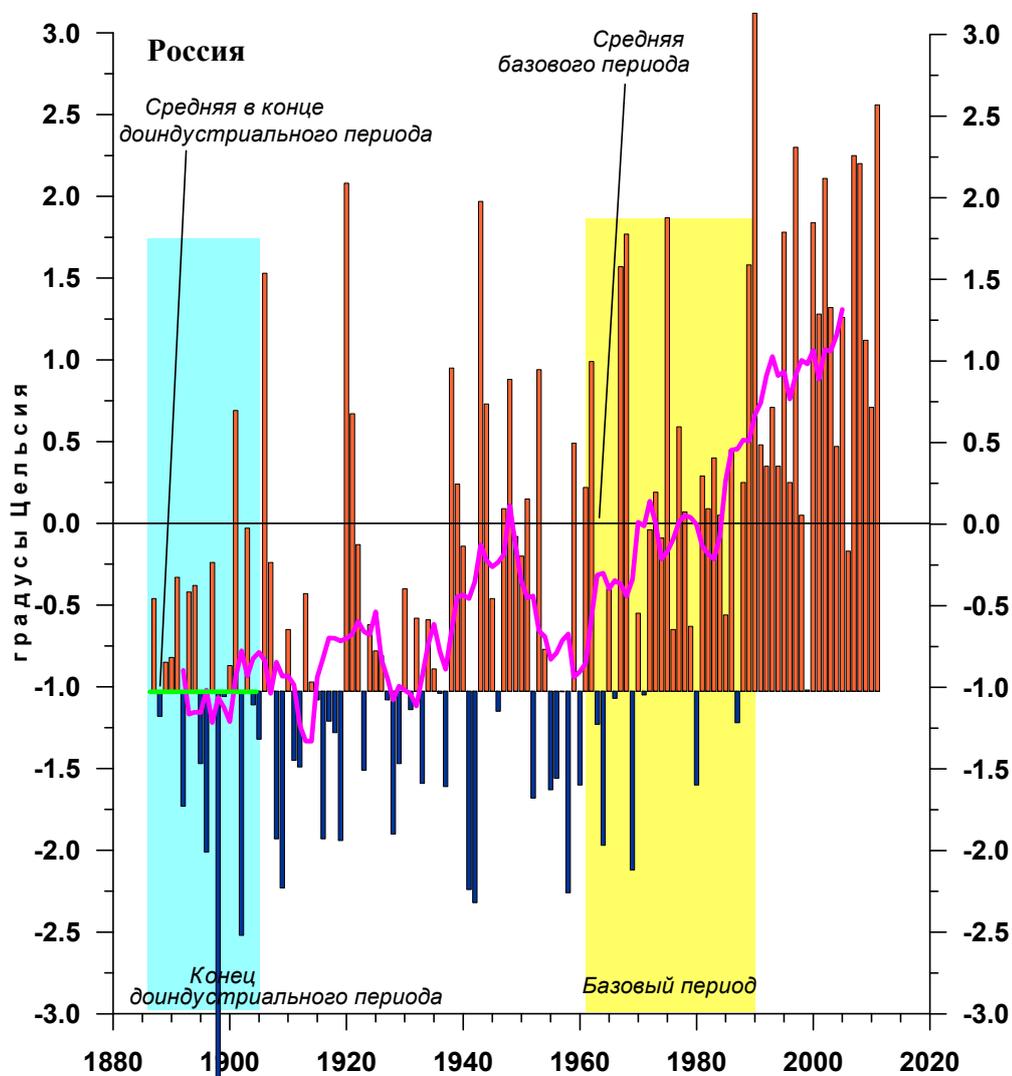


ФГБУ «Институт Глобального Климата и Экологии»



ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 2011

ВЕСНА: март - май

Обзор состояния и тенденций изменения
климата России

★
Москва 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ¹

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА, СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ	5
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2011 г. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	7
3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ (весна: март – май)	13
4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА, 1936-2011 гг.	15
4.1 Российская Федерация	16
4.2 Физико-географические регионы России	17
4.3 Федеральные округа Российской Федерации	20
ВЫВОДЫ	24
ПРИЛОЖЕНИЕ. Климатические особенности весны 2011г. на территории Республики Беларусь	25

¹ На обложке приведен ход средней сезонной аномалии температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, за 1887 – 2011 гг. (весна: март - май) *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 262 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 рассчитываются как отклонения наблюдаемого значения от нормы. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы, то есть как процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы. Вероятность непревышения текущего значения климатической переменной (или ее аномалии) рассчитывается как доля наблюдений в прошлом, в которых значение этой переменной (или ее аномалии) было не больше текущего.

Регионально осредненные оценки приводятся в Бюллетене для физико-географических регионов России (рис. 1) и Федеральных округов РФ (рис. 2) по данным с 1936 г., так как до этого срока в архиве имеются массовые пропуски данных.

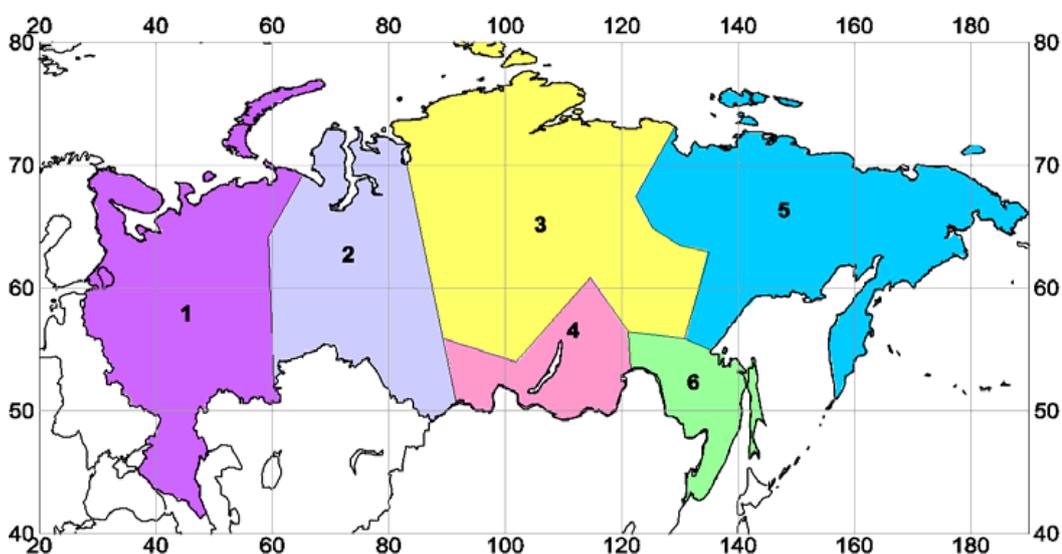


Рисунок 1 – Физико-географические регионы РФ, рассматриваемые в Бюллетене:

- 1 - Европейская часть России (ЕЧР), 2 - Западная Сибирь, 3 - Средняя Сибирь,
- 4 - Прибайкалье и Забайкалье, 5 – Восточная Сибирь (включая Чукотку и Камчатку),
- 6 - Приамурье и Приморье (включая Сахалин)

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

«ячеечное» среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячейчных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

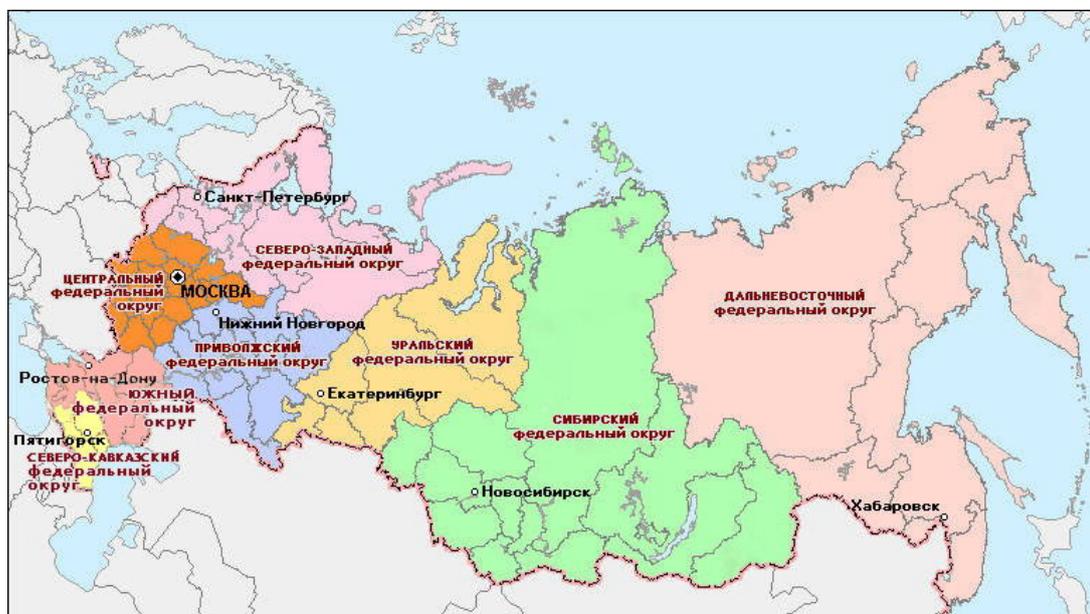


Рисунок 2. Федеральные округа Российской Федерации

Аналогичным образом, по данным о стационарных «нормах» (средних многолетних за базовый период) для каждого региона рассчитываются регионально осредненные «нормы». 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).

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

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

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

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

На рисунке 1.1 представлены временные ряды сезонных аномалий температуры у поверхности Земли (весна: март-май), осредненных по территории Земного шара (континенты и океаны), континентов Северного полушария (СП) и России. Ряды для Земного шара и СП построены по глобально осредненным ежемесячным данным Университета Восточной Англии о приповерхностной температуре (соответственно, массивы hadcrut3gl.txt и crutem3nh.txt на сайте www.cru.uea.ac.uk). Под приповерхностной температурой здесь понимается температура приземного воздуха над континентами (на высоте 2м) и температура поверхностного слоя воды над океанами. Временной ряд для России рассчитан и построен по стационарным данным о температуре приземного воздуха (на высоте 2м) ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН».

В среднем по Земному шару и по СП аномалия приповерхностной температуры весной 2011 г. составила, соответственно, +0.35°C и +0.82°C (11-е и 10-е место в ранжированных по убыванию рядах наблюдений). Самый теплый для Земного шара год - 1998 (аномалия +0.60°C). Для суши Северного полушария самым теплым был 2007 год (аномалия +1.09°C), а 1998 год для СП был пятым в ранжированном ряду наблюдений.

В целом по России температура приземного воздуха весной 2011 г. оказалась много выше нормы 1961-1990 гг. (аномалия +2.56°C) – это вторая величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений после рекордного 1990 года (аномалия +3.12°C).

Оценки линейных трендов, характеризующие знак и интенсивность однонаправленных изменений весенних температур в течение 1901–2011 и 1976-2011 годов (в среднем для Земного шара, СП и России), приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Сезонные (весна 2011 года) аномалии и оценки линейного тренда пространственно осредненной приповерхностной температуры Земного шара и температуры приземного воздуха СП и России за периоды 1901-2011 и 1976-2011

Регионы мира	$\nu T_{\text{весна } 2011},$ °C	1901-2011		1976-2011	
		$b, \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$	$b, \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$	$D \%$
Земной шар	0.35	0.08	76	0.16	72
СП	0.82	0.12	64	0.32	70
Россия	2.56	0.20	27	0.57	29

Примечание: νT – аномалия температуры, b – коэффициент линейного тренда, D - вклад тренда в дисперсию

Оценки для всех трех рядов указывают на потепление весенних сезонов в течение всего периода, существенно усилившееся после 1976 года.

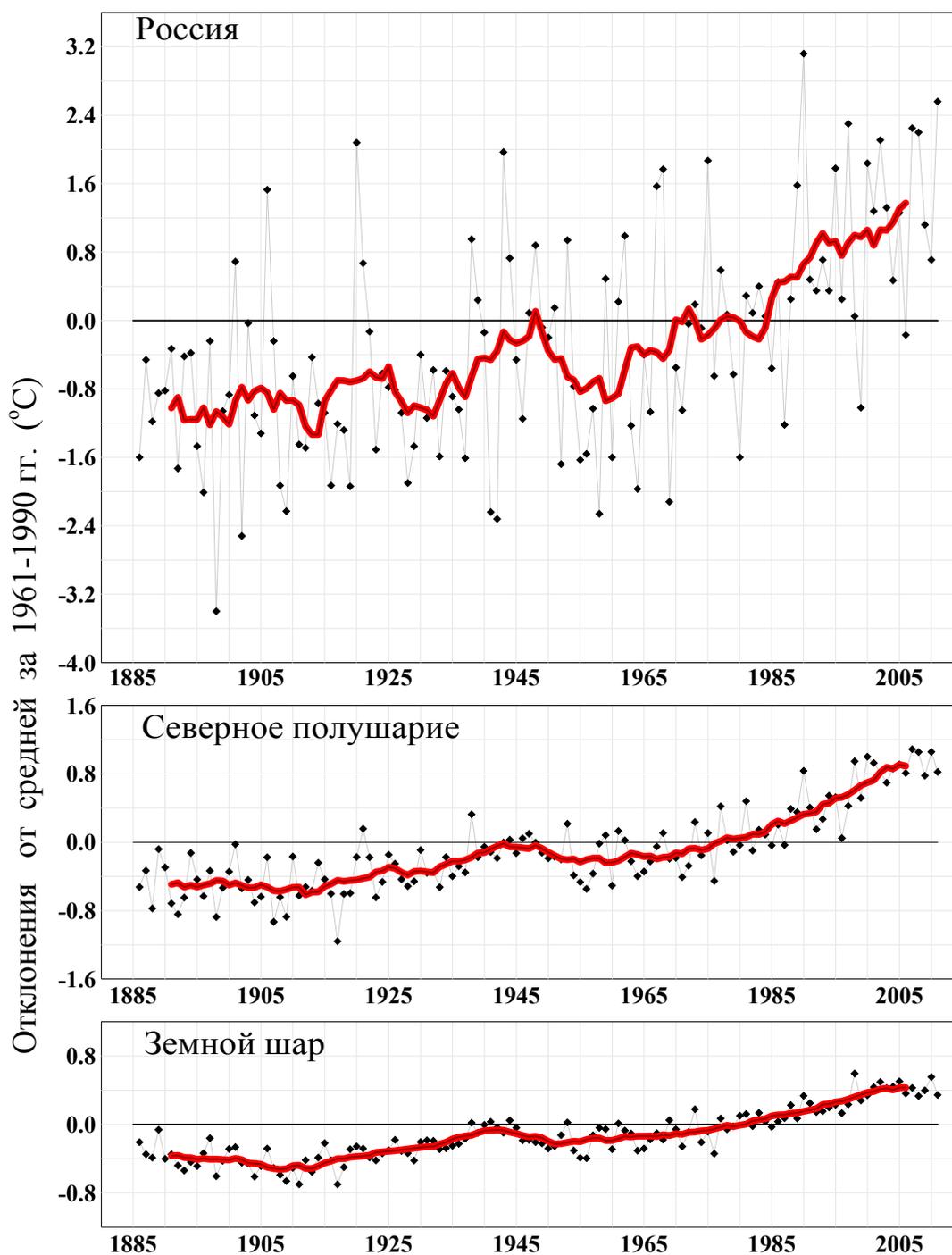


Рисунок 1.1 – Сезонная аномалия (весна: март–май) приповерхностной температуры Земного шара, Северного полушария (суша) и России за 1886-2011 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Жирной линией показан ход скользящих 11-летних средних. Использованы данные Университета Восточной Англии (Земной шар, СП) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия).

