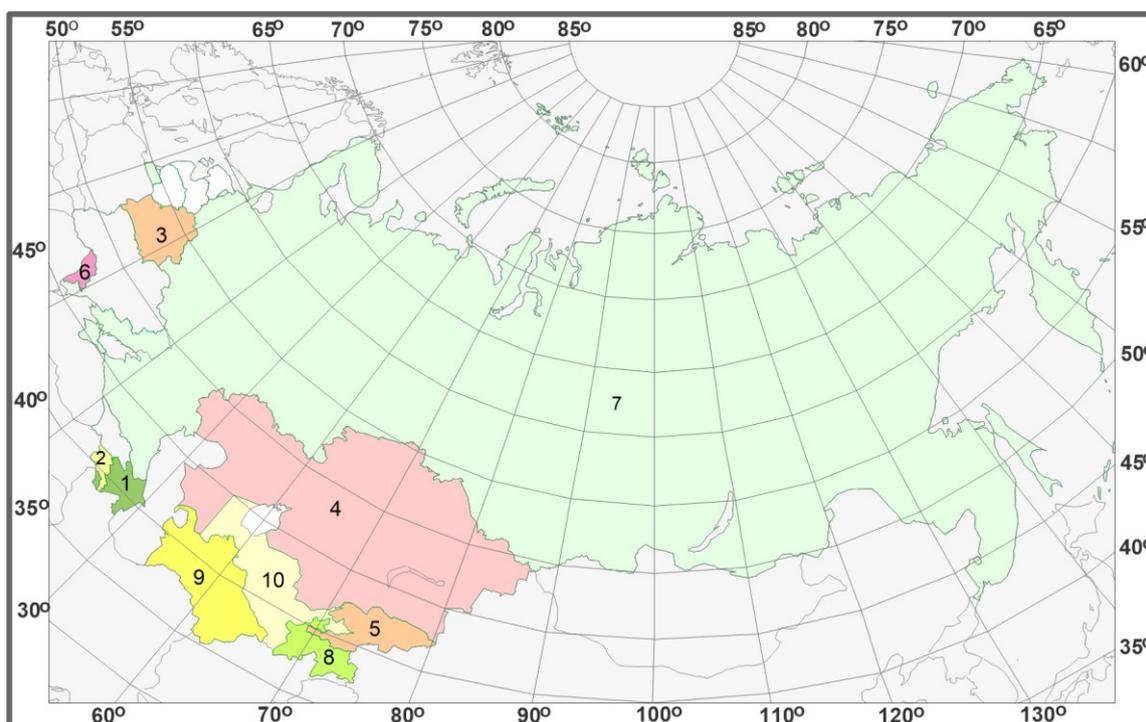


Северо-Евразийский Климатический Центр (СЕАКЦ)

Обзор состояния и тенденций изменения климата

Зима: 2023_{XII} – 2024_I



- | | | | |
|-----------------|----------------|-------------|----------------|
| 1. Азербайджан | 2. Армения | 3. Беларусь | 4. Казахстан |
| 5. Кыргызстан | 6. Молдова | 7. Россия | 8. Таджикистан |
| 9. Туркменистан | 10. Узбекистан | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ*

ВВЕДЕНИЕ	3
I. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2023/24 гг.	4
II. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА	11
2.1. Температура приземного воздуха	12
2.2. Атмосферные осадки	13
III. ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗА ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ С 1936 г.	15
3.1. Армения	15
3.2. Азербайджан	16
3.3. Беларусь	16
3.4. Казахстан	17
3.5. Кыргызстан	17
3.6. Молдова	18
3.7. Россия	18
3.8. Таджикистан	19
3.9. Туркменистан.....	20
3.10. Узбекистан	20

* Бюллетень подготовлен в ФГБУ "ИГКЭ"

ВВЕДЕНИЕ

В бюллетене приводится информация о состоянии приземного климата (температура приземного воздуха и атмосферные осадки) за зимний сезон 2023/24 гг. и о наиболее значительных климатических аномалиях этого периода на территории ответственности Северо-Евразийского Климатического Центра (СЕАКЦ). Все оценки рассчитываются по данным базового массива мониторинга климата ФГБУ "ИГКЭ", содержащего данные гидрометеорологических наблюдений на 455 (температура и осадки) и 702 (только температура) станциях наблюдательных сетей на постсоветской территории (каталог станций см. на сайте <http://climatechange.su>).

Прием данных с каналов связи осуществляется в оперативном режиме в ФГБУ «Гидрометцентр России» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», откуда данные поступают в ФГБУ "ИГКЭ". Весь процесс усвоения информации, включающий сбор и контроль качества данных, пополнение базовых массивов, а также анализ текущих климатических аномалий и изменений климата и подготовку выходной продукции выполняется в ФГБУ "ИГКЭ".

В настоящем бюллетене использованы данные 641 станций (температура) и 332 станции (осадки), по которым сводки КЛИМАТ в оперативном потоке поступили своевременно¹.

Среди них: станций Азербайджана – 2 для температуры (из 3) и 0 для осадков (из 8), Армении - 1 (из 5), Беларуси – 6 для температуры (из 8) и 6 для осадков (из 7), Казахстана – 58 для температуры (из 62) и 55 для осадков (из 64), Кыргызстана – 7 для температуры (из 7) и 5 для осадков (из 8), Молдовы – 4 (из 4), России – 545 для температуры (из 576) и 247 для осадков (из 310), Таджикистана – 4 для температуры (из 5) и 1 для осадков (из 3), Туркменистана – 7 (из 7), Узбекистана – 7 для температуры (из 7) и 6 для осадков (из 6).

Под аномалиями температуры в бюллетене понимаются отклонения наблюдаемого значения от нормы, определяемой как среднее за базовый период 1991-2020 гг. согласно рекомендациям ВМО. Аномалии осадков рассматриваются как в отклонениях от нормы (аналогично температуре), так и в процентах от нормы (отношение количества выпавших осадков к соответствующему значению нормы, выраженное в процентах). Дополнительно, в качестве еще одного показателя степени аномальности, приводится эмпирическая «вероятность превышения» текущего значения во временном ряду рассматриваемой переменной за период с 1936 по 2023 г. (доля значений временного ряда, меньших либо равных текущему значению).

¹ К сожалению, в последние годы из ряда регионов ухудшилось поступление данных по каналам связи (особенно из Таджикистана и регионов Закавказья - Азербайджан, Армения). В результате, полученные для этих районов оценки менее надежны и иногда отсутствуют.

I. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМЫ 2023/24 ГГ.

Детальное представление о характере климатических условий зимы 2023/24 гг. на территории ответственности СЕАКЦ дают рисунки 1.1 и 1.2, на которых приведены соответствующие поля сезонных аномалий температуры и осадков. В верхней части рис. 1.1 приведены сезонные аномалии температуры (отклонения от сезонных средних за 1991-2020 гг.), в нижней части – $P(t \leq T_{2024})$, т.е. вероятности непревышения значений, наблюдаемых в 2024 году.

