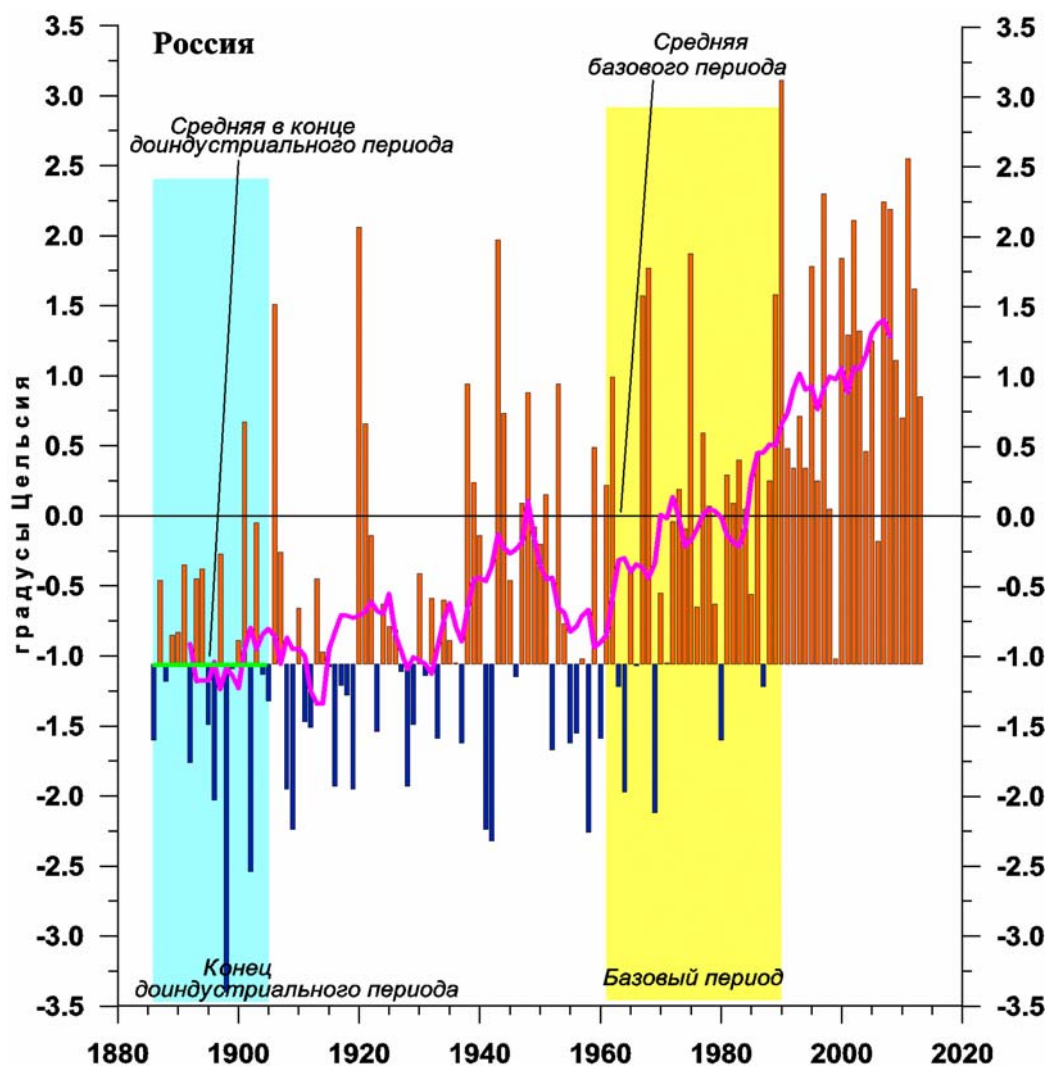


Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Российская
Академия Наук

ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2013

ВЕСНА 2013: март - май

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕСЕЗОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ.....	5
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2013 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	6
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	12
4. ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА В 1936-2013 гг.....	17
5. ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА 2013 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....	21
ВЫВОДЫ	24
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности весны 2013 г. на территории Республики Беларусь	27

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2013 гг. (весна)
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 258 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 наблюдений.



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

Региональные средние значения аномалий метеорологических переменных рассчитываются в два этапа. На первом этапе территория региона разбивается регулярной сеткой на ячейки 2.5 градуса широты на 5 градусов долготы, и в каждой ячейке сетки рассчитывается среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях. Затем выполняется взвешенное осреднение по региону средних по ячейкам с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона.

Аналогично по данным о станционных «нормах» для каждого региона рассчитываются регионально осредненные «нормы». Региональные средние значения самих климатических переменных рассчитываются суммированием регионально осредненных «норм» и регионально осредненных аномалий (этим уменьшается

смещение средних, вызываемое пропусками в рядах наблюдений). Региональные средние значения климатических переменных используются при вычислении относительной аномалии осадков.



Рисунок 2 - Федеральные округа Российской Федерации

В 5 разделе рассматриваются некоторые индексы экстремальности и аномальности климата.

Индексы экстремальности климата соответствуют областям экстремальных аномалий заданной обеспеченности - это вероятностные индексы, в основе которых - значения эмпирической функции распределения $F(X_0)$, соответствующие наблюдаемым значениям рассматриваемой величины X_0 в точках поля или на станциях: $F(X_0) = P(x \leq X_0)$. Значение $F(X_0)$ часто называют вероятностью неперевышения. Индексы экстремальности определяются, как доля площади, где вероятности неперевышения $F(X_0) \leq \alpha\%$ или $F(X_0) \geq 100 - \alpha\%$.

Для характеристики степени аномальности полей температуры воздуха используется "коэффициент аномальности" (предложенный Н.А.Багровым), равный среднеквадратическому значению (по площади) нормированной аномалии температуры. Чем больше индекс аномальности климата, тем больше отличается от нормы состояние климатической системы и тем дальше оно удалено от среднего положения.

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

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

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

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

1. ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕСЕЗОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности (весна 2013: март-май), осредненных по континенту Северного полушария (СП) и территории России. Временной ряд сезонных аномалий температуры над СП рассчитан по среднемесячным данным Университета Восточной Англии (массив `scut3nh.txt` на сайте www.cru.uea.ac.uk). Временной ряд для территории России рассчитан по стационарным данным о температуре приземного воздуха ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Представлен также линейный тренд за 1976-2013 гг.

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

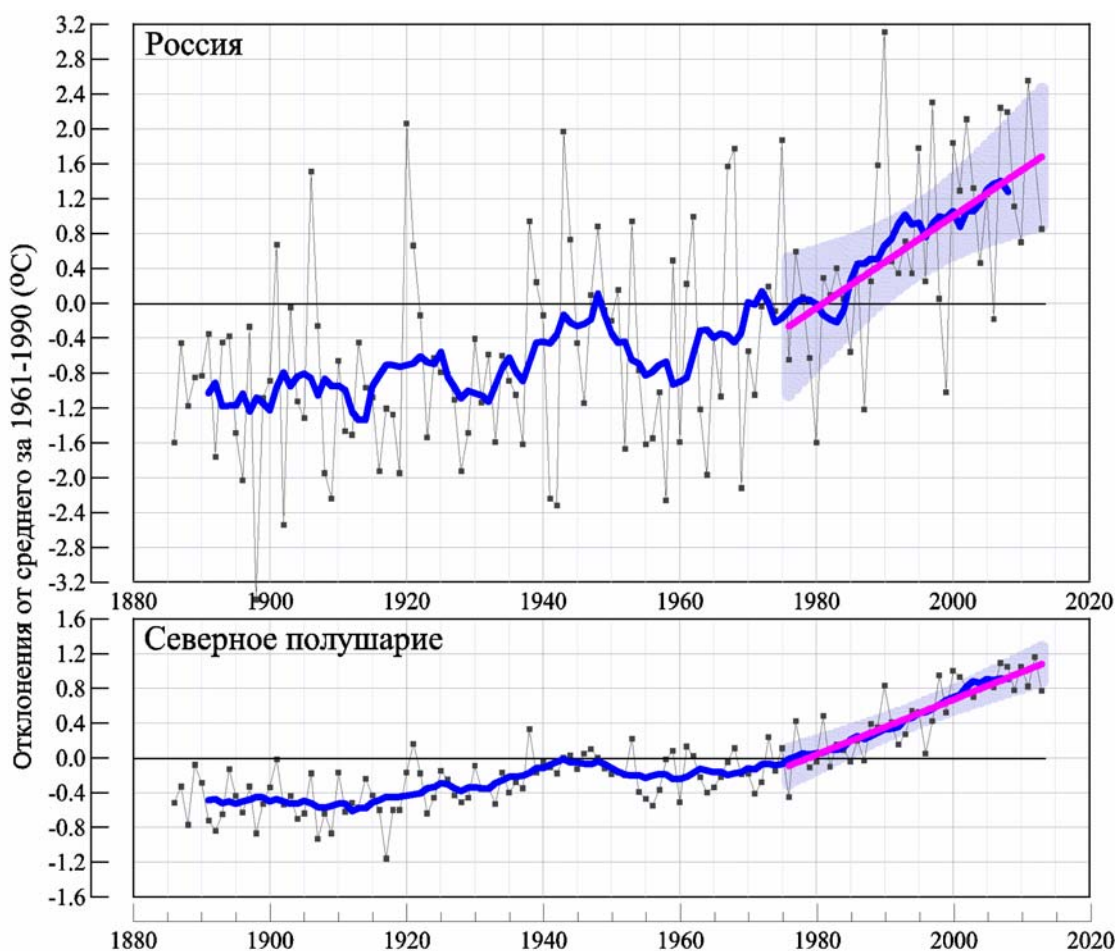


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (весна: март–май) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886-2013 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Показаны м.н.к. – оценка линейного тренда и 95% -я доверительная область для линии тренда за 1976-2012 гг. Использованы данные Университета Восточной Англии (СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

Аномалия температуры воздуха над сушей СП весной 2013 составила $+0.77^{\circ}\text{C}$ (при стандартном отклонении 0.29°C) – 15-я по величине положительная аномалия с 1886 г. (Рекордное значение аномалии среднесезонной температуры весной зафиксировано в 2012 году - $+1.16^{\circ}\text{C}$.)

Средняя по России аномалия температуры приземного воздуха весной 2013 составила $+0.85^{\circ}\text{C}$ при величине стандартного отклонения 1.19°C – умеренное положительное отклонение от нормы за период 1961-90 гг.; в то же время, она несколько ниже ожидаемой при сохранении наблюдаемой тенденции (см. рис. 1.1), но в пределах 95%-й доверительной области.

Оценки линейных трендов, характеризующие среднюю тенденцию изменений весенних температур за период 1976-2013 гг. (современное глобальное потепление) в среднем для СП и России, приведены в табл. 1.1. Величина тренда средних по территории России весенних температур в полтора раза больше, чем для средних по Северному полушарию. Сглаженная кривая на рис.1 показывает, что начало потепления на территории России и для СП в целом приходится на начало 1960-х гг.

Таблица 1.1

Сезонные (весна 2013: март - май) аномалии температуры приземного воздуха относительно норм базового периода 1961-1990 гг. ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по суше СП и России и оценки линейного тренда за период 1976-2013

Регионы	vT_{2013}	$s_{1961-90}$	$b, ^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
СП	0.77	0.29	0.32	70
Россия	0.85	1.19	0.53	29

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

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2013 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На рис. 2.1 и 2.2 представлены карты сезонных и месячных аномалий температуры и осадков на территории России весной 2013 г. На картах указано местоположение станций с экстремумами ниже 5-го выше 95-го перцентилей . Значения аномалий, осредненных по регионам, представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Температура воздуха.

В европейской части России (далее ЕЧР) положительные аномалии наблюдались южнее 55° с.ш., на многих станциях Южного и Северо-Кавказского ФО средняя сезонная температура была выше 95-го перцентиля (максимальная по региону сезонная аномалия зафиксирована в Краснодаре: $+3.1^{\circ}\text{C}$). Преимущественно тепло было в азиатской части России (далее АЧР), особенно в Чукотском АО (сезонные аномалии до $+6^{\circ}\text{C}$), на Алтае (сезонные аномалии до 4°C): на отдельных станциях температура превышала 95-й перцентиль.

В северной части ЕЧР и в Западной Сибири (исключая северные районы) наблюдались отрицательные сезонные аномалии, достигавшие -2°C (между $60-65^{\circ}\text{с.ш.}$): эти аномалии сформировались за счет марта. Температуры ниже нормы наблюдались также в Забайкалье и Приморье.

