

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

О.А. Подрезов, А.О. Подрезов

**ИЗМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА
СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО
КЫРГЫЗСТАНА
(ТЕМПЕРАТУРА И ОСАДКИ 1930–2010 гг.)**

Бишкек 2017

УДК 551.515.4 (575.2)

ББК 26.234.7

П 44

Рецензенты:

Е.М. Родина, д-р техн. наук

В.С. Чередниченко, д-р геогр. наук, профессор,

В.А. Юриков, канд. техн. наук, профессор

Рекомендовано к изданию Ученым советом ГОУВПО КРСУ

На обложке приведен график изменения температуры в различных регионах Земли, заимствованный с сайта **www.realclimate.org**. Диапазон Заливка серым показывает доверительный диапазон полученных расчетных данных.

Подрезов О.А., Подрезов А.О.

П 44 ИЗМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КЫРГЫЗСТАНА (Температура и осадки 1930-2010 гг.) / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2017. 330 с.

ISBN 978-9967-19-384-0

В монографии на основании многолетних наблюдений метеорологических станций Кыргызгидромета рассматриваются вопросы современного изменения климата сложной горной территории Северного и Северо-Западного Кыргызстана за период 1930–2010 гг., включая его основные характеристики – режим температуры воздуха и осадков. Отличительной особенностью работы является многоплановость анализа режима температуры, когда одновременно исследуются изменения годовых и месячных температур (центральные месяцы сезонов) для 5 температурных характеристик: обычных средних, средних минимальных (ночных) и средних максимальных (дневных) температур, а также средних из абсолютных минимальных (экстремально холодные погоды) и средних из абсолютных максимальных (экстремально теплые погоды) температур. В основу методического подхода положены современные методы статистического анализа.

Рекомендуется для принятия технических решений при осуществлении хозяйственной деятельности в регионе в качестве научного пособия для бакалавров, магистров и аспирантов направления Гидрометеорология и как методическая основа для аналогичных исследований в других горных регионах.

П 1805040500-16

ISBN 978-9967-19-384-0

УДК 551.515.4(575.2)

ББК 26.234.7

© ГОУВПО КРСУ, 2017

© Подрезов О.А.,

Подрезов А.О., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРНОГО, СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КЫРГЫЗСТАНА. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.	8
1.1. Физико-географические условия территории ССЗК	8
1.2. Климатические условия территории ССЗК	12
1.3. Причины изменений и предсказуемость современного климата	20
1.4. Цель и задачи исследований, исходный материал и методика анализа.	24
2. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	41
2.1. Временной ход и тренды средних годовых температур	41
2.2. Временной ход и тренды средних температур января	49
2.3. Временной ход и тренды средних температур апреля	56
2.4. Временной ход и тренды средних температур июля.	63
2.5. Временной ход и тренды средних температур октября	69
2.6. Нормы средних температур и нормы их СКО для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	76
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 2	80
3. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СРЕДНИХ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	87
3.1. Временной ход и тренды средних максимальных температур в году.	87
3.2. Временной ход и тренды средних максимальных температур января	94
3.3. Временной ход и тренды средних максимальных температур апреля	100
3.4. Временной ход и тренды средних максимальных температур июля	107
3.5. Временной ход и тренды средних максимальных температур октября	113
3.6. Нормы средних максимальных температур и нормы их СКО для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	119
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 3	124

4. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ АБСОЛЮТНЫХ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	131
4.1. Временной ход и тренды абсолютных максимальных годовых температур	131
4.2. Временной ход и тренды абсолютных максимальных температур января	138
4.3. Временной ход и тренды абсолютных максимальных температур апреля	144
4.4. Временной ход и тренды абсолютных максимальных температур июля	150
4.5. Временной ход и тренды абсолютных максимальных температур октября	156
4.6. Нормы абсолютных максимальных температур и нормы их СКО, для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	162
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 4	166
5. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СРЕДНИХ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	173
5.1. Временной ход и тренды средних минимальных годовых температур	173
5.2. Временной ход и тренды средних минимальных температур января	180
5.3. Временной ход и тренды средних минимальных температур апреля	187
5.4. Временной ход и тренды средних минимальных температур июля	194
5.5. Временной ход и тренды средних минимальных температур октября	201
5.6. Нормы средних минимальных температур и нормы их СКО для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010.	207
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 5	211
6. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ АБСОЛЮТНЫХ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	219
6.1. Временной ход и тренды абсолютных минимальных годовых температур	219
6.2. Временной ход и тренды абсолютных минимальных температур января	226
6.3. Временной ход и тренды абсолютных минимальных температур апреля	233

6.4. Временной ход и тренды абсолютных минимальных температур июля	239
6.5. Временной ход и тренды абсолютных минимальных температур октября	246
6.6. Нормы абсолютно минимальных температур и нормы их СКО для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	252
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 6	256
7. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ГОДОВЫХ И СЕЗОННЫХ СУММ ОСАДКОВ В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.	264
7.1. Временной ход и тренды годовых сумм осадков.	264
7.2. Временной ход и тренды зимних сумм осадков	271
7.3. Временной ход и тренды весенних сумм осадков	277
7.4. Временной ход и тренды летних сумм осадков	284
7.5. Временной ход и тренды осенних сумм осадков.	290
7.6. Нормы годовых и месячных сумм осадков и нормы их СКО и коэффициентов вариации, полученные для различных периодов наблюдений	296
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 7	301
8. НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ВОЗМОЖНОСТИ СМЕНЫ ЗНАКА ТРЕНДА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ССЗК НА РУБЕЖЕ 2010 гг.	310
РЕЗЮМЕ	314
ЛИТЕРАТУРА.	321

Введение

Настоящая монография представляет собой исследование, посвященное оценке изменения современного климата Северного и Северо-Западного Кыргызстана – ССЗК (режим температуры воздуха и атмосферных осадков) за период 1930–2010 гг., которое возможно будет продолжено также и для остальных климатических провинций – Юго-Западного Кыргызстана (ЮЗК), Иссык-Кульской котловины (ИКК) и Внутреннего Тянь-Шаня (ВТШ). В этом случае все 4 тома будут однотипными по объему, структуре содержания, методике исследований и исходному материалу.

Настоящая монография основывается на статистическом анализе многолетних наблюдений метеостанций Кыргызгидромета с начала их работы (условно это 1930 г., когда начались массовые инструментальные наблюдения) и по 2009 г. включительно. Использование инструментальных данных метеостанций, которые на сегодняшний день являются наиболее достоверным исходным материалом для исследований колебаний местных климатов, обеспечивает высокую обоснованность получаемых практических результатов и выводов. Методика работы предусматривала оценить в сравнительном плане изменения различных характеристик температуры и осадков как за весь, условно обозначенный нами 80-летний период 1930–2010 гг., так и отдельно по двум его климатически различным частям: а) 1930–1975 гг., когда глобальный мировой климат после окончившейся очередной эпохи потепления был примерно «стабильным»; б) 1976–2010 гг., когда для земного шара имело место существенное повышение приземной температуры; в) в целом за весь период 1930–2010 гг., что представлялось совершенно естественным.

Чтобы по возможности полнее охватить структуру климатических изменений, они анализировались за год в целом и по 4 сезонам. При этом использовались 5 различных характеристик температуры для года и центральных месяцев сезонов: обычная средняя температура, средняя минимальная (средняя ночная), средняя из абсолютных минимальных (экстремально холодные погоды), средняя максимальная (средняя дневная), средняя из абсолютных максимальных (экстремально теплые погоды). Для осадков исследовались их годовые суммы и суммы по 4 сезонам – зима, весна, лето и осень.

В основу статистической части анализа легло использование 11-летних скользящих средних изучаемых характеристик температуры и осадков, рассмотрение псевдоцикличности их временного хода, линейных трендов за весь период наблюдений 1930–2010 гг. и отдельно за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.). Это позволило наглядно выявить по различным станциям, сезонам и метеорологическим характеристикам фазы потеплений/похолоданий температуры и роста/уменьшения осадков, а затем рассчитать и в сравнительном плане проанализировать соответствующие трем периодам параметры линейных трендов.

Хотя выводы по работе в совершенно строгом плане ограничены 2010 г., использование метода линейных трендов позволяет, с некоторой осторожностью, экстраполировать результаты на 2015-й и даже на 2020 гг. Поэтому в итоговых таблицах для каждой станции, наряду с трендовыми оценками расчетных значений температуры и осадков по стандартным 10-летиям (1930, 1940, 1950..., 2010 гг.), приводятся и оценки за 2020 г. с пометкой «прогноз».

Авторы приносят благодарность С.В. Кононенко, К.Ю. Чуриловой и особенно Е.В. Рябикиной за большой объем выполненной технической работы и статистические расчеты, без которых выход этой книги был бы невозможен.

Авторы также считают, что приводимые в монографии научно-практические результаты, полученные на основе анализа фактических данных метеостанций, представляют собой наиболее адекватную картину современных изменений сложного горного климата Кыргызстана и являются просто необходимыми (в качестве первоосновы) для их практического использования различными заинтересованными ведомствами Кыргызстана. В этом плане выводы монографии несравненно более точны и надежны по сравнению с результатами, получаемыми по общим данным климатических сценариев, которые соответствуют пока все еще несовершенным климатическим моделям, что, по-видимому, сохранится и в обозримом будущем.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРНОГО, СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КЫРГЫЗСТАНА. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Физико-географические условия территории ССЗК

Кыргызстан занимает большую часть территории Тянь-Шаня (карта на рисунке 1.1), который является четвертой по высоте страной мира после Гималаев, Каракорума с Гиндукушем и Памира. Он имеет среднюю высоту 2684 м [20], максимальную отметку территории 7439 км (пик Победы) и следующее распределение своей площади по ступеням высот [2]:

Высота, км	до 1	1–1,5	1,5–2	2–2,5	2,5–3	3–3,5	3,5–4	> 4
Площадь, %	5,9	7,3	15,1	14,8	16,1	17,7	16,2	6,9

Наибольшая протяженность территории по широте составляет 454 км, по долготе – 925 км, площадь – 198,5 тыс. км²

Это типичная континентальная горная страна, имеющая 4 естественные климатические провинции, четко ограниченных внешними хребтами-барьерами: Северный, Северо-Западный Кыргызстан (ССЗК), Иссык-Кульская котловина (ИКК), Юго-Западный Кыргызстан (ЮЗК) и Внутренний Тянь-Шань (ВТШ). Положение границ этих климатических провинций дается в подписи к его карте (см. рисунок 1.1).

Территория Северного, Северо-Западного Кыргызстана (ССЗК), который рассматривается в первом томе и физико-географическая карта которого показана на рисунке 1.2, занимает северную периферию Тянь-Шаня. Южная граница ССЗК условно проходит с запада на восток по гребневой линии северных хребтов-барьеров Тянь-Шаня – Таласского, Киргизского и Кунгей Ала-Тоо, – а северная совпадает с границей Кыргызстана. Протяженность территории с запада на восток составляет 535 км, с севера на юг в самом широком месте – около 100 км, площадь равна 26 тыс. кв. км. В пределах ССЗК находится Чуйская долина – наиболее экономически развитая и заселенная долина Кыргызстана, а также Таласская и Чон-Кеминская долины и их горные обрамления, представленные склонами Заилийского, Кунгей, Киргизского и Таласского хребтов.

Как видно из карты (рисунок 1.2), горные хребты ССЗК имеют ряд общих черт. Прежде всего, они отличаются массивностью сооружений, большими средними высотами, а также практически широтной ориентацией и значительной протяженностью. В сущности, единую широтную барьерную цепь протяженностью более 700 км образуют Кунгей Ала-Тоо и Киргизский Ала-Тоо с развилкой на западе в месте отклонения к югу Таласского Ала-Тоо. Долины (котловины) Северного, Северо-Западного Кыргызстана – Чуйская, Таласская и Чон-Кеминская, – несмотря на существенные различия в размерах и строении,

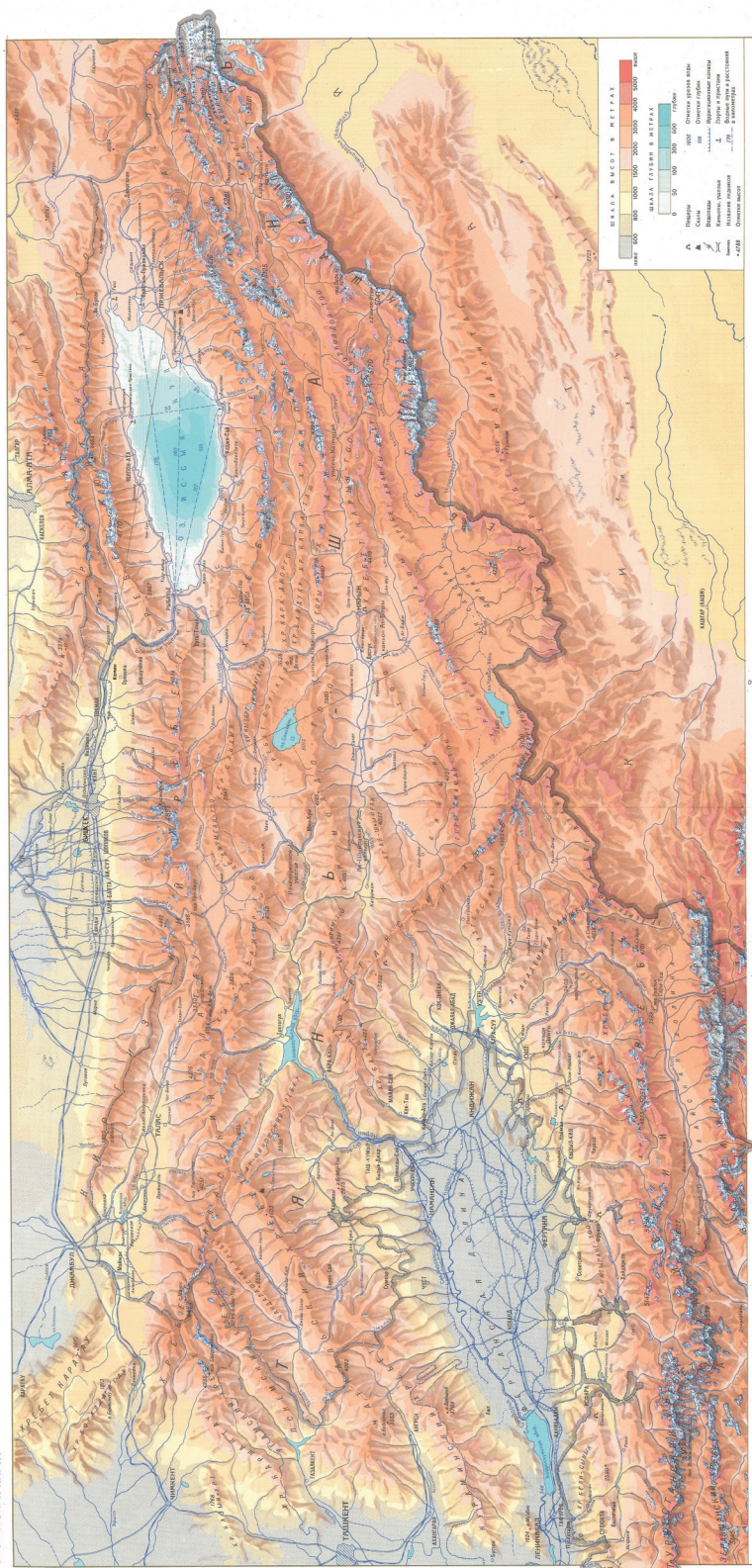


Рисунок 1.1 – Рельефная карта территории Кыргызстана

Границы климатических провинций: 1) ССЗК – южная граница проходит по гребневой линии хребтов – Таласского, Киргизского, Кунгей Ала-Тоо; 2) Иссык-Кульская котловина – ограничена гребнями Кунгей (на севере) и Терской Ала-Тоо (на юге); 3) ЮЗК – горное обрамление Ферганской впадины – на севере граничит с ССЗК, на востоке граница проходит по гребню Ферганского хребта до Китая; 4) ВТШ – высокое внутреннее нагорье, лежащее южнее ССЗК и ИКК и восточнее ЮЗК

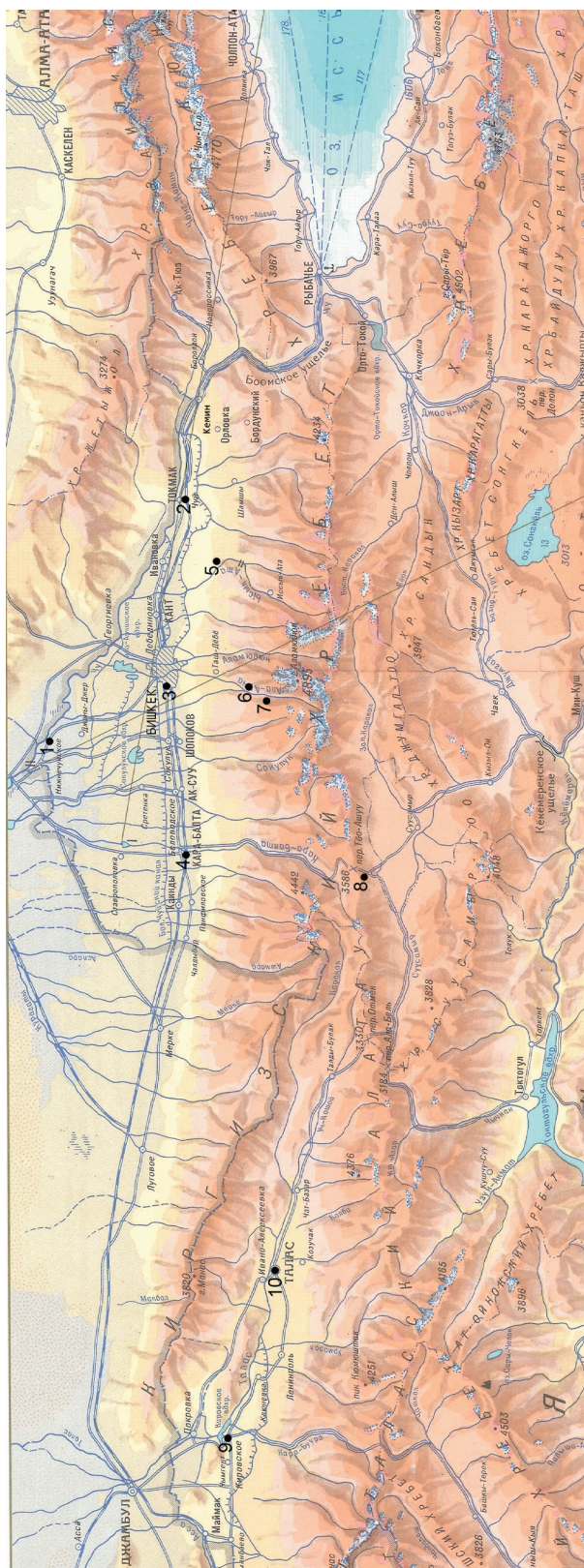


Рисунок 1.2 – Физико-географическая карта СЗК, включающего Чуйскую, Таласскую и Чон-Кеминскую долины с их горными обрамлениями и расположением использованных метеорологических станций. Расположение метеостанций: 1. Жаны-Жер/Чуйская (0,60 км) – север Чуйской долины, ее ось в нижней части долины. 2. Токмак (0,82 км) – восток Чуйской долины, ее ось в верхней части. 3. Бишкек (0,76 км) – центр Чуйской долины, подгорная равнина. 4. Кара-Балта/Калининское (0,77 км) – запад Чуйской долины, подгорная равнина. 5. Ысык-Ата/Юрьевка (1,03 км) – подножье Киргизского хребта. 6. Байтык (1,58 км) – выход склоновой долины р. Ала-Арча в Чуйскую долину (низкогорная зона северного склона Киргизского хребта). 7. Алыплагерь (2,13 км) – долина р. Ала-Арча, среднегорная зона Киргизского хребта. 8. Тюя-Ашуу юж. (3,23 км) – прибрежная зона южного склона Киргизского хребта. 9. Кировское (0,86 км) – нижняя зона (ось) дна Таласской долины. 10. Талас (1,22 км) – средняя зона (ось) дна Таласской долины

имеют целый ряд сходств [2]: все они ориентированы широтно, понижаются и расширяются в направлении с востока на запад. При этом Чуйская долина полностью открыта к западу, переходя в пески Муюн-Кум, Таласская долина на западе является полуоткрытой, а Чон-Кеминская сужается в западной части до узкого ущелья. Приведем более подробное описание долин ССЗК и их горного обрамления, согласно [2].

Чуйская долина и ее горное обрамление (см. рисунок 1.2) наиболее значительны по своим размерам (по длине больше Таласской в 2 раза, Кеминской – в 7,5 раз) и занимает центральную часть ССЗК. Она имеет вид большого, слабо наклоненного к западу конуса, вершина которого лежит на востоке у выхода р. Чу из Боомского ущелья. Долина полностью открыта к западу и северо-западу, где она постепенно расширяется и переходит в песчаную пустыню Муюн-Кум. По сравнению с другими межгорными долинами ССЗК, ее днище расположено на более низких высотах в пределах 500–1400 м и может быть разделено на 3 части – осевую, наиболее низменную часть, наклоненную к северу подгорную равнину и подножье склонов. Наклон днища долины на запад по ее оси мал ($0,2-0,3^\circ$), длина в широтном направлении составляет около 220 км, а ширина меняется от 10–15 км на востоке до 60–70 км в средней части (район г. Бишкека) и еще более – в западной части.

С юга Чуйскую долину обрамляет высокий, широтно ориентированный Киргизский Ала-Тоо со средней высотой гребня 3,7 км, а максимальной – 4855 м (пик Западный Аламедин). Северный склон хребта, обрамляющий Чуйскую долину, протяженный и сильно изрезан глубокими меридиональными склоновыми долинами и ущельями. Высота подножий составляет примерно от 1 км на западе до 1,4 км на востоке. Превышение гребня хребта над дном долины около 3 км. По оси долины протекает ее основная река – Чу. С северо-востока Чуйскую долину обрамляют южные склоны западных отрогов Заилийского Ала-Тау – хребет Жетижол (на востоке) и горы Киндыктас (западнее). Эти отроги постепенно понижаются в направлении на северо-запад от 3 до 1 км, превышая дно долины на 0,4–1,6 км. Все правобережье Чуйской долины относится к Казахстану и не входит в изучаемую территорию.

Таласская долина и ее горное обрамление (см. рисунок 1.2) расположены в северо-западной части Кыргызской Республики. На юге ее обрамляет высокий Таласский (средняя высота гребня 3,9 км) хребет, а на севере такой же высокий Киргизский (средняя высота гребня 3,7 км). Она, как и Чуйская долина, имеет широтное простираие и длину около 200 км, а наибольшую ширину на западе до 50 км. Долина заметно повышается к востоку от 0,65 м до 1,55 км (кишлак Буденный) и 2,1 км в своей верхней части. В пределах Кыргызстана долина четко может быть разделена на две части: западную – пониженную и широкую с высотами менее 1,6 км, и восточную – более узкую и высокую (с высотами днища до 1,6–2,1 км), которая отделена от западной невысокими грядами. В отличие от Чуйской долины, Таласская долина замкнута с запада

невысокими горами Ичкили-Тоо (1,5–2 км), что и позволяет характеризовать ее как полузакрытую. Южные склоны Киргизского Ала-Тоо, обращенные к долине, короткие, а северные склоны Таласского Ала-Тоо, обрамляющие долину с юга, напротив, широкие и образуют хорошо выраженные предгорья. Гребень Таласского хребта скалистый, самая высокая вершина – Манас (4 488 м). Основная река долины – Талас.

Чон-Кеминская долина и ее горное обрамление (см. рисунок 1.2). Долина является продолжением Чуйской на востоке. Она отделена от нее узким ущельевым участком реки Чон-Кемин и Боомским ущельем. Замкнутая со всех сторон широтно-ориентированная Чон-Кеминская долина (котловина), является наименьшей из трех рассматриваемых долин – длина ее днища около 30 км, ширина – до 10 км. В ней отчетливо выделяются три части. Первая, самая западная, представляет собой узкое ущелье реки Капчигай, протяженностью около 10 км. Вторая часть – расширенная, имеет форму котловины длиной около 20 км и шириной до 10 км. Здесь ясно выражены террасы, на которых и располагается большая часть поселков и посевов долины. Третья – восточная, опять суженная, является типичным ущельем. Южный склон Заилийского Алатау (средняя высота 3,7 км) короткий, обращен южной своей частью к Чон-Кеминской долине. Северный склон хребта Кунгей-Ала-Тоо (средняя высота 4,2 км), обращенный к Чон-Кеминской долине, широкий и сравнительно пологий. Днище котловины лежит в пределах высот 1,4–1,8 км. По дну долины протекает основная река – Чон-Кемин.

1.2. Климатические условия территории ССЗК

Рассмотрим кратко климатические условия ССЗК по данным климатических справочников и имеющихся публикаций [2, 3, 6, 9, 15–17, 20, 23–25, 27, 28, 30–37, 41, 44, 45]

Формирование климата ССЗК, как и любой другой местности, осуществляется во взаимодействии общей циркуляции атмосферы (ОЦА), радиационных условий и особенностей подстилающей поверхности, рельеф и орография которой были рассмотрены в п. 1.1.

Общая циркуляция атмосферы. Масштабы общециркуляционных условий сравнимы с размерами континентов, поэтому рассматривать их для исследуемой территории возможно только в рамках Средней Азии, общие черты циркуляционных особенностей которой в различные сезоны состоят в следующем [4].

Летом планетарная высотная фронтальная зона (ПВФЗ) умеренных широт сдвигается к северу от Средней Азии, а следовательно, туда же перемещается и наиболее интенсивная зона циклонической деятельности. Наибольшее влияние на погоду в Кыргызстане в этот период оказывает *радиационный фактор климата*. В связи с интенсивным нагревом подстилающей поверхности на юго-востоке Средней Азии возникает бесфронтальная область низкого давления при жаркой сухой и мглистой погоде.

Со второй половины октября наступает период, когда над Средней Азией активизируется циклоническая деятельность в результате перемещения сюда ПВФЗ из более северных районов. Периоды существования ПВФЗ над югом Средней Азии в холодное полугодие характеризуются тем, что юго-западные течения на правой половине ПВФЗ переносят влажный воздух Средиземноморья или Аравийского моря. Холодные вторжения в осенний период наблюдаются значительно реже, но зато они более ярко выражены в погоде.

Циклоническая деятельность над Средней Азией продолжается весь декабрь и начало января. К середине января ПВФЗ и связанная с ней интенсивная циркуляция сдвигаются на районы зарубежного юга. Северная половина Средней Азии и Кыргызстан в это время находятся под влиянием отрога сибирского антициклона, достигающего в это время максимального развития. Преобладание ясной и тихой погоды в этот период приводит к сильному выхолаживанию воздуха.

В марте ПВФЗ начинает смещаться обратно к северу и располагается на южной границе Средней Азии, которая оказывается под воздействием зоны больших температурных контрастов, благодаря чему здесь происходит развитие интенсивной циклонической деятельности, сопровождающееся непродолжительными, но сильными холодами. Во второй половине апреля – начале мая очаги формирования тропического воздуха начинают распространяться на пустыни Средней Азии, и в Кыргызстане происходит переход на летние типы циркуляции, когда постепенно активность циклонической деятельности спадает. Но весна и начало лета – это сезон грозовой деятельности и ливневых дождей, обусловленных холодными вторжениями и развитием мощной конвекции над уже хорошо прогретой и увлажненной земной поверхностью.

Радиационные факторы. Радиационные факторы климата тесно связаны с широтным положением региона и режимом облачности.

Облачность во всех долинах ССЗК умеренная, составляет в среднем за год 5,2–5,5 балла по общей и 2,4–2,9 балла по нижней облачности [2, 15, 23, 41]. Она имеет хорошо выраженный годовой ход: максимум общей облачности наблюдается в весенний период (6–7 баллов), минимум отмечается летом и осенью (4 балла). Для нижней облачности максимум также приходится на весенний сезон, но с высоты 2000 м он смещается уже на весенне-летний период за счет развития ее конвективных форм при увеличивающемся прогреве склонов хребтов и еще достаточной их увлажненности в эти месяцы.

Так как территория ССЗК [2, 15, 23, 41] расположена в пределах 42–43° с.ш., то полуденная высота Солнца здесь не бывает даже в декабре ниже 23°, а в июне она достигает 70°. Среднегодовая продолжительность солнечного сияния на территории днища Чуйской долины и на высокогорной МС Тянь-Шань (3,61 км) практически одинакова и составляет 2584 ч и 2586 ч соответственно, или 58 % от максимальной возможной. На рисунке 1.3 видно, что в годовом ходе продолжительность солнечного сияния на МС Бишкек (0,76 км) имеет

Таблица 1.1 – Основные климатические характеристики Чуйской, Таласской и Чон-Кеминской долин и их горного обрамления по многолетним данным метеостанций [2, 23, 41]

Станция	Высота, м	Температура воздуха, °С						Суммы осадков, мм			Ветер	
		средняя годовая	средняя июля	средняя января	абс. максим.	абс. ми- ним.	средняя годовая ампли- туда	год	теплый период	холод- ный период	средняя ско- рость, м/с	шти- ли, %
Ось Чуйской долины												
Чуйская	596	8,5	23,7	-9,5	44	-46	33,2	364	206	158	2,0	26
Константиновская	645	9,7	24,4	-6,2	43	-44	30,6	272	170	102	2,8	22
Кант	740	9,6	23,5	-6,0	42		29,5	418	250	168		
Токмак	817	9,7	23,1	-5,0	40	-37	28,1	426	269	157	1,9	28/
Подгорная равнина северных склонов Кыргызского Ала-Тоо – Чуйская долина												
Беловодск	726	9,1	22,9	-6,1	41	-38	29,0	439	274	165	1,5	
Фрунзе	756	10,1	24,4	-5,0	43	-38	29,4	395	247	148	1,9	18
Калининское	770	8,9	23,1	-7,3	42	-39	30,4	419	256	163	2,0	14
Фрунзе АМСГ	823	10,3	24,7	-4,6	41	-36	29,3	406	254	152	2,6	18
Северные склоны и гребень Кыргызского Ала-Тоо												
Юрьевка	1028	9,6	22,8	-4,8	40	-33	27,6	484	302	182	2,4	12
Чон-Арык	1110	8,8	21,8	-3,7	30	-34	25,5	616	398	218	2,0	13
Норус	1631	7,3	19,8	-5,2	36	-34	25,0	468	345	123	2,2	29
Байтык	1530	6,2	18,1	-6,0	34	-30	24,1	538	397	141	1,7	30
Арасан	1800	5,2	16,1	-6,1	32	-35	22,1	488	370	118	2,3	19
Ала-Арча	2945	-1,0	8,8	-12,0	23	-31	20,8	707	586	121	3,2	14
Тюя-Ашуу северная	3071	-1,7	8,5	-12,8	23	-37	21,3	718	502	216	4,1	25
Тюя-Ашуу южная	3225	-4,1	6,9	-16,2	23	-37	23,3	855	613	242	2,0	32
Днище Таласской долины												
Кызыл-Адыр (Кировское)	855	7,7	22,3	-8,5	40	-42	30,8	256	151	105	1,8	41
Ленинполь	1187	6,8	20,1	-8,0	37	-40	28,1	231	152	79	2,7	11
Талас	1217	7,3	20,2	-6,6	40	-40	26,8	290	190	100	2,3	18
Южные склоны Кыргызского Ала-Тоо												
Ак-Таш	2150	3,8	14,5	-8,2	32	-35	22,7	429	340	89	3,1	16
Чон-Кеминская долина												
Новоросийка	1532	4,5	16,6	-10,3	35	-36	26,9	433	342	91	1,4	44

более ярко выраженные минимум и максимум, чем на МС Тянь-Шань (3,61 км). Минимальная продолжительность на обеих станциях отмечается в декабре и равна соответственно 121 ч (44 %) и 161 ч (57 %), что объясняется значительной облачностью и малой продолжительностью дня зимой. Июль с его ясной погодой и большой продолжительностью дня характеризуется максимальной продолжительностью солнечного сияния – 337 ч, или 72 % от максимально возможной для Бишкека и 263 ч, или 59 % от максимально возможной для Тянь-Шаня.

Поступление прямой солнечной радиации Q в среднем за год в подгорных равнинах заметно меньше (Бишкек, $Q = 5547$ МДж/м²), чем в высокогорье (Тянь-Шань, $Q = 6660$ МДж/м²), что объясняется как уменьшением оптической толщины атмосферы, так и снижением ее мутности с высотой. Только в летние месяцы за счет развития конвективной облачности в горах приход Q на высотах становится меньше, чем в зоне подножий.

Радиационный баланс B в году (рисунок 1.4) положителен на всех высотах – Бишкек, $B = 2099$ МДж/м²; Тянь-Шань, $B = 1627$ МДж/м², – но в высокогорье он на 20–25 % ниже, чем в зоне подножий, что объясняется увеличением эффективного излучения с высотой. На МС Бишкек баланс отрицателен только в январе (см. рисунок 1.4), тогда как на МС Тянь-Шань – с ноября по февраль.

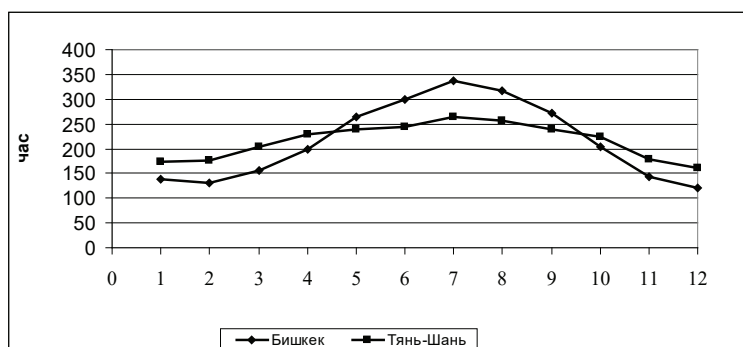


Рисунок 1.3 – Годовой ход продолжительности солнечного сияния по данным метеостанций Бишкек (756 м) и Тянь-Шань (3614 м)

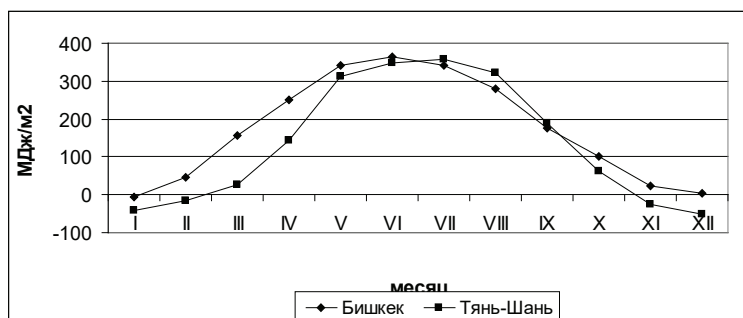


Рисунок 1.4 – Годовой ход месячных сумм радиационного баланса на долинной метеостанции Бишкек (0,76 км) и высокогорной Тянь-Шань (3,61 км)

Основные климатические данные. Основные климатические характеристики для территории ССЗК по данным метеостанций приведены в таблице 1.1, где они дифференцированы по высотным зонам и подобластям. Эти данные хорошо отражают наблюдаемую высотно-поясную климатическую зональность, являющуюся главной чертой климатических условий, и другие детали климата.

Температура воздуха. Проявлением высотно-поясной зональности в режиме температуры воздуха проявляется ее достаточно сильная корреляционная связь с высотой.

Так, по работам [31, 32], для средних годовых температур (\bar{T}), средних из годовых максимумов (T_+) и абсолютных годовых максимумов (T_a) для территории ССЗК имеют место высотные регрессии (z , км):

$$\bar{T}(z) = -5,57z + 16,4 \pm 2,5, \quad (1.1)$$

$$\bar{T}_+ = -7,55z + 43,5 \pm 1,6, \quad (1.2)$$

$$T_a = -7,85z + 47,7 \pm 2,2 \text{ (зависимость применима только для склонов)}, \quad (1.3)$$

коэффициенты корреляции r которых около -0,95 (коэффициенты детерминации $D = r^2 \approx 0,90$, что означает, что 90 % дисперсии T объясняются регрессией).

Согласно (1.1–1.3), вертикальные градиенты в слое 0,5–3,2 км составляют для средних годовых температур -5,57°/1 км, средних из годовых максимумов -7,55°/1 км, а абсолютных максимумов -7,85°/1 км. Средние квадратические ошибки регрессий невелики ($\pm 1,6 \dots 2,5$ °C), что позволяет использовать регрессии для многих оценочных расчетов. Данные станций хорошо согласуются с этими выводами.

В общем диапазоне высот ССЗК от 0,6 до 4–4,5 км выделяются четыре различных климатических пояса [2]: 1) *долинно-предгорный пояс* (600...900–1200 м) характеризующийся жарким летом (средняя температура июля 20...25 °C) и умеренно-прохладной (средняя температура января -4..., -7 °C) и бесснежной зимой с большим дефицитом осадков; 2) *среднегорный пояс* (900–1200...2000–2200 м), который имеет типичный умеренный климат с теплым летом ($T_{\text{сред}}(\text{июль}) = 18 \dots 19$ °C) и умеренно-холодной ($T_{\text{сред}}(\text{январь}) = -7 \dots -8$ °C), довольно устойчивой снежной зимой; 3) *высокогорный пояс* (2000–2200...3000–3500 м), отличающийся прохладным летом ($T_{\text{сред}}(\text{июль}) = 11 \dots 16$ °C) и холодной ($T_{\text{сред}}(\text{январь}) = -8 \dots -10$ °C), но местами многоснежной зимой; 4) *нивальный пояс* (3500 м и выше), характеризующийся суровым, очень холодным климатом с широким развитием оледенения. Даже в нижней части этого пояса средние июльские температуры не превышают 4...7 °C, а январские опускаются до -19...-22 °C.

Особенности режима температуры в Чуйской, Таласской и Чон-Кеминской долинах можно наглядно показать на примере Чуйской долины. Здесь наиболее низкая средняя годовая температура наблюдается по оси долины (МС Чуйская, 8,5 °C), несмотря на ее более низкие высоты (до 600 м). К подножью Киргизского Ала-Тоо она увеличивается до 10,3 °C (МС Фрунзе АМСГ, 823 м)

и только выше, по склонам, начинает убывать, достигая отрицательных значений в высокогорной зоне. Очень наглядно это видно по распределению средней январской температуры: $-9,5^{\circ}\text{C}$ – Чуйская, $-4,6^{\circ}\text{C}$ – Фрунзе АМСГ и $4,8^{\circ}\text{C}$ – Юрьевка.

Июльские температуры ($23\dots, 24,7^{\circ}\text{C}$) достаточно закономерно убывают с высотой, кроме самой нижней части долины. Несмотря на это, амплитуды средних температур (январь-июль) существенно убывают к склонам от $33,2^{\circ}\text{C}$ в Чуйской и $29,3^{\circ}\text{C}$ Фрунзе АМСГ до $25,5^{\circ}\text{C}$ – в Чон-Арыке. Особенно сильно убывают к склонам амплитуды абсолютных минимальных температур. На МС Чуйская их амплитуда равна 90°C , на Фрунзе АМСГ – 76°C , а в Чон-Арыке – 64°C . Это, прежде всего, объясняется низким значением абсолютных минимумов, которые на этих станциях соответственно равны -46 , -36 и -34°C . В результате континентальность климата в пределах днища Чуйской долины существенно уменьшается от ее нижней части к подножию Киргизского хребта.

Такую же картину следует ожидать в днищах Таласской и Чон-Кеминской долин, но описать ее также подробно не представляется возможным из-за более редкой сети станций. Таким образом, зональность в распределении температурных характеристик нарушается только в пределах днищ Чуйской, Таласской и Чон-Кеминской долин, тогда как на склонах обрамляющих их хребтов она прослеживается довольно четко.

Осадки. Основные особенности режима осадков в днищах котловин ССЗК по данным метеостанций и публикаций [2, 15, 17, 20, 23, 24, 31, 41, 66] характеризуются следующим.

Годовое количество осадков в Чуйской долине несколько увеличивается с севера на юг и с запада на восток, соотносясь с общим постепенным подъемом местности. На западе и северо-западе Чуйской долины годовая сумма осадков составляет 364 мм (МС Чуйская). В зоне подножья Киргизского Ала-Тоо годовые суммы достигают $400\text{--}440$ мм, выше по склонам осадки существенно увеличиваются до 700 мм в год и более.

Максимальное количество осадков выпадает в теплое полугодие (апрель-октябрь), на их долю приходится от 55 до 83% годовой суммы. В крайних пунктах суммы осадков теплого полугодия имеют следующие значения: Чуйская (северо-запад) – 206 мм, Токмак (на востоке) – 269 мм, Фрунзе АМСГ (на юге) – 254 мм. В холодное полугодие осадки распределяются по территории более равномерно, и в среднем за этот сезон выпадает от 125 до 160 мм.

На склонах Киргизского Ала-Тоо в теплый период года количество осадков существенно увеличивается с высотой места. Так, на МС Чон-Арык (1028 м) выпадает 302 мм осадков, а на МС Ала-Арча (2945 м) – 586 мм. В холодный период года высотная зависимость по имеющимся станциям отчетливо не выражена.

В Кеминской долине годовая сумма осадков составляет 433 мм, из них основная часть – 342 мм (79%) – приходится на теплый период года, тогда как в холодный выпадает всего 91 мм (21%).

На западе Таласской долины годовая сумма осадков составляет 256 мм (МС Кировское). В зоне южного подножья Киргизского Ала-Тоо годовые суммы достигают 290 мм (МС Талас), выше по долине осадки увеличиваются до 429 мм в год (МС Ак-Таш). Максимальное количество осадков также выпадает в теплое полугодие (апрель-октябрь), на их долю приходится от 59 до 79 % годовой суммы. Изменение количества осадков по долине в это время года имеет те же тенденции, что и изменения годовых сумм, т. е. увеличение с высотой с запада на восток от 151 до 340 мм. В холодное полугодие осадки распределяются по территории более равномерно. В среднем за сезон выпадает от 79 до 105 мм.

В работе [31] по базе данных об осадках, приведенных в [20], были рассчитаны усредненные высотные зависимости их годовых сумм для северного и южного склонов Киргизского хребта, соответственно, по меридиану городов Бишкека и Таласа, а также для северного склона Таласского хребта по меридиану г. Таласа. Полученные линейные регрессии имеют вид (высота в км, в скобках даны коэффициенты достоверности линейных регрессий):

$$\begin{aligned} r \text{ (мм)} &= 123,7 \cdot z + 335,1 \quad (R^2 = 0,952) \quad \text{сев. склон Киргизского хр.}; \\ r \text{ (мм)} &= 375,1 \cdot z - 142,7 \quad (R^2 = 0,999) \quad \text{южн. склон Киргизского хр.}; \\ r \text{ (мм)} &= 329,2 \cdot z - 196,7 \quad (R^2 = 0,977) \quad \text{сев. склон Таласского хр.} \end{aligned}$$

Результаты расчетов по этим регрессиям приведены в таблице 1.2. Из этих данных следует, что для центральной части северного склона Киргизского хребта, примерно на меридиане $74,5^\circ$ в. д., осадки увеличиваются с вертикальным градиентом 124 мм/км высоты, составляя на оси Чуйской долины около 410 мм, в зоне подножья хребта – 460 мм, на высоте 2 км – около 580 мм и достигают 830 мм в гребневой зоне на высоте 4 км.

Таблица 1.2 – Рассчитанные по (1.4–1.6) значения годовых сумм осадков r (мм) на склонах хребтов ССЗК

Хребет	Высота, км								
	0,6	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Северный склон Киргизского хребта	409	459	490	521	583	645	706	768	830
Южный склон Киргизского хребта			326	420	608	795	983	1170	1358
Южный склон Таласского хребта				297	462	626	791	955	1120

На южном склоне Киргизского хребта и северном склоне Таласского хребта примерно на меридиане 72° в. д. вертикальные градиенты осадков в 2,5–3 раза выше, составляя для Таласского хребта около 330 мм/км, а для Киргизского – 375 мм/км. Хотя осадки в зоне их подножий примерно в 1,5 раза меньше и равны 300–420 мм, на высоте 3,5 км осадки увеличиваются и становятся, соответственно, равными 955 и 1170 мм, т. е. в гребневой зоне они больше, чем на северном склоне Киргизского хребта.

Ветер. На режим ветра в ССЗК большое влияние оказывают общециркуляционные процессы и сложная горная орография местности [2, 3, 6, 15–17, 23, 25, 27, 31–35, 41]. Две трети года здесь господствуют малоактивные ат-

мосферные процессы, при которых орография является решающим фактором влияния на режим ветра. В результате, возникают две характерные особенности: первая – это большая повторяемость слабых ветров и штилей (на градацию 0–1 м/с приходится 30–50 % случаев), которая в целом объясняется торможением общециркуляционных потоков горными системами Тянь-Шаня; вторая – это широкое развитие горно-долинных циркуляций при малооблачной погоде, когда имеют место малоактивные общециркуляционные процессы.

Схемы развития горно-долинных циркуляций, их подробная приземная и высотная характеристики приведены в работах [3, 6, 27, 31, 32].

Горно-долинная циркуляция отсутствует, когда при значительной активизации атмосферных процессов (прохождение атмосферных фронтов), в долине наблюдается усиление скоростей ветра общециркуляционных западных направлений, которые подавляют ее развитие. Она также отсутствует, когда в долинах дуют умеренные, а в верхней части Чуйской долины – достаточно сильные восточные ветры, сопровождающиеся феновым эффектом [3], которые возникают при значительных градиентах давления между северными районами Кыргызстана и более северными центральными районами Средней Азии. Такая ситуация наблюдается при перемещении глубокого циклона по центральным районам Средней Азии, когда одновременно северные районы Кыргызстана оказываются под воздействием мощного отрога сибирского антициклона. Местные усиления ветра и подавление горно-долинной циркуляции могут также наблюдаться при развитии кучево-дождевой облачности и гроз над горами.

В результате, по данным долинных и склоновых станций (МС Фрунзе, Чон-Арык, Байтык), среднегодовые скорости ветра составляют 1,7–2,0 м/с, а повторяемость штилей – 13–30 %. На высокогорной станции Тюя-Ашуу сев. скорость ветра больше и равна 4,1 м/с, но повторяемость штилей на ней также велика, составляя четвертую часть от общего числа случаев. В Таласской и Чон-Кеминской долинах также наблюдаются небольшие годовые скорости ветра – 2,3 и 1,4 м/с, соответственно, а повторяемость штилей в закрытой Чон-Кеминской долине составляет почти половину случаев.

Для станций, расположенных в орографически защищенных узких склоновых долинах и горных и высокогорных котловинах, высотная зависимость скорости практически отсутствует [3, 31, 34, 35], а резкий рост скорости с высотой начинается на наветренном склоне всего лишь на 200, а на подветренном – на 500 м ниже гребневой зоны хребтов. Однако на открытых склонах (где, к сожалению, метеостанций нет), по данным проведенных экспедиционных наблюдений [34], максимальные скорости ветра очень большие, достигая 1 раз в 10 лет значений около 45 м/с и более. Одновременно велики здесь и сопутствующие сильным ветрам отложения плотной изморози, создающие нормативные гололедные нагрузки до 7–10 кг на погонный метр. Попутно заметим, что аналогичная картина имеет место и в других горных районах [34].

В заключение заметим, что целый ряд вопросов современного климата Кыргызстана, которые не нашли здесь отражения или отражены только весьма кратко, рассматриваются подробно в монографиях, изданных кафедрой метеорологии КРСУ [1, 3, 27, 30–35, 37]. В них излагаются вопросы циркуляции атмосферы и загрязнения городов, режима горно-долинных циркуляций, аэроклиматических характеристик ветра, режима сильных ветров и гололедных отложений, вызывающих механические нагрузки на сооружения, климатических параметров отопительного сезона, режима характеристик увлажнения территории, интенсивности грозовой деятельности, численной оценки высотных зависимостей широкого спектра метеорологических величин и изменений современного климата региона.

1.3. Причины изменений и предсказуемость современного климата

Изменение местного климата любой территории надо рассматривать как *следствие*, т. е. местный отклик на изменение глобального климата Земли. На сегодняшний день наука о климате рассматривает целый ряд возможных причин изменения глобального климата, имеющих различный временной интервал действия. Основные из таких причин, общепризнанные современной наукой, показаны в таблице 1.3 с указанием временных масштабов их действия на климат [8, 10, 11, 13, 14, 18, 19, 21, 22, 26, 29, 40, 43, 35, 46, 47, 49, 50, 52–54].

Таблица 1.3 – Причины изменений глобального климата Земли (знаком «?» отмечены причины, все еще имеющие различную степень дискуссионности их действия)

Причины изменений климата	Временной масштаб
1. Эволюция светимости Солнца	Млрд лет
2. Изменения альbedo Земли	От десятков тысяч до млрд лет
3. Движение литосферных плит Земли	Десятки и сотни млн лет
4. Изменение вулканической деятельности	Тектоно-магматические эпохи
5. Изменение орбитальных параметров Земли	20–100 тыс. лет
6. Изменение интенсивности теплообмена между океаном и атмосферой	Десятки, сотни лет и более?
7. Изменения осевой скорости вращения Земли	Десятки, сотни лет и более?
8. Антропогенные выбросы парниковых газов	Десятки, сотни лет и более?
9. Собственные нелинейные колебания климатической системы Земли	Различный масштаб?

Так, Солнце в своей звездной эволюции за прошедшие 5 млрд лет, видимо, увеличило яркость примерно на 25 %. Ясно, что эта первая причина на наблюдаемые сегодняшние изменения климата никакого влияния не оказывает, так как она слишком масштабна во времени.

То же самое можно сказать про вторую причину – изменение альbedo Земли (ее отражательная способность, равная в сегодня примерно 30 %), которое

также медленно менялось за всю ее историю. Сравнительно быстро (десяtkи тысяч лет) альбедо могло изменяться не как причина, а только как следствие развития покровных оледенений за счет высокой отражательной способности возникших ледяных щитов.

Очень медленно, за десятки и сотни миллионов лет, происходит постоянное изменение в расположении и конфигурации литосферных плит Земли вследствие вязких течений в ее мантии (третья причина). Всегда, когда в результате такой перестройки поверхности Земли в зоне полюсов сосредоточивались значительные участки суши, на ней развивалось оледенение. Сейчас льдами покрыт материк Антарктида, который занимает южную полярную область, а также Гренландия, расположенная в северных широтах. Именно здесь сосредоточены основные современные массы льда на планете. Здесь ледниковый период еще продолжается. В геологическом прошлом покровные ледники неоднократно наступали и отступали, покрывая большие участки суши – до 30 % ее территории [18, 21, 22, 29, 43]. Свидетельства древних оледенений Земли сегодня найдены на всех ее континентах, что служит одним из подтверждений самой тектоники движения плит.

Вулканическая деятельность на протяжении истории Земли сильно менялась, что в прошлом, несомненно, существенно влияло на климат вследствие возникающих колебаний состава и прозрачности атмосферы из-за больших выбросов аэрозолей и газов. Сегодня она понижена и достаточно стабильна. Происходящие время от времени отдельные достаточно сильные извержения вулканов могут приводить лишь к кратковременным (1–3 года) похолоданиям в пределах нескольких десятых градуса, а затем атмосфера самоочищается. Эта четвертая причина может стать существенной только при активизации вулканической деятельности, чего пока не наблюдается.

Следующая причина, известная сейчас как астрономические циклы Миланковича, который впервые описал ее математически в первой трети XX века, имеет временные масштабы от 20 до 100 тыс. лет. Наблюдающиеся с периодичностью около 20, 40 и 100 тыс. лет явления прецессии земной оси, небольшие колебания угла ее наклона, а также эксцентриситета орбиты Земли, приводят к сезонному перераспределению солнечного тепла, поступающего к разным широтам (годовое количество для Земли в целом не меняется). Эта периодичность достаточно хорошо согласуется с имевшими место в последние 2 млн лет, плейстоценовыми оледенениями, когда климатический пульс Земли колебался с основным периодом в 100 тыс. лет. Есть все основания предполагать, что оледенения плейстоцена вызывались, по крайней мере, этими «орбитальными» причинами – как триггерным механизмом [18, 21, 22, 26, 43].

Океан – огромный по человеческим масштабам накопитель тепла, который очень сильно смягчает погоду и климат на Земле, гася их короткопериодные колебания. Если по каким-либо причинам интенсивность теплового взаимодействия океана и атмосферы будет меняться, то это немедленно скажется

на климате (шестая причина). Результаты работы [49] показывают, что это и происходит в настоящую эпоху с периодичностью в несколько десятков лет, что должно иметь прямое отношение к современным колебаниям климата. Аналогично, примерно в таких же временных масштабах, возможны воздействия на современный климат и неравномерности угловой скорости вращения Земли [10]. Следует, однако, отметить, что обе названные причины пока еще не являются общепризнанными и носят характер дискуссионных.

Антропогенные выбросы парниковых газов (причина 8) несомненно, есть всем понятный и поэтому внешне очень «эффектный» фактор возможного современного потепления. Именно этим фактором, прежде всего, пытаются объяснить наблюдаемое сейчас глобальное потепление климата Земли [8, 11, 13, 14, 19, 22, 26, 29, 46, 47, 52–54] и потепление ее региональных климатов. Однако не надо забывать, что антропогенные выбросы происходят только в последние 100–150 лет, тогда как колебания климата Земли, часто гораздо более сильные и драматичные, наблюдались во время всей ее истории длительностью в 4,6 млрд лет. Причем в последние 500 тыс. лет, по которым сведения о климате наиболее достоверны, были периоды, когда увеличение концентрации CO_2 , возможно, шло «за изменением температуры», а не впереди, как этого требует парниковый эффект. Поэтому не следует рассматривать антропогенное увеличение парниковых газов как единственную и, возможно, даже основную причину наблюдающихся климатических изменений, помня большую сложность и многофакторность проблемы изменений климата Земли.

В настоящее время многие ученые все более склоняются к мысли, что наблюдаемые колебания климата Земли есть, прежде всего, следствие более сложных процессов, объясняемых собственными нелинейными колебаниями ее климатической системы случайного характера, на которые только накладываются антропогенные воздействия [10, 14, 21, 22, 49, 50]. Ключевыми словами здесь являются *нелинейность* и *случайность*. Нелинейность означает, что малые причины (малые воздействия) могут вызывать при определенных обстоятельствах большие изменения или последствия (причины и следствия не прямо пропорциональны). Скорее всего, внутренним свойством климатической системы Земли является возникновение в ней собственных колебаний климата за счет постоянно меняющейся и случайно возникающей комбинации климатообразующих факторов, закономерность изменений и колебаний которых нам пока неизвестна. Косвенным, но весьма важным подтверждением этого является «отсутствие» видимых и вполне определенных и понятных причин изменения климата на интервалах в несколько десятилетий и столетий, происходивших как в прошлом, так и происходящих в настоящее время (рисунок 5.1).

Происходившие как в прошлом, так и в настоящем времени потепления климата можно обнаружить с помощью следующих индикаторов (следствий) этого процесса:

1. Повышение различных характеристик приземной температуры (средней, минимальной и максимальной в различные сезоны), измеряемой на метеостанциях.

2. Увеличение частоты и длительности жарких погод летом.

3. Сокращения частоты и длительности холодных погод зимой.

4. Отступление и сокращение горных ледников, деградация ледяных щитов Антарктиды и Гренландии.

5. Сокращение площади и мощности морских льдов в полярных районах, сокращение площади и времени залегания снежного покрова в умеренных широтах.