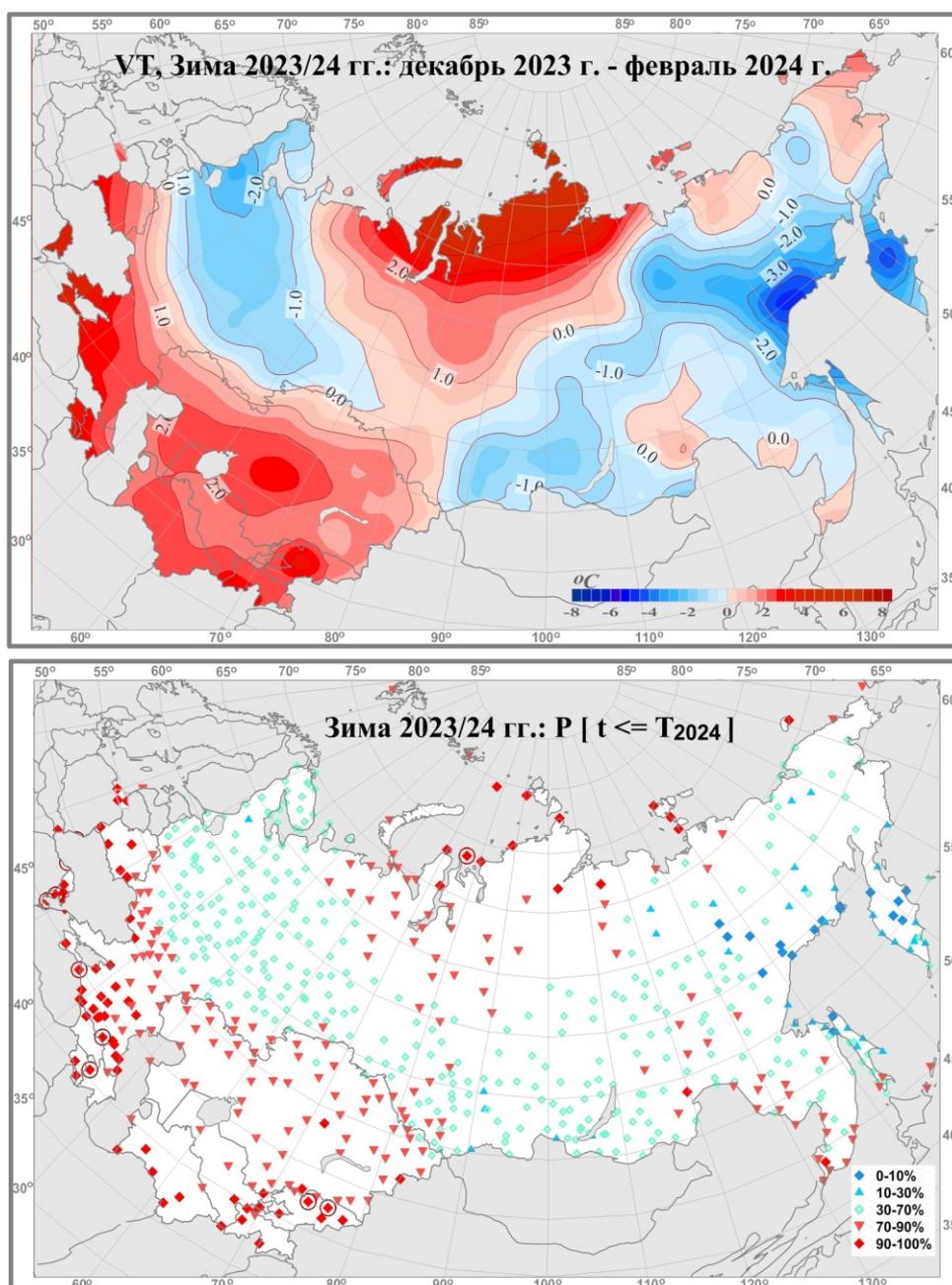


Рис. 1.1. Поля сезонных аномалий температуры приземного воздуха зимой 2023/24 года: отклонения от сезонных средних за 1991-2020 гг. (вверху); вероятности непревышения наблюдаемых в 2024 г. зимних температур $P(t \leq T_{2024})$ в 1936-2023 гг. (внизу).
Дополнительным кружком выделены «рекордные» значения (ниже минимума либо выше максимума за период 1936 – 2023 гг.).

Вероятности непревышения рассчитаны по данным за 1936-2023 гг. и указывают степень аномальности наблюдаемых значений. На рисунке выделены пять градаций вероятности непревышения. Значения, попадающие в крайние градации (0-10% и 90-100%, т.е., попадающие в 10% самых холодных или теплых лет за период с 1936 года), рассматриваются как экстремальные. Средняя градация 30-70% соответствует условиям, близким к норме (градация отображается бледно-зеленым ромбом). Промежуточные градации квалифицируются как умеренно аномальные: холодные (10-30%) или теплые (70-90%). На рис. 1.2 представлены относительные аномалии осадков в процентах от нормы и вероятности непревышения.

В Армении, Азербайджане, Беларуси, Молдове, на территории постсоветской Центральной Азии температура воздуха зимой 2023/24 гг. заметно превышала норму; на ряде станций отмечались аномалии выше 90-го перцентиля, достигавшие $2-3^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.1). На территории России было тепло на юге Европейской части с локальными аномалиями выше 90-го перцентиля, а также на севере Сибири (аномалии до $+5,13^{\circ}\text{C}$ на севере полуострова Таймыр). На остальной части страны температура воздуха была близка к норме, при этом значительную площадь занимали области отрицательных аномалий: в северной половине Европейской части, на юге Восточной Сибири и на большей части Дальневосточного региона. На севере Хабаровского края локальные аномалии температуры достигали $-5,88^{\circ}\text{C}$ и оказались ниже 10-го перцентиля.

В Беларуси и на большей части территорий России и Казахстана зимние суммы осадков превышали норму (рис. 1.2). Обширная область крупного избытка осадков с многочисленными аномалиями выше 90-го перцентиля, достигавшими 293% на северо-востоке Казахстана и 346% нормы на Алтае (Россия), охватывала Республику Беларусь, центральные и южные районы Европейской России, юг Западной Сибири, а также Республику Казахстан за исключением южных областей. Рекордное для зимнего сезона количество осадков выпало на 3-х станциях в Беларуси, на 8-ми станциях в Казахстане и на 3-х станциях в России.

Дефицит осадков (50-80% нормы) наблюдался на большей части Узбекистана и Туркменистана, а также в северных районах России (30-60% нормы на северо-востоке страны и в районе Обской губы).

В табл. 1 приведены осредненные по территориям стран СНГ значения аномалий температуры и осадков для зимы 2023/24 гг. В данном случае, как для температуры, так и для осадков, сезонные аномалии рассчитаны как отклонения средних сезонных значений климатической переменной от соответствующего значения нормы. Для осадков сезонное значение представлено как средняя за сезон месячная сумма осадков, так что аномалия выражена в мм/месяц. Дополнительно приведены значения эмпирической вероятности (вероятности непревышения) региональных аномалий по данным за 1936-2023 годы, а для температуры – значения стандартного отклонения.

Регионально осредненные (по территориям государств СНГ) аномалии температуры были отрицательными лишь в целом по России. В остальных рассматриваемых государствах сезон был экстремально теплым (вероятности непревышения аномалий больше 90%), либо близким к экстремальному, как в

Казахстане и в Узбекистане (табл. 1). Рекордно высокие для зимы значения температуры зарегистрированы в целом для Кыргызстана и Молдовы.

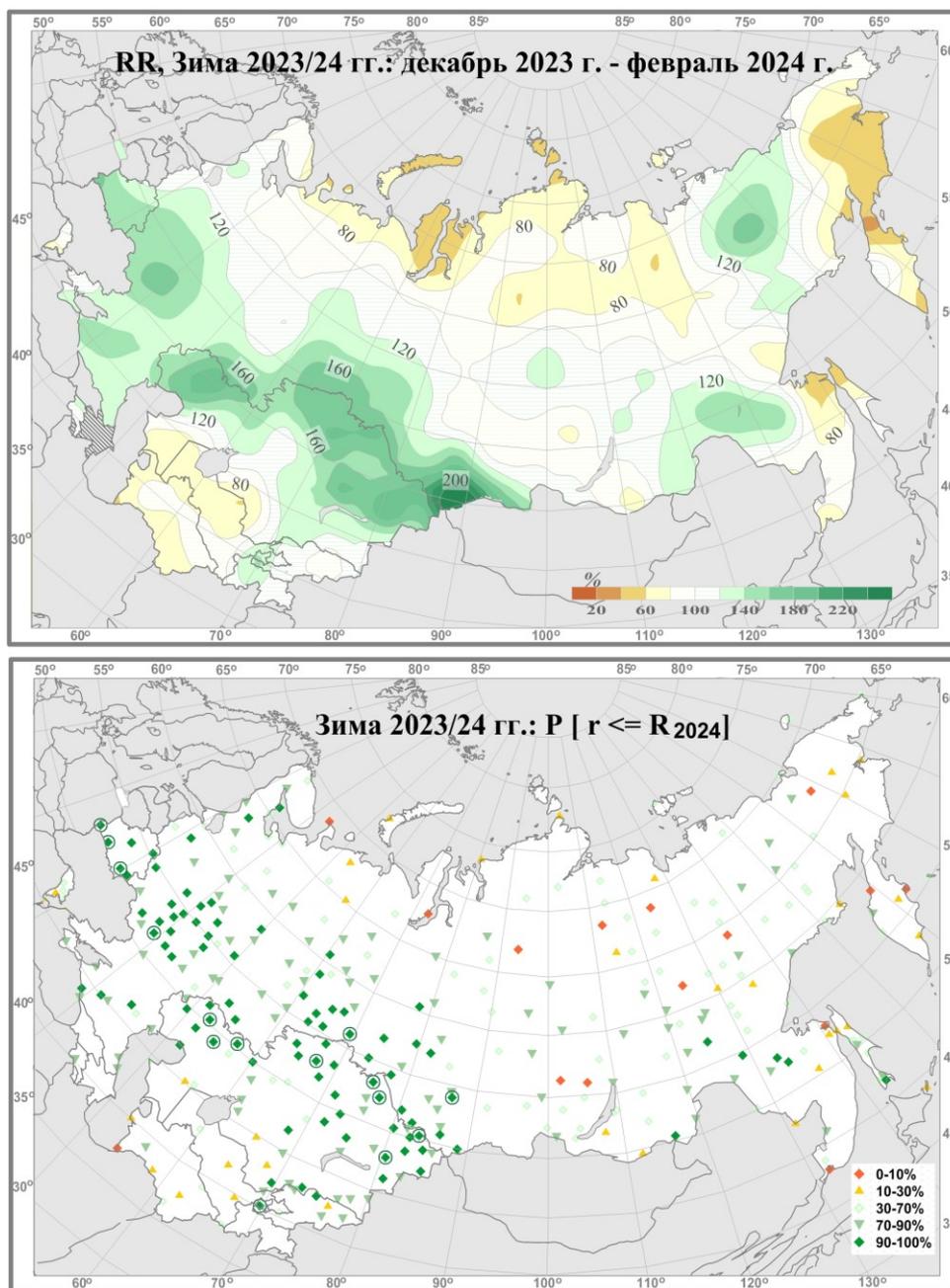


Рис. 1.2. Поля аномалий сезонных сумм осадков зимой 2023/24 года (в процентах от нормы 1991-2020 гг.) и вероятности их неперевышения $P(r \leq R_{2024})$ в 1936-2023 гг. Дополнительным кружком выделены «рекордные» значения (ниже минимума либо выше максимума за период 1936 – 2023 гг.). Территория государств, где недостаточно данных для временного осреднения, заштрихована косыми черными линиями.