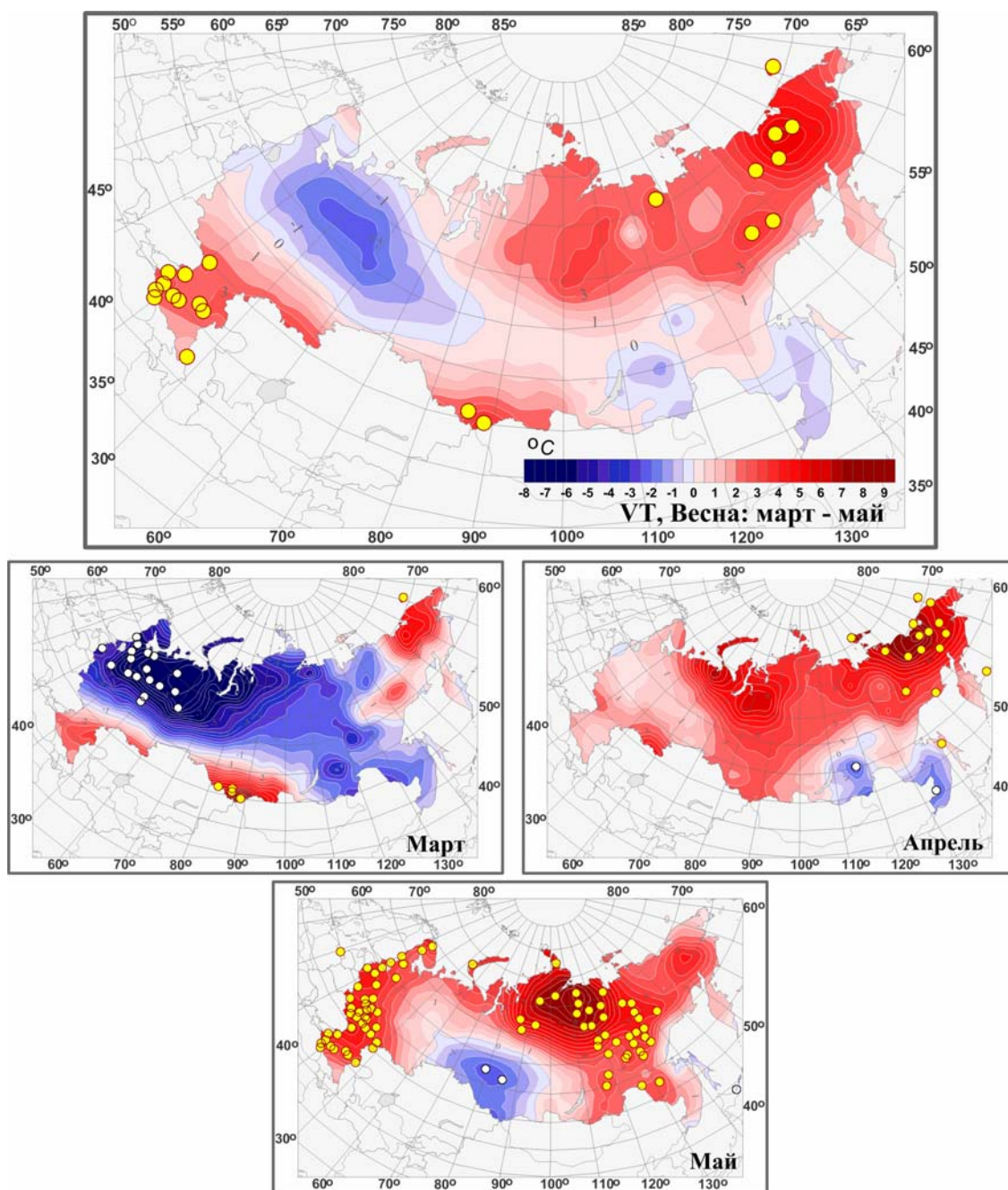


Рисунок 2.1 – Поля средней сезонной и средних месячных аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России весной 2013 г. Кружками белого цвета показано местоположение станционных экстремумов ниже 5-го перцентиля, желтого – выше 95-го перцентиля. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за базовый период 1961-1990 гг.

Март. Март был преимущественно холодным. На большей части страны наблюдались значительные отрицательные аномалии, наиболее холодно на Северном Урале, в республике Коми – аномалии до -10.1°C (станция Хоседа-Хард). Практически на всей территории ЕЧР севернее 55° с.ш. наблюдалась температура ниже 5-го перцентиля.

На юге ЕЧР и далее на Южном Урале и на юге Сибири (до Байкала) тепло, на станциях Алтая температура была выше 95-го перцентиля, аномалии до $+10.4^{\circ}\text{C}$. Тепло было также в Магаданской области, в Чукотском АО.

Апрель. На большей части России тепло, очень тепло - на севере АЧР (особенно на севере Дальневосточного ФО, где во многих пунктах температуры превышали 95-й перцентиль, аномалии достигали $+9.2^{\circ}\text{C}$ (станция Островное). Апрельская аномалия температуры, осредненная по территории региона Восточная Сибирь составила $+4.02^{\circ}\text{C}$ - вторая среди максимальных величин в ряду (рекордное значение осредненной по региону аномалии наблюдалось в 1954 году: $+4.23^{\circ}\text{C}$).

Холодно было лишь в горах Забайкалья (до -3.6°C - станция Калакан), в Приамурье и Приморье, аномалии (до -2.2°C).

Май. Тепло на ЕЧР, на большинстве станций запада и юга ЕЧР температура выше 95 перцентиля (аномалии в Южном ФО достигали $+5.1^{\circ}\text{C}$). На АЧР, особенно на севере Сибирского ФО и в Дальневосточном ФО (аномалии около $+8^{\circ}\text{C}$ на северо-западе Якутии), на многих станциях температура была выше 95-го перцентиля. Майские аномалии температуры, осредненные по регионам: Европейская часть России, Средняя Сибирь, Восточная Сибирь, составили $+2.76^{\circ}\text{C}$, $+3.24^{\circ}\text{C}$, $+2.71^{\circ}\text{C}$ – пятая, третья и третья среди наибольших величин в соответствующих рядах.

На юге Уральского и Сибирского ФО было холодно, аномалии до -2.5°C .

Атмосферные осадки.

На ЕЧР южнее 60° с.ш. и на АЧР (до течения Лены) южнее 65° с. ш., а также восточнее Лены на севере - осадков выпало больше сезонной нормы, на 15% станций количество выпавших осадков превышало 95-й перцентиль.

На севере ЕЧР и АЧР до Лены (вдоль побережья Карского и Восточно-Сибирского морей) наблюдался дефицит осадков (на Таймыре выпало менее 60% нормы).

Март. Значительный избыток осадков наблюдался в на всей территории России южнее 60-й параллели и к востоку от меридиана 140° в.д. количество выпавших осадков превысило 160% нормы, на отдельных станциях выпало более 3-х норм. На многих станциях Центрального и Приволжского, юга Уральского и Сибирского ФО наблюдались экстремальные месячные суммы осадков выше 20-го перцентиля. Много осадков выпало вдоль побережья Тихого океана (на Чукотке, на Камчатке, в Магаданской области, в Хабаровском и Приморских краях). На отдельных станциях Тихоокеанского побережья выпало более 4-х норм. В целом по РФ количество выпавших осадков превысило 95-й перцентиль на 20% станций. Мартовские аномалии осадков, осредненные по регионам: Европейская часть России, Западная Сибирь, Прибайкалье и Забайкалье, Восточная Сибирь составили 16.6 мм/месяц (156%), 15.5

мм/месяц (188%), 7.6 мм/месяц (187%), 13.8 мм/месяц (191%) – это шестая, пятая, четвертая и четвертая максимальные величины в соответствующих рядах.

Дефицит осадков наблюдался на севере ЕЧР (выпало менее 60% нормы), в северных и центральных районах Сибири (менее 40% нормы).

Именно мартовское распределение осадков в основном определило общую картину сезонных аномалий.

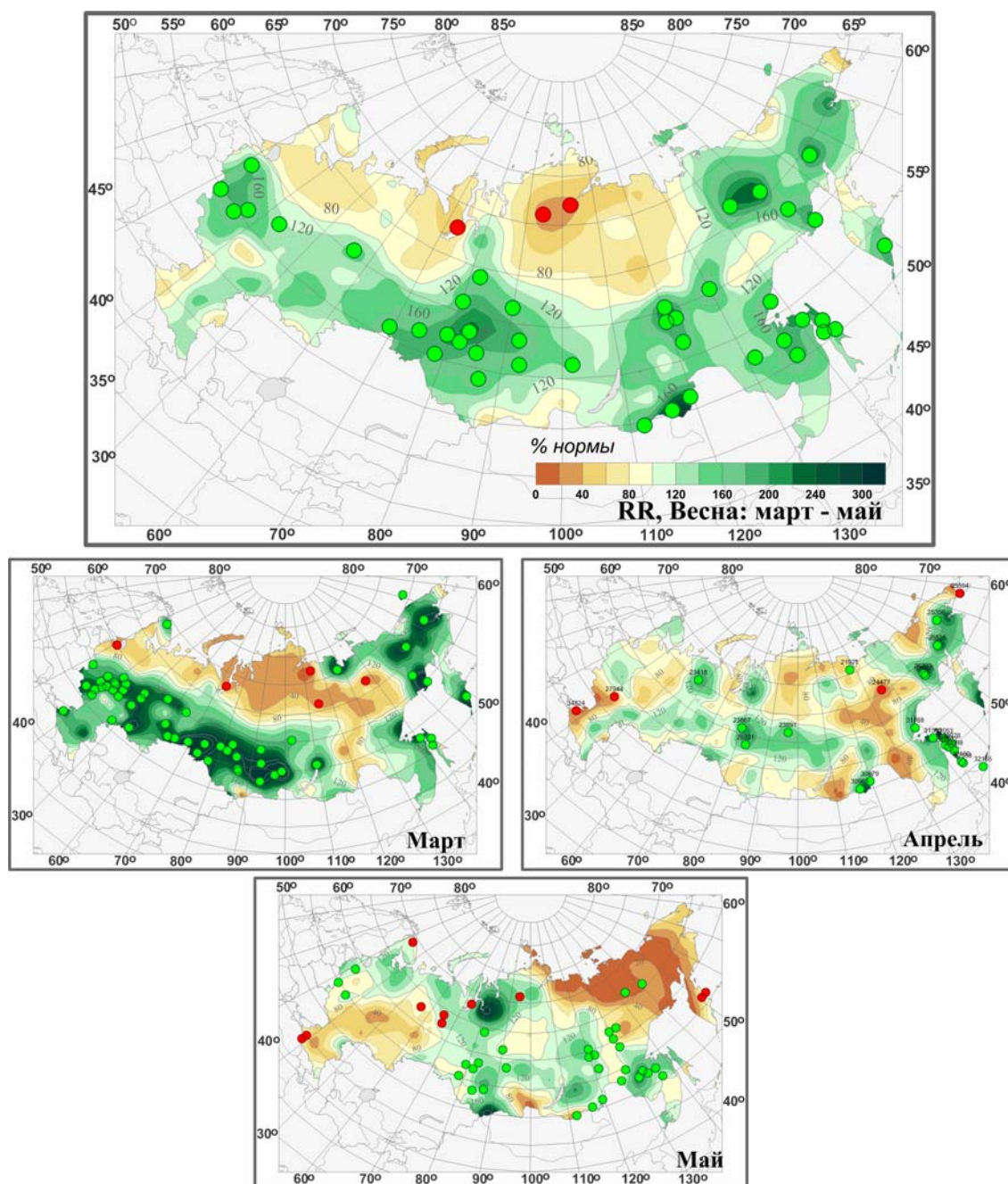


Рисунок 2.3 – Поля аномалий средних сезонных и месячных сумм осадков (в процентах от нормы за 1961-1990 гг.) на территории России весной 2013 (март-май). Кружками красного цвета показаны стационарные экстремумы ниже 5-го перцентиля, зеленого – выше 95-го перцентиля.

Апрель. В основном распределение осадков носило характер чередования некрупных областей аномалий обоих знаков, не очень значительных по величине. Существенный избыток осадков наблюдался вдоль побережья Тихого океана, особенно на Сахалине, где на всех станциях количество выпавших осадков превышало 95-й процентиль.

Дефицит осадков (менее 60%) наблюдался вдоль Черноморского побережья и в областях, граничащих с Украиной, а также на юге Якутии, в Приамурье, в Читинской области (менее 40% нормы).

Май. Избыток осадков (более 140% нормы) наблюдался центральных районах ЕЧР, в бассейне реки Енисей в южных районах АЧР (исключая Алтай и Саяны), в Якутии (здесь на отдельных станциях выпало более 3 норм). Майские аномалии осадков, осредненные по регионам Средняя Сибирь, Приамурье и Приморье составили 14.5 мм/месяц (150%), 37.0 мм/месяц (165%) – вторые максимальные величины в соответствующих рядах.

Дефицит осадков (менее 60% нормы) наблюдался в Южном ФО, на севере ЕЧР и Урала, на севере Средней Сибири, на Чукотке, Камчатке, в Магаданской области.

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по значениям стационарных аномалий весеннего сезона; для характеристики масштаба аномалий приведены также средние квадратические отклонения региональных аномалий за базовый период 1961-90 гг. Оценки приведены для физико-географических регионов (рис.1) и Федеральных округов (рис.2) Российской Федерации.

Таблица 2.1

Регионально осредненные аномалии температуры весной 2013 г.

Регионы	νT_{2013}	$s_{1961-90}$	$P(t \leq T_{2013})$
Российская Федерация	0.85	1.19	71.4
Физико-географические регионы России			
Европейская часть России	0.35	1.44	64.9
Западная Сибирь	0.21	1.62	51.9
Средняя Сибирь	1.23	1.66	74.0
Прибайкалье и Забайкалье	0.28	1.39	54.5
Приамурье и Приморье	-0.08	1.15	50.6
Восточная Сибирь	2.62	1.23	93.5
Федеральные округа РФ			
Северо-Западный	-0.91	1.54	29.9
Центральный	0.43	1.68	64.9
Приволжский	0.64	1.70	70.1
Южный	2.48	1.47	98.7
Северо-Кавказский	1.86	0.96	98.7
Уральский	-0.40	1.75	39.0
Сибирский	0.74	1.47	58.4
Дальневосточный	1.69	1.23	87.0

Примечание: 1. Аномалии νT_{2013} (°C) рассчитаны как отклонения от нормы 1961-1990 гг.; s (°C) – среднее квадратическое отклонение за базовый период; вероятности непревышения $P(t \leq T_{2013})$ рассчитаны по выборке за 1936-2012 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попадающие в 5% максимальных.