6. Сокращение времени начала/конца замерзания рек, что для прошлого можно проследить по письменным источникам.

7. Деградация зон вечной мерзлоты, занимающей значительную часть северного полушария.

8. Увеличение интенсивности и повторяемости экстремальных явлений погоды

9. Смещение к северу зон теплолюбивой растительности и миграции в океане рыб и морских организмов.

Теория климата, хотя и весьма интенсивно, но еще только создается [29]. При этом в последние десятилетия в ее развитии достигнут впечатляющий прогресс, за счет привлечения к этой проблеме многих научных школ, результаты исследований

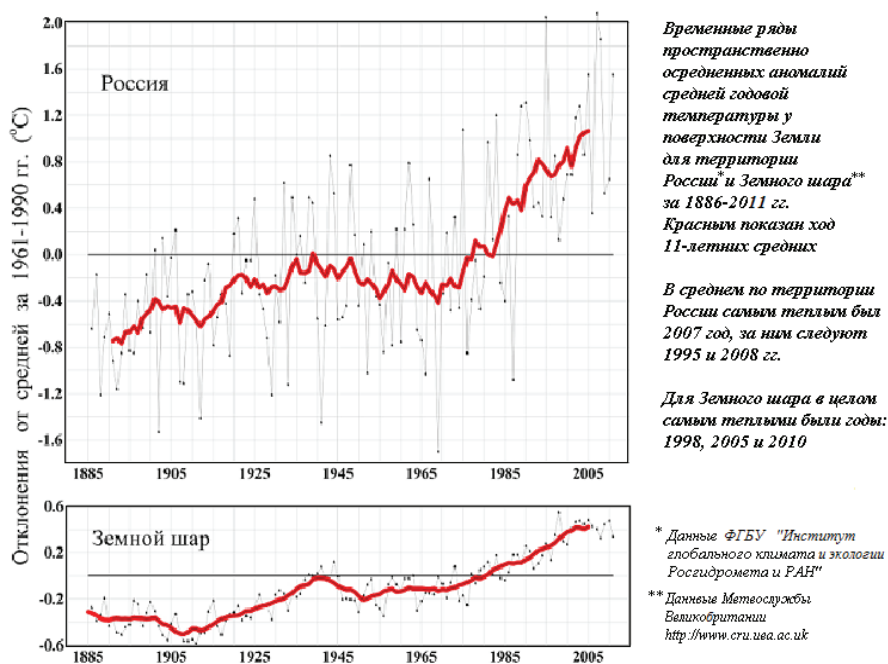


Рисунок 1.5 – Изменение аномалий средних годовых приземных температур для Земли в целом и территории России на период по 2011 г. по данным Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН

которых находятся под пристальным вниманием правительств различных стран и широкой мировой общественности. Создание сложных глобальных климатических моделей явилось несомненным прорывом в науке о климате. Однако до полной уверенности в том, что получаемые по ним сценарии будущих климатических условий соответствуют действительности, еще очень далеко. Существующие на сегодняшний день климатические модели, несомненно, требуют коренного улучшения и, прежде всего, на региональном уровне, чтобы можно было прогнозировать изменение региональных и местных климатов. Есть веские аргументы ряда авторитетных ученых, что модели без такого коренного улучшения пока не могут использоваться как инструмент для надежного прогноза климата. Одним словом, неопределенности в ближайших будущих изменениях климата Земли, скорее всего, пока еще далеко не сняты, несмотря на все возрастающую категоричность утверждений МГИК о решающем влиянии антропогенных выбросов парниковых газов на изменение современного климата.

1.4. Цель и задачи исследований, исходный материал и методика анализа

Представляется полезным привести достаточно полное изложение принятой методики исследований с численными примерами ряда вычислительных процедур, что необходимо для полноценного использования полученных результатов, а также в случае применения работы в учебных целях.

1. Цель и задачи исследований. Целью исследований настоящей работы являлась сравнительная оценка основных временных тенденций (линейных трендов) различных характеристик температуры воздуха и сумм осадков на территории Северного и Северо-Западного Кыргызстана (ССЗК) в периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.) по многолетним данным 10 метеостанций. Предметом исследований были скользящие 11-летние средние значения годовых и сезонных сумм осадков, а также пяти различных характеристик температуры воздуха для центральных месяцев сезонов и года за период фактической работы метеостанций по 2009 г. включительно (средние годовые, средние минимальные, средние из абсолютных минимальных, средние максимальные и средние из абсолютных максимальных значений температуры воздуха). В соответствии с этим, задачи исследований включали следующее.

1. Установление и анализ структуры псевдоцикличности во временном ходе исследуемых характеристик температуры и осадков по данным их 11-летних скользящих средних за период инструментальных наблюдений 1930–2010 гг.

2. Оценка и сравнительный анализ статистических характеристик параметров линейных трендов исследуемых температур и осадков по данным их 11-летних скользящих средних за три периода: 1930–1975 (стабильный мировой

Таблица 1.4 – Используемая сеть метеостанций ССЗК: станции, высота, расположение, использованные периоды наблюдений за температурой воздуха и осадками (в первой сточке дан период исходного ряда, а во второй – полученный период 11-летних средних, который короче исходного ряда на 5 лет слева и на 5 лет справа)

Станция (высота, км)	Температура					Осадки
	средняя	сред. макс.	абс. макс.	сред. мин.	абс. мин.	
Ось Чуйской долины						
1. Жаны-Жер /Чуйская (0,60)	1973-09	1973-09	1973-09	1972-09	1972-09	1931-09
	1978-04	1978-04	1978-04	1977-04	1977-04	1936-04
2. Токмак (0,82)	1932-09	1932-09	1932-09	1929-04	1930-09	1929-09
	1937-04	1938-04	1938-04	1935-04	1935-04	1935-04
Подгорная равнина северных склонов Киргизского Ала-Тоо – Чуйская долина						
3. Бишкек/Фрунзе (0,76)	1928-09	1928-09	1928-09	1928-09	1928-09	1927-09
	1933-04	1933-04	1933-04	1933-04	1933-04	1932-04
4. Кара-Балта/Калининское (0,77)	1980-09	1980-09	1980-09	1980-09	1980-09	1957-09
	1985-04	1985-04	1985-04	1985-04	1985-04	1962-04
Подножье северного склона Киргизского Ала-Тоо						
5. Ысык-Ата/Юрьевка(1,03)	1957-09	1957-09	1957-09	1957-09	1957-09	1957-09
	1962-04	1962-04	1962-04	1962-04	1962-04	1962-04
Нижнегорная зона северного склона Киргизского Ала-Тоо						
6. Байтык (1,58)	1915-09	1915-09	1915-09	1914-09	1914-09	1912-09
	1920-04	1920-04	1920-04	1919-04	1919-04	1917-04
Среднегорная и пригребневая зоны Киргизского Ала-Тоо						
7. Альплагерь (2,13)	1979-09	1979-09	1979-09	1978-09	1978-09	1978-09
	1984-04	1984-04	1984-04	1983-04	1983-04	1983-04
8. Тюя-Ашуу южная (3,23)	1959-03	1959-03	1959-03	1958-04	1958-04	1954-09
	1964-99	1964-96	1964-96	1963-99	1963-99	1958-04
Днище Таласской долины (ось долины)						
9. Кызыл-Адыр /Кировское (0,92/0,86)	1944-09	1944-09	1944-09	1943-09	1943-09	1943-09
	1949-04	1949-04	1949-04	1948-04	1948-04	1948-04
10. Талас (1,22)	1930-09	1935-09	1935-09	1929-09	1929-09	1929-09
	1935-04	1940-04	1940-04	1934-04	1934-04	1934-04

климат), 1976–2010 (интенсивное потепление мирового климата) и 1930–2010 гг. (период инструментальных наблюдений в Кыргызстане в целом).

3. Оценка и сравнительный анализ скоростей и величин потеплений/похолоданий в полях различных характеристик температуры и изменений сумм осадков по найденным уравнениям линейных трендов для трех заданных периодов: 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

2. Используемые исходные характеристики температуры и осадков.
Для статистических расчетов были использованы *исходные временные ряды* средних годовых и средних месячных значений (январь, апрель, июль и октябрь – центральные месяцы сезонов года) для следующих пяти характеристик температуры, которые отражают картину климатических изменений в ССЗК в годовом, сезонном и суточном разрезах:

1) среднегодовые и среднемесячные температуры, характеризующие в целом средние годовые и средние месячные температурные условия на станции;

2) средние из минимальных суточных значений температуры для каждого месяца, характеризующие в среднем выводе *средние ночные* температурные условия этого месяца на станции;

3) средние из абсолютных минимальных месячных значений температуры, характеризующие предельные *экстремально холодные погоды*, которые в среднем выводе могут наблюдаться *ежегодно* в этом месяце на станции;

4) средние из максимальных суточных значений температуры для каждого месяца, характеризующие в среднем выводе *средние послеполуденные* температурные условия этого месяца на станции;

5) средние из абсолютных максимальных месячных значений температуры, характеризующие предельные *экстремально теплые погоды*, которые в среднем выводе могут ежегодно наблюдаться в этом месяце на станции.

Следует подчеркнуть, что для четырех последних характеристик температуры их средние месячные значения имеют весьма *высокую степень наглядности*, не требующую дополнительных пояснений. Что же касается их осредненных значений для года, то здесь наглядность в значительной мере теряется, но они остаются такой же условной и полезной климатической характеристикой (нормой), как обычная норма для средней годовой температуры.

Для характеристики осадков использовались их годовые суммы и суммы по 4 сезонам для каждого года, как достаточно полно отражающие для заданных задач исследований многолетний режим осадков на станциях.

3. Исследуемые временные периоды – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. Три исследуемых периода современного климата ССЗК, начинающиеся с 1930 г. (начало массовых инструментальных наблюдений в Кыргызстане), были определены, исходя из наблюдающейся динамики глобального климата Земли и доступного нам объема исходных данных по 2009 г. На рисунке 1.5 приведена усредненная для земного шара и территории России картина хода аномалий температуры, полученная за период инструментальных наблюдений по данным 11-летних скользящих средних в НИИ Глобального климата и экологии Росгидромета и РАН [8]. Из этого рисунка следует, что наблюдавшееся с 1910 г. потепление климата Земли (известное в литературе как потепление Арктики) закончилось в 1930/1940 гг. и в период с 1930 по 1975 гг. климатические изменения в среднем для земного шара были минимальными, в это время имело место очень слабое похолодание со средним понижением температуры $\Delta T \approx -0,1^\circ\text{C}$. Поэтому условно этот период (1930–1975 гг.) нами был определен как *период стабильного мирового климата*. С 1976 г. началось интенсивное потепление климата Земли и ее отдельных крупных регионов, в результате чего к 2005 г. температура земного шара возросла примерно на $\Delta T \approx +0,6^\circ\text{C}$, и этот положительный тренд продолжился после 2005 г. Поэтому условно период 1976–2010 гг. нами определен как *период потепления миро-*

вого климата. Заметим, что такое выделение периодов хорошо согласуется со всеми имеющимися результатами исследований современных глобальных климатических изменений. Наконец, представляло естественную целесообразность рассмотреть изменение климата ССЗК также за общий период инструментальных наблюдений на метеостанциях, который для большинства из них примерно близок к 1930–2010 гг. (наблюдения после 2010 г. продолжаются на использованной сети станций, но были недоступны авторам).

4. Используемая сеть метеостанций и длительность рядов наблюдений. Характеристика использованной в работе метеорологической сети из 10 метеостанций Северного, Северо-Западного Кыргызстана (ССЗК) приведена в таблице 1.4.

Использованный период наблюдений по не зависящим от авторов причинам, к сожалению, был ограничен 2009 г. При этом по различным станциям и разным характеристикам температуры и осадков он мог быть не одинаковым, а соответствовал имеющимся наблюдениям на станциях. Прежде всего, следует заметить, что преобразованные 11-летние ряды, на основании которых строился весь анализ, короче исходных на 10 лет – на 5 лет слева и на 5 лет справа, что специально показано во вторых строчках таблицы 1.4. Это возникает потому, что рассчитанные за 11 лет средние значения относятся к серединам интервалов осреднения. Так, например, если по станции Бишкек исходные температурные ряды имеют период 1928–2009 гг., то расчетные ряды 11-летних средних имеют период 1933–2004 гг. При этом надо учитывать, что на стыке двух заданных стандартных периодов 1930–1975 и 1976–2010 гг. 11-летние средние значения температуры, соответствующие 1975 г., рассчитаны по интервалу за 1970–1980 гг., а соответствующие 1976 г., рассчитаны по интервалу за 1971–1981 гг.

Чтобы избежать путаницы в ссылках на использованные по станциям периоды наблюдений принято следующее: а) в тексте и заголовках основных таблиц (2.1, 2.3, 2.5 и т. д.) ссылки делаются на длительность рядов 11-летних средних (если нет специальной оговорки), т. е. тех, по которым рассчитаны тренды; б) для принятых стандартных периодов исследований (1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.), а также в тех случаях, когда надо специально подчеркнуть длительность работы станций, ссылка делается на длительность исходных рядов.

Конечно, было бы весьма желательным использовать строго одинаковые периоды наблюдений на каждой станции за всеми характеристиками климата, но тогда пришлось бы существенно сократить их список, фактически сведя его по температуре к 4 станциям – Байтыку (наблюдения с 1914/15 г.), Бишкеку, Токмаку и Таласу (наблюдения с 1928/30 гг.). По осадкам к ним добавилась бы еще станция Жаны-Жер. Однако мы сочли целесообразным для возможной полноты климатического освещения территории использовать все 10 станций, несмотря на имеющиеся различия в периодах наблюдений. Учет показательности/непоказательности расчетных данных, полученных по короткорядным

станциям, решался во всех случаях по результатам сравнительного анализа с привлечением расположенных сопредельно длиннорядных станций. При такой сложной горной территории и редкой сети метеостанций этот путь, как показал весь процесс исследований, является необходимо оправданным.

Для температуры воздуха из всех 10 станций следующие 5 – Токмак (1929–2009 гг.), Бишкек/Фрунзе (1928–2009 гг.), Байтык (1914–2009 гг.), Кировское/Кызыл-Адыр (1943–2009 гг.) и Талас (1929–2009 гг.) – условно определены нами как длиннорядные, которые полно (или сравнительно полно) соответствуют общему периоду исследований 1930–2010 гг. Их очень важным и принципиальным отличием является то, что они могут репрезентативно описать как обе его части (1930–1975 и 1976–2010 гг.), так и весь период в целом. Только станция Кировское (11-летний ряд, 1944–2004 гг.), как увидим далее, в ряде случаев не дает показательной картины для всего первого периода 1930–1975 гг., и тогда ее тренды b_1 за этот период приходилось браковать. Таких случаев явного брака коэффициента тренда b_1 оказалось 8 из 125.

Остальные 5 станций, которые определены как короткорядные, – Жаны-Жер/Чуйская, Кара-Балта/Калининское, Ысык-Ата/Юрьевка, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж., – в той или иной мере могут характеризовать только период потепления мирового климата 1976–2010 гг. Причем три станции имеют ряды, выходящие слева за 1976–2010 гг.: Ысык-Ата (1957–2009 гг.), Тюя-Ашуу (1959–2003 гг.) и Жаны-Жер (1973–2009 гг.). Две станции имеют исходные данные, начинающиеся позже 1976 г.: Кара-Балта/Калининское (1980–2009 гг.) и Альплагерь (1979–2009 гг.).

Как видно, территориально станциями достаточно хорошо освещены днища Чуйской и Таласской долин – 6 метеостанций из 10. При этом в Чуйской долине и ее горном обрамлении удалось климатически осветить осевую зону долины (станции Жаны-Жер – 0,60 км и Токмак – 0,82 км), наклонную подгорную равнину в пределах до 20 км к северу от подножья Киргизского хребта (Бишкек – 0,76 км и Кара-Балта – 0,77 км), само подножье (Ысык-Ата – 1,03 км), а также низкогорную (Байтык – 1,58 км), среднегорную (Альплагерь – 2,13 км) и даже высокогорную зону (Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км).

Для Таласской долины использованы только две станции – Кызыл-Адыр/Кировское (0,92/0,86 км) и Талас (1,22 км), освещающие климатически ее осевую нижнюю и среднюю высотные зоны днища. Склоновых станций здесь не имеется.

Следует особо охарактеризовать степень освещенности температурными данными различных высотных зон склонов хребтов имеющимися 4 метеостанциями с учетом длительности их рядов наблюдений. Из них только низкогорная станция Байтык (1,58 км) имеет полный ряд наблюдений, соответствующий 1914–2009 гг. (наиболее длиннорядная станция ССЗК). На высокогорной станции Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), имеет место пропуск наблюдений по температуре за три года – 2005, 2006 и 2007 гг. Кроме того, по максимальным и минимальным

температурам имеются дополнительные пропуски, что весьма нежелательно ограничило «справа» ее расчетные 11-летние ряды. На среднегорной станции Альплагерь (2,13 км) наблюдения начаты с 1978 г., а на станции подножья Ысык-Ата (1,03 км) – с 1957 г. Поэтому именно данные станции Байтык явились реперными, относительно которых выполнялся *сравнительный анализ* по температуре и осадкам для трех остальных склоновых станций и делались выводы об изменении этих климатических характеристик на склонах хребтов ССЗК.

Во всех случаях полученные итоговые статистические оценки по 4 длиннорядным долинным станциям и склоновой станции Байтык критически сравнивались, и делался вывод о целесообразности/нецелесообразности дифференциации этих оценок для долинных районов и склонов.

Для годовых и сезонных сумм осадков исходные ряды по некоторым станциям были на один год длиннее, чем по температуре воздуха. Исключение представляет станция Жаны-Жер (ось Чуйской долины 0,60 км), где измерения осадков начаты с 1931 г. (11-летний ряд соответствует 1936–2004 гг.). В результате по осадкам она перешла в разряд длиннорядных станций, которых теперь стало 6, а число короткорядных, соответственно, уменьшилось с 5 до 4.

5. Расчет параметров уравнений линейных трендов и оценка их значимости. По полученным 11-летним рядам температуры и осадков для длиннорядных станций с использованием программы Excel были найдены оценки линейных трендов, соответствующих двум условным периодам 1930–1975 гг. (стабильный мировой климат) и 1976–2010 гг. (потепление мирового климата), а также всему анализируемому периоду в целом (1930–2010 гг.). Для короткорядных станций такие оценки найдены только для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.

Уравнения линейных трендов для всех трех периодов (1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.) искали в виде

$$y = b_0 + b_{1-3} * x \pm s, \quad (1.4)$$

где $y, ^\circ\text{C}$ (или мм) – температура/осадки, x – год (например, – 2005); b_1, b_2 и $b_3 ^\circ\text{C}/\text{год}$ (или мм/10 лет) – угловые коэффициенты трендов, соответственно, за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.; $b_0 ^\circ\text{C}$ (или мм) – свободный член уравнений (различный для каждого из периодов); $\pm s ^\circ\text{C}$ (или мм) – средние квадратические ошибки уравнений тренда.

Оценка статистической значимости уравнений трендов определялась на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$ по F-критерию Фишера, расчет эмпирических значений которого ($F_{\text{эмп.}}$) предусмотрен программой ЛИНЕЙН Excel. Значение F-критическое ($F_{\text{крит.}}$) находилось в Excel по обратному F-распределению для уровня значимости $q = 0,05$ и степеней свободы 1 и $(n - 2)$, где n – объем использованного 11-летнего ряда наблюдений. Тренд считался статистически значимым, если $F_{\text{эмп.}} > F_{\text{крит.}}$. Дополнительно во всех случаях определены также коэффициенты детерминации (в Excel – достоверности)

трендов $B = R^2$, где R – коэффициент парной корреляции между y и x .

Для короткорядных станций аналогичным образом рассчитывались характеристики трендов за период 1976–2010 гг., т. е. с коэффициентами b_2 . В тех случаях, когда по ряду температурных характеристик отдельные станции имели периоды наблюдений, выходящие слева за 1976 г., для них дополнительно по полным периодам рассчитаны также и тренды b_3 . Именно эти тренды приводятся на рисунках 2.1, 3.1, 4.1 и аналогичных, где показаны 11-летние кривые с графиками и уравнениями трендов по станциям за весь период их работы.

6. Оценка значимости разности угловых коэффициентов трендов $\Delta b = b_2 - b_1$. Для длиннорядных станций, для которых одновременно были рассчитаны коэффициенты b_1 и b_2 , относящиеся к периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг., кроме того, оценивалась статистическая значимость их разности $\Delta b = b_2 - b_1$, по специальному виду t -критерия Стьюдента (1.5), что было необходимо для квалифицированного заключения о равенстве/различии трендов, полученным по двум различным периодам:

$$t_{\text{эмп}} = |\Delta b| / (((s_1)^2 * (n_1 - 2) + (s_2)^2 * (n_2 - 2)) / (n_1 + n_2 - 4) * (1/Q_1 + 1/Q_2))^{0.5} \quad (1.5),$$

где $(s_1)^2$ – остаточная дисперсия y или квадрат ошибки уравнения тренда для ряда 11-летних средних, полученных по первому периоду 1930–1975 гг.; $(n_1 - 2)$ – число степеней свободы для этого ряда 11-летних средних; n_1 – его объем (n_1 равно числу лет ряда 11-летних средних); $(s_2)^2$ и $(n_2 - 2)$ – то же для ряда 11-летних средних, полученных по второму исходному периоду 1976–2010 гг. Члены Q_1 и Q_2 равны

$$Q_1 = \sum (x_{1i} - x_{1\text{сред}})^2 \quad Q_2 = \sum (x_{2i} - x_{2\text{сред}})^2 \quad (1.6)$$

где x_{1i} – порядковый номер года 11-летнего ряда, соответствующего первому периоду исходных данных 1930–1975 гг.; $x_{1\text{сред}}$ – среднее значение (средний год) этого 11-летнего ряда; x_{2i} и $x_{2\text{сред}}$ – то же для 11-летнего ряда второго периода за 1976–2009 гг.

Критическое значение критерия – $t_{\text{крит.}}$ определялось по программе Excel по обратному t -распределению Стьюдента для $(n_1 + n_2 - 4)$ степеней свободы и одностороннего уровня значимости $q = 0,05$. При этом нулевая гипотеза имела следующую формулировку – $H_0: \Delta b = b_2 - b_1 = 0$, т. е. различие угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 на самом деле отсутствует (равно нулю), а их наблюдаемое расхождение Δb чисто случайно. В качестве альтернативной гипотезы принималась односторонняя – $H_{\text{альт.}}: b_2 < b_1$ (или $b_2 > b_1$, согласно эмпирическим значениям b_1 и b_2). Если найденное по (1.5) $t_{\text{эмп}} > t_{\text{крит.}}$, то нулевая гипотеза H_0 отвергалась и принималась альтернативная – $H_{\text{альт.}}: b_2 < b_1$ (или $b_2 > b_1$).

Как известно, риск ошибки первого рода всегда в точности равен задаваемому значению q , т. е. в нашем случае при использовании t и F -критериев он составлял 5 %.

Покажем вычисление и использование t -критерия на конкретном примере

по станции Бишкек. Для рядов 11-летних средних годовых температур, соответствующих двум периодам 1933–1975 и 1976–2003 гг., по программе ЛИ-НЕЙН вначале были определены b_1 и b_2 , оценена статистическая значимость уравнения тренда по F-критерию на уровне $q = 0,05$ (третьи строки первого и второго столбцов таблицы 1.5), а также рассчитаны все необходимые другие данные для оценки значимости Δb по (1.5), которые приведены в третьем столбце и в строках 4–7 таблицы 1.5.

Таблица 1.5 – Пример расчетов $t_{\text{эмп}}$ с оценкой статистической значимости гипотезы H_0

Период 1933–1975 гг.	Период 1976–2003 гг.	Результат проверки H_0 по (1.5)
$n_1 = 43$	$n_2 = 28$	$t_{\text{эмп}} = 6,32$
$b_1 = 0,0076$ (незначим)	$b_2 = 0,0497$ (значим)	$H_0: \Delta b = 0; H_{\text{альт.}}: b_2 > b_1$
$s_1 = 0,26$ (ошибка уравнения регрессии)	$s_2 = 0,24$ (ошибка уравнения регрессии)	$t_{\text{крит}} (\text{одност.}) = t_{0,05; 67} = 1,67$
$(s_1)^2 = 0,0676$ (остаточная дисперсия)	$(s_2)^2 = 0,0576$ (остаточная дисперсия)	Вывод: так как $t_{\text{эмп}} > t_{\text{крит}}$, то H_0 отвергается и принимается $H_{\text{альт.}}: b_2 > b_1$
$x_{1\text{сред}} = 1954$	$x_{2\text{сред}} = 1989$	
$Q_1 = 6622$	$Q_2 = 1834$	

В результате выполнения этих статистических процедур получено, что в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на станции Бишкек статистически значимого ($q = 0,05$) тренда повышения средних годовых температур не наблюдалось ($b_1 = 0,0076$ °C/год – незначим), тогда как в последующем периоде потепления мирового климата 1976–2010 гг. их тренд был весьма существенным и статистически значимым ($b_2 = 0,0497$ °C/год – значим). Различие трендов $\Delta b = b_2 - b_1 = 0,0421$ °C/год с доверительной вероятностью $p = 0,95$ также является значимым. Выводы о значимости/незначимости Δb учитывались при интерпретации расчетных данных при выполнении климатического анализа, как это показано ниже.

7. Анализ псевдоцикличности во временных рядах температуры и осадков. Для всех 10 станций, по имеющимся исходным рядам наблюдений, первоначально были рассчитаны 11-летние скользящие средние для 5 анализируемых характеристик температуры воздуха, годовых и сезонных сумм осадков и построены графики их временного хода. Ответ на вопрос – почему были использованы именно 11-летние средние, а не цифровой фильтр с каким-либо другим периодом отсечения, лежит чисто в практической плоскости. Во-первых, после закономерного суточного и годового хода метеорологических величин наиболее «строгой» естественной периодичностью является (хотя до сих пор и не обнаруженная достоверно в метеорологических рядах) 11-летняя цикличность солнечной активности (индекс чисел Вольфа). Во-вторых, как показано в [29], применение других, используемых для аналогичных целей фильтров, дает сходные результаты, а период в 11 лет примерно оптимально соответствует исходной длительности имеющихся рядов

наблюдений.

Климатический анализ по каждой климатической характеристике начинался с предварительной качественной оценки наличия псевдоцикличности во временных рядах скользящих 11-летних средних: выявление для каждой станции структуры вида кривых, представляющих собой чередования фаз потеплений/похолоданий (для осадков их роста/уменьшения), имеющих случайную форму, амплитуды и, во многих случаях, случайные начала/окончания и длительности на каждой станции. Это позволяло более обоснованно интерпретировать полученные численные значения угловых коэффициентов трендов, характеризующих знак и величину скорости изменения температуры/осадков на каждой станции по различным периодам и особенно на короткорядных станциях.

Совершенно очевидно, что климатические колебания, фиксируемые на станциях, есть местные следствия (отклики) на происходящие изменения глобального климата. Вид и свойства таких откликов могут иметь существенные местные составляющие в зависимости от своих физико-географических условий. Для горных станций различия могут возникнуть в пределах всего нескольких км и, тем более, нескольких десятков км, если существенно меняются высоты и/или их орографические условия. Например, станция Бишкек (0,76 км) расположена на подгорной равнине, а сопредельная станция Байтык (1,58 км), находится всего в 30 км южнее, но уже в среднегорной зоне и в нижней части узкой склонной долины р. Ала-Арча, т. е. в совершенно других условиях. Поэтому нет ничего удивительного, что основные тенденции температуры/осадков на обеих станциях могут быть противоположными, хотя, казалось бы, что типы синоптических процессов (даже мезомасштаба) здесь одинаковы. На самом деле неодинаковыми будут проявления этих процессов на станциях, и это является решающим фактором. К сожалению, количественная сторона вопроса (почему именно это происходит и в какой степени) пока не изучена и получаемая та или иная картина может констатироваться обычно только по «факту» ее наблюдения без строгого причинного объяснения и, тем более, возможности предварительного численного расчета.

Можно встретить два предельных вида различий между основной тенденцией временных рядов температуры/осадков и соответствующих им структурам 11-летних кривых: а) 11-летние кривые геометрически близки между собой, но коэффициенты линейных трендов существенно различны по величине или даже знаку, б) 11-летние кривые геометрически существенно различны и также существенно различны по величине или даже знаку коэффициенты трендов. Между ними лежит все множество возможных промежуточных видов.

Например, на рисунке 1.6 приведены 11-летние кривые за 1934–2004 гг. и полученные по ним уравнения линейных трендов для средних температур октября по сопредельным станциям Бишкек (0,76 км) и Байтык (1,58 км). Казалось бы, основные тенденции изменения температур на этих станциях должны быть идентичными. Действительно, и число потеплений/похолоданий, и их

начало/конец на обеих станциях близко совпадают, вследствие чего 11-летние кривые геометрически в целом весьма похожи. Но из-за наблюдаемой разности амплитуд фаз понижения и роста температуры и интегрального накопления этой разности от начала к концу периода наблюдений основная тенденция изменения, или линейный тренд, в Бишкеке характеризуется заметным потеплением (скорость $0,065\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), тогда как в Байтыке – похолоданием, в два раза более интенсивным по абсолютной скорости ($-0,119\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). На рисунке 1.6 хорошо видно, что 11-летняя кривая для Бишкека, колеблясь, идет вверх, а для Байтыка, колеблясь похожим образом, идет вниз.

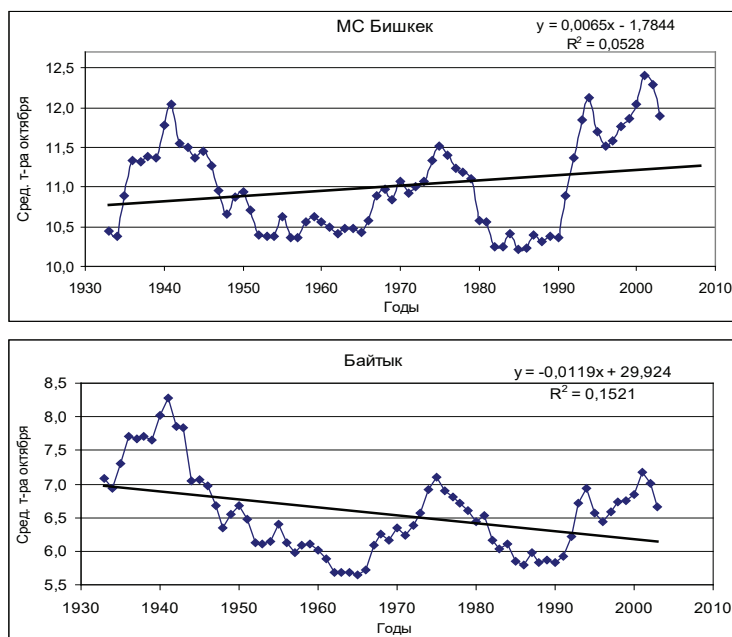


Рисунок 1.6 – Временной ход 11-летних кривых (1933–2004 гг.) и тренды средних температур октября на сопредельных станциях Бишкек (0,76 км) и Байтык (1,58 км)

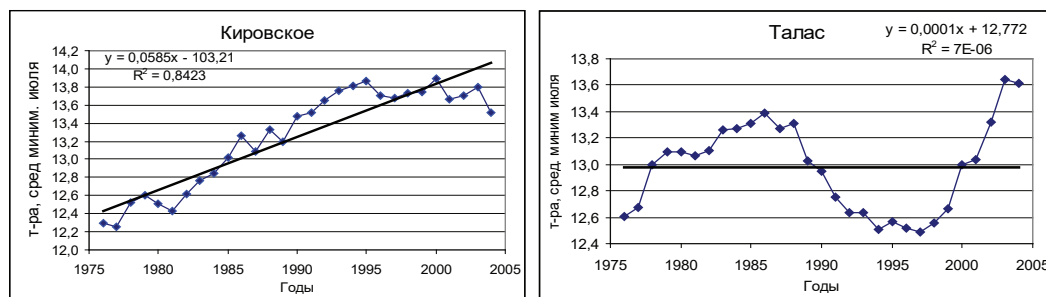


Рисунок 1.7 – Пример сильно различающихся по структуре 11-летних кривых средней минимальной температуры июля и соответствующих им трендов для периода 1976–2004 гг. на станциях Таласской долины – Кировское (0,86 км) и Талас (1,22 км)

Простого объяснения подобным фактам нет. Например, в целом для периода 1930–2010 гг. для пары сопредельных станций Бишкек – Байтык из всех 25 случаев (5 характеристик температуры и год плюс 4 центральных месяца сезонов) аналогичная ситуация, когда в Бишкеке имело место потепление, а на Байтыке – похолодание, встречалась 6 раз или в 24 % и соответствовала двум месяцам – октябрю и июлю, что возможно уже не является случайным. Совершенно ясно, что только какие-то местные условия формирования режима температуры при определенных сезонах и типах синоптических процессов обуславливают такое различие их линейных трендов на близлежащих станциях.

Характер различий второго типа показан на рисунке 1.7. Здесь, в отличие от предыдущего примера, имеют место две сильно различающиеся по структуре хода 11-летние кривые средних минимальных температур июля за 1976–2004 гг., наблюдавшиеся на сопредельных станциях Кировское и Талас, расположенных в днище Таласской долины. Это привело к аналогичным большим различиям их угловых коэффициентов трендов b_2 , равных соответственно 0,0585 и 0,0001 °C/год (практически нулевой тренд), хотя значения b_3 за весь период наблюдений на этих станциях, одного порядка: разнятся всего в 2 раза и, соответственно, равны 0,0340 и 0,0153 °C/год.

Как уже отмечалось, между двумя предельными типами различий, показанных на рисунках 1.6 и 1.7, находятся все промежуточные виды, когда угловые коэффициенты двух линейных b_x и b_y трендов различаются статистически значимо. При этом значения b_x и b_y могут относиться к разным станциям, различным сезонам, разным температурным характеристикам или их возможным комбинациям.

Наиболее распространенной картиной, как показало исследование, являлась обычно достаточно хорошая (или относительно хорошая) общая схожесть сравниваемых 11-летних кривых (совпадение числа максимумов/минимумов и примерно одинаковое их временное положение), но существенное различие высоты максимумов и глубины минимумов, т. е. амплитуд температурных изменений. Это могло приводить не только к заметным отличиям в значениях угловых коэффициентов трендов, но часто и к различию их знаков.

8. Интерпретация полученных расчетных данных при климатическом анализе. Как уже отмечалось, соответствующие трем разным периодам – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. – три различных уравнения трендов, компактно записанных как

$$y = b_0 + b_{1-3} * x \pm s,$$

можно использовать для расчетов и практических выводов только на интервалах своих периодов. Это наглядно видно на рисунке 1.8, где показаны графики и уравнения всех трех трендов с угловыми коэффициентами b_1 , b_2 и b_3 по станции Токмак для 11-летних кривых средней температуры января.

Прежде всего, обратим внимание на хорошо выраженные фазы повышения и понижения средней январской температуры, наблюдающиеся на этих кривых с четко выраженными максимумами и минимумами, о чем говорилось выше.

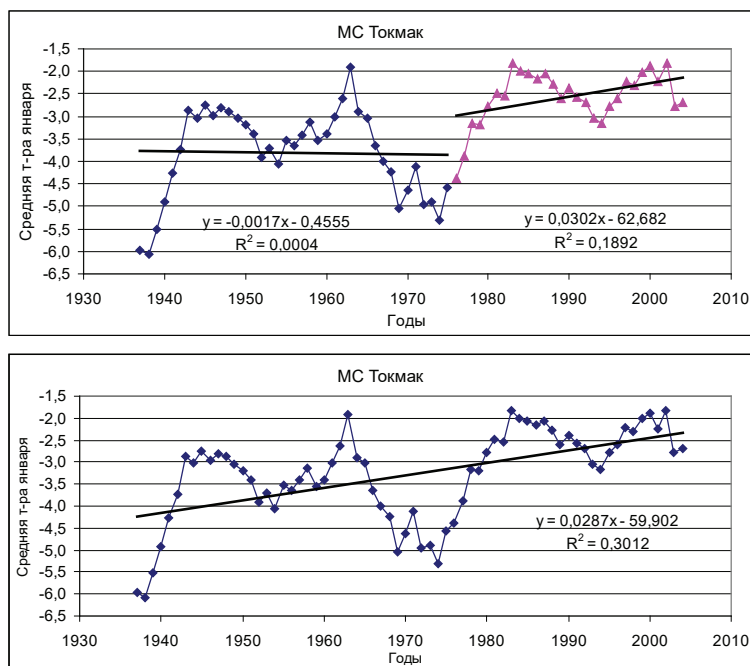


Рисунок 1.8 – Ход 11-летних январских температур для станции Токмак с графиками и уравнениями линейных трендов для двух сопредельных периодов 1937–1975 и 1976–2004 гг. (вверху) и для всего периода в целом 1937–2004 гг. (внизу)

Далее, из верхнего рисунка следует, что тренды для 1930–1975 и 1976–2010 гг. терпят граничный разрыв на стыке 1975/76 гг. из-за различий свободных членов уравнений b_0 (соответственно, равны: $-0,46\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-62,9\text{ }^{\circ}\text{C}$). Одновременно линии трендов имеют различный по знакам наклон из-за разницы по знакам и абсолютной величине угловых коэффициентов $b_1 = -0,0017\text{ }^{\circ}\text{C/год}$ и $b_2 = 0,0302\text{ }^{\circ}\text{C/год}$. Поэтому по этим двум уравнениям можно рассчитывать изменения температуры только за 46 лет – ΔT_{46} (первый период) и за 35 лет – ΔT_{35} (второй период). Однако нельзя складывать оба значения ΔT , чтобы получить итоговое изменение температуры за весь исследуемый 81-летний период 1930–2010 гг., равное ΔT_{81} . Такое общее изменение средней январской температуры ΔT_{81} можно найти только по тренду b_3 (нижний рисунок), полученному в целом для 1930–2010 гг. Точно так же трендовые оценки самих средних январских температур $T\text{ }^{\circ}\text{C}$ по тренду с коэффициентом b_1 можно определять и использовать, не выходя за пределы 1930–1975 гг., а по тренду с b_2 – за пределы 1976–2010 гг. Если же надо получить сплошной ряд таких оценок $T\text{ }^{\circ}\text{C}$ по всему периоду 1930–2010 гг., то они обязательно должны рассчитываться по тренду за 1930–2010 гг., содержащему коэффициент b_3 .

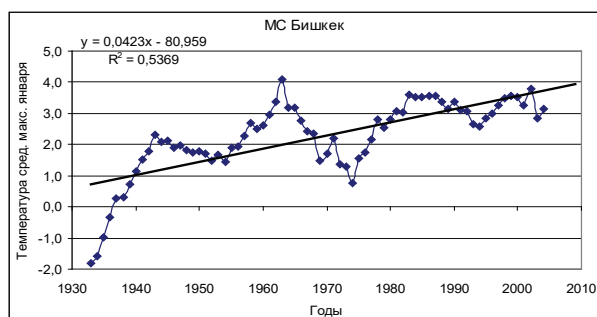


Рисунок 1.9 – 11-летняя кривая и тренд средней максимальной температуры января для Бишкека (1933–2004 гг.):

Фазы роста температуры: 1) 1933–43; 2) 1954–63; 3) 1974–84; 4) 1994–02.
Фазы понижения температуры: 1) 1943–54; 2) 1963–74; 3) 1984–94; 4) 2002–04 (наметившееся начало фазы)

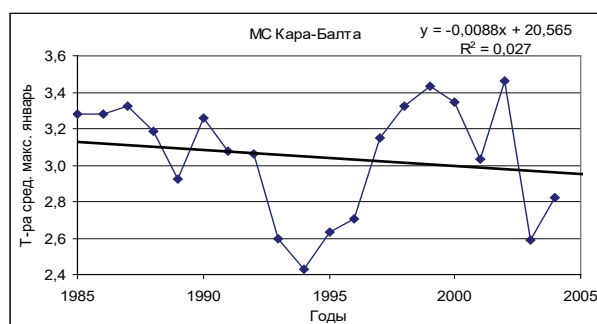


Рисунок 1.10– 11-летняя кривая и тренд средней максимальной температуры января для Кара-Балта (1985–2004 гг.).

Фазы роста температуры: 1) 1994–02 (без учета точек 2000 и 01 гг.).
Фазы понижения температуры: 1) 1987–94; 2) 2002–04 (наметившееся начало фазы)

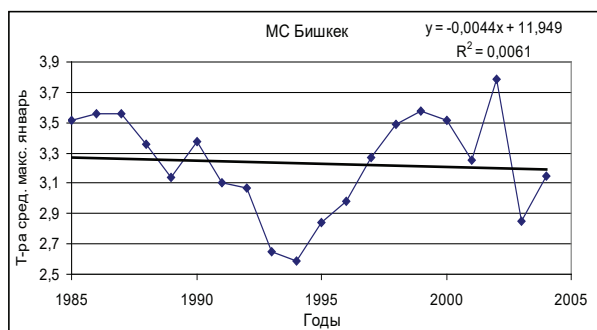


Рисунок 1.11– 11-летняя кривая и тренд средней максимальной температуры января для Бишкека (1985–2004 гг.). Хорошо видно сходство 11-летних кривых Кара-Балта и Бишкека на интервале 1985–2004 гг., что дало близкие отрицательные тренды на обеих станциях

Исходя из всего изложенного подхода, интерпретация результатов статистических расчетов при климатическом анализе сводилась к следующему:

1. Климатический анализ каждого пункта всех глав со второй, как уже отмечалось, начинался с приведения итоговых рисунков с ходом 11-летних кривых для температуры/осадков по всем 10 метеостанциям и анализом характерных особенностей этого хода за весь период наблюдений на данной станции.

2. Рассчитанные значения угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 с учетом их статистической значимости, использовались для индивидуальной по станциям характеристики скоростей потеплений/похолоданий и повышений/понижений сумм осадков, соответственно за периоды 1930–1975, 1976–2010 гг. и в целом по периоду 1930–2010 гг.; причем в итоговых таблицах эти коэффициенты для удобства приводятся в двух размерностях – °С/год и °С/10 лет; мм/год и мм/10 лет.

3. Практические рекомендации по использованию по каждой станции либо двух значений b_1 и b_2 , либо одного общего значения b_3 для характеристики скоростей потеплений/похолоданий (или роста/уменьшения осадков) по различным периодам определялись, исходя из оценки значимости как самих этих коэффициентов, так и их разности $\Delta b = b_2 - b_1$, согласно специальной «матрице решений», приведенной в таблице 1.6. Так, для примера, приведенного в таблице 1.5, по МС Бишкек в поле средних годовых температур было получено: $b_1 = 0,0076$ °С/год (незначимо), $b_2 = 0,0497$ °С/год (значимо), $\Delta b = 0,403$ °С/год (значимо). Из этих данных следует, что в поле средних годовых температур, согласно позиции 6 таблицы 1.6, следует принять следующие оценки скоростей потепления: а) для периода 1930–1975 гг. – значение $b_1 = 0,076$ °С/10 лет; б) для периода 1976–2010 – более высокое (в 6,3 раза) значение $b_2 = 0,497$ °С/10 лет.

Таблица 1.6 – Матрица принятия решений относительно коэффициентов b_1 , b_2 и b_3 для характеристики скорости потепления/похолодания и роста/уменьшения осадков по различным периодам

Пусть выполняется один из вариантов позиций 1..., 6,				Тогда принять:
1	$\pm b_1$ значим	$\pm b_2$ значим	Δb – незначимо	b_3
2	$\pm b_1$ значим	$\pm b_2$ значим	Δb – значимо	b_1 и b_2
3	$\pm b_1$ незначим	$\pm b_2$ незначим	Δb – незначимо	b_3
4	$\pm b_1$ незначим	$\pm b_2$ незначим	Δb – значимо	b_3
5	$\pm b_1$ значим	$\pm b_2$ незначим	Δb – знач/незнач	b_1 и b_2
6	$\pm b_1$ незначим	$\pm b_2$ значим	Δb – знач/незнач	b_1 и b_2

Предлагаемые правила следуют из общих положений, принятых в математической статистике. Подчеркнем еще раз, что правила таблицы 1.6 использовались только для выбора b_1 , b_2 и b_3 с целью оценки скоростей потеплений/похолоданий или роста/уменьшения осадков в периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

4. Значения изменений температуры ΔT °С и осадков Δr (мм) за 46, 35 и 81 год, обозначенных как ΔT_{46} , ΔT_{35} , ΔT_{81} и Δr_{46} , Δr_{35} , Δr_{81} рассчитывались по их угловым коэффициентам, как произведения

$\Delta T_{46} = b_1(^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}) * 4,6$; $\Delta T_{35} = b_2(^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}) * 3,5$ и $\Delta T_{81} = b_3(^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}) * 8,1$,

$\Delta r_{46} = b_1(\text{мм}/10 \text{ лет}) * 4,6$; $\Delta r_{35} = b_2(\text{мм}/10 \text{ лет}) * 3,5$ и $\Delta r_{81} = b_3(\text{мм}/10 \text{ лет}) * 8,1$.

5. В заключительных итоговых таблицах (таблица 2.3 и аналогичные) для кратных 10-летий периода 1930–2010 гг. приводятся также рассчитанные трендовые оценки самих значений температуры $T^{\circ}\text{C}$ (средних, средних максимальных, средних из абсолютных максимальных, средних минимальных и средних из абсолютных минимальных), годовых и сезонных сумм осадков r (мм), которые получены *по уравнениям трендов*, соответствующим коэффициентам b_3 , полученным за весь период наблюдений на каждой станции (приведены на рисунке 2.1 и аналогичных рисунках).

6. Расчетные климатические данные по всем 10 метеостанциям, которые анализируются в каждом пункте работы, приводятся в однотипных по форме и содержанию таблицах расчетных данных, которые следуют сразу же за рисунками с 11-летними кривыми. В этих таблицах, занимающих по две страницы (например, в разделе 2 это таблицы 2.1, 2.3, 2.5, 2.7 и 2.9), помещены следующие расчетные данные: 1) в позиции 1 – для длиннорядных станций для периода стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) приведены параметры уравнений тренда $y = b_1 * x + b_0$ (с оценкой значимости тренда по F-критерию), а также трендовые оценки изменений температуры/осадков за 46 лет – ΔT_{46} и Δr_{46} ; 2) в позиции 2 – приведены для периода потепления мирового климата (1976–2010 гг.) параметры уравнений тренда $y = b_2 * x + b_0$ для всех 10 длиннорядных и короткорядных станций, а также трендовые оценки изменений температуры за 35 лет – ΔT_{35} и Δr_{35} ; 3) в позиции 3 – для 5/6 длиннорядных станций показана разность угловых коэффициентов трендов $\Delta b = (b_2 - b_1)^{\circ}\text{C}/\text{год}$ для температуры и $\Delta b = (b_2 - b_1) \text{ мм}/\text{год}$ для осадков, и по t-критерию оценена ее статистическая значимость, приведены параметры уравнения тренда $y = b_3 * x + b_0$ (за весь период наблюдений); 4) в позиции 4 – для 5/6 длиннорядных станций даны рекомендуемые для использования угловые коэффициенты трендов b_1 и b_2 или b_3 , а также рассчитанные по b_3 изменения температуры ΔT_{81} и Δr_{35} за весь исследуемый 81-летний период 1930–2010 гг.

Такой полный формат приведения расчетных климатических данных служит фактической обоснованности полученных практических результатов и позволяет использовать эти расчетные данные для исследования других задач.

7. В заключение надо особо остановиться на возможностях использования трендов короткорядных станций. Дело в том, что на любом изучаемом временном интервале, тренд представляет собой *закономерную часть* более длинного, но, в целом, случайного климатического процесса. Поэтому ряды наблюдений конкретных метеостанций (и полученные по ним тренды) могут *случайным образом* накрывать: 1) полностью (или почти полностью) две и более фазы наблюдаемых потеплений/похолоданий; 2) достаточно полно только одну такую фазу; 3) накрывать разные части двух, в том числе и различных по знаку, фаз;

4) накрывать всего лишь одну фазу (либо потепления, либо похолодания) или даже часть одной такой фазы. Совершенно очевидно, что во всех этих случаях могут быть получены различные по знаку и величине фактические тренды, даже в том случае, если сам более длинный климатический процесс будет оставаться однородным на сопредельных станциях или станциях одной климатической провинции. При этом, за счет того, что короткорядная станция лишь фрагментарно и случайным образом отражает часть такого процесса. Полученный по ее данным тренд может быть как непоказательным, так и показательным для более длинного исследуемого ряда. Поэтому и численные значения, и знаки угловых коэффициентов трендов, характеризующих скорость временных изменений температуры/осадков, очень чувствительны как к длительности самих использованных рядов, так и к их случайному временному положению относительно фаз потеплений/похолоданий на 11-летних кривых.

Например, на рисунке 1.9 приведена 11-летняя кривая с хорошо выраженным и статистически значимым *положительным* трендом для средних максимальных температур января в Бишкеке за полный период 1933–2004 гг. ($y = 0,0423x - 80,96$), соответствующим 4 фазам роста и трем полным фазам понижения температуры (фаза 4 только наметилась). На следующем рисунке 1.10 показана 11-летняя кривая для сопредельной станции Кара-Балта (расположена западнее Бишкека на расстоянии около 50 км), но построенная по более короткому ряду, имеющемуся на этой станции – 1985–2004 гг. Естественно ожидать, что тренды по Бишкеку и Кара-Балта должны быть достаточно близкими между собой. Однако тренд в Кара-Балта за 1985–2004 гг. не положительный, а слабо отрицательный и статистически незначим. Может создаться обманчивое впечатление, что отрицательный тренд в Кара-Балта возможно имеет место и для всего периода 1933–2004 гг. или хотя бы для периода потепления мирового климата 1976–2004 г., т. е. на этой метеостанции в январе наблюдается существенно отличный от Бишкека временной ход средних максимальных температур (если бы на ней были проведены соответствующие наблюдения). Конечно, это совсем не так, и, чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить рисунки 1.10 и 1.11. На последнем рисунке показана картина временного хода температуры в Бишкеке для периода 1985–2004 гг. и соответствующий ей линейный тренд. Хорошо видно, что 11-летние кривые для Бишкека и Кара-Балта на интервале 1985–2004 гг. весьма близки между собой как близки и полученные по ним уравнения трендов, имеющие отрицательные угловые коэффициенты и соответственно равные $-0,0088$ и $-0,0044$ °C/год. Поэтому следует ожидать, что в этом случае тренды и за периоды 1933–2004 и 1976–2010 гг., скорее всего, будут также достаточно близкими на этих сопредельных станциях, и все тренды для Бишкека поэтому следует распространить и на Кара-Балта.

Таким образом, результаты подобного сравнительного анализа, как правило, позволяют ответить на вопрос о возможности/невозможности распространения тренда, полученного на короткорядной станции, на более длительный

период. Пример на рисунках 1.9–1.11 рассмотрен так подробно, потому что подобные ситуации являются не исключением, а типичны при использовании короткорядных станций. В то же время было ошибкой просто отбросить данные таких короткорядных станций, так как они являются весьма полезными для уточнения климатических решений и выводов на территории, которые не освещены длиннорядными станциями.

Также подчеркнем особо, что все это не противоречит тому положению, что любой короткорядный тренд является всегда показательным, если рассматривать его только как фрагментарное отражение более продолжительной основной тенденции, полученной в пределах *фактического интервала наблюдений*.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

В настоящем разделе анализируется структура колебаний климата на территории ССЗК за период инструментальных наблюдений 1930–2010 гг. на пяти длиннорядных метеостанциях Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас по данным 11-летних скользящих средних в полях средних годовых и средних месячных температур января, апреля, июля и октября (центральные месяцы сезонов). Дается сравнительный анализ угловых коэффициентов линейных трендов b_1 , b_2 и b_3 , рассчитанных, соответственно, за периоды 1930–1975 (стабильный мировой климат), 1976–2010 (потепление мирового климата) и 1930–2010 гг. (исследуемый период в целом). Оцениваются трендовые изменения температуры ΔT °C за эти периоды, а также трендовые значения самих температур T °C по кратным десятилетиям общего периода 1930–2010 гг. и даются практические рекомендации по использованию расчетных данных.

По 5 короткорядным станциям (Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж.) анализируются аналогичные данные по периоду 1976–2010 гг.

2.1. Временной ход и тренды средних годовых температур

На рисунке 2.1 показан временной ход 11-летних *средних годовых* температур с нанесенными линиями трендов по всем 10 станциям ССЗК за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . По ним для длиннорядных станций качественно можно представить положение линий трендов с коэффициентами b_1 и b_2 , соответствующих периодам 193–1975 и 1976–2010 гг., для которых рисунки в тексте не приводятся. Для короткорядных станций значения b_2 и b_3 практически совпадают.