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСНЫ 2011 ГГ. НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Основные климатические особенности весны 2011 г. на территории России видны, прежде всего, на рис. 2.1, где представлены пространственные распределения сезонных аномалий температуры и осадков 2011 г.

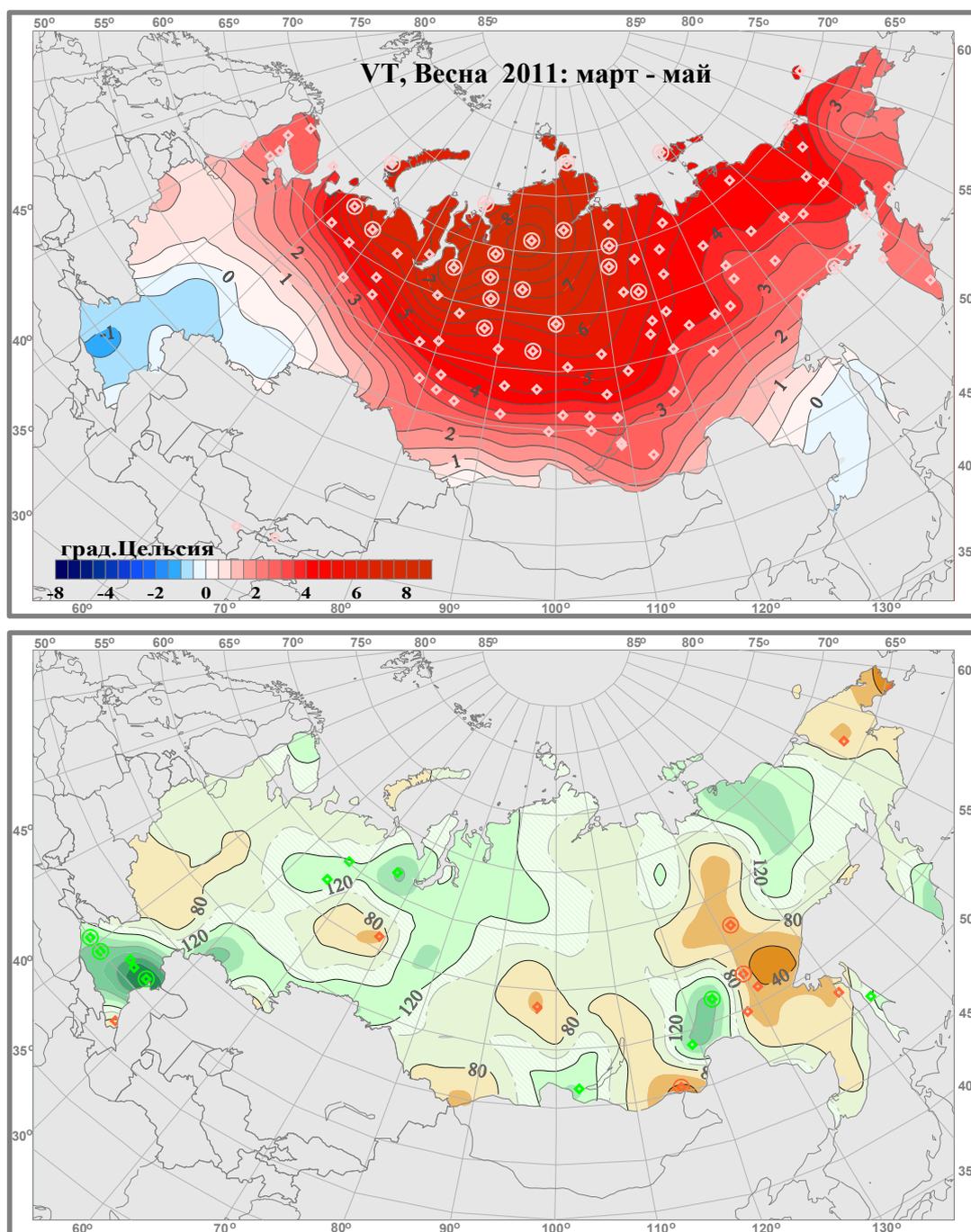


Рисунок 2.1 – Поля аномалий средней сезонной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$, сверху) и сезонных сумм осадков (% от нормы, внизу) на территории России весной 2011 года с указанием локализации экстремальных аномалий.

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

На этих же картах показано местоположение станций с 5%- и 95%-ми экстремумами – значения температуры и/или осадков на этих станциях попали в 5%-ые хвосты соответствующих распределений (ниже 5-го или выше 95-го процентилей). Экстремумы на рисунке показаны значками того же цвета, что и аномалии, но более светлых тонов. Станции, для которых значение 2011 г. оказалось «рекордным» за период наблюдений с 1936 г., выделены на рисунке дополнительным кружком.

В поле температуры почти всю территорию страны занимает обширная область тепла (88 станций зафиксировали 95%-е экстремумы). В Таймырском АО сезонные аномалии температуры на отдельных станциях достигали $+9.3^{\circ}\text{C}$ (станция Волочанка). Лишь на юге европейской части страны, в Приморском крае и на Сахалине наблюдались слабые отрицательные аномалии температуры.

В поле осадков выделяются области как с избытком, так и с дефицитом осадков. Области избытка осадков располагались на юге ЕЧР (до 2-3 норм осадков), в бассейнах рек Обь и Индигирка (более 120% нормы) и на западе Амурской области (более 160% нормы). На 5 станциях юга ЕЧР количество выпавших осадков превысило 95-й процентиль, в т.ч. в Астрахани выпало около 3-х сезонных норм осадков, в Краснодаре и Армавире – около 2-х норм.

Большая область с дефицитом осадков располагалась в среднем течении Лены и Алдана. Здесь на 6 станциях количество выпавших осадков было ниже 5-го процентиля, в Якутске выпало 44%, в Чурапче – 32% нормы. В центре европейской части страны, в центральной части Западной Сибири, на юге Среднесибирского плоскогорья наблюдались области с дефицитом осадков (менее 80% нормы).

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

Март. Огромная область с положительными аномалиями температуры, простиралась от западной границы России до Чукотки с очагами крупных аномалий (до $+10^{\circ}\text{C}$) в бассейне Енисея и на востоке Якутии. На 48 станциях области аномалии температуры превысили 95-й процентиль, а на 11-ти станциях из них так тепло в марте было впервые (см. табл. 2.1).

Области с отрицательными аномалиями температуры располагались в центральных и южных районах европейской части страны, на Южном Урале, в Приморском крае, на юге Амурской области и Хабаровского края (до $-2, -3^{\circ}\text{C}$) и на Алтае (до -4.5°C).

Области дефицита осадков располагались на западе страны, на Среднем Урале и Тиманском кряже, в низовьях Ангары, в центре Якутии и на Чукотке (менее 80% нормы), а также в Читинской, Амурской областях, в Приморском крае и на юге Хабаровского края (60% нормы и ниже). На станциях Богородское и Комсомольск-на-Амуре количество выпавших осадков оказалось ниже 5-го процентиля.

Избыток осадков наблюдался в Южном ФО (около трех месячных норм в Элисте), в Среднем Поволжье (более двух норм в Казани), в междуречье Лены и Колымы, где на пяти станциях количество выпавших осадков превысило 95-й процентиль, в низовьях Енисея (120% - 160% нормы).

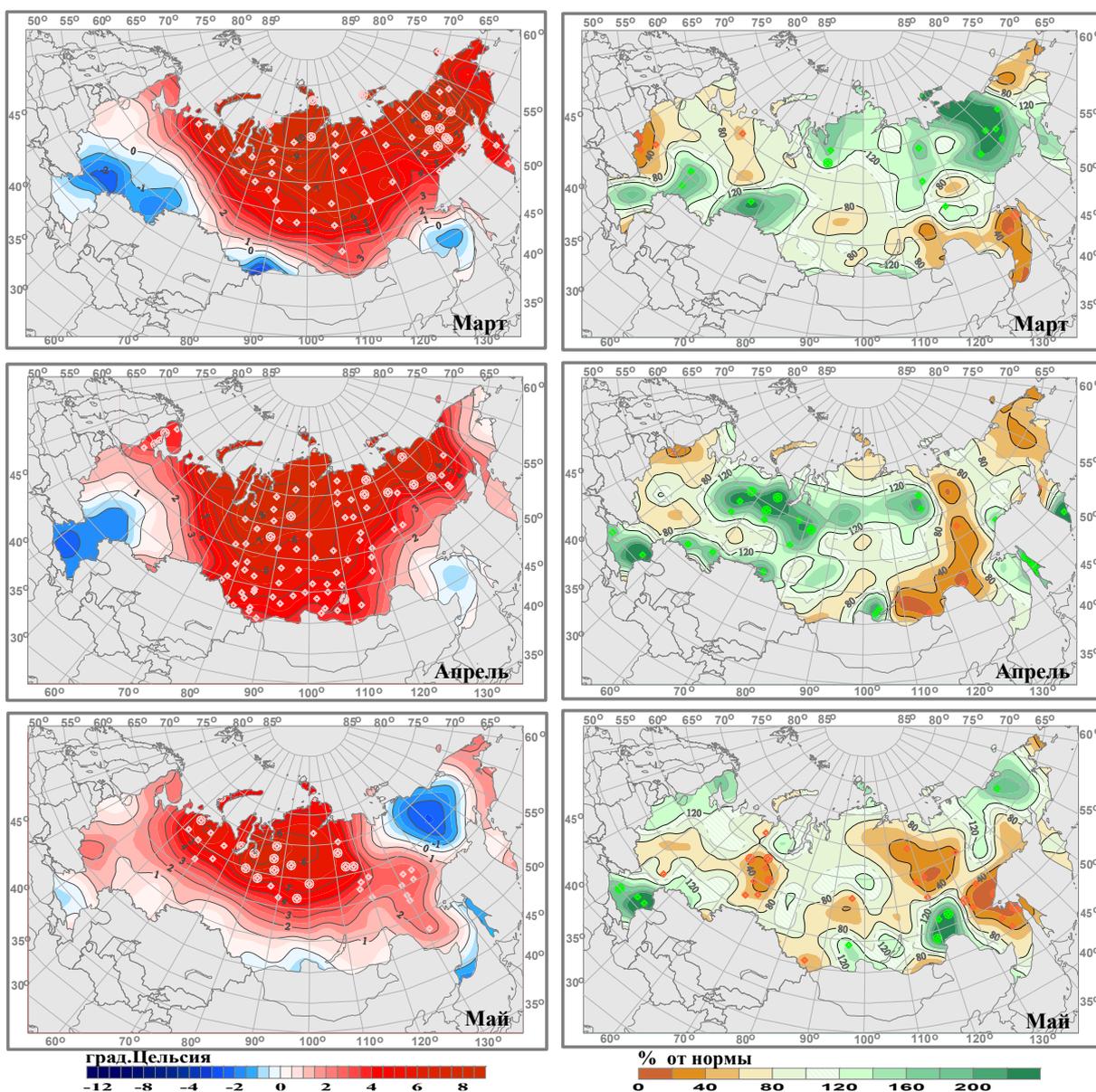


Рисунок 2.2 – См. рис. 2.1, но для отдельных месяцев весеннего сезона.

Апрель. Пространственное распределение аномалий температуры на территории России сходно с распределением аномалий в марте. Большая часть страны занята огромной областью положительных аномалий до $+8^{\circ}\text{C}$ в Красноярском крае (Дудинка, 8.6°C) и на востоке Якутии (Чокурдах, 8.4°C). На 78 станциях области аномалии температуры были более 95-го перцентиля, а на 11-ти станциях из них так тепло в апреле было впервые (см. табл. 2.1). В центральных и южных районах европейской части страны и в Приморском крае температура в апреле была на $1-2^{\circ}\text{C}$ ниже нормы (до -2.9°C в Ставрополе).