Для осадков (табл. 2.2) дополнительно к отклонениям от нормы приведены относительные аномалии, т.е. отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме, выраженное в процентах (о процедуре регионального осреднения см. во введении), а для характеристики масштаба изменчивости с учетом выраженной асимметрии распределения осадков абсолютные величины разности между медианой и первым и третьим квартилями аномалий, рассчитанные для базового периода. Кроме того, в таблицах приведены значения эмпирической вероятности (вероятности неперевышения) региональных аномалий по данным за 1936-2012 годы.

Таблица 2.2

Регионально осредненные аномалии осадков, весной 2013 г.

Регионы	vR_{2013}	RR_{2013}	m	$m-q1$	$q3-m$	$P(r \leq R_{2013})$
Российская Федерация	7.9	129	-0.1	1.6	2.2	100
Физико-географические регионы России						
Европейская часть России	3.9	111	-0.3	2.9	2.2	70.1
Западная Сибирь	13.2	147	0.6	4.5	3.3	98.7
Средняя Сибирь	5.7	127	-0.2	1.7	2.1	98.7
Прибайкалье и Забайкалье	7.2	136	0.2	2.6	1.3	97.4
Приамурье и Приморье	16.7	144	-0.2	4.5	4.3	98.7
Восточная Сибирь	8.0	141	-0.6	2.0	2.9	97.4
Федеральные округа РФ						
Северо-Западный	-1.9	94	-1.2	1.8	5.6	39.0
Центральный	15.1	139	1.0	7.0	4.0	96.1
Приволжский	7.2	122	0.7	5.9	3.8	79.2
Южный	-4.5	88	-0.7	5.1	6.7	29.9
Северо-Кавказский	1.7	103	2.2	3.9	9.2	50.6
Уральский	6.9	124	0.2	4.5	2.8	80.5
Сибирский	11.1	147	0.0	1.5	2.5	100
Дальневосточный	9.0	138	-0.6	0.6	1.8	100

Примечание: 1. Аномалии vR_{2013} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за базовый период 1961-1990 гг.), RR_{2013} - отношение R_{2013} к норме, выраженное в %, $q1$, $q3$ и m – соответственно первый, третий квартиль и медиана аномалий (мм/месяц) за базовый период; вероятности неперевышения $P(r \leq R_{2013})$ – рассчитаны по выборке за 1936-2012 гг. и выражены в %. Выделены экстремальные значения, попадающие в 5% максимальных.

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

Весна для России в целом (см. табл. 2.1) была теплой, аномалия температуры $+0.85^{\circ}\text{C}$ (это 23-тая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1936 года: вероятность неперевышения этой аномалии 71.4%). Очень теплым был май – средняя по региону аномалия $+2.02^{\circ}\text{C}$ – четвертая положительная величина в ряду. В марте аномалия отрицательная: -1.56°C (самый холодный март на территории РФ в 21 веке).

Осредненные по регионам РФ весенние аномалии температуры были

положительные для всех регионов (кроме региона Приамурье и Приморье), аномалии по модулю не превышали стандартного отклонения. Наиболее тепло весной было в регионе Восточная Сибирь – сезонная аномалия $+2.62^{\circ}\text{C}$ (шестая величина в ряду наблюдений с 1936 г.). Из федеральных округов следует отметить Южный и Северо-Кавказский ФО, где весна была экстремально теплой, сезонные аномалии температуры $+2.48^{\circ}\text{C}$ и $+1.86^{\circ}\text{C}$ (вторые величины в соответствующих рядах).

В регионе Россия в целом весной (табл. 2.2) аномалия осадков составила $+7.9$ мм/месяц (относительная аномалия 129% нормы) – рекордная величина в ряду наблюдений. Аномалии осадков, осредненные по территории РФ в марте апреле и в мае составили $+11.3$ мм/месяц (относительная аномалия 160% нормы), $+1.6$ мм/месяц (106%), $+10.8$ мм/месяц (129%) – соответственно вторая, 22-я и вторая положительные величины в рядах.

Во всех регионах РФ весной аномалии осадков были положительные. Экстремальные сезонные аномалии осадков зафиксированы во всех физико-географических регионах России кроме ЕЧР. Из федеральных округов следует отметить Сибирский ФО и Дальневосточный ФО – сезонные аномалии осадков составили здесь 11.1 мм/месяц (147%) и 9.0 мм/месяц (138%) - максимумы в рядах наблюдений. Кроме того, следует отметить Северо-Западный и Южный ФО – сезонные аномалии осадков здесь были отрицательные.

3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

В этом разделе рассматриваются основные тенденции в изменении метеорологических величин с начала современного потепления, т.е, с середины 1970-х гг. На рис. 3.1 и 3.2 представлено географическое распределение коэффициента линейного тренда за 1976-2013 гг. температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для весеннего сезона в целом и для каждого из месяцев весны.

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

Весенние температуры растут на всей территории страны. Наиболее значительный рост температуры наблюдается на севере Западной и Средней Сибири (до $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре), на востоке Якутии, в Чукотском АО (до $+1.5^{\circ}\text{C}/10$ лет вблизи побережья Восточно-Сибирского моря). На северо-западе ЕЧР, юге Якутии, в Приморье и на Сахалине весенние температуры растут значительно слабее.

Рост температуры наблюдается во все месяцы сезона практически на всей территории РФ.

Наибольший рост температуры наблюдается в марте: в Западной и Средней Сибири (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет), а также на северо-востоке (до $+2^{\circ}\text{C}/10$ лет), в мае: на севере Средней Сибири (более $+1.2^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В марте на севере европейской части страны наблюдается похолодание до -0.25°C за счет холодного марта 2014 года на этой территории. В апреле на территории Северо-Кавказского ФО наблюдается слабое похолодание.

В изменении весенних сумм осадков (рис. 3.2) преобладает тенденция к росту – преимущественно менее 10%/10 лет. Наиболее интенсивный рост осадков (более 10%/10 лет) наблюдается на западе Прикаспийской низменности, на Южном Урале, на востоке Якутии, в бассейне Анадыря. Рост осадков на большей части территории РФ наблюдается во все весенние месяцы.

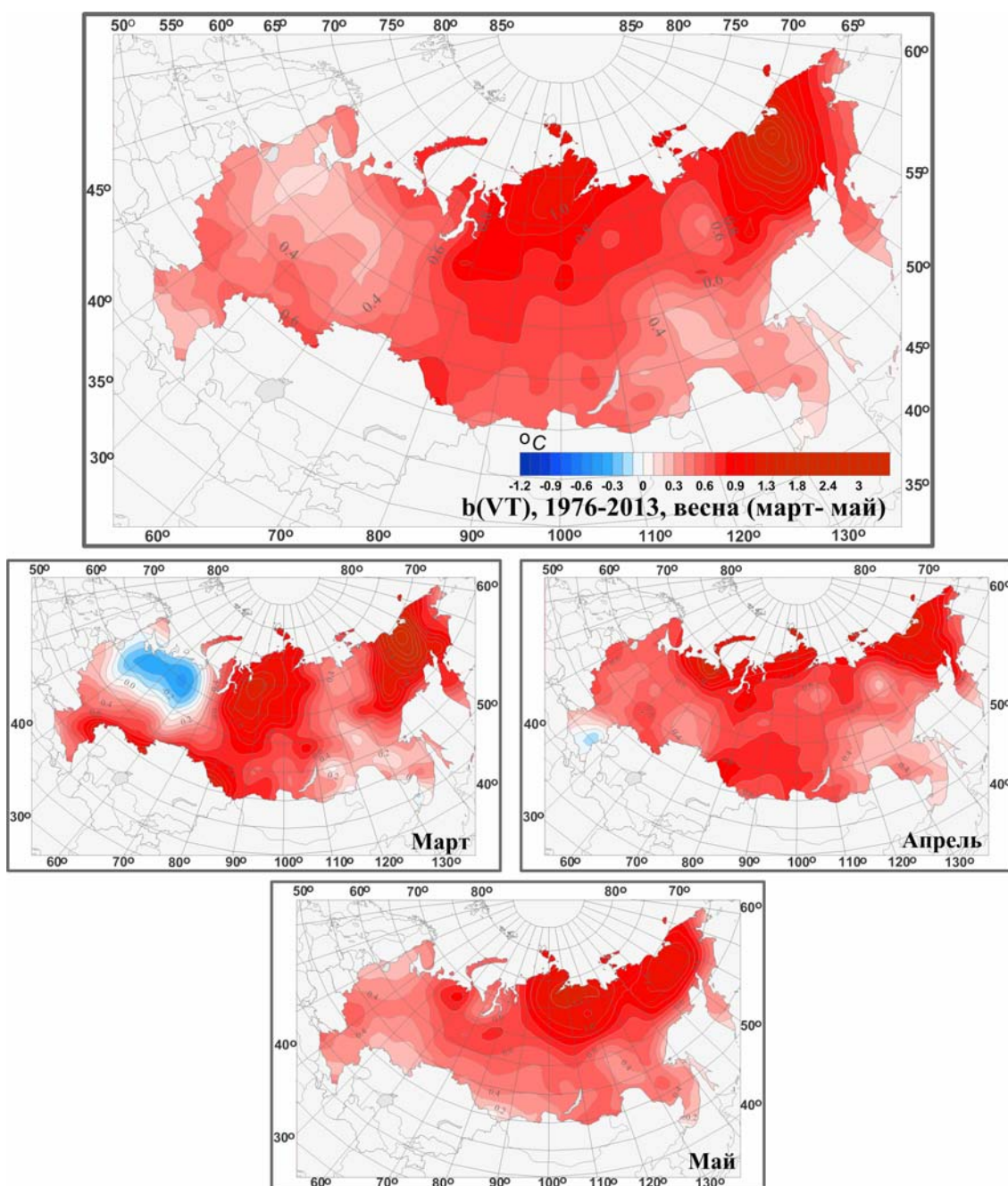


Рисунок 3.1 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) на территории России по данным за 1976-2013 (весна).

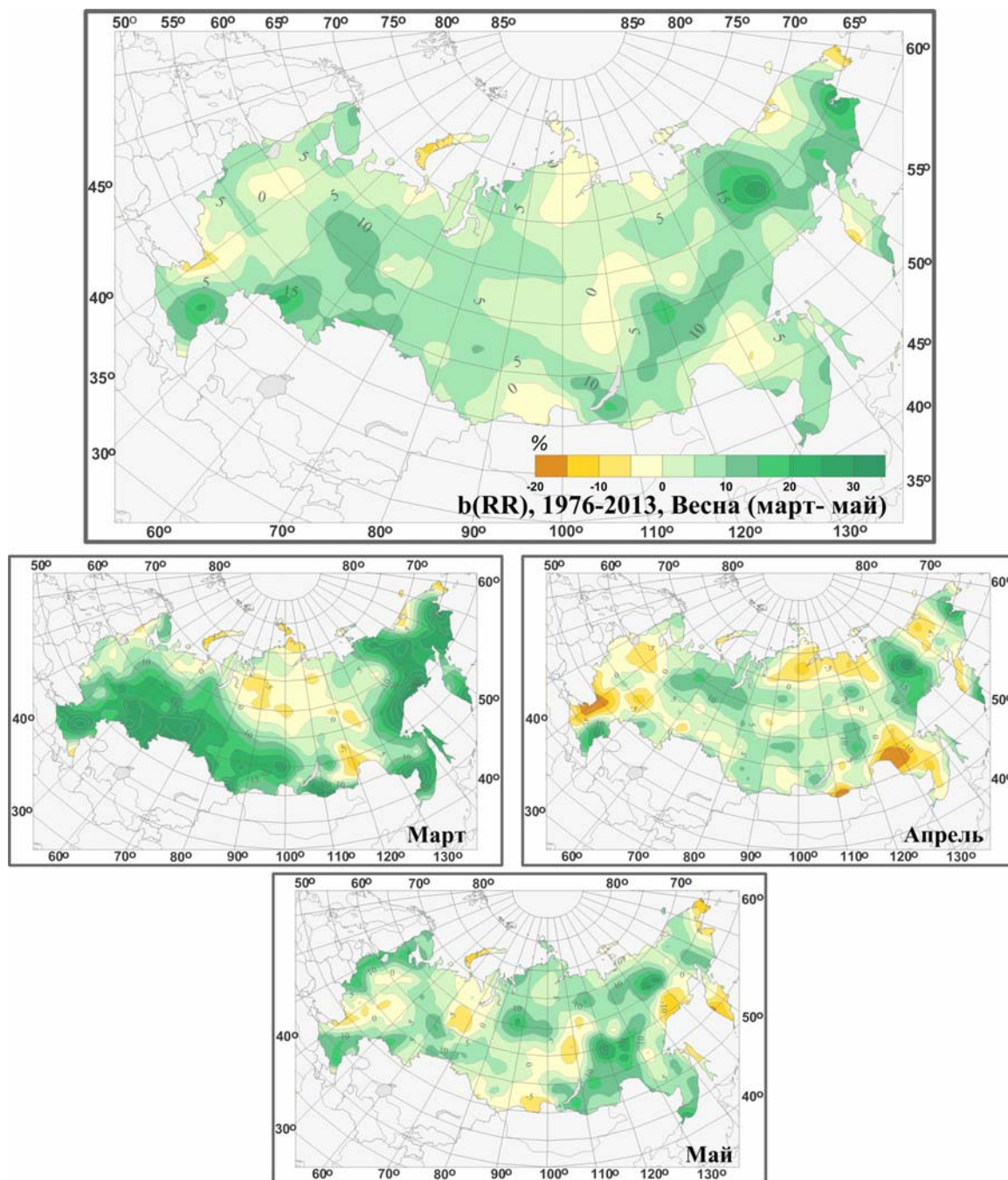


Рисунок 3.2 – Распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных и месячных аномалий осадков (% нормы /10 лет) на территории России по данным за 1976-2013 (весна).