В таблице 2.1 (и аналогичных таблицах всех других пунктов книги) показано следующее: 1) в позиции 1 – для 5 длиннорядных станций для периода стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) приведены параметры уравнений тренда $y = b_1 * x + b_0$ (с оценкой значимости тренда по F-критерию), а также трендовые оценки изменений температуры за 46 лет – ΔT_{46} ; 2) в позиции 2 – приведены для периода потепления мирового климата (1976–2010 гг.) параметры уравнений тренда $y = b_2 * x + b_0$ для всех 10 длиннорядных и короткорядных станций, а также трендовые оценки изменений температуры за 35 лет – ΔT_{35} ; 3) в позиции 3 – для 5 длиннорядных станций показана разность угловых коэффициентов трендов $\Delta b = (b_2 - b_1)$ °C/год и по t-критерию оценена ее статистическая значимость, приведены параметры уравнения тренда $y = b_3 * x + b_0$ (за весь период наблюдений); 4) в позиции 4 – для 5 длиннорядных станций даны рекомендуемые для использования угловые коэффициенты трендов b_1 и b_2 или b_3 , а также рассчитанные по b_3 изменения температуры ΔT_{81} за весь

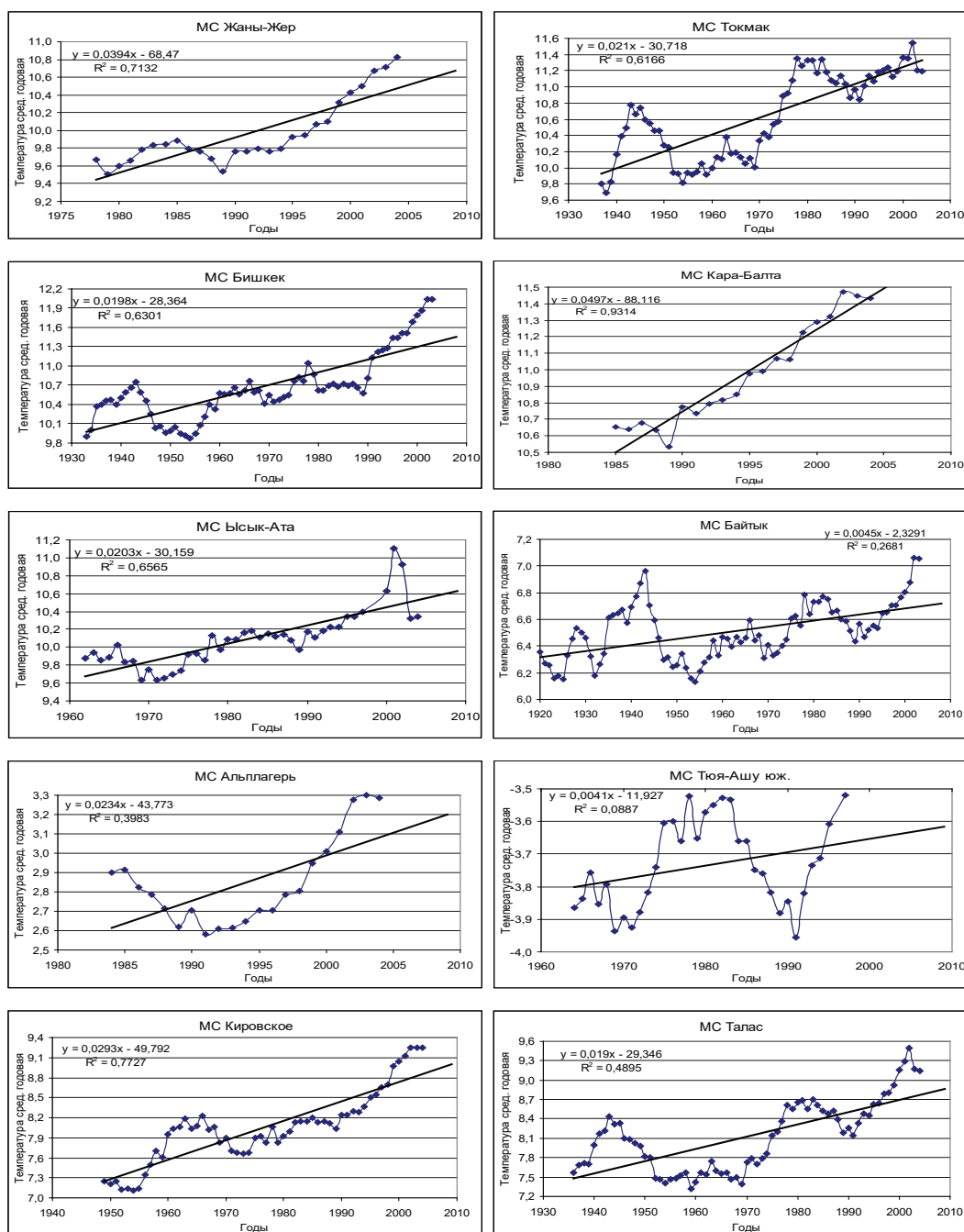


Рисунок 2.1 – Временной ход 11-летних средних годовых температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами – Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 2.1 – Средние годовые температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции							
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0030	0,0076			0,0006		0,0311
2. Свободный член b_0 , °C		4,4	-4,5			5,3		-53,4
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,31$	$\pm 0,26$			$\pm 0,19$		$\pm 0,28$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,01	0,12			0,003		0,45
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значим			незнач.		значим
6. b_1 , °C/10 лет		0,030	0,076			0,006		0,311
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,1	0,4			0,03		1,4
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0394	0,0036	0,0497	0,0497	0,0243	0,0071	0,0234	0,0088
2. Свободный член b_0 , °C	-68,5	3,9	-87,8	-88,1	-38,1	-7,4	-43,8	13,7
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,16$	$\pm 0,24$			$\pm 0,14$		$\pm 0,17$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,71	0,04	0,75	0,93	0,57	0,15	0,40	0,18
5. Значимость по F-критерию	значим	незнач.	значим	значим	значим	значим	значим	незнач.
6. b_2 , °C/10 лет	0,394	0,036	0,497	0,497	0,243	0,071	0,234	-0,088
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	1,4	0,1	1,7	1,7	0,9	0,3	0,8	-0,3
								1,7
								0,9

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0006	0,0421			0,0065			0,0179	0,0356
2. Оценка значимости Δb		незнач.	значимо			незнач.			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,210	0,198			0,045			0,293	0,190
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-30,7	-28,4			-2,3			-49,8	-29,3
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,62	0,63			0,27			0,77	0,49
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 °C/10 (1930–75)			0,076			0,006			0,311	-0,098
2. b_2 °C/10 (1976–10)			0,497			0,071			0,490	0,258
3. b_3 °C/10 (1930–10)		0,210								
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,7	1,6			0,4			2,4	1,5

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоярдных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

исследуемый 81-летний период 1930–2010 гг. Эта структура представления анализируемого графического и табличного материала, а также его объем однотипно использованы во всех последующих разделах книги.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 2.1 следует, что временной ход 11-летних *средних годовых температур* на всех 10 станциях ССЗК за период их фактической работы на интервале 1930–2010 гг., в целом, имел тенденцию роста, но этот рост был не монотонным, а носил ярко выраженный колебательный характер, когда за фазами ее повышения следовали фазы понижения и наоборот. Причем начало/конец, длительность и даже число фаз по различным станциям могли точно не совпадать, хотя обычно были и достаточно близкими между собой. Однако наиболее типичным были отличия в амплитудах фаз, т. е. размах температурных колебаний. Эта особенность в ходе 11-летних кривых справедлива для всех сезонов и всех температурных характеристик, что будет видно из всего последующего изложения. Если сопоставить графики 11-летних кривых на 5 длиннорядных станциях Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас, то, несмотря на общую тенденцию роста средних годовых температур от 1930 к 2010 г., совершенно отчетливо виден индивидуальный характер их временного хода на каждой станции.

Так, в Токмаке после глубокого минимума 1938 г. наблюдался очень резкий рост температуры с острым максимумом в 1943–45 гг., после чего следовал аналогичный резкий спад к минимуму 1953 г. Затем температура слабо повышалась с промежуточными максимумом в 1963 г. и минимумом – в 1969 г., после чего опять резко повышалась к высокому плоскому максимуму в 1978–83 гг. Далее следовали неглубокий минимум 1990–1991 гг. с последующим наиболее высоким максимумом в 2002 г., а затем наметилась тенденция понижения средней годовой температуры.

На расположенной в 60 км западнее Токмака станции Бишкек 11-летняя кривая имела менее выраженный, чем в Токмаке, колебательный характер и другие отличия в деталях: например, рост температуры на интервале 1990–2004 гг. был более резким, так что ее значение в 2003–04 гг. оказалось самым высоким, намного выше, чем во все предшествующие годы, а конечная тенденция к понижению отсутствует. На низкогорной станции Байтык, расположенной всего в 30 км южнее Бишкека, 11-летняя кривая, также имея сильно выраженный колебательный характер, отличается от кривых как в Токмаке, так и в Бишкеке наличием двух почти равных по величине максимумов в 1943 и 2003 гг., что предопределило очень слабую общую тенденцию роста температуры от 1920 к 2004 г.

Две близко расположенные (на расстоянии 60 км) длиннорядные станции Таласской долины – Кировское и Талас – также дают различную в деталях картину временного хода 11-летних кривых годовых температур – в степени колеблемости кривых, резкости выражения максимумов и минимумом и их значений, – хотя обе отмечают четко выраженную тенденцию роста температуры от 1930 к 2010 г.

Следует сразу же отметить, что показанная на примере средних годовых температур *индивидуальность их временного хода по различным станциям*, как увидим далее, является правилом и еще больше выражена по сезонам и в полях минимальных и максимальных температур. В целом ряде случаев временной ход температур на различных станциях может иметь даже противофазный характер, когда рост ее на одной станции сопровождается понижением на другой. Но наиболее часто наблюдаются хорошо выраженные различия в амплитудах фаз потеплений/похолоданий, т. е. в высоте максимумов и глубине минимумов.

Короткорядные станции – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. – на временных интервалах своих наблюдений, относящихся в основном ко второму периоду 1976–2010 гг., хорошо подтверждают общую картину, нарисованную по данным длиннорядных станций. Для этого достаточно сопоставить 11-летние кривые на трех короткорядных станциях с соответствующими частями кривых длиннорядных станций и с учетом сделанных замечаний о возможной степени индивидуальности хода кривых на каждой станции. Например, станции Жаны-Жер и Кара-Балта очень хорошо повторяют участки кривых Токмака и Бишкека после 1978/1985 гг. То же можно сказать и о станциях Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. Однако следует заметить, что так бывает не всегда, и тогда трудно судить о возможной близости 11-летних кривых короткорядной станции к длиннорядной на всем исследуемом интервале 1930–2010 гг.

Здесь так подробно проанализирован ход 11-летних кривых, поскольку это делается впервые, далее обо всем этом будет говорить короче, чтобы избежать повторений. Основное внимание будет обращать на существенность/несущественность сходства и различий структуры кривых.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 2.1 и таблицы 2.1, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией средних годовых температур воздуха по 4 длиннорядным долинным и низкогорным станциям (Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское) был их относительно слабый рост со скоростями b_1 от очень малых, практически нулевых (Байтык $b_1 = 0,006$ °C/10 лет), до существенных (Кировское $b_1 = 0,310$ °C/10 лет). При этом на двух станциях Бишкек и Кировское угловые коэффициенты b_1 оказались статистически значимы. Однако, скорее всего, значение b_1 по Кировскому несколько завышено из-за укороченного ряда слева (b_1 получено по ряду за 1949–1975 гг.), в результате чего в расчет не вошел максимум 1943 г. с предшествующими более низкими температурами. Это, возможно, привело бы к более низкому значению b_1 . Однако все же было решено не браковать это значение b_1 , учитывая его не очень высокое значение и наличие «индивидуальностей» в ходе 11-летней кривой по Кировскому. В результате, общий диапазон трендовых оценок повышения средней годовой температуры за 46 лет по этим 4 станциям составил 0,03–1,4 °C.

На станции Талас за счет очень низких минимумов температуры в 1959 и 1969 гг. в целом для периода 1929–1975 гг. получен, хотя и слабый, но отрицательный тренд со значением $b_1 = -0,098$ °C/10 лет, что дало за 46 лет понижение температуры на $-0,5$ °C. Здесь наглядно проявилась индивидуальность временного хода (фаз потеплений/похолоданий) средней годовой температуры на станции, приведшая к отрицательному тренду в этот период. Отметим, что средние квадратические ошибки уравнений линейных трендов s малы и лежат в пределах от $\pm 0,1$ до $\pm 0,3$ °C.

В результате в поле средних годовых температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда $b_1(\text{сред.}) = 0,065$ °C/10 лет, что дает за 46-летний период 1930–75 гг. очень малую трендовую оценку повышения температуры $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,3$ °C. Вследствие, в целом, малых по абсолютной величине значений b_1 по станциям выделение долинных и горных районов в этом случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 2.1, таблицу 2.1) на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК продолжалось колебательное по характеру, но более существенное, чем в период 1930–1975 гг., повышение средней годовой температуры. Причем, наиболее интенсивным оно было, начиная с 1989–1991 гг. Полученные угловые коэффициенты b_2 хорошо отражают этот факт. Их значения находились в пределах от $0,036$ °C/10 лет (Токмак) до $0,497$ °C/10 лет (Бишкек), что дало диапазон $\Delta T_{35} = 0,1\text{--}1,7$ °C. Ошибки уравнений тренда s не превышают $\pm 0,3$ °C.

Тренды b_2 для 4 короткорядных станций – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата и Альплагеръ – были положительны, статистически значимы и менялись в пределах от $0,234$ °C/10 лет (Альплагеръ) до $0,497$ °C/10 лет (Кара-Балта), что соответствовало потеплению ΔT_{35} в диапазоне $0,8\text{--}1,7$ °C. Тренд по высокогорной Тюя-Ашуу юж. был отрицателен, $b_2 = -0,088$ °C/10 лет. Однако это, скорее всего, объясняется укорочением использованного периода наблюдений справа (по 1999 г.), т. е. неполным охватом последней фазы роста температуры. Следовательно, он просто непоказателен в целом для периода 1976–2010 гг., и не является следствием особого режима температуры на станции. С подобными фактами мы неоднократно столкнемся ниже. Именно по этой причине все рекомендуемые для практического использования результаты получены, прежде всего, по данным длиннорядных станций, а данные короткорядных только подтверждают или уточняют их в меру возможностей своих рядов.

В результате в поле средних годовых температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда $b_2(\text{сред.}) = 0,270$ °C/10 лет, т. е. в 4 раза выше, чем в период стабильного мирового климата. Это дает более высокую усредненную по ССЗК трендовую оценку повышения средней годовой температуры за 35-летний период 1976–2010 гг., $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,0$ °C.

Отметим, что две различно расположенные станции – долинная Токмак ($b_2 = 0,036$ °C/10 лет) и склоновая Байтык ($b_2 = 0,071$ °C/10 лет) – согласованно дают низкие значения b_2 . Поэтому в целях осторожности дифференцировать оценки b_2 и ΔT_{35} отдельно по долинным и горным районам в данном случае также не будем, как это неоднократно делалось далее.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Была оценена статистическая значимость разности коэффициентов трендов $\Delta b = (b_2 - b_1)$ за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. по специальному t-критерию на одностороннем уровне значимости $q = 0,05$ для 5 станций, имеющих длинные ряды наблюдений (см. таблицу 2.1, позицию 3). Для Токмака и Байтыка Δb оказалось статистически незначимым. Поэтому, согласно принятым в таблице 1.6 положениям, для Токмака в качестве оценки скорости потепления следует использовать один коэффициент $b_3 = 0,21$ °C/10 лет, относя его ко всему ряду 1930–2010 гг. как более показательный и статистически надежный. Для 4 станций Бишкек, Байтык, Кировское и Талас, напротив, внутри общего периода 1930–2010 гг. ход скорости потепления должен быть представлен двумя различными коэффициентами – b_1 для периода 1930–1975 гг. и b_2 для периода 1976–2010 гг. Все это отражено в позиции 4 таблицы 2.1, где по каждой станции приведены рекомендуемые для практического использования угловые коэффициенты b_1 и b_2 или b_3 . Там же даны и значения потеплений за 81 год (1930–2010 гг.) – ΔT_{81} , полученные по 5 длиннорядным станциям по b_3 .

Как видно, значения b_3 за весь период наблюдений 1930–2010 гг. по всем 5 длиннорядным станциям были положительными и находились в пределах от 0,045 °C/10 лет до 0,293 °C/10 лет. Этим коэффициентам соответствовало минимальное потепление – $\Delta T_{81} = 0,4$ °C на низкогорной станции Байтык (1,58 км), расположенной в низкогорной зоне Киргизского хребта, и максимальное – $\Delta T_{81} = 2,4$ °C на долинной станции Кировское (0,86 км, Таласская долина).

Следует отметить, что находящаяся всего в 30 км севернее Байтыка станция Бишкек характеризуется значительно более высокими, чем на Байтыке, значениями $b_3 = 0,198$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 1,6$ °C. Такие же b_3 и ΔT_{81} имеет и другая длиннорядная станция Чуйской долины – Токмак. Как увидим далее, более низкие величины потеплений довольно часто наблюдаются на Байтыке в разные сезоны, а также в полях различных температур. Более того, в целом ряде случаев на ней может отмечаться отрицательный тренд при положительном тренде на других станциях. Поэтому более низкие значения b_3 на склоновой станции Байтык в поле средних годовых температур надо признать следствием особенностей здесь хода потепления, т. е. климатически обусловленными.

В результате в поле средних годовых температур среднее по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда b_3 (сред.) = 0,187 °C/10 лет, что дает усредненную по территории трендовую оценку повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., ΔT_{81} (сред.) = 1,5 °C.

Дифференцированные по долинным и горным районам оценки будут равны:

- долинные районы (по 4 станциям) – $b_3(\text{сред.}) = 0,223 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$; $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,045 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$; $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 0,4 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В заключение (таблица 2.2), для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних годовых температур $T \text{ } ^\circ\text{C}$, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 2.1), которые получены для периодов их фактической работы для кратных десятилетий, входящих в общий период исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних годовых температур по десятилетиям рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 2.2 – Трендовые оценки средних годовых температур $T \text{ } ^\circ\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						6,3				
1930		9,8	9,9			6,4				7,3
1940		10,0	10,0			6,4			7,1	7,5
1950		10,2	10,2			6,4			7,3	7,7
1960		10,4	10,4		9,6	6,5		-3,9	7,6	7,9
1970	9,1	10,7	10,6		9,8	6,5		-3,9	7,9	8,1
1980	9,5	10,9	10,8	10,3	10,0	6,6	2,6	-3,8	8,2	8,3
1990	9,9	11,1	11,0	10,8	10,2	6,6	2,8	-3,8	8,5	8,5
2000	10,3	11,3	11,2	11,3	10,4	6,7	3,0	-3,7	8,8	8,7
2010	10,7	11,5	11,4	11,8	10,6	6,7	3,3		9,1	8,8
2020	11,1	11,7	11,6	12,3	10,8	6,8	3,5		9,4	9,0

2.2. Временной ход и тренды средних температур января

Январь является центральным месяцем зимы, и поэтому временной характер изменения средних зимних температур будем характеризовать их изменениями в январе.

На рисунке 2.2 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних температур января за весь период их наблюдений с линиями линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 2.3 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Зима в ССЗК характеризуется возможными резкими изменениями температуры воздуха. На рисунке 2.2 (сравните с рисунком 2.1) это нашло отражение в более сильном, чем для средних годовых температур, колебательном характере хода 11-летних кривых января с таким же последовательным чередованием хорошо выраженных фаз потеплений и похолоданий с четко выделяющимися максимумами и минимумами.

Так, на всех 5 длиннорядных станциях Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас наблюдалось 4 максимума около 1945, 1965, 1985 и 2000 гг. Причем на каждой станции имелись существенные различия в последовательности их относительных значений. В Токмаке 3 максимума 1965, 1985 и 2000 гг. были практически одинаковыми, в Бишкеке максимум 2000 г. был уже несколько выше двух предыдущих, в Байтыке максимум 1965 г. гораздо более высок по сравнению остальными, а в Кировском максимум 2000 г. абсолютно доминирует над всеми. В Таласе, напротив, имеем картину примерно аналогичную Бишкеку.

Четко выраженных минимумов на этих станциях также было 4: около 1935, 1955, 1975 и 1995 гг. После 2000 г. на всех станциях наметилась тенденция к снижению температуры. Наиболее сильный минимум на всех кривых соответствовал 1935 г., еще один сильный минимум был в 1975 г., а в 1995 и 2000 гг. имели место два слабых минимума. Соответственно этому, на каждой станции амплитуды колебаний январских температур были различны, но во всех случаях они были гораздо больше годовых. Следует отметить, что на станции Байтык (1,58 км), расположенной в нижней части склона Киргизского хребта, после наиболее высокого максимума 1965 г. в целом кривая температуры лежит ниже, чем в период 1945–1965 гг., тогда как в Бишкеке и Токмаке картина обратная.

Из станций, расположенных на склоне Киргизского хребта (Байтык – 1,58 км, Альплагерь – 2,13 км и Тюя-Ашуу юж. – 2,23 км), только низкогорная Байтык имеет длительный ряд наблюдений (1920–2004 гг.). Следует отметить, что Станция Ысык-Ата (1,03 км), расположенная в зоне подножья и имеющая относительно длительный период наблюдений (1962–2004 гг.) показывает ход 11-летних средних, сходный с Байтыком, когда после 1983 г. температура на ней в целом не повышалась. Станция Альплагерь имеет несколько укороченный ряд наблюдений слева (1984–2004 гг.), и, кроме того, в 11-летний период 1984–1994 гг. на ней наблюдалось существенное понижение температуры, а последующий рост был слабым, так что можно говорить о тенденции ее значительного падения в период до 2004 г. Похожая картина имеет место и на высокогорной Тюя-Ашуу юж. (1963–1999 гг.), если сопоставить ход ее 11-летней кривой с кривой для Байтыка. Следовательно, на интервалах своих 11-летних данных станции фрагментарно и чисто случайно отражают наблюдавшиеся тенденции хода температуры. Поэтому можно утверждать, что, скорее всего, основные тенденции средней температуры января в период исследований 1930–2010 гг. на

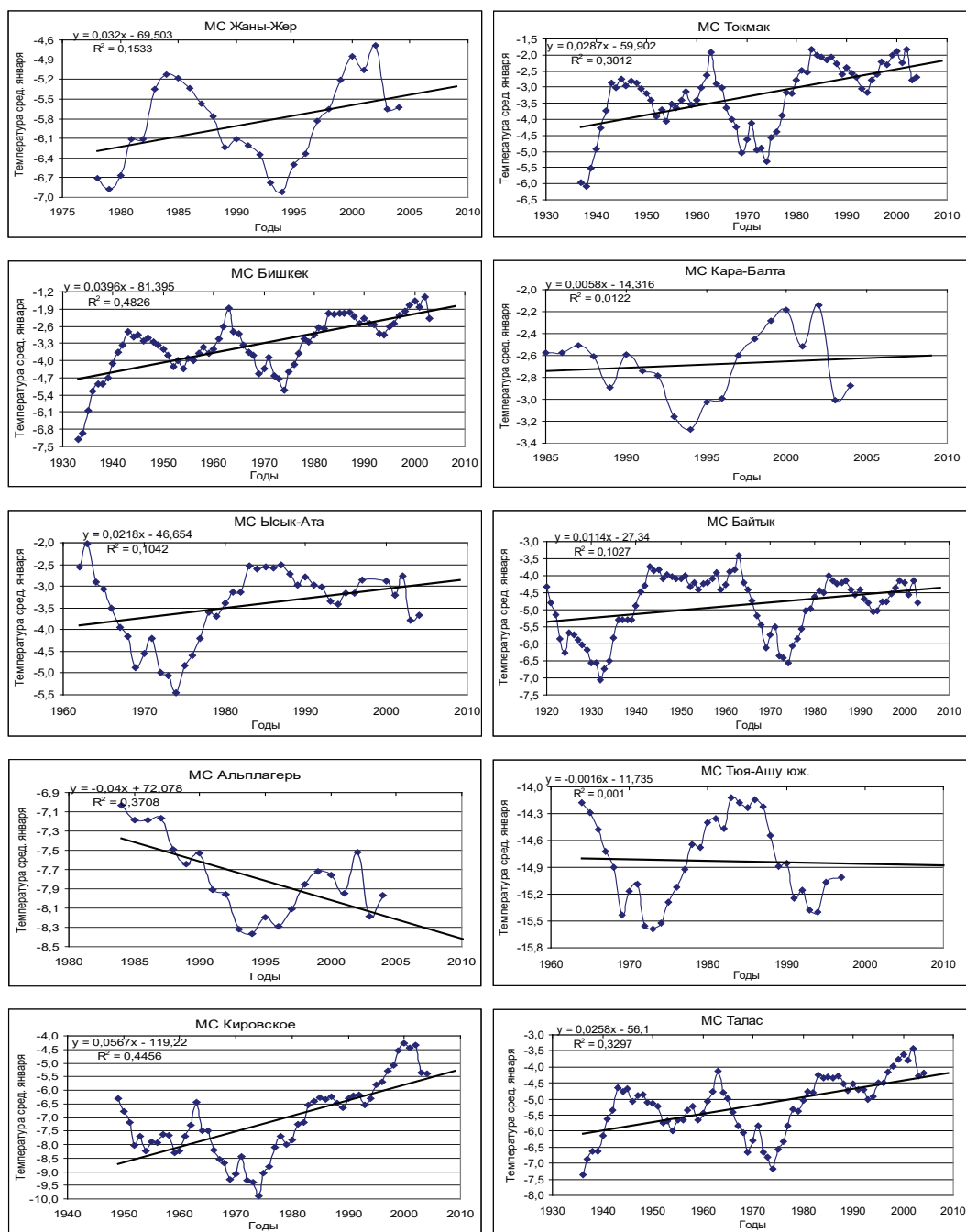


Рисунок 2.2 – Временной ход 11-летних средних январских температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплaгeрь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 2.3 – Средние январские температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		-0,0017	0,0268			0,0136			-0,0851	-0,0081
2. Свободный член b_0 , °C		-0,5	-56,4			-31,6			158,9	10,3
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,99$	$\pm 1,03$			$\pm 0,98$			$\pm 0,61$	$\pm 0,79$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,0004	0,10			0,05			0,56	0,01
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значим			незнач.			значим	незнач.
6. b_1 , °C/10 лет		-0,017	0,268			0,136			-0,851?	-0,081
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		-0,1	1,2			0,6			-3,8?	-0,4
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,3200	0,0302	0,0513	0,0058	0,015	0,0184	-0,0400	-0,0317	0,1258	0,0562
2. Свободный член b_0 , °C	-69,5	-62,7	-104,6	-14,3	-28,0	-41,2	72,1	48,2	-256,6	-116,3
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,54$	$\pm 0,46$			$\pm 0,42$			$\pm 0,46$	$\pm 0,42$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,15	0,19	0,46	0,01	0,04	0,12	0,37	0,22	0,85	0,57
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	значим	незнач.	незнач.	незнач.	значим	значим	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	0,320	0,302	0,513	0,058	0,125	0,184	-0,400	-0,317	1,258	0,562
7. Трендовое ΔT_3 , °C (1976–10)	1,1	1,1	1,8	0,2	0,4	0,6	-1,4	-1,1	4,4	2,0

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Сравнение угловых коэффициентов тренда за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0319	0,0245			0,0048				0,0643
2. Оценка значимости Δb		незнач.	незнач.			незнач.				значимо
3. Значение $b_3, ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)		0,287	0,396			0,114			0,567	0,258
4. Значение $b_0, ^\circ\text{C}$ (1930–10)		-59,9	-81,4			-27,3			-119,22	-56,1
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,30	0,48			0,10			0,45	0,33
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов ($b_1, b_2, b_3, ^\circ\text{C}/10$ лет), значения $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ и $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$										
1. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ (1930–75)		-0,017								-0,081
2. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ (1976–10)		0,302								0,562
3. $b_3, ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)			0,396			0,114			0,567	
4. Трендовое $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$ (1930–10)		2,3	3,2			0,9			4,6	2,1

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоярдных станций – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тоя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

всех склоновых короткорядных станциях достаточно показательно характеризуются тенденцией, отмеченной на низкогорной длиннорядной станции Байтык.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из таблицы 2.3, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) на 5 длиннорядных станциях ССЗК, в соответствии со случайным колебательным характером хода 11-летних кривых, наблюдались различные по знакам угловые коэффициенты трендов b_1 для средних температур января, которые менялись в широких пределах от $-0,851\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (Кировское – тренд забракован, см. ниже) до $+0,268\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (Бишкек). При этом на двух станциях Чуйской долины они были положительны (Бишкек и Байтык), а в Токмаке b_1 было отрицательным ($-0,017\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет). Статистически значимыми были только два тренда: положительный тренд в Бишкеке и отрицательный – в Кировском. Средние квадратические ошибки уравнений линейных трендов s по сравнению с годовыми данными существенно возросли и лежат в пределах до $\pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Две станции Таласской долины имели одинаковые по знаку, но в 10 раз различающиеся по величине отрицательные b_1 : Кировское $-0,851\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет и Талас $-0,081\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет. Сравнение 11-летних кривых на этих станциях показывает, что причина кроется в более коротком ряде Кировского (1949–1975 гг.), который был использован для расчета b_1 , что и привело к большому завышению его абсолютной величины. Поэтому угловой коэффициент $b_1 = -0,851\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет для Кировского забракован нами как непоказательный для всего периода 1930–1975 гг., помечен знаком «?» в таблице 2.3 и не использован в дальнейших расчетах.

В результате в поле средних температур января среднее по 4 станциям ССЗК (исключая Кировское) значение коэффициента тренда, $b_1(\text{сред.}) = 0,077\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, что дает усредненную трендовую оценку повышения температуры за 46-летний период 1930–75 гг., $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = +0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для сравнения – для средней годовой температуры $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = +0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. оценки аналогичны).

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата (см. таблицу 2.3, рисунок 2.2) угловые коэффициенты трендов средних январских температур b_2 на всех 5 станциях были положительными и значительными по величине, находясь в пределах от $0,184\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (Байтык) до $1,258\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет (Кировское). При этом статистически незначимым был тренд только на низкогорной станции Байтык ($b_2 = 0,184\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Если судить по данным для Таласа ($b_2 = 0,562\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет), то значение тренда $b_2 = 1,258\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ по станции Кировское кажется завышенным. Однако сравнение 11-летних кривых по станциям сразу показывает, что каких-либо оснований для этого нет. Высокое значение b_2 в Кировском полностью объясняется наблюдавшимся здесь очень глубоким минимумом 1973 г. и одновременно очень высоким максимумом 2000 г., т. е. аномально высокой их разностью (амплиту-

дой температуры), чего не было в Таласе. Поэтому решено было не браковать это значение b_2 в Кировском, хотя оно и больше в два раза, чем величина b_2 в Таласе. Фактические трендовые повышения средних январских температур ΔT_{35} за 1976–2010 гг. поэтому лежат в широком диапазоне 0,6–4,4 °С. Ошибки уравнений тренда s достаточно велики и составляют от $\pm 0,4$ до $\pm 0,5$ °С.

В результате среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда $b_2(\text{сред.}) = 0,564$ °С/10 лет, что дает высокую трендовую оценку *повышения* температуры в январе за 35-летний период 1976–2010 гг., $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 2,0$ °С. Это в два раза выше, чем для годовой температуры.

Дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки равны:

- долинные районы (по 4 станциям) – $b_2(\text{сред.}) = 0,659$ °С/10 лет; $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 2,3$ °С;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,184$ °С/10 лет; $\Delta T_{35} = 0,6$ °С.

Тренды b_2 по трем короткорядным станциям (Жаны-Жер, Кара-Балта и Ысык-Ата) положительны и хорошо вписываются в общую картину. По двум станциям – Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. – наблюдавшиеся случайные тренды отрицательные и непоказательны для всего периода 1976–2010 гг.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Разность угловых коэффициентов трендов $\Delta b = (b_2 - b_1)$ оказалась значимой на станции Талас и незначимой на станциях Токмак, Бишкек и Байтык (напомним, что на станции Кировское b_1 было забраковано). Поэтому на практике, согласно таблице 1.6, для станций Токмак и Талас для характеристики скорости изменения температуры по периодам 1930–1975 гг. и 1976–2010 гг. следует использовать два различных коэффициента b_1 и b_2 , а на станциях Бишкек, Байтык и Кировское период 1930–2010 гг. надо в целом надо характеризовать одним коэффициентом b_3 . Это показано в позиции 4 таблицы 2.3.

Значения угловых коэффициентов трендов b_3 , полученные за весь период наблюдений 1930–2010 гг. оказались на 5 длиннорядных станциях положительными и соответствующими диапазону от 0,114 °С/10 лет (Байтык) до 0,567 °С/10 лет (Кировское), что дало диапазон потеплений $\Delta T_{81} = 0,9$ –4,6 °С.

В результате поле средних температур января в среднем для территории ССЗК по данным 5 длиннорядных станций $b_3(\text{сред.}) = 0,324$ °С/10 лет, что соответствует потеплению, равному 2,6 °С за 81 год.

Дифференцированные оценки по долинным и склоновым районам будут равны:

- долинные районы (по 4 станциям) – $b_3(\text{сред.}) = 0,377$ °С/10 лет; $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 3,1$ °С;
- склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,114$ °С/10 лет; $\Delta T_{81} = 0,9$ °С.

В заключение (таблица 2.4) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних январских температур приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям трендов (см. рисунок

2.2) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних температур января рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 2.4 – Трендовые оценки средних январских температур $T^{\circ}\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанция (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						-5,5				
1930		-4,5	-5,0			-5,3				-6,3
1940		-4,2	-4,6			-5,2			-9,9	-6,0
1950		-3,9	-4,2			-5,1			-9,4	-5,8
1960	-6,8	-3,7	-3,8		-3,9	-5,0		-14,9	-8,8	-5,5
1970	-6,5	-3,4	-3,4		-3,7	-4,9		-14,9	-8,2	-5,3
1980	-6,1	-3,1	-3,0	-2,8	-3,5	-4,8	-7,1	-14,9	-7,7	-5,0
1990	-5,8	-2,8	-2,6	-2,8	-3,3	-4,7	-7,5	-14,9	-7,1	-4,8
2000	-5,5	-2,5	-2,2	-2,7	-3,1	-4,5	-7,9	-14,9	-6,5	-4,5
2010	-5,2	-2,2	-1,8	-2,7	-2,8	-4,4	-8,3		-6,0	-4,2
2020	-4,9	-1,9	-1,4	-2,6	-2,6	-4,3			-5,4	-4,0

2.3. Временной ход и тренды средних температур апреля

Апрель является центральным месяцем весны, и поэтому будем характеризовать временной характер изменения средних весенних температур их изменениями в апреле.

На рисунке 2.3 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних апрельских температур за весь период их наблюдений с линиями линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 2.5 приведены полученные результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Весна в ССЗК, как и зима, характеризуется возможными резкими изменениями температуры воздуха. На рисунке 2.3 (сравните с рисунком 2.2) это нашло отражение практически в таком же сильном, как и в январе, колебательном характере хода 11-летних кривых с последовательным чередованием хорошо выраженных фаз потеплений и похолоданий с четко обозначенными максимумами и минимумами.

Так, на всех 5 длиннорядных станциях (Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас) хорошо выделяются 3 острых максимума в ходе апрельских 11-летних

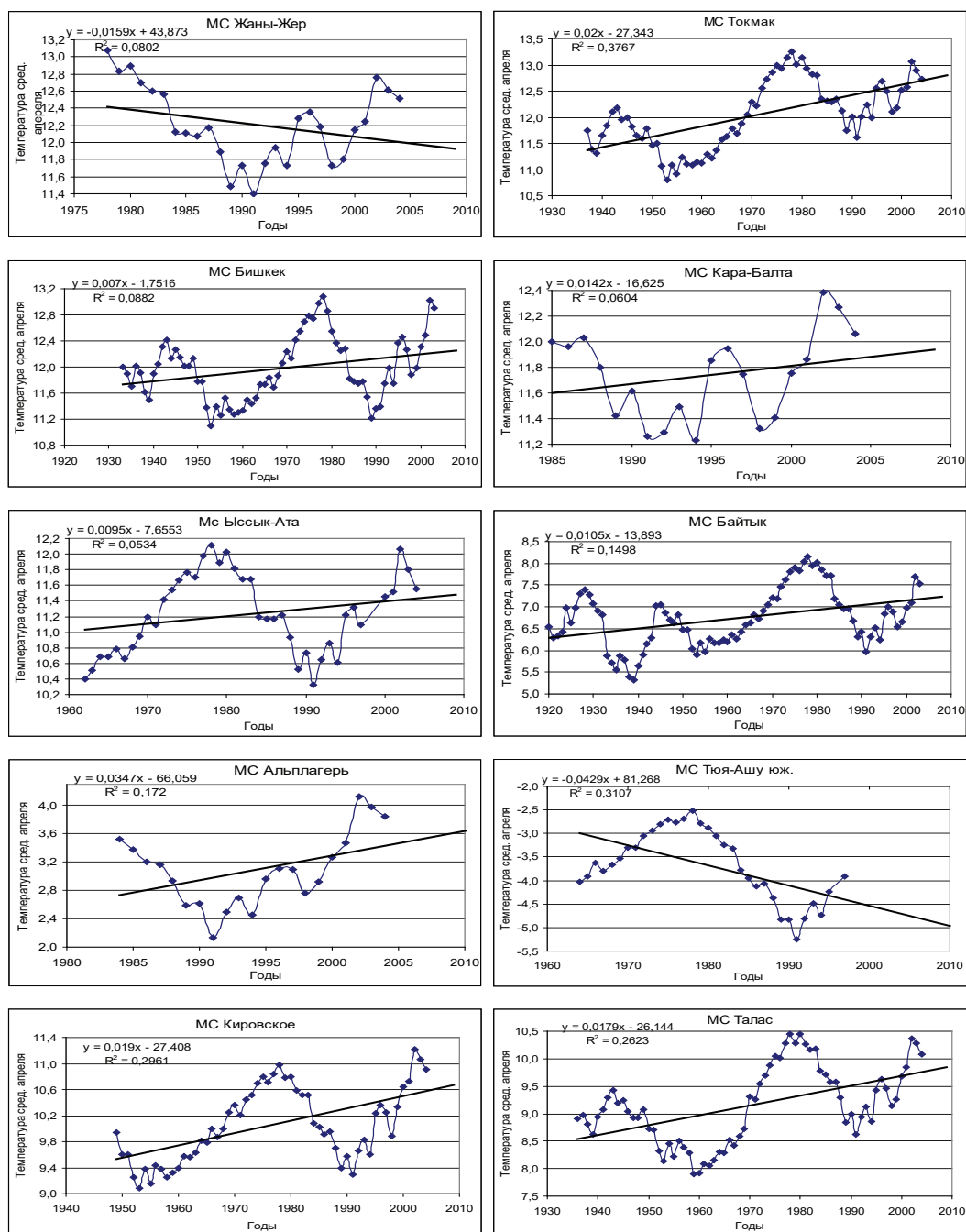


Рисунок 2.3 – Временной ход 11-летних средних температур апреля в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж.(3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 2.5 – Средние апрельские температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0177	0,0043			0,0104			0,0507	0,0019
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		-22,8	3,4			-13,7			-89,7	5,0
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,50$	$\pm 0,41$			$\pm 0,58$			$\pm 0,28$	$\pm 0,55$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,14	0,02			0,08			0,68	0,002
5. Значимость по F-критерию		значим	незнач.			значим			значим	незнач.
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		0,177	0,043			0,104			0,507	0,019
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		0,8	0,2			0,5			2,3	0,1
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	-0,0159	-0,0161	-0,0082	0,0142	-0,0156	-0,0414	0,0347	-0,1113	-0,0009	-0,0211
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	4309	44,5	28,4	-16,6	42,4	89,4	-66,1	221,9	12,0	51,6
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,43$	$\pm 0,54$			$\pm 0,55$			$\pm 0,55$	$\pm 0,53$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,08	0,10	0,02	0,06	0,07	0,29	0,17	0,72	0,0002	0,11
5. Значимость по F-критерию	незнач	незнач.	незнач.	незнач.	незнач.	значим	значим	значим	незнач.	незнач.
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	-0,159	-0,161	-0,082	0,142	-0,156	-0,414	0,347	-0,111	-0,009	-0,211
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	-0,6	-0,6	-0,3	0,5	-0,6	-1,5	1,2	-0,4	-0,03	-0,7

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Сравнение угловых коэффициентов тренда за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,0338	-0,0125			-0,0518			-0,0516	-0,0230
2. Оценка значимости Δb		значимо	незнач.			значимо			значимо	незнач.
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,200	0,070			0,105			0,190	0,179
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-27,3	-1,75			-13,9			-27,4	-26,1
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,38	0,09			0,15			0,30	0,26
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1, b_2, b_3 , °C/10 лет), значения $\Delta T_{35}^{\circ C}$ и $\Delta T_{81}^{\circ C}$										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,177				0,104			0,507	
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		-0,161				-0,414			-0,009	
3. b_3 , °C/10 (1930–10)			0,070							0,179
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,6	0,6			0,9			1,5	1,5

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашу; юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

кривых, соответствующих 1943–45, 1978–80 и наметившийся четвертый максимум 2002–03 гг. (на Байтыке, имеющем данные с 1920 г., виден еще пятый максимум 1928 г.). При этом максимумы 1978–80 гг. в Бишкеке, Токмаке, Байтыке и Таласе даже несколько выше, чем максимумы 2002–03 гг., и только на станции Кировское максимум 2002 г. превосходит максимум 1978–80 гг.

Минимумов наблюдалось также 3: они примерно соответствовали 1939, 1952 и 1991 гг. В Таласе минимум 1952 г. смещен на 1959–60 гг., тогда как на других станциях этого нет. На Байтыке дополнительно виден минимум 1921 г.

В апреле, таким образом, мы видим пример весьма близкого совпадения по разным станциям фаз начала/конца потеплений и похолоданий, хотя, конечно, в более тонких деталях индивидуальность станций не исчезла, а выражена вполне отчетливо.

Очень характерно, что на всех станциях в средних апрельских температурах выделяется период длительного и сильного потепления 1952–1978 гг., когда в мировом осреднении (правда, для года) наблюдалось слабое понижение температуры, и мировой климат в целом был достаточно стабильным. Это апрельское потепление в ССЗК в 1952–1978 гг. по величине не уступает или даже превосходит аналогичное сильное потепление 1991–2003 гг. Последовавшее за потеплением 1952–78 гг. похолодание 1978–91 гг. на станциях Токмак и Талас было более слабым, а в Бишкеке, Байтыке и Кировском аналогичным по величине предшествующему сильному потеплению.

Короткорядные долинны станции Жаны-Жер и Кара-Балта за счет своих коротких рядов наблюдений фрагментарно, и поэтому чисто случайно дают разнонаправленные тенденции на интервалах своих 11-летних данных. На самом деле они хорошо подтверждают ход 11-летних кривых, полученный на длиннорядных долинных станциях. Характерно, что Байтык в поле средних температур апреля имеет такую же по величине положительную тенденцию, как и долинны станции.

Такая же, внешне противоречивая, но на самом деле однородная картина следует из анализа склоновых короткорядных станций – Ысык-Ата (подножье), Альплагерь (среднегорная) и Тюя-Ашуу юж. (высокогорная), – если внимательно сопоставить ход 11-летних кривых на совпадающих участках с низкогорной станцией Байтык. Поэтому можно считать, что станция Байтык показательно отражает основную тенденцию средних апрельских температур во всех высотных зонах хребтов ССЗК за 1930–2010 гг.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. В соответствие с ходом 11-летних средних апреля, на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК угловые коэффициенты трендов b_1 в период 1930–1975 гг. были положительны и менялись в пределах от 0,019 °C/10 лет (Талас) до 0,507 °C/10 лет (Кировское), что дало диапазон трендовых оценок повышения апрельских температур за 46 лет (1930–1975 гг.), равный 0,1–2,3 °C. Следует обратить внимание, что такой разброс b_1 соответствует двум

сопредельным станциям Таласской долины. Однако мы сочли возможным не браковать значение b_1 по Кировскому, хотя возможно оно и является несколько завышенным из-за укороченного слева ряда, начинающегося с 1949 г. Все же налицо и имеющееся различие в самих 11-летних кривых, которое скажется также и в следующем периоде 1976–2010 гг.

Для станций Чуйской долины диапазон значений b_1 был меньше, 0,043–0,177 °C/10, и здесь $\Delta T_{46} = 0,2–0,8$ °C. Из 5 угловых коэффициентов b_1 они были статистически значимыми для Токмака, Байтыка и Кировского, а для Бишкека и Таласа незначимыми.

В результате в поле средних температур апреля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение b_1 (сред) равно 0,170 °C/10, что дает оценку ΔT_{46} (сред) = 0,8 °C.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В начале этого периода на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось завершение фазы сильного потепления апрельской температуры с максимумом в 1978–80 гг., а затем следовала фаза сильного похолодания с минимумом в 1989–91 гг. с последующим ее ростом к 2002 г. В результате ключевую роль в определении знака и величины трендов b_2 по станциям в 1976–2010 гг. сыграла сильная и полностью зафиксированная фаза похолодания. По всем станциям знаки b_2 были отрицательными, правда, в Кировском тренд был почти нулевым ($b_2 = -0,009$ °C/10 лет). Диапазон отрицательных значений коэффициентов b_2 был достаточно широким, от -0,414 °C/10 лет (Байтык) до -0,009 °C/10 лет (Кировское). Обратите внимание, что при слабой и умеренной скорости похолодания на 4 долинных станциях на склоновой станции Байтык скорость похолодания была высокой ($b_2 = -0,414$ °C/10 лет). Одновременно только на станции Байтык значение b_2 было статистически значимым. В результате, трендовые понижения средних апрельских температур по 35-летнему периоду 1976–2010 гг. изменялись на станциях в пределах от -1,5 °C (Байтык) до -0,03 °C (Кировское).

В результате в поле средних температур апреля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение b_2 (сред.) = -0,175 °C/10, что дает умеренную оценку похолодания ΔT_{35} (сред) = -0,6 °C. Дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки равны:

- долинные районы (4 станции) – b_2 (сред.) = -0,116 °C/10лет; ΔT_{35} (сред) = -0,4 °C;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = -0,414$ °C/10лет; $\Delta T_{35} = -1,5$ °C.

Таким образом, в период повышения *средней* глобальной температуры в 1976–2010 гг. на земном шаре и на территории ССЗК (см. п. 2.1, b_2 (сред.) = 0,270 °C/10 лет) средняя температура *в апреле* в ССЗК, напротив, заметно понижалась, особенно на склоновой станции Байтык. Этот случай является наглядным примером возможного проявления местных условий в сопоставлении с глобальным ходом изменения климата Земли.

По 5 короткорядным станциям за счет фрагментарного и случайного отражения ими основной тенденции в ходе средних температур апреля тренды b_2 получились разнозначными. Например, на среднегорной станции Альплагерь тренд $b_2 = +0,347$ °C/10 лет, а на сопредельной высокогорной станции Тюя-Ашуу юж. $b_2 = -0,429$ °C/10 лет. При этом, как теперь ясно, из этого вовсе не следует факт начавшегося после 1976 г. на этой высокогорной станции какого-то особого похолодания. Эта станция по характеру хода 11-летних кривых вовсе не выпадает из общей наблюдающейся картины.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Совершенно очевидно, что для всех 5 станций разности $\Delta b = (b_2 - b_1)$ должны были оказаться отрицательными, вследствие отрицательных значений b_2 (похолодание) и положительных значений b_1 (потепление). При этом статистически значимыми Δb были для 3 станций из 5 (Токмак, Байтык и Кировское). Поэтому, согласно принятой методике (см. таблицу 1.6), в практических целях для характеристики скоростей потепления/похолодания температуры на интервалах 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. по трем станциям – Токмак, Байтык и Кировское – следует использовать пары коэффициентов b_1 и b_2 , а по станциям Бишкек и Талас – один коэффициент b_3 . Все это отражено в позиции 4 таблицы 2.5.

За весь период наблюдений 1930–2010 гг., несмотря на отрицательные тренды b_2 в 1976–2010 гг., значения b_3 по всем 5 длиннорядным станциям были положительными и менялись в пределах от 0,07 °C/10 лет (Бишкек) до 0,200 °C/10 лет (Токмак), что дало диапазон потеплений за 81 год 0,6–1,6 °C.

В результате в поле средних температур апреля среднем по ССЗК b_3 (сред.) = 0,130 °C/10 лет, что соответствует потеплению $\Delta T_{81} = 1,1$ °C. При этом на

Таблица 2.6 – Трендовые оценки средних апрельских температур T °C для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						6,3				
1930		11,3	11,8			6,4				8,4
1940		11,5	11,8			6,5			9,5	8,6
1950		11,7	11,9			6,6			9,6	8,8
1960	12,7	11,9	12,0		11,0	6,7		-2,8	9,8	8,9
1970	12,6	12,1	12,0		11,1	6,8		-3,2	10,0	9,1
1980	12,4	12,3	12,1	11,5	11,2	6,9	2,6	-3,7	10,2	9,3
1990	12,2	12,5	12,2	11,6	11,2	7,0	3,0	-4,1	10,4	9,5
2000	12,1	12,7	12,2	11,8	11,3	7,1	3,3	4,5	10,6	9,7
2010	11,9	12,9	12,3	11,9	11,4	7,2	3,7		10,8	9,8
2020	11,8	13,1	12,4	12,1	11,5	7,3	4,0		11,0	10,0

склоновой станции Байтык скорость потепления за 1930–2010 гг. также была между слабой и умеренной, $b_3 = 0,105$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,9$ °C, т. е. близкой по значению к наблюдаемым на долинных станциях и поэтому дифференциация оценок b_3 и ΔT_{81} по долинным и склоновым районам не целесообразна.

В заключение (таблица 2.6), для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних апрельских температур, приведем их *трендовые оценки* по всем станциям, рассчитанные по уравнениям трендов (см. рисунок 2.3) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Эти значения температур рассчитаны по уравнениям трендов, содержащих угловые коэффициенты b_3 и рекомендуется к практическому использованию для решения различных прикладных задач.

2.4. Временной ход и тренды средних температур июля

Июль является центральным месяцем лета, и поэтому будем характеризовать временной характер изменения средних летних температур их изменениями в июле.

На рисунке 2.4 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних июльских температур за весь период их наблюдений с линиями линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 2.7 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Как видно из рисунка 2.4, центральный месяца лета – июль, аналогично январю и апрелю, – характеризуется резкими изменениями средней температуры воздуха. Это нашло отражение в сильном колебательном характере хода 11-летних кривых июля с последовательным чередованием хорошо выраженных фаз роста и понижения температуры и четко обозначенными максимумами и минимумами.

Важной основной отличительной особенностью хода 11-летних июльских температур было то, что на всех 5 длиннорядных станциях (Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас) он носил ярко выраженный индивидуальный характер, но при этом результирующая основная тенденция на всех станциях была слабо положительной или практически нулевой. Так, в Токмаке после максимума 1945–49 гг. последовало умеренное понижение температуры к 1962–68 гг., после чего имел место ее очень интенсивный рост к 1978 г. с последующим, правда, менее сильным, падением к 2000 г. и наметившейся затем тенденцией дальнейшего роста.

Однако в Бишкеке (расположен в 60 км западнее) ход кривых не только выражен еще резче, но более сложен и структурно отличается от хода в Токмаке. Максимум 1945–49 гг. здесь не прослеживается вообще. Вместо этого, на всем интервале 1937–1950 гг. наблюдается фаза резкого понижения температуры

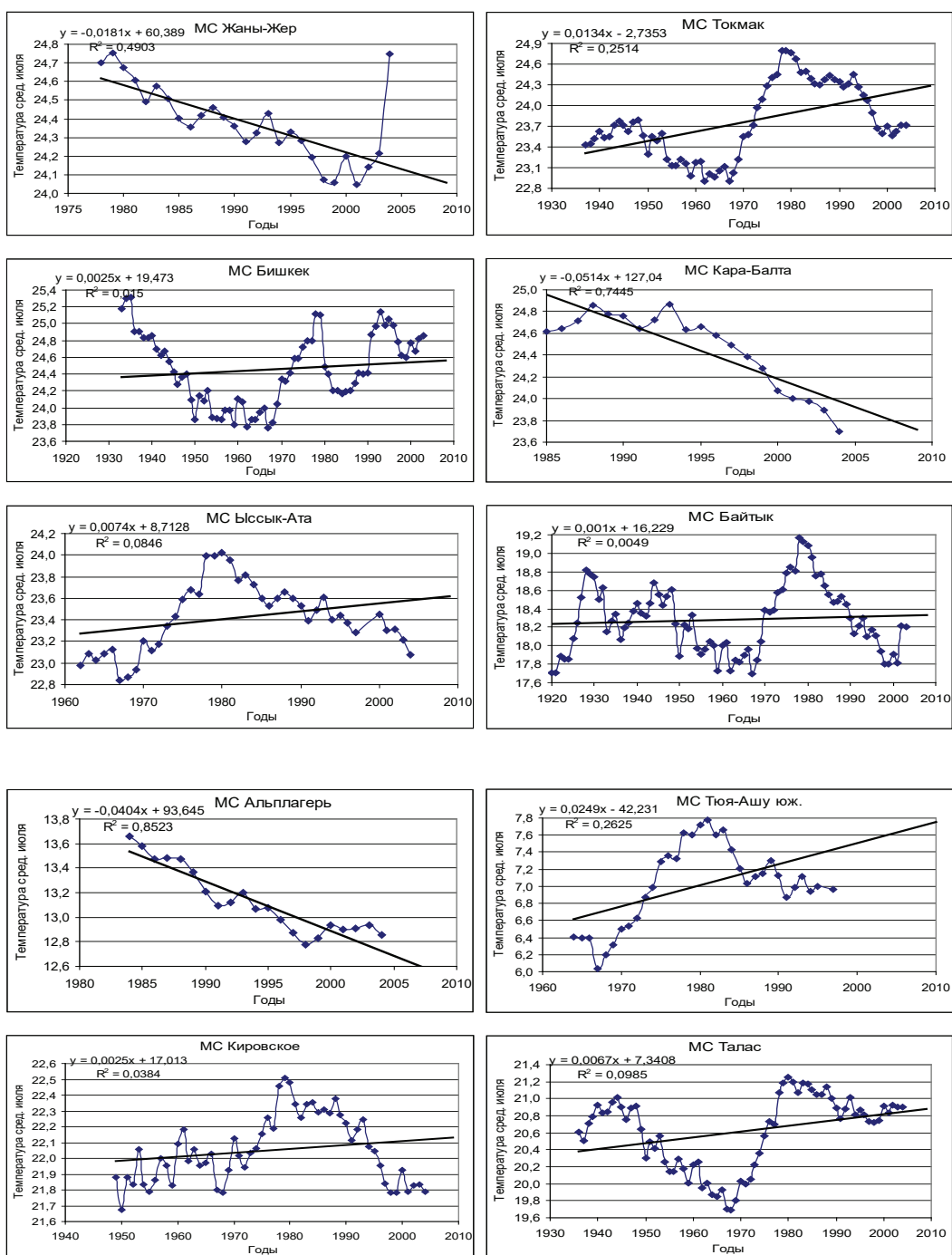


Рисунок 2.4 – Временной ход 11-летних средних температур июля в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 2.7 – Средние июльские температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по тренду за периоды (1930–1975)/(1976–2010) и весь период 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень знач. $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		-0,0033	-0,0213			-0,0018			0,0078	-0,0259
2. Свободный член b_0 , °C		29,8	65,9			21,7			6,6	71,0
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,34$	$\pm 0,35$			$\pm 0,32$			$\pm 0,11$	$\pm 0,25$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,01	0,37			0,01			0,24	0,60
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значимо			незнач.			значимо	значимо
6. b_1 , °C/10 лет		-0,033	-0,213			-0,018			0,078	-0,259
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		-0,15	-0,98			-0,08			0,36	-1,19
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	-0,0181	-0,0398	0,0105	-0,0514	-0,0256	-0,0456	-0,040	-0,0363	-0,0245	-0,0094
2. Свободный член b_0 , °C	60,4	103,4	3,7	127,0	74,6	109,1	93,7	79,4	71,0	39,7
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,17$	$\pm 0,32$			$\pm 0,17$			$\pm 0,11$	$\pm 0,15$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,49	0,80	0,07	0,75	0,78	0,83	0,86	0,63	0,79	0,23
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	незнач.	значим	значим	значим	значим	значим	значимо	значимо
6. b_2 , °C/10 лет	-0,181	-0,398	0,105	-0,514	-0,256	-0,456	-0,40	-0,363	-0,245	-0,094
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	-0,6	-1,4	0,4	-1,8	-0,9	-1,6	-1,4	-1,3	-0,9	-0,3

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Сравнение угловых коэффициентов тренда за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,0365	0,0318			-0,0438			-0,0323	0,0165
2. Оценка значимости, Δb		значимо	значимо			значимо			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,134	0,025			0,010			0,025	0,067
4. Значение b_6 , °C (1930–10)		-2,7	19,5			16,2			17,0	7,3
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,25	0,02			0,003			0,04	0,1
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1, b_2, b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} , °C и ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		-0,033	-0,213			-0,018			0,078	-0,259
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		-0,398	0,105			-0,456			-0,245	-0,094
3. b_3 , °C/10 (1930–10)										
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,1	0,2			0,1			0,2	0,5

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоярдных станций – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

с последующим широким минимумом в 1951–1968 гг., после которого следует ее очень быстрый рост к 1978–79 гг. с последующим исключительно резким падением к минимуму 1985 г., а затем такой же резкий рост к максимуму 1993 г., после которого вновь следует небольшое падение к 1999 г. с наметившимся далее ростом. При этом максимум 1937 г. является самым высоким из трех наблюдавшихся.

11-летняя кривая в Байтыке (низкогорная станция расположена в 30 км южнее Бишкека) есть еще максимум 1928 г., после которого следуют: минимум 1936 г., максимум 1943 г., широкий минимум 1958–1967 гг. с последующим интенсивным ростом температуры к резкому и наиболее высокому максимуму 1978 г. Затем следует такое же интенсивное ее понижение к минимуму 2000 г. с последующей наметившейся тенденцией роста. При этом максимум 1978 г. был самым высоким из трех наблюдавшихся, а три минимума 1920 (Байтык), 1958–1967 гг. и 2000 г. имели примерно одинаковое значение.