В западных районах страны, в центральных и южных районах Якутии, Читинской и Амурской областях, на Чукотке аномально теплая погода сопровождалась дефицитом осадков. На севере страны, от Республики Коми до среднего и нижнего течения Лены, и на юге Иркутской области и в Бурятии, напротив, на фоне крупных положительных аномалий температуры наблюдался избыток осадков (соответственно, до 270% и 317% нормы). На 11-ти сибирских станциях количество выпавших осадков

было больше 95-го перцентиля, в т.ч. зафиксированы 4 рекордных максимума (см. табл.2.2). Избыточное количество осадков (до 280% нормы) на фоне отрицательных аномалий температуры выпало в Южном ФО и в Приморском крае.

Таблица 2.1.
Станции, на которых отмечались рекорды температуры весной 2011 г.

	Федеральный округ	Станция	Индекс ВМО	Норма (°C)	Текущее значение (°C)	Предыдущий экстремум	
						Значение (°C)	Год
Март							
Max	Дальневосточный	о.Котельный	21432	-28.19	-20.6	-21.6	2002
		Сусуман	24790	-25.94	-19.1	-20.4	1997
		Среднеколымск	25206	-27.21	-18.6	-19.5	1990
		Зырянка	25400	-25.59	-17.7	-18.4	1990
		Омолон	25428	-28.04	-17.2	-17.5	2002
		Коркодон	25503	-25.74	-18.1	-19.9	2002
		Сеймчан	25703	-25.41	-18.3	-19.7	2002
		Средникан	25705	-25.07	-17.6	-19.6	2002
	Сибирский	ГМО им.Федорова	20292	-28.28	-17.8	-22.2	1995
		О.Диксон	20674	-23.41	-14.1	-14.2	1961
Хатанга		20891	-27.02	-17.2	-18.6	1990	
Апрель							
Max	Дальневосточный	о.Котельный	21432	-21.39	-15.5	-14.0	1943
		Кюсюр	21921	-15.74	-9.4	-10.1	2005
		Чокурдах	21946	-19.12	-11.7	-13.0	1954
		Верхоянск	24266	-12.92	-6.1	-7.4	1968
		Усть-Мома	24382	-12.75	-6	-7.3	2000
	Северо-Западный	Кандалакша	22217	-1.8	2.1	1.8	1950
		Гридино	22422	-1.38	2.9	2.4	1937
		Кемь-Порт	22520	-0.97	2.7	2.4	1950
	Сибирский	Агата	23383	-12.02	-4.2	-5.2	1943
		Верхнеимбатск	23678	-5.41	1.5	0.9	1995
Усть-Баргузин		30635	-2.12	2.4	2.0	1997	
Май							
Max	Дальневосточный	Оленек	24125	-1.62	3.8	3.1	2005
		Шелагонцы	24329	0.5	5.8	4.9	2005
		Эйк	24338	0.3	6	4.8	1997
	Северо-Западный	Малые Кармакулы	20744	-4.66	-0.1	-0.4	1992
		Нарьян-Мар	23205	-0.54	5.6	5.0	1989
	Сибирский	Дудинка	23074	-6.35	1	-0.4	1941
		Агата	23383	-1.91	3.8	2.5	1945
		Туруханск	23472	0.05	6.3	5.2	1945
		Байкит	23891	3.84	8.6	8.2	1945
		Тура	24507	2.78	8.4	7.9	1945
	Уральский	Новый Порт	23242	-5.39	-0.4	-1.2	1977
		Тазовск	23256	-5.35	2.5	0.3	1997
		Игарка	23274	-2.58	4.5	2.6	1945
		Тарко-Сале	23552	-1.26	5.4	4.4	1997
		Толька	23662	0.88	6.5	5.4	1982

Май. Третий месяц подряд сохранялись крупные положительные аномалии температуры на северо-востоке европейской территории и на большей части Западной и Средней Сибири (до +7.9°C в Тазовске). На 37 станциях аномалии температуры были выше 95-го перцентиля, а на 15-ти из них так тепло в мае было впервые (см. табл. 2.1). Незначительными стали отрицательные аномалии температуры на юге ЕЧР. Лишь в восточной части Якутии появилась большая область отрицательных аномалий температуры (до -2.9°C). Холодно (аномалии до -2°C) было на побережье Японского моря, в Приморском крае и на Сахалине.

Области избытка осадков (до 2-3 норм и более) наблюдались в Южном ФО, в Карелии, на Чукотке и в Хабаровском крае. На четырех станциях осадков выпало более 95-го перцентиля. Дефицит осадков (менее 80% нормы), в основном на фоне положительных аномалий температуры, наблюдался в Дальневосточном ФО (в Якутии, Приморском и Хабаровском краях), в центральных областях европейской части страны и в центре Западно-Сибирской низменности. На 21 станции выпало осадков меньше значения 5-го перцентиля (5%-й экстремум). На станциях Саратовской и Самарской областей и Сибирского ФО в мае зафиксированы засушливые условия.

Таблица 2.2

Станции, на которых отмечались рекорды месячных сумм осадков весной 2011 г.

	Федеральный округ	Станция	Индекс ВМО	Норма (мм)	Текущее значение (мм)	Предыдущий экстремум	
						Значение (мм)	Год
Март							
Min	Дальневосточный	Богородское	31439	18.6	0	1	1936
	Северо-Западный	Калининград	26702	40.8	4	6	2003
	Центральный	Трубчевск	26997	42.5	5	7	2002
Max	Уральский	Игарка	23274	29.8	52	50	1959
Апрель							
Max	Дальневосточный	Пограничное	32076	49.7	186	136	1947
		Онор	32077	43.4	117	97	1983
		Поронайск	32098	53.7	145	130	1974
	Северо-Западный	Печора	23418	32.9	76	75	2005
		Березово	23631	32.7	79	76	1997
	Уральский	Толька	23662	31.4	77	61	1975
Май							
Min	Дальневосточный	Чюльбю	31123	37.3	11	12	1954
		Аян	31168	76.8	5	7	197
		Николаевск-на-Амуре	31369	49.9	1	5	1983
	Северо-Западный	Березово	23631	41.4	10	13	1952
		Няксимволь	23724	46.5	3	11	1984
	Уральский	Ханты-Мансийск	23933	41.8	5	10	1962
Max	Дальневосточный	Чульман	30393	46.8	156	130	1939
		Могоча	30673	31.5	108	80	1939
	Южный	Армавир	37031	68.3	168	136	1989

В таблице 2.3 представлены регионально осредненные аномалии температуры и осадков, рассчитанные по наблюдаемым значениям стационарных аномалий весеннего сезона 2011 г. Оценки приведены для физико-географических регионов (рис.1) и Федеральных округов (рис.2) Российской Федерации. В таблице приведены также значения функции распределения (вероятности неперевышения) наблюдаемых значений по данным за 1936-2011 годы. Для осадков дополнительно к отклонениям от нормы приведены относительные аномалии, т.е. процентное отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме (о процедуре регионального осреднения см. во введении). В Разделе 4 будут представлены временные ряды регионально осредненных аномалий температуры и осадков для каждого из рассматриваемых физико-географических регионов и Федеральных округов РФ.

Весной 2011 года было экстремально тепло в регионах: Россия в целом (ранг 2 в ряду наблюдений с 1936 года), Западная Сибирь (ранг 3) – наиболее теплые условия создались в апреле; Средняя Сибирь (ранг2) – очень тепло во все месяцы, а особенно в мае. Экстремально влажно весной было в Южном ФО (ранг 3) и Северо-Кавказском ФО (ранг 1).

Таблица 2.3

Наблюдаемые регионально осредненные аномалии температуры и осадков весной 2011г. (март – май) и соответствующие им вероятности неперевышения

Регионы	Температура		Осадки		
	vT_{2011}	$P(t \leq T_{2011})$	vR_{2011}	RR_{2011}	$P(r \leq R_{2011})$
Российская Федерация	2.56	99	0.3	101.1	51
Физико-географические регионы России					
Европейская часть России	0.70	72	1.6	104.3	56
Западная Сибирь	3.33	97	2.2	107.9	59
Средняя Сибирь	4.79	99	-0.7	96.7	44
Прибайкалье и Забайкалье	2.51	95	1.3	106.7	64
Приамурье и Приморье	0.48	67	-2.7	93.0	40
Восточная Сибирь	3.23	96	-1.7	91.1	44
Федеральные Округа РФ					
Северо-Западный	2.30	93	-0.2	99.5	52
Центральный	0.58	68	-11.3	71.2	5
Приволжский	-0.08	49	0.2	100.6	44
Южный	-0.71	37	15.7	140.2	97
Северо-Кавказский	-0.74	33	22.4	140.2	100.1
Уральский	3.78	97	4.4	115.4	71
Сибирский	3.53	97	-0.3	98.9	44
Дальневосточный	2.86	99	-1.3	94.4	39

Примечание: Аномалии vT_{2011} (оС), vR_{2011} (мм/месяц) рассчитаны как отклонения от нормы (среднее за период 1961-1990 гг.), а RR_{2011} - как отношения R_{2011} к норме 1961-1990 гг., выраженное в %. Вероятности неперевышения $P(t \leq T_{2011})$, $P(r \leq R_{2011})$ – рассчитаны по данным за 1936-2010 гг. и выражены в %.

3. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ (ВЕСНА 2011)

На рис. 3.1 представлено пространственное распределение коэффициентов линейных трендов температуры приземного воздуха и атмосферных осадков на территории России для весеннего сезона в целом. Оценки получены по стационарным временным рядам сезонных аномалий за 1976-2011 гг. в точках расположения станций и затем картированы.

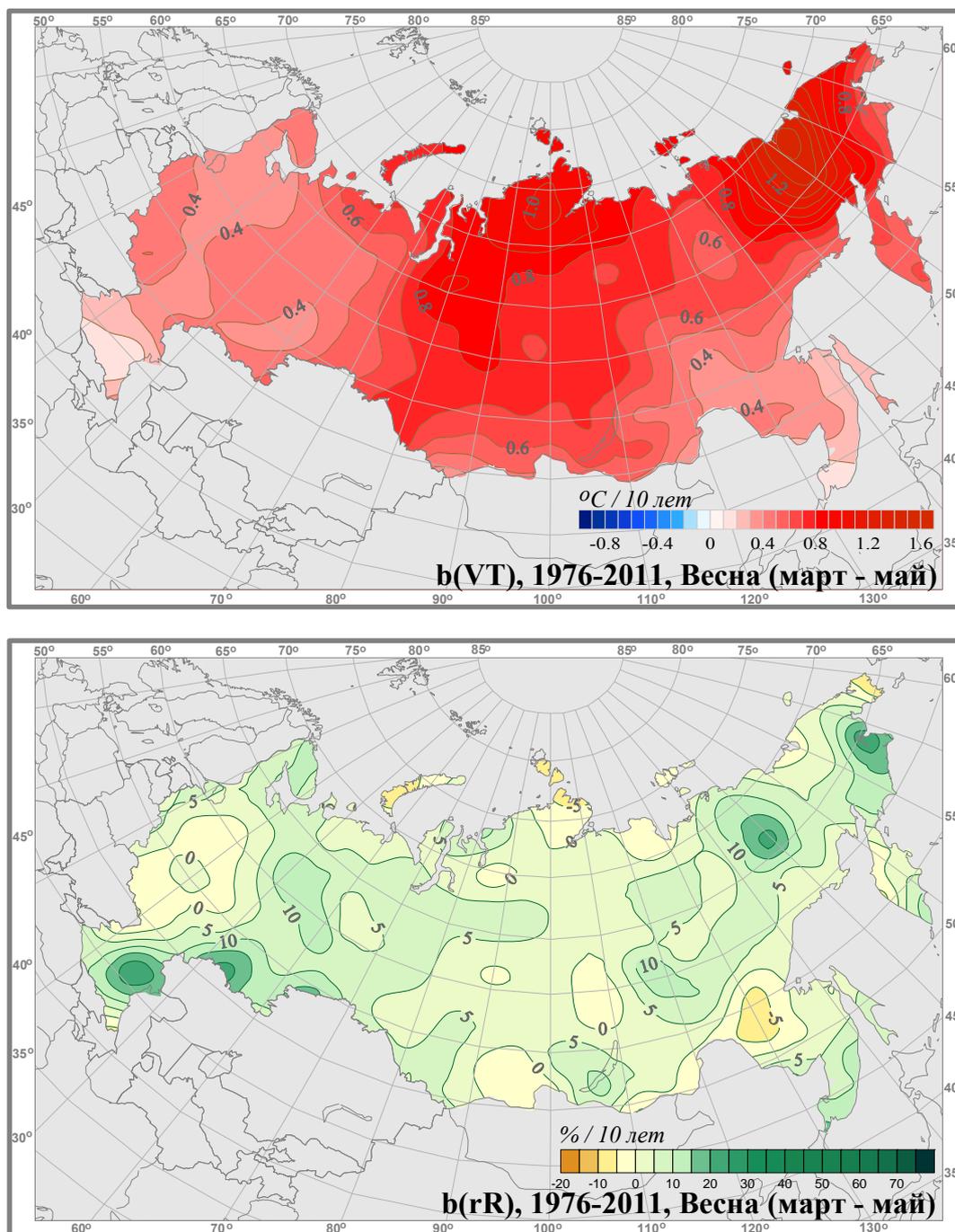


Рисунок 3.1 – Пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда сезонных аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет, сверху) и осадков ($\% / 10$ лет) на территории России по данным за 1976-2011 (весна: март-май).

Представленные поля характеризуют направление и среднюю скорость однонаправленных изменений температуры и осадков весеннего сезона на территории России за последние 36 лет. На рис. 3.2 распределения трендов приведены для каждого весеннего месяца в отдельности.