В целом для территорий большинства государств зимний сезон 2023/24 гг. оказался очень «влажным», особенно в Беларуси и в Казахстане, где отмечались рекордные сезонные суммы осадков (табл. 1). Следует также отметить рекордное для зимы количество осадков, выпавшее на станции Худжанд. Недостаточное увлажнение

наблюдалось в среднем для Молдовы, Узбекистана и особенно для Туркменистана (аномалия -5,3 мм/месяц, вероятность неперевышения 28%).

Таблица 1

Регионально осредненные сезонные аномалии температуры и осадков зимой 2023/24 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от норм 1991-2020 гг., вероятности неперевышения рассчитаны относительно выборки за 1936-2023 гг. и выражены в %.

Регион (страна)	Температура, °С			Осадки, мм/месяц	
	Аномалия	Стандартное отклонение	Вероятность неперевышения	Аномалия	Вероятность неперевышения
Азербайджан	2,34	1,37	98	-	-
Армения	3,52	2,65	94	3,1	75
Беларусь	1,88	2,71	93	23,4	100
Казахстан	1,65	2,37	88	7,6	100
Кыргызстан	2,42	1,35	100	0,5	80
Молдова	3,78	1,81	100	-3,1	42
Россия	-0,31	1,62	64	2,8	92
Таджикистан	3,38	2,36	99	22,3	100
Туркменистан	2,17	1,72	94	-5,3	28
Узбекистан	2,00	2,08	90	-1,4	54

Примечание: 1) выделены курсивом ненадежные оценки (для Азербайджана и Армении), полученные региональным осреднением менее чем по 50% станций на рассматриваемой территории;
2) для территории Армении средние сезонные оценки аномалий температуры и осадков приводятся по станции Ереван;
3) для территории Таджикистана средние сезонные оценки аномалий температуры приводятся по станции Душанбе, осадков – по станции Худжанд;
4) Оценки аномалий температуры воздуха на станциях Азербайджана получены по данным СИНОП.

Внутрисезонные особенности климатических условий можно проследить по рисункам 1.3 – 1.5, где приведены поля аномалий температуры и осадков для каждого месяца сезона. Ромбами на них указаны пункты осуществления 10%-ых экстремумов – в них текущее наблюдение попало в 10% самых низких или самых высоких (для данного пункта и рассматриваемого месяца) значений за период с 1936 года. Залитыми ромбами показаны станции, на которых температуры и суммы осадков оказались рекордно высокими или рекордно низкими за период с 1936 г.

В декабре 2023 года значительную часть территории России занимали области отрицательных аномалий температуры с центрами на северо-западе Европейской части (аномалии до -3,15оС) и севернее озера Байкал (аномалии до -4,77оС). В то же время температура воздуха превышала норму в Армении, в Азербайджане, в Беларуси, в Молдове, на территории постсоветской Центральной Азии, в южной половине Европейской России и на севере ее Азиатской части (аномалии до +5,88оС в районе Таймыра и до +5,12оС в центре Казахстана). На ряде станций в южных регионах СНГ отмечались 10%-е экстремумы тепла.

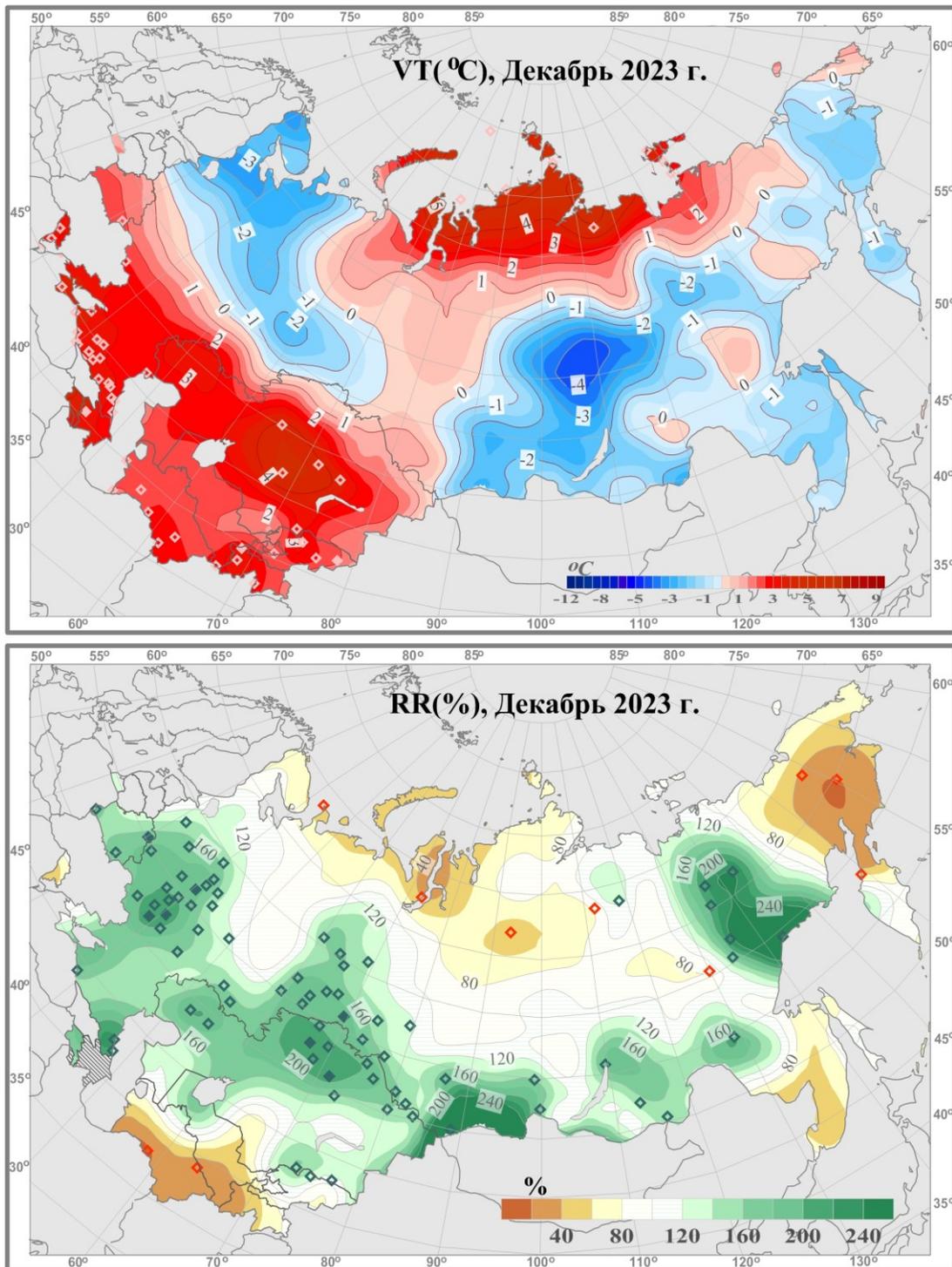


Рис. 1.3. Поля аномалий среднемесячной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$, сверху) и месячных сумм осадков (% от нормы, внизу) в декабре 2023 г.

Ромбами указано местоположение 10%-ых экстремумов обоих знаков, залитыми ромбами выделены «рекордные» значения (выше локального минимума/максимума за период 1936 – 2022 гг.). Территория государств, где недостаточно данных для временного осреднения, заштрихована косыми черными линиями.

Из существенных аномалий в поле осадков следует отметить область крупного избытка осадков (аномалии 2 нормы и более в центрах очагов), протянувшуюся от западных границ Беларуси через центральные и южные районы Европейской России,

территорию Казахстана и юг Азиатской части России почти до Байкала. Очень много снега также выпало в Забайкалье (до 260% нормы) и на северо-востоке Сибири (местами 2-4 нормы). На многих станциях в перечисленных районах декабрь попал в число 10% самых снежных за период с 1936 года. Дефицит осадков (80% нормы и менее) отмечался в Молдове, в Туркменистане (25-50% нормы), на севере России (на северо-востоке - 15-25% нормы), на востоке Узбекистана на севере России.