В *марте* на большей части РФ наблюдается существенный рост осадков. Наиболее интенсивный рост (местами более 40%/10 лет) происходит практически на всей ЕЧР, на Южном Урале и почти всей территории Западной Сибири, в южных районах Средней Сибири, в Якутии, вдоль побережья Тихого океана. В нижнем течении Енисея и на Среднесибирском плоскогорье в марте наблюдается слабое уменьшение осадков.

Характерной особенностью изменения *апрельских* осадков является наличие нескольких крупных областей убывания осадков. Осадки убывают на большей части европейской России, особенно в юго-западных районах (до $-15\%/10$ лет); такое же значительное убывание наблюдается в Амурской области; осадки также убывают на севере Сибири вдоль моря Лаптевых. На западном побережье Каспийского моря, в районе Обской губы, на востоке Якутии наблюдается значительный рост (более $10\%/10$ лет).

В мае преобладает тенденция роста осадков, но не такая сильная как в марте. В ряде областей Центрального и Южного ФО, на северо-западе Западной Сибири, юге и востоке Средней Сибири, в Магаданской области вблизи побережья Охотского моря, на Камчатке в мае наблюдается уменьшение осадков.

В таблице 3.1 приведены оценки линейного тренда температуры и осадков весеннего сезона и каждого его месяца для территории РФ в целом.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха и суммы осадков, осредненных по территории России и за весенний сезон, за 1976-2013 гг.
b – коэффициенты линейного тренда, *D* - вклад тренда в дисперсию ряда.

Регион Российская Федерация	Температура		Осадки	
	<i>b</i> °C/10 лет	<i>D</i> , %	<i>b</i> мм/мес/10 лет	<i>D</i> , %
Весна	0.53	29	1.6	28
Март	0.51	8	2.5	29
Апрель	0.55	16	0.2	1
Май	0.52	41	2.0	18

Тренд средней по России весенней температуры за период 1976-2013 гг. положителен: он составляет $0.53^{\circ}\text{C}/10$ лет, объясняет 29% межгодовой изменчивости (табл. 3.1): тренд значим на 1%-м уровне, как и тренды апрельских и майских температур. В марте с начала 1990-х гг. наблюдается замедление роста температуры (сглаженная кривая на рис. 3.3), мартовский тренд незначим уже на уровне 5%.

Тренд сезонных сумм осадков составляет 1.6 (мм/мес)/10 лет и объясняет 28% межгодовой изменчивости. Рост осадков происходит в марте и мае, начало его относится ко второй половине 1980-х гг. Хотя сезонный, а также мартовский и майский тренды значимы на 1%-м уровне, т.е. можно утверждать достаточно определенно, что осадки растут в рассматриваемый период, общий характер изменения осадков (выраженные долгопериодные колебания с периодами в несколько десятилетий) дает основание для альтернативы: рост осадков является тенденцией, связанной с глобальным потеплением, либо это возрастающая фаза естественного долгопериодного колебания.

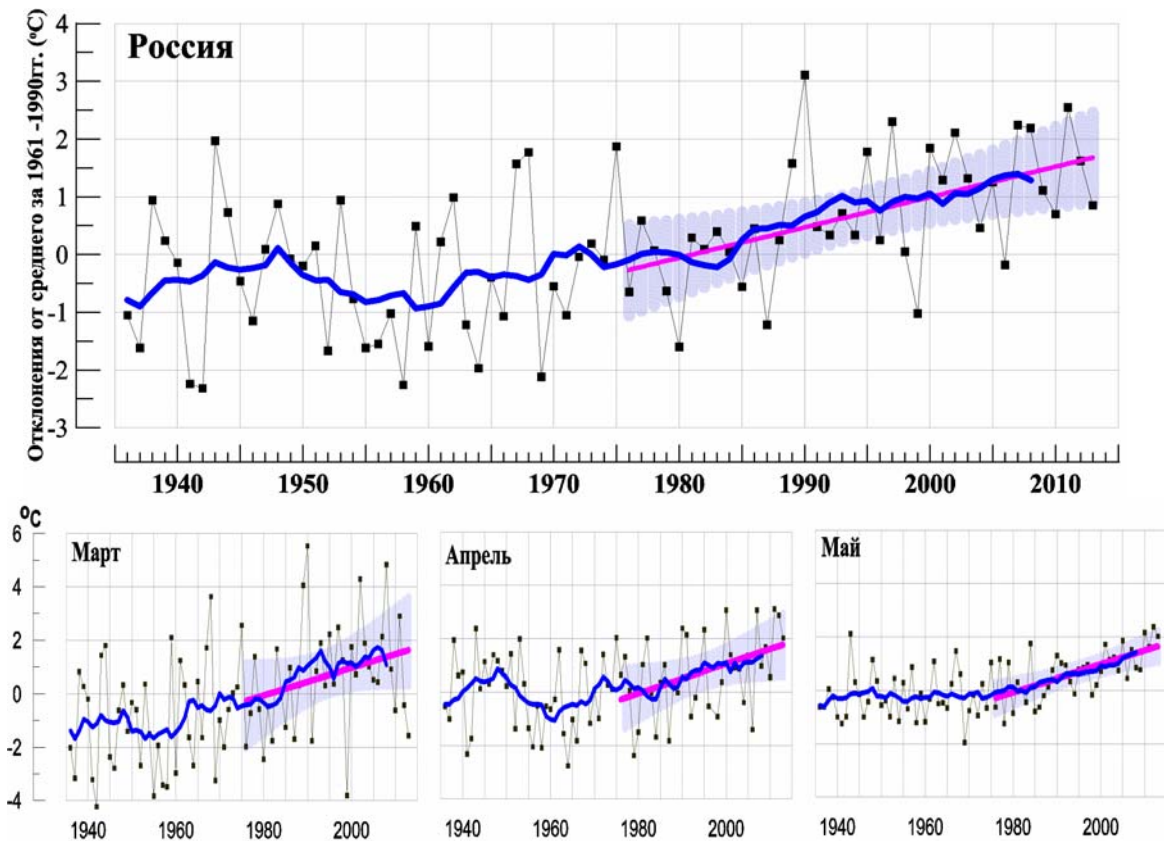


Рисунок 3.3 – Аномалия средней сезонной (вверху) и для месяцев сезона температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) осредненная по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2013 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

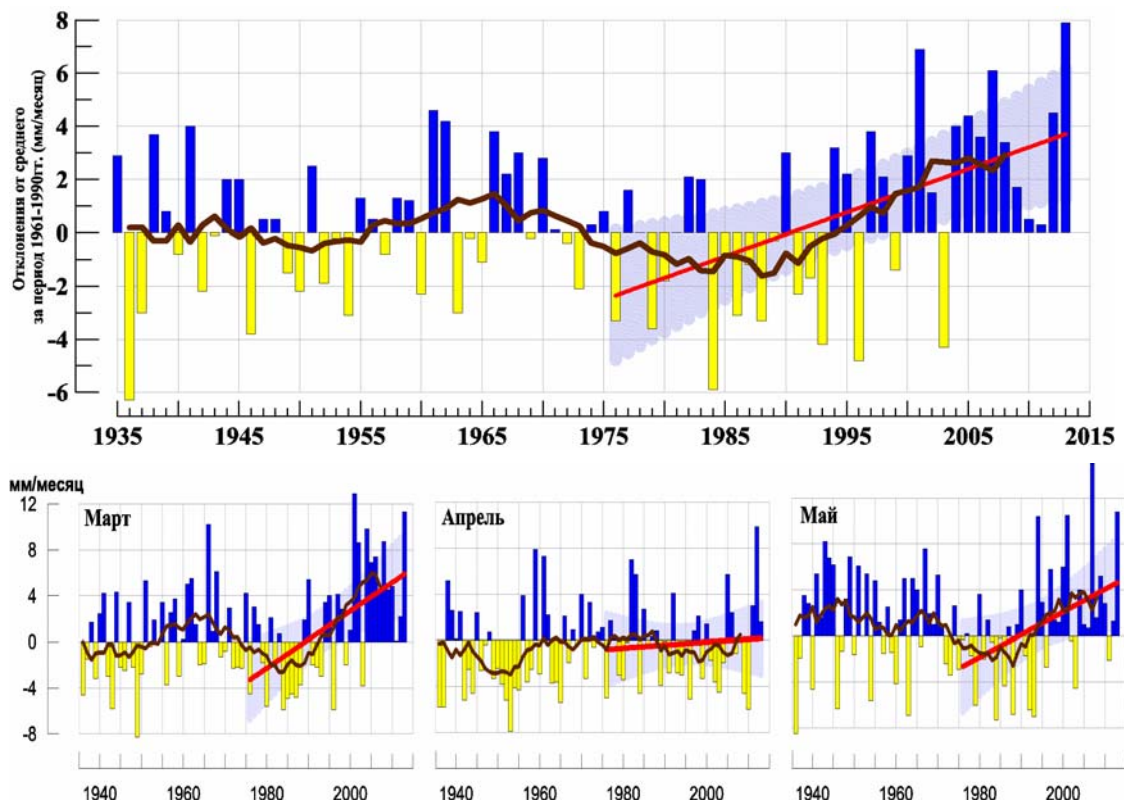


Рисунок 3.4 – То же, что на рис. 3.3, но для атмосферных осадков (мм/мес).

4. ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ ВЕСННЕГО СЕЗОНА В 1936-2013 гг.

В разделе анализируется характер изменения регионально-осредненных температур и осадков для физико-географических регионов России и Федеральных округов. На рис. 4.1 – 4.4 приведены временные ряды осредненных по регионам аномалий средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц) весеннего сезона за 1936 – 2013 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2013 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Величины трендов и объясненные трендами доли дисперсии рядов представлены в таблице 4.1.

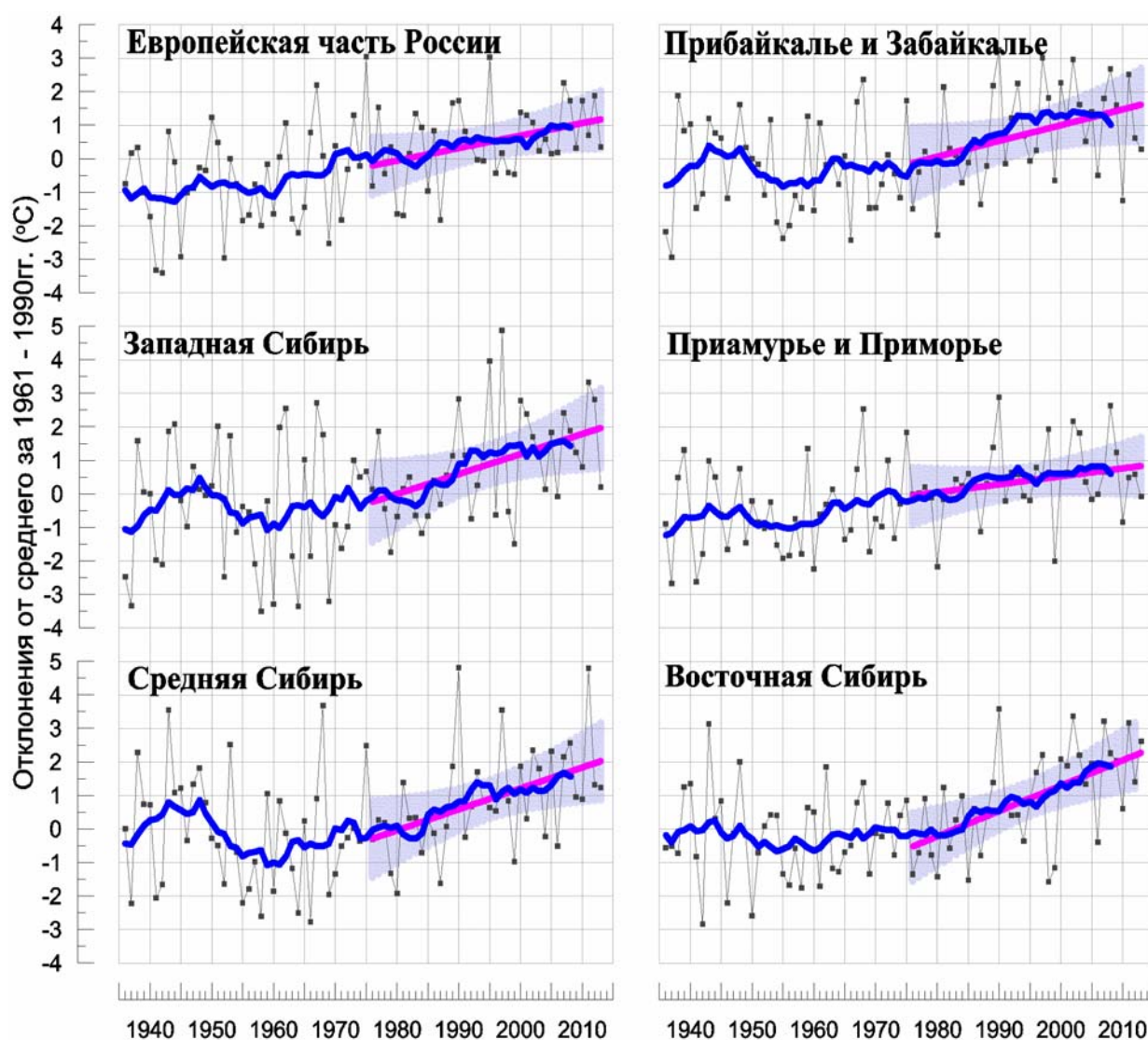


Рисунок 4.1 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории физико-географических регионов РФ (весна). Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976-2013 гг. Показана 95% -я доверительная область для линии тренда.