Аналогично индивидуальным и резко колебательным был ход кривых на двух станциях Талаской долины – в Кировском и Таласе. Общим с предыдущими станциями для них, несомненно, являлись высокие максимумы, наблюдавшиеся в 1978–1980 гг.

Две долинные короткорядные станции – Жаны-Жер и Кара-Балта – имеют фрагменты хода 11-летних кривых, близких к Токмаку, но отличных от Бишкека.

Три короткорядных долинных станции Ысык-Ата (подножье), Алыплагерь (среднегорная зона) и Тюя-Ашуу юж. (высокогорная зона) – на интервалах своих 11-летних данных достаточно близко соответствуют ходу 11-летней кривой на длиннорядной станции Байтык. Поэтому, как и во всех предыдущих случаях, в первом приближении можно считать, что 11-летняя кривая на Байтыке адекватно отражает имеющиеся фрагментарные части основных тенденций средних температур июля за 1930–2010 гг. на трех остальных склоновых станциях ССЗК.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Следуя за ходом 11-летних кривых угловые коэффициенты трендов b_1 для периода 1930–1975 гг. на 4 длиннорядных станциях имели знак минус и находились в диапазоне от $-0,018$ °C/10 лет (Байтык) до $-0,259$ °C/10 лет (Талас). Исключением явилась станция Кировское, где тренд был положительным и малым по абсолютной величине, $b_1 = +0,078$ °C/10 лет. Поэтому это вполне может быть объяснено индивидуальными особенностями хода 11-летней кривой на этой станции. Значения b_1 оказались статистически незначимы для Токмака и Байтыка, тогда как по трем другим станциям они значимы. В результате трендовые оценки похолоданий за 46 лет по 4 станциям составили диапазон $-0,1 \dots -1,2$ °C, а потепления по Кировскому $\Delta T_{46} = 0,4$ °C.

В результате в поле средних температур июля среднее по 5 станциям длиннорядным ССЗК значение b_1 (сред) = $-0,089$ °C/10, что дает оценку похолодания

ΔT_{46} (сред) = $-0,4$ °C. Дифференцировать эти оценки по долинным и горным районам в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на 4 длиннорядных станциях в июле также наблюдались отрицательные тренды температуры b_2 , меняющиеся от $-0,094$ °C/10 (Талас) до $-0,456$ °C/10 (Байтык). При этом на долинной станции Токмак значение $b_2 = -0,398$ °C/10 лет, т. е. практически такое же, как на Байтыке, тогда как на расположенной между ними станции Бишкек тренд был положителен, $b_2 = 0,105$ °C/10 лет. Это говорит о существенном влиянии местных условий станций на временные средних летних температур. Одновременно на всех станциях, кроме Бишкека, тренды статистически значимы. В целом трендовые оценки понижения температуры за 35 лет менялись в пределах от $-0,3$ °C (Талас) до $-1,6$ °C (Байтык), а повышения по Бишкеку было равным $0,4$ °C.

В результате в поле средних температур июля среднее по 5 станциям ССЗК для значение b_2 (сред) = $-0,218$ °C/10, что дает оценку похолодания ΔT_{35} (сред.) = $-0,8$ °C. Дифференцировать эти оценки по долинным и горным районам здесь также не целесообразно.

Таким образом, в период 1976–2010 гг., когда шло глобальное для Земли повышение температуры, которое в ССЗК также сопровождалось повышением средней годовой температуры (см. п. 2.1, b_2 (сред.) = $0,270$ °C/10 лет) в июле на территории ССЗК температура, напротив, как и в апреле, заметно понижалась.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Разности угловых коэффициентов $\Delta b = b_2 - b_1$ для июльских температур по всем 5 станциям оказались статистически значимыми. Поэтому для оценки скорости изменений температуры по всем станциям за общий период 1930–2010 гг. целесообразно использовать коэффициенты b_1 и b_2 по двум периодам отдельно. Это содержится в рекомендациях позиции 4 таблицы 2.7.

Однако, против ожидания, несмотря на то, что тренды b_1 (кроме Кировского) и b_2 (кроме Бишкека) были отрицательными, полученные по всему периоду наблюдений тренды b_3 оказались положительными для всех станций. Они менялись в пределах от почти нулевых значений, $b_3 = 0,01$ °C/10 лет (Байтык) до умеренных, $b_3 = 0,134$ °C/10 лет (Токмак), что дало диапазон повышения средней июльской температуры $0,1$ – $1,1$ °C.

В результате в поле средних температур апреля по 5 станциям ССЗК b_3 (сред.) = $0,052$ °C/10 лет, что соответствует только небольшому повышению температуры июля за 81 год на $0,4$ °C. Этот результат со всей очевидностью еще раз подчеркивает возможное большое влияние на величину и даже знак тренда как длительности периода наблюдений, так и его положение относительно фаз потеплений/похолоданий.

В заключение (таблица 2.8) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних июльских температур приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (показаны на рисунке 2.4) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Эти значения температур рассчитаны по уравнениям трендов, содержащих угловые коэффициенты b_3 и рекомендуются к практическому использованию для решения различных прикладных задач.

Таблица 2.8 – Трендовые оценки средних июльских температур T °С для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						18,1				
1930		23,1	24,3			18,2				20,3
1940		23,3	24,3			18,2			21,9	20,3
1950		23,4	24,3			18,2			21,9	20,4
1960	24,9	23,5	24,4		23,2	18,2		6,6	21,9	20,5
1970	24,7	23,7	24,4		23,3	18,2		6,8	21,9	20,5
1980	24,6	23,8	24,4	25,3	23,4	18,2	13,7	7,1	22,0	20,6
1990	24,4	23,9	24,4	24,8	23,4	18,2	13,2	7,3	22,0	20,7
2000	24,2	24,1	24,5	24,2	23,5	18,2	12,8	7,6	22,0	20,7
2010	24,0	24,2	24,5	23,7	23,6	18,2	12,4		22,0	20,8
2020	23,8	24,3	24,5	23,2	23,7	18,2	12,0		22,1	20,9

2.5. Временной ход и тренды средних температур октября

Октябрь является центральным месяцем осени, и поэтому будем характеризовать временной характер изменения осенних температур их изменениями в октябре.

На рисунке 2.5 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних температур октября за период их наблюдений с линиями линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 2.9 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Как это видно на рисунке 2.5, центральный месяца осени – октябрь, аналогично всем другим сезонам, характеризовался в ССЗК значительной колеблемостью хода 11-летних кривых в период 1930–2010 гг., которая была ничуть не меньше, чем в три остальных сезона. Так, по данным 5 длиннорядных станций – Токмак, Бишкек,

Байтык, Кировское и Талас – в целом за это время наблюдалось 4 хорошо выраженных максимума и три минимума в ходе кривых (на Байтыке дополнительно наблюдался максимум 1924 г. и минимум 1929 г.). Максимумы приурочены к 1940–41, 1975, 1994 и 2001 гг., а минимумы к 1953–66, 1986–91 и 1995 гг. После 2001 г. наметилась тенденция к понижению температуры октября.

Особенностью октября, таким образом, является весьма хорошая согласованность в положении основных максимумов и минимумов на кривых для различных станций. Однако на этом сходство кривых заканчивается, и в остальных структурных деталях они существенно различаются. Так, в Токмаке все 4 максимума расположены по возрастающей последовательности и последний из них (2001 г.) является самым высоким. В Бишкеке имеет место «прогиб» во временном положении максимумов к максимуму 1975 г., который был наиболее низок. На Байтыке картина совсем иная: наиболее высоким является максимум 1941 г., после которого три остальных максимума лежат значительно ниже и практически одинаковы по высоте. На станциях Кировское и Талас максимумы следуют в порядке возрастания, так что самый высокий, как и в Токмаке, соответствует 2001 г. Можно найти и другие различия в ходе кривых, например, в следовании и высоте минимумов.

11-летние кривые на двух короткорядных долинных станциях Жаны-Жер и Кара-Балта на интервалах своих наблюдений хорошо вписываются в эту картину.

Обращает на себя внимание самая длиннорядная станция Байтык. Если все остальные станции показывают в целом тенденцию повышения температуры от 1930 к 2010 гг., то 11-летняя кривая на Байтыке четко дает ее понижение к 2010 г.

Ясных объяснений этому пока нет, за исключением, правда, того важного факта, что по расположению станция является не долинной, а низкогорной (1,58 км). Она находится в 30 км южнее Бишкека, в нижней части узкой долины р. Ала-Арча, ее площадка репрезентативна, переносилась она один раз и всего на 100–200 м вниз по долине практически без изменения высоты. Правда, в последние десятилетия снизу к ее зоне «пристроился» дачный поселок с садами и преимущественно одноэтажными постройками. Но это никак не может объяснять наблюдающееся *понижение* осенних температур. Следует также отметить, что такая тенденция на Байтыке, с различными вариациями в деталях, отмечается и в другие сезоны, и в полях различных температур. Здесь мы обратили на нее особое внимание за счет хорошей выраженности этого явления.

Склоновые короткорядные станции Ысык-Ата (подножье), Альплагерь (среднегорная зона) и Тюя-Ашуу юж. (высокогорная зона) на интервалах своих 11-летних данных хорошо вписываются в картину на Байтыке. Поэтому можно считать, что 11-летняя кривая средних температур октября на Байтыке, скорее всего, адекватно отражает основные тенденции изменения этих температур за последний 80-летний период во всех высотных зонах хребтов ССЗК. Од-

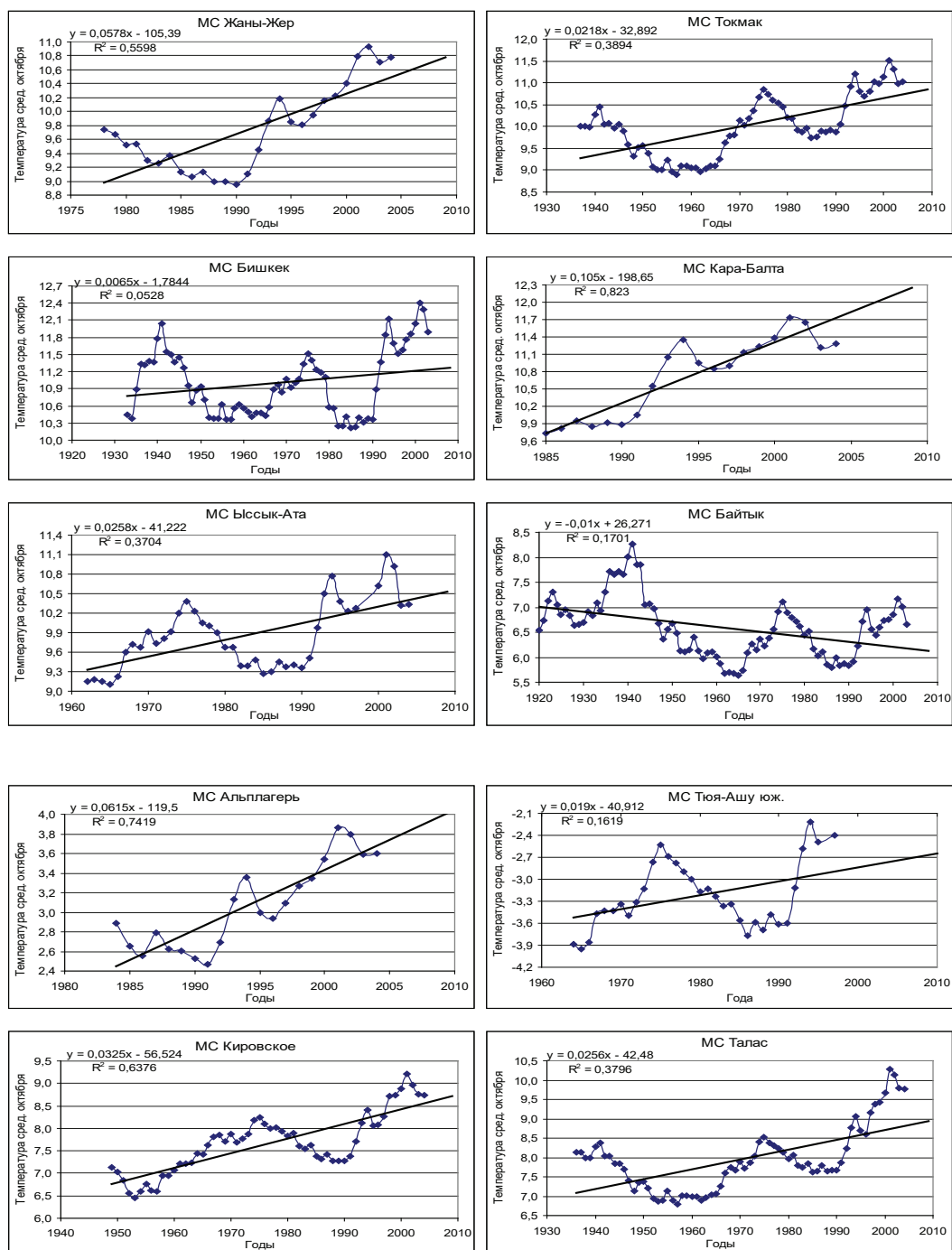


Рисунок 2.5 – Временной ход 11-летних средних температур октября в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 2.9 – Средние октябрьские температуры: параметры уравн. линейных трендов - b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по тренду за периоды (1930–1975)/(1976–2010) и весь период 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень знач. $q = 0,05$).

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		-0,0007	-0,0093			-0,0220			0,0599	-0,0072
2. Свободный член b_0 , °C		11,1	29,2			49,6			-110,3	21,6
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,55$	$\pm 0,44$			$\pm 0,55$			$\pm 0,23$	$\pm 0,52$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,0002	0,07			0,31			0,81	0,03
5. Значимость по F-критерию		незнач.	незнач.			значим			значим	незнач.
6. b_1 , °C/10 лет		-0,007	-0,093			-0,220			0,599?	-0,072
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		-0,03	-0,4			-1,0			2,8?	-0,3
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0578	0,0402	0,0595	0,1050	0,0385	0,0160	0,0615	0,0124	0,0448	0,0774
2. Свободный член b_0 , °C	-105,4	-69,6	-107,2	-198,7	-66,7	-25,3	-119,5	-27,8	-81,1	-145,5
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,42$	$\pm 0,55$			$\pm 0,41$			$\pm 0,45$	$\pm 0,53$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,56	0,41	0,45	0,82	0,36	0,10	0,74	0,03	0,43	0,61
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	значим	незнач.	значим	незнач.	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	0,578	0,402	0,595	1,050	0,385	0,160	0,615	0,124	0,448	0,774
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	2,0	1,4	2,1	3,7	1,4	0,6	2,2	0,4	1,6	2,7

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984-04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–99)	Кировское (1949–04)	Талас (1935–04)
Сравнение угловых коэффициентов тренда за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0409	0,0688			0,0380				0,0846
2. Оценка значимости Δb		значимо	значимо			значимо				значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,218	0,085			-0,100			0,325	0,256
4. Значение b_6 , °C (1930–10)		-32,9	-1,8			26,3			-56,5	-42,5
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,39	0,05			0,17			0,64	0,38
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1, b_2, b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} °C и ΔT_{81} °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		-0,007	-0,093			-0,220				-0,072
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		0,402	0,595			0,160				0,774
3. b_3 , °C/10 (1930–10)									0,325	
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,8	0,7			-0,8			2,6	2,1

Примечание. 1) * отмечены названия пяти короткокордных станций – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж.;

2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

новременно следует признать, что на интервале 1930–2010 гг. эта тенденция для склонов хребтов ССЗК была отрицательной, т. е. во всех высотных зонах хребтов имело место общее понижение средних температур октября.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Следуя за ходом 11-летних кривых средних температур октября, в период 1930–1975 гг., угловые коэффициенты трендов b_1 на 3 длиннорядных долинных станциях Токмак, Бишкек и Талас были отрицательными, малыми по абсолютной величине и статистически незначимыми ($b_1 = -0,07\dots, -0,072$). Однако на склоновой станции Байтык, в силу особенностей ее 11-летней кривой, угловой коэффициент тренда по абсолютной величине оказался несколько более высоким – $b_1 = -0,220$ °C/10 лет и статистически значимым. Исключением явилась станция Кировское, где ввиду ее укорочения ряда наблюдений слева (данные с 1949 г.), получен непоказательный для всего периода 1930–1975 гг. большой по величине положительный тренд, $b_1 = 0,599$ °C/10 лет. Он нами забракован, показан в таблице 2.9 со знаком «?» и исключен из дальнейших расчетов.

В результате в поле средних температур октября в среднем по 4 длиннорядным станциям ССЗК b_1 (сред) = $-0,098$ °C/10 лет, что дает небольшое похолодание за 46 лет, равное $-0,5$ °C. Выделять долинные и склоновые районы в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях тренды b_2 были положительны и находились в пределах от $0,160$ °C/10 лет (Байтык) до $0,774$ °C/10 лет (Талас). При этом все тренды, кроме Байтыка, статистически значимы. Это дало по станциям трендовые повышения средней температуры октября в период 1976–2010 гг. в диапазоне $0,6$ °C (Байтык) – $2,7$ °C (Талас).

В результате в поле средних температур октября для территории ССЗК по 5 длиннорядным станциям b_2 (сред) = $0,476$ °C/10 лет, что дает существенное потепление за 35 лет, равное $1,7$ °C. Дифференцированные оценки по долинным и горным районам будут равны:

- долинные районы (4 станции) – b_2 (сред) = $0,555$ °C/10 лет; ΔT (сред.) = $1,9$ °C;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,160$ °C/10 лет; $\Delta T = 0,6$ °C.

Угловые коэффициенты для 1976–2010 гг. периода по 5 короткорядным станциям являются также положительными и сильно колеблются по величине ($b_2 = 0,190$ – $1,050$ °C/10 лет), что объясняется случайностью наложений границ фаз потеплений/похолоданий и периодов работы станций.

Сравнение угловых коэффициентов за оба периода и практические рекомендации. Разности угловых коэффициентов $\Delta b = b_2 - b_1$ для средних температур октября по 4 станциям (кроме исключенной станции Кировское) оказались статистически значимыми. Поэтому для оценки скорости изменений температуры по Кировскому следует использовать один коэффициент b_3 ,

полученный за общий период 1930–2010 гг., а по остальным станциям надо использовать коэффициенты b_1 и b_2 по двум периодам отдельно. Это содержится в рекомендациях позиции 4 таблицы 2.9.

Значения коэффициентов b_3 за общий период 1930–2010 гг. по 4 длиннорядным станциям (кроме Байтыка) были положительны и находились в пределах от 0,085 °C/10 лет (Бишкек) до 0,325 °C/10 лет (Кировское), что дало соответственно повышение температуры по ним за 81 год в диапазоне 0,7–2,6 °C. Однако для станции Байтык угловой коэффициент тренда отрицателен, $b_3 = -0,100$ °C/10 лет, что дало понижение температуры на -0,8 °C.

В результате для средних температур октября среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение $b_3(\text{сред}) = 0,157$ °C/10 лет, что соответствует потеплению за 81-летний период 1930–2010 гг. на 1,3 °C. Однако, если учесть, что для склонов основной тенденцией было понижение температуры, то более правильным будет получить оценки отдельно для 4 долинных станций и склоновой станции Байтык. Тогда более дифференцированно и будем иметь:

- долинные районы (4 станции) – $b_3(\text{сред}) = 0,221$ °C/10 лет; $\Delta T_{81} = 1,8$ °C;
- склоновая станция Байтык – $b_3 = -0,100$ °C/10 лет; $\Delta T_{81} = -0,8$ °C.

В заключение (таблица 2.10), для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних октябрьских температур T °C, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 2.5) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних температур октября по десятилетиям рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 2.10 – Трендовые оценки средних октябрьских температур T °C для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						7,1				
1930		9,2	10,8			7,0				6,9
1940		9,4	10,8			6,9			6,5	7,2
1950		9,6	10,9			6,8			6,9	7,4
1960	7,9	9,8	11,0		9,3	6,7		-3,7	7,2	7,7
1970	8,5	10,1	11,0		9,6	6,6		-3,5	7,5	8,0
1980	9,1	10,3	11,1	9,3	9,9	6,5	2,3	-3,3	7,8	8,2
1990	9,6	10,5	11,2	10,3	10,1	6,4	2,9	-3,1	8,2	8,5
2000	10,2	10,7	11,2	11,4	10,4	6,3	3,5	-2,9	8,5	8,7
2010	10,8	10,9	11,3	12,4	10,6	6,2	4,1		8,8	9,0
2020	11,4	11,1	11,3	13,5	10,9	6,1	4,7		9,1	9,2

2.6. Нормы средних температур и нормы их СКО для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

В заключение по пп. 2.1–2.5 представляется важным привести полученные нормы средних годовых и средних месячных температур, а также нормы их средних квадратических отклонений (СКО) за три исследуемых периода 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., а также сделать сравнение этих норм за два смежных периода – 1930–1975 и 1976–2010 гг. При этом по трем станциям – Бишкек, Байтык и Талас – имеется возможность сделать такое сравнение также с данными Научно-прикладного справочника по климату издания 1989 г. В этом справочнике нормы средних температур приведены к 100-летнему периоду 1881–1980 гг., а нормы СКО соответствуют фактическим периодам наблюдений на станциях по 1980 г.

Результаты расчетов норм по различным периодам приведены в таблицах 2.11 и 2.12. В этих таблицах для 5 короткорядных станций – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. – нормы средних температур и нормы их СКО показаны в двух строчках и соответствуют двум следующим периодам: фактически использованному по станции ряду внутри 1976–2009 гг. (условно периоду 1976–2010 гг.) и всему фактическому ряду на станции по 2009 г. включительно. Для 5 длиннорядных станций – Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас – нормы приведены в трех строчках, которые соответствуют трем периодам: фактическому ряду на станции, внутри 1930–1975 гг. (условно период 1930–1975 гг.), фактическому ряду на станции внутри 1976–2009 гг. (условно период 1976–2010 гг.) и всему фактическому ряду работы станции по 2009 г. включительно. Кроме того, для трех станций – Бишкек, Байтык и Талас – в четвертой строчке дана норма по климатическому справочнику 1989 г.

Практическое применение всех этих данных, прежде всего, состоит в следующем.

1. По всем 10 станциям полученные средние месячные и годовые нормы температуры и нормы их СКО за период 1976–2010 гг. следует использовать как *новые нормы, соответствующие современному климату*, взамен норм, приводимых в различных публикациях и справочниках прошлых лет.

2. По данным 5 длиннорядных станций годовая норма температуры в среднем повысилась на 0,94 °С от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. На склоновой станции Байтык повышение нормы было минимальным (0,4 °С), а по 4 долинным станциям составляло близкие значения, равные 0,9–1,3 °С. При этом по 3 станциям – Байтык, Бишкек и Талас – среднее повышение годовых норм в 1976–2010 гг., относительно данных Климатического справочника за 1881–1980 гг., было в среднем таким же, на 0,93 °С, составляя диапазон 0,5–1,2 °С.

Таблица 2.11 – Нормы средних температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; строка 4 – данные Научно-прикладного справочника по климату за 1881–1980 гг.; темным – длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–2009 гг.), строки: 1976–2009; 1973–2009 гг.												
-6,0	-3,3	4,2	12,3	17,4	22,4	24,6	22,8	17,1	9,9	2,9	-3,2	10,1
-6,2	-3,7	4,1	12,4	17,3	22,4	24,6	22,7	17,0	9,9	2,9	-3,5	10,0
Токмак – 0,82 км (1932–2009 гг.), строки: 1932–1975; 1976–2009; 1932–2009 гг.												
-4,3	-1,8	4,4	11,7	16,8	21,0	23,4	21,7	16,1	9,6	2,4	-2,5	9,9
-2,6	-0,9	5,3	12,6	17,3	21,9	24,2	23,1	17,6	10,6	4,8	-0,1	11,2
-3,5	-1,4	4,8	12,1	17,0	21,4	23,8	22,3	16,7	10,0	3,4	-1,5	10,4
Бишкек – 0,76 км (1928–2009), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1928–2009; КС 1881–1980 гг.												
-4,3	-2,4	4,3	11,8	16,9	21,5	24,4	22,9	17,5	10,9	2,7	-2,5	10,3
-2,4	-0,7	5,0	12,3	17,0	22,1	24,7	23,5	18,3	11,3	4,8	-0,1	11,3
-3,6	-1,7	4,5	12,1	17,0	21,8	24,6	23,2	17,8	11,0	3,6	-1,7	10,7
-5,0	-2,9	4,0	11,7	17,0	21,5	24,4	22,8	17,5	10,5	2,5	-2,7	10,1
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
-2,9	-1,1	4,5	11,9	16,8	22,0	24,4	23,4	18,1	10,8	4,3	-0,6	11,0
-3,3	-1,3	4,3	11,6	16,6	21,9	24,2	23,2	17,8	10,4	3,5	-1,1	10,6
Ысык-Ата –1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
-3,2	-1,8	3,9	11,3	16,2	21,1	23,5	22,4	17,2	10,0	3,8	-0,6	10,3
-3,4	-2,2	3,8	11,1	15,9	21,0	23,3	22,1	17,0	9,8	3,4	-0,9	10,1
Байтык – 1,58 км (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1915–2009 гг.; КС 1881–1980 гг.												
-5,0	-3,8	0,6	6,4	11,3	15,5	18,3	16,9	12,4	6,6	0,7	-3,0	6,4
-4,6	-4,1	0,6	7,2	11,6	15,9	18,5	17,5	12,6	6,5	1,7	-2,1	6,8
-4,8	-4,0	0,5	6,8	11,5	15,7	18,3	17,3	12,5	6,6	1,0	-2,7	6,5
-5,1	-4,1	0,5	6,8	11,3	15,4	18,1	17,2	12,3	6,7	0,5	-3,3	6,3
Альплагерь – 2,13 км (1978–2008 гг.), строки 1978–2009 гг.												
-7,8	-6,6	-2,7	3,4	7,5	11,1	13,2	12,5	8,3	3,2	-1,3	-5,4	3,0
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1959–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–2003, 2008–2009 гг.; 1959–2003, 2008–2009 гг.												
-14,5	-13,8	-9,7	-3,8	0,5	4,3	7,2	7,4	3,5	-2,8	-8,5	-12,0	-3,5
-14,6	-13,9	-9,6	-3,7	0,5	4,2	6,9	7,2	3,2	-3,1	-8,8	-12,1	-3,7
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
-7,9	-5,2	2,2	9,9	15,3	20,0	22,0	19,8	14,0	7,3	0,3	-5,9	7,6
-6,2	-3,8	2,9	10,4	15,4	20,3	22,1	19,4	14,3	8,1	2,3	-2,8	8,5
-7,0	-4,5	2,6	10,1	15,4	20,1	22,0	19,6	14,1	7,7	1,3	-4,3	8,1
Талас – 1,22 км (1930–1932, 1934–2009 гг.), строки: 1930–1932, 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1930–1932, 1934–2009 гг.; КС 1881–1980 гг.												
-6,0	-3,9	1,7	8,7	14,1	18,2	20,4	18,5	13,5	7,5	0,6	-4,1	7,4
-4,5	-3,1	2,7	9,8	14,6	19,1	21,0	19,5	14,8	8,7	2,8	-2,0	8,6
-5,4	-3,6	2,1	9,2	14,3	18,6	20,7	18,9	14,0	8,0	1,5	-3,2	7,9
-6,0	-4,0	1,8	9,2	14,0	18,1	20,3	18,6	13,7	7,8	0,9	-3,8	7,5

Таблица 2.12 – Нормы СКО средних температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; строка 4 – данные Научно-прикладного справочника по климату за 1881–1980 гг.; темным – длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1973–2009 гг.												
3,3	3,9	2,7	1,8	1,5	1,6	1,3	1,0	1,0	1,6	2,6	3,7	0,8
3,3	4,0	2,6	1,7	1,5	1,5	1,2	1,1	1,0	1,6	2,6	3,9	0,9
Токмак – 0,82 км (1932–2009 гг.), строки: 1932–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1932–2009 гг.												
3,3	4,1	2,4	1,6	1,5	1,2	1,3	1,1	1,1	1,6	3,2	3,7	0,8
2,8	3,4	2,5	1,8	1,7	1,3	1,0	1,2	1,3	1,8	2,6	3,3	0,7
3,2	3,8	2,4	1,8	1,6	1,3	1,2	1,3	1,4	1,7	3,2	3,7	1,0
Бишкек – 0,76 км (1928–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1928–2009 гг.; КС 1881–1980 гг.												
3,0	4,5	2,5	1,6	1,6	1,2	1,4	1,1	1,3	1,6	3,1	3,8	0,8
2,9	3,3	2,7	1,8	1,8	1,7	1,3	1,6	1,5	2,1	2,7	3,3	1,0
3,1	4,0	2,6	1,8	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,9	3,1	3,9	1,0
3,1	4,1	2,5	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2	1,4	1,7	2,9	3,8	0,9
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
2,6	3,2	2,5	1,9	1,6	1,4	1,0	1,1	1,2	2,0	2,5	3,1	0,7
2,7	3,3	2,6	1,9	1,8	1,4	1,1	1,2	1,4	2,0	3,0	3,0	1,0
Бсык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
2,6	3,0	2,4	1,8	1,7	1,4	0,9	1,2	1,2	1,9	2,4	3,0	0,6
2,7	3,3	2,4	1,6	1,7	1,2	1,1	1,2	1,2	1,7	2,5	3,0	0,7
Байтык 1,58 км – (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1915–2009 гг.; КС 1881–1980 гг.												
2,4	3,3	2,3	2,0	1,4	1,2	1,5	1,3	1,7	1,8	3,1	2,8	0,7
2,3	2,8	2,3	1,8	1,6	1,3	1,2	1,2	1,0	1,8	2,2	2,5	0,5
2,5	3,0	2,3	1,9	1,6	1,3	1,4	1,3	1,5	1,7	2,7	2,8	0,7
2,5	3,0	2,3	1,7	1,6	1,3	1,4	1,2	1,5	1,6	2,5	2,6	0,8
Альплагерь – 2,13 км (1978–2008 гг.), строки 1978–2009 гг.												
2,1	2,6	2,4	1,8	1,4	1,5	0,8	1,2	1,0	1,7	2,3	2,4	0,6
Тюя-Ашуу юж. – 23,23 км (1959–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–2003, 2008–2009 гг.; 1959–2003, 2008–2009 гг.												
1,9	1,9	1,8	1,8	1,4	1,3	1,1	1,5	1,3	1,8	1,7	1,9	0,6
1,9	2,1	1,7	1,6	1,4	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	1,7	1,8	0,6
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
3,4	5,2	2,9	1,4	1,4	1,8	1,1	0,8	1,1	1,4	3,1	4,5	0,9
3,3	3,8	2,4	1,8	1,4	1,1	0,8	4,1	1,7	1,8	3,2	5,4	0,8
3,4	4,6	2,7	1,6	1,4	1,5	0,9	3,0	1,4	1,6	3,3	5,2	1,0
Талас – 1,22 км (1930–1932, 1934–2009 гг.), строки: 1930–1932, 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1930–1932, 1934–2009 гг.; КС 1881–1980 гг.												
2,6	4,4	2,5	1,8	1,4	1,1	1,2	1,3	1,1	1,5	3,0	3,1	0,8
2,5	3,1	2,4	1,8	1,8	1,3	0,8	1,1	1,3	2,3	2,4	2,9	0,7
2,7	3,9	2,5	1,8	1,6	1,3	1,1	1,3	1,3	2,0	2,9	3,2	0,9
2,8	3,8	2,4	1,7	1,4	1,1	1,2	0,9	1,1	1,6	3,0	3,2	0,8

Таблица 2.13 – Разности норм температур за периоды 1976–2010 гг. и 1930–1975 гг. (первая строка) и за периоды 1976–2010 гг. и 1881–1980 гг. (Климатический справочник)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Токмак												
1,7	0,9	0,9	0,9	0,5	0,9	0,8	1,4	1,5	1,0	2,4	2,4	1,3
Бишкек: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС												
1,9	1,7	0,7	0,5	0,1	0,6	0,3	0,6	0,8	0,4	2,1	2,4	1,0
2,6	2,2	1,0	0,6	0,0	0,6	0,3	0,7	0,8	0,8	2,3	2,6	1,2
Байтык: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС												
0,4	-0,3	0,0	0,8	0,3	0,4	0,2	0,6	0,2	-0,1	1,0	0,9	0,4
0,5	0,0	0,1	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	-0,2	1,2	1,2	0,5
Кировское												
1,7	1,4	0,7	0,5	0,1	0,3	0,1	-0,4	0,3	0,8	2,0	3,1	0,9
Талас: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС												
1,5	0,8	1,0	1,1	0,5	0,9	0,6	1,0	1,3	1,2	2,2	2,1	1,2
1,5	0,9	0,9	0,6	0,6	1,0	0,7	0,9	1,1	0,9	1,9	1,8	1,1

Из 60 случаев для месячных норм в 57 случаях (95 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось их повышение. Оно было максимальным на 0,9–3,1 °С в зимние месяцы, включая позднюю осень (ноябрь), а минимальным, в зависимости от станции, летом или весной – до 0,5–1 °С. Исключение представляет склоновая станция Байтык, где по месяцам наблюдалась неустойчивая картина, от слабого похолодания (-0,3 °С, февраль и - 0,1 °С, октябрь) до потепления в 1,0 °С в ноябре.

Рекомендуется использовать на практике по всем 10 станциям полученные новые годовые и месячные нормы средних температур, соответствующих периоду 1976–2009 гг.

3. Нормы годовых и месячных значений СКО для различных периодов, по данным всех 10 станций, характеризуются следующим. Значения годовых норм СКО за 1976–2010 гг. малы и колеблются от 0,5 °С (Байтык) до 1,0 °С (Бишкек, Кара-Балта). При этом они практически не изменились как относительно данных за 1930–1975 гг., так и данных Климатического справочника (различия лежат в пределах до $\pm 0,2$ °С). Это значит, что, несмотря на наблюдавшееся потепление климата в поле норм средних годовых температур, междугодовая колеблемость самих годовых температур в течение 1930–2010 гг. на всех станциях осталась неизменной.

Однако СКО для средних месячных температур холодного времени года (ноябрь–март) значительно выше – примерно в три и более раза, составляя 2,3–3,7 °С (а в Кировском даже 5,4 °С). Для теплого периода года месячные СКО примерно в 1,5 раза выше годовых значений, колеблясь от 1,0 до 1,8 °С. Это говорит о более высоких междугодовых колебаниях средних месячных температур по сравнению со средними годовыми температурами. Одновременно в холодный период года модуль разности месячных СКО для одной и той же

станции по различным периодам мог увеличиваться до статистически значимого, достигая $0,5^{\circ}\text{C}$, а в отдельных случаях даже $1,4^{\circ}\text{C}$ (Кировское, февраль). При этом по данным Климатического справочника значения СКО совпадают или несколько выше, чем полученные за 1976–2010 гг. (таблица 2.13).

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 2

В таблице 2.14 приведены итоговые результаты по полученным численным значениям статистических характеристик для *средних годовых* и *средних месячных* температур по 10 метеостанциям ССЗК в периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., на основании которых, с учетом проведенного анализа, можно сформулировать следующие выводы.

1. В ходе 11-летних средних температур для года и центральных месяцев сезонов для 5 длиннорядных станций ССЗК за общий период их работы 1930–2010 гг. наблюдалась хорошо выраженная основная тенденция роста температуры, структурно представленная последовательными чередованиями фаз ее повышения и понижения со случайными датами начала-конца, длительности и амплитуды фаз. При этом наибольшие различия по станциям и сезонам наблюдались для амплитуд фаз. Для средних месячных температур сезонов фазы были выражены гораздо резче, чем для годовых температур. Все это существенно влияло как на знак, так и на величину угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 по отдельным станциям и периодам и, прежде всего, для короткорядных станций, которые имели ту же структуру хода 11-летних кривых, что и длиннорядные станции. Наиболее достоверным являются тренды b_3 , полученные по длиннорядным станциям за весь период их работы, которые освещают днища Чуйской и Таласской долин и зону склонов хребтов до высот 1,5–2 км.

2. В поле средних годовых температур в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 4 длиннорядным станциям (исключая Кировское) наблюдались очень слабые повышения/понижения температуры (близкие к нулевым) с малыми абсолютными скоростями, $b_1 = -0,098\dots, +0,076^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = -0,5\dots, 0,4^{\circ}\text{C}$. Только на станции Кировское повышение было существенным, скорость $b_1 = 0,311^{\circ}\text{C}/10$ и $\Delta T_{46} = 1,4^{\circ}\text{C}$. В среднем по 5 станциям $b_1(\text{сред.}) = 0,065^{\circ}\text{C}/10$ лет, что соответствовало $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,3^{\circ}\text{C}$. При этом различий в интенсивности потепления по долинным и склоновым районам не наблюдалось.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. скорости по всем 5 станциям были положительными и, в целом, возросли, $b_1 = 0,036\dots, 0,497^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = 0,1\dots, 1,7^{\circ}\text{C}$. Средняя скорость потепления в итоге была заметно выше (на границе умеренной и сильной), $b_2(\text{сред.}) = 0,270^{\circ}\text{C}/10$ лет, что дало $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,0^{\circ}\text{C}$. При этом различий в интенсивности потепления по долинным и склоновым районам также не наблюдалось.

Таблица 2.14 – Итоговые результаты статистических характеристик по станциям ССЗК (все средние значения получены по данным только длиннорядных станций, жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды)

Метеостанция (*коротко- рядная)	Статистические характеристики и оценки						
	b ₁ °C/10	b ₂ °C/10	Δb	b ₃ °C/10	ΔT ₄₆ °C	ΔT ₃₅ °C	ΔT ₈₁ °C
<i>Средние годовые температуры</i>							
Жаны-Жер*		0,394				1,4	
Токмак	0,030	0,036	0,0006	0,210	0,1	0,1	1,7
Бишкек	0,076	0,497	0,0421	0,198	0,4	1,7	1,6
Кара-Балта*		0,497				1,7	
Ысык-Ата*		0,243				0,9	
Байтык	0,006	0,071	0,0065	0,045	0,3	0,3	0,4
Альплагерь*		0,234				0,8	
Тюя-Ашу юж.*		-0,088				-0,3	
Кировское	0,311	0,490	0,0179	0,293	1,4	1,7	2,4
Талас	-0,098	0,258	0,0356	0,190	-0,5	0,9	1,5
Среднее	0,065	0,270		0,187	0,3	1,0	1,5
<i>Средние температуры января (зима)</i>							
Жаны-Жер*		0,320				1,1	
Токмак	-0,017	0,302	0,0319	0,287	-0,1	1,1	2,3
Бишкек	0,268	0,513	0,0245	0,396	1,2	1,8	3,2
Кара-Балта*		0,058				0,2	
Ысык-Ата*		0,218				0,8	
Байтык	0,136	0,184	0,0048	0,114	0,6	0,6	0,9
Альплагерь*		-0,400				-1,4	
Тюя-Ашу юж.*		-0,016				-0,1	
Кировское	брак	1,258		0,567	брак	4,4	4,6
Талас	-0,081	0,562	0,0643	0,258	-0,4	2,0	2,1
Среднее	0,077	0,564		0,324	0,4	2,0	2,6
<i>Средние температуры апреля (весна)</i>							
Жаны-Жер*		-0,159				-0,6	
Токмак	0,177	-0,161	-0,0338	0,200	0,8	-0,6	1,6
Бишкек	0,043	-0,082	-0,0125	0,070	0,2	-0,3	0,6
Кара-Балта*		0,142				0,5	
Ысык-Ата*		0,095				0,3	
Байтык	0,104	-0,414	-0,0518	0,105	0,5	-1,5	0,9
Альплагерь*		0,347				1,2	
Тюя-Ашу юж.*		-0,429				-1,5	
Кировское	0,507	-0,009	-0,0516	0,190	2,3	-0,03	1,5
Талас	0,019	-0,211	-0,0230	0,179	0,1	-0,7	1,5
Среднее	0,170	-0,175		0,130	0,8	-0,6	1,1

Метеостанция (*коротко- рядная)	Статистические характеристики и оценки						
	$b_1^{\circ\text{C}/10}$	$b_2^{\circ\text{C}/10}$	Δb	$b_3^{\circ\text{C}/10}$	$\Delta T_{46}^{\circ\text{C}}$	$\Delta T_{35}^{\circ\text{C}}$	$\Delta T_{81}^{\circ\text{C}}$
<i>Средние температуры июля (лето)</i>							
Жаны-Жер*		-0,181				-0,6	
Токмак	-0,033	-0,398	-0,0365	0,134	-0,2	-1,4	1,1
Бишкек	-0,213	0,105	0,0318	0,025	-1,0	0,4	0,2
Кара-Балта*		-0,514				-1,8	
Ысык-Ата*		0,074				0,3	
Байтык	-0,018	-0,456	-0,0438	0,010	-0,1	-1,6	0,1
Альплагерь*		-0,404				-1,4	
Тюя-Ашу юж.*		0,249				0,4	
Кировское	0,078	-0,245	-0,0323	0,025	0,4	-0,9	0,2
Талас	-0,259	-0,094	0,0165	0,067	-1,2	-0,3	0,5
Среднее	-0,089	-0,218		0,052	-0,4	-0,8	0,4
<i>Средние температуры октября (осень)</i>							
Жаны-Жер*		0,578				2,0	
Токмак	-0,007	0,402	0,0409	0,218	-0,03	1,4	1,8
Бишкек	-0,093	0,595	0,0688	0,085	-0,4	2,1	0,7
Кара-Балта*		1,050				3,7	
Ысык-Ата*		0,258				0,9	
Байтык	-0,220	0,160	0,0380	-0,100	-1,0	0,6	-0,8
Альплагерь*		0,615				2,2	
Тюя-Ашу юж.*		0,190				0,7	
Кировское	брак	0,448		0,325	брак	1,6	2,6
Талас	-0,072	0,774	0,0846	0,256	-0,3	2,1	2,1
Среднее	-0,098	0,476		0,157	-0,5	1,7	1,3

В целом для периода 1930–2010 гг., по данным 5 длиннорядных станций, скорости потепления были на границе от очень слабых до умеренных и соответствовали $b_1 = 0,045 \dots, 0,293^{\circ\text{C}/10}$ лет и $\Delta T_{46} = 0,4 \dots, 2,4^{\circ\text{C}}$. Это дало b_3 (сред.) = $0,187^{\circ\text{C}/10}$ лет, что соответствовало ΔT_{81} (сред.) = $1,5^{\circ\text{C}}$. При этом в долинных районах скорость была заметно выше, чем на склонах хребтов: долинные районы (по 4 станциям) – b_3 (сред.) = $0,223^{\circ\text{C}/10}$ лет и ΔT_{81} (сред.) = $1,8^{\circ\text{C}}$, склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,045^{\circ\text{C}/10}$ лет и ΔT_{81} (сред.) = $0,4^{\circ\text{C}}$.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от -0,098 до $0,497^{\circ\text{C}/10}$ лет и в 15 случаях из 20 являлись статистически значимыми. Разность коэффициентов $\Delta b = b_2 - b_1$ во всех 5 случаях была положительной и оказалась значимой в 3 случаях из 5.

3. В поле средних январских температур (зима) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 4 длиннорядным станциям (исключая Кировское, где b_1 забраковано) также наблюдались слабые повышения/понижения температуры с малыми/умеренными абсолютными скоростями, $b_1 = -0,081 \dots, +0,268^{\circ\text{C}/10}$ лет и $\Delta T_{46} = -0,4 \dots, 1,2^{\circ\text{C}}$. В среднем по 4 станциям b_1 (сред.) = $0,077^{\circ\text{C}/10}$ лет, что соответствовало ΔT_{46} (сред.) = $0,4^{\circ\text{C}}$. При этом на склоновой станции Байтык также наблюдалось очень слабое потепление, $b_1 = 0,006^{\circ\text{C}/10}$ лет и $\Delta T_{46} = 0,3^{\circ\text{C}}$.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях также наблюдалось потепление со скоростями от умеренных до очень высоких, $b_2 = 0,184 \dots, 1,258$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,6 \dots, 4,4$ °C. Средняя скорость потепления в итоге также оказалась очень высокой, $b_2(\text{сред.}) = 0,564$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 2,0$ °C. При этом в долинных районах скорость была существенно больше, чем на склонах хребтов: долинные районы (по 4 станциям) – $b_2(\text{сред.}) = 0,659$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 2,3$ °C, склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,184$ °C/10 лет и $\Delta T = 0,6$ °C.

В целом, для периода 1930–2010 гг., по данным 5 длиннорядных станций, наблюдалось существенное потепление, $b_3 = 0,114 \dots, 0,567$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,9 \dots, 4,6$ °C. В результате, $b_3(\text{сред.}) = 0,324$ °C/10 лет, что дало $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 2,6$ °C. При этом в долинных районах скорость была заметно выше, чем на склонах хребтов: долинные районы (по 4 станциям) – $b_3(\text{сред.}) = 0,377$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 3,1$ °C, склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,114$ °C/10 лет и $\Delta T = 0,9$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от $-0,081$ до $1,258$ °C/10 лет. В 13 случаях из 19 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ во всех 4 случаях была положительной и оказалась значимой в двух случаях из 5.

4. В поле средних апрельских температур (весна) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по всем 5 длиннорядным станциям наблюдалось повышение температуры со скоростями от очень слабых до сильных, $b_1 = 0,043 \dots, 0,507$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 0,2 \dots, 2,3$ °C. В среднем по 5 станциям это соответствовало умеренному потеплению с $b_1(\text{сред.}) = 0,170$ °C/10 лет, что соответствовало $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,8$ °C. При этом различий в интенсивности потеплении по долинным и склоновым районам не наблюдалось.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг., напротив, в ССЗК шло заметное похолодание с практически аналогичными абсолютными значениями скоростей, $b_2 = -0,009 \dots, -0,414$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -0,03 \dots, -1,5$ °C. В среднем это дало умеренное похолодание с $b_2(\text{сред.}) = -0,175$ °C/10 лет, что соответствовало $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = -0,6$ °C. При этом похолодание в долинных районах было заметно меньше, чем на склонах хребтов: долинные районы (4 станции) – $b_2(\text{сред.}) = -0,116$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = -0,4$ °C, склоновая станция Байтык – значение $b_2 = -0,414$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -1,5$ °C.

В целом для периода 1930–2010 гг., по данным 5 длиннорядных станций, наблюдалось потепление со скоростями от слабых до умеренных, $b_2 = 0,105 \dots, 0,200$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,9 \dots, 1,6$ °C. В среднем это дало умеренное значение $b_3(\text{сред.}) = 0,130$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,1$ °C. При этом на склоновой станции Байтык скорость потепления за 1930–2010 гг. также была между слабой и умеренной, $b_3 = 0,105$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,9$ °C, т. е. близкой по значению к наблюдаемым на долинных станциях.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от $-0,414$ до $0,507$ °C/10 лет. В 8 случаях из 20 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистиче-

ски значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ во всех 5 случаях была отрицательной и оказалась значимой в трех случаях из 5.

5. В поле средних июльских температур (лето) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 4 длиннорядным станциям (кроме Кировское) наблюдались понижения температуры со скоростями от очень слабых до умеренных, $b_1 = -0,018 \dots, -0,259$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,1 \dots, -1,2$ °C. На станции Кировское тренд был положительным, но малым по величине, $b_1 = 0,078$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 0,4$ °C. В среднем по 5 станциям это дало очень слабое похолодание с $b_1(\text{сред.}) = -0,089$ °C/10 лет, что соответствовало $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = -0,4$ °C. При этом различий между долинными и склоновыми районами не наблюдалось.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на 4 длиннорядных станциях (теперь кроме Бишкека) наблюдалось чуть более сильное похолодание, значение $b_2 = -0,094 \dots, -0,398$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -0,3 \dots, -1,4$ °C. На станции Бишкек тренд был положительным, но малым по величине, $b_2 = 0,105$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,4$ °C. Все это дало в среднем по 5 станциям относительно слабое похолодание, но скоростью $b_2(\text{сред.}) = -0,218$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -0,8$ °C. При этом различий между долинными и склоновыми районами не наблюдалось.

Однако в целом для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях наблюдалось не слабое похолодание (как это можно было ожидать), а потепление от очень слабого до умеренного, $b_3 = 0,010 \dots, 0,134$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,1 \dots, 1,1$ °C. В результате это дало очень слабую среднюю скорость потепления, $b_3(\text{сред.}) = 0,052$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,4$ °C. При этом различий между долинными и склоновыми районами не наблюдалось.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от $-0,514$ до $0,249$ °C/10 лет. В 12 случаях из 20 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ в 3 случаях из 5 была отрицательной и оказалась значимой во всех 5 случаях из 5.

6. В поле средних октябрьских температур (осень) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 4 длиннорядным станциям (кроме Кировское, где b_1 забракован) наблюдались понижения температуры со скоростями от очень слабых до умеренных, $b_1 = -0,007 \dots, -0,220$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,03 \dots, -1,0$ °C. В среднем по 4 станциям это дало очень слабое похолодание с $b_1(\text{сред.}) = -0,098$ °C/10 лет, что соответствовало $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = -0,5$ °C. При этом на склонах похолодание было заметно сильнее, чем в долинах: долинны районы (3 станции) – $b_1(\text{сред.}) = -0,057$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,3$ °C, склоновая станция Байтык – $b_1 = -0,220$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -1,0$ °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях, напротив, наблюдалось потепление со скоростями от слабых до высоких, $b_2 = 0,160 \dots, 0,774$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,6 \dots, 2,1$ °C. Это дало высокую среднюю скорость потепления, $b_3(\text{сред.}) = 0,476$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,7$ °C. При этом в долинных районах скорость потепления была в 3 раза более высокой, чем на склонах хребтов: долинны районы (4 станции) – $b_2(\text{сред.}) =$

0,555 °C/10 лет и ΔT_{35} (сред.) = 1,9 °C, склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,160$ °C/10 лет; $\Delta T_{35} = 0,6$ °C.

В целом, для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях (кроме Байтыка) также наблюдалось потепление с $b_3 = 0,085\dots, 0,325$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,7\dots, 2,6$ °C. На склоновой станции Байтык, напротив, имело место слабое похолодание, $b_3 = -0,100$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = -0,8$ °C. В результате, среднее по 5 станциям значение b_3 (сред.) = 0,157 °C/10 лет, что соответствует ΔT_{81} (сред.) = 1,3 °C. При этом в долинных районах шло умеренное потепление, а на склонах слабое похолодание: долинные районы (4 станции) – b_3 (сред.) = 0,221 °C/10 лет и ΔT_{81} (сред.) = 1,8 °C, склоновая станция Байтык – $b_3 = -0,100$ °C/10 лет; $\Delta T_{81} = -0,8$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от -0,220 до 1,050 °C/10 лет. В 14 случаях из 19 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ во всех 4 случаях была положительной и оказалась значимой в 4 случаях из 4.

7. Повторяемости статистических качеств коэффициентов трендов b_1 , b_2 , b_3 и разности $\Delta b = b_2 - b_1$ для 5 длиннорядных станций характеризуются следующими данными (таблица 2.15). Повторяемость b_1 со знаками «+» и «-» была почти одинакова (48 и 52 %), но b_2 со знаком «+» наблюдались в 64 %, а со знаком «-» – в 36 %. Значения b_3 со знаком + абсолютно преобладали (86 %), имея знаки – всего в 14 % случаев. Разности $\Delta b = b_2 - b_1$ в 70 % случаев были положительны, а в 30 % – отрицательны, статистически значимыми они были в 74 % случаев, а в 26 % – нет. Статистически значимые b_1 наблюдались в 44 %, а незначимые – в 56 %, тогда как для b_2 эти цифры составляли 68 и 32 %. Для b_3 значимость была еще выше: в 71 % они значимы и 29 % – незначимы.

Таблица 2.15 – Итоговые результаты повторяемости (%) статистических качеств b_1 , b_2 , b_3 и Δb по 5 длиннорядным станциям совместно для года и центральных месяцев сезонов

Показатель качества	Тренды по различным периодам и разность Δb			
	b_1	b_2	Δb	b_3
Число случаев	23	25	23	49
Со знаком «+» (%)	48	64	70	86
Со знаком «-» (%)	52	36	30	14
Значимых (%)	44	68	74	71
Незначимых (%)	56	32	26	29

8. Изменения норм средних температур по различным периодам для 5 длиннорядных станций характеризуются следующим. Годовая норма температуры в среднем повысилась на 0,94 °C от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. На склоновой станции Байтык повышение нормы было минимальным (0,4 °C), а по 4 долинным станциям составляло близкие значения, равные 0,9–1,3 °C. При этом по 3 станциям – Бай-

тык, Бишкек и Талас – среднее повышение норм в 1976–2010 гг. относительно данных Климатического справочника за 1881–1980 гг. было в среднем таким же – на 0,93 °С, составляя диапазон 0,5–1,2 °С.

Из 60 случаев для месячных норм в 57 случаях (95 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось их повышение. Оно было максимальным на 0,9–3,1 °С в зимние месяцы, включая позднюю осень (ноябрь), а минимальным, в зависимости от станции, летом или весной – до 0,5–1 °С. Исключение представляет склоновая станция Байтык, где по месяцам наблюдалась неустойчивая картина, от слабого похолодания (-0,3 °С февраль и - 0,1 °С – октябрь) до потепления в 1,0 °С в ноябре.

Рекомендуется на практике по всем 10 станциям использовать полученные новые средние годовые и средние месячные нормы, соответствующие периоду 1976–2009 гг.

9. Нормы СКО средних температур для различных периодов по данным всех 10 станций характеризуются следующим. Значения годовых норм СКО за 1976–2010 гг. малы и колеблются от 0,5 °С (Байтык) до 1,0 °С (Бишкек, Кара-Балта). При этом они практически не изменились как относительно данных за 1930–1975 гг., так и данных Климатического справочника (различия лежат в пределах до $\pm 0,2$ °С). Это значит, что, несмотря на наблюдавшееся потепление климата, междугодовая колеблемость самих средних годовых температур в течение 1930–2010 гг. на всех станциях осталась неизменной.

Однако СКО для средних месячных температур холодного времени года (ноябрь–март) значительно выше – примерно в три и более раза, составляя 2,3–3,7 °С (а в Кировском даже 5,4 °С). Для теплого периода года месячные СКО примерно в 1,5 раза выше годовых значений, колеблясь от 1,0 до 1,8 °С. Это говорит о более высоких междугодовых колебаниях средних месячных температур по сравнению со средними годовыми температурами. По разным периодам для одной и той же станции различие месячных норм СКО больше, чем для года, но в целом мало, составляя до 0,5 °С и только в отдельных случаях достигая 1–1,5 °С. При этом, по данным Климатического справочника, значения СКО совпадают или несколько выше, чем полученные за 1976–2010 гг.

3. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СРЕДНИХ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

На метеостанциях по максимальным термометрам ежесуточно определяется максимальная за сутки температура воздуха, правда без фиксации момента ее наступления. В многолетнем среднем выводе она соответствует послеполу-денным температурным условиям дня каждого месяца. Поэтому осредненная по многолетним данным, т. е. *средняя суточная максимальная температура*, которая рассматривается в разделе 3, есть очень наглядная климатическая норма послеполуденных температурных условий соответствующего месяца года. Ее анализ существенно дополняет результаты, полученные в разделе 2 для средних годовых и средних месячных температур на станциях. Для года в целом эта норма становится менее наглядной характеристикой так же, как, например, менее наглядна средняя годовая температура по сравнению со средней месячной нормой.