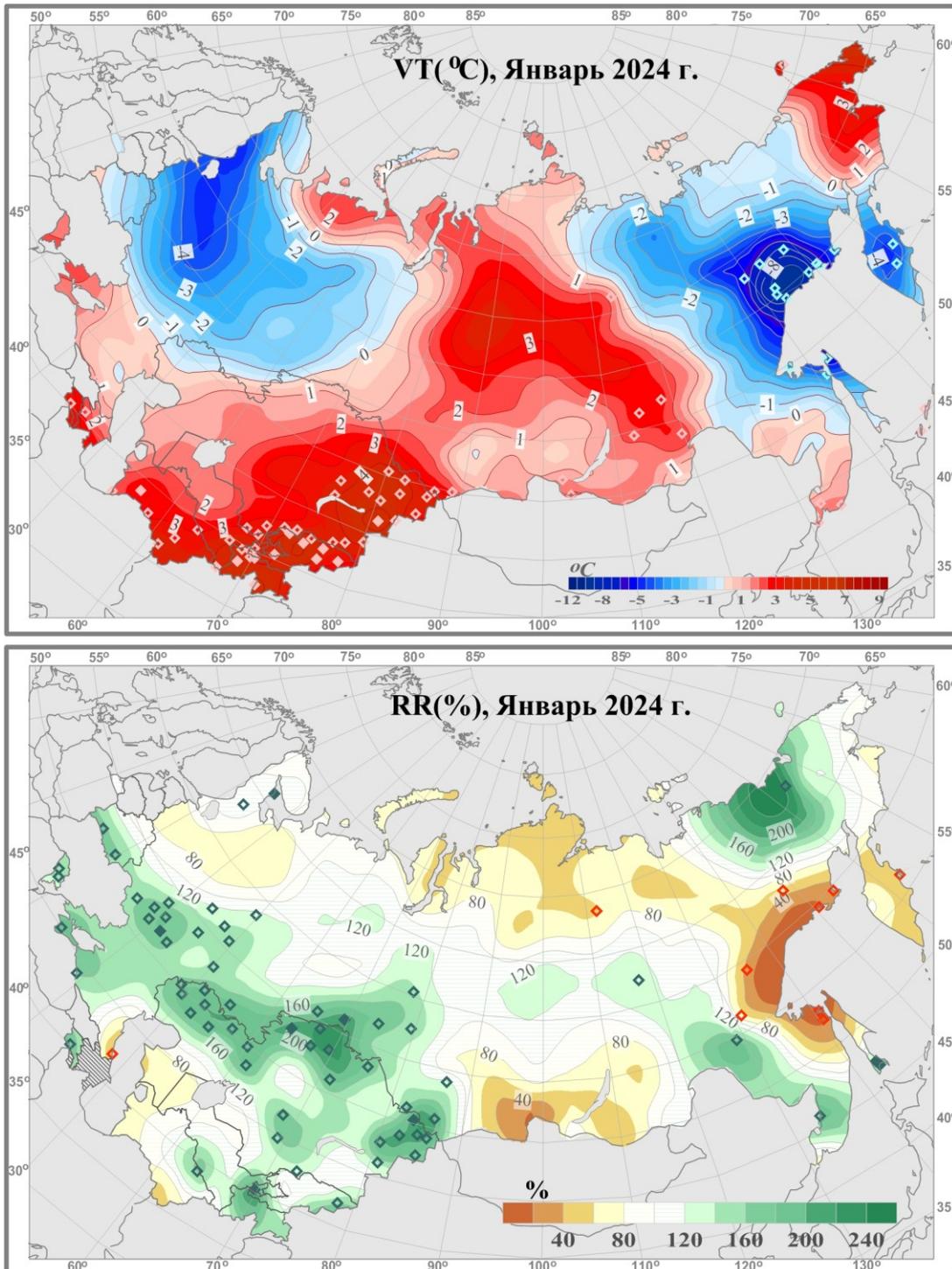


Рис. 1.4. То же, что на рис. 1.3, но для января 2024 г. Залитыми ромбами выделены «рекордные» значения (выше локального минимума/максимума за период 1936 – 2023 гг.).

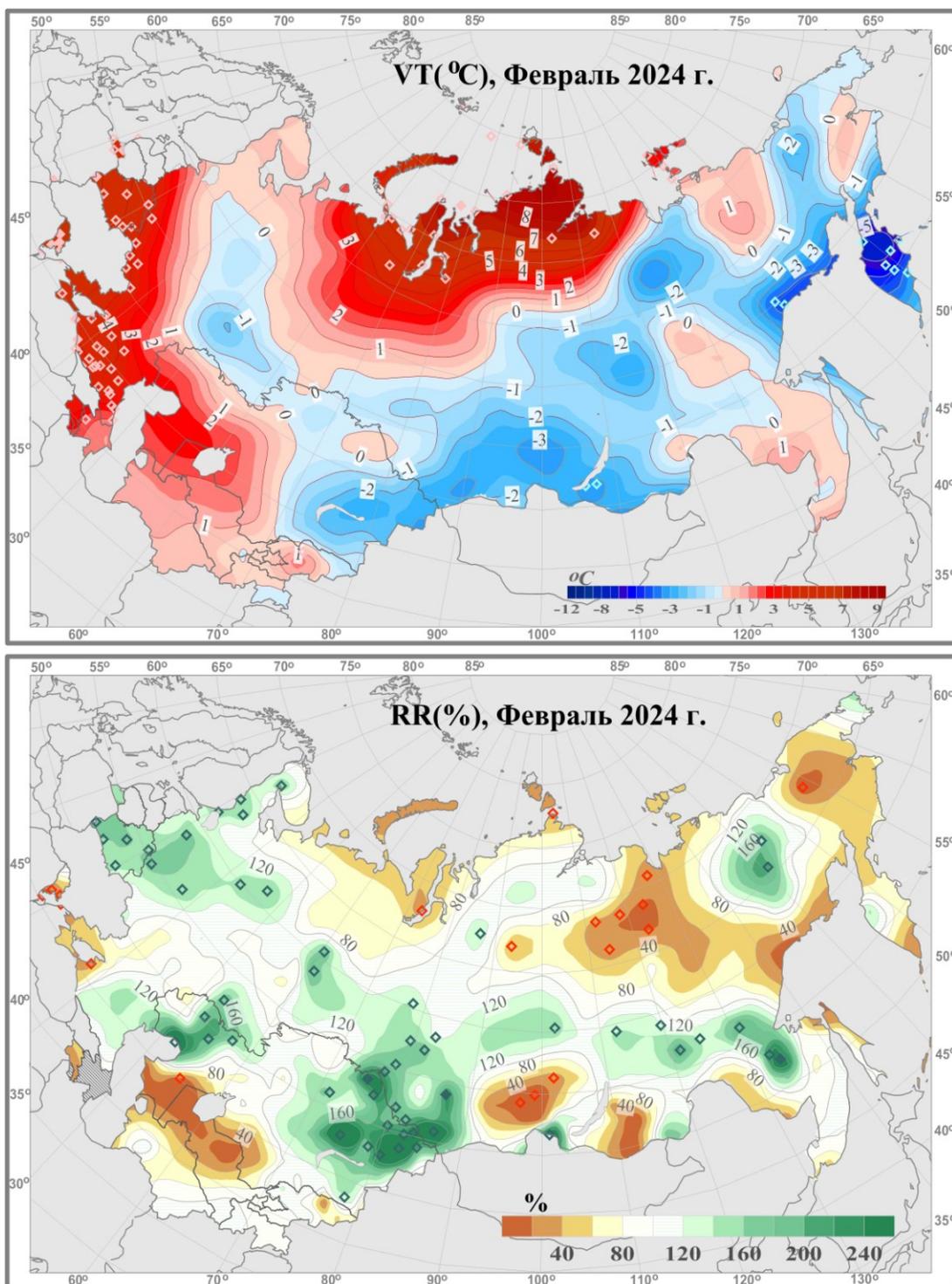


Рис. 1.5. То же, что на рис. 1.4, но для февраля 2024 г.

В **январе** область холода в Европейской части России увеличилась по площади и охватывала почти всю территорию региона. Холоднее обычного также было в Беларуси. В Азиатской части России отрицательные аномалии температуры сохранялась на большей части Дальневосточного региона с экстремально низкими температурами (ниже нормы на 9 - 11°C) на севере Хабаровского края. Холоднее обычного также было в Беларуси. В то же время месяц был теплым на территории постсоветской Центральной Азии с локальными аномалиями выше 90-го перцентиля в

восточной части региона, достигавшими $+5 - +6^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.4, верхняя карта). На 5-ти станциях в Кыргызстане, на 3-х станциях в Таджикистане и на 2-х станциях в Узбекистане зафиксированы рекордные для января значения среднемесячной температуры воздуха. Также температура воздуха превышала норму в Армении, в Азербайджане, в Молдове, в отдельных областях России, особенно в Средней Сибири (аномалии до $+4,21^{\circ}\text{C}$).