Во всех регионах в среднем за период 1976-2013 гг. наблюдается рост температуры: тренды значимы на 1%-м уровне для всех регионов, исключая Приамурье и Приморье и Северо-Западный ФО. Для большинства регионов начало потепления можно отнести к 1960-м годам. С середины 1990-х гг. в Западной Сибири рост температуры существенно замедляется, а в Прибайкалье и Забайкалье, Уральском и Сибирском ФО весенние температуры остаются примерно постоянными.

В изменениях осадков (рис. 4.3, 4.4) для физико-географических регионов и Федеральных округов РФ выражены колебания с периодами в несколько десятилетий. В последние десятилетия во всех регионах наблюдается рост весенних осадков, в ряде регионов – значимый на 1%-м уровне (ЕЧР, Западная, Средняя и Восточная Сибирь; Северо-Западный, Уральский, Сибирский и Дальневосточный ФО).

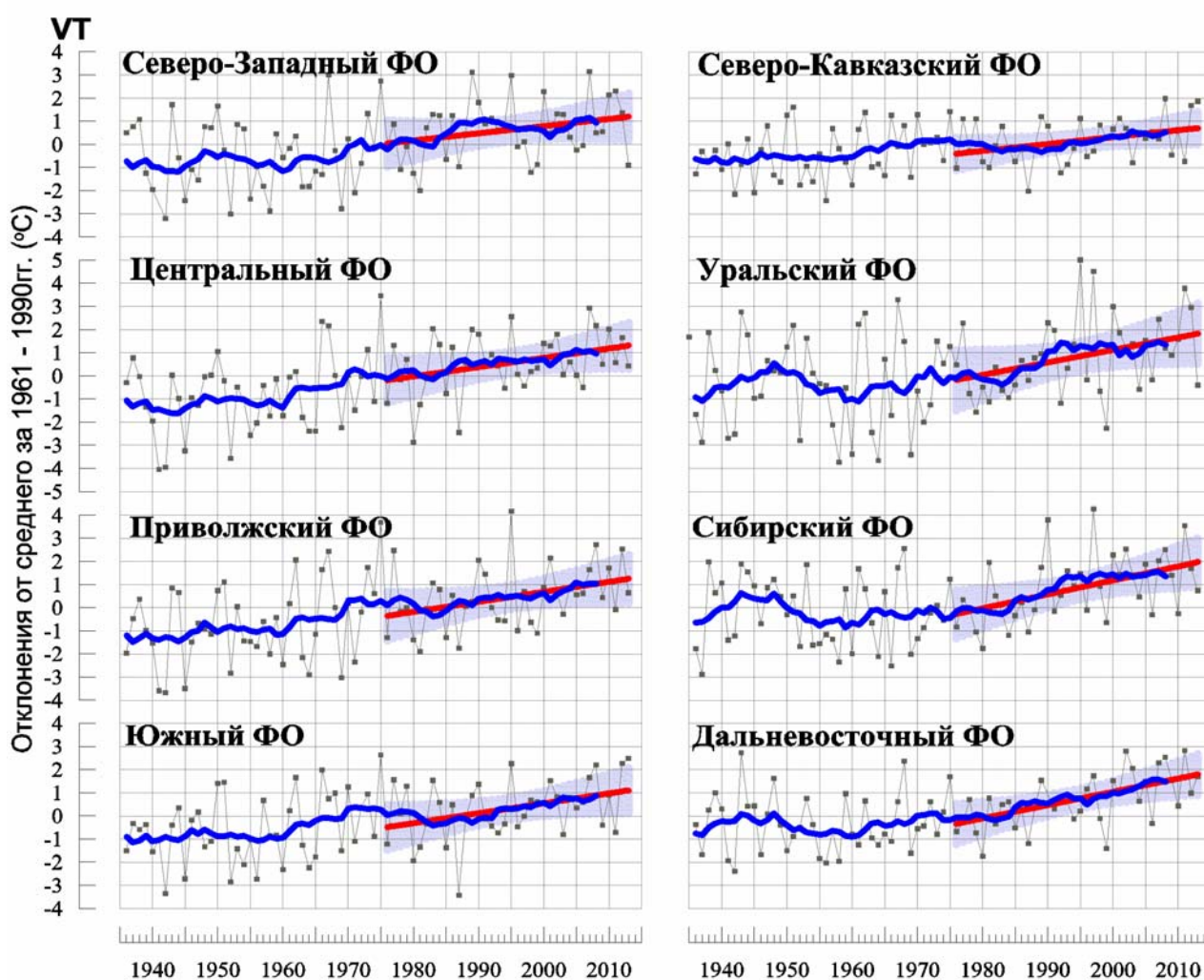


Рисунок 4.2 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории федеральных округов РФ (весна). Условные обозначения см. на рис. 4.1

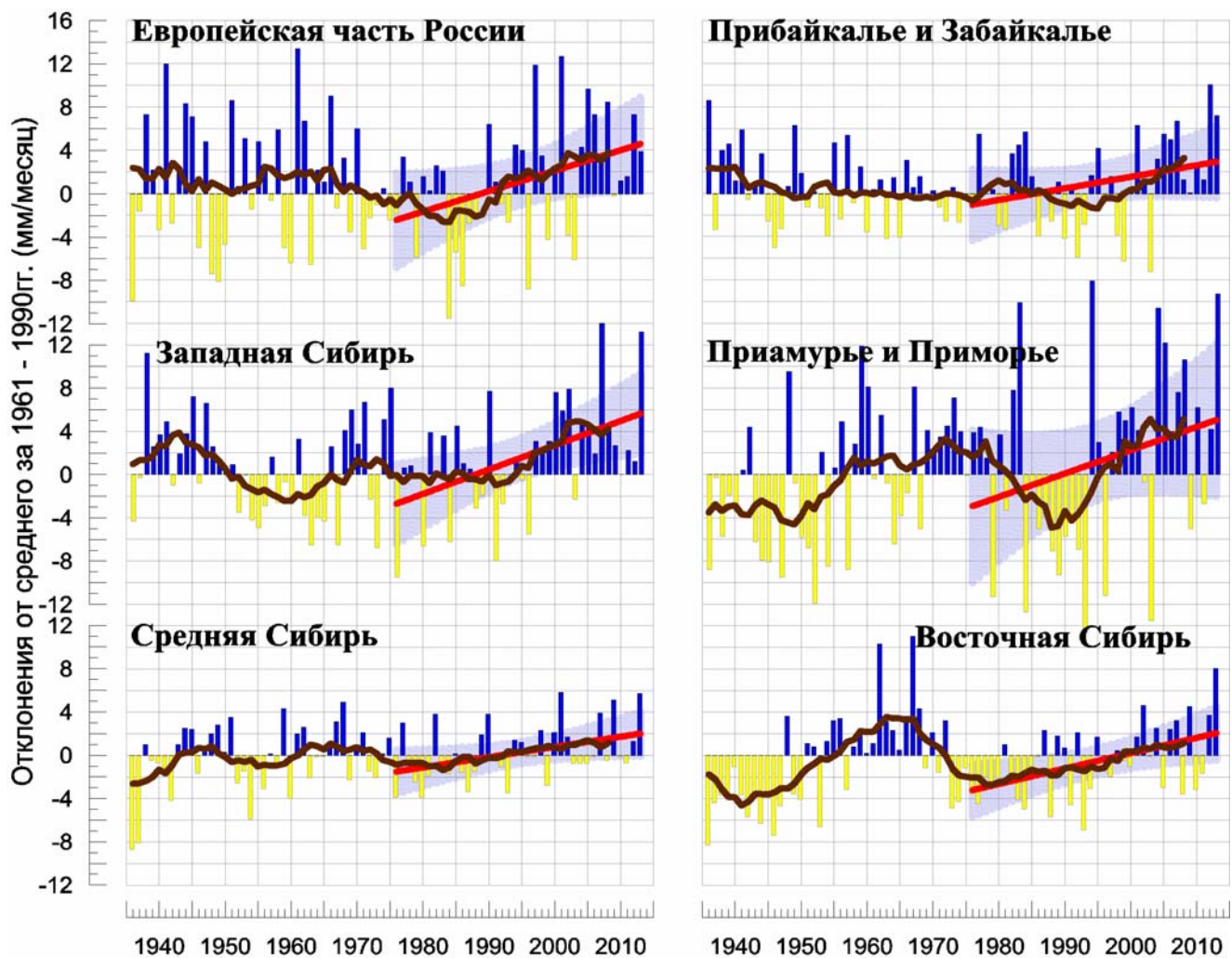


Рисунок 4.3 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ (весна).
Условные обозначения см. на рис. 4.1.

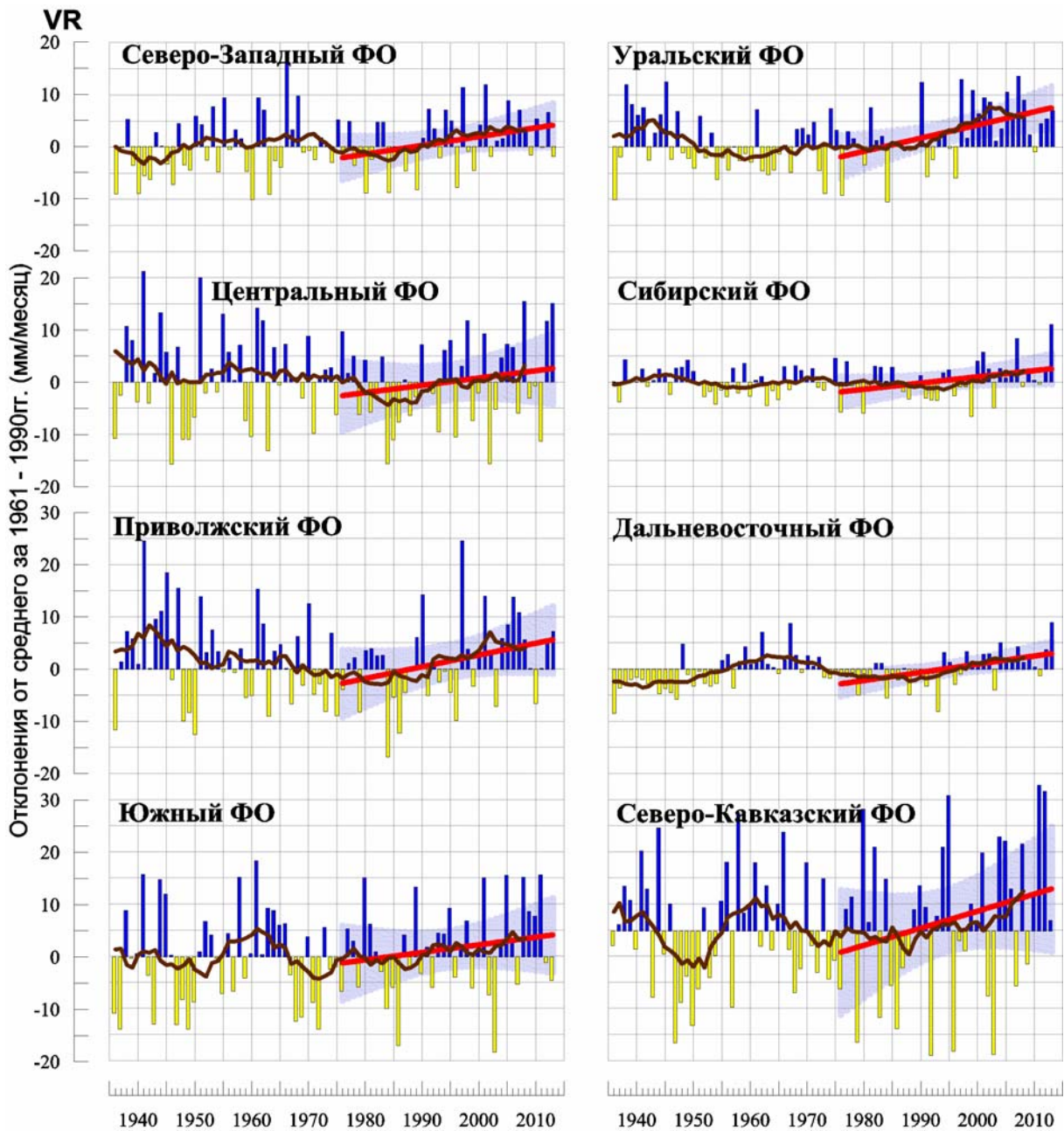


Рисунок 4.4 - Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории федеральных округов РФ (весна). Условные обозначения см. на рис. 4.1.