В разделе 3 по данным 5 длиннорядных станций ССЗК (Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас) за период 1930–2010 гг. анализируется временной ход 11-летних средних максимальных температур для года и средних максимальных температур для января, апреля, июля и октября (центральные месяцы сезонов). Как и в разделе 2, дан сравнительный анализ угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 , рассчитанных, соответственно, за периоды 1930–1975 (стабильный мировой климат), 1976–2010 (потепление мирового климата) и 1930–2010 гг. (исследуемый период в целом). Оцениваются трендовые изменения средних максимальных температур ΔT °C за эти периоды, а также трендовые значения самих температур T °C по кратным десятилетиям общего периода 1930–2010 гг. и даны практические рекомендации по использованию расчетных данных.

По 5 короткорядным станциям (Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альп-лагерь и Тюя-Ашуу юж.) анализируются аналогичные данные по периоду 1976–2010 гг.

3.1. Временной ход и тренды средних максимальных температур в году

На рисунке 3.1 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних январских температур за весь период их наблюдений с линиями линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 3.1 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 3.1 следует, что, как и для средних температур, рассмотренных в главе 2, временной ход 11-летних *средних максимальных годовых температур* на всех 10 станциях за полный период их работы в интервале 1930–2010 гг. характеризуется тенденцией роста. Как и во всех других рассмотренных случаях, рост был не монотонным, а имел хорошо выраженный колебательный характер с последовательным чередованием фаз потепления и понижения температуры. При этом 4 короткорядные станции, за исключением Тюя-Ашуу юж., чисто случайно на интервалах своих 11-летних данных также показывают тенденцию роста, полученную на длиннорядных станциях на интервале 1930–2010 гг.

Может показаться, что станция Тюя-Ашуу юж., на которой с 1964 к 1996 г. прослеживается общая тенденция понижения температуры, является исключением. Однако, сравнив ее кривую с кривой для Байтыка, ясно видно, что, если бы на Тюя-Ашуу юж. был представлен участок роста температуры 1996–2004 гг., тенденция изменилась бы с отрицательной на положительную. Это тем более справедливо при гипотетическом продлении понижающейся части ее ряда влево к 1954 г. (минимум на Байтыке). Следовательно, здесь мы, как обычно, имеем дело со случайным фрагментом общей картины. Скорее всего, на Тюя-Ашуу юж. при наличии на ней полных данных наблюдалась бы общая положительная тенденция, соответствующая остальным станциям.

На 11-летних кривых 5 длиннорядных станций Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас в поле средних максимальных температур для года можно видеть различную степень их колеблемости с различным числом четко выделяемых максимумов и минимумов. Так, на станции Токмак имеют место максимумы в 1944 и 1978 гг. с дальнейшим ростом температуры и пока только обозначившимся еще одним максимумом, который лежит за пределами 2003 г. Минимумов на этой станции два – в 1955 и 1989 гг. В Бишкеке наблюдался всего один максимум в 1944 г. и один минимум – в 1954 г., а после 1954 г. следовал монотонный рост с очень слабой колеблемостью 11-летней кривой. На Байтыке после минимума 1933 г. следует крутой «взлет» кривой к очень высокому максимуму 1943 г. а затем такое же стремительное понижение температуры к минимуму 1954 г., после которого она, слабо колеблясь и имея по два заметных максимума и минимума, растет к 2003 г. В результате абсолютно доминирующий максимум 1943 г. обусловил слабую тенденцию роста температуры по сравнению с Токмаком и Бишкеком.

На двух станциях Таласской долины, Кировское и Талас, наблюдаются три максимума температуры (1943, 1966, 1985–1988 гг.) с последующим ее ростом к 2001 г. и с наметившимся после 2001 г. снижением. Минимумов также три – 1954, 1973 и 1989–98 гг. Причем их глубина и ширина на каждой станции индивидуально различны.

Ход 11-летних кривых на 5 короткорядных станциях – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. – на интервалах периодов

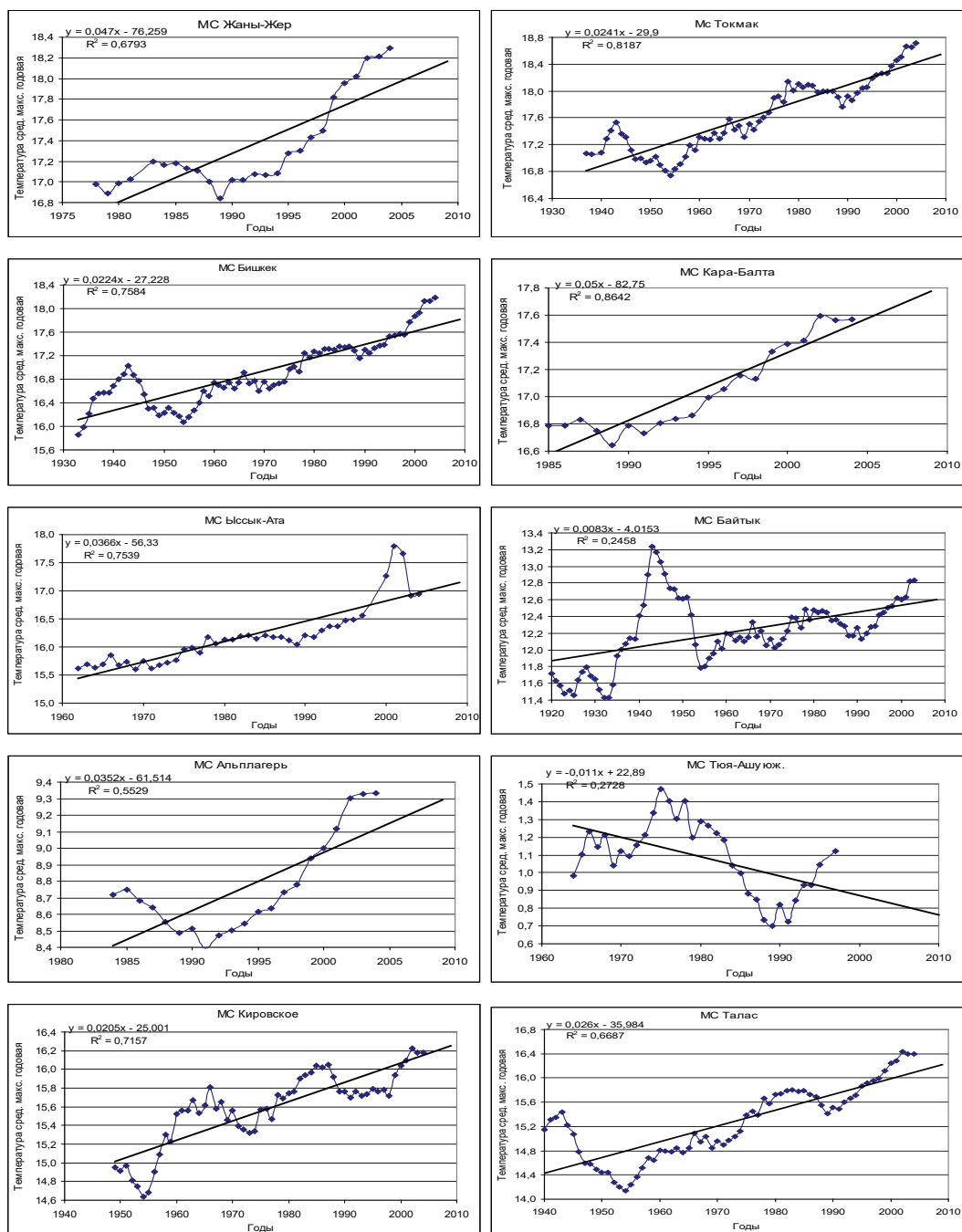


Рисунок 3.1 – Временной ход 11-летних средних максимальных для года температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 3.1 – Средние максимальные для года температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0139	0,0094			0,0106			0,0313	0,0032
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		-9,9	-1,8			-8,5			-46,1	8,5
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,22$	$\pm 0,26$			$\pm 0,42$			$\pm 0,24$	$\pm 0,35$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,33	0,18			0,15			0,52	0,01
5. Значимость по F-критерию		значим	значим			значим			значим	незнач.
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		0,139	0,094			0,106			0,313	0,032
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		0,6	0,4			0,5			1,4	0,2
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	0,0470	0,0225	0,0336	0,0500	0,0464	0,0105	0,0352	-0,0252	0,0124	0,0276
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	-76,3	-26,6	-49,3	-82,8	-75,9	-8,5	-61,5	51,1	-8,7	-39,0
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,17$	$\pm 0,16$			$\pm 0,16$			$\pm 0,16$	$\pm 0,20$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,68	0,56	0,77	0,86	0,65	0,23	0,55	0,49	0,32	0,60
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	0,470	0,225	0,336	0,500	0,464	0,105	0,352	-0,252	0,124	0,276
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	1,7	0,8	1,2	1,8	1,6	0,4	1,2	-0,9	0,4	1,0

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг..										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$ °C/год		0,0086	0,0242			0,0083			0,0189	0,0244
2. Оценка значимости Δb		незнач.	значимо			незнач.			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,241	0,224			0,083			0,205	0,26
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-29,9	-27,2			-4,0			-25,0	-36,0
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,82	0,76			0,25			0,72	0,67
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} , °C и ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)			0,094						0,313	0,032
2. b_2 , °C/10 (1976–10)			0,336						0,124	0,276
3. b_3 , °C/10 (1930–10)		0,241				0,083				
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		2,0	1,6			0,7			1,9	1,1

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Алып-лагерь и *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

их данных в целом достаточно хорошо отражает картину, полученную по длиннорядным станциям. Например, отрицательный тренд на Тюя-Ашуу юж. (сравните с кривой для Байтыка) объясняется относительно более высоким максимумом 1975 г., но главное – фрагментарно коротким рядом 11-летней кривой (1964–1996 гг.).

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 3.1 и таблицы 3.1, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией средних максимальных годовых температур воздуха по всем 4 длиннорядным долинным (Токмак, Бишкек, Кировское и Талас) и одной склоновой станциям (Байтык) был их рост со скоростями b_1 от очень малых (Талас, $b_1 = 0,032$ °C/10 лет) до сравнительно высоких (Кировское, $b_1 = 0,313$ °C/10 лет). Причем все тренды, кроме тренда Таласа, статистически значимы. Это дало трендовые оценки повышения средней годовой температуры за 46 лет по станциям в диапазоне 0,2–1,4 °C. Ошибки уравнений тренда s не превышают $\pm 0,4$ °C. При этом склоновая станция Байтык в поле средних максимальных годовых температур ($b_1 = 0,106$ °C/10 лет) по значению b_1 не выделяется среди долинных станций.

В результате в поле средних максимальных годовых температур среднее по 5 станциям ССЗК значение тренда $b_1(\text{сред.}) = 0,137$ °C/10 лет, что дает усредненную трендовую оценку ее повышения за 46-летний период 1930–75 гг., $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,6$ °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным и горным районам в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 3.1, таблицу 3.1) на всех 5 длиннорядных станциях продолжалось колебательное по характеру, но более существенное, чем в период 1930–1975 гг., повышение средней максимальной годовой температуры. Полученные угловые коэффициенты b_2 хорошо отражают этот факт. Их значения находились в пределах от 0,105 °C/10 лет (Байтык) до 0,336 °C/10 лет (Бишкек). Это дало трендовые оценки повышения средней годовой максимальной температуры за 35 лет в диапазоне 0,4–1,2 °C. Ошибки уравнений тренда s не превышают $\pm 0,2$ °C. При этом на склоновой станции Байтык значение b_2 в 2–3 раза ниже, чем на трех долинных станциях Токмак, Бишкек и Талас. Примерно такое же, как на Байтыке, значение b_2 наблюдается и на станции Кировское ($b_2 = 0,124$ °C/10 лет).

В результате в поле средних максимальных годовых температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда $b_2(\text{сред.}) = 0,213$ °C/10 лет, т. е. в 1,5 раза выше, чем в период стабильного мирового климата. Это дает трендовую оценку повышения температуры за 35-летний период 1976–2010 гг., $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,8$ °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным и горным районам в данном случае также нецелесообразно.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов

$\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 гг. и 1930–1975 (см. таблицу 3.1, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,05$ для трех станций – Бишкек, Кировское и Талас – и незначимые для Токмака и Байтыка. Из этого следует, что для двух последних станций на практике целесообразно использовать в качестве характеристики скорости изменения средней максимальной годовой температуры один коэффициент b_3 , полученный по всему ряду 1930–2010 гг. как более показательный и статистически надежный. Так, для Токмака $b_3 = 0,241$ °C/10 лет, а для Байтыка $b_3 = 0,083$ °C/10 лет.

Для станций Бишкек, Кировское и Талас, вследствие значимости разности Δb , надо считать, что скорость потепления на них в период 1976–2010 гг. действительно была более высокой, чем в 1930–1975 гг. Поэтому ее надо оценивать двумя различными коэффициентами – b_1 для периода 1930–1975 гг. и b_2 – для периода 1976–2010 гг. Все это отражено в позиции 4 таблицы 3.1, где по каждой станции приведены рекомендуемые для практического использования угловые коэффициенты трендов.

Трендовая оценка значений потеплений/похолоданий за и 81 год (1930–2010 гг.), как обычно сделана по значению коэффициентов b_3 (см. таблицу 3.1, позиция 4). Видно, что это потепление за 81 год по данным 5 длиннорядных станций было минимальным на низкогорной станции Байтык (1,58 км, $\Delta T_{81} = 0,7$ °C), расположенной в зоне подножья Киргизского хребта, а максимальным – на станции Токмак (Чуйская долина 0,86 км, $\Delta T_{81} = 2,0$ °C).

В результате в поле средних максимальных годовых температур среднее по 5 станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда b_3 (сред.) = 0,203 °C/10 лет, что дает усредненную по станциям трендовую оценку повышения

Таблица 3.2 – Трендовые оценки средних максимальных годовых температур T °C для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						11,9				
1930		16,6	16,0			12,0				14,2
1940		16,9	16,2			12,1			14,8	14,5
1950		17,1	16,5			12,2			15,0	14,7
1960	15,9	17,3	16,7		15,4	12,3		1,3	15,2	15,0
1970	16,3	17,6	16,9		15,8	12,3		1,2	15,4	15,2
1980	16,8	17,8	17,1	16,3	16,1	12,4	8,2	1,1	15,6	15,5
1990	17,3	18,1	17,3	16,8	16,5	12,5	8,5	1,0	15,8	15,8
2000	17,7	18,3	17,6	17,3	16,9	12,6	8,9	0,9	16,0	16,0
2010	18,2	18,5	17,8	17,8	17,2	12,7	9,2		16,2	16,3
2020	18,7	18,8	18,0	18,3	17,6	12,8	9,6		16,4	16,5

годовой температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., ΔT_{81} (сред.) = 1,6 °C. Дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки равны:

- долинные районы (4 станции) – b_2 (сред.) = 0,233 °C/10 лет; ΔT_{35} (сред.) = 1,9 °C;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,083$ °C/10 лет; $\Delta T_{35} = 0,7$ °C.

В заключение (таблица 3.2) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних максимальных годовых температур приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 3.1) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних максимальных годовых температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

3.2. Временной ход и тренды средних максимальных температур января

Январь является центральным месяцем зимы, и поэтому временной характер изменения зимних средних максимальных температур будем характеризовать их изменениями в январе.

На рисунке 3.2 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних максимальных январских температур за весь период их наблюдений с линиями линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 3.3 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период исследований 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. На рисунке 3.2 хорошо видно, что январь характеризуется очень сильным колебательным характером (сравните с рисунком 3.1 для года) ходом 11-летних кривых средних максимальных температур по всем станциям с последовательным чередованием фаз потепления и похолодания и хорошо выраженными максимумами и минимумами. Внешне это выглядит как существенное усложнение кривых за счет усиления их «пилообразности».

Важно, что все 5 длиннорядных станций (Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас) имеют основной тенденцией изменений средних максимальных температур января ее существенный рост от 1930 к 2010 гг. На короткорядных долинных станциях Жаны-Жер и Кара-Балта, в силу случайного наложения фаз потеплений/похолоданий на индивидуальные короткие периоды их наблюдений, получены только фрагменты основных тенденций, характеризующие слабое понижение температуры на интервалах 11-летних данных этих станций, но не показательные для всего периода 1930–2010 гг.

Короткорядные склоновые станции Ысык-Ата (подножье), Альплагерь (среднегорная зона) и Тюя-Ашуу юж. (высокогорная зона) на интервале своих 11-лет-

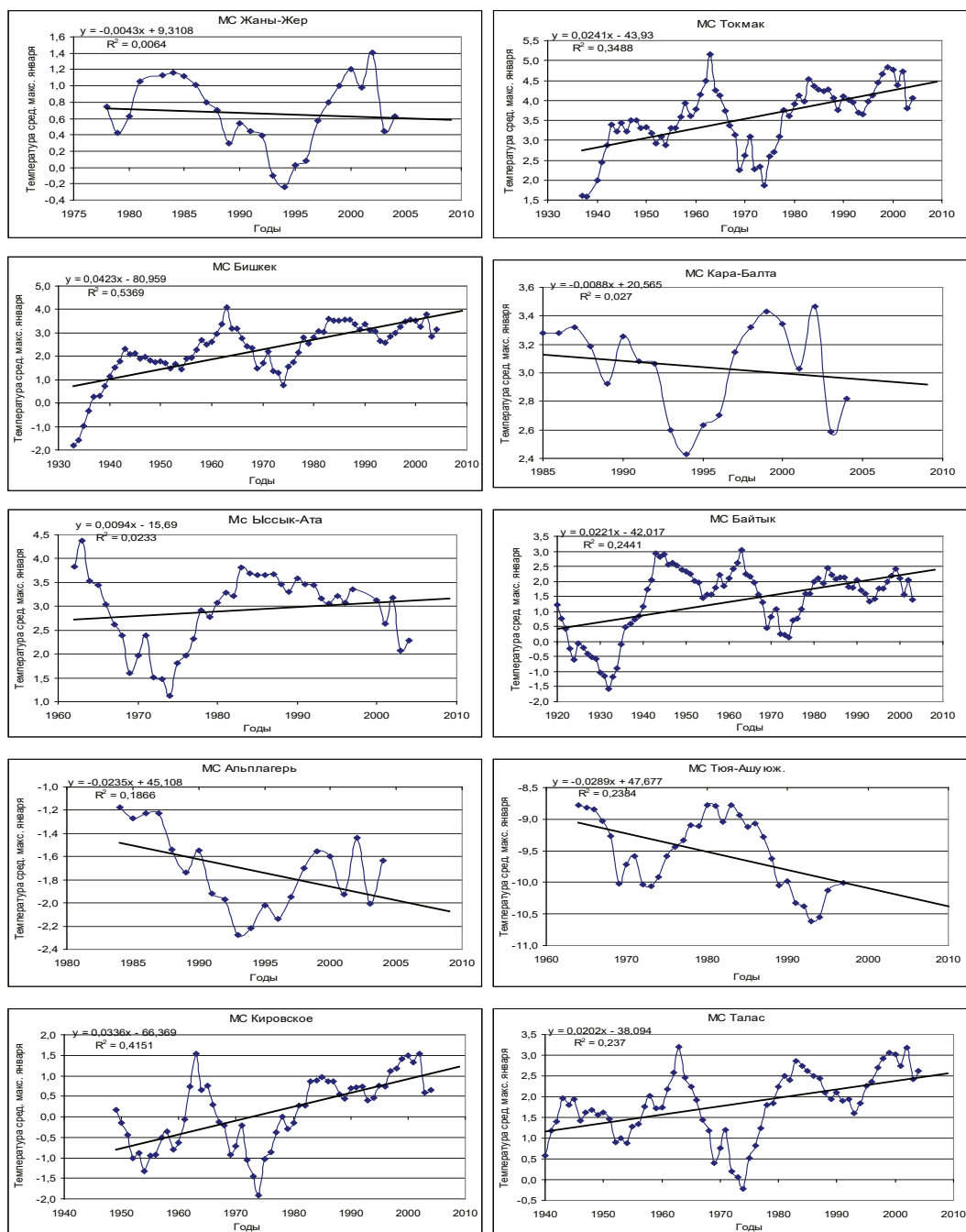


Рисунок 3.2 – Временной ход 11-летних средних максимальных температур января в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж.(3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 3.3 – Средние максимальные температуры января: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка знач. уравнения тренда по F-критерию (уровень знач. $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по тренду за периоды (1930–1975)/(1976–2010) и весь период 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0113	0,0560			0,0358			-0,0119	-0,0184
2. Свободный член b_0 , °C		-18,9	-107,7			-68,7			22,9	37,3
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,78$	$\pm 1,00$			$\pm 1,11$			$\pm 0,78$	$\pm 0,71$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,03	0,34			0,22			0,01	0,07
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значим			значим			незнач.	незнач.
6. b_1 , °C/10 лет		0,113	0,560			0,358			-0,119	-0,184
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,5	2,6			1,7			-0,6	-0,9
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	-0,0043	0,0303	0,0234	-0,0088	-0,0063	0,0088	-0,0235	-0,0783	0,0497	0,0361
2. Свободный член b_0 , °C	9,3	-56,1	-43,5	20,7	15,6	-15,8	45,1	146,0	-98,3	-69,5
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,40$	$\pm 0,43$			$\pm 0,39$			$\pm 0,39$	$\pm 0,46$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,01	0,30	0,18	0,03	0,01	0,03	0,19	0,62	0,56	0,31
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значимо	значимо	незнач.	незнач.	незнач.	значим	значим	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	-0,043	0,303	0,234	-0,088	-0,063	0,088	-0,235	-0,783	0,497	0,361
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	-0,2	1,1	0,8	-0,3	-0,2	0,3	-0,8	-2,7	1,7	1,3

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1) \text{ } ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,019	-0,0326			-0,0270			0,0616	0,0545
2. Оценка значим. Δb по t-кр.		незнач.	незнач.			незнач.			значимо	значимо
3. Значение $b_3, \text{ } ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)		0,241	0,423			0,221			0,336	0,202
4. Значение $b_6, \text{ } ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)		-43,9	-80,9			-42,0			-66,4	-38,1
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,35	0,54			0,24			0,42	0,24
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов ($b_1, b_2, b_3, \text{ } ^\circ\text{C}/10$ лет), значения $\Delta T_{35}, \text{ } ^\circ\text{C}$ и $\Delta T_{81}, \text{ } ^\circ\text{C}$										
1. $b_1, \text{ } ^\circ\text{C}/10$ (1930–75)		0,113				0,358			-0,119	-0,184
2. $b_2, \text{ } ^\circ\text{C}/10$ (1976–10)		0,303				0,088			0,497	0,361
3. $b_3, \text{ } ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)			0,423							
4. Трендовое $\Delta T_{81}, \text{ } ^\circ\text{C}$ (1930–10)		2,0	3,4			1,8			2,7	1,6

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткокордных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альп-Ата, *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

них данных внешне дают противоречивую картину: Ысык-Ата – положительная тенденция, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. – отрицательная тенденция. Однако сопоставление их кривых с кривой на Байтыке убеждает, что, как обычно, мы имеем дело со случайными фрагментами общих тенденций, которые нельзя распространять за периоды их фактических данных, т. е. короткие кривые на этих станциях не противоречат общей тенденции роста температуры в период 1930–2010 гг., наблюдавшейся как на долинных станциях, так и на низкогорной станции Байтык.

Максимумы в ходе 11-летних кривых наблюдались около 1945, 1942, 1984 и 2000 гг., а минимумы – около 1933, 1954, 1974, и 1994 гг. Причем, по значениям амплитуд фаз на различных станциях они могли быть выражены с разной степенью резкости. Например, на Байтыке после самого глубокого минимума 1933 г. средние максимальные температуры быстро росли, достигнув двух основных и равновеликих максимумов в 1943 и 1962 гг., после чего они были ниже. В то же время на станциях Токмак, Бишкек и Талас максимумы 1943 г. были второстепенными. По данным наиболее длиннорядной станции Байтык (1914–2009 гг.), наибольшая межфазовая амплитуда средних максимальных температур января, равная $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, наблюдалась между максимумом 1943 г. ($3\text{ }^{\circ}\text{C}$) и минимумом 1933 г. ($-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$). После 1943 г. станция показывает колебательное, но неуклонное снижение температуры к 2010 г. На всех 5 длиннорядных станциях основной максимум 1962 г. остался непревзойденным, хотя максимумы 2000 г. и подошли к нему вплотную.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 3.2 и таблицы 3.3, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией средних максимальных температур для января по всем длиннорядным станциям Чуйской долины был ее рост с угловыми коэффициентами от умеренного $0,113\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Токмак, тренд незначим) до высокого $0,560\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Бишкек, тренд значим), что дало трендовые оценки роста средней максимальной температуры за 46 лет ΔT_{46} в диапазоне $0,5\text{--}2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Склоновая станция Байтык имела промежуточное значение $b_1 = 0,358\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Напротив, по двум станциям Таласской долины значения b_1 были отрицательными, статистически значимыми и равными $-0,119\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Кировское) и $-0,184\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Талас), что дало понижение температуры на $-0,6$ и $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Обращают на себя внимание большие стандартные ошибки уравнений январских трендов, достигающие $\pm 1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является отражением сильно колебательного характера 11-летних кривых в период 1930–1975 гг.

В результате поле средних максимальных температур января в среднем по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК для периода 1930–1975 гг. значение $b_1(\text{сред.}) = 0,146\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что дало $\Delta T_{46} = 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дифференцированные оценки по различным долинам и склоновым районам равны:

- Чуйская долина (две станции) – $b_1(\text{сред.}) = 0,337\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что дало $\Delta T_{46} = 1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- Таласская долина (две станции) – $b_1(\text{сред.}) = -0,152 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дало $\Delta T_{46} = -0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,358 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дало $\Delta T_{46} = 1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. в январе на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК продолжалась тенденция повышения средних максимальных температур. Правда, если в 1930–1975 гг. наименьшая скорость ее роста наблюдалась в Токмаке, то теперь она наблюдается, как это более обычно, на Байтыке, где $b_2 = 0,088 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и статистически незначимо. На остальных 4 станциях скорости роста были умеренными или высокими и также статистически значимыми с b_2 от $0,234 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Бишкек) до $0,497 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Кировское), что дало повышение температуры за 35 лет в диапазоне $0,8\text{--}1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$. Ошибки уравнений трендов в этот период снизились в два раза, до $\pm 0,4\text{--}0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В результате в поле средних максимальных температур января среднее по 5 станциям ССЗК значение тренда $b_2(\text{сред.}) = 0,297 \text{ } ^\circ\text{C}/10$, т. е. в два раза выше, чем в период стабильного мирового климата. Это дает усредненную по ССЗК трендовую оценку повышения средней максимальной температуры января за 35-летний период 1976–2010 гг., равную $1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Дифференцированные оценки по долинам и склоновым районам равны:

- долинные районы (4 станции) – $b_2(\text{сред.}) = 0,349 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дало $\Delta T_{35} = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_2(\text{сред.}) = 0,088 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дало $\Delta T_{35} = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости разности угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$ за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. дала их значимые различия для двух станций Таласской долины – Кировское и Талас. Для трех станций Чуйской долины Δb оказались незначимыми. Поэтому только для Бишкека, где статистически значимы также b_1 и b_2 , но их разность Δb незначима, надо считать скорости потепления в течение периодов 1930–1975 и 1976–2010 гг. одинаковой и равной $b_3 = 0,423 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$. На остальных станциях следует использовать на практике два различных значения скоростей по периодам, равные угловым коэффициентам b_1 и b_2 .

В целом по периоду 1930–2010 гг. в поле средней максимальной температуры января на территории ССЗК шло потепление с повышенной скоростью от $0,241 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Токмак) до $0,423 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Бишкек), что дало повышение температуры за 81 год по станциям в пределах от $1,6$ до $3,4 \text{ } ^\circ\text{C}$. В погодах это означает одно: повторяемость теплых погод существенно возросла (а холодных одновременно снизилась), так что в итоге значительно потеплели дневные зимние условия. Это изменение климата является весьма благоприятным, так как повышает комфортность зимних условий ССЗК.

В результате в поле средних максимальных температур января среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение b_3 (сред.) = 0,285 °C/10 лет, что дало ΔT_{81} (сред.) = 2,3 °C. Дифференцированные оценки по долинам и склоновым районам равны:

- долинные районы (4 станции) – b_3 (сред.) = 0,349 °C/10 лет, что дало ΔT_{81} = 2,8 °C;
- склоновая станция Байтык – b_3 (сред.) = 0,088 °C/10 лет, что дало ΔT_{81} = 0,7 °C.

Таблица 3.4 – Трендовые оценки средних максимальных январских температур T °C для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Биш-кек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Киров-ское (0,92)	Талас (1,22)
1920						0,4				
1930		2,6	0,7			0,6				0,9
1940		2,8	1,1			0,9			-1,2	1,1
1950		3,1	1,5			1,1			-0,8	1,3
1960	0,9	3,3	1,9		2,7	1,3		-9,0	-0,5	1,5
1970	0,8	3,5	2,4		2,8	1,5		-9,3	-0,2	1,7
1980	0,8	3,8	2,8	3,1	2,9	1,7	-1,4	-9,6	0,2	1,9
1990	0,8	4,0	3,2	3,1	3,0	2,0	-1,7	-9,8	0,5	2,1
2000	0,7	4,3	3,6	3,0	3,1	2,2	-1,9	-10,1	0,8	2,3
2010	0,7	4,5	4,1	2,9	3,2	2,4	-2,1		1,2	2,5
2020	0,6	4,8	4,5	2,8	3,3	2,6	-2,4		1,5	2,7

В заключение (таблица 3.4) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних максимальных температур января, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 3.2) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних максимальных температур января по десятилетиям рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

3.3. Временной ход и тренды средних максимальных температур апреля

Апрель является центральным месяцем весны, и поэтому будем характеризовать временной характер изменения средних максимальных весенних температур их изменениями в апреле.

На рисунке 3.3 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних максимальных апрельских температур за весь период их наблюдений с линиями

линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 3.5 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Как видно на рисунке 3.3, колеблемость в ходе 11-летних кривых для средних максимальных температур апреля ничуть не меньше, чем их колеблемость в январе. Другой основной особенностью явилось то, что на всех 5 длиннорядных станциях Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас наблюдалось хорошо выраженная тенденция потепления от 1930 к 2010 г. На короткорядных станциях, в силу случайности положения фаз потеплений/похолоданий и периода их работы, наблюдаемые тенденции, отражая случайные фрагменты хода 11-летних кривых, могли давать как рост, так и снижение температуры в пределах своих ограниченных периодов. Так, две станции Жаны-Жер и Тюя-Ашуу юж. дают общее снижение температуры в периоды своих наблюдений, а три станции Кара-Балта, Ысык-Ата и Альплагерь, напротив, дают повышение температуры. Сравнение фрагментов их кривых с кривыми длиннорядных станций показывает на вполне удовлетворительное согласие между ними.

Из деталей в ходе 11-летних средних кривых для средних максимальных температур апреля следует подчеркнуть одинаковость для всех станций положения главного максимума 1978–80 гг., который находился немного выше наметившегося второго основного максимума около 2002 г. Третьим основным максимумом был максимум около 1943 г., относительная высота которого на различных станциях, однако, могла быть существенно разной. Так, в Токмаке, Бишкеке и Таласе этот максимум был гораздо ниже двух упомянутых, тогда как в Байтыке он был почти равен максимуму 1978–80 гг. Три примерно одинаковых максимума на этих станциях обусловили более слабую основную тенденцию средней максимальной температуры в апреле по сравнению с январем.

Самый глубокий минимум в поле средних максимальных температур апреля наблюдался на станции Байтык в 1939 г., а на станциях Токмак и Бишкек главный минимум соответствовал 1953–55 гг. (станции Кировское и Талас не отражают в полной мере 1935–40 гг. ввиду ограниченности своих рядов наблюдений).

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 3.3 и таблицы 3.5, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией средних максимальных температур для апреля на двух длиннорядных станциях Чуйской долины был ее очень слабый, почти нулевой рост: $b_1 = 0,041$ °C/10 лет (Бишкек) и $b_1 = 0,068$ °C/10 лет (Токмак). Склоновая станция Байтык, напротив, в этот период дала умеренный рост, $b_1 = 0,186$ °C/10 лет. Это соответствовало диапазону потеплений за 46 лет на этих станциях, равному 0,2–0,9 °C.

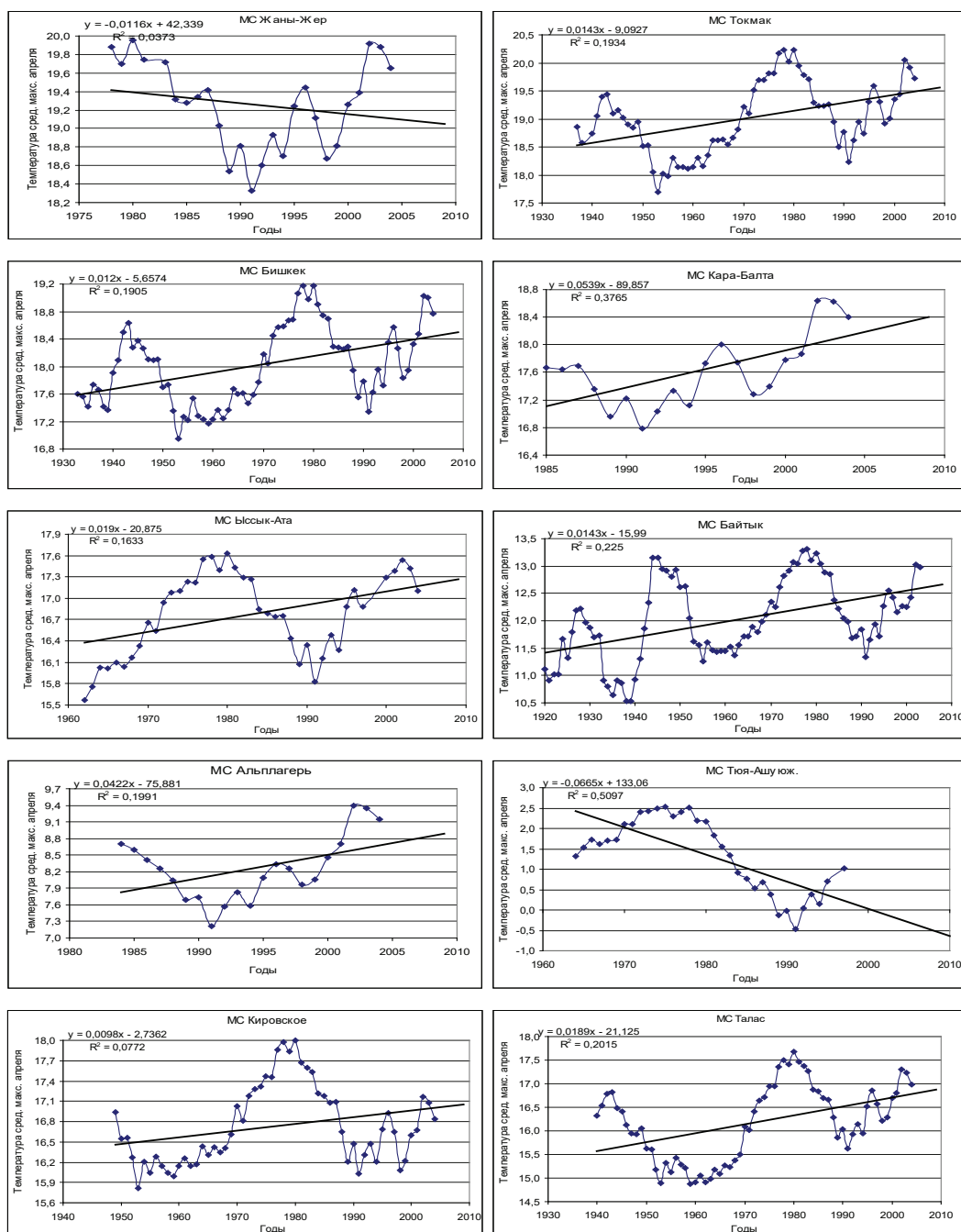


Рисунок 3.3 – Временной ход 11-летних средних максимальных температур апреля в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 3.5 – Средние максимальные температуры апреля: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по тренду за периоды (1930–1975)/(1976–2010) и весь период 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0068	0,0041			0,0186			0,0351	-0,0106*
2. Свободный член b_0 , °C		5,5	9,7			-24,3			-52,4	36,6
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,54$	$\pm 0,47$			$\pm 0,66$			$\pm 0,36$	$\pm 0,66$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,02	0,01			0,18			0,39	0,03
5. Значимость по F-критерию		незнач.	незнач.			значим			значим	незнач.
6. b_1 , °C/10 лет		0,068	0,041			0,186			0,351?	-0,106
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,3	0,2			0,9			1,6?	-0,5*
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	-0,0116	-0,0205	-0,0177	0,0539	-0,0100	-0,0270	0,0422	-0,0665	-0,0479	-0,0255
2. Свободный член b_0 , °C	42,3	60,2	53,7	-89,9	36,8	66,0	-75,9	133,1	112,4	67,5
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,53$	$\pm 0,51$			$\pm 0,54$			$\pm 0,45$	$\pm 0,54$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,04	0,1	0,08	0,38	0,03	0,15	0,20	0,51	0,46	0,14
5. Значимость по F-критерию	незнач.	незнач.	незнач.	значим	незнач.	значим	значим	значим	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	-0,116	-0,205	-0,177	-0,539	-0,100	-0,270	0,422	-0,665	-0,479	-0,255
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	-0,4	-0,7	-0,6	-1,9	-0,4	-1,0	1,5	-2,3	-1,7	-0,9

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$ °C/год		-0,0273	-0,0218			-0,0456			-0,0830	-0,0149
2. Оценка значим. Δb по t-кр.		значим	незнач.			значим			значим	незнач.
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,143	0,12			0,143			0,098	0,189
4. Значение b_6 , °C/10 (1930–10)		-9,1	-5,7			-16,0			-2,7	-21,1
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,19	0,19			0,23			0,08	0,20
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} , °C и ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,068				0,186				-0,106
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		-0,205				-0,270				-0,255
3. b_3 , °C/10 (1930–10)			0,12						0,098	
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,2	1,0			1,2			0,8	1,5

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоярдных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

На двух станциях Таласской долины получены различные по знаку и абсолютной величине тренды: $b_1 = +0,351$ °C/10 лет (Кировское) и $b_1 = -0,106$ °C/10 лет (Талас).

На станции Талас слабый отрицательный тренд, возможно, получен из-за «укорочения» ее ряда наблюдений слева (11-летний ряд начинается с 1940 г.). Еще большее укорочение ряда для Кировского (начинается с 1949 г.) привело на станции к существенному положительному тренду. Все это отчетливо видно на графиках рисунка 3.4, который мы здесь специально приводим, чтобы проиллюстрировать возможную сильную зависимость знака и величины тренда даже при небольшом различии границ периодов наблюдений. На этом рисунке показаны 11-летние кривые для обеих сопредельных станций Кировское (1949–1975 гг.) и Талас (1940–1975 гг.). На станции Кировское (по сравнению с Таласом) из-за отсутствия наблюдений отсечена фаза роста температуры до максимума 1943 г. и частично фаза ее понижения после максимума 1943 г. Уберите мысленно эту отсутствующую в Кировском часть 11-летней кривой на графике для Таласа и получите два практически идентичных графика, соответствующих левому рисунку. В результате, в Кировском $b_1 = +0,361$ °C/10 лет, а в Таласе, напротив, $b_1 = -0,106$ °C/10 лет.

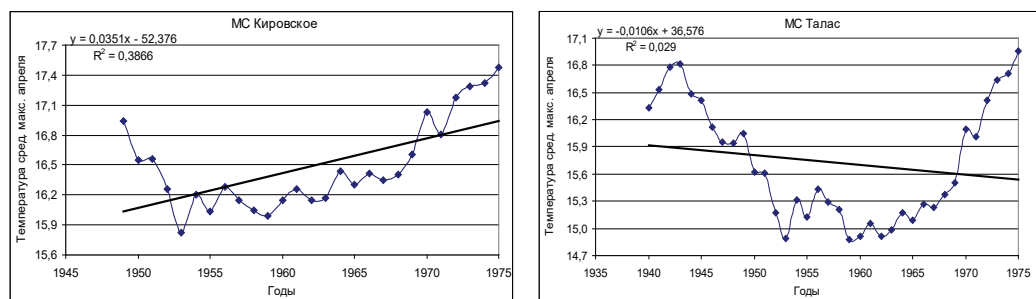


Рисунок 3.4 – Ход 11-летних кривых средних максимальных температур апреля с линиями трендов на сопредельных станциях Таласской долины Кировское и Талас

Поэтому значение $b_1 = +0,361$ °C/10 лет в Кировском нами забраковано как непоказательное для всего периода 1930–1975 гг. (в таблице 3.5 оно помечено знаком «?» и исключено из расчетов). Значение $b_1 = -0,106$ °C/10 лет для Таласа оставлено, ввиду его малой абсолютной величины, не противоречащей данным станций Чуйской долины.

В результате без учета станции Кировское, среднее по 4 длиннорядным станциям ССЗК значение скорости потепления в поле средних максимальных температур апреля за 46-летний период 1930–1975 гг. мало, b_1 (сред.) = 0,047 °C/10 лет, что дало повышение температуры всего на 0,2 °C. Дифференцированные оценки по долинным и склоновым станциям равны:

- долинные районы (три станции) – b_1 (сред.) = 0,001 °C/10 лет; ΔT_{46} (сред.) = 0,01 °C;
- склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,186$ °C/10 лет; $\Delta T_{46} = 0,9$ °C.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 3.3, таблицу 3.5) на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалась тенденция понижения средней максимальной температуры апреля от умеренной до сильной. Угловые коэффициенты трендов b_2 были отрицательны и находились в пределах от $-0,177$ °C/10 лет (Бишкек) до $-0,479$ °C/10 лет (Кировское), что соответствовало $\Delta T_{35} = -0,6\dots, -1,7$ °C. Все коэффициенты статистически значимы, кроме b_2 для Бишкека.

В результате в поле средних максимальных температур апреля по 5 длиннорядным станциям ССЗК среднее значение $b_2(\text{сред.}) = -0,277$ °C/10 лет, что дало величину похолодания за 35 лет в 1976–2010 гг. в апреле $\Delta T_{35} = -1,0$ °C. Выделение дифференцированных по долинам и склонам оценок в апреле нецелесообразно.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка статистической значимости разности угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$ за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. показала их значимые различия для двух станций – Токмак и Байтык (на станции Кировское b_1 забраковано). Поэтому с учетом значимости самих коэффициентов b_1 и b_2 для Бишкека и Кировское следует рекомендовать использовать один коэффициент b_3 для оценки скорости изменения температуры одновременно в оба периода 1930–1975 и 1976–2010 гг. По остальным станциям надо использовать раздельно по двум периодам значения b_1 и b_2 .

Трендовые оценки потеплений в поле средних максимальных температур апреля ΔT_{81} за и 81-летний период (1930–2010 гг.) по 5 длиннорядным станциям были найдены по трендам с угловыми коэффициентами b_3 . Несмотря на

Таблица 3.6 – Трендовые оценки средних максимальных температур апреля T °C для десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих временной ход их изменения по 10 станциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						11,5				
1930		18,5	17,5			11,6				15,2
1940		18,6	17,6			11,8			16,3	15,3
1950		18,8	17,7			11,9			16,4	15,5
1960	19,6	18,9	17,9		16,4	12,0		2,7	16,5	15,7
1970	19,5	19,1	18,0		16,6	12,2		2,1	16,6	15,9
1980	19,4	19,2	18,1	16,9	16,7	12,3	7,7	1,4	16,7	16,1
1990	19,3	19,4	18,2	17,4	16,9	12,5	8,1	0,7	16,8	16,3
2000	19,1	19,5	18,3	17,9	17,1	12,6	8,5	0,1	16,9	16,5
2010	19,0	19,7	18,5	18,5	17,3	12,8	8,9		17,0	16,7
2020	18,9	19,8	18,6	19,0	17,5	12,9	9,4		17,1	16,9

наблюдавшееся понижение температуры в периоде 1976–2010 гг., тренды b_3 были положительными по всем станциям, и находятся в пределах от 0,098 °C/10 лет (Кировское) до 0,189 °C/10 лет (Талас), что дало значение потеплений за 81 год от 0,8 до 1,5 °C.

В результате средняя скорость потепления в поле средних максимальных температур апреля по 5 длиннорядным станциям ССЗК была относительно слабой и составила b_3 (сред.) = 0,139 °C/10 лет. Это дало общее по ССЗК потепление в апреле за 81-летний период 1930–2010 гг. на 1,1°C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

В заключение (таблица 3.6), для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних максимальных температур апреля, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 3.3) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних температур апреля по десятилетиям рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

3.4. Временной ход и тренды средних максимальных температур июля

Июль является центральным месяцем лета, и поэтому будем характеризовать временной характер изменения средних максимальных летних температур их изменениями в июле.

На рисунке 3.5 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних максимальных июльских температур за весь период их наблюдений с линиями линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 3.7 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Как видно из рисунка 3.5, в ходе 11-летних кривых для средних максимальных температур июля наблюдается такая же высокая их колеблемость, как в январе и апреле, когда последовательно следуют фазы роста и понижения температуры с четко выраженными максимумами и минимумами. При этом ни одна из кривых в деталях не повторяет другие. Другой основной особенностью в ходе кривых июля явилось то, что на всех четырех длиннорядных долинных станциях (Токмак, Бишкек, Кировское и Талас) в целом от 1930 к 2010 г. имеет место общая очень слабая, но все же положительная тенденция роста средних максимальных температур июля. Но на склоновой станции Байтык с наиболее длинным 11-летним рядом (1920–2004 гг.) основная тенденция оказалась слабо

отрицательной, почти нулевой. Поэтому можно считать, что в пределах своих индивидуальных особенностей все станции имели примерно одинаковые тенденции, близкие к нулевым.

Основных максимумов наблюдалось только два – в интервале 1943–49 и 1978–80 гг. (на Байтыке еще отмечался максимум 1927 г.). Причем на станциях Токмак, Бишкек и Талас главным был максимум 1978–80 гг., а на станции Байтык – сдвоенный максимум 1944–1948 гг. После 2000 г. на трех станциях Чуйской долины – Токмак, Бишкек и Байтык – наметилась тенденция роста температуры, тогда как на двух станциях Таласской долины – Кировское и Талас – она была нейтральной.

Минимумов наблюдалось три: в интервале 1933–36, 1959–67 (широкий минимум) и 1998–2001 гг. Главный из них отмечался в 1959–67 гг., которому соответствовало наибольшее похолодание за весь 81-летний период 1930–2010 гг.

Короткорядные станции, как обычно, в силу случайности временного положения и длительности своих рядов наблюдений, только фрагментарно отражают элементы общей тенденции в ходе средних максимальных температур июля. Так, Жаны-Жер, Кара-Балта и Альплагерь в периоды своей работы дают тенденции понижения температуры, тогда как Ысык-Ата, и Тюя-Ашуу юж. – тенденции повышения температуры. Если сравнить их 11-летние кривые с кривыми длиннорядных станций, то каких-либо противоречий в их ходе не обнаружится.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 3.5 и таблицы 3.7, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основная тенденция в ходе средних максимальных температур июля на 5 длиннорядных станциях внешне имела разнонаправленный по знакам характер. Так, на станциях Токмак и Кировское угловые коэффициенты трендов b_1 были положительными и равными 0,040 и 0,224 °C/10 лет, а на станциях Бишкек, Байтык и Талас значения b_1 были отрицательными, соответственно равными -0,228, -0,043 и -0,226 °C/10 лет. При этом тренды на станциях Бишкек, Кировское и Байтык статистически значимы. Однако анализ показывает, что положительный тренд в Кировском, скорее всего, завышен, вследствие укорочения 11-летнего ряда слева (1949–1975 гг.). С учетом этого обстоятельства, можно считать, что на самом деле значения b_1 во всех случаях меняются от слабо положительных значений до умеренно отрицательных. Определенные по всем 5 фактическим значениям b_1 изменения температуры дают диапазон ΔT_{46} от +1,0 °C (Кировское) до -1,1 °C (Бишкек).

В результате для периода 1930–1975 гг. в поле средних максимальных температур июля, получим следующие значения b_1 и ΔT_{46} , осредненные по 5 длиннорядным станциям ССЗК: $b_1(\text{сред.}) = -0,047$ °C/10 лет, $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = -0,2$ °C, что соответствует очень слабому похолоданию. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

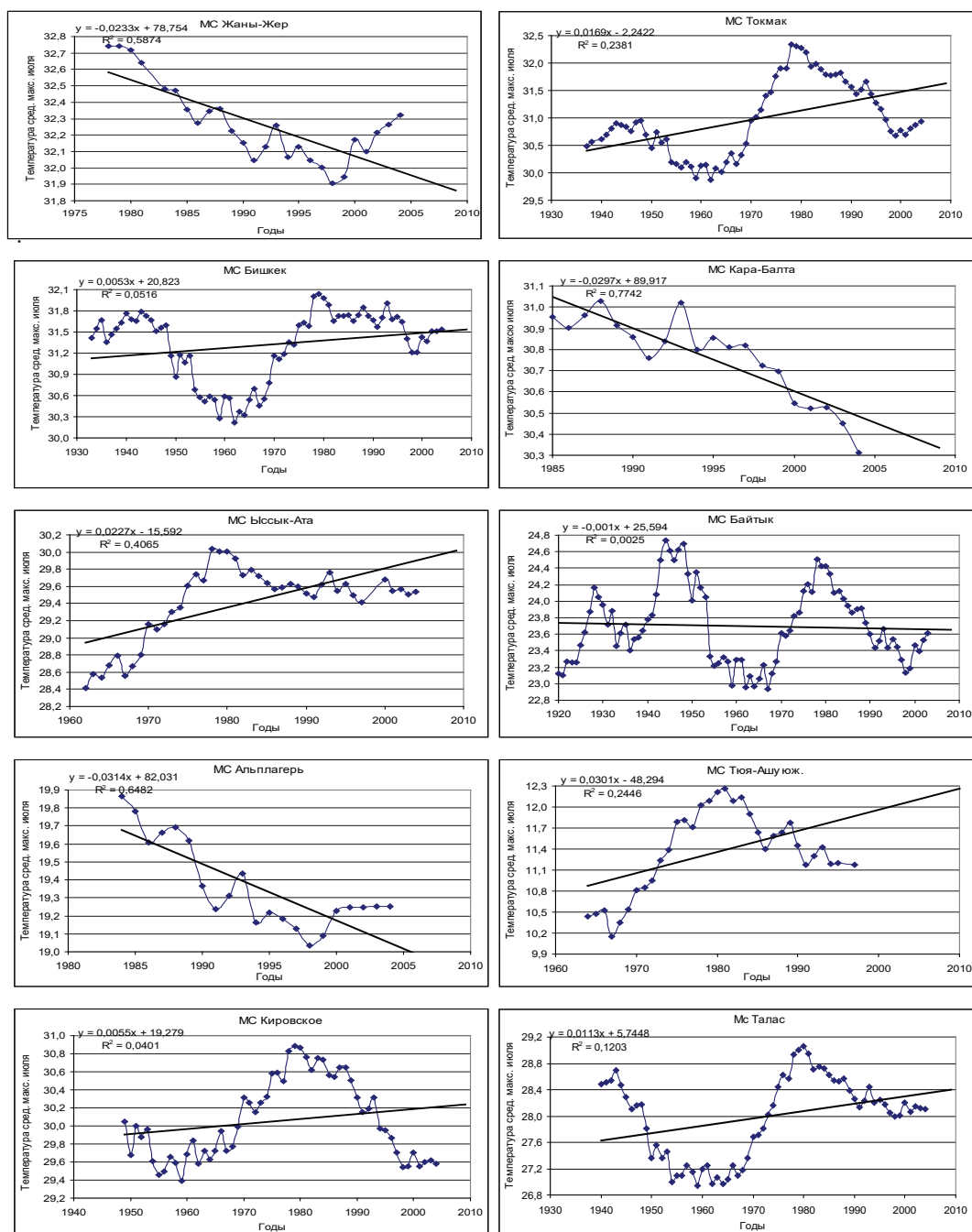


Рисунок 3.5 – Временной ход 11-летних средних максимальных температур июля в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 3.7 – Средние максимальные температуры июля: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по тренду за периоды (1930–1975)/(1976–2010) и весь период 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0040	-0,0228			-0,0043			0,0224	-0,0226
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		22,7	75,7			31,9			-14,1	72,0
3. Ошибка уравнен. тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,45$	$\pm 0,41$			$\pm 0,5$			$\pm 0,25$	$\pm 0,52$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,01	0,33			0,02			0,34	0,18
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значим			незнач.			значим	значим
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		0,04	-0,228			-0,043			0,224	-0,226
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		0,2	-1,1			-0,2			1,0	-1,0
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	-0,0233	-0,0580	-0,0166	-0,0297	-0,0136	-0,0427	-0,0314	-0,0478	-0,0524	-0,0337
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	78,8	147	64,6	89,9	56,7	108,7	82,0	106,5	134,5	95,4
3. Ошибка уравнен. тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,19$	$\pm 0,16$			$\pm 0,18$			$\pm 0,18$	$\pm 0,15$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,53	0,88	0,45	0,77	0,47	0,80	0,65	0,67	0,87	0,78
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	-0,233	-0,580	-0,166	-0,297	-0,136	-0,427	-0,314	-0,478	-0,524	-0,337
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	-0,8	-2,0	-0,6	-1,0	-0,5	-1,5	-1,1	-1,7	-1,8	-1,2

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Алып-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1), ^\circ\text{C}/\text{год}$		-0,0620	0,0062			-0,0384			-0,0748	-0,0111
2. Оценка значим. Δb по t-кр.		значимо	незнач.			значимо			значимо	незнач.
3. Значение $b_3, ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)		0,169	0,053			-0,01			0,055	0,113
4. Значение $b_6, ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)		-2,2	20,8			25,6			19,3	5,7
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,24	0,05			0,003			0,04	0,12
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов ($b_1, b_2, b_3, ^\circ\text{C}/10$ лет), значения $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ и $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$										
1. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ (1930–75)		0,040				-0,043			0,224	
2. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ (1976–10)		-0,580				-0,427			-0,524	
3. $b_3, ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)			0,053							0,113
4. Трендовое $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$ (1930–10)		1,4	0,4			-0,1			0,5	0,9

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Алып-лагерь и *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (рисунок 3.5, таблица 3.7) на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК, напротив, в поле средних максимальных температур июля наблюдалась тенденция их существенного понижения с угловыми коэффициентами b_2 от $-0,166$ °C/10 лет (Бишкек) до $-0,580$ °C/10 лет (Токмак), что дает похолодания за 35 лет ΔT_{35} в диапазоне $-0,6 \dots -2,0$ °C. При этом, что важно отметить, по всем 5 станциям тренды были статистически значимы, а склоновая станция Байтык имеет тренд ($b_2 = -0,427$ °C/10 лет), аналогичный по величине долинным станциям.

Следовательно, в период потепления мирового климата в ССЗК средняя максимальная температура июля существенно понижалась. Средняя для территории ССЗК скорость понижения составила $b_2(\text{сред.}) = -0,407$ °C/10 лет, что соответствует похолоданию за 35 лет на $-1,4$ °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка статистической значимости разности угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$ за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. показала их значимые различия для трех станций – Токмак, Байтык и Кировское. Поэтому, с учетом значимости самих коэффициентов b_1 и b_2 , для этих трех станций следует рекомендовать использовать один коэффициент b_3 для оценки скорости изменения температуры в оба периода 1930–1975 и 1976–2010 гг. По станциям Бишкек и Талас надо использовать отдельно по двум периодам значения коэффициентов b_1 и b_2 .