На юге Беларуси и Европейской России, на большей части территории Казахстана и в соседних областях Западной Сибири второй месяц подряд осадки заметно превышали норму (в 1,5- 2,5 раза), что на многих станциях соответствует аномалиям выше 90-го перцентиля. Более 2-х норм осадков выпало на Крайнем северо-востоке России. После «сухого» декабря экстремально высокое количество осадков отмечалось в Молдове (130-199% нормы). Дефицит осадков (меньше 80% нормы) преобладал в северных районах России (рис. 1.4, нижняя карта). Очень мало снега было в Хабаровском крае: местами выпало экстремально низкое количество осадков – 11-15% нормы.

В феврале значительную часть территории России, в основном, Азиатской, а также север и восток Казахстана занимала область отрицательных аномалий температуры, достигавших экстремально низких значений ($-7,71 \dots -5,72^{\circ}\text{C}$) на востоке России – на Камчатке и в Хабаровском крае (рис. 1.5, верхняя карта). Очаги положительных аномалий сформировались на западе и юго-западе рассматриваемой территории (до $+6,33^{\circ}\text{C}$ на западе Беларуси) и на севере Западной и Средней Сибири (Россия), где аномалии достигали $+5 - +8^{\circ}\text{C}$. На ряде станций в областях тепла минувший февраль был в числе 10% самых теплых за период с 1936 года.

Условия увлажнения на рассматриваемой территории были контрастными. Крупный избыток осадков (на многих станциях экстремальный) отмечался в Беларуси, в России – на северо-западе, на юге Средней Сибири и в районе Северо-Байкальских нагорий, а также на северо-западе и востоке Казахстана (рис. 1.5, нижняя карта). В то же время дефицит осадков (в основном, меньше 60% нормы, а на отдельных станциях - от 7 до 20% нормы) наблюдался в Армении, в Молдове, на юго-западе Казахстана, в Узбекистане (за исключением востока) и в отдельных районах Туркменистана. Дефицит осадков, местами экстремальный, преобладал в северных районах Азиатской части России (15-50% нормы), а также в районе Байкала (23-52% нормы).

II. ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА

Современные изменения климата характеризуются потеплением в глобальном масштабе, начало которого может быть отнесено к середине 1970-х гг. В настоящем бюллетене региональные проявления глобального потепления численно описываются оценками линейного тренда за период с 1976 г. по текущий год. Коэффициент линейного тренда характеризует среднюю скорость изменений климатической переменной на рассматриваемом интервале времени. Существенность этих изменений

зависит от соотношения между величиной климатического сигнала, описываемого трендом, и короткопериодными колебаниями климата («климатическим шумом»): она характеризуется долей учтенной трендом дисперсии, выраженной в процентах от полной дисперсии климатической переменной. Тренд рассчитан методом наименьших квадратов: в точках наблюдений – по временным рядам осредненных за сезон стационарных аномалий, а для территорий рассматриваемых регионов по временным рядам регионально осредненных среднесезонных аномалий.

2.1. Температура приземного воздуха

На рис. 2.1 приведено географическое распределение коэффициента линейного тренда зимних температур ($^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$) за период 1976-2024 гг., которое дает детальную географическую картину современных тенденций в изменении зимнего температурного режима на исследуемой территории. Региональные оценки линейных трендов за этот же период для зимних температур, осредненных по территориям государств, представлены в таблице 2.

В зимний сезон на большей части территории СНГ наблюдается тенденция к увеличению сезонной температуры воздуха, наиболее заметная в Арктической зоне: на северо-западе ЕЧР (до $+0,99^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$), на севере Таймыра и Ямала (до $+1,22^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$) и Чукотского АО (до $+0,87^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$). Области слабых отрицательных трендов сохраняются в России на юго-востоке Западной Сибири (до $-0,08^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$) и на востоке Якутии (до $-0,27^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$).

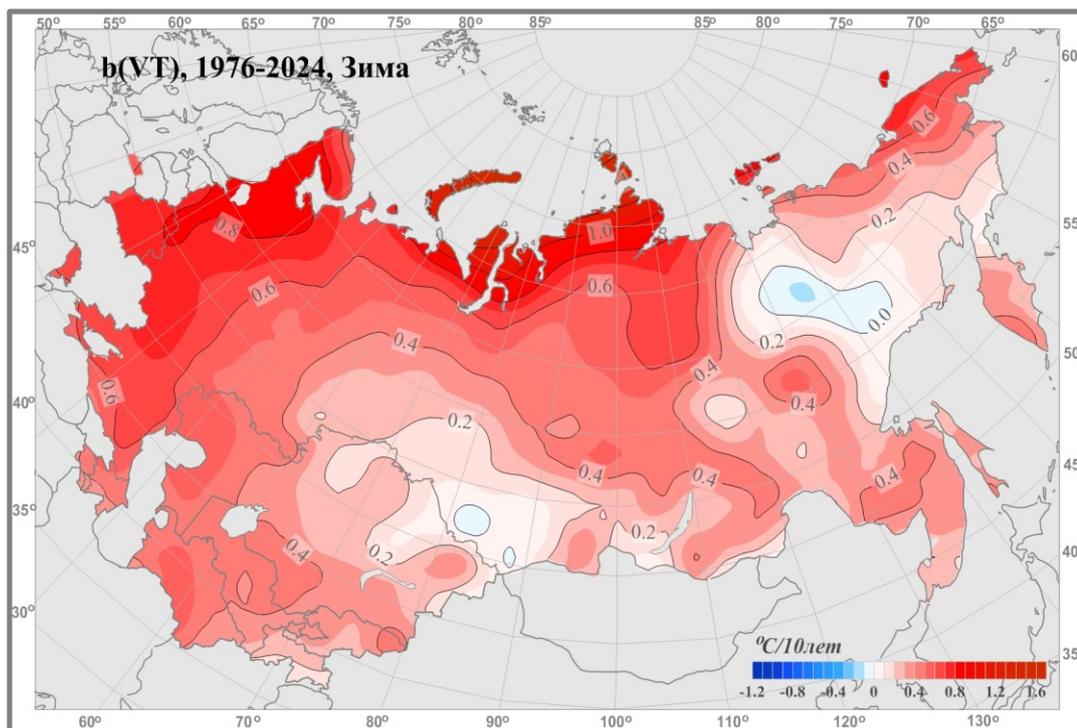


Рис. 2.1. Географическое распределение коэффициентов линейного тренда зимних температур по данным наблюдений за 1976-2024 гг. ($^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$).

Регионально осредненные тренды температуры положительны во всех государствах (табл. 2). Наиболее заметное потепление наблюдается в целом для Беларуси (в среднем по территории республики тренд составил $+0,73^{\circ}\text{C}/10$ лет), Молдовы ($+0,61^{\circ}\text{C}/10$ лет) и Азербайджана ($+0,40^{\circ}\text{C}/10$ лет); тренды значимы на уровне 1%. Значимые на 5%-ом уровне тренды отмечаются в среднем для России, Кыргызстана и Туркменистана.

Таблица 2

Оценки линейного тренда регионально-осредненных зимних температур за 1976-2024 гг.: b – коэффициент линейного тренда, D – вклад тренда в дисперсию

Регион (страна)	b , $^{\circ}\text{C}/10$ лет	$D\%$
Азербайджан	<i>0,40</i>	<i>11</i>
Армения	<i>0,53</i>	<i>9</i>
Беларусь	0,73	19
Казахстан	0,31	4
Кыргызстан	0,31	10
Молдова	0,61	18
Россия	0,40	11
Таджикистан	<i>0,21</i>	<i>2</i>
Туркменистан	0,42	12
Узбекистан	0,36	7

Примечание: 1) курсивом выделены ненадежные оценки (для Азербайджана, Армении и Таджикистана), полученные по временным рядам с большим количеством пропущенных данных;
2) для территории Армении средние сезонные оценки трендов температуры получены по данным станции Ереван.
3) для территории Таджикистана средние сезонные оценки трендов температуры получены по данным станции Душанбе.

2.2. Атмосферные осадки

На рис. 2.2 приведены распределения локальных коэффициентов линейного тренда зимних осадков за 1976-2024 гг. Оценки получены для относительной аномалии осадков, рассчитанной по точечным (станционным) данным о сезонных суммах осадков, выраженным в процентах от соответствующих сезонных норм 1991-2020 гг. В табл. 3 приведены региональные оценки трендов осадков за тот же период, полученные по регионально осредненным данным о средних за сезон месячных суммах зимних осадков. Дополнительно в таблице приведены оценки трендов для относительной аномалии осадков, рассчитанной как процентное отношение осредненной по территории региона сезонной суммы осадков к средней по региону сезонной норме.