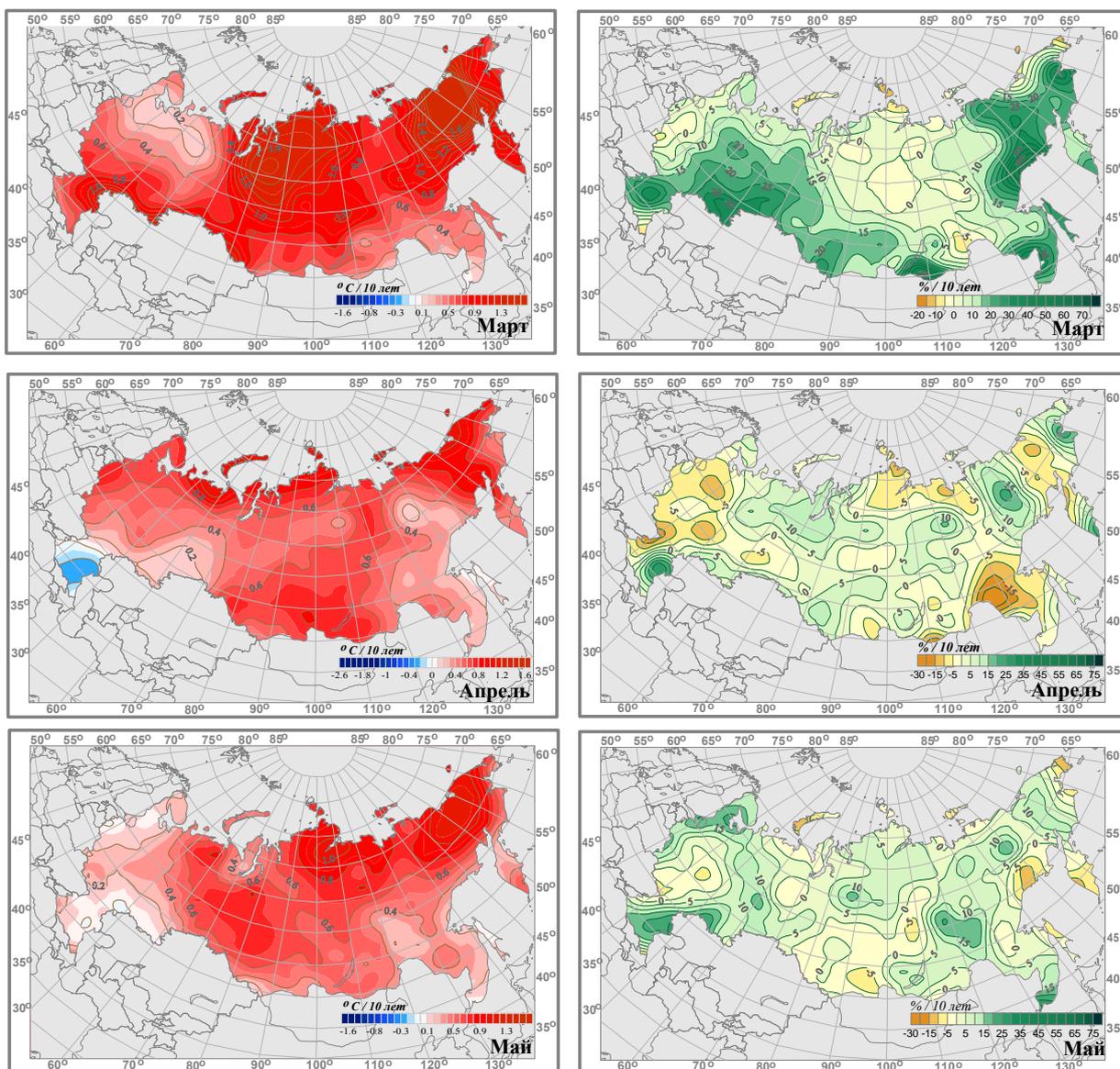


Рисунок 3.2 – То же, что на рис. 3.1, но для отдельных месяцев весеннего сезона

Общая картина тенденций в изменении весенних температур на территории России за период 1976-2011 гг., в сравнении с тенденциями 1976-2010 гг., практически не изменилась. Потепление охватывает всю территорию страны. Скорость потепления на азиатской территории страны (до $+1.4^{\circ}\text{C}/10$ лет на Чукотке и до $+1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет на Таймыре) больше, чем на европейской территории (до $+0.4^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В марте и в мае тенденция к потеплению прослеживается на всей территории страны. Наибольшая скорость потепления отмечается в марте (до $+1.6^{\circ}\text{C}/10$ лет – в Ямало-Ненецком АО и на северо-востоке страны). В апреле просматривается слабая тенденция к похолоданию в Южном и Северо-Кавказском ФО (до $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет).

На фоне тенденции к потеплению в весенний период в изменении сезонных сумм осадков просматривается тенденция к увеличению осадков на большей части

страны. Наиболее значительно (более 10 мм/месяц) эта тенденция проявляется в марте в нижнем течении Волги, на юге Западной Сибири, на северо-востоке страны (более 25 мм/месяц).

В апреле отмечается тенденция к уменьшению осадков (менее -5 мм/месяц) на европейской части страны и в Амурской области.

В табл. 3.1 дополнительно приведены оценки линейных трендов регионально осредненных значений температуры и осадков за 1976-2011 гг. для регионов РФ. Как следует из таблицы, и для температуры, и для осадков в региональных оценках сезонных трендов по сравнению с оценками за период 1976-2010гг. существенных изменений не произошло.

Таблица 3.1

Оценки линейного тренда регионально осредненных температуры приземного воздуха и месячных сумм осадков за 1976-2011 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>D</i> , %
Россия	0.57	29	1.4	20
Физико-географические регионы России				
Европейская часть России	0.38	13	1.8	11
Западная Сибирь	0.64	19	2.1	21
Средняя Сибирь	0.70	22	0.8	11
Прибайкалье и Забайкалье	0.58	19	0.5	2
Приамурье и Приморье	0.29	8	1.6	4
Восточная Сибирь	0.79	32	1.0	14
Федеральные Округа РФ				
Северо-Западный	0.41	11	1.8	13
Центральный	0.43	12	0.3	0
Приволжский	0.40	10	2.1	8
Южный	0.30	7	2.1	7
Северно-Кавказский	0.19	6	2.1	4
Уральский	0.60	14	2.6	22
Сибирский	0.68	24	0.8	6
Дальневосточный	0.62	27	1.2	20

4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ВЕСЕННЕГО СЕЗОНА, 1936-2011 гг.

В разделе приведены временные ряды пространственно осредненных аномалий средней месячной температуры приземного воздуха (°C) и месячных сумм осадков (мм/месяц) весеннего сезона за 1936 – 2011 гг. На всех рисунках показаны линейные тренды за 1976-2011 гг., рассчитанные методом наименьших квадратов. Временные ряды приведены для всех рассматриваемых в бюллетене регионов (Россия, физико-

географические регионы и федеральные округа). Для России дополнительно приведены аналогичные ряды для каждого месяца сезона (рис. 4.1.1)

4.1. Российская Федерация

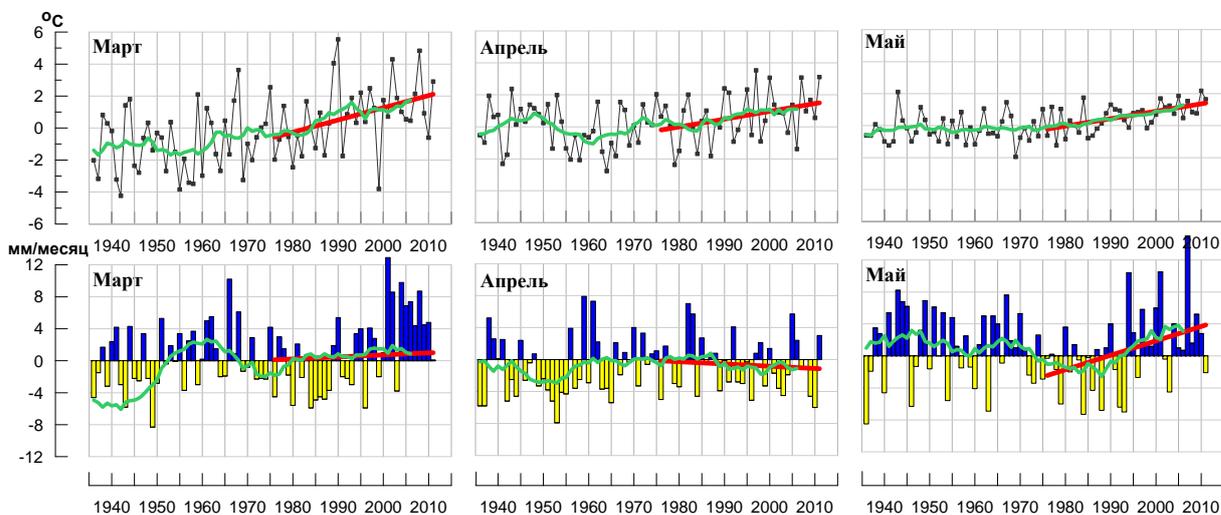


Рисунок 4.1.1 – Аномалии средней месячной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2011 гг.

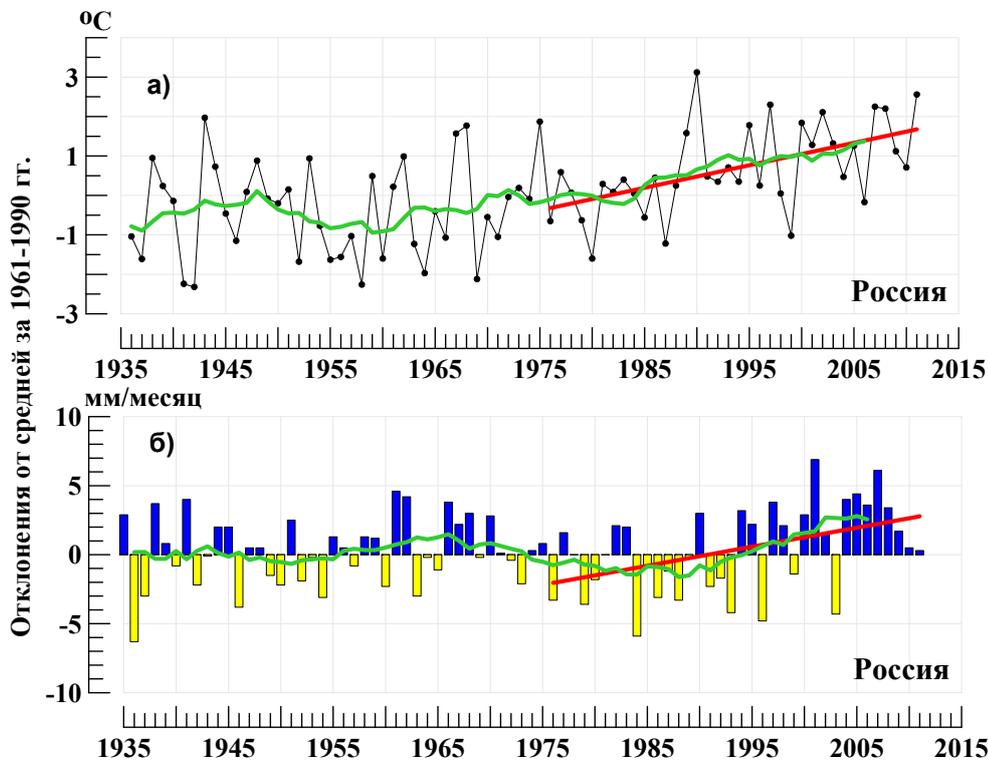


Рисунок 4.1.2 - Сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории РФ (весна 2011.). Условные обозначения см. на рис. 4.1.1

4.2. Физико-географические регионы России

4.2.1. Европейская часть России

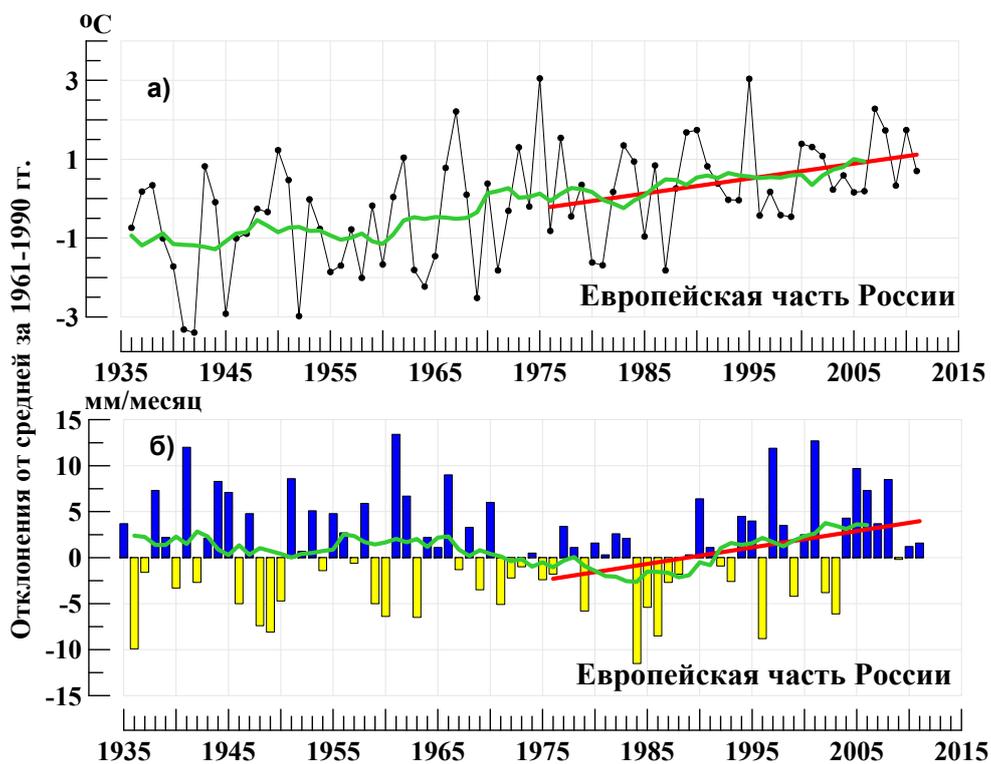


Рисунок 4.2.1 – То же, что на рис. 4.1.2, но для региона Европейская часть России