По уравнениям трендов b_3 были найдены оценки ΔT_{81} за 1930–2010 гг. по 5 длиннорядным станциям. Оказалось, что по 4 станциям, несмотря на наблюдавшееся существенное понижение температуры в 1976–2010 гг., тренды b_3 были положительными, малыми по абсолютной величине, составляя от $0,053$ °C/10 лет (Бишкек) до $0,169$ °C/10 лет (Токмак). На склоновой станции Байтык тренд был слабо отрицательным (почти нулевым), $b_3 = -0,01$ °C/10 лет. Это дало по долинным станциям слабое или умеренное потепление от $0,4$ до $1,4$ °C, а по Байтыку – очень слабое похолодание, всего на $-0,1$ °C.

В результате в целом по территории ССЗК в поле средних максимальных температур июля за период 1930–2010 гг. получим следующие оценки b_3 и ΔT_{81} , усредненные по 5 длиннорядным станциям: $b_3(\text{сред.}) = 0,076$ °C/10 лет, $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 0,6$ °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Вывод о повышении средней максимальной температуры июля всего на $0,6$ °C является весьма положительным биоклиматическим фактором в условиях общего потепления климата ССЗК. В самом деле, как уже было отмечено в п. 3.1, средние максимальные температуры зим существенно повысились (т. е. зимы стали значительно комфортнее), а летние высокие дневные температуры, характерные для низкогорных долин, практически остались без изменений,

т. е. погоды, например, в Чуйской долине летом не стали более жаркими и более дискомфортными. Как увидим далее, этот вывод подтверждают и усиливают аналогичные изменения, наблюдающиеся также в полях абсолютных максимальных и абсолютных минимальных температур.

В заключение (таблица 3.8), для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних максимальных температур июля, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 3.5) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних температур июля по десятилетиям рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 3.8 – Трендовые оценки средних максимальных температур июля $T^{\circ}\text{C}$ для десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих временной ход их изменения по 10 станциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						23,7				
1930		30,4	31,1			23,7				27,6
1940		30,5	31,1			23,7			29,9	27,7
1950		30,7	31,2			23,6			30,0	27,8
1960	33,1	30,9	31,2		28,9	23,6		10,7	30,1	27,9
1970	32,9	31,1	31,3		29,1	23,6		11,0	30,1	28,0
1980	32,6	31,2	31,3	31,1	29,4	23,6	19,9	11,3	30,2	28,1
1990	32,4	31,4	31,4	30,8	29,6	23,6	19,5	11,6	30,2	28,2
2000	32,2	31,6	31,4	30,5	29,8	23,6	19,2	11,9	30,3	28,3
2010	31,9	31,7	31,5	30,2	30,0	23,6	18,9		30,3	28,5
2020	31,7	31,9	31,5	29,9	30,3	23,6	18,6		30,4	28,6

3.5. Временной ход и тренды средних максимальных температур октября

Октябрь является центральным месяцем осени, и поэтому будем характеризовать временной характер изменения средних максимальных осенних температур воздуха их изменениями в октябре.

На рисунке 3.6 для всех 10 станций ССЗК показан ход 11-летних средних максимальных температур октября за весь период их наблюдений с линиями линейных трендов, соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 3.9 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Как видно на рисунке 3.6, в ходе 11-летних кривых для средних максимальных температур октября наблюдается такая же высокая их колеблемость, как в январе, апреле и июле, когда последовательно следуют фазы роста и понижения температуры с четко выраженными максимумами и минимумами. Так, на кривых для 5 длиннорядных станций – Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас – наблюдалось по 4 основных максимума, положение которых на всех станциях было одинаковым и соответствовало 1940, 1975, 1994 и 2001 гг. (на Байтыке был еще один максимум в 1923 г.). Минимумы были выражены не так однозначно как по их числу, так и временному положению. Все же можно выделить наблюдавшиеся на всех станциях три основных минимума – около 1965, 1985 и 1997 гг. (на станции Байтык был дополнительный минимум в 1930 г.). Причем минимум 1985 г. на кривых Байтыка, Кировского и Таласа на самом деле занимал широкий интервал 1981–1991 гг., тогда как на кривых для Токмака и Бишкека он уже был и поэтому выражен резче.

Характерно, что наблюдаемая относительная высота максимумов на разных станциях весьма различна. Так, в Токмаке все 4 максимума были почти равнозначны, хотя максимум 2001 г. и лежал несколько выше. В Бишкеке максимум 1975 г. был заметно ниже остальных, а самым высоким являлся максимум 2001 г. На кривой Байтыка выделяется наиболее высокий максимум 1939–1941 гг. В Кировском, напротив, наиболее высоким был максимум 1994 г., хотя максимум 2001 г. уступает ему незначительно. На сопредельной с Кировской станции Талас наиболее высок максимум 2001 г. Аналогичная картина наблюдается с минимумами, в чем можно легко убедиться (см. рисунок 3.6).

На 5 короткорядных станциях – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. – представлены только не противоречивые фрагменты нарисованной общей картины, в соответствии с их периодами наблюдений.

В результате такого хода 11-летних кривых, 4 длиннорядных и 5 короткорядных станций обнаруживают в целом от 1930 к 2010 г. тенденцию слабого роста средних максимальных температур октября. Только одна станция Байтык за счет очень высокого максимума 1939–1941 гг. (при последующем после минимума 1966 г. небольшом *повышении* температуры) отмечает очень слабую, почти нулевую, отрицательную тенденцию, что, конечно, в целом не противоречит данным других станций, а только отражает имеющую место индивидуальность в изменении средних максимальных температур октября на этой станции.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как видно из рисунка 3.6 и таблицы 3.9, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основная тенденция в ходе средних максимальных температур июля на 4 длиннорядных станциях (Токмак, Бишкек, Байтык и Талас) была отрицательной и соответствовала угловым коэффициентам b_1 от $-0,115$ °C/10 лет (Байтык) до $-0,181$ °C/10 лет (Токмак), что дало

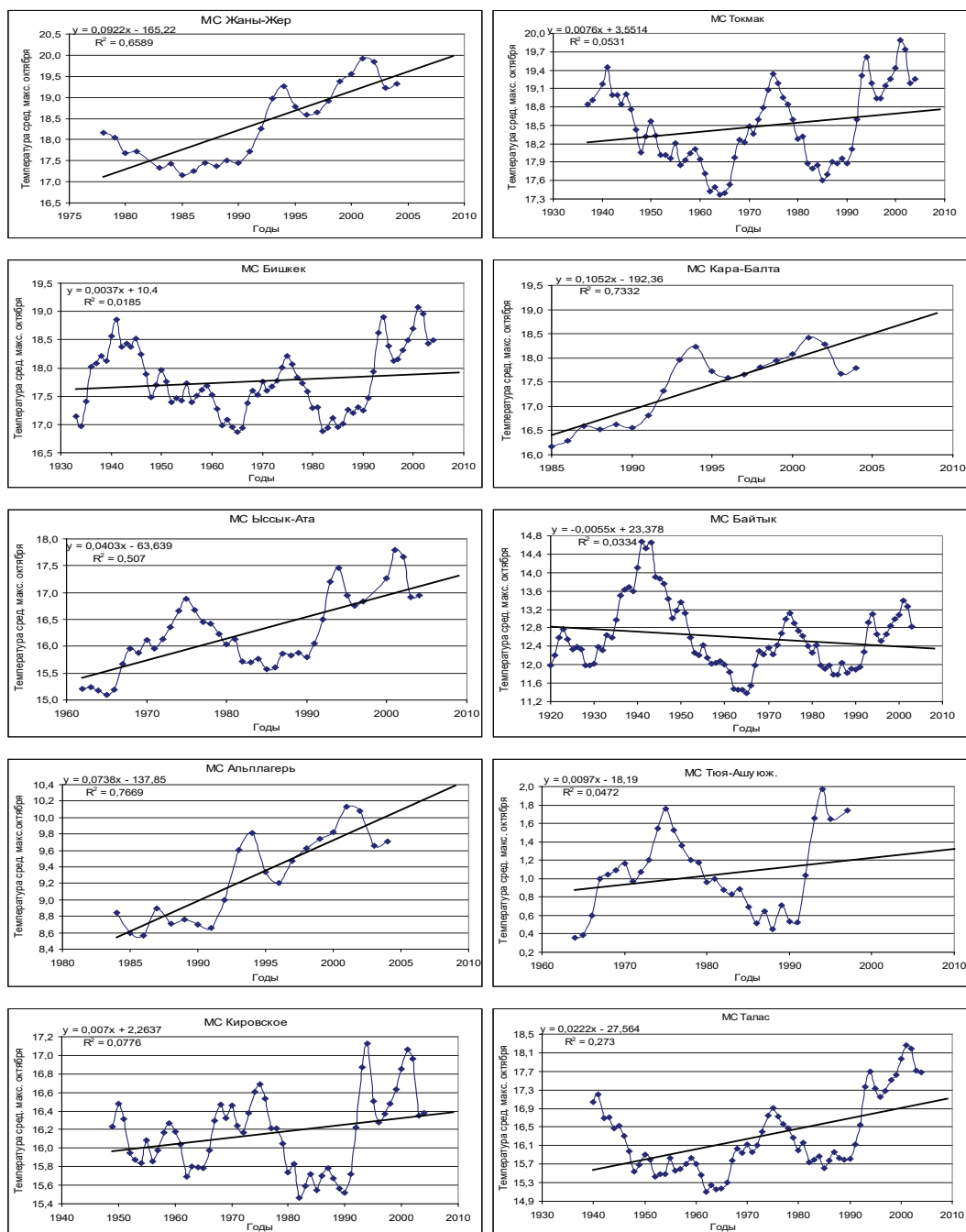


Рисунок 3.6 – Временной ход 11-летних средних максимальных температур октября в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 3.9 – Средние максимальные температуры октября: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по тренду за периоды (1930–1975)/(1976–2010) и весь период 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		-0,0181	-0,0137			-0,0115			0,0138	-0,0134
2. Свободный член тренда, b_0		53,7	44,5			35,1			-10,8	42,2
3. Ошибка уравн. тренда s , °C		$\pm 0,54$	$\pm 0,46$			$\pm 0,81$			$\pm 0,26$	$\pm 0,55$
4. $B = R^2$ – коэф. дост.		0,13	0,12			0,05			0,16	0,06
5. Значимость по F-крит.		значимо	значимо			незнач.			значимо	незнач.
6. b_1 , °C/10 лет		-0,181	-0,137			-0,115			0,138?	-0,134
7. Трендовые ΔT_{46} , °C (1930–75)		-0,8	-0,6			-0,5			0,6?	-0,6
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0922	0,0468	0,0572	0,1052	0,0516	0,0303	0,0738	0,0132	0,0346	0,0779
2. Свободный член тренда, b_0	-165,2	-74,5	-95,9	-192,4	-86,2	-47,8	-137,9	-25,1	-52,6	-138,3
3. Ошибка урав. тренда s , °C		$\pm 0,58$	$\pm 0,49$			$\pm 0,44$	0,74		$\pm 0,43$	$\pm 0,56$
4. $B = R^2$ – коэф. дост.	0,66	0,33	0,51	0,73	0,43	0,25		0,03	0,33	0,59
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	незнач.	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	0,922	0,468	0,572	1,052	0,516	0,303	0,738	0,132	0,346	0,779
7. Трендовые ΔT_{35} , °C (1976–10)	3,2	1,6	2,0	3,7	1,8	1,1	2,6	0,5	1,2	2,7

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1937–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0649	0,0709			0,0418			0,0208	0,0913
2. Оценка значим. Δb по t-кр.		значимо	значимо			значимо			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,076	0,037			-0,055			0,07	0,222
4. Значение b_0 , °C/10 (1930–10)		3,6	10,4			23,4			2,3	-27,6
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,05	0,02			0,03			0,08	0,27
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		-0,181	-0,137			-0,115			0,138	-0,134
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		0,468	0,572			0,303			0,346	0,779
3. b_3 , °C/10 (1930–10)										
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		0,6	0,3			-0,5			0,6	1,8

Примечание 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;
2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

диапазон понижения температуры $\Delta T_{46} = -0,5 \dots -0,8$ °C. Относительно слабый положительный тренд в Кировском, $b_1 = 0,138$ °C/10 лет вполне может быть объяснен укороченным слева периодом ее данных (начинаются только с 1949 г.), которыми не охвачена полностью начальная фаза похолодания (см., например, 11-летнюю кривую Таласа). Поэтому будет, скорее всего, правильным считать тренд за 1930–1975 гг. по станции Кировской все же непоказательным (в таблице 3.9 он помечен «?», т. е. забракован), несмотря на его относительно малую отрицательную величину.

В результате в поле средних максимальных температур октября по 4 длиннорядным станциям ССЗК (исключена станция Кировское) для периода 1930–1975 гг. имеем значение $b_1(\text{сред.}) = -0,142$ °C/10 лет, что дало слабое похолодание в поле этих температур, $\Delta T_{46} = -0,7$ °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 3.6, таблицы 3.9) на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК, напротив, в поле средних максимальных температур октября наблюдалась тенденция их существенного повышения с угловыми коэффициентами b_2 от 0,303 °C/10 лет (Байтык) до 0,779 °C/10 лет (Талас), что дало потепление за 35 лет (ΔT_{35}) в диапазоне 1,1..., 2,7 °C. При этом по всем 5 станциям тренды были статистически значимы.

В результате средняя по 5 станциям ССЗК скорость потепления в поле средних максимальных температур октября $b_2(\text{сред.}) = 0,494$ °C/10 лет, что дало общее по ССЗК потепление за 35 лет, равное 1,7 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка статистической значимости разности угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг., как и следовало ожидать, показала их значимые различия для всех 5 длиннорядных станций. Это говорит о том, что оценивать *скорость изменения температуры* на них в два различных периода 1930–1975 и 1976–2010 гг. следует отдельно, соответственно по значениям b_1 и b_2 .

Расчет коэффициентов b_3 для всего исследуемого периода 1930–2010 гг. показал, что на 4 долинных станциях (Токмак, Бишкек, Кировское и Талас) они положительны и относительно малы по величине и меняются в пределах от 0,070 °C/10 лет (Кировское) до 0,222 °C/10 лет (Талас), что дало общий диапазон потепления за 81 год по эти станциям за 81 год (1930–2010 гг.) на 0,6–1,8 °C.

На склоновой станции Байтык тренд был слабо отрицательным, $b_3 = -0,055$ °C/10 лет, что соответствовало слабому похолоданию с $\Delta T_{81} = -0,5$ °C.

В результате в поле средних максимальных температур октября по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК получено значение $b_3(\text{сред.}) = 0,070$ °C/10

лет, что дает в период 1930–2010 гг. слабое потепление на 0,6 °С. Дифференцированные по долинным и склоновым районам аналогичные оценки равны:

- долинные районы (4 станции) – b_3 (сред.) = 0,101 °С/10 лет; ΔT_{81} (сред.) = 0,8 °С;
- склоновая станция Байтык – b_3 = -0,055 °С/10 лет; ΔT_{81} = -0,5 °С.

Таблица 3.10 – Трендовые оценки средних максимальных температур октября T °С для десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих временной ход потепления по 10 станциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,95)	Талас (1,22)
1920						12,8				
1930		18,2	17,5			12,8				15,3
1940		18,3	17,6			12,7				15,5
1950		18,4	17,6			12,7			15,8	15,7
1960	15,5	18,4	17,7		15,3	12,6		0,8	15,9	15,9
1970	16,4	18,5	17,7		15,8	12,5		0,9	16,0	16,2
1980	17,3	18,6	17,7	15,9	16,2	12,5	8,3	1,0	16,1	16,4
1990	18,3	18,7	17,8	17,0	16,6	12,4	9,0	1,1	16,2	16,6
2000	19,2	18,8	17,8	18,0	17,0	12,4	9,8	1,2	16,3	16,8
2010	20,1	18,8	17,8	19,1	17,4	12,3	10,5		16,3	17,1
2020	21,0	18,9	17,9	20,1	17,8	12,3	11,2		16,4	17,3

Таким образом, осенью в поле средних максимальных температур в долинных районах наблюдалось слабое потепление, а на склонах хребтов слабое похолодание, что близко напоминает весенние и летние картины.

В заключение (таблица 3.10) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних максимальных температур октября приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 3.6) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних температур октября по десятилетиям рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

3.6. Нормы средних максимальных температур и нормы их СКО для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

В заключение пп. 3.1–5.5 приведем полученные нормы средних максимальных температур для года и для различных его месяцев, а также нормы их средних квадратических отклонений (СКО) за три исследуемых периода 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

Сделаем сравнение этих норм за два смежных периода – 1930–1975 и 1976–2010 гг., а по трем станциям – Бишкек, Байтык и Талас – дополнительно сделаем сравнение норм температур также с данными Научно-прикладного справочника по климату издания 1989 г. Напомним, что в этом справочнике нормы средних максимальных температур не приводились к какому-либо периоду, а рассчитаны по фактическим рядам наблюдений в пределах 1912–1980 гг. К сожалению, нормы СКО этих температур в справочнике отсутствуют и по ним такое сравнение сделать нельзя.

Результаты расчетов норм по различным периодам приведены в таблицах 3.11 и 3.12. В этих таблицах для 5 короткорядных станций Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. нормы средних максимальных температур и нормы их СКО показаны в двух строчках, которые соответствуют двум следующим периодам: фактически использованному по станции ряду внутри 1976–2009 гг. (условно периоду 1976–2010 гг.) и всему фактическому периоду на станции по 2009 г. включительно. Для 5 длиннорядных станций Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас нормы приведены в трех строчках, которые соответствуют трем периодам: фактическому ряду на станции, внутри 1930–1975 гг. (условно период 1930–1975 гг.), фактическому ряду на станции внутри 1976–2009 гг. (условно период 1976–2010 гг.) и всему фактическому ряду работы станции по 2009 г. включительно. Кроме того, для трех станций – Бишкек, Байтык и Талас – в четвертой строчке таблице 3.11 дана норма по климатическому справочнику 1989 г.

Практическое применение всех этих данных, прежде всего, состоит в следующем.

1. По всем 10 станциям полученные средние максимальные месячные и годовые нормы температур и нормы их СКО за период 1976–2010 гг. следует использовать как *новые нормы, соответствующие современному климату*, взамен норм, приводимых в различных публикациях и справочниках прошлых лет.

2. По 5 длиннорядным станциям можно сравнить новые нормы средних максимальных температур за 1976–2010 гг. с нормами за 1930–1975 гг., а по 3 из них также с нормами по климатическому справочнику за 1881–1980 гг. Получено, что в среднем годовая норма повысилась на 0,84 °C от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. На Байтыке повышение нормы было минимальным (0,3 °C), а по 4 долинным станциям находилось в диапазоне 0,6–1,1 °C. По 3 станциям – Байтык, Бишкек и Талас – повышение норм в 1976–2010 гг. относительно данных Климатического справочника за 1881–1980 гг. в среднем было таким же, составив диапазон 0,5–1,1 °C.

Из 60 случаев месячных норм в 54 (или в 90 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось их повышение. Оно было максимальным в ноябре, декабре и январе, до 1,0–2,7 °C. В остальное время года характерным было более слабое повышение в пределах 0,2–1,0 °C. Исключение представляет станция Байтык,

Таблица 3.11 – Нормы средних максимальных температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; строка 4 – данные Научно-прикладного справочника по климату за 1881–1980 гг.; темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–1976, 1978–2009 гг.), строки: 1976–2009; 1973–2009 гг.												
0,6	3,1	10,8	19,3	24,4	29,8	32,3	31,4	26,1	18,5	9,9	3,3	17,5
0,5	2,8	10,4	19,0	23,8	29,1	31,7	30,7	25,6	18,3	10,0	3,3	17,4
Токмак – 0,82 км (1932–1933, 1935–2009 гг.), строки: 1932–1975; 1976–2009; 1932–2009 гг.												
2,9	5,0	11,1	18,8	23,6	27,8	30,6	29,3	24,6	18,4	9,8	4,3	17,2
4,0	5,5	11,8	19,4	24,0	29,0	31,5	30,7	25,8	18,8	11,7	6,7	18,3
3,4	5,2	11,4	19,1	23,8	28,4	31,0	29,9	25,1	18,5	10,7	5,3	17,7
Бишкек – 0,76 км (1928–2009), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1928–2009; КС–1989 г.												
1,4	3,3	9,8	17,7	22,9	28,0	31,2	29,9	24,6	17,7	8,6	3,0	16,5
3,1	4,8	10,5	18,4	23,2	28,9	31,7	30,8	25,4	17,9	10,6	5,7	17,6
2,0	3,9	10,0	18,1	23,0	28,4	31,4	30,3	24,9	17,8	9,4	4,0	16,9
1,4	3,3	9,7	17,8	22,9	27,9	31,1	29,8	24,5	17,5	8,7	3,0	16,5
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
2,9	4,4	10,0	17,9	22,7	28,2	30,8	30,0	24,8	17,4	10,3	5,6	17,1
2,8	4,4	10,1	17,6	22,6	28,2	30,7	29,8	24,7	17,2	9,7	5,3	16,9
Ысык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
3,1	4,3	9,5	16,9	21,9	27,0	29,7	28,6	23,6	16,5	10,2	5,8	16,4
2,9	3,9	9,5	16,6	21,4	26,8	29,3	28,2	23,3	16,3	9,7	5,5	16,1
Байтык – 1,58 км (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1915–2009; КС–1989 г.												
1,3	2,8	6,5	11,8	16,4	20,7	23,7	22,5	18,3	12,7	6,8	2,9	12,2
1,8	2,1	5,7	12,5	16,5	21,3	23,8	23,1	18,6	12,5	7,8	4,3	12,5
1,3	2,3	6,0	12,0	16,4	20,9	23,7	22,9	18,3	12,6	7,0	3,3	12,2
1,0	2,2	5,9	11,9	16,3	20,7	23,6	22,9	18,1	12,4	6,5	2,8	12,0
Альплагерь – 2,13 км (1978–2008 гг.), строки 1978–2009 гг.												
-1,7	-0,9	2,6	8,6	12,9	16,9	19,5	19,2	14,9	9,4	4,5	0,8	8,9
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1959–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–2003, 2008–2009 гг.; 1959–2003, 2008–2009 гг.												
-9,4	-8,5	-4,5	1,0	5,2	8,6	11,5	11,8	8,2	1,3	-3,8	-7,5	1,2
-9,3	-8,5	-4,2	1,3	5,1	8,5	11,2	11,7	7,9	1,2	-3,9	-7,3	1,1
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
-0,4	2,0	8,7	16,7	22,4	27,2	30,0	28,6	23,5	16,3	7,7	1,0	15,3
0,6	3,0	8,5	16,9	22,3	27,8	30,2	28,9	24,0	16,2	9,0	3,4	15,9
0,1	2,5	8,6	16,8	22,3	27,5	30,1	28,8	23,8	16,2	8,4	2,2	15,6
Талас – 1,22 км (1930–1932, 1934–2009 гг.), строки: 1930–1932, 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1930–1932, 1934–2009 гг.; КС – 1989 г.												
1,0	3,1	8,3	15,8	20,9	25,1	27,7	26,5	22,1	16,0	8,2	2,5	14,8
2,3	3,4	9,3	16,8	21,4	26,3	28,4	27,6	23,2	16,9	10,2	5,2	15,9
1,6	3,2	8,7	16,2	21,1	25,6	28,1	27,0	22,6	16,4	9,1	3,7	15,3
0,8	2,9	8,4	16,0	20,8	25,1	27,9	26,6	22,3	16,1	8,2	2,8	14,9

Таблица 3.12 – Нормы СКО средних максимальных температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–1976, 1978–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1973–2009 гг.												
2,8	3,8	3,5	2,1	1,9	1,6	1,0	1,5	1,3	2,5	3,2	2,7	0,9
2,7	3,9	3,3	2,0	1,9	1,5	1,0	1,5	1,4	2,4	3,2	3,0	0,9
Токмак – 0,82 км (1932–33, 1935–09 гг.), строки: 1932–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1932–2009 гг.												
2,8	3,8	2,7	1,8	1,7	1,4	1,4	1,2	1,2	1,9	3,5	3,7	0,9
2,7	3,5	3,1	2,2	1,9	1,6	1,3	1,3	1,3	2,3	2,9	2,5	0,7
2,8	3,6	2,9	2,0	1,8	1,6	1,4	1,4	1,4	2,1	3,4	3,4	0,9
Бишкек – 0,76 км (1928–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1928–2009 гг.; КС 1881–1980 гг.												
3,0	3,8	2,9	1,9	1,9	1,4	1,6	1,3	1,5	2,0	3,4	3,7	0,9
2,8	3,3	3,0	2,1	1,9	1,8	1,2	1,4	1,3	2,3	3,0	2,4	0,7
3,1	3,6	3,0	2,1	1,9	1,6	1,4	1,4	1,5	2,1	3,3	3,6	1,0
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
2,6	3,3	3,0	2,3	1,9	1,6	1,1	1,4	1,3	2,4	2,9	2,2	0,7
2,7	3,3	3,1	2,3	2,1	1,5	1,1	1,3	1,3	2,3	3,2	2,2	0,8
Ысык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
2,6	3,0	3,0	1,9	1,9	1,6	1,1	1,4	1,4	2,3	2,9	2,3	0,6
2,8	3,3	2,8	1,8	1,9	1,4	1,3	1,4	1,5	2,1	3,0	2,6	0,8
Байтык 1,58 км – (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1915–2009 гг.												
2,7	3,1	2,5	2,0	1,8	1,3	1,8	1,5	2,0	2,2	2,8	2,5	1,0
2,4	3,0	2,6	1,8	1,7	1,5	1,2	1,4	1,2	2,0	2,6	2,0	0,6
2,6	3,0	2,6	2,0	1,8	1,4	1,5	1,5	1,7	2,0	2,7	2,6	0,9
Альплагерь – 2,13 км (1978–2008 гг.), строки 1978–2009 гг.												
2,0	2,5	2,6	2,0	1,7	1,9	1,2	1,5	1,3	2,1	2,2	1,9	0,6
Тюя-Ашуу юж. – 23,23 км (1959–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–2003, 2008–2009 гг.; 1959–2003, 2008–2009 гг.												
1,9	2,1	1,9	2,0	1,4	1,4	1,3	1,4	1,5	1,9	1,7	2,0	0,6
2,0	2,2	1,9	1,8	1,4	1,2	1,4	1,4	1,5	1,7	1,7	1,9	0,6
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
3,2	4,4	3,2	1,6	1,9	1,4	1,4	1,0	1,2	1,7	3,5	4,2	1,0
2,7	2,9	2,8	2,2	1,8	1,5	1,2	1,7	1,2	2,3	3,1	2,7	0,6
2,9	3,7	3,0	1,9	1,8	1,5	1,3	1,4	1,2	2,0	3,4	3,6	0,9
Талас – 1,22 км (1930–1932, 1934–2009 гг.), строки: 1930–1932, 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1930–1932, 1934–2009 гг.												
2,7	3,8	3,0	2,0	1,7	1,5	1,6	1,3	1,2	2,0	3,4	3,2	0,9
2,4	3,2	2,9	2,1	1,8	1,5	1,0	1,2	1,4	2,4	2,9	2,4	0,6
2,7	3,5	3,0	2,1	1,8	1,6	1,4	1,4	1,4	2,2	3,3	3,2	1,0

Таблица 3.13 – Разности норм средних максимальных температур за периоды 1976–2010 гг. и 1930–1975 гг. (первая строка) и за периоды 1976–2010 гг. и 1881–1980 гг. (Климатический справочник, 1989 г.)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Токмак												
1,1	0,5	0,7	0,6	0,4	1,2	0,9	1,4	1,2	0,4	1,9	2,4	1,1
Бишкек: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС 1989 г.												
1,7	1,5	0,7	0,7	0,3	0,9	0,5	0,9	0,8	0,2	2	2,7	1,1
1,7	1,5	0,8	0,6	0,3	1	0,6	1	0,9	0,4	1,9	2,7	1,1
Байтык: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС 1989 г.												
0,5	-0,7	-0,8	0,7	0,1	0,6	0,1	0,6	0,3	-0,2	1,0	1,4	0,3
0,8	-0,1	-0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,5	0,1	1,3	1,5	0,5
Кировское												
1,0	1,0	-0,2	0,2	-0,1	0,6	0,2	0,3	0,5	-0,1	1,3	2,4	0,6
Талас: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС 1989 г.												
1,3	0,3	1,0	1,0	0,5	1,2	0,7	1,1	1,1	0,9	2,0	2,7	1,1
1,5	0,5	0,9	0,8	0,6	1,2	0,5	1,0	0,9	0,8	2,0	2,4	1,0

где в феврале и марте имело место понижение норм на -0,7 и -0,8 °С (а в октябре на -0,2 °С). Еще три слабых понижения норм на -0,1 и -0,2 °С наблюдалось в марте, мае и октябре в Кировском. Таким, образом, наиболее интенсивные потепления в нормах на станциях соответствовали ноябрю, декабрю и январю, а наименее интенсивные лету или весне.

Рекомендуется по всем 10 станциям использовать на практике полученные новые годовые и месячные нормы для средних максимальных температур, соответствующие периоду 1976–2009 гг.

3. Нормы СКО для различных периодов по данным всех 10 станций характеризуются следующим. Значения новых норм СКО средних максимальных температур за 1976–2010 гг. для года малы и колеблются в очень узких пределах – от 0,6 до 0,9 °С. При этом по другим периодам, включая данные Климатического справочника, они практически также лежат в аналогичных пределах – 0,6–1,0 °С. Это значит, что, несмотря на наблюдавшееся потепление климата, междугодовая колеблемость средних максимальных годовых температур на всех станциях оставалась без изменений.

Однако нормы СКО для средних максимальных месячных температур значительно выше норм средних годовых значений. Особенно это справедливо для зимних, весенних и осенних месяцев, когда нормы СКО могут достигать 3,5–3,8 °С, тогда как летом их характерные значения, хотя и больше годовых, но составляют 1,0–1,9 °С. Это говорит о более высоких междугодовых колебаниях средних максимальных месячных температур по сравнению с их годовыми значениями. По разным периодам для одной и той же станции различие месячных норм СКО больше, чем для года, но в целом мало, составляя до 0,5 °С и только в отдельных случаях достигая 1–1,5 °С.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 3

В таблице 3.14 приведены итоговые результаты статистических характеристик для *средних максимальных годовых* и *средних максимальных месячных* температур по 10 метеостанциям ССЗК в периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., на основании которых, с учетом проведенного анализа, можно сформулировать следующие выводы.

1. В ходе 11-летних средних максимальных температур для года и центральных месяцев сезонов для 5 длиннорядных станций ССЗК за общий период их работы 1930–2010 гг., как и для средних температур, наблюдалась хорошо выраженная основная тенденция роста температуры, структурно представленная последовательными чередованиями фаз ее повышения и понижения со случайными датами начала-конца, длительности и амплитуды фаз. При этом наибольшие различия по станциям и сезонам также наблюдались для амплитуд фаз. Однако, в отличие от средних годовых температур для средних максимальных годовых температур в амплитудах эти фазы были выражены более резко. Еще резче они выражены для средних максимальных температур центральных месяцев сезонов. Все это точно также существенно влияло как на знак, так и на величину угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 по отдельным станциям и периодам и, прежде всего, для короткорядных станций, которые имели ту же структуру хода 11-летних кривых, что и длиннорядные станции. Наиболее достоверными являются тренды b_3 , полученные по длиннорядным станциям за весь период их работы, которые освещают днища Чуйской и Таласской долин и зону склонов до высот до 1,5–2 км.

2. В поле средних максимальных годовых температур в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по всем 5 длиннорядным станциям наблюдался рост температуры со скоростями от очень слабых до умеренных, $b_1 = 0,032\dots, 0,313$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 0,2\dots, 1,4$ °C. При этом наиболее высокая скорость была на станции Кировское. В среднем по 5 станциям получена скорость потепления на границе слабой и умеренной, $b_1(\text{сред.}) = 0,137$ °C/10 лет, что соответствовало $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,6$ °C. Различий в интенсивности потепления по долинным и склоновым районам не наблюдалось.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. положительные скорости роста по всем 5 станциям несколько увеличились, $b_2 = 0,105\dots, 0,336$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,4\dots, 1,2$ °C. Это дало $b_2(\text{сред.}) = 0,213$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,8$ °C, т. е. соответствующие умеренной скорости потепления. При этом различий в интенсивности потеплений по долинным и склоновым районам также не наблюдалось.

В целом для всего периода 1930–2010 гг. скорости потепления по 5 длиннорядным станциям также находились в диапазоне от слабых до умеренных, $b_3 = 0,083\dots, 0,260$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,7\dots, 2,1$ °C. Это дало $b_3(\text{сред.}) = 0,203$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,6$ °C. Однако скорость потепления по долинным

Таблица 3.14 – Итоговые результаты статистических характеристик
для средних максимальных температур по станциям ССЗК
(средние значения получены по данным длиннорядных станций,
темным шрифтом выделены статистически значимые тренды)

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	b ₁ , °C/10	b ₂ , °C/10	Δb	b ₃ , °C/10	ΔT ₄₆ , °C	ΔT ₃₅ , °C	ΔT ₈₁ , °C
<i>Средние максимальные годовые температуры</i>							
Жаны-Жер*		0,470				1,7	
Токмак	0,139	0,225	0,0086	0,241	0,6	0,8	2,0
Бишкек	0,094	0,336	0,0242	0,224	0,4	1,2	1,6
Кара-Балта*		0,500				1,8	
Ысык-Ата*		0,464				1,6	
Байтык	0,106	0,105	-0,0001	0,083	0,5	0,4	0,7
Альплагерь*		0,352				1,2	
Тюя-Ашуу юж.*		-0,252				-0,9	
Кировское	0,313	0,124	-0,0189	0,205	1,4	0,4	1,9
Талас	0,032	0,276	0,0244	0,260	0,2	1,0	2,1
Среднее	0,137	0,213		0,203	0,6	0,8	1,6
<i>Средние максимальные температуры января (зима)</i>							
Жаны-Жер*		-0,043				-0,2	
Токмак	0,113	0,303	0,0190	0,241	0,5	1,1	2,0
Бишкек	0,560	0,234	-0,0326	0,423	2,6	0,8	3,4
Кара-Балта*		-0,088				-0,3	
Ысык-Ата*		-0,063				-0,2	
Байтык	0,358	0,088	-0,0270	0,221	1,7	0,3	1,8
Альплагерь*		-0,235				-0,8	
Тюя-Ашуу юж.*		-0,783				-2,7	
Кировское	-0,119	0,497	0,0616	0,336	-0,6	1,7	2,7
Талас	-0,184	0,361	0,0545	0,202	-0,9	1,3	1,6
Среднее	0,146	0,297		0,285	0,7	1,0	2,3
<i>Средние максимальные температуры апреля (весна)</i>							
Жаны-Жер*		-0,116				-0,4	
Токмак	0,068	-0,205	-0,0273	0,143	0,3	-0,7	1,2
Бишкек	0,041	-0,177	-0,0218	0,120	0,2	-0,6	1,0
Кара-Балта*		-0,539				-1,9	
Ысык-Ата*		-0,100				-0,4	
Байтык	0,186	-0,270	-0,0456	0,143	0,9	-1,0	1,2
Альплагерь*		0,422				1,5	
Тюя-Ашуу юж.*		-0,665				-2,3	
Кировское	брак	-0,479		0,098	брак	-1,7	0,8
Талас	-0,106	-0,255	-0,0149	0,189	-0,5	-0,9	1,5
Среднее	0,047	-0,277		0,139	0,2	-1,0	1,1

Метеостанция (*коротко-рядная)	Статистические характеристики и оценки						
	$b_1, ^\circ\text{C}/10$	$b_2, ^\circ\text{C}/10$	Δb	$b_3, ^\circ\text{C}/10$	$\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$
<i>Средние максимальные температуры июля (лето)</i>							
Жаны-Жер*		-0,233				-0,8	
Токмак	0,040	-0,580	-0,0620	0,169	0,2	-2,0	1,4
Бишкек	-0,228	-0,166	0,0062	0,053	-1,1	-0,6	0,4
Кара-Балта*		-0,297				-1,0	
Ысык-Ата*		-0,136				-0,5	
Байтык	-0,043	-0,427	-0,0384	-0,01	-0,2	-1,5	-0,1
Альплагерь*		-0,314				-1,1	
Тюя-Ашу юж.*		-0,478				-1,7	
Кировское	0,224	-0,524	-0,0748	0,055	1,0	-1,8	0,5
Талас	-0,226	-0,337	-0,0111	0,113	-1,0	-1,2	0,9
Среднее	-0,047	-0,407		0,076	-0,2	-1,4	0,6
<i>Средние максимальные температуры октября (осень)</i>							
Жаны-Жер*		0,922				3,2	
Токмак	-0,181	0,468	0,0649	0,076	-0,8	1,6	0,6
Бишкек	-0,137	0,572	0,0709	0,037	-0,6	2,0	0,3
Кара-Балта*		1,052				3,7	
Ысык-Ата*		0,516				1,8	
Байтык	-0,115	0,303	0,0418	-0,055	-0,5	1,1	-0,5
Альплагерь*		0,738				2,6	
Тюя-Ашу юж.*		0,132				0,5	
Кировское	брак	0,346		0,070	брак	1,2	0,6
Талас	-0,134	0,779	0,0913	0,222	-0,6	2,7	1,8
Среднее	-0,142	0,494		0,070	-0,7	1,7	0,6

районам была существенно выше, чем по склонам: долинные районы (4 станции) – b_2 (сред.) = 0,233 $^\circ\text{C}/10$ лет и ΔT_{81} (сред.) = 1,9 $^\circ\text{C}$, склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,105$ $^\circ\text{C}/10$ лет; $\Delta T_{35} = 0,7$ $^\circ\text{C}$.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от -0,252 до 0,500 $^\circ\text{C}/10$ лет. В 19 случаях из 20 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 5 и оказалась значимой также в 3 случаях из 5.

3. В поле средних максимальных температур января (зима) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 5 длиннорядным станциям наблюдались разнонаправленные основные тенденции, которым соответствовали положительные и отрицательные значения скоростей изменения температуры в широком диапазоне значений $b_1 = -0,184 \dots, 0,560$ $^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = -0,9 \dots, 2,6$ $^\circ\text{C}$. При этом похолодание отмечали обе станции Таласской долины, а потепление – все три станции Чуйской долины. В среднем по 5 станциям за счет этого наблюдалось относительно слабое повышение температуры со значением b_1 (сред.) = 0,146 $^\circ\text{C}/10$ лет, что дало $\Delta T_{46} = 0,7$ $^\circ\text{C}$. Дифференцированные оценки по различным долинам и склоновым районам равны: Чуйская долина (две станции) – b_1 (сред.) = 0,337 $^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = 1,6$ $^\circ\text{C}$; Таласская долина

(две станции) – $b_1(\text{сред.}) = -0,152 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = -0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$; склоновая станция Байтык – $b_1(\text{сред.}) = 0,358 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = 1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. по всем 5 длиннорядным станциям наблюдались положительные скорости в диапазоне от слабых до значительных, $b_2 = 0,088 \dots, 0,497 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 0,3 \dots, 1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Это дало умеренную среднюю скорость с $b_2(\text{сред.}) = 0,297 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. При этом в долинных районах скорость потепления была существенно выше: долинные районы (4 станции) – $b_2(\text{сред.}) = 0,349 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$, склоновая станция Байтык – $b_2(\text{сред.}) = 0,088 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В целом для периода 1930–2010 гг. по данным этих 5 станций наблюдалось потепление от умеренного до сильного, $b_3 = 0,202 \dots, 0,423 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 1,6 \dots, 3,4 \text{ } ^\circ\text{C}$. В среднем это дало умеренную скорость потепления с $b_3(\text{сред.}) = 0,285 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 2,3 \text{ } ^\circ\text{C}$. При этом в долинных и склоновых районах скорости потепления не различались.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от $-0,783$ до $0,497 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$. В 13 случаях из 20 значения b_1 , b_2 и b_3 для длиннорядных являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 5 и оказалась значимой в двух случаях из 5.

4. В поле средних максимальных температур апреля (весна) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 4 длиннорядным станциям (значение b_1 по Кировскому забраковано) наблюдались разнонаправленные основные тенденции, которым соответствовали положительные и отрицательные значения малых по абсолютным значениям скоростей изменения температуры в диапазоне $b_1 = -0,106 \dots, 0,186 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = -0,5 \dots, 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$. Похолодание отмечалось только на станции Талас, а наиболее высокое потепление дала станция Байтык. В среднем по 4 станциям наблюдалось очень слабое повышение температуры со значением $b_1(\text{сред.}) = 0,047 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дало $\Delta T_{46} = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$. При этом, против обычного, более высокое потепление наблюдалось в склоновых районах: долинные районы (три станции) – $b_1(\text{сред.}) = 0,001 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$; склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,186 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$; $\Delta T_{46} = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. по всем 5 длиннорядным станциям наблюдалось похолодание со скоростями от умеренных до сильных, $b_2 = -0,177 \dots, -0,479 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = -0,7 \dots, -1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$. Это в среднем дало по 5 станциям умеренную скорость похолодания с $b_2(\text{сред.}) = -0,277 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = -1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. При этом в долинных и склоновых районах скорости похолодания не различались.

Однако в целом для периода 1930–2010 гг. по данным всех 5 станций наблюдалось потепление на границе от слабого до умеренного, $b_3 = 0,098 \dots, 0,189 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 0,8 \dots, 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Это дало в среднем слабую скорость потепления с $b_3(\text{сред.}) = 0,139 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,1 \text{ } ^\circ\text{C}$. При этом в долинных и склоновых районах скорости не различались.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от -0,665 до 0,186 °C/10 лет. В 11 случаях из 19 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была отрицательной в 4 случаях из 4 и оказалась значимой в двух случаях из 4.

5. В поле средних максимальных температур июля (лето) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 5 длиннорядным станциям наблюдались разнонаправленные основные тенденции, которым соответствовали положительные и отрицательные, от малых до умеренных по абсолютным значениям, скорости изменения температуры, $b_1 = -0,228\dots, 0,224$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -1,1\dots, 1,0$ °C. В среднем по 5 станциям наблюдалось очень слабое понижение температуры со значением $b_1(\text{сред.}) = -0,047$ °C/10 лет, что дало $\Delta T_{46} = -0,2$ °C. При этом склоновая станция Байтык также имела почти нулевые изменения температуры, $b_1 = -0,043$ °C/10 лет; $\Delta T_{46} = -0,2$ °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. по всем 5 длиннорядным станциям наблюдалось существенное похолодание с отрицательными скоростями по абсолютной величине от умеренных до сильных, $b_2 = -0,166\dots, -0,580$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -0,6\dots, -2,0$ °C. Это дало в среднем относительно сильное похолодание с $b_2(\text{сред.}) = -0,407$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = -1,4$ °C. При этом в долинных и склоновых районах скорости похолоданий не различались.

Однако в целом для периода 1930–2010 гг., как и в других аналогичных случаях, на всех 4 станциях наблюдалось потепление на границе от очень слабого до умеренного, $b_3 = 0,053\dots, 0,169$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,4\dots, 1,4$ °C., а склоновая станция Байтык имела, хотя и отрицательное, но очень малое по абсолютной величине, практически нулевое, $b_3 = -0,01$ °C/10 лет ($\Delta T_{81} = -0,1$ °C), так что полностью вписывается в общую картину. В среднем по 5 станциям это дало слабое потепление с $b_3(\text{сред.}) = 0,113$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 0,9$ °C. При этом в долинных и склоновых районах скорости потепления не различались.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в широком диапазоне от -0,580 до 0,224 °C/10 лет. В 15 случаях из 20 значения b_1 , b_2 и b_3 для длиннорядных станций являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была отрицательной в 4 случаях из 5 и оказалась значимой в 3 случаях из 5.

6. В поле средних максимальных температур октября (осень) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 4 длиннорядных станциях (значение b_1 по станции Кировское забраковано) наблюдались слабое похолодание, $b_1 = -0,115\dots, -0,181$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,5\dots, -0,8$ °C. В среднем по 4 станциям это также дало слабое понижение температуры, $b_1(\text{сред.}) = -0,142$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,7$ °C. При этом по склоновой станции Байтык, понижение температуры было близким к среднему значению, $b_1 = -0,115$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,5$ °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг., напротив, на всех 5 станциях шло потепление с высокой скоростью, $b_2 = 0,303\dots, 0,779$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 1,1\dots, 2,7$ °C. Это дало высокую скорость $b_2(\text{сред.}) = 0,494$ °C/10

лет, и $\Delta T_{35} = 1,7$ °С. При этом на склоновой станции Байтык она была на ниже средней, $b_2 = 0,303$ °С/10 лет и $\Delta T_{35} = 1,1$ °С.

В целом для периода 1930–2010 гг. по 4 станциям наблюдалось потепление, но со скоростями от очень слабых или умеренных, $b_3 = 0,037 \dots, 0,222$ °С/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,3 \dots, 1,8$ °С. Это дало очень слабую среднюю скорость потепления с $b_3(\text{сред.}) = 0,070$ °С/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,6$ °С. Можно учесть также небольшие различия по долинным районам, где шло слабое потепление, и склонам, где наблюдалось слабое похолодание: долинные районы (4 станции) – $b_3(\text{сред.}) = 0,101$ °С/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 0,8$ °С; склоновая станция Байтык – $b_3 = -0,055$ °С/10 лет и $\Delta T_{81} = -0,5$ °С.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от -0,181 до 1,052 °С/10 лет. В 12 случаях из 19 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ оказалась значимой во всех 4 случаях из 4.

Полученная картина напоминает картину для средних температур октября и близко картину для средних максимальных температур июля.

7. Повторяемости статистических качеств коэффициентов трендов b_1 , b_2 , b_3 и разности $\Delta b = b_2 - b_1$ по 5 длиннорядным станциям в поле средних максимальных годовых и средних максимальных месячных температур были следующими (таблица 3.15). Повторяемость как b_1 , так и b_2 со знаками «+» и «-» была равна 52 и 48 %, но, соответственно, в 48 и 52 % были отрицательными. Значения b_3 со знаком «+» абсолютно преобладали (81 %), имея знаки «-» всего в 19 % случаев. Разности $\Delta b = b_2 - b_1$, в 48 % случаев были положительными, а в 52 % отрицательными, а значимыми в 61 % случаев. Статистически значимые b_1 наблюдались в 52 %, а незначимые – в 48 %, тогда как для b_2 эти цифры составляли 84 и 16 %. Для b_3 значимость наблюдалась в 67 %, а незначимость – в 33 %.

Таблица 3.15 – Итоговые результаты повторяемости (%) статистических качеств b_1 , b_2 , b_3 и Δb по 5 длиннорядным станциям совместно для года и центральных месяцев сезонов

Показатель качества	Тренды по различным периодам и разность Δb			
	b_1	b_2	Δb	b_3
Число случаев	23	25	23	48
Со знаком «+» (%)	52	60	48	81
Со знаком «-» (%)	48	40	52	19
Значимых (%)	52	84	61	67
Незначимых (%)	48	16	39	33

8. Изменения норм средних максимальных температур по различным периодам для 5 длиннорядных станций характеризуются следующим. В среднем годовая норма повысилась на 0,84 °С от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. На Байтыке повышение нормы было минимальным (0,3 °С), а по 4 долинным станциям находилось

в диапазоне 0,6–1,1 °С. По 3 станциям – Байтык, Бишкек и Талас – повышение норм в 1976–2010 гг. относительно данных Климатического справочника за 1881–1980 гг., в среднем было таким же, составив диапазон 0,5–1,1 °С.

Из 60 случаев месячных норм в 54 (или в 90 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось их повышение. Оно было максимальным в ноябре, декабре и январе, до 1,0–2,7 °С. В остальное время года характерным было более слабое повышение в пределах 0,2–1,0 °С. Исключение представляет станция Байтык, где в феврале и марте имело место понижение норм на -0,7 и -0,8 °С (а в октябре на -0,2 °С). Еще три слабых понижения норм на -0,1 и -0,2 °С наблюдалось в марте, мае и октябре в Кировском. Таким образом, наиболее интенсивные потепления в нормах на станциях соответствовали ноябрю, декабрю и январю, а наименее интенсивные – лету или весне.

Рекомендуется использовать на практике по всем 10 станциям полученные новые годовые и месячные нормы для средних максимальных температур, соответствующие периоду 1976–2009 гг.

9. Нормы СКО средних максимальных температур для различных периодов по данным всем 10 станций характеризуются следующим. Значения новых норм СКО средних максимальных температур за 1976–2010 гг. для года малы и колеблются в очень узких пределах, от 0,6 до 0,9 °С. При этом по другим периодам, включая данные Климатического справочника, они практически также лежат в аналогичных пределах – 0,6–1,0 °С. Это значит, что, несмотря на наблюдавшееся потепление климата, междугодовая колеблемость средних максимальных годовых температур на всех станциях оставалась без изменений.

Однако нормы СКО для средних максимальных месячных температур значительно выше норм средних годовых значений. Особенно это справедливо для зимних, весенних и осенних месяцев, когда нормы СКО могут достигать 3,5–3,8 °С, тогда как летом их характерные значения, хотя и больше годовых, но составляют 1,0–1,9 °С. Это говорит о более высоких межгодовых колебаниях средних максимальных месячных температур по сравнению с их годовыми значениями. По разным периодам для одной и той же станции различие месячных норм СКО больше, чем для года, но в целом мало, составляя до 0,5 °С, только в отдельных случаях достигая 1–1,5 °С.

4. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ АБСОЛЮТНЫХ МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

В настоящем разделе рассматриваются тренды *средних из абсолютных годовых/месячных* максимальных температур воздуха. По своему смыслу средние из абсолютных месячных максимумов представляют собой климатические нормы *самых теплых погод, наблюдающихся в среднем ежегодно*, т. е. не менее одного раза в году. Поэтому они очень наглядны при практическом использовании. При осреднении для года такая наглядность *для годовых норм* этих температур в значительной мере теряется, но остается важной как климатический показатель для станции, аналогичный, например, норме средней годовой температуры. Чтобы не использовать громоздкое словосочетание – *средний из абсолютных месячных (годовых) максимумов температуры* – в тексте всюду применяется более короткий термин – *абсолютная максимальная температура*. Однако надо помнить, что речь во всех случаях идет именно о средних из абсолютных годовых/месячных максимумов.

В настоящем разделе по данным 5 длиннорядных станций ССЗК (Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас) анализируется временной ход 11-летних средних из абсолютных максимальных температур для года и центральных месяцев сезонов – января, апреля, июля и октября за период 1930–2010 гг. Дается сравнительный анализ угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 , рассчитанных, соответственно, за периоды 1930–1975 (стабильный мировой климат), 1976–2010 (потепление мирового климата) и 1930–2010 гг. (исследуемый период в целом). Оцениваются трендовые изменения абсолютных максимальных температур ΔT °C за эти периоды, а также трендовые значения самих температур T °C по кратным десятилетиям общего периода 1930–2010 гг. и даются практические рекомендации по использованию расчетных данных.

По 5 короткорядным станциям (Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альп-лагерь и Тюя-Ашуу юж.) анализируются аналогичные данные по периоду 1976–2010 гг.

4.1. Временной ход и тренды абсолютных максимальных годовых температур

На рисунке 4.1 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных годовых температур с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 4.1 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

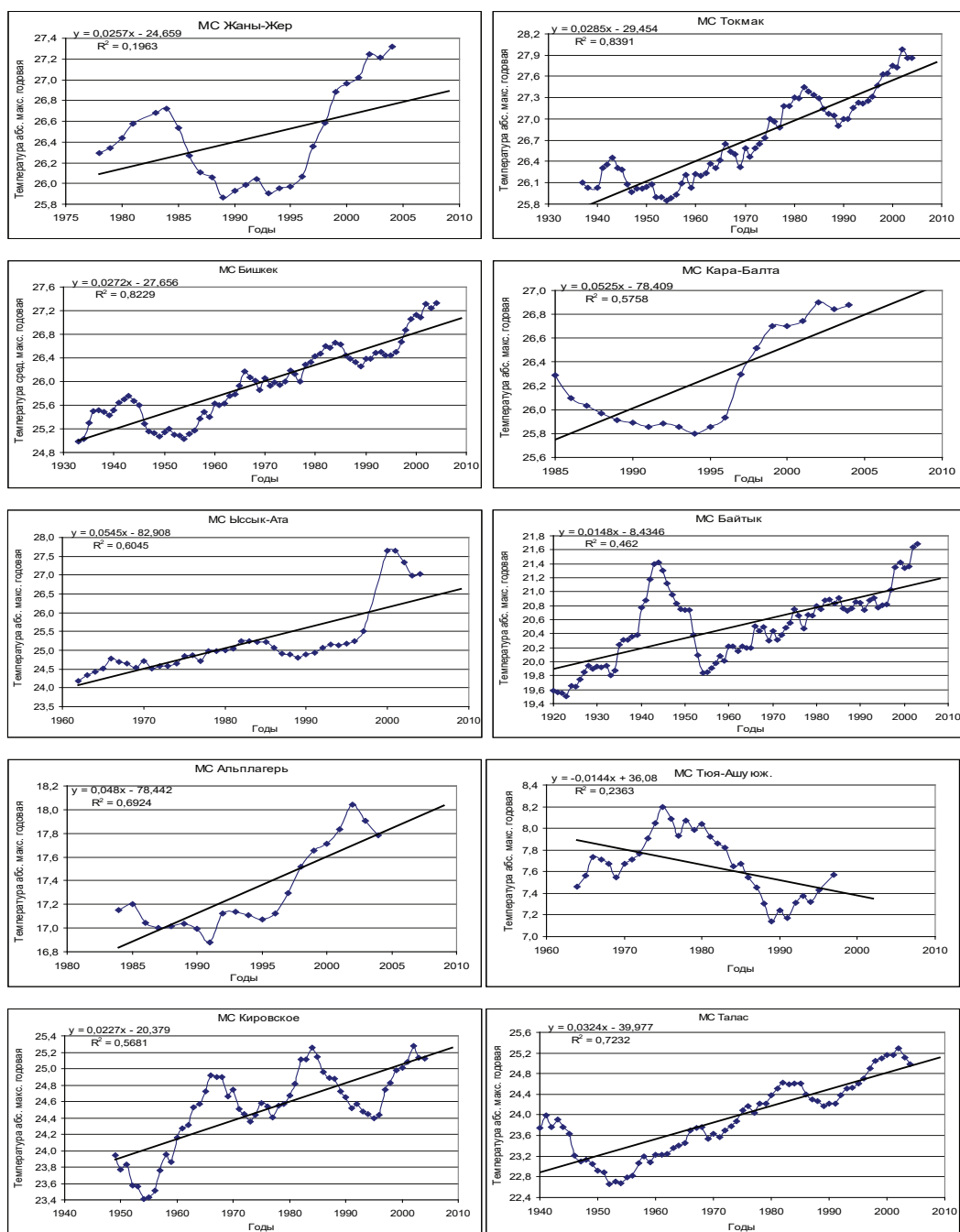


Рисунок 4.1 – Временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных для года температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 4.1 – Абсолютные максимальные для года температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции							
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0157	0,0186			0,0112		0,0488
2. Свободный член b_0 , °C		-4,5	-10,8			-1,5		-71,6
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,21$	$\pm 0,27$			$\pm 0,45$		$\pm 0,30$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,41	0,43			0,14		0,64
5. Значимость по F-критерию		значим	значим			значим		значим
6. b_1 , °C/10 лет		0,157	0,186			0,112		0,488?
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,7	0,9			0,5		2,2?
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0257	0,0252	0,0333	0,0525	0,0545	0,0303	0,0480	-0,0144
2. Свободный член b_0 , °C	-24,7	-22,9	-39,7	-78,4	-82,9	-39,4	-78,4	36,1
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,22$	$\pm 0,22$			$\pm 0,18$		
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,20	0,50	0,64	0,58	0,61	0,66	0,69	0,24
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	0,257	0,252	0,333	0,525	0,814	0,303	0,480	-0,424
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	0,9	0,9	1,2	1,8	2,9	1,1	1,7	-1,5
								0,3
								1,2
								0,0339
								-42,8
								$\pm 0,27$
								$\pm 0,22$
								0,64
								значим
								0,096
								0,339

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0095	0,0147			0,0191				0,0241
2. Оценка значимости Δb		значимо	значимо			значимо				значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,285	0,272			0,148			0,227	0,324
4. Значение b_6 , °C (1930–10)		-29,5	-27,7			-8,4			-20,4	-40,0
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,84	0,82			0,46			0,57	0,72
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} , °C и ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,157	0,186			0,112				0,098
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		0,252	0,333			0,303				0,339
3. b_3 , °C/10 (1930–10)									0,227	
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		2,3	2,2			1,2			1,8	2,6

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоярдных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 4.1 хорошо видно, что колеблемость 11-летних кривых для абсолютных максимальных температур для года гораздо выше по сравнению с обычными средними годовыми и средними максимальными годовыми температурами, рассмотренными в разделах 2 и 3. При этом в отличие от предыдущих случаев, число и положение основных максимумов/минимумов на кривых для 5 длиннорядных станций могут совпадать либо только примерно, либо даже не совпадать совсем. Так, на станции Токмак максимумов было три, которые приурочены к 1943, 1981 и 2001 гг. В Бишкеке максимумы наблюдались в 1943, 1966 и 1984 гг., а максимум 2001 г. еще не оформлен окончательно. Кривая для Байтыка имеет ту хорошо выраженную особенность, что на ней резко выделяется высокий максимум 1945 г., который несколько превзойден только намечающимся максимумом 2003 г. Других четко выраженных максимумов на кривой нет, несмотря на самый длительный 11-летний ряд – с 1920 г. На станции Кировской имеет место максимум в 1968–70 гг., который на других станциях почти не выражен, а далее следуют два равнозначных по высоте максимума – 1984 и 2001 гг. Наконец, в Таласе последовательно наблюдаются три постепенно повышающихся максимума 1941, 1980 и 2001 гг., из которых самым четко выраженным является первый.