Коэффициенты линейного тренда, приведенные на рис. 2.2, указывают на преобладающую тенденцию к увеличению зимних осадков, в основном до $+5\%$ нормы / 10 лет. Наибольшая скорость увеличения осадков ($5-10\%$ нормы / 10 лет) отмечается на востоке Беларуси, в России – на северо-западе ЕЧР ($5-15\%$ нормы за 10 лет), на севере Средней Сибири, в районе Байкала, а также на севере и юго-западе Казахстана (до $+13\%$ нормы / 10 лет), на северо-востоке Кыргызстана. Убывание осадков со скоростью

5-15% нормы за 10 лет отмечается в Туркменистане, в центре Узбекистана, в России в районе Обской губы и в отдельных областях в Дальневосточном регионе России.

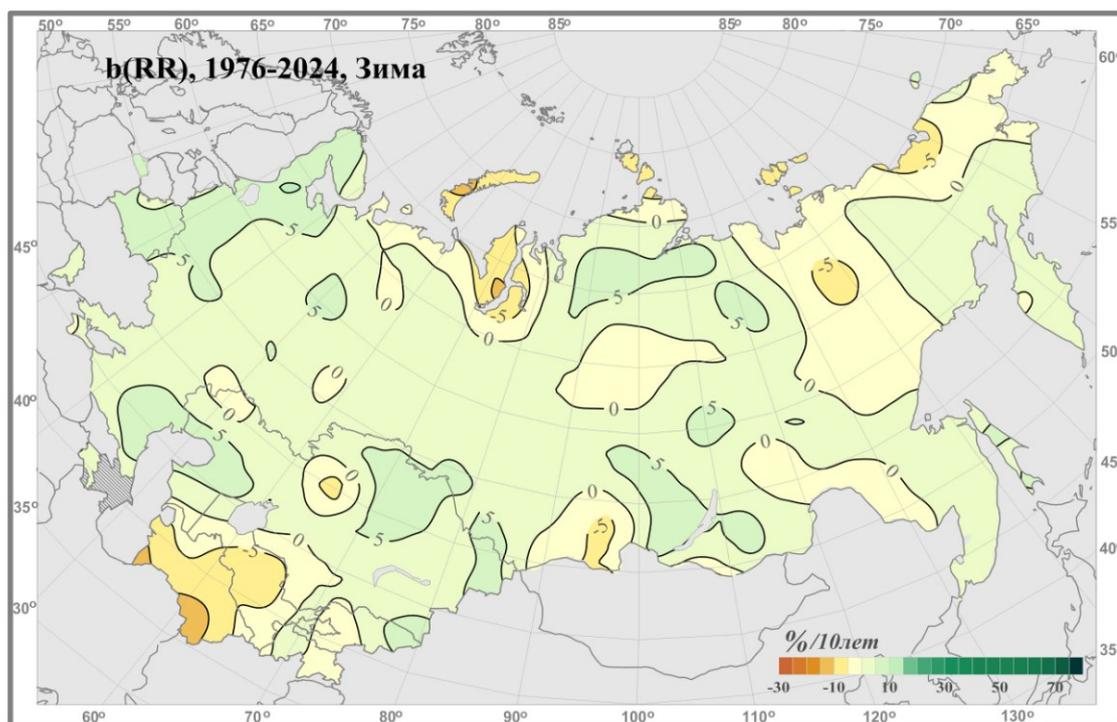


Рис. 2.2. Географическое распределение коэффициентов линейного тренда зимних аномалий атмосферных осадков за 1976-2024 гг. (% нормы/10 лет). Территория государств, где недостаточно данных для временного осреднения, заштрихована косыми черными линиями.

Таблица 3

Оценки линейного тренда регионально осредненных зимних сумм осадков за 1976-2024 гг.: b – коэффициент линейного тренда, D – вклад тренда в дисперсию

Регион (страна)	b , мм/месяц/10 лет	$D\%$	b , % нормы/10 лет	$D\%$
Азербайджан	-	-	-	-
Армения	<i>1,3</i>	3	<i>5,3</i>	3
Беларусь 1	3,1	27	7,7	27
Казахстан	0,5	6	2,9	6
Кыргызстан	0,5	2	1,9	2
Молдова	0,5	1	1,6	1
Россия 1	0,6	18	2,7	18
Таджикистан	<i>1,3</i>	4	<i>6,2</i>	4
Туркменистан 1	-2,0	13	-8,4	13
Узбекистан	-0,7	2	-2,1	2

Примечание: 1) курсивом выделены ненадежные оценки (для Армении), полученные по временным рядам с большим количеством пропущенных данных;
 2) для территории Армении средние сезонные оценки трендов осадков получены по данным станции Ереван;
 3) для территории Таджикистана средние сезонные оценки трендов осадков получены по данным станции Худжанд;
 4) для территории Азербайджана средние сезонные оценки трендов осадков не получены в связи с отсутствием данных телеграмм КЛИМАТ.

Оценки линейных трендов сезонных сумм осадков, осредненных по территориям рассматриваемых государств, указывают на значимую на уровне 1% тенденцию к увеличению осадков в Беларуси и в России (вклад тренда в суммарную дисперсию 27 и 18% соответственно) и к уменьшению осадков в Туркменистане (–8,4% нормы/10 лет). В остальных государствах однонаправленные изменения зимних осадков выражены слабо, преобладают колебания с периодом в несколько десятилетий (рис. 3.1-3.10).

III. ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ ЗА ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ С 1936 г.

Для более полной характеристики текущих изменений и изменчивости климата на территории каждого из регионов (стран СНГ) на рис. 3.1-3.10 приведены временные ряды регионально осредненных аномалий средних сезонных температур ($^{\circ}\text{C}$) и средних за сезон месячных сумм осадков (мм/месяц) за 1936 – 2024 гг.

Региональные средние значения аномалий метеорологических переменных рассчитываются с использованием алгоритма двухступенчатого пространственного осреднения. На первом этапе территория региона покрывается регулярной сеткой (разрешением 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. На втором шаге выполняется взвешенное осреднение средних по ячейкам с весами, пропорциональными доле площади пересечения ячейки с территорией региона.

Для расчета относительных аномалий осадков аналогичным образом, по данным о станционных «нормах» (средних многолетних за базовый период) для каждого региона рассчитываются регионально осредненные «нормы» и регионально осредненные значения самих климатических переменных (рассчитываются суммированием регионально осредненных «норм» и регионально осредненных аномалий). Этот алгоритм уменьшает смещение, вызванное наличием пропусков в рядах наблюдений.

3.1. Армения

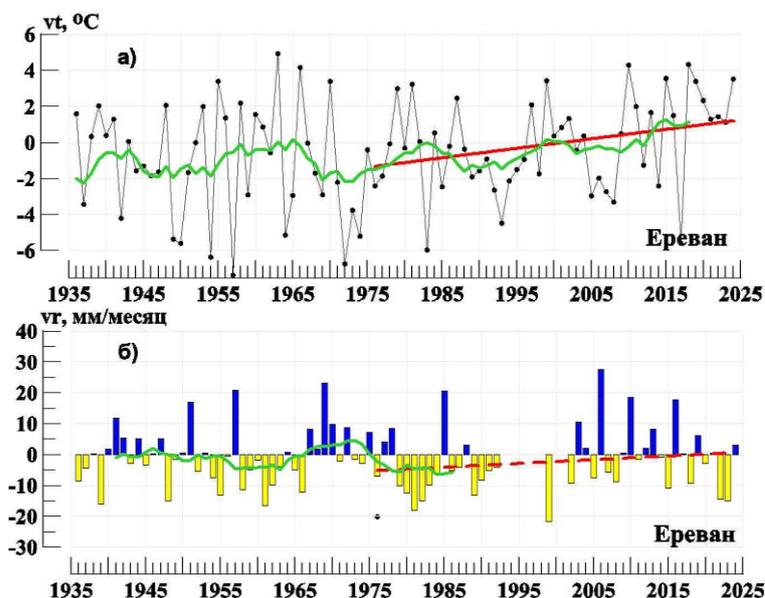


Рис. 3.1. Средние за зимний сезон аномалии температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$, *вверху*) и месячных сумм осадков (мм/месяц, *внизу*) для станции Ереван (Армения) за 1936 – 2024 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1991-2020 гг.

Доступные данные указывают на тенденцию к увеличению в изменениях зимней температуры и осадков. Тренды незначимы.