Таблица 4.1

Оценки линейного тренда осредненных по территории России среднесезонных аномалий температуры приземного воздуха и сумм осадков за 1976-2013 гг.

(весна: март – май),

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>b</i> , %/10 лет	<i>D</i> , %
Россия	0.53	29	1.6	5.9	28
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.37	14	1.9	5.1	14
Западная Сибирь	0.60	18	2.3	8.0	24
Средняя Сибирь	0.63	21	0.9	4.5	16
Прибайкалье и Забайкалье	0.47	14	1.1	5.3	9
Приамурье и Приморье	0.24	6	2.2	5.7	8
Восточная Сибирь	0.76	33	1.4	7.3	23
Федеральные округа РФ					
Северо-Западный	0.31	7	1.7	4.8	12
Центральный	0.40	12	1.4	3.6	4
Приволжский	0.43	13	2.3	6.8	10
Южный	0.43	14	1.4	3.7	4
Северно-Кавказский	0.30	13	2.6	4.8	6
Уральский	0.54	13	2.5	8.9	23
Сибирский	0.60	22	1.2	5.0	13
Дальневосточный	0.58	27	1.6	6.6	29

5. ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И АНОМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА 2013 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

В разделе приведены некоторые индексы экстремальности и аномальности для весеннего сезона в целом по территории России за период 1936 -2013 гг. (рис. 5.1. – 5.4). В качестве индексов экстремальности рассматриваются доли площади под крупными аномалиями температуры и осадков (вероятности неперевышения ниже 20-го и выше 80-го перцентилей), а также экстремальными (абсолютная величина превосходит 2 стандартных отклонения) аномалиями температуры.

Температура. Весной 2013 г. (рис. 5.1) площадь, занятая крупными положительными аномалиями была довольно велика (31%), значительно больше, чем под отрицательными аномалиями (4%). С 1976 г. (начало глобального потепления) наблюдается увеличение площади под крупными положительными аномалиями, тренд за период 1976-2013 составляет 0.11% (доля объясненной трендом дисперсии ряда 25%).

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

весны: 1941 (22% площади занято экстремально холодными аномалиями) 1937 (19%), 1937 (19%), 1945 (15%), 1958 (10%), 1966 (10%). С конца 1980-х гг. преобладают положительные экстремумы.

Экстремально теплые весны: 1990 (35% площади занято экстремально теплыми аномалиями), 1997 (26%), 1995 (23%), 2011 (21%), 1968 (17%), 1975 (15%). Весна 2013 г. не была выдающейся в смысле экстремальных аномалий: доля площади под экстремально холодными аномалиями составила 1%, под экстремально теплыми – 3%.

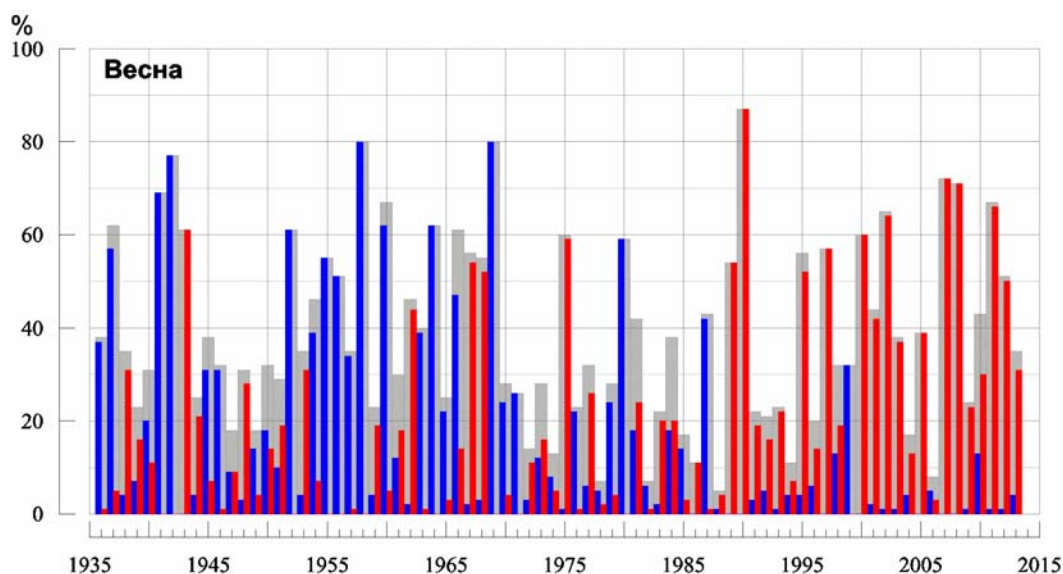


Рисунок 5.1 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными аномалиями (ниже 20-го перцентиля: синие столбики, выше 80-го перцентиля: красные столбики, суммарная площадь с крупными аномалиями: серые столбики) температуры весной, 1936-2013 гг.

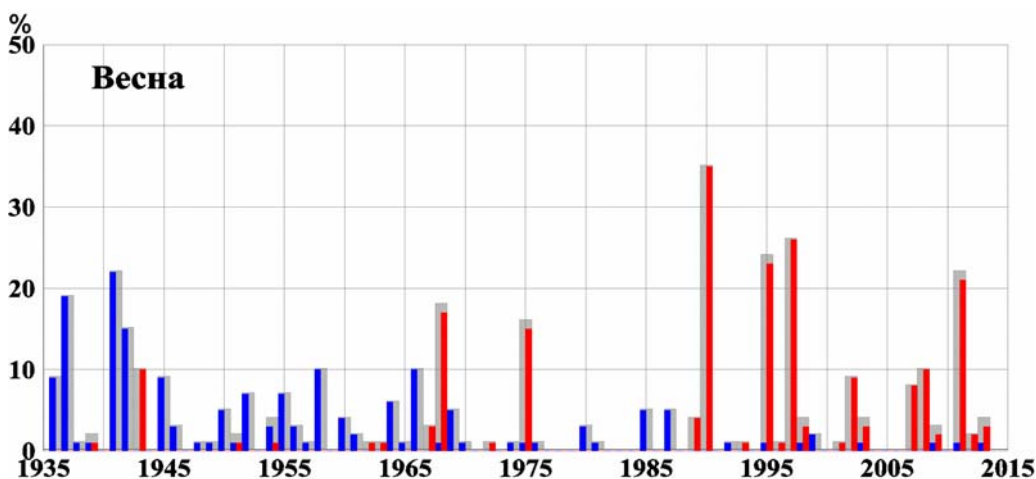


Рисунок 5.2 - Доля площади РФ (в процентах) с экстремальными (сезонная аномалия меньше -2σ : синие столбики, больше $+2\sigma$: красные столбики; суммарная площадь с этими аномалиями: серые столбики) аномалиями температуры весной, 1936-2013 гг. Базовый период для расчета статистик: 1961-1990 гг.

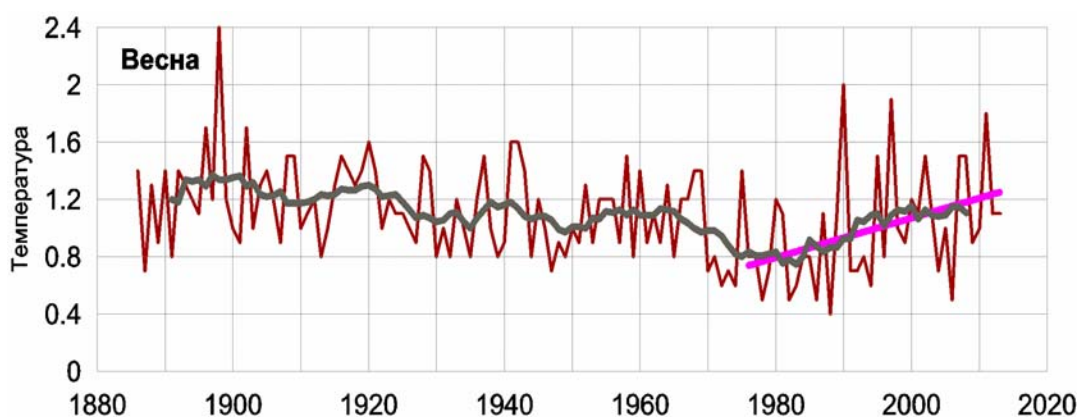


Рисунок 5.3. - Индекс аномальности (индекс Багрова) температурного режима на территории России весной 1886-2013 гг.

Анализ изменений индекса аномальности Багрова (рис. 5.3) показывает, что с начала 1980-х гг. аномальность температурного режима на территории РФ в весенний сезон растет – тренд объясняет 15% общей дисперсии ряда за 1976-2013 гг.

Осадки. Весной 2013 г. площадь, занятая крупными аномалиями больше 80 процентиля (рис. 5.4) составила 41%, ниже 20-го процентиля – 6%. С 1976 г. наблюдается увеличение площади под аномалии выше 80-го процентиля, тренд за период 1976-2013 составляет 5%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 37%: тренд значим на уровне 1%) и (незначимое) уменьшение площади под аномалии ниже 20-го процентиля, тренд за период 1976-2013 составляет -3%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 1%).

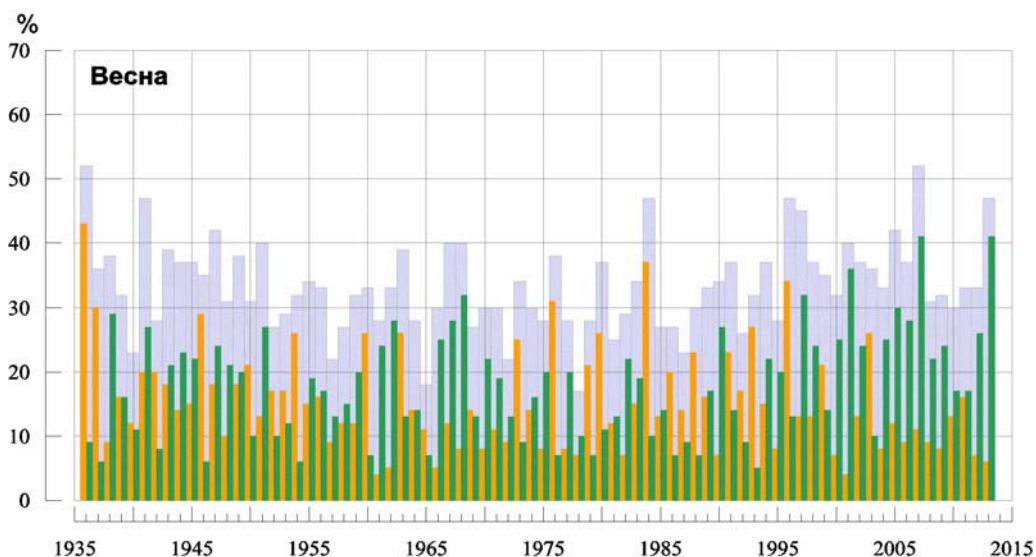


Рисунок 5.4 - Доля площади РФ (в процентах) с крупными аномалиями осадков (ниже 20-го процентиля: желтые столбики, выше 80-го процентиля: зеленые столбики, суммарная площадь с крупными аномалиями: серые столбики) весной, 1936-2013 гг.

ВЫВОДЫ

1. Весна 2013 г. в России была умеренно теплой: в среднем по территории РФ аномалия температуры приземного воздуха составила $+0.85^{\circ}\text{C}$ при стандартном отклонении 1.19°C .

В северной части ЕЧР было холодно (аномалии до -2°C между $60-65^{\circ}$ с.ш.), южнее 55° с.ш. тепло - на многих станциях Южного и Северо-Кавказского ФО средняя сезонная температура была выше 95-го перцентиля. Осредненная по региону Европейская часть России аномалия 0.35°C при стандартном отклонении 1.44°C , в Южном и Северо-Кавказском ФО было экстремально тепло: аномалии $+2.48^{\circ}\text{C}$ и $+1.86^{\circ}\text{C}$ – вторые по величине в рядах региональных температур с 1936 г.

На большей части АЧР было тепло, особенно тепло было на Алтае, в Чукотском АО (сезонные аномалии от $+4^{\circ}\text{C}$ до $+6^{\circ}\text{C}$). Осредненная по территории Восточной Сибири аномалия $+2.62^{\circ}\text{C}$ – шестая положительная величина в ряду.

2. Температурный режим был неоднороден в течение сезона

В марте осредненная по РФ аномалия была отрицательная: -1.56°C . На большей части страны наблюдались значительные отрицательные аномалии, на Северном Урале, в Республике Коми – аномалии до -10°C , практически на всех станциях севера ЕЧР (севернее 55° с.ш.) температура была ниже 5-го перцентиля. Тепло было в узкой полосе на юге ЕЧР и далее на Южном Урале и на юге Сибири (до Байкала), а также на севере Дальнего Востока.