4.2.2. Западная Сибирь

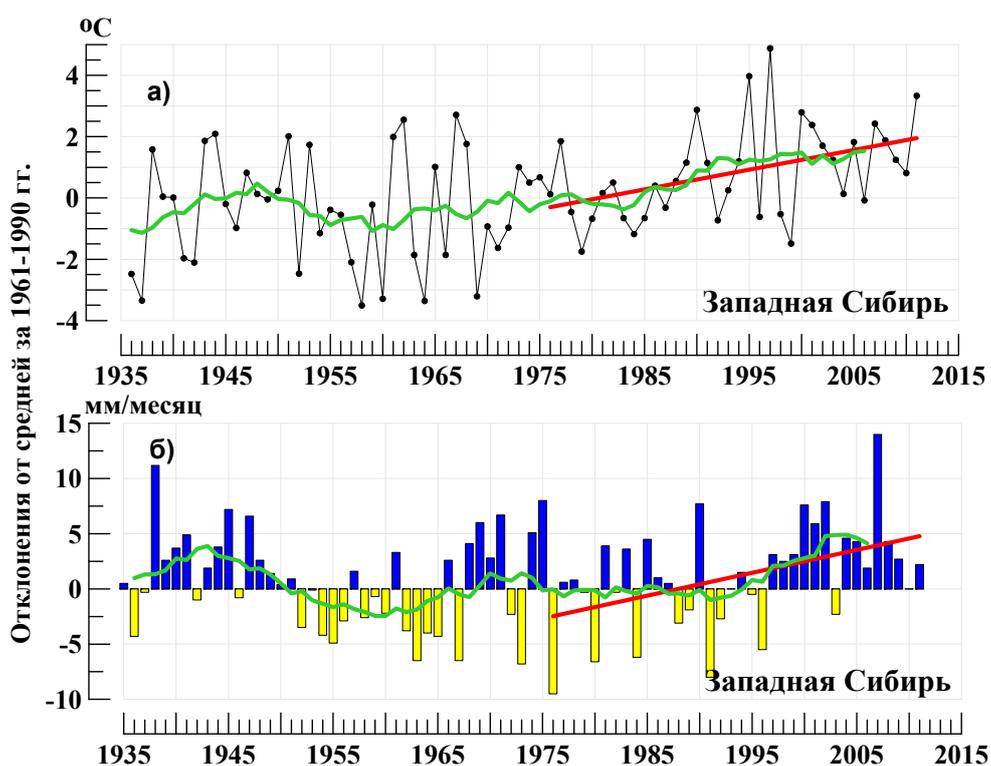


Рисунок 4.2.2 – То же, что на рис. 4.1.2, но для региона Западная Сибирь

4.2.3. Средняя Сибирь

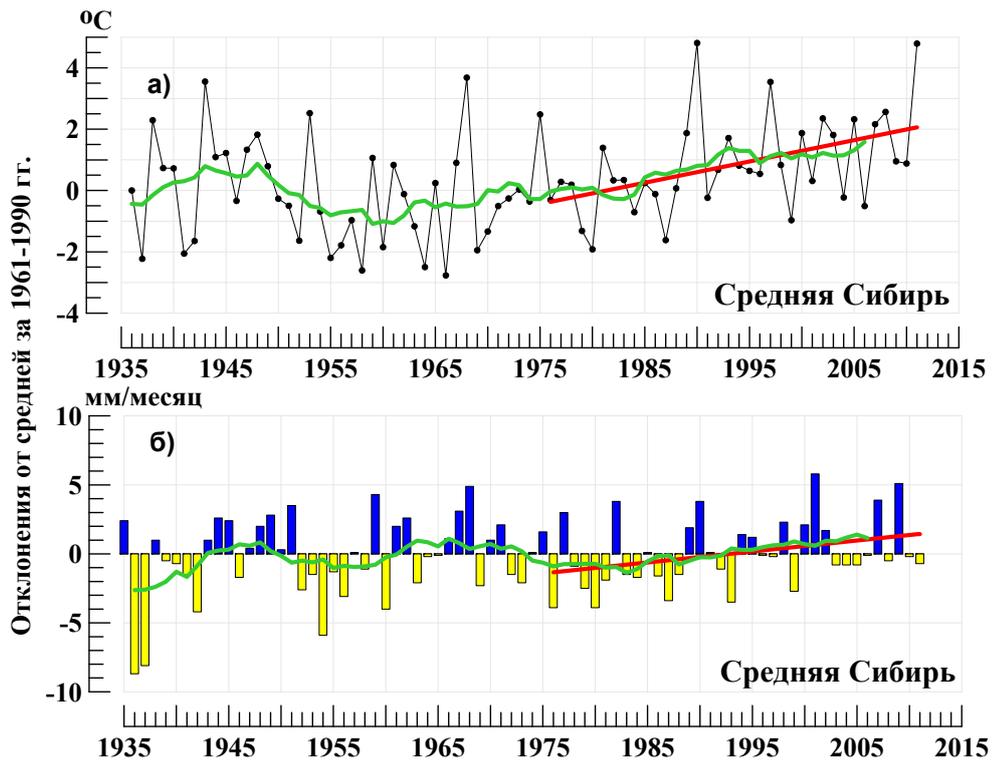


Рисунок 4.2.3 – То же, что на рис. 4.1.2, но для региона Средняя Сибирь

4.2.4. Прибайкалье и Забайкалье

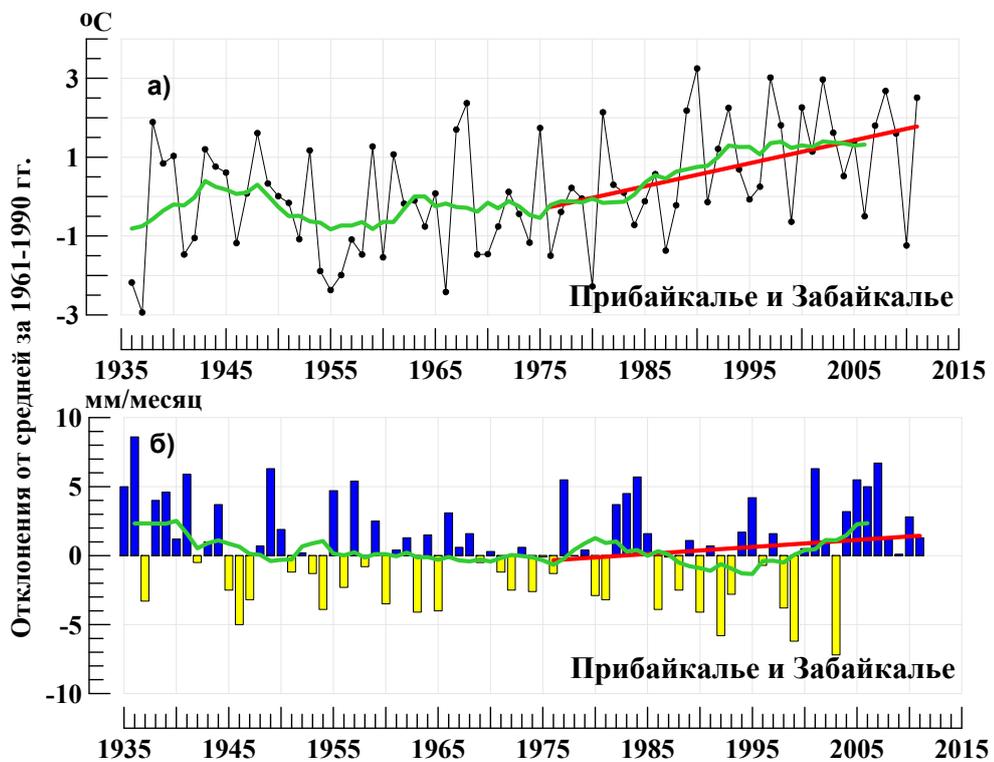


Рисунок 4.2.4 - То же, что на рис. 4.1.2, но для региона: Прибайкалье и Забайкалье