3.2. Азербайджан²

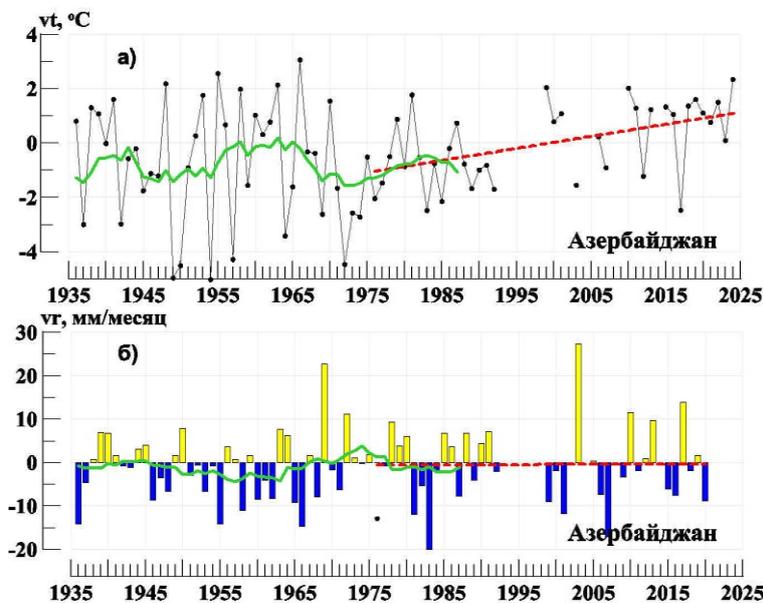


Рис. 3.2. То же, что на рис. 3.1, но в среднем для территории Азербайджана. Аномалии месячных сумм осадков приведены за 1936 – 2020 гг.

Из-за пропуска данных в период между началом и концом 1990-х гг. трудно дать полную характеристику изменения климата последних десятилетий. Имеющиеся данные свидетельствуют о росте температуры в 1976-2024 гг. Заметных изменений осадков за период с 1976 по 2020 год не наблюдалось.

3.3. Беларусь

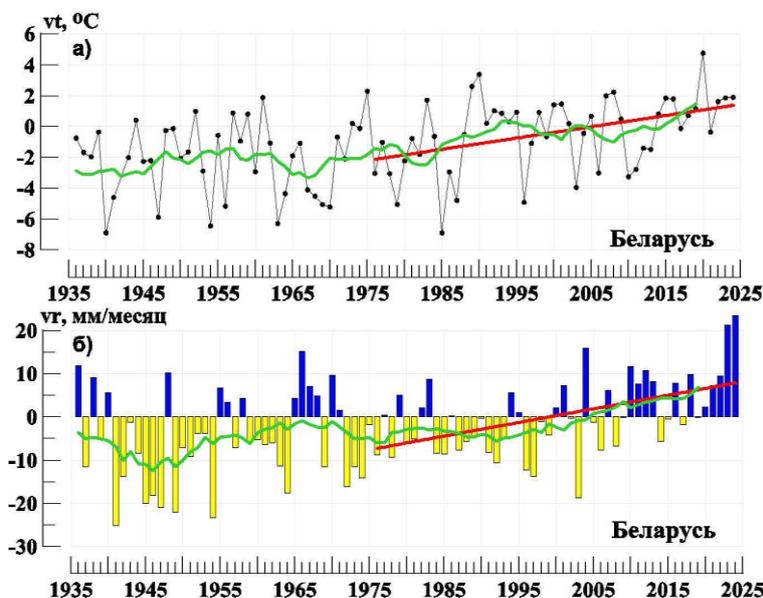


Рис. 3.3. То же, что на рис. 3.1, но в среднем для территории Беларуси

² Данные с 1992 г. поступают нерегулярно

Значительное потепление на территории Беларуси наблюдалось в зимний сезон до начала 1990-х гг., после чего температуры слабо убывали до конца 2000-х: тренд за период 1976-2024 г. значим на уровне 1% и составляет $+0,73^{\circ}\text{C}/10$ лет (наибольший из трендов зимней температуры, осредненной по территориям государств СНГ).

С начала 1990-х гг. наблюдается рост осадков; тренд на всем периоде (1976-2024 гг.) значим на уровне 1%, но, возможно, рост представляет собой восходящую фазу естественных долгопериодных колебаний (сходный рост наблюдался между началом 1950-х – второй половиной 1960-х гг.). Отметим, что зимний сезон 2023/24 гг. в целом по Беларуси был рекордно снежным с аномалией $+23,4$ мм/месяц, что на 2,1 мм/месяц больше рекордного значения, зафиксированного в 2023 году.

3.4. Казахстан

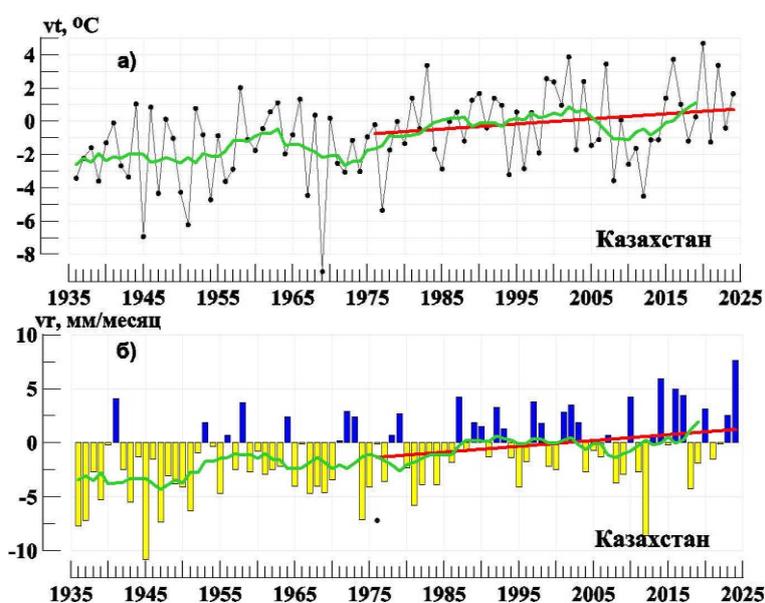


Рис. 3.4. То же, что на рис. 3.1, но в среднем для территории Казахстана

Максимальная скорость потепления на территории Казахстана наблюдалась с начала 1970-х до конца 1980-х гг.; с начала 2000-х гг. происходило похолодание, в конце 2010-х вновь сменившееся потеплением. В осадках наблюдаются долгопериодные колебания (30-40 лет) значительной амплитуды, с фазами роста с начала 1980-х гг. и убывания с начала 21-го века.

3.5. Кыргызстан

Потепление наблюдается с начала 1970-х гг. до начала 21-го века, после чего температуры убывают до начала 2010-х; тренд за 1976-2024 гг. положителен. Отметим, что шесть из 10-ти наиболее теплых лет приходятся на последнее двадцатилетие. В изменениях осадков долгопериодные тенденции не выражены, наблюдаются значительные межгодовые колебания.

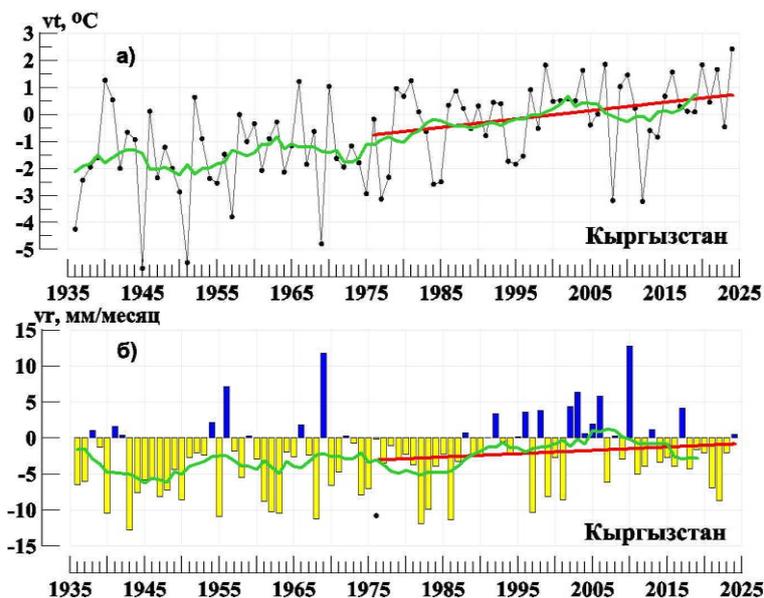


Рис. 3.5. То же, что на рис. 3.1, но в среднем для территории Кыргызстана

3.6. Молдова

Рост температуры происходит почти монотонно со средней скоростью $0,61^{\circ}\text{C}/10$ лет (тренд значим на уровне 1%). В сезонных осадках наблюдаются выраженные колебания с периодами в несколько десятилетий.