В апреле на большей части России тепло, очень тепло - на севере АЧР (особенно на севере Дальневосточного ФО) наблюдались температуры выше 95-го перцентиля. Апрельская аномалия температуры, осредненная по территории региона Восточная Сибирь составила $+4.02^{\circ}\text{C}$ - вторая величина в ряду. Холодно было лишь в Забайкалье и в Приморье.

Май был особенно теплым: осредненная по РФ аномалия $+2.02^{\circ}\text{C}$ – четвертая по величине с 1936 г. Тепло на ЕЧР (осредненная по региону Европейская часть России аномалия температуры: $+2.76^{\circ}\text{C}$ - пятая в ряду), на большинстве станций запада и юга ЕЧР температура выше 95-го перцентиля (аномалии до $+5.1^{\circ}\text{C}$).

На АЧР осредненные по регионам Средняя и Восточная Сибирь аномалии: $+2.76^{\circ}\text{C}$, $+3.24^{\circ}\text{C}$, $+2.71^{\circ}\text{C}$ – третьи величины в соответствующих ранжированных рядах (какой третий регион?). Особенно тепло вдоль побережья моря Лаптевых (аномалии около $+8^{\circ}\text{C}$), на большинстве станций здесь, а также в Якутии наблюдались температуры выше 95-го перцентиля.

3. Весной осредненная по РФ аномалия осадков $+7.9$ мм/месяц (относительная аномалия 129% нормы) – рекордная величина в ряду наблюдений. Избыток осадков наблюдался на всей территории южнее 60° с.ш., и восточнее Лены : в этих районах страны на многих станциях количество выпавших осадков превышало 95-й перцентиль.

Все осредненные по регионам РФ аномалии осадков весной были положительными, а сезонные аномалии осадков были экстремальными (ранги 2-3) во всех регионах России, кроме ЕЧР. Из Федеральных округов следует отметить Сибирский ФО и Дальневосточный ФО – сезонные аномалии осадков, составили в

среднем по этим регионам 11.1 мм/месяц (147%) и 9.0 мм/месяц (138%) – рекордно высокие значения с 1936г.

Дефицит осадков весной наблюдался на севере ЕЧР и севере АЧР (вдоль побережья Карского моря и моря Лаптевых), на значительной части Таймырского АО выпало менее 60% нормы.

В сезонном распределении осадков основную роль сыграл *март*. Осредненная по территории РФ аномалия = +11.3 мм/месяц (160% нормы) – вторая величина в ряду. Наблюдался резкий контраст между огромной по площади областью избытка осадков на юге и востоке страны и областью дефицита – на севере. На ЕЧР и на АЧР южнее 60° с.ш. количество выпавших осадков превысило 160% нормы, на многих станциях осадки превысили 95-й процентиль; на отдельных станциях Читинской области выпало более 2.5-х норм. В северных и центральных районах Сибири выпало менее 40% нормы осадков.

В *апреле* распределение осадков носило характер перемежающихся относительно не крупных очагов аномалий обоих знаков. Стоит отметить избыток осадков вдоль побережья Тихого океана, особенно на Сахалине (на всех станциях выше 95-го процентиля). Дефицит осадков наблюдался вдоль Черноморского побережья и в областях, граничащих с Украиной, на юге Якутии, в Приамурье, в Читинской области.

В *мае* осредненная по территории РФ аномалия +10.8 мм/месяц (129% нормы) – вторая максимальная величина в ряду. Избыток осадков (более 140% нормы) наблюдался на западе ЕЧР, в бассейне Енисея, в Якутии, Приамурье и Приморье - на многих станциях выпало выше 95-го процентиля. Дефицит осадков наблюдался в Южном ФО и на севере страны.

4. В целом по России линейный тренд весенней температуры воздуха за период 1976-2013 гг. составил +0.53°C/10 лет при вкладе тренда в дисперсию ряда 29%, что значительно выше, чем в среднем для суши Северного полушария (+0.32°C/10 лет. дисперсия ряда 70%). Наиболее быстрое потепление наблюдается на севере АЧР (более +1°C/10 лет на Таймыре и в Чукотском АО), максимум - в мае (на Таймыре и в Чукотском АО до +3.0°C/10 лет). На ЕЧР, в Приамурье и Приморье весенние температуры растут значительно слабее. В Западной Сибири, Прибайкалье и Забайкалье начиная с 2005 г. происходит замедление роста температуры.

5. Тренд весенних сумм осадков для России в целом положителен: составляет +1.6% /10лет, объясняет 28% межгодовой изменчивости. Наиболее интенсивный рост осадков (более 10%/10 лет) наблюдается на западе Прикаспийской низменности, на Южном Урале, на востоке Якутии, в бассейне Анадыря. Регионально осредненные суммы весенних осадков растут для всех физико-географических регионов и Федеральных округов.

6. Весной 2013 г. площади, занятые крупными отрицательными (меньше 20-го процентиля) и положительными (больше 80-го процентиля) аномалиями температуры составили 4% и 31% соответственно, а площади, занятые крупными отрицательными и положительными аномалиями осадков составили 6% и 41% соответственно. Экстремальные (превышающие по абсолютной величине 2 стандартных отклонения) аномалии наблюдались на относительно небольшой части территории: площадь под

экстремально холодными аномалиями составила 1%, под экстремально теплыми – 3% (в 1990 г. доля площади под экстремально теплыми аномалиями составляла 35%).

Наблюдается рост доли площади под аномалиями выше 80-го перцентиля: тренд за период 1976-2013 составляет 5%/10 лет (доля объясненной трендом дисперсии ряда 37%)

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

ВЕСНА 2013



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) весной 2013 г. и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется в рамках сотрудничества по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды".

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

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

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

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюденного 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 2012 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

Осреднение по регионам выполняется по станционным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается «ячеечное»

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

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

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ВЕСНОЙ 2013 г.

Весной 2013 г. сезонная аномалия температуры воздуха, осредненная по территории Беларуси, составила +0.39°C (36 величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений с 1936 г.), аномалия осадков 15.7 мм/месяц (ранг 7).

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

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси весной 2013 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) температура (град. Цельсия)							
<i>Весна 2013</i>	-0.6	-0.1	-0.8	1.8	1.8	1.4	1.4
Март	-5.7	-4.9	-6.0	-2.3	-2.7	-3.3	-3.3
Апрель	6.4	6.6	6.4	8.4	8.6	8.6	8.7
Май	-2.5	-2.0	-2.7	-0.6	-0.5	-1.2	-1.3
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
<i>Весна 2013</i>	0.61	0.25	0.08	0.02	0.64	0.45	1.10
Март	-3.54	-3.52	-4.09	-3.40	-2.76	-2.94	-2.51
Апрель	0.85	0.61	0.69	0.66	1.04	1.16	1.31
Май	4.53	3.67	3.64	2.81	3.64	3.14	4.51

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси весной 2013 г.

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)							
<i>Весна 2013</i>	89.0	82.7	86.3	89.7	93.0	98.7	100.0
Март	52	51	56	47	73	92	84
Апрель	43	31	37	57	33	31	28
Май	172	166	166	165	173	173	188
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)							
<i>Весна 2013</i>	24.3	8.1	8.0	24.5	22.6	15.6	9.5
Март	13.0	9.2	21.4	16.4	43.4	58.3	51.6
Апрель	4.2	-11.2	-3.3	17.7	-4.3	-14.2	-9.2
Май	55.8	26.4	5.8	39.5	28.7	2.7	-14.0
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
<i>Весна 2013</i>	157	117	118	157	156	135	124
Март	133	122	162	154	247	273	259
Апрель	111	73	92	145	88	69	75
Май	213	143	111	168	153	105	71

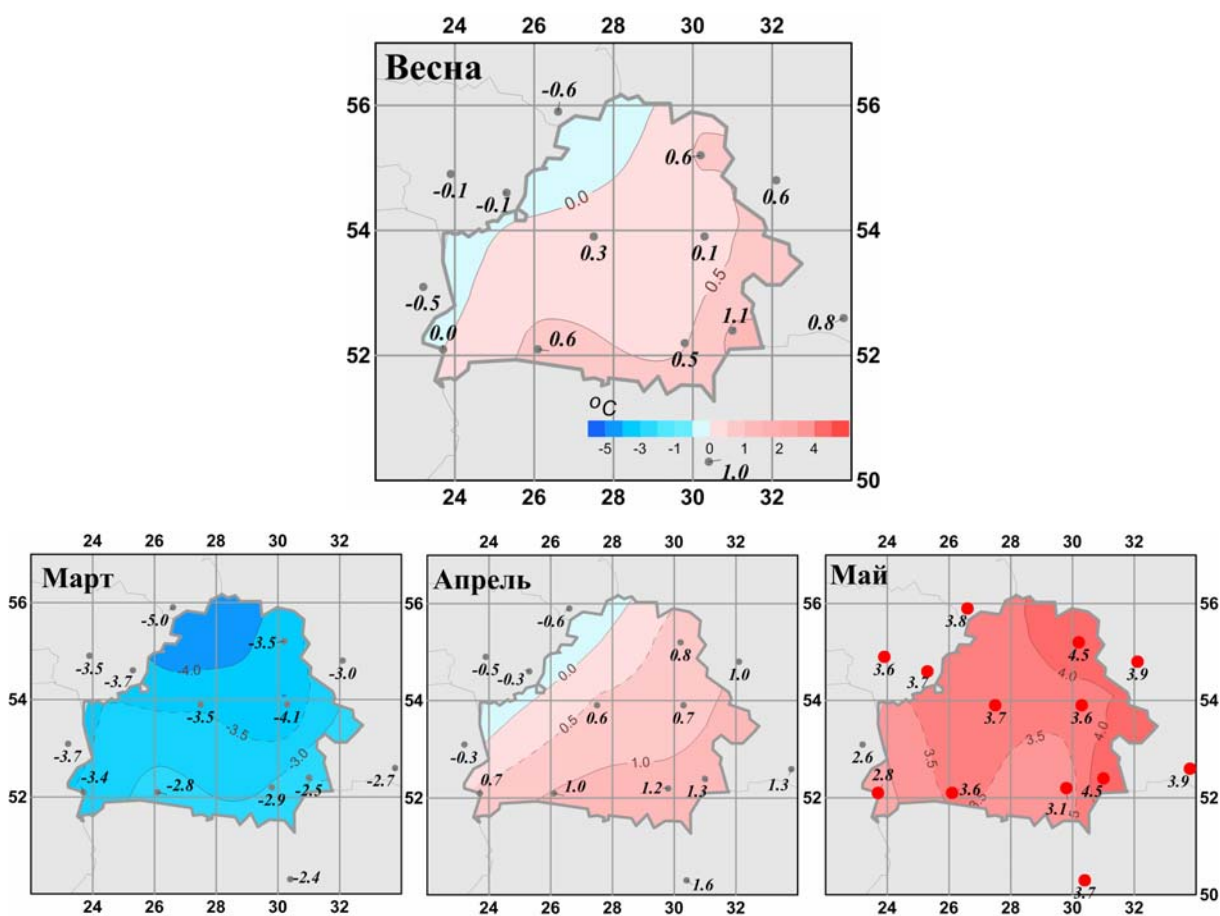


Рисунок 1 - Средние сезонные и средние месячные аномалии температуры ($^{\circ}\text{C}$) приземного воздуха на территории республики Беларусь весной 2013 г.

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

Весной (рис. 1) на территории Республики Беларусь температуры на станциях были близки к норме, аномалии от $+0.02^{\circ}\text{C}$ (Брест) до $+1.10^{\circ}\text{C}$ (Гомель). Март – очень холодный месяц, аномалии от -4.09°C (Могилев) до -2.51°C (Гомель). В апреле температура на станциях была немного выше нормы: от $+0.61^{\circ}\text{C}$ (Минск) до $+1.31^{\circ}\text{C}$ (Гомель). Май – экстремально теплый месяц в сезоне, аномалии от $+2.81^{\circ}\text{C}$ (Брест) до $+4.53^{\circ}\text{C}$ (Витебск), на всех станциях республики температура была выше 95 перцентиля.

Весной (рис. 2) осадков на большей части территории республики выпало больше нормы осадков. В Бресте количество выпавших осадков превысило 95 перцентиль. Лишь на северо-западе осадков выпало немного ниже нормы.

