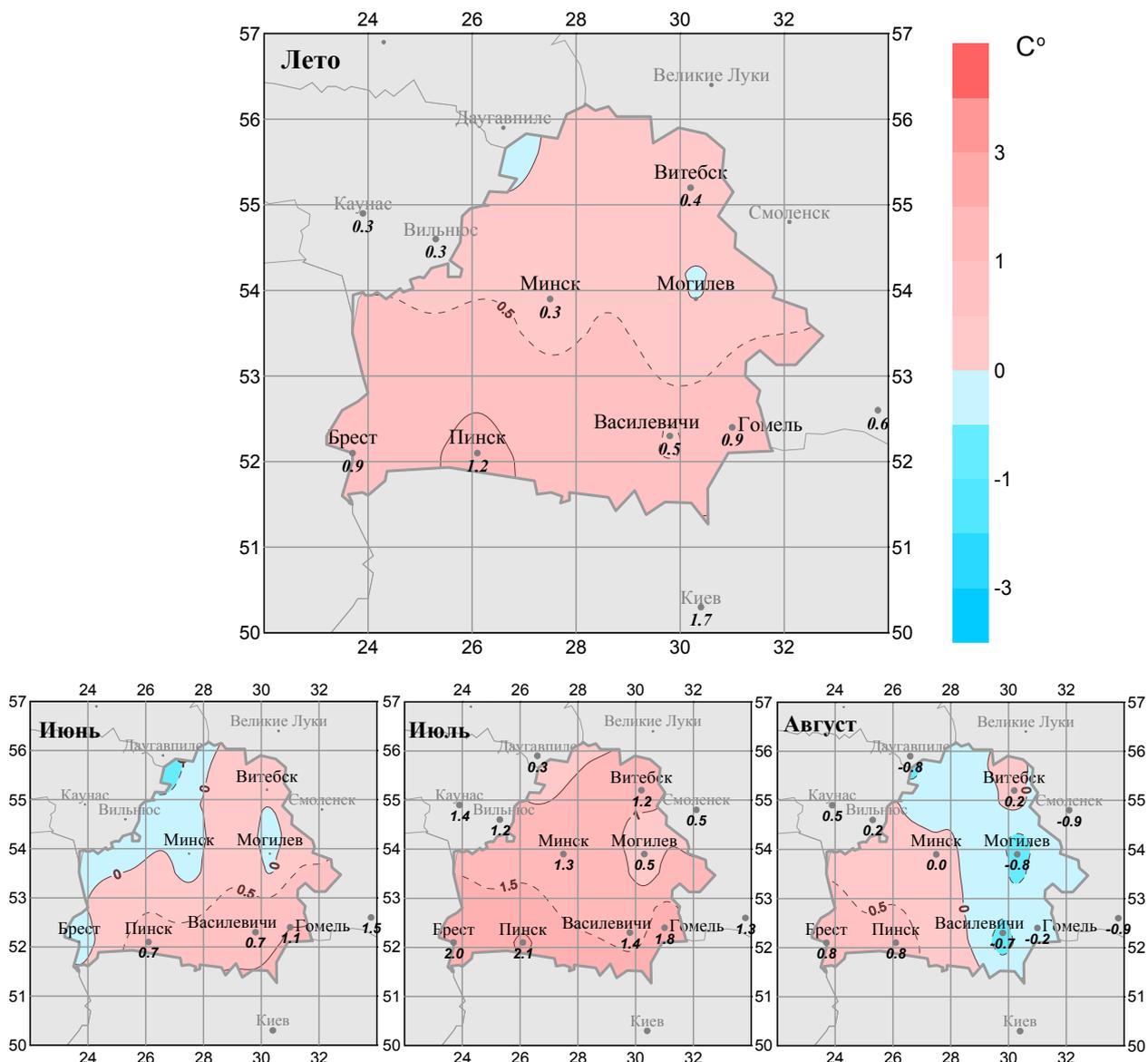


Рис. 15. Средняя сезонная и средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (отклонения от средних за 1961-1990 гг., град. Цельсия) на территории республики Беларусь: лето, июнь – август 2009.