На всех станциях хорошо выражены основные минимумы в области 1952–54 гг. Кроме того, на 4 станциях – Токмак, Бишкек, Кировское и Талас – минимум отмечается еще и в 1989–1990 гг., тогда как на Байтыке он практически незаметен.

Главной особенностью всех кривых является хорошо выраженная тенденция роста абсолютных максимальных годовых температур от 1930 к 2010 гг. При этом на кривых для Токмака, Кировского и Таласа после 2001 г. наметилась тенденция снижения температуры.

На интервалах наблюдений 4 короткорядных станций прослеживаются такие же фрагменты основной тенденции с существенным ростом абсолютных максимальных температур к 2004 г. Исключение составляет высокогорная станция Тюя-Ашуу юж., 11-летние данные которой ограничены 1996 г. Здесь, в отличие от других станций, фрагмент основной тенденции, полученный на имеющемся интервале данных 1964–1996 гг. отрицательный, за счет как укороченного ряда, так и хорошо выраженного максимума в 1976 г. и аналогично хорошо выраженного минимума в 1989 г. (которых, например, на Байтыке нет). Поэтому нет оснований ожидать, что при наличии более полных данных эта станция дала бы основную тенденцию, качественно отличную от Байтыка и других длиннорядных станций, так как очевидна чистая случайность имеющегося результата.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 4.1 и таблицы 4.1, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией абсолют-

ных максимальных годовых температур воздуха по 4 длиннорядным долинным станциям Токмак, Бишкек, Байтык и Талас был их слабый или умеренный рост со скоростями от $b_1 = 0,098$ °C/10 лет (Талас) до $b_1 = 0,186$ °C/10 лет (Бишкек). Более высокий тренд по станции Кировское, $b_1 = 0,488$ °C/10 лет, является завышенным (сравните 11-летние кривые Кировское и Таласа), что в значительной мере объясняется укорочением слева ряда 11-летних средних (1949–1975 гг.). По этой причине тренд b_1 для Таласа непоказателен для всего периода 1930–1975 гг., он помечен в таблице 4.1 знаком «?» и исключен из дальнейших расчетов. Этим значениям b_1 по станциям (исключая Талас) соответствуют трендовые оценки повышения абсолютной максимальной годовой температуры за 46 лет в диапазоне 0,5–0,9 °C. При этом все тренды, статистически значимы. Ошибки уравнений трендов s не превышают $\pm 0,4$ °C.

В результате в поле абсолютных максимальных годовых температур среднее по 4 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_1 (сред.) = 0,138 °C/10 лет, что дает усредненную по ССЗК трендовую оценку повышения абсолютной максимальной температуры за 46-летний период 1930–75 гг., ΔT_{46} (сред.) = 0,6 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 4.1, таблицу 4.1) в целом на всех 5 длиннорядных станциях продолжалось колебательное по характеру, но несколько более существенное, чем в период 1930–1975 гг., повышение абсолютной максимальной годовой температуры. Полученные угловые коэффициенты b_2 хорошо отражают этот факт. Их значения находились в пределах от 0,096 °C/10 лет (Кировское) до 0,339 °C/10 лет (Талас). При этом только для Кировской b_2 незначим. Это дало трендовые оценки повышения максимальной годовой температуры по станциям за 35 лет в диапазоне 0,3–1,2 °C. Ошибки уравнений тренда s не превышают $\pm 0,3$ °C.

В результате среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_2 (сред.) = 0,265 °C/10 лет, т. е. почти в два раза выше, чем в период стабильного мирового климата. Это дает усредненную по территории ССЗК трендовую оценку повышения для года абсолютной максимальной температуры за 35-летний период 1976–2010 гг., ΔT_{35} (сред.) = 0,9 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 4.1, позиция 3) для 4 длиннорядных станций (значение b_1 по Кировскому забраковано) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$. Согласно таблице 1.6, из этого следует, что для данных 4 станций целесообразно использовать на практике отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в каче-

стве характеристик скорости изменения средней годовой температуры по двум периодам, что отражено в позиции 4 этой таблицы. Для станции Кировское надо использовать b_3 для всего периода 1930–2010 гг.

Значения b_3 , соответствующие в целом периоду 1930–2010 гг., по всем 5 длиннорядным станциям были положительны и находились в диапазоне 0,148 °C/10 лет (Байтык) – 0,324 °C/10 лет (Талас). При этом все они были статистически значимы. Сделанная по b_3 оценка потеплений за 81 год дала величины ΔT_{81} от 1,2 до 2,6 °C.

В результате в поле абсолютных максимальных годовых температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда $b_3(\text{сред.}) = 0,251$ °C/10 лет, что дает усредненную по станциям трендовую оценку повышения для года абсолютной максимальной температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 2,0$ °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Таблица 4.2 – Трендовые оценки усредненных для года абсолютных максимальных годовых температур T °C для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						20,0				
1930		32,1	24,8			20,1				22,6
1940		32,4	25,1			20,3			23,7	22,9
1950		32,7	25,4			20,4			23,9	23,2
1960	25,7	33,0	25,7		23,9	20,6			24,1	23,5
1970	26,0	33,3	25,9		24,5	20,7		7,7	24,3	23,9
1980	26,2	33,6	26,2	25,5	25,0	20,9	16,6	7,6	24,6	24,2
1990	26,5	33,8	26,5	26,1	25,5	21,0	17,1	7,5	24,8	24,5
2000	26,7	34,1	26,7	26,6	26,1	21,2	17,6	7,4	25,0	24,8
2010	27,0	34,4	27,0	27,1	26,6	21,3	18,1		25,2	25,1
2020	27,3	34,7	27,3	27,6	27,2	21,5	18,6		25,5	25,5

В заключение (таблица 4.2) для наглядного представления о ходе временных изменений усредненных для года значений самих абсолютных максимальных температур приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 4.1) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками абсолютных максимальных для года температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

4.2. Временной ход и тренды абсолютных максимальных температур января

На рисунке 4.2 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных температур января с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 4.3 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а так же за весь период исследований 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 4.2 хорошо видно, что колеблемость 11-летних кривых для абсолютных максимальных температур января была наиболее высокой из всех предыдущих случаев. При этом структурный вид и число основных максимумов/минимумов на кривых для 5 длиннорядных станций могли быть весьма различными. Так, на станции Токмак основных максимумов 4: 1950–1955, 1963, 1983 и 1998 гг. При этом самым высоким являлся максимум 1983 г., после которого прослеживается тенденция снижения температуры. В Бишкеке их также было 4, но вместо максимума 1950–55 гг. наблюдался максимум 1945 г. Три последовательных максимума – 1963 (самый высокий), 1983 и 1998 гг. – дают, хотя и очень слабую, но все же понижающуюся последовательность их значений. На Байтыке положение максимумов на 11-летней кривой аналогично Бишкеку, но, в отличие от него, имеет место слабая тенденция в повышении значений максимумов, от максимума 1945 г. к максимуму 1998 г. На станции Кировское пилообразная кривая обнаруживает общую слабую тенденцию повышения температуры к 2010 г. Напротив, на сопредельной станции Талас такая же пилообразная 11-летняя кривая дает хорошо выраженную тенденцию роста абсолютной максимальной температуры к 2010 г., хотя самым высокий максимум на ней наблюдался в 1963 г.

При таком частом чередовании резко выраженных максимумов и минимумов и несхожести отдельных участков кривых на разных станциях следовало ожидать большого разброса значений угловых коэффициентов трендов для станций по периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг., что и наблюдалось на самом деле. Только на более длительном общем интервале 1930–2010 гг. они в значительной мере стабилизировались.

Тем более, все это справедливо для короткорядных станций, которые на интервалах своих периодов наблюдений должны были лишь фрагментарно и поэтому чисто случайным образом (по знаку наблюдаемой тенденции) отразить нарисованную картину, что и наблюдалось на самом деле. Так, две станции Жаны-Жер (Чуйская долина) и Тюя-Ашуу юж. (высокогорная зона) показывают хорошо выраженные тенденции понижения температуры после 1975 г. Напротив, станции Кара-Балта (Чуйская) долина, Ысык-Ата (подножье)

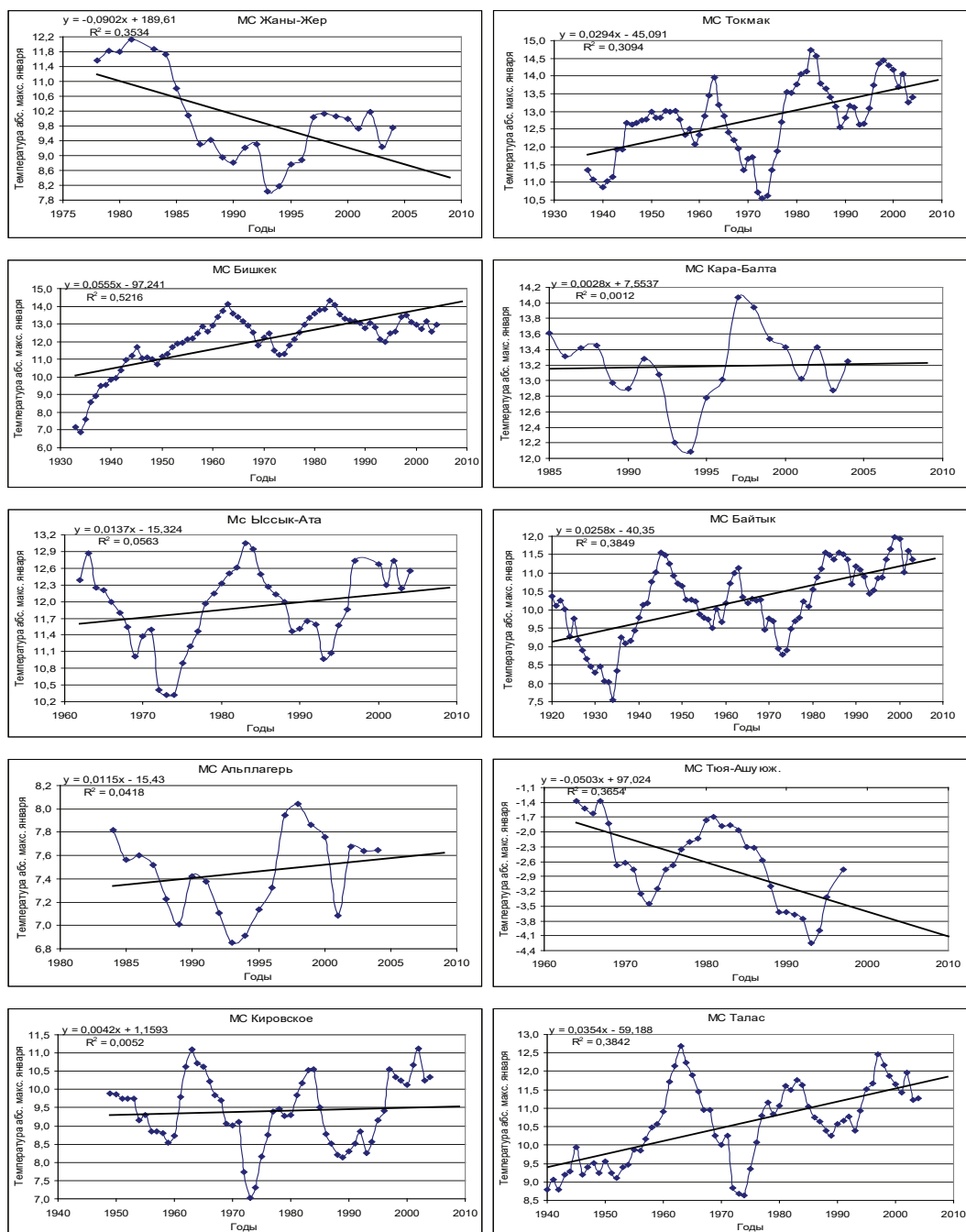


Рисунок 4.2 – Временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных январских температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 4.3 – Абсолютные максимальные январские температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		-0,0056	0,1052			0,0151			-0,0517	0,0389
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		23,2	-194,2			-19,6			110,7	-66,1
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,87$	$\pm 1,11$			$\pm 0,90$			$\pm 0,94$	$\pm 1,05$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,01	0,59			0,07			0,17	0,14
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значим			значим			значим	значим
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		-0,056	1,052			0,151			-0,517	0,389
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		-0,3	4,8			0,7			-2,4	1,8
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	-0,0902	0,0142	-0,0186	0,0028	0,0069	0,0432	0,0115	-0,0956	0,0361	0,0299
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	189,6	-14,8	50,1	7,6	-1,6	-74,9	-15,4	187,1	-62,4	-48,3
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,69$	$\pm 0,55$			$\pm 0,50$			$\pm 0,84$	$\pm 0,56$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,35	0,03	0,08	0,001	0,01	0,35	0,04	0,55	0,12	0,18
5. Значимость по F-критерию	значим	незнач.	незнач.	незнач.	незнач.	значим	незнач.	значим	незнач.	значим
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	-0,902	0,142	-0,186	0,028	0,069	0,432	0,115	-0,956	0,361	0,299
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	-3,2	0,50	-0,7	0,1	0,2	1,5	0,4	-3,4	1,3	1,1

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0198	-0,1238			0,0281			0,0878	-0,0090
2. Оценка значимости Δb		незнач.	значимо			незнач.			значимо	незнач.
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,294	0,555			0,258			0,042	0,354
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-45,1	-97,2			-40,4			1,2	-59,2
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,31	0,52			0,38			0,01	0,38
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} °C и ΔT_{81} °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)			1,052						-0,517	
2. b_2 , °C/10 (1976–10)			-0,186						0,361	
3. b_3 , °C/10 (1930–10)		0,294				0,258				0,354
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		2,4	4,5			2,1			0,3	2,9

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоординатных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Алып-лагерь и *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

и Альплагерь (среднегорная зона) на интервалах своих наблюдений обнаруживают слабую или умеренную тенденцию потепления к 2010 г. Ясно, что здесь нет каких-либо оснований видеть элементы противоречий в тенденциях, характеризующих длиннорядными и короткорядными станциями, а все дело состоит в степени полноты отражений станциями временной картины, в соответствии с длительностью своих исходных рядов.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 4.2 и таблицы 4.3, на 5 длиннорядных станциях в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) коэффициенты b_1 для абсолютных максимальных температур января были не только разнозначными, но и сильно отличались по своей абсолютной величине, что обусловлено большими различиями вида 11-летних кривых на разных станциях. При таком большом разбросе расчетных параметров было не целесообразным пытаться отбраковать сомнительные данные, для этого просто нет каких-либо надежных критериев. Так, станции Токмак и Кировское угловые коэффициенты трендов b_1 имеют отрицательные значения, соответственно равные $-0,056$ и $-0,517$ °C/10 лет. Напротив, станция Бишкек характеризуется очень высоким положительным трендом, $b_1 = 1,052$ °C/10 лет. Рядом расположенный Байтык имеет b_1 в 7 раз меньше, всего $0,15$ °C/10 лет. Станция Талас, сопредельная с Кировским, показывает скорость потепления $b_1 = 0,389$ °C/10 лет. При этом только на станции Токмак тренд статистически не значим. Это привело к очень широкому диапазону значений ΔT_{46} по станциям, от $-2,4$ до $4,8$ °C.

Подчеркнем еще раз, что такая картина встречается нами впервые и находит полное объяснение в той очень большой колеблемости 11-летних кривых абсолютных максимальных температур января, которая наблюдалась на станциях – индивидуальной по станциям и различающихся по высоте максимумов и по глубине минимумов температуры. В такой ситуации браковать угловые коэффициенты трендов b_1 по каким-либо станциям не имеет смысла (то же самое относится и к b_1). Ничто не запрещает найти средние оценки потеплений или похолоданий, которые будут более устойчивыми в такой ситуации.

Если осреднить полученные значения b_1 по 5 длиннорядным станциям ССЗК, то получим положительное и умеренное по величине b_1 (сред.) = $0,204$ °C/10 лет, что дало слабое среднее потепление в поле абсолютных максимальных температур января за 46 лет ΔT_{46} (сред.) = $0,9$ °C.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 4.2, таблицу 4.3) в целом на 4 длиннорядных станциях – Токмак, Байтык, Кировское и Талас – угловые коэффициенты трендов b_2 были более устойчивы: положительные по знаку и по 4 станциям – Токмак, Байтык, Кировское и Талас – находились в пределах от $0,142$ °C/10 лет (Токмак) до $0,432$ °C/10 лет (Байтык). Это дало диапазон потепления за 35 лет, равный $0,5$ – $1,5$ °C.

Однако станция Бишкек показала отрицательный тренд, $b_2 = -0,186$ °C/10 лет и похолодание $\Delta T_{35} = -0,7$ °C. При этом забраковать этот тренд нет никаких оснований. Статистически значимыми коэффициенты трендов b_2 оказались только на двух станциях – Байтык и Талас. Это является прямым следствием высокой межгодовой изменчивости абсолютных максимальных температур января.

В результате в среднем по 5 длиннорядным станциям ССЗК характеристики потепления в поле абсолютных максимальных температур января за 35-летний период 1976–2010 гг. составили: b_2 (сред.) = $0,210$ °C/10 лет, ΔT_{35} (сред.) = $0,7$ °C.

Значение трендов b_2 по 5 короткорядным станциям были также как положительными, так и отрицательными. Они и соответствующие им изменения температуры лежат в полученных для длиннорядных станций пределах за исключением высокогорной Тюя-Ашуу юж. Здесь отрицательное значение углового коэффициента тренда по абсолютной величине очень велико, $b_2 = -0,956$ °C/10 лет, а $\Delta T_{35} = -3,4$ °C. Как уже неоднократно отмечалось, ряд исходных данных на станции урезан справа (заканчивается 1996 г.). Однако, глядя на 11-летнюю кривую, можно видеть, что b_2 при полном ряде могло бы быть слабо/умеренно отрицательным или близким к нулевому значению, но, скорее всего, не иметь существенного положительного значения.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 4.2, позиция 3) для 5 длиннорядных станций дала их статистически значимые расхождения только для двух станций – Бишкек и Кировское. Поэтому для станций Токмак, Байтык и Талас для оценки скорости изменения температуры целесообразно использовать на практике общий коэффициент b_3 , а на станциях Бишкек и Кировское – отдельно коэффициенты b_1 и b_2 по двум периодам (что и отражено в позиции 4 этой таблицы).

По всем 5 длиннорядным станциям коэффициенты b_3 , полученные за весь период наблюдений 1930–2010 гг., оказались положительными и находились в пределах от $0,042$ °C/10 лет (Кировское) до $0,555$ °C/10 лет (Бишкек), что дало диапазон потеплений за 81 год, равный $0,3$ – $4,5$ °C. При этом следует отметить, что только станция Кировское показывает такой малый тренд, без нее диапазон значений $b_3 = 0,258$ – $0,555$ °C/10 лет, а диапазон $\Delta T_{81} = 2,4$ – $4,5$ °C при ΔT_{81} (сред.) = $3,0$ °C.

В результате в поле абсолютных максимальных температур января в среднем по 5 длиннорядным станциям ССЗК характеристики потепления в 81-летний период 1930–2010 гг. составили: b_3 (сред.) = $0,301$ °C/10 лет, ΔT_{81} (сред.) = $2,4$ °C. В данном случае выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам нецелесообразно.

Отметим также, что существенное потепление, наблюдающееся на территории ССЗК в поле абсолютных максимальных температур января, есть

положительный фактор изменения климата, говорящий о том, что зимы за счет этого фактора стали более мягкими.

В заключение (таблица 4.4) для наглядного представления о ходе временных изменений значений самих январских абсолютных максимальных температур $T^{\circ}\text{C}$ приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 4.2) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками абсолютных максимальных температур января рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 4.4 – Трендовые оценки абсолютных максимальных температур января $T^{\circ}\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балга (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						9,2				
1930		11,7	9,9			9,4				9,1
1940		11,9	10,4			9,7			9,3	9,5
1950		12,2	11,0			10,0			9,3	9,8
1960	12,8	12,5	11,5		11,5	10,2		-1,6	9,4	10,2
1970	11,9	12,8	12,1		11,7	10,5		-2,1	9,4	10,6
1980	11,0	13,1	12,6	13,1	11,8	10,7	7,3	-2,6	9,5	10,9
1990	10,1	13,4	13,2	13,1	11,9	11,0	7,5	-3,1	9,5	11,3
2000	9,2	13,7	13,8	13,2	12,1	11,3	7,6	-3,6	9,6	11,6
2010	8,3	14,0	14,3	13,2	12,2	11,5	7,7		9,6	12,0
2020	7,4	14,3	14,9	13,2	12,4	11,8	7,8		9,6	12,3

4.3. Временной ход и тренды абсолютных максимальных температур апреля

На рисунке 4.3 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных апрельских температур с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 4.5 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период исследований 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 4.3 хорошо видно, что колеблемость 11-летних кривых для абсолютных максимальных температур апреля с четко выраженными фазами потеплений/похолоданий была также весьма высокой, но не на таком крайнем уровне,

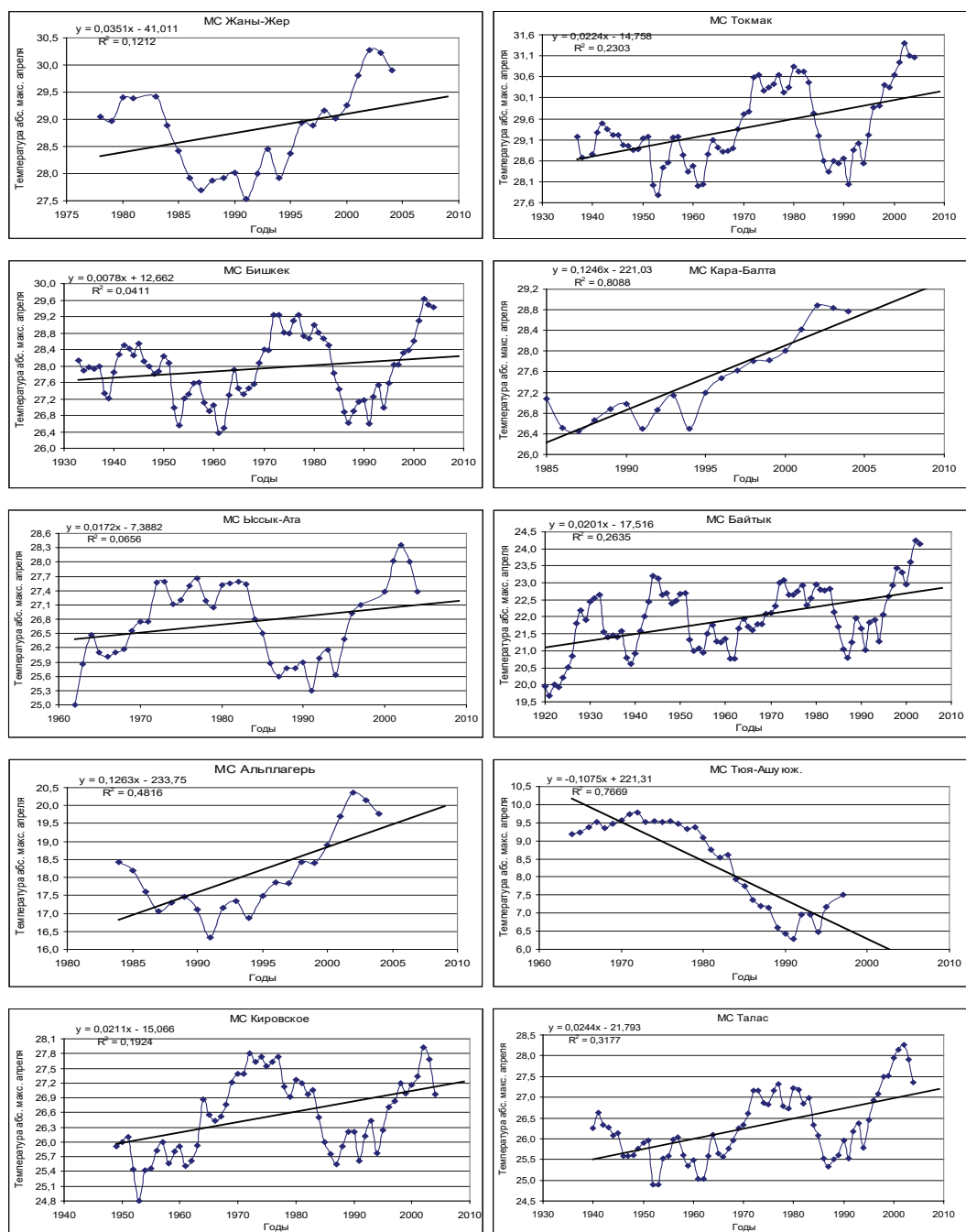


Рисунок 4.3 – Временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных апрельских температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 4.5 – Абсолютные максимальные апрельские температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0217	0,0037			0,0232			0,0917	0,0156
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		-13,3	20,6			-23,5			-153,5	-4,6
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,63$	$\pm 0,68$			$\pm 0,80$			$\pm 0,44$	$\pm 0,56$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,13	0,005			0,18			0,74	0,08
5. Значимость по F-критерию		значим	незнач.			значим			значим	незнач.
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		0,217	0,037			0,232			0,917?	0,156
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		1,0	0,2			1,1			4,2?	0,7
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	0,0351	0,0133	0,0072	0,01246	0,0172	0,0360	0,1263	-0,1075	0,0031	0,0349
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	-41,0	3,4	13,8	-221,0	-7,4	-49,2	233,8	221,3	20,6	-42,6
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 1,02$	$\pm 0,95$			$\pm 0,88$			$\pm 0,69$	$\pm 0,81$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,12	0,01	0,004	0,81	0,07	0,10	0,48	0,77	0,001	0,12
5. Значимость по F-критерию	незнач.	незнач.	незнач.	значим	незнач.	незнач.	значим	значим	незнач.	незнач.
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	0,351	0,133	0,072	0,125	0,172	0,360	1,263	-1,075	0,031	0,349
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	1,2	0,5	0,3	0,4	0,6	1,3	4,4	-3,8	0,1	1,2

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,0084	0,0035			0,0128				0,0193
2. Оценка значимости Δb		незнач.	незнач.			незнач.				незнач.
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,224	0,078			0,201			0,211	0,244
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-14,8	12,7			-17,5			-15,1	-21,8
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,23	0,04			0,26			0,19	0,32
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} , °C и ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,217				0,232				
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		0,133				0,360				
3. b_3 , °C/10 (1930–10)			0,078						0,211	0,244
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,8	0,6			1,6			1,7	2,0

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткокордных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;
2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

как и в январе. Характерной особенностью всех кривых являлись сложные по структуре максимумы и минимумы – «сдвоенные-строенные» с промежуточными слабыми экстремумами. Так, например, в Токмаке основные максимумы соответствовали годам: 1942, 1956–1957, 1973–1980 (сложный максимум с промежуточными слабыми минимума) и самый высокий максимум был в 2002 г. Примерно такая же картина, с некоторыми отличиями, присуща Бишкеку. На Байтыке виден дополнительный максимум 1932 г., а затем два максимума – 1942, и 1973–1980 гг. – сдвинуты на 1945 и 1973–1983 гг., при этом максимум 1956–1957 гг. выражен очень слабо, т. е. перешел в категорию второстепенных. Но максимум 2002 г. на кривой для Байтыка также является самым высоким.

В Кировском, при укороченном слева ряде, отчетливо видны максимум 1951 г., сложный максимум 1972–77 гг. и чуть превышающий его максимум 2002 г. На станции Талас к основным максимумам следует отнести максимумы 1941 г., широкий и сложный максимум 1971–81 гг. и самый высокий максимум 2002 г. Характерно, что все 5 длиннорядных станций показывают отчетливо наметившуюся тенденцию снижения абсолютных максимальных температур после 2002 г.

Такой же индивидуальностью обладают и минимумы на 11-летних кривых для абсолютных максимальных температур.

На 4 короткорядных станциях – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альп-лагерь – на интервалах длительности их 11-летних кривых за счет их чисто случайного положения также отмечаются положительные фрагменты тенденций изменения абсолютных максимальных температур апреля, т. е. они хорошо вписываются в картину для длиннорядных станций.

Кривая на высокогорной станции Тюя-Ашуу юж. (11-летние данные соответствуют 1964–1996 гг.), характеризует только хорошо выраженное понижение температуры на интервале 1972–1991 гг. Заметим, что на Байтыке аналогичное понижение температуры, правда, несколько более сложной структуры, было в 1973–1987 гг. Одновременно среднегорная станция Альплагерь также чисто случайно, на интервале своих данных (1984–2004 гг.), напротив, дает фрагмент сильного положительного тренда. Поэтому станция Тюя-Ашуу юж. на самом деле также достаточно хорошо вписывается в общую картину, наблюдаемую на длиннорядной станции Байтык.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 4.3 и таблицы 4.5, на 4 длиннорядных станциях (исключая станцию Кировское) в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основные тенденции абсолютных максимальных температур апреля были положительными, так что значения скоростей потепления b_1 находились в пределах от 0,037 °C/10 лет (Бишкек) до 0,232 °C/10 лет (Байтык), что дало потепления на этих станциях за 46 лет в диапазоне 0,2–1,1 °C. При этом тренды по Токмаку и Байтыку статистически значимы.

На станции Кировское тренд $b_1 = 0,917$ °C/10 лет завышен, вследствие укорочения 11-летнего ряда слева, что привело к тому, что он практически «накрывает» только одну фазу роста температуры (см. рисунок 4.3). По этой причине тренд признан непоказательным для всего периода 1930–1975 гг., помечен в таблице 4.5 знаком «?» и исключен из дальнейших расчетов.

В результате, в поле абсолютных максимальных температур апреля среднее для ССЗК значение скорости потепления, полученное по 4 длиннорядным станциям, было умеренным, $b_1(\text{сред.}) = 0,161$ °C/10 лет, что соответствует потеплению в период 1930–1975 гг. на 0,7 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. Как следует из рисунка 4.3 и таблицы 4.5, на всех 5 длиннорядных станциях в период потепления мирового климата (1930–1975 гг.) основные тенденции абсолютных максимальных температур апреля были положительными. По отдельным станциям b_2 находились в пределах от 0,031 °C/10 лет (Кировское) до 0,349 °C/10 лет (Талас), что соответствовало потеплению в диапазоне 0,1–1,2 °C. При этом ни один из трендов не был статистически значим, что объясняется, прежде всего, наблюдавшейся большой колеблемостью 11-летних кривых (напомним, что значимость/незначимость определяется как длиной ряда, так и степенью его колеблемости).

В результате средняя по ССЗК скорость потепления в поле абсолютных максимальных температур апреля оказалась умеренной, $b_2(\text{сред.}) = 0,189$ °C/10 лет, что дало потепление за 35 лет всего на 0,7 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 гг. и 1930–1975 (см. таблицу 4.3, позиция 3) для 4 длиннорядных станций дала их статистически незначимые расхождения. Поэтому по 2 станциям – Токмак и Байтык – скорости потепления в периоды 1930–1975 гг. и 1976–2010 гг. следует характеризовать двумя различными коэффициентами b_1 и b_2 , а на станциях Бишкек, Кировское и Талас – одним коэффициентом b_3 для всего периода 1930–2010 гг.

Значения b_3 на всех станциях оказались положительными и находились в пределах от 0,078 °C/10 лет (Бишкек) до 0,244 °C/10 лет (Талас), что дало значения $\Delta T_{81} = 0,6–2,0$ °C. При этом склоновая станция Байтык имела $b_3 = 0,201$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 1,6$ °C, т. е. значения, близкие к средним.

В результате в поле абсолютных максимальных температур апреля в среднем по территории ССЗК $b_3(\text{сред.}) = 0,192$ °C/10 лет, что дало умеренное потепление за 81 год для периода 1930–2010 гг., равное 1,6 °C.

В заключение (таблица 4.6), для наглядного представления о ходе временных изменений значений самих апрельских абсолютных максимальных температур, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные

по уравнениям регрессий (см. рисунок 4.3) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками абсолютных максимальных температур апреля рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 4.6 – Трендовые оценки абсолютных максимальных температур апреля T °С для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						21,1				
1930		28,5	27,7			21,3				25,3
1940		28,7	27,8			21,5			25,9	25,5
1950		28,9	27,9			21,7			26,1	25,8
1960	27,8	29,1	28,0		26,3	21,9		10,6	26,3	26,0
1970	28,1	29,4	28,0		26,5	22,1		9,5	26,5	26,3
1980	28,5	29,6	28,1	25,7	26,7	22,3	16,3	8,5	26,7	26,5
1990	28,8	29,8	28,2	26,9	26,8	22,5	17,6	7,4	26,9	26,8
2000	29,2	30,0	28,3	28,2	27,0	22,7	18,9	6,3	27,1	27,0
2010	29,5	30,3	28,3	29,4	27,2	22,9	20,1		27,3	27,3
2020	29,9	30,5	28,4	30,7	27,4	23,1	21,4		27,6	27,5

4.4. Временной ход и тренды абсолютных максимальных температур июля

На рисунке 4.4 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных температур июля с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 4.7 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период исследований 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 4.4 хорошо видно, что колеблемость 11-летних кривых для абсолютных максимальных температур июля была очень высокой, занимая промежуточное положение по степени колеблемости между январем (наиболее высокая) и апрелем. Основной особенностью 11-летних кривых на всех станциях ССЗК являлось наличие основного максимума в 1978–80 гг. с последующей после него тенденцией общего понижения температуры к 2010 г. Характерно, что на 5 длиннорядных станциях четко выделяются только два максимума – 1940–44 и 1978–80 гг. – и один сложный по структуре минимум, который по различным

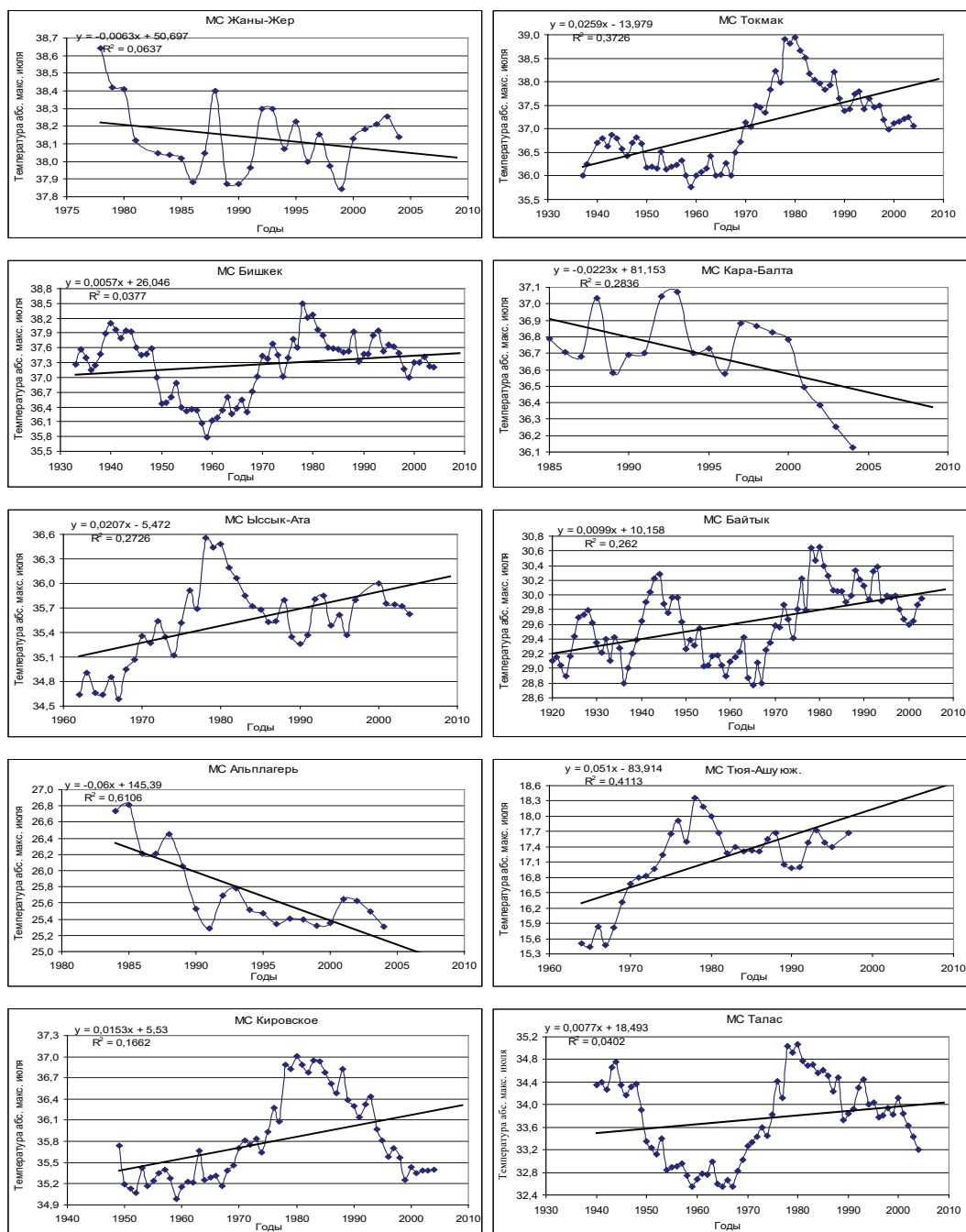


Рисунок 4.4 – Временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных июльских температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 4.7 – Абсолютные максимальные июльские температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0133	-0,0218			-0,0007			0,0198	-0,0406
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		10,4	79,6			30,8			-3,5	112,8
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,47$	$\pm 0,58$			$\pm 0,37$			$\pm 0,22$	$\pm 0,55$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,09	0,19			0,001			0,35	0,38
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значим			незнач.			значим	значим
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		0,133	-0,218			-0,007			0,198	-0,406
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		0,6	-1,0			-0,03			0,9	-1,9
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	-0,0063	-0,0599	-0,0289	-0,0223	-0,0179	-0,0216	-0,0600	-0,0266	-0,0597	-0,0464
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	50,7	157,0	95,0	81,2	71,4	73,0	145,4	70,5	155,0	126,6
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,27$	$\pm 0,25$			$\pm 0,22$			$\pm 0,31$	$\pm 0,28$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,06	0,79	0,51	0,28	0,21	0,40	0,61	0,22	0,73	0,67
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	-0,063	-0,599	-0,289	-0,223	-0,179	-0,216	-0,600	-0,266	-0,597	-0,464
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	-0,2	-2,1	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-2,1	-0,9	-2,1	-1,6

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Алып-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг..										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,0732	-0,0071			-0,0209			-0,0795	-0,0058
2. Оценка значимости Δb		значимо	незнач.			значимо			значимо	незнач.
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,259	0,057			0,099			0,153	0,077
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		13,9	26,0			10,2			5,5	18,5
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,37	0,04			0,26			0,17	0,04
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет), значения $\Delta T_{3,55}$, °C и ΔT_{81} , °C										
1. b_1 °C/10 (1930-75)		0,133				-0,007			0,198	
2. b_2 °C/10 (1976-10)		-0,599				-0,216			-0,597	
3. b_3 °C/10 (1930-10)			0,057							0,077
4. Трендовое ΔT_{81} °C (1930-10)		2,1	0,5			0,8			1,2	0,6

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Алып-лагерь и *Тюя-Ашуу юж.;

2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

станциям заключен внутри общего интервала 1959–67 гг. В результате каждая станция на интервале своего ряда наблюдений может иметь как положительную, так и отрицательную тенденцию изменения абсолютной максимальной температуры, отражая степень покрытия рядом частей этих резко выраженных фаз изменения температуры.

Так, для всех 5 длиннорядных станций на интервале 1930–2010 гг. получены только положительные, слабые или умеренные по величине линейные тренды. На короткорядных станциях они могли быть как положительными (Ысык-Ата, Тюя-Ашуу юж.), так и отрицательными (Жаны-Жер, Кара-Балта и Альплагерь) в зависимости от длины и случайного (по отношению к фазам потеплений/похолоданий) временного положения периода наблюдений. Интересно, что если в апреле (см. рисунок 4.4), на интервале своих 11-летних данных, станция Альплагерь давала значительное повышение абсолютной максимальной температуры, а Тюя-Ашуу юж. – значительное ее понижение, то в июле они поменялись ролями: Альплагерь теперь дает значительное понижение, а Тюя-Ашуу юж. столь же значительное повышение абсолютной максимальной температуры. Этот пример еще раз со всей убедительностью показывает случайный характер фрагментарного отражения основных тенденций изменения температуры для относительно коротких периодов данных.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 4.4 и таблицы 4.7, на 5 длиннорядных станциях ССЗК в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) наблюдались различные по знакам и величине коэффициенты трендов b_1 . Так, положительные b_1 были на станциях Токмак (0,133 °C/10 лет) и Кировское (0,198 °C/10 лет), а отрицательные – на станциях Бишкек (-0,218 °C/10 лет), Байтык (-0,07 °C/10 лет) и Талас (-0,406 °C/10 лет). Это дало диапазон изменений температуры за 46 лет от -1,9 до 0,9 °C. Статистически значимыми были тренды по Бишкеку, Кировскому и Таласу. Как и для января при таком большом разбросе значений b_1 надежных критериев для отбраковки каких-либо трендов нет. Скорее всего, они отражают фактическую индивидуальность изменений абсолютных максимальных температур на станциях

В результате в поле абсолютных максимальных температур июля для территории ССЗК по 5 длиннорядным станциям среднее значение тренда оказалось слабо отрицательным, $b_1(\text{сред.}) = -0,060$ °C/10 лет, что дало небольшое похолодание за 46 лет на -0,3 °C.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. Как следует из рисунка 4.4 и таблицы 4.7, в период потепления мирового климата на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК в поле абсолютных максимальных температур июля, напротив, наблюдалось интенсивное похолодание со статистически значимыми угловыми коэффициентами линейных трендов b_2 от -0,216 °C/10 лет (Байтык) до -0,599 °C/10 лет (Токмак, Кировское). Это соответствовало похолоданию за 46 лет в диапазоне от -0,8 до

-2,1 °С. На всех 5 короткорядных станциях также имели место отрицательные линейные тренды с b_2 , меняющихся в пределах от -0,063 °С/10 лет (Жаны-Жер) до -0,600 °С/10 лет (Альплагерь) и давших похолодания от -0,2 до -2,1 °С. При этом на всех 5 длиннорядных станциях и 4 короткорядных тренды были статистически значимыми (незначим тренд только на станции Жаны-Жер).

В результате в поле абсолютных максимальных температур июля среднее для территории ССЗК по 5 длиннорядным станциям значение тренда оказалось отрицательным, $b_1(\text{сред.}) = -0,433$ °С/10 лет, что дало существенное похолодание за 35 лет на -1,5 °С. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Отметим, что наблюдавшееся в ССЗК существенное похолодание в поле июльских абсолютных максимальных температур (в период общего потепления климата в 1976–2010 гг.) является весьма благоприятным фактором изменения климатических условий, так как соответствует понижению повторяемости и интенсивности летних экстремально жарких погод. Это снижает также вспышки интенсивного таяния ледников в горах, препятствуя их деградации.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. в поле абсолютных максимальных июльских температур (см. таблицу 4.4, позиция 3) для 5 длиннорядных станций дала их статистически значимое расхождение для трех станций – Токмак, Байтык и Кировское. Поэтому по этим 3 станциям скорость изменения этих температур июля в периоды 1930–1975 и 1976–2010 гг. следует оценивать, используя коэффициенты b_1 и b_2 , а по Бишкеку и Таласу – по единому коэффициенту b_3 .

Таблица 4.8 – Трендовые оценки июльских абсолютных максимальных температур T °С для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Биш-кек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Киров-ское (0,92)	Талас (1,22)
1920						29,2				
1930		36,0	37,0			29,3				33,4
1940		36,3	37,1			29,4			35,2	33,4
1950		36,5	37,2			29,5			35,4	33,5
1960	38,4	36,8	37,2		35,1	29,6		16,0	35,5	33,6
1970	38,3	37,0	37,3		35,3	29,7		16,6	35,7	33,7
1980	38,2	37,3	37,3	37,0	35,5	29,8	26,6	17,1	35,8	33,7
1990	38,2	37,6	37,4	36,8	35,7	29,9	26,0	17,6	36,0	33,8
2000	38,1	37,8	37,4	36,6	35,9	30,0	25,4	18,1	36,1	33,9
2010	38,0	38,1	37,5	36,3	36,1	30,1	24,8		36,3	34,0
2020	38,0	38,3	37,6	36,1	36,3	30,2	24,2		36,4	34,0

Изменения самих абсолютных максимальных июльских температур ΔT_{81} по периоду 1930–2010 гг. были оценены по угловому коэффициенту b_3 . Несмотря на сильное похолодание в период 1976–2010 гг., тренды b_3 за весь исследуемый период наблюдений 1930–2010 гг. оказались положительными для всех 5 длиннорядных станций и составили диапазон от 0,057 °C/10 лет (Бишкек) до 0,259 °C/10 лет (Токмак), что дало диапазон потеплений за 81 год 0,5–2,1 °C. При этом по склоновой станции Байтык $b_3 = 0,150$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 1,2$ °C, т. е. характеризовались средними значениями.

В результате в поле абсолютных максимальных температур июля в среднем по территории ССЗК $b_3(\text{сред.}) = 0,129$ °C/10 лет, что дало за 81 год периода 1930–2010 гг. относительно слабое/умеренное потепление на 1,1 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

В заключение (таблица 4.8), для наглядного представления о ходе временных изменений значений самих абсолютных максимальных температур июля, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками абсолютных максимальных температур июля рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

4.5. Временной ход и тренды абсолютных максимальных температур октября

На рисунке 4.5 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных октябрьских температур с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 4.9 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь период исследований 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 4.5 хорошо видно, что для всех 10 станций ССЗК колеблемость 11-летних кривых для абсолютных максимальных температур октября была высокой и имела характерную особенность – пилообразный характер с повышенной частотой следования максимумов и минимумов. Это привело к увеличенному числу второстепенных максимумов и минимумов на кривых, что и создало их сложную временную структуру. Это должно было привести к большей устойчивости коэффициентов трендов по станциям и периодам данных по сравнению с январем и апрелем, что и случилось на самом деле.

Показательно, что все 10 длиннорядных и короткорядных станций на интервалах своих 11-летних данных имеют в октябре только положительные

тенденции в изменениях абсолютных максимальных температур (разумеется, для короткорядных станций это были случайные фрагменты тенденций по отношению к длиннорядным станциям).

Так, на всех 5 длиннорядных станциях отмечается 4 основных максимума, соответствующих 1943–46, 1967–72, 1979–81 и 2000–01 гг. Причем, если на станциях Токмак, Бишкек и Талас после максимума 1979–81 гг. прослеживается тенденция роста температуры к 2010 г., то на станциях Байтык и Кировское, напротив, после 1979–81 гг. она к 2010 г. понижается. Обращает на себя внимание отсутствие на станции Талас тенденции к понижению температуры после 2001 г., тогда как на остальных станциях она прослеживается достаточно четко.

На всех длиннорядных станциях самый глубокий и хорошо выраженный минимум температуры наблюдался в 1955–59 гг., а все остальные соответствовали более коротким колебаниям, но могли быть как значительными по глубине, так и нет.

Все это предопределяет возможную разнонаправленность линейных трендов по исследуемым периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг. для различных станций.

Угловые коэффициенты трендов в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 4.5 и таблицы 4.9, на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) наблюдались только положительные и достаточно высокие угловые коэффициенты трендов b_1 для абсолютных максимальных температур, которые менялись от 0,110 °C/10 лет (Талас) до 0,554 °C/10 лет (Кировское), что дало диапазон повышения за 46 лет от 0,5 до 2,6 °C. На станциях Бишкек, Байтык и Кировское тренды были статистически значимы. При этом на склоновой станции Байтык характеристики потепления соответствовали средним значениям: $b_1 = 0,265$ °C/10 лет, $\Delta T_{46} = 1,2$ °C.

В результате в поле абсолютных максимальных температур октября в среднем по территории ССЗК $b_1(\text{сред.}) = 0,257$ °C/10 лет, что соответствует потеплению за 46 лет на 1,2 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. Как следует из рисунка 4.5 и таблицы 4.9, в период потепления мирового климата в поле абсолютных максимальных температур октября на 5 длиннорядных станциях ССЗК, напротив, могли наблюдаться как значительные положительные b_2 (Токмак, Бишкек и Талас, $b_2 = 0,367$ – $0,541$ °C/10 лет), так и почти нулевые и даже слабо отрицательные по значению коэффициенты b_2 (Байтык $b_2 = 0,060$, Кировское $b_2 = -0,080$ °C/10 лет). В соответствии с этим оценки трендовых изменений абсолютных максимальных температур за 35 лет по станциям находились в пределах от слабого похолодания ($\Delta T_{35} = -0,3$ °C) до существенного потепления ($\Delta T_{35} = 1,9$ °C).

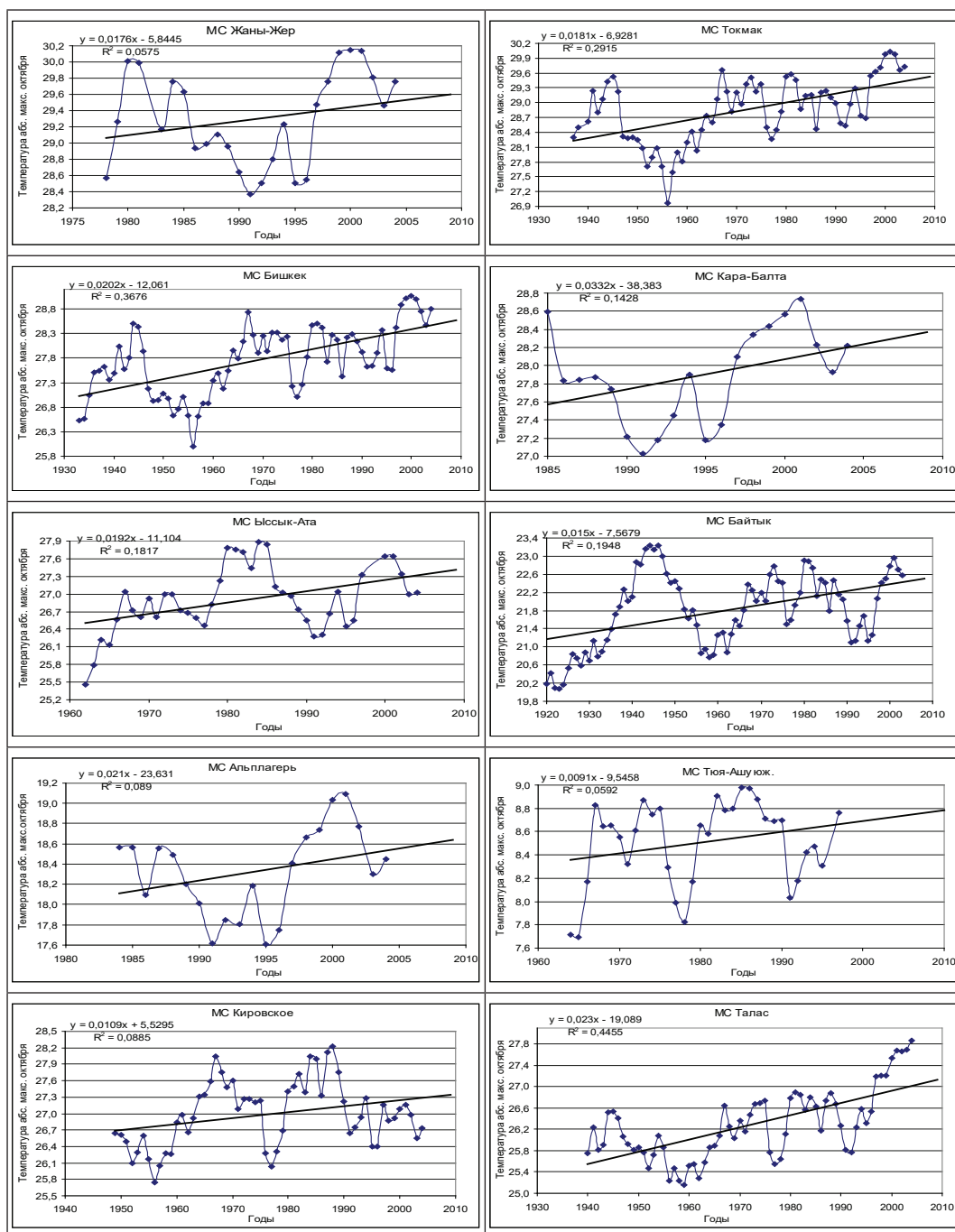


Рисунок 4.5 – Временной ход 11-летних кривых абсолютных максимальных октябрьских температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 4.9 – Абсолютные максимальные октябрьские температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Кировское (1949–04)	Талас (1940–04)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0143	0,0211			0,0265			0,0554	0,0110
2. Свободный член b_0 , °C		0,7	-13,7			-29,9			-81,8	4,4
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,64$	$\pm 0,61$			$\pm 0,79$			$\pm 0,40$	$\pm 0,44$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,06	0,16			0,23			0,55	0,07
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значим			значим			значим	незнач.
6. b_1 , °C/10 лет		0,143	0,211			0,265			0,554	0,110
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,7	1,0			1,2			2,6	0,5
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0176	0,0367	0,0419	0,0332	-0,0043	0,0060	0,0210	0,0097	-0,0080	0,0541
2. Свободный член b_0 , °C	-5,85	-43,9	-55,2	-38,4	35,6	10,1	-23,6	-10,8	43,0	-80,9
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,41$	$\pm 0,46$			$\pm 0,60$			$\pm 0,60$	$\pm 0,47$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,06	0,37	0,38	0,14	0,01	0,01	0,09	0,03	0,01	0,50
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	значим	незнач.	незнач.	незнач.	незнач.	незнач.	незнач.	значим
6. b_2 , °C/10 лет	0,176	0,367	0,419	0,332	-0,043	0,060	0,210	0,097	-0,080	0,541
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	0,6	1,3	1,5	1,2	-0,2	0,2	0,7	0,3	-0,3	1,9

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1978–04)	Токмак (1938–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1920–04)	*Альп-лагерь (1984–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1964–96)	Киров-ское (1949–04)	Талас (1940–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг..										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0224	0,0208			-0,0205			-0,0634	0,0431
2. Оценка значимости Δb		незнач.	незнач.			незнач.			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,181	0,202			0,150			0,109	0,230
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-6,9	-12,1			-7,6			5,5	-19,1
5. $B = R^2$ (1930–10)	0,06	0,29	0,37	0,14	0,18	0,19	0,09	0,06	0,09	0,45
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} , °C и ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,143				0,265			0,554	0,110
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		0,367				0,060			-0,080	0,541
3. b_3 , °C/10 (1930–10)			0,202							
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,5	1,6			1,2			0,9	1,9

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

В результате в поле абсолютных максимальных температур октября по территории ССЗК по данным 5 длиннорядных станций b_2 (сред.) = 0,261 °C/10 лет, что соответствовало потеплению на 0,9 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным районам и склонам в данном случае нецелесообразно.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. в поле абсолютных максимальных температур октября (см. таблицу 4.5, позиция 3) для 5 длиннорядных станций дала их статистически значимое расхождение для двух станций – Кировское и Талас. Поэтому по 4 станциям – Токмак, Байтык, Кировское и Талас – скорость изменения этих температур для октября в периоды 1930–1975 и 1976–2010 гг. следует оценивать, используя коэффициенты b_1 и b_2 , а по Бишкеку – по единому коэффициенту b_3 .