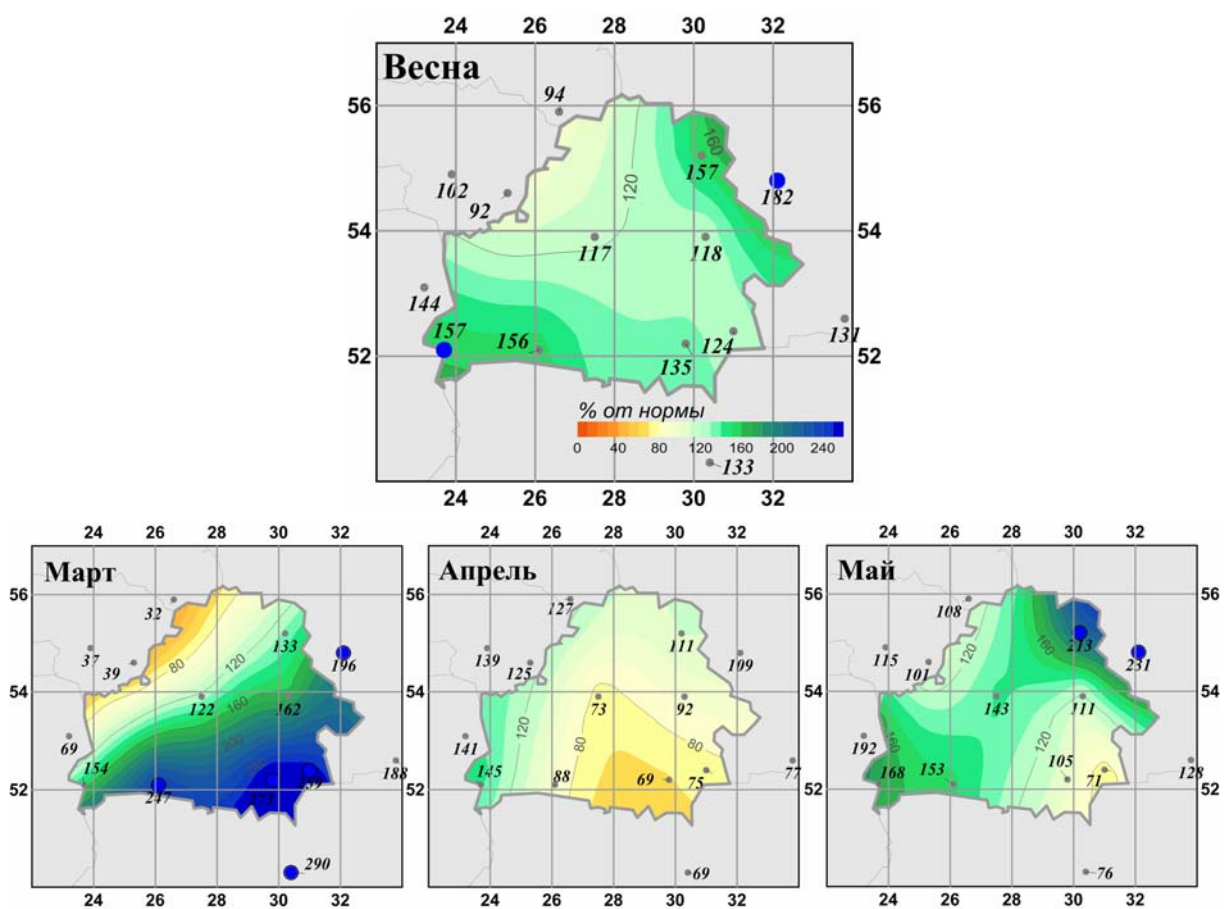


Рисунок 2 - Средние сезонные и месячные аномалии атмосферных осадков (% от нормы) на территории республики Беларусь весной 2013 г.

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

Синими кружками показаны стационарные экстремумы – выше 95-го перцентилья

В марте на станциях республики осадков выпало выше нормы, лишь на северо-западе наблюдался дефицит осадков. В южной части республики на станциях осадков выпало более двух месячных норм, в Пинске, в Василевичах, в Гомеле количество выпавших осадков превысило 95 перцентиль. В апреле больше всего осадков выпало на западе республики до 145% нормы (в Бресте), меньше всего осадков выпало в южных районах республики до 69% нормы (в Василевичах). В мае на большинстве станций

осадков выпало выше нормы, особенно на северо-востоке – в Витебске выпало 213% нормы - и превысило 95 перцентиль.

Таблица 4

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

	νT_{2013}	s	νR_{2013}	s
Весна 2013	0.39	1.58	15.7	10.6
Март	-3.25	2.93	27.6	14.5
Апрель	0.76	1.51	-1.6	14.8
Май	3.65	1.95	20.9	17.4

Примечание: Аномалии νT_{2013} ($^{\circ}C$), νR_{2012} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), s ($^{\circ}C$, мм/месяц), – среднее квадратическое отклонение

Таблица 5

Оценки линейного тренда 1976-2013 гг. в среднем по Республике Беларусь

Сезон	Температура		Осадки	
	$b_{1976-2013}$ $^{\circ}C/10$ лет	$D_{1976-2013}$ %	$b_{1976-2013}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2013}$ %
Весна 2013	0.46	16	2.9	11
Март	0.52	5	2.0	2
Апрель	0.67	19	0.0	0
Май	0.42	7	6.7	15

На рисунках 3, 4 показаны временные ряды осредненных по территории Беларуси сезонных и месячных аномалий температуры воздуха и осадков с 1936 по 2013 гг.

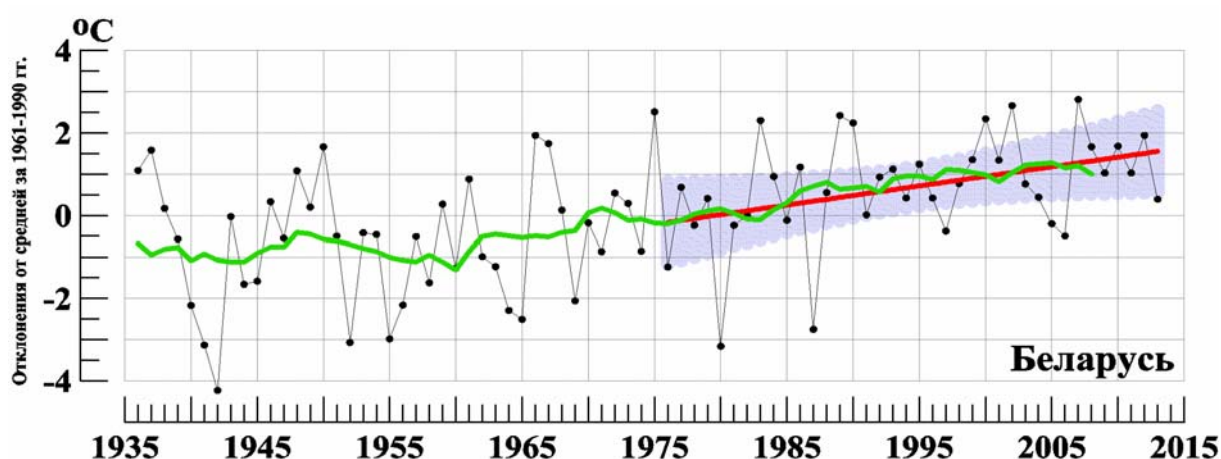


Рисунок 3 - Сезонные (март-май) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}C$), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2013 гг.

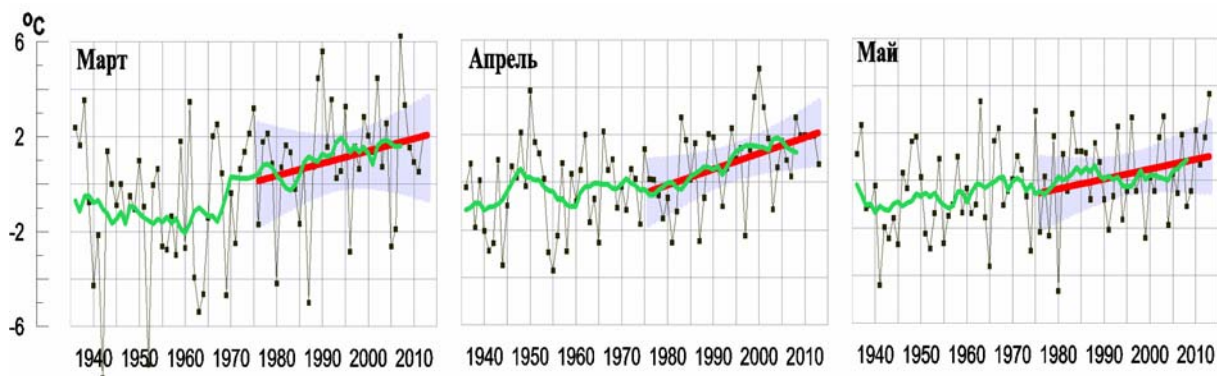


Рисунок 4 - Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

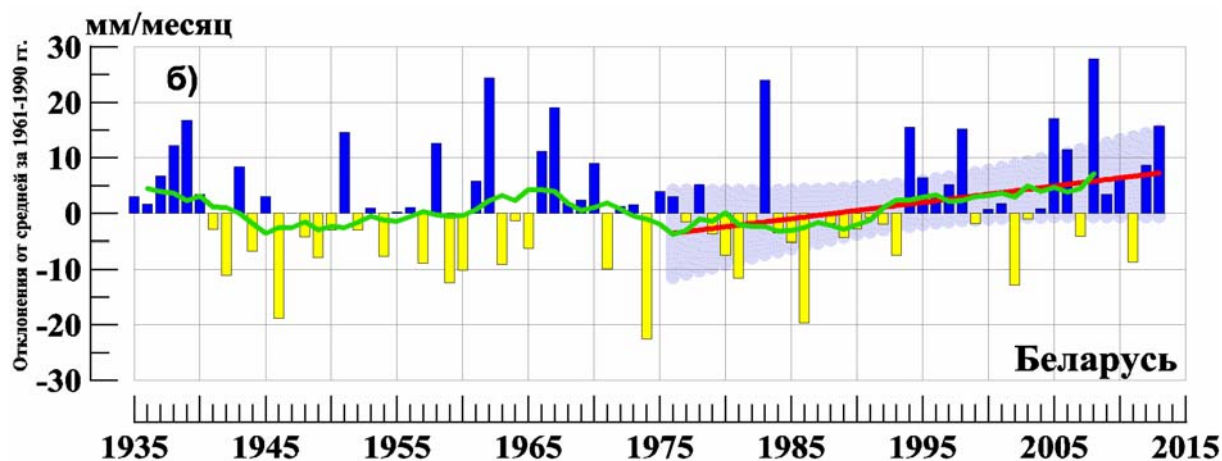


Рисунок 5 - Сезонные (март – май) аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рис. 3

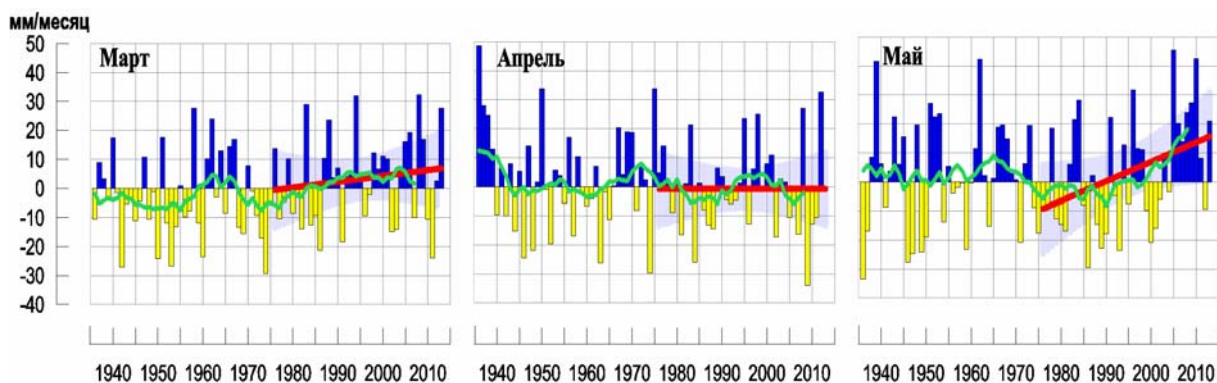


Рисунок 6 - Средние месячные аномалии атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.
Условные обозначения см. на рисунке 3.

Тренд весенних температур, в среднем по территории Беларуси, составил $+0.46^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 16% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд

положителен. Наибольшее потепление наблюдается в апреле: тренд составил $+0.67^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 19% дисперсии ряда).

В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил 2.9 мм/месяц/10 лет (ответствен за 11% дисперсии). Наиболее интенсивный рост осадков отмечается в мае - $+6.7$ мм/месяц/10 лет (ответствен за 15% дисперсии).

Вклад трендов температуры и осадков в суммарную изменчивость во все месяцы сезона статистически незначим даже на 5%-ом уровне значимости, за исключением положительного тренда температуры в апреле и положительного тренда осадков - в мае.

ВЫВОДЫ

1. В среднем по Беларуси сезонная аномалия температуры воздуха составила $+0.39^{\circ}\text{C}$ (ранг 36).

Самым холодным месяцем в сезоне был март, аномалии от -4.09°C (Могилев) до -2.51°C (Гомель). Май – экстремально теплый месяц в сезоне, на всех станциях республики температура была выше 95 перцентилья.

2. В среднем по Беларуси сезонная аномалия осадков составила 15.7 мм/месяц (ранг 7), осадков на большей части республики выпало выше нормы. В Бресте количество выпавших осадков превысило 95 перцентиль. Много осадков выпало в марте и в мае. В марте в южной части республики на станциях осадков выпало более двух месячных норм, в Пинске, в Василевичах, в Гомеле количество выпавших осадков превысило 95 перцентиль. В мае на большинстве станций осадков выпало выше нормы, особенно на северо-востоке – в Витебске количество выпавших осадков превысило 95 перцентиль.

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон (линейный тренд составил $0.46^{\circ}\text{C}/10$ лет, ответствен за 16% дисперсии), так и в отдельные весенние месяцы. Наибольшее потепление наблюдается в апреле: тренд составил $+0.67^{\circ}\text{C}/10$ лет (ответствен за 19% дисперсии ряда).

В целом для Беларуси отмечается тенденция к увеличению осадков, линейный тренд составил 2.9 мм/месяц/10 лет (ответствен за 11% дисперсии), наиболее интенсивный рост осадков отмечается в мае - $+6.7$ мм/месяц/10 лет (ответствен за 15% дисперсии).