Цифрами приведены значения аномалий (в градусах Цельсия) на станциях.

Лето 2009 г. в целом было теплым. Средние за сезон аномалии температуры на станциях: от  $-0.2^{\circ}\text{C}$  (в Могилеве) до  $+1.2^{\circ}\text{C}$  (в Пинске). Самым теплым был июль, когда на всей территории аномалия была положительная. В июне и в августе на некоторых станциях средняя месячная температура была ниже нормы.

В таблице 9 и на рис. 16 аналогичные данные приведены для количества выпавших осадков (дополнительно приведены относительные аномалии осадков в % от нормы).

Таблица 9.

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

	<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>
<b>Сумма осадков (мм)</b>							
<i>Лето 2009</i>	<i>233</i>	<i>389</i>	<i>386</i>	<i>281</i>	<i>306</i>	<i>346</i>	<i>414</i>
Июнь	85	187	109	157	144	170	132

Июль	119	162	212	67	112	120	233
Август	29	40	65	57	50	56	49
<b>Аномалия сумм осадков (% от нормы)</b>							
<i>Лето 2009</i>	<i>95.1</i>	<i>160.4</i>	<i>168.3</i>	<i>123.6</i>	<i>140.7</i>	<i>145.0</i>	<i>183.4</i>
Июнь	108.4	226.5	135.3	220.0	181.9	221.6	156.3
Июль	127.3	184.5	250.0	83.8	150.7	135.6	283.8
Август	39.7	55.5	101.6	75.0	78.0	76.3	82.8
<b>Аномалия сумм осадков (мм)</b>							
<i>Лето 2009</i>	<i>-4.0</i>	<i>48.8</i>	<i>52.2</i>	<i>17.9</i>	<i>29.5</i>	<i>35.8</i>	<i>62.8</i>
Июнь	6.6	104.4	28.4	85.6	64.8	93.3	47.6
Июль	25.5	74.2	127.2	-12.9	37.7	31.5	150.9
Август	-44.1	-32.1	1.0	-19.0	-14.1	-17.4	-10.2

На большей части территории Беларуси, в целом за летний сезон 2009 г., количество выпавших осадков значительно превысило сезонную норму (до более 183% нормы в Гомеле). Лишь на станции Витебск осадков выпало незначительно ниже нормы (95% нормы).

Наиболее влажными месяцами в сезоне были июнь и июль, когда на многих станциях осадков выпало более двух месячных норм. На станции Минск в июне впервые с 1936 г. выпало 187 мм осадков (аномалия 104.4 мм, т.е. 226.5% нормы) – прежний максимум 173 мм был зафиксирован на этой станции в 1998 г. На станциях: Брест Пинск, Василевичи (в июне) и Минск, Могилев, Гомель (в июле) превышен 90%-ый квантиль месячных сумм осадков (это значит, что 2009 г. на этих станциях попал в 10% самых влажных с 1936 г. для указанного месяца).

Август – самый «сухой» месяц в сезоне, когда на всей территории Беларуси количество выпавших осадков оказалось ниже нормы (кроме станции Могилев, где выпало 101.6% нормы). В Витебске и Минске дефицит осадков достиг 39.7% и 55.5% нормы, соответственно.