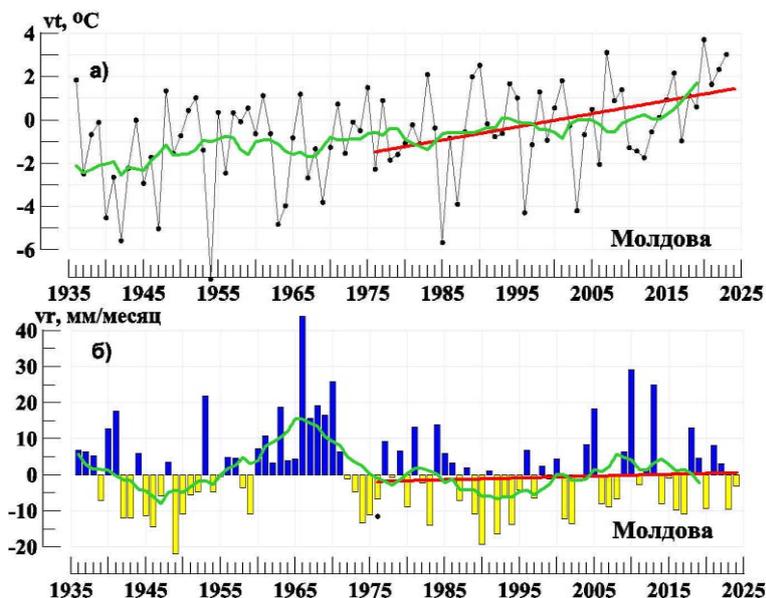


Рис. 3.6. То же, что на рис. 3.1, но в среднем для территории Молдовы

3.7. Россия

Рост температуры наблюдался с начала 1970-х до середины 1990-х гг., после чего температура слабо убывала до конца 2000-х. После 2010 г. рост сезонной температуры возобновился. На всем периоде с 1976 по 2024 г. тренд составляет $0,40^{\circ}\text{C}/10$ лет (значим на уровне 5%). В сезонных суммах осадков за период

1976-2024 гг. наблюдается почти монотонный положительный тренд 0,6 мм/месяц/10 лет, описывает 18% общей дисперсии.

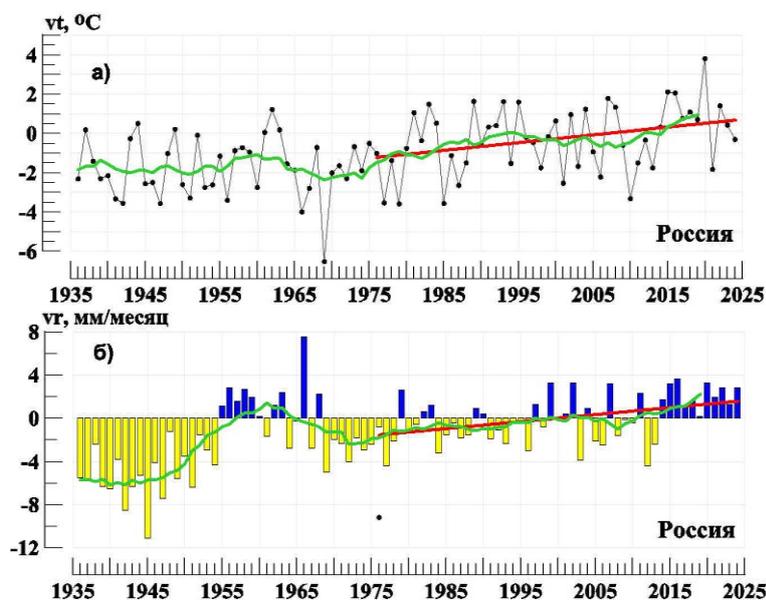


Рис. 3.7. То же, что на рис. 3.1, но в среднем для территории РФ

3.8. Таджикистан

Большое количество пропущенных данных не позволяет получить надежных выводов о долгопериодных тенденциях в рядах температуры воздуха и атмосферных осадков за зимний сезон. В 1976-2024 гг. в рядах температуры и осадков практически не наблюдается выраженной линейной тенденции.

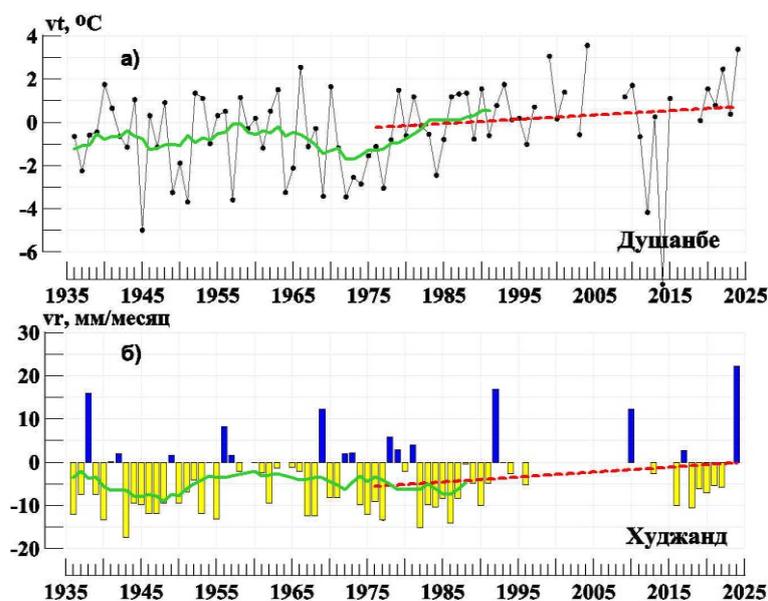


Рис. 3.8. То же, что на рис. 3.1, но для станций Таджикистана Душанбе (аномалии температуры) и Худжанд (аномалии осадков).

3.9. Туркменистан

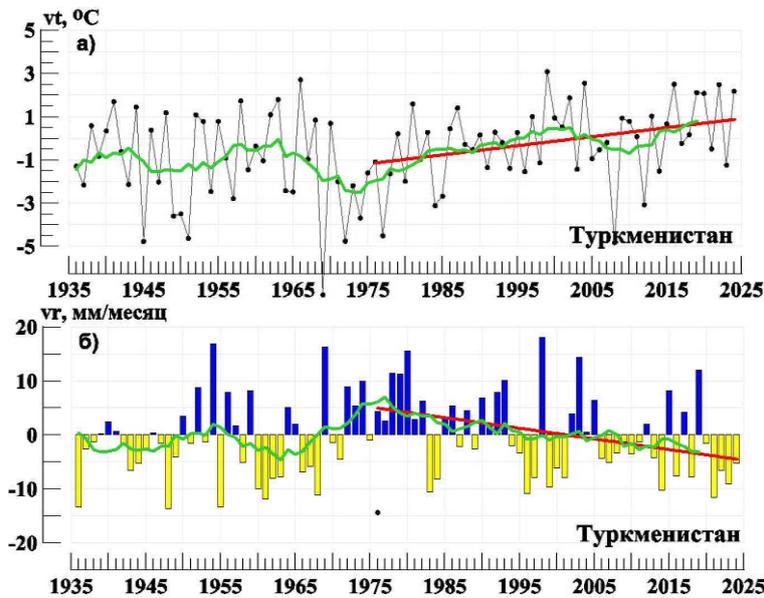


Рис. 3.9. То же, что на рис. 3.1, но в среднем для территории Туркменистана

Существенный рост температуры с середины 1970-х гг. сменяется убыванием с конца 1990-х до начала 2010-х, после чего снова наметился рост. Осадки почти монотонно убывают после 1976 г. (тренд $-2,0$ мм/месяц/10 лет, объясняет 13% дисперсии, значим на уровне 1%).

3.10. Узбекистан

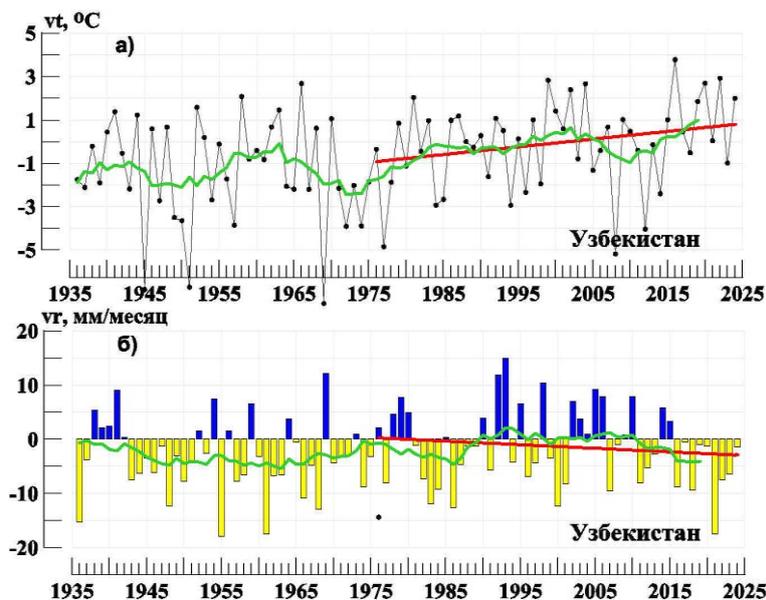


Рис. 3.10. То же, что на рис. 3.1, но в среднем для территории Узбекистана

Долгопериодные изменения температуры качественно очень близки к наблюдаемым для территорий Казахстана, Кыргызстана, Туркменистана, в меньшей степени – России. Тренд за 1976-2024 гг. составляет $+0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет, незначим. Сглаженные кривые свидетельствуют об отсутствии выраженных тенденций в ряду осадков. С середины 2000-х наблюдается их убывание.