4.2.5. Приамурье и Приморье

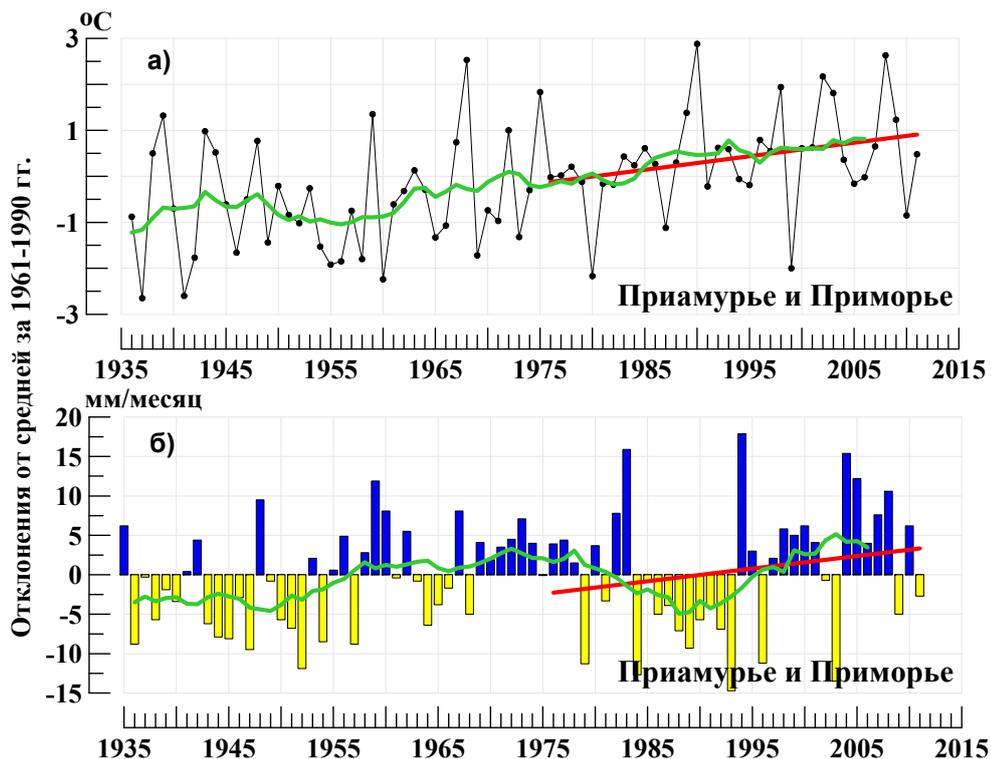


Рисунок 4.2.5 – То же, что на рис. 4.1.2, но для региона: Приамурье и Приморье

4.2.6. Восточная Сибирь

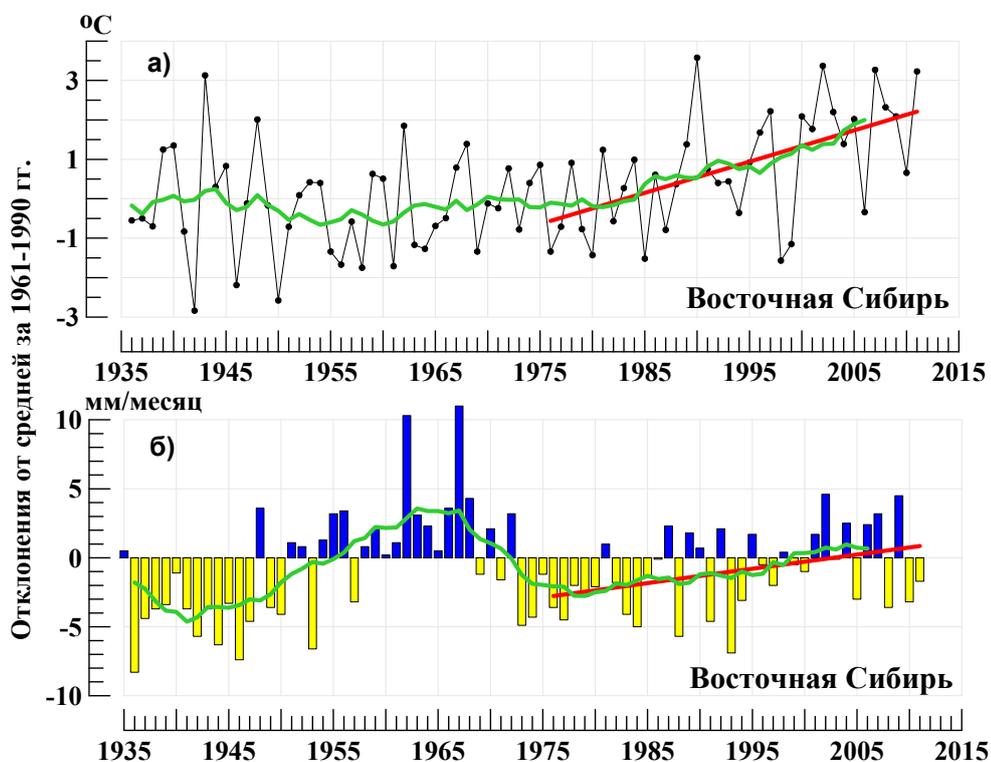


Рисунок 4.2.6 – То же, что на рис. 4.1.2, но для региона: Восточная Сибирь

4.3. Федеральные Округа Российской Федерации

4.3.1. Северо-Западный ФО

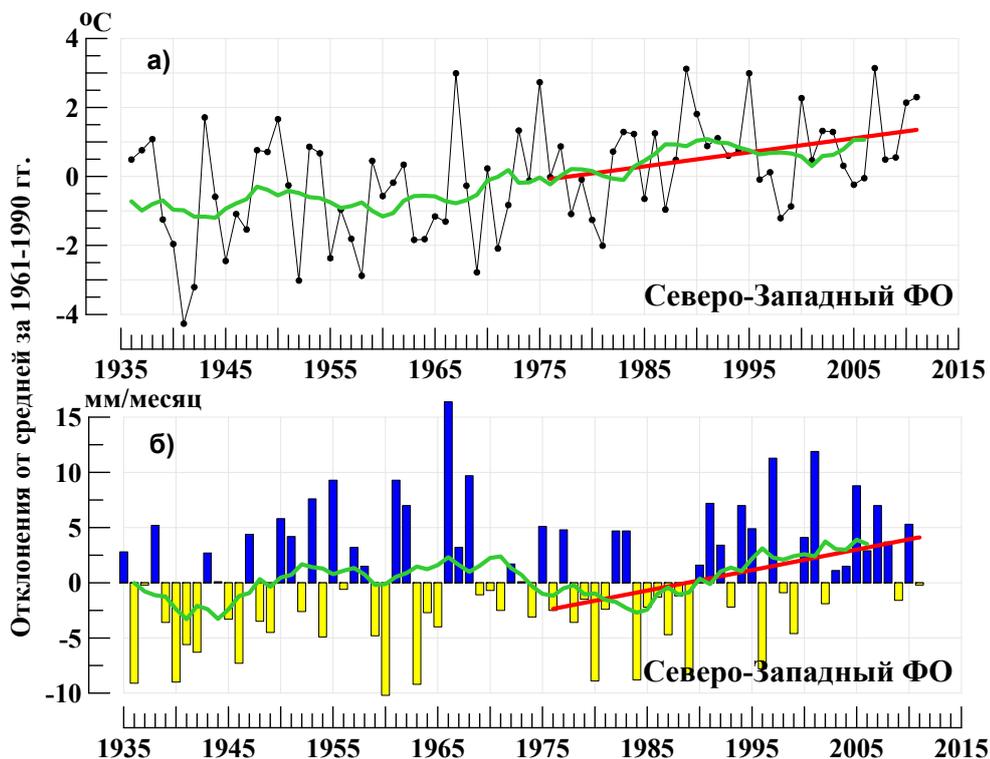


Рисунок 4.3.1 – То же, что на рис. 4.1.2, но для Северо-Западного ФО

4.3.2. Центральный ФО

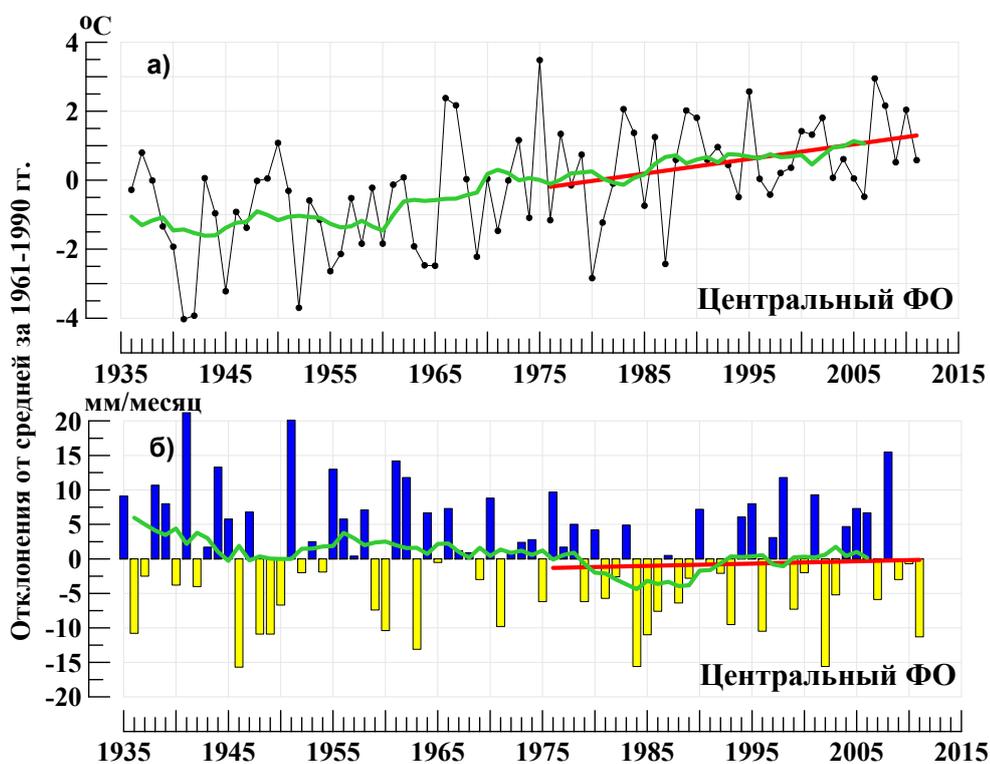


Рисунок 4.3.2 – То же, что на рис. 4.1.2, но для Центрального ФО

4.3.3. Приволжский ФО

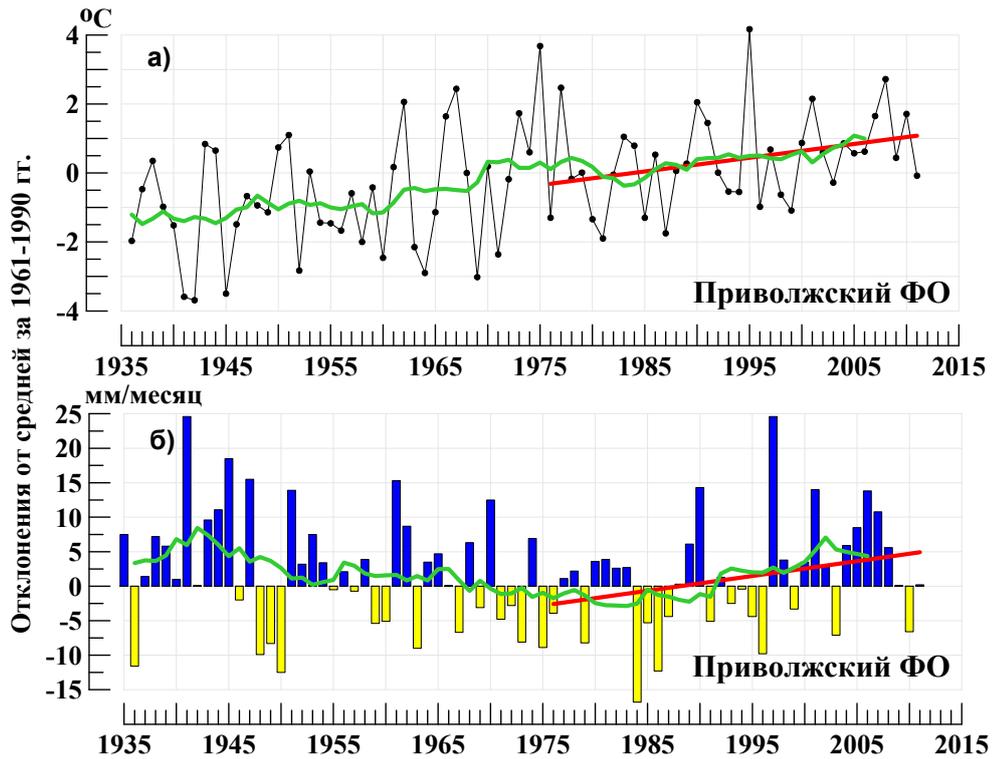


Рисунок 4.3.3 – То же, что на рис. 4.1.2, но для Приволжского ФО

4.3.4. Южный ФО

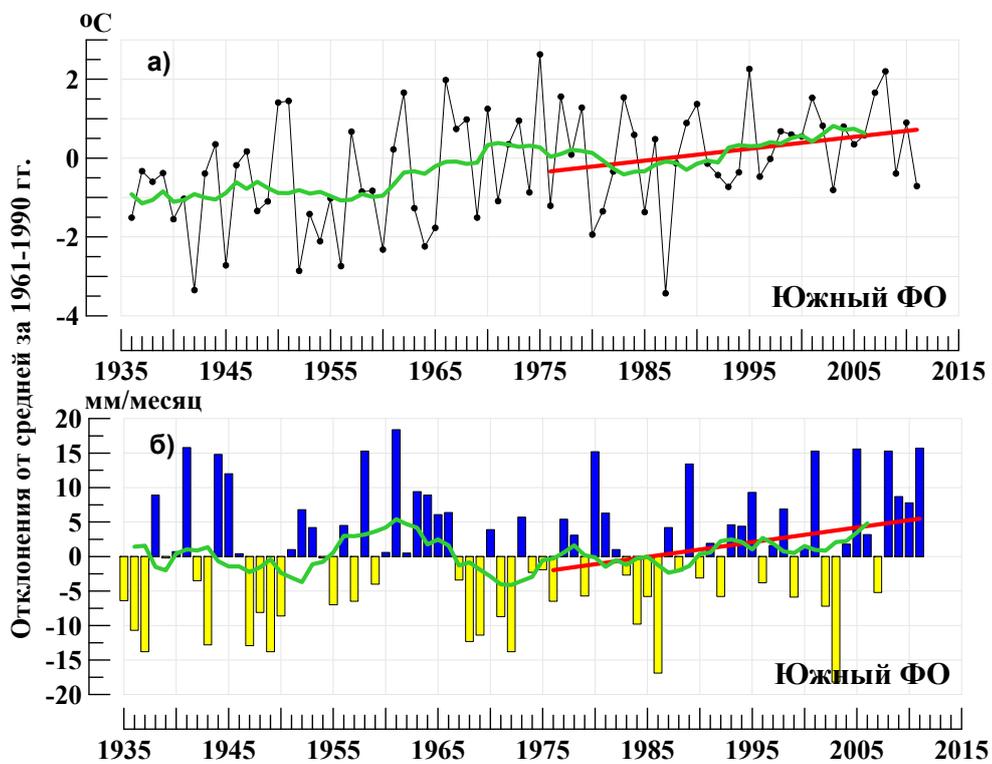


Рисунок 4.3.4 – То же, что на рис. 4.1.2, но для Южного ФО

4.3.5. Северо-Кавказский ФО

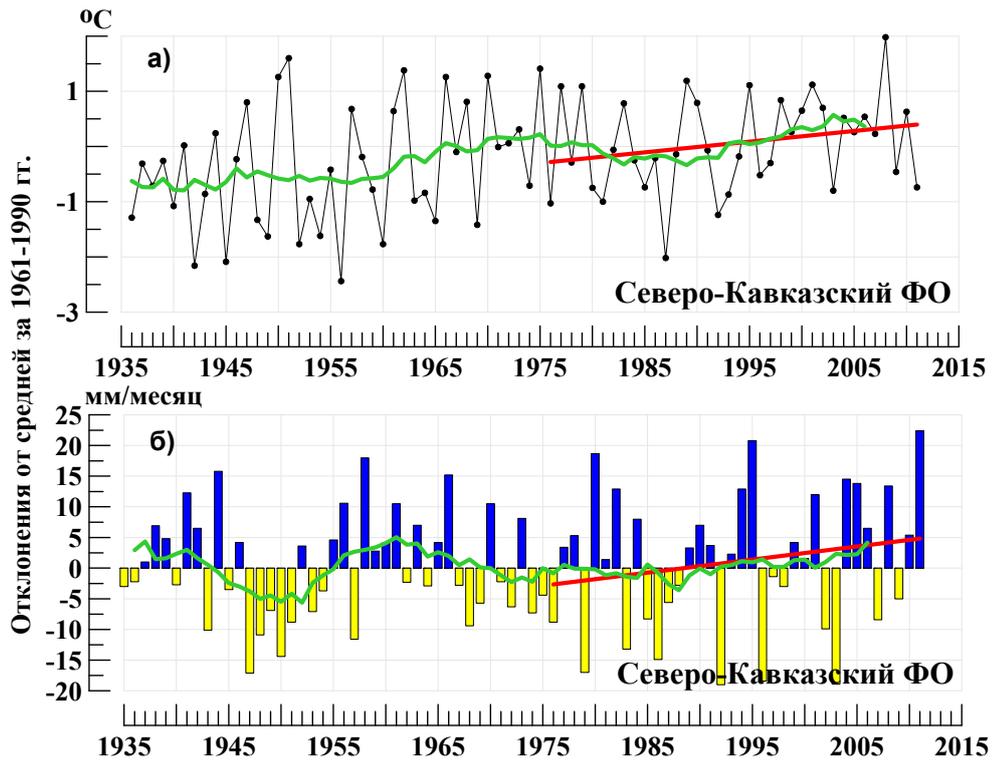


Рисунок 4.3.5 - То же, что на рис. 4.1.2, но для Северо-Кавказского ФО

4.3.6. Уральский ФО

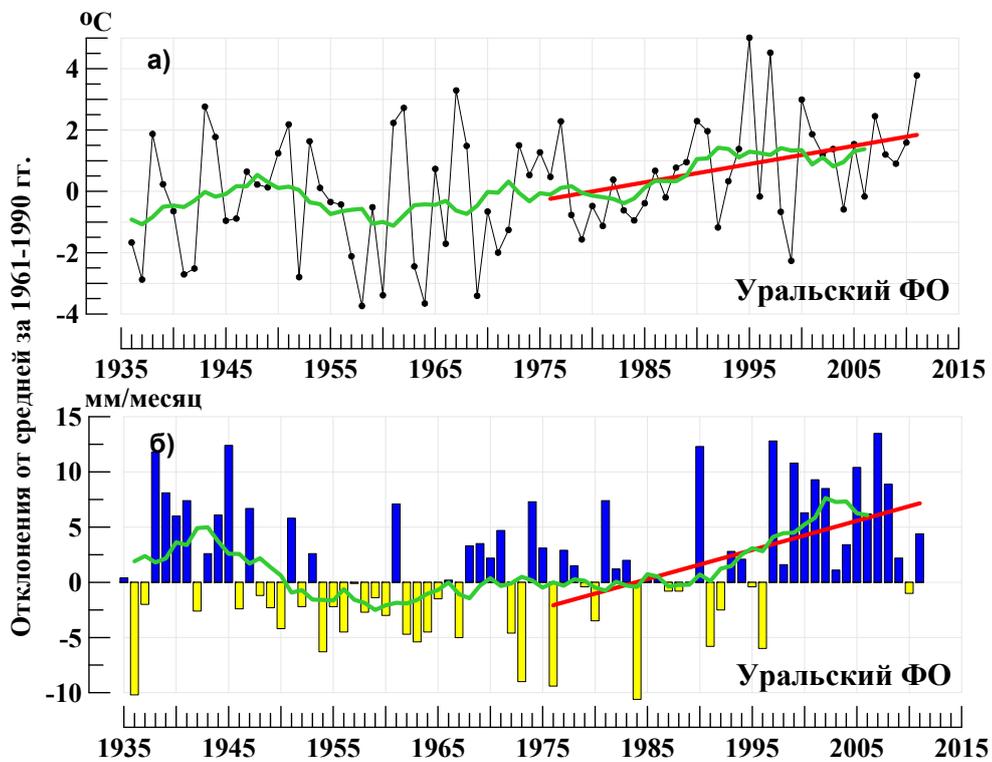


Рисунок 4.3.6 – То же, что на рис. 4.1.2, но для Уральского ФО

4.3.7. Сибирский ФО

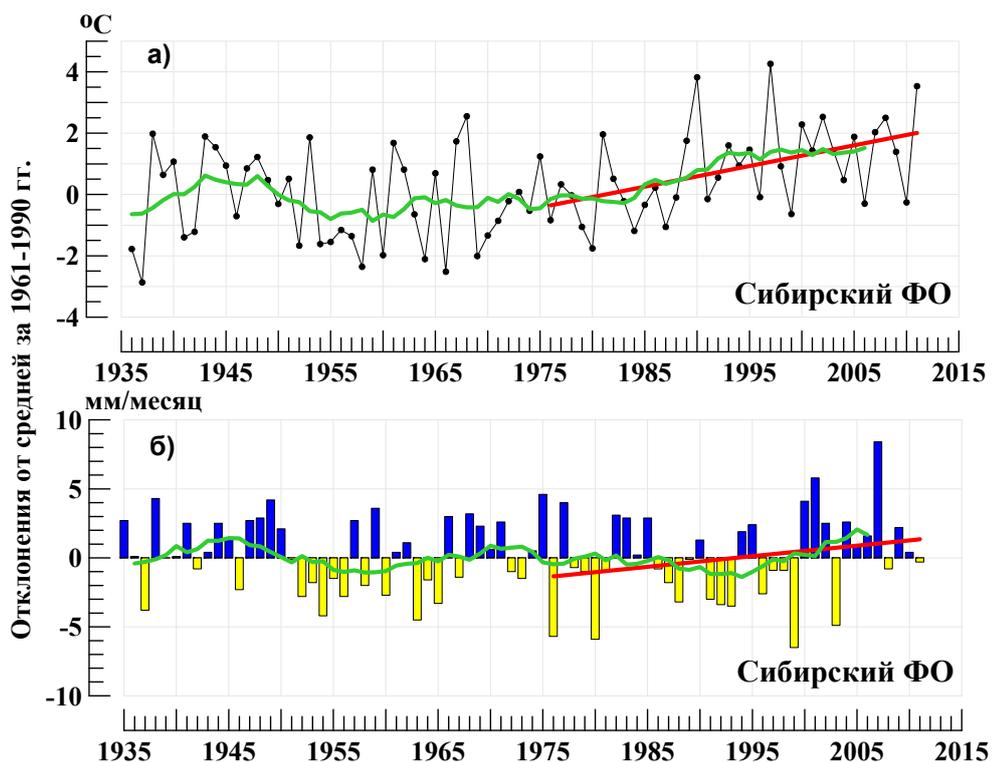


Рисунок 4.3.7 – То же, что на рис. 4.1.2, но для Сибирского ФО

4.3.8. Дальневосточный ФО

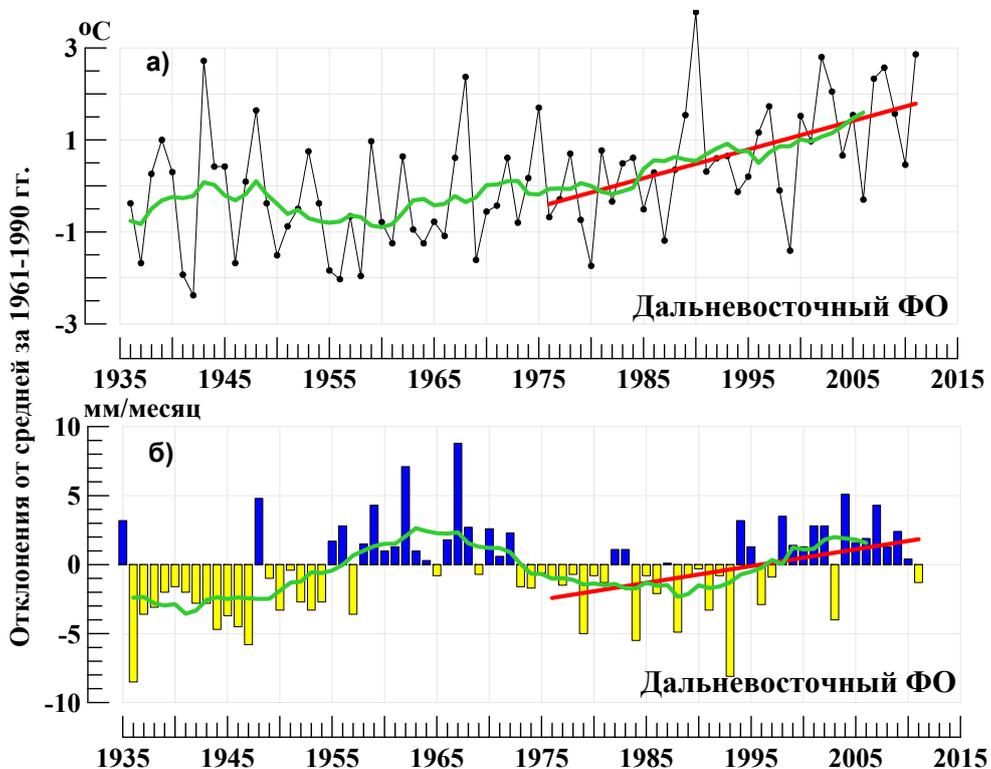


Рисунок 4.3.8 – То же, что на рис. 4.1.2, но для Дальневосточного ФО

ВЫВОДЫ

1. Весна 2011 года для Земного шара и суши Северного полушария оказалась теплой; средняя за сезон и по пространству температура была выше нормы на 0.35°C и 0.82°C , соответственно (11-е и 10-е место в ранжированных по убыванию рядах наблюдений).

Средняя скорость потепления для Земного шара и Северного полушария за 1976-2011 гг составляет, соответственно, $0.16^{\circ}\text{C}/10$ лет и $0.32^{\circ}\text{C}/10$ лет; тренд объясняет 72% и 70% дисперсии.

2. В среднем по территории России аномалия температуры приземного воздуха весной 2011 г. составила $+2.56^{\circ}\text{C}$ – второй максимум после рекордного 1990 года (аномалия $+3.12^{\circ}\text{C}$).

Обширная область тепла с аномалиями до $+9.3^{\circ}\text{C}$ на севере Сибири занимала почти всю территорию страны. На 88 станциях (из 262) температура превысила 95-й процентиль. На большей части страны теплыми были все три месяца сезона. Экстремальные аномалии (выше 95-го процентиля) наблюдались в марте на 48 станциях, в апреле – на 78, а в мае – на 37 станциях.

Области с отрицательными аномалиями температуры течение всех трех месяцев сезона прослеживались на юге ЕЧР, в Приморском крае. В мае температура ниже нормы отмечена также в восточной части Якутии и на Чукотке (аномалии до -2.9°C).

3. Количество выпавших осадков в целом по России было около нормы (сезонная аномалия 0.3 мм), хотя есть регионы экстремальных аномалий обоих знаков.

Области с избытком осадков располагались в Южном и Северо-Кавказском ФО, в бассейне Оби (более 120% нормы); на западе Амурской области (более 160% нормы); в бассейне Индигирки (более 140% нормы). В Северо-Кавказском ФО, в среднем по территории, отмечено рекордно высокое количество осадков.

Дефицит осадков (до 60% нормы и ниже) отмечался в среднем течении Лены и Алдана, в центре европейской части страны, в центральной части Западной Сибири, на юге Среднесибирского плоскогорья.

4. Тенденции изменений средней температуры весеннего сезона за период 1976-2011 гг. в сравнении с тенденциями 1976-2010 гг., практически не изменились. Сохраняется тенденция к потеплению на всей территории страны, причем средняя скорость потепления на азиатской территории страны больше (особенно на Чукотке и на севере Западной и Средней Сибири).

Из отдельных месяцев выделяется март как месяц наиболее интенсивного потепления (до $1.6^{\circ}\text{C}/10$ лет на Чукотке). В апреле, напротив, обнаруживается слабая тенденция к похолоданию на юге ЕЧР.

5. В изменении сезонных сумм осадков, по-прежнему, устойчивые однонаправленные изменения практически отсутствуют (хотя преобладает тенденция к слабому увеличению осадков). Можно отметить некоторую тенденцию (около 10%/10лет) к увеличению осадков на Чукотке, на юге России и Западной Сибири, и еще более слабую тенденцию к их уменьшению в Амурской области.