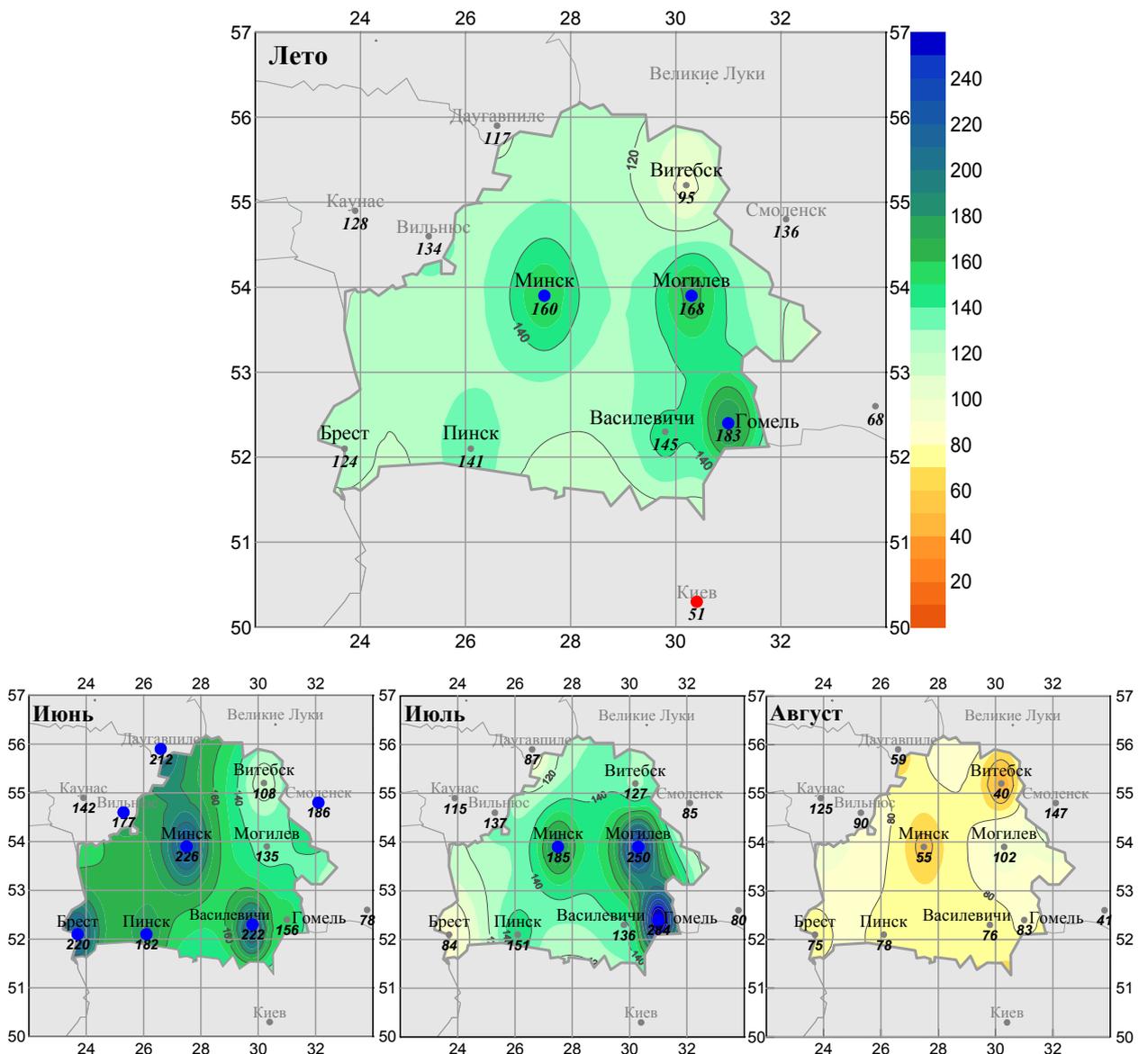


Рис. 16. Аномалии атмосферных осадков на территории Беларуси летом 2009 г. (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.). Цифрами приведены значения аномалий на станциях (в % от нормы). Синими кружками показаны станции, на которых количество выпавших осадков превысило 95%-ый квантиль (т.е. текущий месяц/сезон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

## ВЫВОДЫ

1. В среднем по территории континентов Северного полушария продолжается потепление летних сезонов. Линейный тренд (средняя скорость потепления), оцененный за 1976-2009 гг., составляет  $+0.30^{\circ}\text{C}/10$  лет; процент объясненной трендом дисперсии 76%.

Для территории России тренд летних температур составляет  $+0.37^{\circ}\text{C}/10$  лет, вклад тренда в дисперсию ряда 40%. Во всех регионах, кроме Западной Сибири, вклад тренда в дисперсию превышает 5%-ый уровень значимости. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в Прибайкалье и Забайкалье ( $0.54^{\circ}\text{C}/10$  лет). В Западной Сибири тренд статистически незначим ( $0.17^{\circ}\text{C}/10$  лет при вкладе в дисперсию 3%).

2. Лето 2009 года для Северного полушария в целом было теплым, аномалия температуры составила  $+0.71^{\circ}\text{C}$  (8-ое место в ряду наблюдений с 1936 г.). Для территории России средняя аномалия температуры составила  $+0.47^{\circ}\text{C}$  (это лишь 22-ая по величине положительная аномалия за последние 74 года). Наиболее теплым лето было на территории Средней Сибири (аномалия  $+1.11^{\circ}\text{C}$ ), наиболее прохладным – в Приамурье и Приморье (на  $0.17^{\circ}\text{C}$  ниже нормы).

Рекордно высокие значения среднемесячных температур зафиксированы на станциях: Ключи, Сеймчан, Среднекан (Дальневосточный ФО, в июне); Магадан, о. Врангеля (в июле); Брохово (в августе).

3. В изменении осадков на территории России интенсивных трендов не выявлено. Практически на всей азиатской территории России (кроме прибрежных районов и Приамурья) прослеживается тенденция к слабому росту летних осадков (в пределах 5-10% нормы за 10 лет), тогда как на большей части европейской территории России, напротив, отмечается тенденция к их слабому уменьшению. На северном побережье Ямала и Таймыра, на Чукотке и Камчатке тенденция к убыванию осадков несколько более заметна.

Во временных рядах регионально осредненных осадков определенно прослеживается лишь тенденция к увеличению осадков в регионе Средняя Сибирь ( $2.5$  мм/месяц/10 лет, уровень значимости близок к 1%). В остальных регионах в изменении сумм осадков летнего сезона в течение 1976 -2009 гг. значимых на 5%-ом уровне трендов не выявлено. В целом по России тренд осадков летнего сезона за 1976-2009 гг. составляет  $0.6$  мм/месяц/10 лет при вкладе в дисперсию 5%, что соответствует уровню значимости выше 10%.

4. Количество выпавших осадков в целом по России за летний сезон 2009 г. было незначительно выше нормы: аномалия осадков составила  $+1.4$  мм/месяц, вероятность превышения 60%.

На большей части территории России количество выпавших за летний сезон осадков составляло 80-120% нормы (градиация «около нормы»). На этом фоне выделяется обширная область дефицита осадков (ниже 80% нормы), протянувшаяся от Средне-Сибирского плоскогорья до п-ва Ямал и о. Новая Земля. Области дефицита осадков меньшей протяженности сформировались на Камчатке, в низовьях Волги и в бассейне Кубани. Избыток летних осадков (выше 120% нормы) наблюдался лишь в небольших областях на крайнем западе страны, на Алтае и в Прибайкалье, в Приморье и на Сахалине. Здесь ряд станций (Новгород, Золотой, Южно-Сахалинск, Южно-Курильск, Омск) зафиксировал рекордные значения сезонных сумм осадков с 1936 г.

Рекордно высокие (за период с 1936 г.) значения месячных сумм осадков зафиксированы на станциях: Новгород, Сортавала, Аян, Золотой, Корсаков и Южно-Сахалинск (в июне), Купино и Южно-Курильск (в июле), Среднекан, Омск и Оленья Речка (в августе).

5. Наибольшее количество опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) наблюдалось в июне. ОЯ в этом сезоне были связаны с сильными дождями, грозами, усилением ветра, градом, заморозками, жарой.

В течение всего летнего сезона осуществилось 163 ОЯ. Из них наибольшее количество – на территории Сибирского, Южного и Приволжского Федеральных Округов, наименьшее – на территории Уральского ФО.

Наиболее часто наблюдалось явление «сильный дождь» (в т.ч. в сочетании с грозами, усилением ветра, градом).