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 2011



ВВЕДЕНИЕ

В настоящем Приложении* приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) весной 2011 года и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории Республики Беларусь. Работа выполняется по программе Союзного государства "Совершенствование системы обеспечения населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь информацией о сложившихся и прогнозируемых погодно-климатических условиях, состоянии и загрязнении природной среды" на 2007 – 2011 годы (проект 3.1 «Оценка наблюдаемых тенденций изменения климата на региональном уровне и выпуск информационных бюллетеней о его состоянии и изменениях на территории Союзного государства»).

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

Таблица 1.

Список используемых станций Республики Беларусь.

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

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюдаемого значения от нормы, то есть от средней за базовый период 1961-1990 гг. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы (процентное отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы). Дополнительно приводится «вероятность непревышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за некоторый период с 1936 по 2010 гг. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

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

Пространственное осреднение выполняется по стационарным данным об аномалиях климатических переменных с использованием двухступенчатой процедуры. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 2.5 градуса широты на 5 градусов долготы), и в каждой ячейке сетки рассчитывается «ячеечное» среднее (среднее арифметическое из значений аномалий на попавших в эту ячейку станциях). На втором этапе выполняется взвешенное осреднение «ячеечных» средних с весами, пропорциональными площади пересечения ячейки с территорией региона. Все расчеты, включая определение принадлежности ячейки к региону, площади их пересечения и ячейчных весовых множителей, выполняются автоматически, на основании заданной замкнутой ломаной, ограничивающей территорию региона.

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

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ВЕСНОЙ 2011 г.

Весной 2011 гг. сезонная аномалия температуры воздуха, осредненная по территории Беларуси, составила +1.03°C, аномалия осадков -8.7 мм/месяц.

В таблицах 2 и 3 приведены стационарные 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 пространственные распределения аномалий (поля изолиний), также для сезона и для каждого из месяцев.

Таблица 2

Характеристики температурного режима на станциях Беларуси весной 2011 года

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) температура (град. Цельсия)							
Весна 2011	6.9	7.2	6.4	8.9	8.4	7.6	7.8
Март	-1.0	-0.3	-2.0	2.1	1.0	-0.3	-0.7
Апрель	7.8	8.2	7.6	10.1	9.5	8.7	8.8
Май	14.0	13.6	13.6	14.5	14.8	14.3	15.4
б) аномалия температуры (град. Цельсия)							
Весна 2011	1.58	1.32	0.81	1.39	1.34	0.49	0.87
Март	1.16	1.08	-0.09	1.00	0.94	0.06	0.09
Апрель	2.25	2.22	1.89	2.36	1.94	1.26	1.41
Май	1.33	0.67	0.67	0.81	1.14	0.14	1.11

Таблица 3

Характеристики режима осадков на станциях Беларуси весной 2011 года

	<i>Витебск</i>	<i>Минск</i>	<i>Могилев</i>	<i>Брест</i>	<i>Пинск</i>	<i>Василевичи</i>	<i>Гомель</i>
	26666	26850	26863	33008	33019	33038	33041
а) Сумма осадков (мм/месяц)							
<i>Весна 2011</i>	29.0	36.0	27.3	41.7	21.7	33.3	29.3
Март	13	7	5	11	17	13	5
Апрель	19	20	22	47	23	31	22
Май	55	81	55	67	25	56	61
б) Аномалия сумм осадков / (мм/месяц)							
<i>Весна 2011</i>	-13.3	-12.5	-16.0	-1.1	-18.7	-10.7	-9.9
Март	-26.0	-34.8	-29.6	-19.6	-12.6	-20.7	-27.4
Апрель	-19.8	-22.2	-18.3	7.7	-14.3	-14.2	-15.2
Май	5.8	19.4	-0.2	8.5	-29.3	2.7	13.0
в) Относительная аномалия сумм осадков (% от нормы)							
<i>Весна 2011</i>	68.6	72.2	63.1	97.4	53.7	75.7	74.7
Март	33.4	16.8	14.5	36.0	57.5	38.6	15.4
Апрель	49.0	47.4	54.6	119.5	61.7	68.6	59.1
Май	111.8	131.5	99.7	114.6	46.0	105.1	127.0

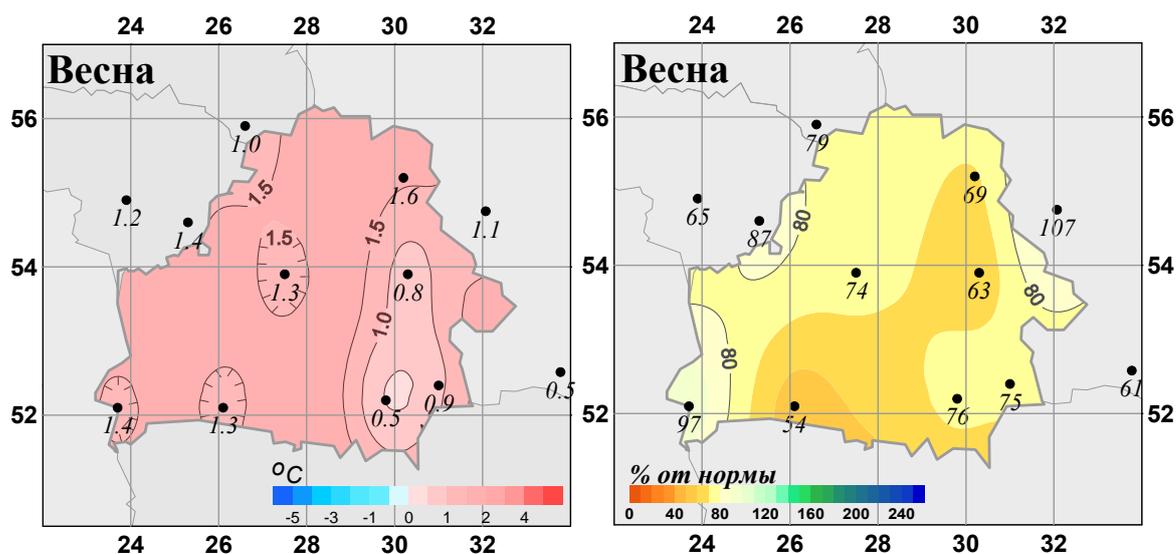


Рисунок 1. Средние сезонные аномалии температуры ($^{\circ}\text{C}$) приземного воздуха (верхний фрагмент) и атмосферных осадков (% от нормы, нижний фрагмент) на территории республики Беларусь весной 2011 гг.

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

Весна была теплее средней многолетней на всей территории Республики Беларусь, аномалии температуры от $+0.47^{\circ}\text{C}$ (Василевичи) до $+1.58^{\circ}\text{C}$ (Витебск). В апреле и мае аномалии температуры были положительными на всех рассматриваемых станциях. Наиболее теплый месяц - апрель (аномалии преимущественно выше 2°C). По режиму осадков на всех рассматриваемых станциях сезон оказался аномально «сухим» (на станции Брест – 97% нормы, на остальных - менее 80%). Самым «сухим» месяцем

был март, когда вся территория оказалась в области значительного дефицита осадков (ниже 40% нормы на 6 станциях, в т.ч. на трех – около 15%). На станциях Минск, Могилев, Гомель количество выпавших осадков было меньше 5-го процентиля. Дефицит осадков сохранился и в апреле, но на уровне около 60%-70%. В мае, напротив, почти на всей территории осадков выпало около нормы или выше нормы (более 120%).

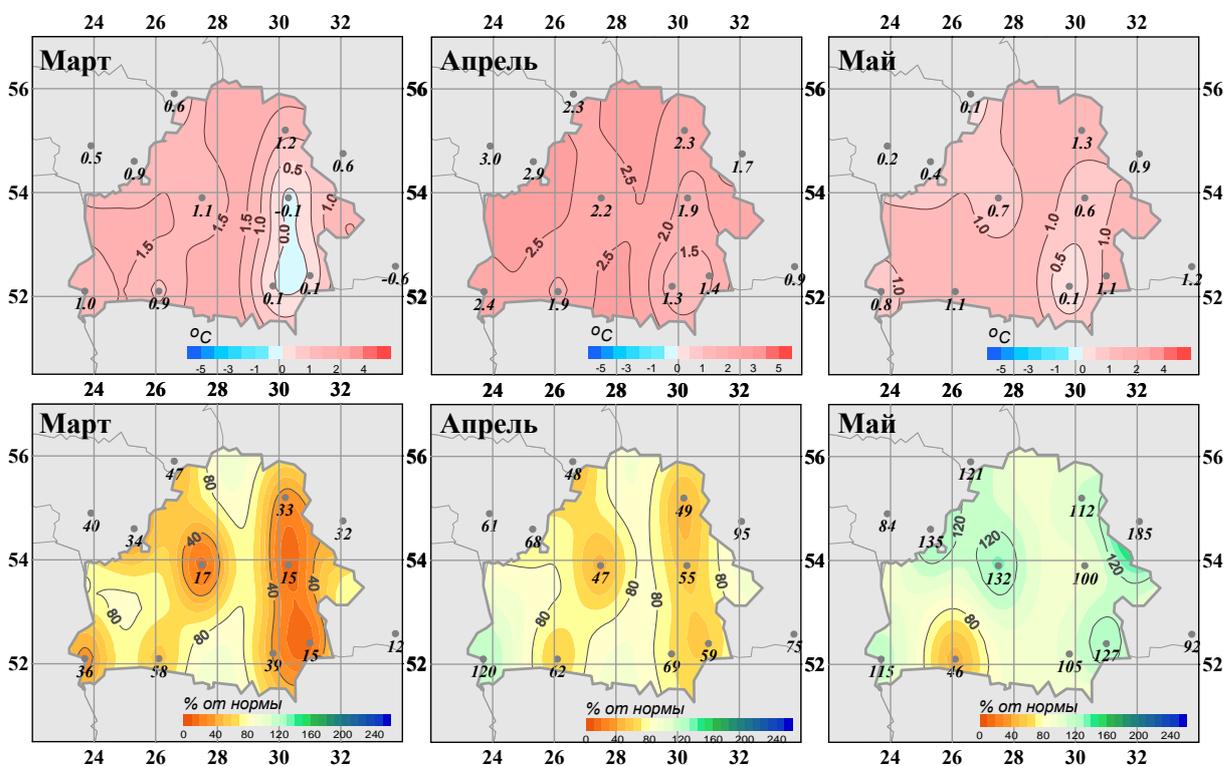


Рисунок 2. Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха (вверху) и атмосферных осадков (внизу) для месяцев весеннего сезона 2011 г. на территории республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны относительно периода 1961-1990 гг. Цифрами приведены значения аномалий температуры (в градусах Цельсия) и осадков (в % от нормы) на станциях. Красными кружками показаны станции, на которых количество выпавших осадков было меньше 5% процентиля.

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

Таблица 4

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

Сезон	Температура			Осадки		
	νT_{2011} °C	$b_{1976-2011}$ °C/10 лет	$D_{1976-2011}$ %	νR_{2011} мм/месяц	$b_{1976-2011}$ мм/мес/10лет	$D_{1976-2011}$ %
Весна	1.03	0.50	16	-8.7	2.4	7
Март	0.67	0.54	5	-26.1	-0.0	0
Апрель	2.17	0.79	23	-15.3	-2.7	4
Май	0.63	0.20	2	9.4	6.5	12

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

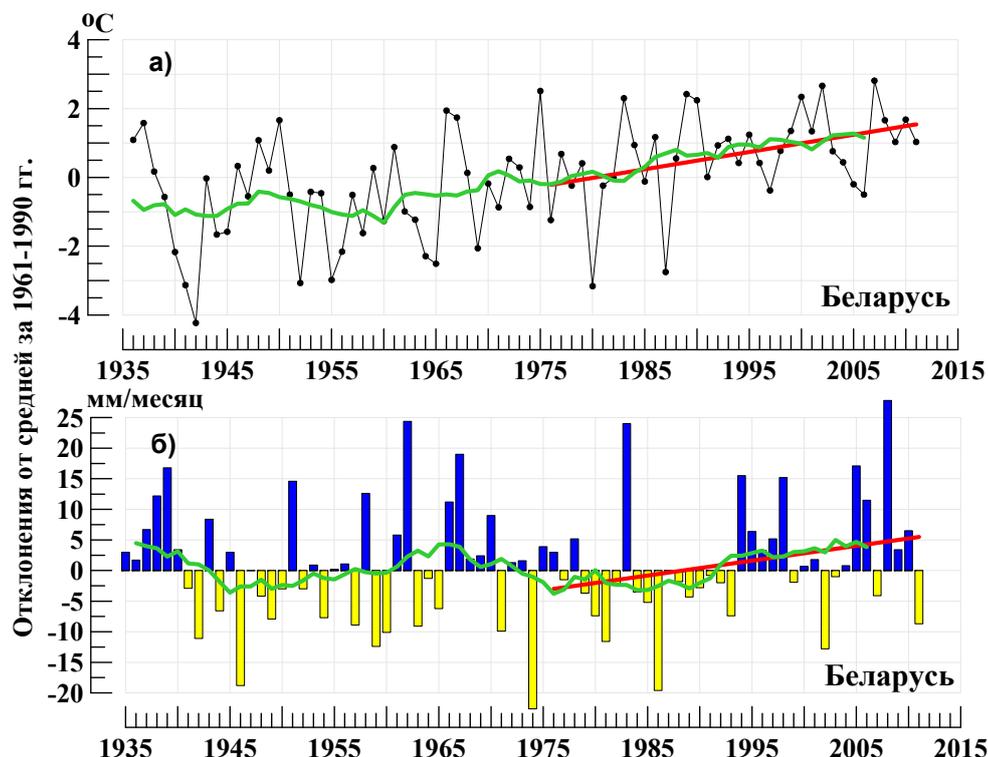


Рисунок 3. Сезонные (март – май) аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд проведен по данным за 1976-2011 гг.

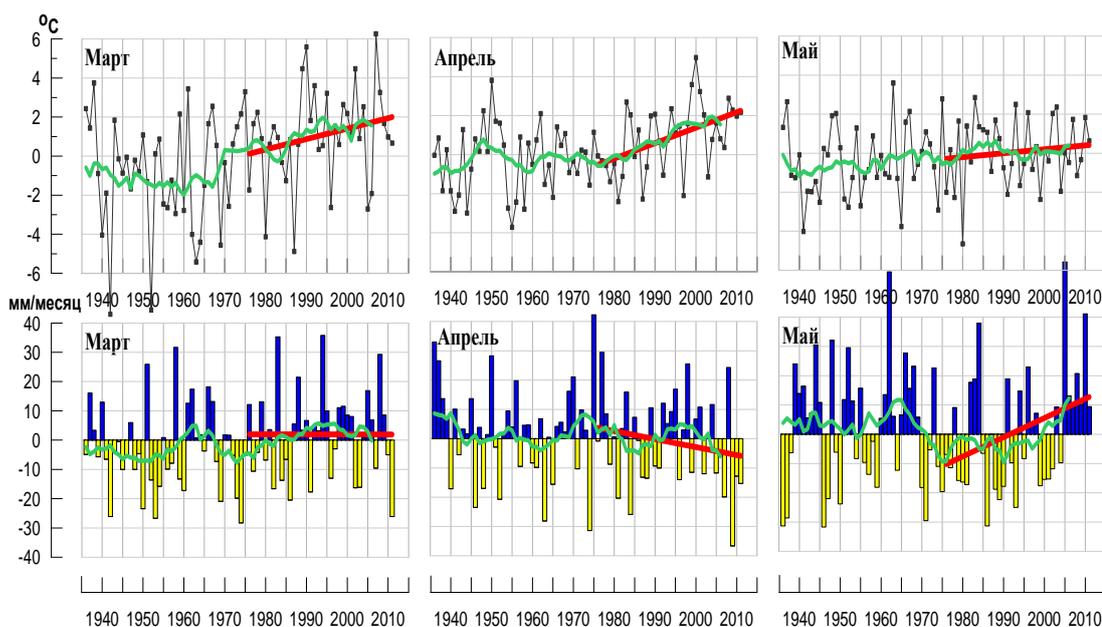


Рисунок 4. Средние месячные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и атмосферных осадков (мм/месяц), осредненные по территории Республики Беларусь. Условные обозначения см. на рисунке 3.

Данные табл.4 хорошо согласуются с отмеченными особенностями режима температуры и осадков на территории Беларуси. В среднем по Республике, ни один из весенних месяцев 2011, как и сезон в целом, не попали в число экстремальных аномалий. Так, сезонная аномалия температуры воздуха (+1.03°C) оказалась на 23 месте среди теплых сезонов 1936-2011 гг., а аномалия осадков (-8.7 мм/месяц) – на 12 месте среди сухих сезонов. Исключение представляет март, который оказался третьим наиболее сухим месяцем (после 1974 и 1953 гг.) в ряду наблюдений с 1936 года.

Тренд весенних температур, в среднем по территории Беларуси, составил 0.50°C/10 лет (ответствен за 16% дисперсии). Во все месяцы сезона тренд положителен, но статистически значим только в апреле и в среднем за сезон (на 1%-м уровне значимости). В изменении регионально осредненных осадков сезонный тренд составил 2.4 мм/месяц/10 лет. Однако в ходе осадков марта и апреля тренд практически отсутствует, и можно говорить лишь о слабой тенденции к увеличению осадков в мае (уровень значимости около 2%).

ВЫВОДЫ

1. Весной положительные аномалии температуры приземного воздуха отмечались на всей территории Республики Беларусь. Наиболее теплым месяцем в сезоне был апрель, когда средняя по территории аномалия составила около 2.2°C.

2. Осадки весеннего сезона были ниже нормы на всей территории Республики. Дефицит осадков наблюдался в марте (ниже 40% нормы) и в апреле (60-70% нормы). Самым «сухим» месяцем в сезоне был март, когда на трех восточных станциях осадков выпало всего около 15% нормы, что оказалось ниже 5-го перцентиля.

3. В среднем по территории Беларуси отмечается тенденция к потеплению, как в среднем за сезон, так и в отдельные весенние месяцы, Наиболее существенное потепление – в апреле (0.79 °C/10 лет, 23% дисперсии).

4. В целом для Беларуси линейные тренды в изменении осадков обнаруживаются слабее. Можно отметить тенденцию к слабому увеличению осадков в мае (и за счет их – в целом за сезон). По сравнению с оценками за период 1976 -2010 гг. эта тенденция выражена слабее.