Изменения абсолютных максимальных температур октября ΔT_{81} на всех станциях были оценены по тренду за весь период наблюдений 1930–2010 гг. Полученные коэффициенты b_3 оказались на всех 5 длиннорядных станциях положительными и составили диапазон от 0,109 °C/10 лет (Кировское) до 0,230 °C/10 лет (Токмак), что дало диапазон потеплений за 81 год 0,9–1,9 °C

В результате в поле абсолютных максимальных температур октября в среднем по территории ССЗК b_3 (сред.) = 0,174 °C/10 лет, что дало за 81 год периода 1930–2010 гг. умеренное потепление на 1,4 °C. Это несомненно является благоприятным фактором для климатических условий лета, когда на фоне общего потепления климата жаркие погоды начала осени по своей частоте и интенсивности существенно не усилились.

Таблица 4.10 – Трендовые оценки октябрьских абсолютных максимальных температур T °C для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						21,2				
1930		28,0	26,9			21,4				25,3
1940		28,2	27,1			21,5			26,7	25,5
1950		28,4	27,3			21,7			26,8	25,8
1960	28,7	28,5	27,5		26,5	21,8		8,3	26,9	26,0
1970	28,8	28,7	27,7		26,7	22,0		8,4	27,0	26,2
1980	29,0	28,9	27,9	27,4	26,9	22,1	17,9	8,5	27,1	26,5
1990	29,2	29,1	28,1	27,7	27,1	22,3	18,2	8,6	27,2	26,7
2000	29,4	29,3	28,3	28,0	27,3	22,4	18,4	8,7	27,3	26,9
2010	29,5	29,5	28,5	28,3	27,5	22,6	18,6		27,4	27,1
2020	29,7	29,6	28,7	28,7	27,7	22,7	18,8		27,5	27,4

В заключение (таблица 4.10) для наглядного представления о ходе временных изменений значений самих абсолютных максимальных температур октября приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 4.5) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками абсолютных максимальных температур октября рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

4.6. Нормы абсолютных максимальных температур и нормы их СКО, для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

В заключение в пп. 4.1–4.5 приведем рассчитанные нормы абсолютных максимальных температур в среднем годовом выводе и для различных месяцев года, а также нормы их средних квадратических отклонений (СКО) за три исследуемых периода 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

Сделаем сравнение этих норм за два смежных периода – 1930–1975 и 1976–2010 гг., а по трем станциям – Бишкек, Байтык и Талас – дополнительно сделаем сравнение норм температур также с данными Научно-прикладного справочника по климату издания 1989 г. Напомним, что в этом справочнике нормы средних максимальных температур не приводились к какому-либо периоду, а рассчитаны по фактическим рядам наблюдений в пределах 1912–1980 гг. К сожалению, нормы СКО этих температур в справочнике отсутствуют и по ним такое сравнение сделать нельзя.

Результаты расчетов норм по различным периодам приведены в таблицах 4.11 и 4.12. В этих таблицах для 5 короткорядных станций Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. нормы средних максимальных температур и нормы их СКО показаны в двух строчках, которые соответствуют двум следующим периодам: фактически использованному по станции ряду внутри 1976–2009 гг. (условно периоду 1976–2010 гг.) и всему фактическому периоду на станции по 2009 г. включительно. Для 5 длиннорядных станций Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас нормы приведены в трех строчках, которые соответствуют трем периодам: фактическому ряду на станции, внутри 1930–1975 гг. (условно период 1930–1975 гг.), фактическому ряду на станции внутри 1976–2009 гг. (условно период 1976–2010 гг.) и всему фактическому ряду работы станции по 2009 г. включительно. Кроме того, для трех станций – Бишкек, Байтык и Талас – в четвертой строчке таблицы 4.11 дана норма по климатическому справочнику 1989 г.

Практическое применение всех этих данных, прежде всего, состоит в следующем.

1. По всем 10 станциям полученные месячные и годовые нормы абсолютных максимальных температур и нормы их СКО за период 1976–2010 гг. следует

Таблица 4.11 – Нормы абсолютных максимальных температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; строка 4 – данные Научно-прикладного справочника по климату за 1881–1980 гг.; темным выделены названия длиннорядных станций)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–1976, 1978–2009 гг.), строки: 1976–2009; 1973–2009 гг.												
10,1	13,4	23,0	29,2	32,2	36,3	38,2	37,3	33,6	29,4	22,9	13,9	26,6
9,9	12,9	23,1	29,0	32,2	36,4	38,3	37,2	33,5	29,2	22,8	13,4	26,5
Токмак – 0,82 км (1932–1933, 1935–2009 гг.), строки: 1932–1975; 1976–2009; 1932–2009 гг.												
12,0	15,7	23,5	29,0	31,7	34,4	36,4	35,2	32,3	28,4	21,4	14,3	26,2
13,5	15,8	23,9	30,2	32,4	35,7	37,8	36,8	34,0	29,4	23,6	16,3	27,5
12,6	15,8	23,7	29,6	32,0	35,0	37,0	35,9	33,1	28,8	22,4	15,2	26,7
Бишкек – 0,76 км (1928–2009), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1928–2009; КС–1989 г.												
10,9	14,3	22,0	27,8	30,6	34,4	37,1	35,8	32,0	27,5	20,2	13,5	25,5
13,1	15,4	22,6	28,5	31,1	35,7	37,7	36,6	33,1	28,3	22,8	16,3	26,8
11,8	14,8	22,2	28,1	30,8	35,0	37,3	36,1	32,5	27,8	21,2	14,5	26,0
11,0	14,0	22,0	28,0	31,0	34,0	37,0	36,0	32,0	27,0	20,0	14,0	25,5
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
13,4	15,2	22,2	27,8	30,5	34,9	36,7	36,0	32,6	28,3	22,6	16,7	26,4
13,1	15,4	22,3	27,3	30,4	34,7	36,6	35,8	32,6	28,0	21,9	16,1	26,2
Бсык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
12,1	14,0	21,1	27,0	30,0	33,7	35,9	34,7	31,3	27,1	21,7	15,3	25,3
11,9	13,5	21,4	26,6	29,6	33,5	35,5	34,4	31,0	26,8	20,8	14,7	25,0
Байтык – 1,58 км (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1915–2009; КС– 1989 г.												
9,7	11,8	16,8	21,9	24,0	27,0	29,4	28,6	25,8	21,9	16,3	11,5	20,4
11,0	11,5	16,4	22,9	24,6	27,8	30,2	28,9	26,5	22,3	17,8	13,2	21,1
10,3	11,4	16,4	22,0	24,2	27,2	29,7	28,8	26,0	21,8	16,7	11,8	20,5
10,0	11,0	16,0	22,0	24,0	27,0	29,0	29,0	25,0	22,0	16,0	11,0	20,2
Альплагерь – 2,13 км (1978–2008 гг.), строки 1978–2009 гг.												
7,5	7,8	12,7	18,6	21,7	23,7	26,0	25,5	23,2	18,4	14,2	9,5	7,5
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1959–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–2003, 2008–2009 гг.; 1959–2003, 2008–2009 гг.												
-2,3	-1,3	3,6	7,8	10,8	14,2	17,6	17,4	13,9	8,8	3,7	-0,7	-2,3
-2,2	-1,5	4,1	8,4	10,7	14,0	17,1	17,3	13,7	8,7	3,5	-0,8	-2,2
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
9,2	11,9	20,9	26,4	30,1	33,3	35,5	34,6	31,3	26,9	19,6	11,2	24,3
9,6	12,7	20,6	26,8	29,7	34,5	36,2	35,3	31,7	27,1	21,0	12,9	24,8
9,4	12,3	20,7	26,6	29,9	33,9	35,9	34,9	31,5	27,0	20,4	12,1	24,6
Талас – 1,22 км (1930–1932, 1934–2009 гг.), строки: 1930–1932, 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1930–1932, 1934–2009 гг.; КС – 1989 г.												
9,5	12,7	19,9	26,0	28,6	31,2	33,5	32,6	29,3	25,8	19,2	11,7	23,4
11,1	13,4	20,8	26,9	29,4	32,6	34,1	33,5	30,8	26,9	21,5	15,0	24,6
10,2	13,0	20,3	26,4	29,0	31,8	33,7	33,0	30,0	26,3	20,2	13,1	23,9
9,0	13,0	20,0	26,0	28,0	31,0	34,0	33,0	29,0	26,0	19,0	12,0	23,3

Таблица 4.12 – Нормы СКО абсолютных максимальных температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–1976, 1978–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1973–2009 гг.												
4,2	4,6	3,7	2,7	2,3	1,9	1,6	1,9	2,4	2,8	3,7	3,1	1,1
4,1	4,7	3,6	2,6	2,3	1,9	1,6	1,9	2,3	2,8	3,7	3,8	1,2
Токмак – 0,82 км (1932–33, 1935–09 гг.), строки: 1932–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1932–2009 гг.												
3,1	4,3	3,3	2,7	2,1	1,9	1,9	2,1	2,1	3,0	3,0	3,5	0,9
3,4	3,7	3,4	3,1	2,2	2,0	2,1	2,0	2,7	2,8	3,3	2,5	0,8
3,3	4,0	3,3	3,0	2,2	2,1	2,1	2,2	2,5	3,0	3,3	3,2	1,1
Бишкек – 0,76 км (1928–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1928–2009 гг.												
3,4	3,6	3,5	2,9	2,3	1,8	2,0	1,7	1,8	3,0	3,3	4,1	0,9
3,1	3,4	3,8	2,9	2,4	2,3	2,0	2,0	2,5	3,2	3,0	2,6	0,8
3,4	3,6	3,7	2,9	2,3	2,1	2,0	1,8	2,2	3,1	3,4	4,0	1,1
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
3,6	3,9	3,4	2,5	2,7	2,2	1,8	1,9	2,4	2,8	3,2	2,8	0,9
3,6	4,1	3,4	2,8	2,7	2,3	1,7	1,9	2,3	2,9	3,5	3,1	1,1
Бсык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
2,9	3,2	3,6	2,9	2,4	2,0	2,1	2,1	2,5	2,2	2,8	2,4	0,9
3,0	3,6	3,4	3,0	2,3	2,0	2,1	2,0	2,4	2,5	3,1	2,8	1,0
Байтык 1,58 км – (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1915–2009 гг.												
2,8	3,4	3,4	3,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,6	2,8	2,9	3,0	1,2
3,0	3,2	3,8	3,3	2,5	2,2	1,9	2,1	2,4	3,0	2,7	2,1	0,9
2,9	3,3	3,6	3,2	2,4	2,1	2,0	2,0	2,5	2,8	3,0	3,0	1,1
Альплагерь – 2,13 км (1978–2008 гг.), строки 1978–2009 гг.												
2,4	2,3	2,8	3,3	2,5	2,4	2,1	2,4	2,4	2,7	3,3	2,0	2,4
Тюя-Ашуу юж. – 23,23 км (1959–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–2003, 2008–2009 гг.; 1959–2003, 2008–2009 гг.												
2,4	2,4	2,3	2,3	1,9	2,2	1,7	2,0	1,6	2,1	2,4	2,4	2,4
2,6	2,5	2,7	2,1	1,8	2,0	2,1	1,8	1,6	2,3	2,3	2,4	2,6
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
3,5	5,0	4,4	2,7	2,1	1,8	1,7	2,0	1,9	2,6	2,5	4,0	1,0
3,9	3,5	3,7	2,7	2,4	1,7	2,0	2,2	2,0	3,1	3,6	2,9	1,0
3,7	4,3	4,1	2,7	2,2	1,9	1,9	2,1	2,0	2,9	3,2	3,5	1,0
Талас – 1,22 км (1930–1932, 1934–2009 гг.), строки: 1930–1932, 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1930–1932, 1934–2009 гг.												
4,1	2,6	2,0	1,7	1,9	2,1	2,0	2,7	3,0	3,8	1,0	4,1	2,6
3,6	2,9	2,4	2,1	1,9	2,1	2,4	2,6	2,7	2,9	0,9	3,6	2,9
3,9	2,8	2,2	2,0	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1	3,8	1,1	3,9	2,8

Таблица 4.13 – Разности норм абсолютных максимальных температур за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (первая строка) и за периоды 1976–2010 и 1881–1980 гг. (Климатический справочник, 1989 г.)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Токмак												
1,5	0,1	0,4	1,2	0,8	1,4	1,4	1,6	1,7	1,0	2,3	2,0	1,3
Бишкек: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
2,1	1,1	0,6	0,7	0,5	1,3	0,6	0,8	1,1	0,9	2,7	2,8	1,3
2,1	1,4	0,6	0,5	0,1	1,7	0,7	0,6	1,1	1,3	2,8	2,3	1,3
Байтык: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
1,3	-0,3	-0,4	1,0	0,6	0,7	0,8	0,3	0,7	0,3	1,4	1,8	0,7
1,0	0,5	0,4	0,9	0,6	0,8	1,2	-0,1	1,5	0,3	1,8	2,2	1,3
Кировское												
0,4	0,8	-0,4	0,5	-0,4	1,1	0,7	0,7	0,5	0,1	1,4	1,7	0,6
Талас: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
1,7	0,7	0,8	0,9	0,8	1,4	0,6	0,9	1,4	1,1	2,3	3,2	1,2
2,1	0,4	0,8	0,9	1,4	1,6	0,1	0,5	1,8	0,9	2,5	3,0	1,3

использовать как *новые нормы, соответствующие современному климату*, взамен норм, приводимых в различных публикациях и справочниках прошлых лет.

2. По 5 длиннорядным станциям можно сравнить новые нормы абсолютных максимальных температур за 1976–2010 гг. с нормами за 1930–1975 гг., а по 3 из них также с нормами по климатическому справочнику за 1881–1980 гг.

Оказалось, что в среднем годовая норма на длиннорядных станциях повысилась на 1,02 °С от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов.

При этом в Кировском и на Байтыке наблюдалось минимальное повышение, всего на 0,6 и 0,7 °С. По остальным станциям – Токмак, Бишкек и Талас – повышение норм составляло 1,2–1,3 °С, т. е. было более существенным. Относительно данных Климатического справочника среднее повышение норм в 1976–2010 гг. в Бишкеке, Байтыке и Таласе также равнялось 1,3 °С.

Из 60 случаев месячных норм абсолютных максимальных температур в 56 случаях (93 %) наблюдалось их повышение от 1930–1975 к 1976–2010 гг. Это повышение было максимальным в ноябре, декабре и январе, до 1,3–2,8 °С. В остальное время года характерным было более слабое повышение норм в пределах 0,2–1,0 °С. Исключение представляют Байтык и Кировское, где в феврале, марте и мае имело место понижение норм на -0,3 и -0,4 °С. Таким образом, наиболее интенсивные потепления в нормах на станциях соответствовали ноябрю, декабрю и январю, а наименее интенсивные лету или весне.

Рекомендуется использовать на практике по всем 10 станциям полученные новые годовые и месячные нормы для абсолютных максимальных температур, соответствующие периоду 1976–2009 гг.

3 Нормы СКО для различных периодов по данным всем 10 станций характеризуются следующим. Значения норм СКО абсолютных максимальных

годовых температур за 1976–2010 гг. малы и колеблются в узких пределах, 0,8–1,2 °С. Исключением является станции Альплагерь, Кировское и Талас, где годовые нормы СКО оказались значительно выше, составляя 2,4–2,9 °С. При этом на всех 5 длиннорядных станциях нормы СКО несущественно меняются от периода 1930–1975 гг. к периоду 1976–2010 гг. Это значит, что, несмотря на наблюдающееся потепление климата, междугодовая колеблемость годовых значений этих температур оставалась практически без изменений.

Однако нормы СКО для месячных температур значительно выше их средних годовых значений. Особенно это справедливо для зимних, весенних и осенних месяцев, когда месячные нормы СКО могут достигать 3,5–4,7 °С, тогда как летом их характерные значения, хотя и больше годовых, но составляют около 2,0 °С. Это говорит о более высоких междугодовых колебаниях абсолютных максимальных температур отдельных месяцев по сравнению с колебаниями, полученными для годового осреднения. По разным периодам для одной и той же станции различие месячных норм СКО больше, чем для года, но в целом мало, составляя до 0,5 °С и только в отдельных случаях достигая 1–1,5 °С.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 4

В таблице 4.14 приведены итоговые результаты статистических характеристик для абсолютных *максимальных годовых и абсолютных максимальных месячных* температур по 10 метеостанциям ССЗК в периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., на основании которых, с учетом проведенного анализа, можно сформулировать следующие выводы.

1. В ходе 11-летних абсолютных максимальных температур для года и центральных месяцев сезонов для 5 длиннорядных станций за общий период их работы 1930–2010 гг., наблюдалось хорошо выраженное чередование фаз повышения и понижения температуры со случайными датами их начала-конца, длительности и амплитуды. При этом фазы абсолютных максимальных годовых температур были выражены гораздо резче, чем для средних максимальных годовых, и, тем более, средних годовых температур. Еще резче они выражены для абсолютных максимальных температур центральных месяцев сезонов. Все это предопределило очень большую изменчивость величин угловых коэффициентов трендов и их знаков по отдельным станциям и периодам и, прежде всего, для короткорядных станций. Наиболее достоверными являются тренды b_3 , полученные по длиннорядным станциям за весь период их работы, которые освещают днища Чуйской и Таласской долин и зону склонов до высот 1,5–2 км.

2. В поле абсолютных максимальных годовых температур в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 4 длиннорядным станциям (тренд b_1 по станции Кировское забракован) наблюдался их слабый или умеренный рост со скоростями от $b_1 = 0,098$ °С/10 лет до $b_1 = 0,186$ °С/10 лет

и $\Delta T_{46} = 0,5 \dots, 0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Это дало в среднем по 4 станциям слабое повышение температуры со значением $b_1(\text{сред.}) = 0,138 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$. На склоновой станции Байтык наблюдалось такое же слабое потепление, $b_1 = 0,112 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. скорость потепления по 5 длиннорядным станциям в целом была несколько выше, $b_2 = 0,096 \dots, 0,339 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 0,3 \dots, 1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Это дало среднюю умеренную скорость потепления, $b_2(\text{сред.}) = 0,265 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом на склоновой станции Байтык эти характеристики были близки к средним, $b_2 = 0,303 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 1,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В целом для периода 1930–2010 гг. скорость потепления была умеренной и соответствовала диапазону $b_3 = 0,148 \dots, 0,324 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 1,2 \dots, 2,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Это дало в среднем по 5 станциям $b_3(\text{сред.}) = 0,251 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в широком диапазоне значений от $-0,424$ до $0,814 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$. При этом в 17 случаях из 19 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 4 случаях из 4 и оказалась значимой также в 4 случаях из 4.

3. В поле абсолютных максимальных январских температур (зима) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 5 длиннорядных станциях наблюдались резко различные по величине и знаку скорости изменения температуры, от сильного похолодания, $b_1 = -0,517 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ (Кировское), до очень сильного потепления, $b_1 = 1,052 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ (Бишкек), что дало очень широкий диапазон $\Delta T_{46} = -2,4 \dots, +4,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако по осредненным данным получено умеренное повышение температуры со значением $b_1(\text{сред.}) = 0,204 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, что дало $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом на склоновой станции Байтык наблюдалось чуть более слабое потепление, $b_1 = 0,151 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = 0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на 4 длиннорядных станциях (кроме Бишкека) шло потепление со скоростями от слабых до значительных, $b_2 = 0,142 \dots, 0,432 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 0,5 \dots, 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Станция Бишкек, напротив, отметила слабое похолодание, $b_2 = -0,186 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = -0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При осреднении по 5 станциям получено умеренное потепление со скоростью $b_2(\text{сред.}) = 0,210 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Склоновая станция Байтык, вопреки обычному, отмечала сильное потепление, $b_2 = 0,432 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях наблюдалось потепление в диапазоне от очень слабого до сильного, $b_3 = 0,042 \dots, 0,555 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 0,3 \dots, 4,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Это дало среднюю по 5 станциям умеренную скорость потепления, $b_3(\text{сред.}) = 0,301 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 2,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом склоновая станция Байтык также отмечала умеренное потепление, $b_3 = 0,258 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 2,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблица 4.14 – Итоговые результаты статистических характеристик для абсолютных максимальных температур по станциям ССЗК (средние значения получены по данным длиннорядных станций, темным шрифтом выделены статистически значимые тренды)

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	b ₁ , °C/10	b ₂ , °C/10	Δb	b ₃ , °C/10	ΔT ₄₆ , °C	ΔT ₃₅ , °C	ΔT ₈₁ , °C
<i>Абсолютные максимальные годовые температуры</i>							
Жаны-Жер*		0,257				0,9	
Токмак	0,157	0,252	0,0095	0,285	0,7	0,9	2,3
Бишкек	0,186	0,333	0,0147	0,272	0,9	1,2	2,2
Кара-Балта*		0,525				1,8	
Ысык-Ата*		0,814				2,9	
Байтык	0,112	0,303	0,0191	0,148	0,5	1,1	1,2
Альплагерь*		0,480				1,7	
Тюя-Ашуу юж. *		-0,424				-1,5	
Кировское	брак	0,096		0,227	брак	0,3	1,8
Талас	0,098	0,339	0,0241	0,324	0,5	1,2	2,6
Среднее	0,138	0,265		0,251	0,6	0,9	2,0
<i>Абсолютные максимальные температуры января (зима)</i>							
Жаны-Жер*		-0,902				-3,2	
Токмак	-0,056	0,142	0,0198	0,294	-0,3	0,5	2,4
Бишкек	1,052	-0,186	-0,1238	0,555	4,8	-0,7	4,5
Кара-Балта*		0,028				0,1	
Ысык-Ата*		0,069				0,2	
Байтык	0,151	0,432	0,0281	0,258	0,7	1,5	2,1
Альплагерь*		0,115				0,4	
Тюя-Ашуу юж. *		-0,956				-3,4	
Кировское	-0,517	0,361	0,0878	0,042	-2,4	1,3	0,3
Талас	0,389	0,299	-0,009	0,354	1,8	1,1	2,9
Среднее	0,204	0,210		0,301	0,9	0,7	2,4
<i>Абсолютные максимальные температуры апреля (весна)</i>							
Жаны-Жер*		0,351				1,2	
Токмак	0,217	0,133	-0,0084	0,224	1,0	0,5	1,8
Бишкек	0,037	0,072	0,0035	0,078	0,2	0,3	0,6
Кара-Балта*		0,125				0,4	
Ысык-Ата*		0,063				0,2	
Байтык	0,232	0,360	0,0128	0,201	1,1	1,3	1,6
Альплагерь*		1,263				4,4	
Тюя-Ашуу юж. *		-1,547				-5,4	
Кировское	брак	0,031		0,211	брак	0,1	1,7
Талас	0,156	0,349	0,0193	0,244	0,7	1,2	2,0
Среднее	0,161	0,189		0,192	0,7	0,7	1,6

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	$b_1^{\circ}\text{C}/10$	$b_2^{\circ}\text{C}/10$	Δb	$b_3^{\circ}\text{C}/10$	$\Delta T_{46}^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{35}^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{81}^{\circ}\text{C}$
<i>Абсолютные максимальные температуры июля (лето)</i>							
Жаны-Жер*		-0,063				-0,2	
Токмак	0,133	-0,599	-0,0732	0,259	0,6	-2,1	2,1
Бишкек	-0,218	-0,289	-0,0071	0,057	-1,0	-1,0	0,5
Кара-Балта*		-0,223				-0,8	
Ысык-Ата*		-0,179				-0,6	
Байтык	-0,007	-0,216	-0,0209	0,099	-0,03	-0,8	0,8
Альплагерь*		-0,600				-2,1	
Тюя-Ашуу *юж.		-0,266				-0,9	
Кировское	0,198	-0,597	-0,0795	0,153	0,9	-2,1	1,2
Талас	-0,406	-0,464	-0,0058	0,077	-1,9	-1,6	0,6
Среднее	-0,060	-0,433		0,129	-0,3	-1,5	1,1
<i>Абсолютные максимальные температуры октября (осень)</i>							
Жаны-Жер*		0,176				0,6	
Токмак	0,143	0,367	0,0224	0,181	0,7	1,3	1,5
Бишкек	0,211	0,419	0,0208	0,202	1,0	1,5	1,6
Кара-Балта*		0,322				1,2	
Ысык-Ата*		-0,043				-0,2	
Байтык	0,265	0,060	-0,0205	0,150	1,2	0,2	1,2
Альплагерь*		0,210				0,7	
Тюя-Ашуу юж. *		0,097				0,3	
Кировское	0,554	-0,080	-0,0634	0,109	2,6	-0,3	0,9
Талас	0,110	0,541	0,0431	0,230	0,5	1,9	1,9
Среднее	0,257	0,261		0,174	1,2	0,9	1,4

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от -0,956 до 1,052 $^{\circ}\text{C}/10$ лет. При этом в 12 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 5 и оказалась значимой в двух случаях из 5.

4. В поле абсолютных максимальных апрельских температур (весна) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 4 длиннорядных станциях (тренд b_1 на станции Кировское забракован) шло потепление со скоростями от слабых до умеренных, $b_1 = 0,037 \dots, 0,232$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = 0,2 \dots, 1,1$ $^{\circ}\text{C}$. В среднем по этим 4 станциям это дало слабое повышение температуры со значением $b_1(\text{сред.}) = 0,161$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,7$ $^{\circ}\text{C}$. При этом по склоновой станции Байтык наблюдалось наиболее значительное (из 4 станций) потепление, $b_1 = 0,232$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = 1,1$ $^{\circ}\text{C}$

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях также шло потепление со слабыми и умеренными скоростями, $b_2 = 0,031 \dots, 0,360$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{35} = 0,1 \dots, 1,3$ $^{\circ}\text{C}$. Это дало в среднем по 5 станциям малую скорость потепления, $b_2(\text{сред.}) = 0,189$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,7$ $^{\circ}\text{C}$. При этом склоновая станция Байтык, как и для периода 1930–1975 гг., отмечала наиболее сильное по станциям потепление, $b_2 = 0,360$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 1,3$ $^{\circ}\text{C}$.

В целом для периода 1930–2010 гг. по 5 длиннорядным станциям наблюдалось потепление со скоростями от очень слабых до умеренных, $b_3 = 0,78 \dots,$

0,244 °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,3 \dots, 1,2$ °C. В среднем по 5 станциям это дало умеренное потепление с $b_3(\text{сред.}) = 0,192$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,6$ °C. При этом склоновая станция Байтык отмечала потепление очень близкое к среднему, с $b_3 = 0,201$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 1,6$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от -1,547 до 1,263 °C/10 лет. При этом в 10 случаях из 19 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 4 и оказалась незначимой во всех 4 случаях.

5. В поле абсолютных максимальных июльских температур (лето) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 5 длиннорядных станциях наблюдались весьма различные по величине и разные по знакам скорости изменения температуры от сильного похолодания до умеренного потепления, $b_1 = -0,406 \dots, 0,198$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -1,9 \dots, 0,9$ °C. В среднем по 5 станциям это дало очень слабое понижение температуры со значением $b_1(\text{сред.}) = -0,060$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,3$ °C. При этом склоновая станция Байтык имела практически нулевой тренд, $b_1 = -0,007$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 0,0$ °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях шло похолодание со скоростями от умеренных до сильных, $b_2 = -0,216 \dots, -0,599$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -0,8 \dots, -2,1$ °C. Это дало в среднем по 5 станциям высокую скорость похолодания, $b_2(\text{сред.}) = -0,433$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = -1,5$ °C. При этом склоновая станция Байтык отмечала умеренное похолодание, $b_2 = -0,216$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -0,8$ °C.

Однако, в целом, для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях линейные тренды дали потепление со скоростями от слабых до умеренных, $b_3 = 0,057 \dots, 0,259$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,5 \dots, 2,1$ °C. В среднем по 5 станциям получено слабое потепление с $b_3(\text{сред.}) = 0,129$ °C/10 лет, что дало $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,1$ °C. При этом склоновая станция Байтык также имела слабое потепление, $b_3 = 0,099$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,8$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в широком диапазоне от -0,600 до 0,259 °C/10 лет. При этом в 15 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была отрицательной во всех 5 случаях из 5 и оказалась значимой в 3 случаях из 5.

6. В поле абсолютных максимальных октябрьских температур (осень) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на всех 5 длиннорядных станциях наблюдалось потепление со скоростями от слабых до сильных, $b_1 = 0,110 \dots, 0,554$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 0,5 \dots, 2,6$ °C. В среднем по 5 станциям это дало умеренное повышение температуры со значением $b_1(\text{сред.}) = 0,257$ °C/10 лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 1,2$ °C. При этом склоновая станция Байтык также имела умеренное повышение температуры, $b_1 = 0,265$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 1,2$ °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. 4 длиннорядные станции (кроме станции Кировское) также дают потепление с примерно такими же скоростями, $b_2 = 0,060 \dots, 0,541$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,2 \dots, 1,9$ °C. Станция

Кировское, напротив, отмечает слабое похолодание, $b_2 = -0,080$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -0,3$ °C. В среднем по 5 станциям имело место потепление с умеренной скоростью, $b_2(\text{сред.}) = 0,261$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,9$ °C. На склоновой станции Байтык шло очень слабое потепление, $b_2 = 0,060$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,2$ °C.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях шло слабое или умеренное потепление со скоростями, $b_3 = 0,109...0,230$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,9...1,6$ °C. В среднем по 5 станциям получено потепление с скоростью на границе перехода от слабой к умеренной, $b_3(\text{сред.}) = 0,174$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 1,4$ °C. На склоновой станции Байтык потепление было близким к среднему, $b_3 = 0,150$ °C/10 лет, что дало $\Delta T_{81} = 1,2$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в достаточно широком диапазоне от $-0,080$ до $0,554$ °C/10 лет. При этом в 10 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 5 и оказалась значимой в двух случаях из 5.

7. Повторяемости статистических качеств коэффициентов трендов b_1 , b_2 , b_3 и разности $\Delta b = b_2 - b_1$ по 5 длиннорядным станциям в поле абсолютных максимальных годовых и абсолютных максимальных месячных температур были следующими (таблица 4.15). Повторяемость b_1 со знаком «+» и «-» была равна соответственно 78 и 22 %, а повторяемость b_2 – 72 и 28 %. Значения b_3 со знаком «+» абсолютно преобладали (89 %), имея знаки «-» всего в 11 % случаев. Разности $\Delta b = b_2 - b_1$, в 56 % случаев были положительными, а в 44 % – отрицательными, значимыми они были в 48 % и незначимыми – в 52 %. Статистически значимые b_1 наблюдались в 65 %, а незначимые в 35 % случаев, тогда как для b_2 эти цифры составляли 56 и 44 %. Для b_3 значимость наблюдалась в 73 %, а незначимость – в 27 % случаев.

Таблица 4.15 – Итоговые результаты повторяемости (%) статистических качеств b_1 , b_2 , b_3 и Δb по 5 длиннорядным станциям совместно для года и центральных месяцев сезонов

Показатель качества	Тренды по различным периодам и разность Δb			
	b_1	b_2	Δb	b_3
Число случаев	23	25	23	25
Со знаком «+» (%)	78	72	56	89
Со знаком «-» (%)	22	28	44	11
Значимых (%)	65	56	48	73
Незначимых (%)	35	44	52	27

8. Изменения норм абсолютных максимальных температур по различным периодам по 5 длиннорядным станциям характеризуются следующим. В среднем годовая норма повысилась на $1,02$ °C от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. При этом в Кировском и на Байтыке наблюдалось минимальное повышение, всего на $0,6$ и $0,7$ °C. По остальным станциям – Токмак, Бишкек и Талас – повышение норм составляло $1,2$ – $1,3$ °C, т. е. было более существенным. Относительно данных Климатической

ческого справочника среднее повышение норм в 1976–2010 гг. в Бишкеке, Байтыке и Таласе так же равнялось 1,3 °С.

Из 60 случаев месячных норм абсолютных максимальных температур в 56 случаях (93 %) наблюдалось их повышение от 1930–1975 к 1976–2010 гг. Это повышение было максимальным в ноябре, декабре и январе, до 1,3–2,8 °С. В остальное время года характерным было более слабое повышение норм в пределах 0,2–1,0 °С. Исключение представляют Байтык и Кировское, где в феврале, марте и мае имело место понижение норм на -0,3 и -0,4 °С. Таким образом, наиболее интенсивные потепления в нормах на станциях соответствовали ноябрю, декабрю и январю, а наименее интенсивные – лету или весне.

Рекомендуется использовать на практике по всем 10 станциям полученные новые годовые и месячные нормы для абсолютных максимальных температур, соответствующие периоду 1976–2009 гг.

9. Нормы СКО абсолютных максимальных температур для различных периодов по данным всем 10 станций характеризуются следующим. Значения норм СКО абсолютных максимальных годовых температур за 1976–2010 гг. малы и колеблются в узких пределах, 0,8–1,2 °С. Исключением являются станции Альплагерь, Кировское и Талас, где годовые нормы СКО оказались значительно выше, составляя 2,4–2,9 °С. При этом на всех 5 длиннорядных станциях нормы СКО несущественно меняются от периода 1930–1975 к периоду 1976–2010 гг. Это значит, что, несмотря на наблюдающееся потепления климата, междугодовая колеблемость годовых значений этих температур оставалась практически без изменений.

Однако нормы СКО для месячных температур значительно выше их средних годовых значений. Особенно это справедливо для зимних, весенних и осенних месяцев, когда месячные нормы СКО могут достигать 3,5–4,7 °С, тогда как летом их характерные значения, хотя и больше годовых, но составляют около 2,0 °С. Это говорит о более высоких междугодовых колебаниях абсолютных максимальных температур отдельных месяцев по сравнению с колебаниями, полученными для годового осреднения. По разным периодам для одной и той же станции различие месячных норм СКО больше, чем для года, но в целом мало, составляя до 0,5 °С и только в отдельных случаях достигая 1–1,5 °С.

5. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СРЕДНИХ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

На метеостанциях по минимальным термометрам ежесуточно определяется минимальная за сутки температура воздуха, правда без фиксации момента ее наступления. В многолетнем среднем она соответствует температурным условиям конца ночи (или ранним утренним, перед восходом солнца) каждого месяца. Поэтому осредненная по многолетним данным, т. е. *средняя месячная минимальная температура*, которая рассматривается в настоящем разделе, – очень наглядная климатическая норма *ночных температурных условий* соответствующего месяца года. Ее анализ существенно дополняет результаты, полученные в разделах 2–4 для других температурных характеристик – общих средних, средних максимальных и абсолютных максимальных температур на станциях. Для года в целом такая норма становится менее наглядной характеристикой так же, как, например, менее наглядны средние годовые температуры по сравнению с их средними месячными значениями.

В настоящем разделе по данным 5 длиннорядных станций ССЗК (Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас) за период 1930–2010 гг. анализируется временной ход 11-летних средних минимальных температур годовых температур и средних минимальных температур для января, апреля, июля и октября (центральные месяцы сезонов). Как и в разделах 2–4, дается сравнительный анализ угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 , рассчитанных, соответственно, за периоды 1930–1975 (стабильный мировой климат), 1976–2010 (потепление мирового климата) и 1930–2010 гг. (исследуемый период в целом). Оцениваются трендовые изменения средних минимальных температур ΔT °C за эти периоды, а также трендовые значения самих температур T °C по кратным десятилетиям общего периода 1930–2010 гг. и даются практические рекомендации по использованию расчетных данных.

По 5 короткорядным станциям (Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альп-лагерь и Тюя-Ашуу юж.) анализируются аналогичные данные по периоду 1976–2010 гг.

5.1. Временной ход и тренды средних минимальных годовых температур

На рисунке 5.1 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних средних для года минимальных температур с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 5.1 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

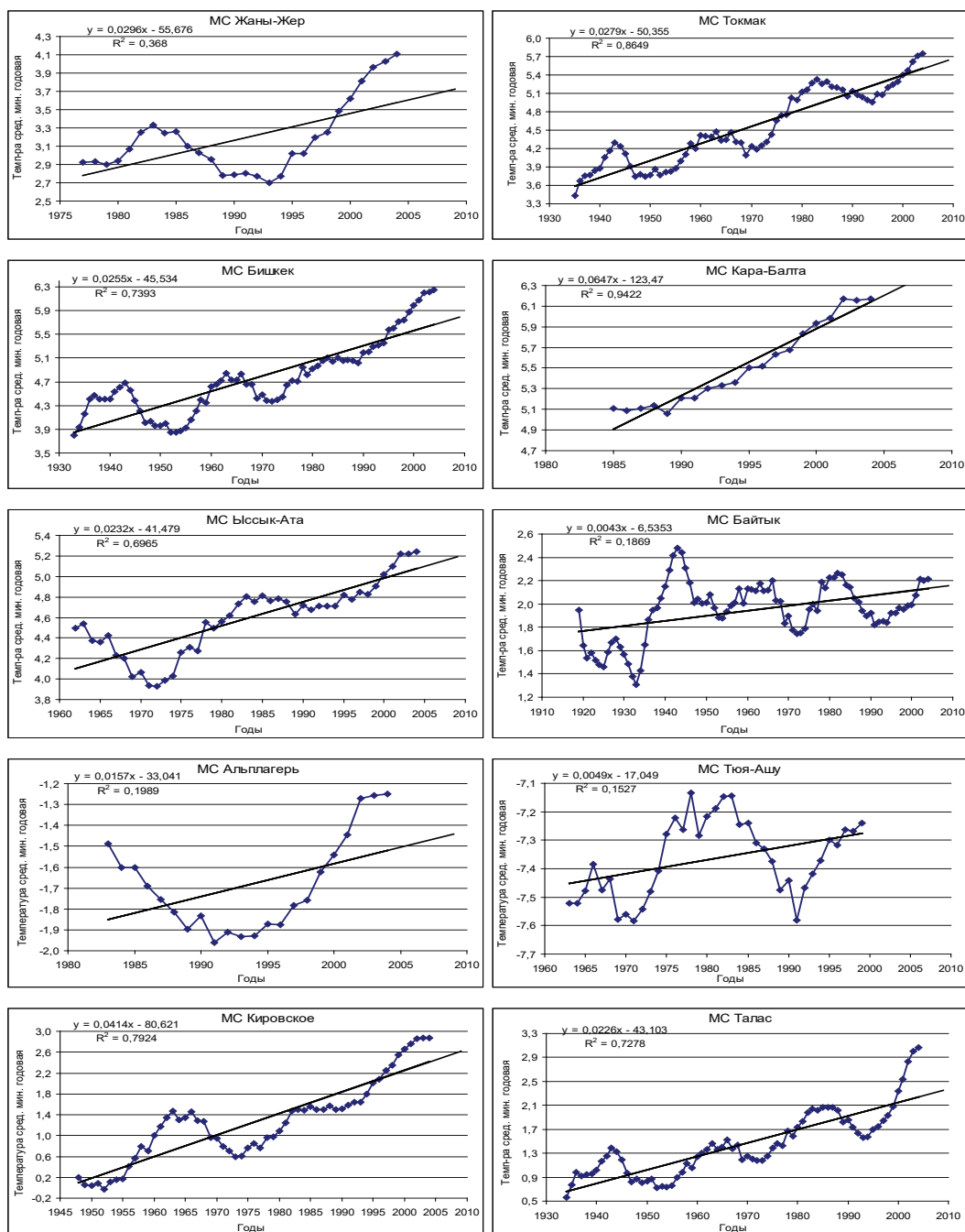


Рисунок 5.1 – Временной ход 11-летних средних годовых минимальных температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 5.1 – Средние годовые минимальные температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны- Жер (1977– 04)	Токмак (1935– 04)	Бишкек (1933– 04)	*Кара- Балта (1985-04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1919– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1963– 99)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0189	0,0095			0,0039			0,0375	0,0116
2. Свободный член b_0 , °C		-33,0	-14,2			-5,7			-72,9	-21,6
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,21$	$\pm 0,28$			$\pm 0,26$			$\pm 0,39$	$\pm 0,21$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,57	0,15			0,04			0,39	0,32
5. Значимость по F-критерию		значим	значим			незнач.			значим	значим
6. b_1 , °C/10 лет		0,189	0,095			0,039			0,375	0,116
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,9	0,4			0,2			1,7	0,5
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0292	0,0187	0,0527	0,0647	0,0236	-0,0035	0,0157	-0,0074	0,0717	0,0324
2. Свободный член b_0 , °C	-55,0	-31,9	-99,5	-123,5	-42,2	9,0	-33,0	7,4	-140,9	-62,5
3. Ошибка уравнения тренда s , °C	0,33	$\pm 0,18$	$\pm 0,15$			$\pm 0,14$			$\pm 0,18$	$\pm 0,33$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,36	0,45	0,91	0,94	0,74	0,04	0,20	0,21	0,93	0,42
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	значим	незнач.	значим	значим	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	0,292	0,187	0,527	0,647	0,236	-0,035	0,157	-0,074	0,717	0,324
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	1,0	0,7	1,8	2,3	0,8	-0,1	0,6	-0,3	2,5	1,1

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны- Жер (1977– 04)	Токмак (1935– 04)	Бишкек (1933– 04)	*Кара- Балта (1985– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1919– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1963– 99)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,0003	0,0432			0,0074			0,0342	0,0208
2. Оценка значимости Δb		незнач.	значимо			незнач.			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,279	0,255			0,043			0,414	0,226
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-50,4	-45,5			-6,5			-80,6	-43,1
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,87	0,74			0,19			0,79	0,73
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)			0,095						0,375	0,116
2. b_2 , °C/10 (1976–10)			0,0527						0,717	0,324
3. b_3 , °C/10 (1930–10)		0,279				0,043				
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		2,3	2,1			0,4			3,3	1,8

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;
2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 5.1 следует, что, как и для всех ранее рассмотренных характеристик температур, временной ход 11-летних *средних минимальных годовых температур* на всех станциях за полный периоды их работы в интервале 1930–2010 гг. в целом характеризуется тенденцией роста. Он был не монотонным, а имел хорошо выраженный колебательный вид с последовательными фазами роста и понижения температуры.

На 11-летних кривых 5 длиннорядных станций Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас можно видеть различную степень колеблемости температур с различным числом четко выделяемых максимумов и минимумов. Так, на станции Токмак имеют место три последовательно возрастающих по абсолютным значениям максимума: в 1943 г., широкий максимум 1960–1966 гг. и максимум 1983 г., а также рост температуры после 1993 г. к 2004 г. с пока еще не оформившимся до конца четвертым максимумом. На станции Бишкек картина во многом аналогична, только максимум 1983 г. почти не выражен. На станции Байтык временное положение максимумов аналогично Токмаку и Бишкеку, но в отличие от них самым высоким является максимум 1942 г., а три последующие лежат на одном более низком уровне (максимум 4 – 2003 г. на станции почти оформился). Станция Талас имеет кривую, очень похожую на кривую в Токмаке, где все три максимума «стоят в четком возрастающем ряду», а станция Кировское – на кривую в Бишкеке, где максимум 1982–86 гг. имеет плоский слабо выраженный вид.

Основных минимумов на станциях также три: вблизи 1950, 1970 и 1991 гг. (на Байтыке еще дополнительный минимум 4 – 1932 г.). Причем степень их выраженности (глубины) на каждой станции также различна: в Токмаке, Байтыке и Таласе четко выражены все три минимума, тогда как в Бишкек и Кировском только два – слабо выраженным является минимум 1991 г. На 5 короткорядных станциях прослеживается такая же картина положительных основных тенденций, как и на рассмотренных длиннорядных станциях. Дело в том, что в этом случае склоновые (Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж.) и долинные (Жаны-Жер, Кара-Балта) станции на интервалах своих наблюдений весьма «удачно» отражают общий ход 11-летних кривых длиннорядных станций, так что полученные по коротким рядам положительные тренды средних годовых минимальных температур можно считать показательными для всего исследуемого периода 1930–2010 гг.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 5.1 и таблицы 5.1, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией средних минимальных годовых температур воздуха по 4 долинным длиннорядным станциям Токмак, Бишкек, Кировское и Талас наблюдалась от слабой до умеренной статистически значимая скорость роста температуры со значениями b_1 , равными 0,095–0,375 °C/10 лет. Только на низкогорной станции Байтык имела

место очень малая, статистически незначимая скорость с $b_1 = 0,039 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$. Это дало трендовые оценки повышения средней минимальной годовой температуры за 46 лет по станциям в диапазоне от $0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Байтык) до $1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Кировское). Ошибки уравнений тренда s не превышают $\pm 0,4 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В результате в поле средних минимальных температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК среднее значение тренда $b_1(\text{сред.}) = 0,163 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дает усредненную по ССЗК трендовую оценку повышения температуры за 46-летний период 1930–75 гг., $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$. Дифференцированные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов равны:

- долинные районы (4 станции) - $b_1(\text{сред.}) = 0,194 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,039 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 5.1, таблицу 5.1) на 4 длиннорядных долинных станциях – Токмак, Байтык, Кировское и Талас – продолжалось колебательное по характеру, но более существенное, чем в период 1930–1975 гг., повышение средней минимальной годовой температуры. Значения их угловых коэффициентов b_2 были статистически значимы и находились в пределах от $0,187 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Токмак) до $0,717 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Кировское). Это дало трендовые оценки повышения средней годовой максимальной температуры на этих станциях за 35 лет в диапазоне $0,7\text{--}2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Ошибки уравнений тренда s не превышают $\pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Напротив, низкогорная станция Байтык дала за этот период, хотя и очень слабый, статистически незначимый, но отрицательный тренд – $b_2 = -0,035 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = -0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В результате в поле средней минимальной годовой температуры среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда $b_2(\text{сред.}) = 0,344 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$, т. е. в скорость роста была в 2,1 раза выше, чем в период стабильного мирового климата. Дифференцированные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов равны:

- долинные районы (4 станции) – $b_1(\text{сред.}) = 0,439 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_1 = b_2 = -0,035 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{35} = -0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Для 4 короткорядных станций Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата и Альп-лагерь значения b_2 были также положительными и относились к диапазону $0,157$ (Альплагерь) – $0,647 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Кара-Балта), что соответствует $\Delta T_{35} = 0,6\text{--}2,3 \text{ } ^\circ\text{C}$. Только высокогорная Тюя-Ашуу юж. имела слабый отрицательный тренд $b_2 = -0,074 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = -0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$. На рисунке 5.1 хорошо видно, что отрицательное значение b_2 на станции объясняется *случайностью сочетания границ* периода 1976–1999 гг., для которого рассчитан тренд, с границами фаз потепления (1971–1982 гг.), похолодания (1982–1991 гг.) и дальнейшего потепления (1991–1999 гг.), т. е., как это уже неоднократно отмечалось, есть

следствие неполноты исходных данных. Например, значение b_3 , полученное по всему имеющемуся на станции периоду 11-летних средних, 1963–1999 гг., является положительным ($b_3 = 0,049$ °C/10 лет).

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 5.1, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,05$ для трех станций – Бишкек, Кировское и Талас – и незначимые для Токмака и Байтыка. Из этого следует, что для двух последних станций нецелесообразно на практике использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения средней минимальной годовой температуры по двум периодам, а надо принять один коэффициент b_3 , полученный по всему ряду 1930–2010 гг. как более показательный и статистически надежный. Так, для Токмака $b_3 = 0,279$ °C/10 лет, а для Байтыка $b_3 = 0,043$ °C/10 лет.

Для станций Бишкек, Кировское и Талас вследствие значимости разности Δb надо признать, что скорость потепления в поле средних минимальных годовых температур на них в период 1976–2010 гг. была действительно более высокой, чем в 1930–1975 гг. Поэтому ее надо оценивать двумя различными коэффициентами – b_1 для периода 1930–1975 гг. и b_2 для периода 1976–2010 гг. Все это отражено в позиции 4 таблицы 5.1, где по каждой станции приведены рекомендуемые для практического использования угловые коэффициенты трендов.

Трендовая оценка значений потеплений/похолоданий за период 1930–2010 гг. ΔT_{81} была сделана по значению коэффициентов b_3 . Видно, что это потепление за 81 год по данным 5 длиннорядных станций было минимальным на низкогорной склоновой станции Байтык, $b_2 = 0,043$ °C/10 лет, $\Delta T_{81} = 0,4$ °C, а максимальным на станции Кировское в Таласской долине, $b_2 = 0,414$ °C/10 лет, $\Delta T_{81} = 3,3$ °C.

В результате в поле средних минимальных температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда b_3 (сред.) = 0,243 °C/10 лет и ΔT_{81} (сред.) = 2,0 °C. Дифференцированные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов равны:

- долинные районы (4 станции) – b_2 (сред.) = 0,294 °C/10 лет, ΔT_{35} (сред.) = 2,4 °C;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,043$ °C/10 лет, ΔT_{35} (сред.) = 0,4 °C.

В заключение (таблица 5.2) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних минимальных годовых температур приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 5.1) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних минимальных

для года температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 5.2 – Трендовые оценки средних минимальных годовых температур T °С для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						1,8				0,6
1930		3,5	3,8			1,8				0,8
1940		3,8	4,0			1,9			-0,2	1,0
1950		4,0	4,3			1,9			0,2	1,2
1960		4,3	4,5		4,1	2,0		-7,5	0,6	1,5
1970	2,5	4,6	4,8		4,3	2,0		-7,4	1,0	1,7
1980	2,8	4,9	5,0	4,6	4,5	2,0	-1,9	-7,4	1,4	1,9
1990	3,1	5,2	5,3	5,2	4,7	2,1	-1,7	-7,3	1,8	2,2
2000	3,4	5,4	5,6	5,9	5,0	2,1	-1,6	-7,3	2,3	2,4
2010	3,7	5,7	5,8	6,5	5,2	2,2	-1,4		2,7	2,6
2020	4,0	6,0	5,8	7,2	5,4	2,2	-1,3		3,1	0,6

5.2. Временной ход и тренды средних минимальных температур января

На рисунке 5.2 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних *средних* минимальных температур января с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 5.3 по результатам статистической обработки рядов 11-летних *средних минимальных температур января* приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 5.2 следует, что временной ход 11-летних *средних минимальных температур января* на 5 длиннорядных станциях за полный период их работы в целом характеризуется общей тенденцией роста, но он был не монотонным, а имел хорошо выраженный колебательный вид с последовательными фазами роста и понижения температуры. Общая тенденция роста отмечается также и на 4 короткорядных станциях. Исключение представляет только станция Альплагерь (1983–2004 гг.), дающая отрицательную тенденцию, вследствие короткого ряда наблюдений и наблюдавшегося аномально высокого максимума около 1983 г. и последующего низкого максимума 2002 г.

На 11-летних кривых 5 длиннорядных станций Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас в поле средних минимальных январских температур можно

видеть как различную степень их колеблемости, так и различную структуру следования основных максимумов и минимумов. Так, на станциях Токмак и Бишкек четко выделяются 4 последовательно повышающихся максимума около 1945, 1962, 1982 и 2001 гг. Напротив, на станции Байтык первые два максимума одинаковы, образуя первую однородную группу, а последующие два также одинаковы, но лежат заметно ниже, образуя вторую однородную группу. Основных минимумов на этих 3 станциях три – около 1952–58, 1974 и 1994 гг.

На станциях Кировское и Талас картина ближе соответствует Токмаку и Бишкеку.

На двух долинных короткорядных станциях Жаны-Жер и Кара-Балта, полученные основные тенденции по их 11-летним рядам, в целом репрезентативно отражают картину, характерную для длиннорядных станций. Однако три склоновые короткорядные станции такой однозначности не дают, и здесь имеет место следующее:

1) станция подножья Ысык-Ата (1,03 км) на интервале своей 11-летней кривой (1962–2004 гг.) в целом дает близко совпадающий ход с кривой для Байтыка, и поэтому основная тенденция, полученная для Байтыка за 1930–2010 гг., может быть использована как показательная для Ысык-Аты за этот период;

2) 11-летняя кривая среднегорной станции Альплагерь (2,13 км) на интервале 1983–2004 гг. недостаточно хорошо отражает за этот период ход кривой на Байтыке. Поэтому такой аналогии, как была сделана выше, здесь предположить нельзя. Низкий максимум 2002 г. на станции Альплагерь (по сравнению с максимумом 2002 г. на Байтыке) позволяет предположить, что на этой станции, возможно, имела место своя, отличная от Байтыка, индивидуальность в ходе 11-летней кривой в период 1930–2010 гг.;

3) 11-летняя кривая для высокогорной станции Тюя-Ашуу юж. на урезанном справа интервале 1963–1999 гг. дает достаточно хорошее совпадение на этом участке с кривой для Байтыка. Это позволяет предполагать, что общая тенденция для Байтыка (1930–2010 гг.), возможно, показательна и для Тюя-Ашуу юж.

Таким образом, скорее всего, в наблюдаемом случае основную тенденцию (линейный тренд), полученную для низкогорной станции Байтык, можно распространить на все высотные зоны хребтов ССЗК.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 5.2 и таблицы 5.3, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией средних минимальных температур января по 3 длиннорядным станциям Чуйской долины – Токмак, Бишкек, и Байтык – была слабая и статистически незначимая скорость роста со значениями b_1 , равными 0,05 (Байтык) – 0,157 °C/10 лет (Бишкек). Это дало трендовые оценки повышения средний годовой температуры за 46 лет по станциям в диапазоне 0,2 (Байтык) – 0,7 °C (Бишкек и Токмак).

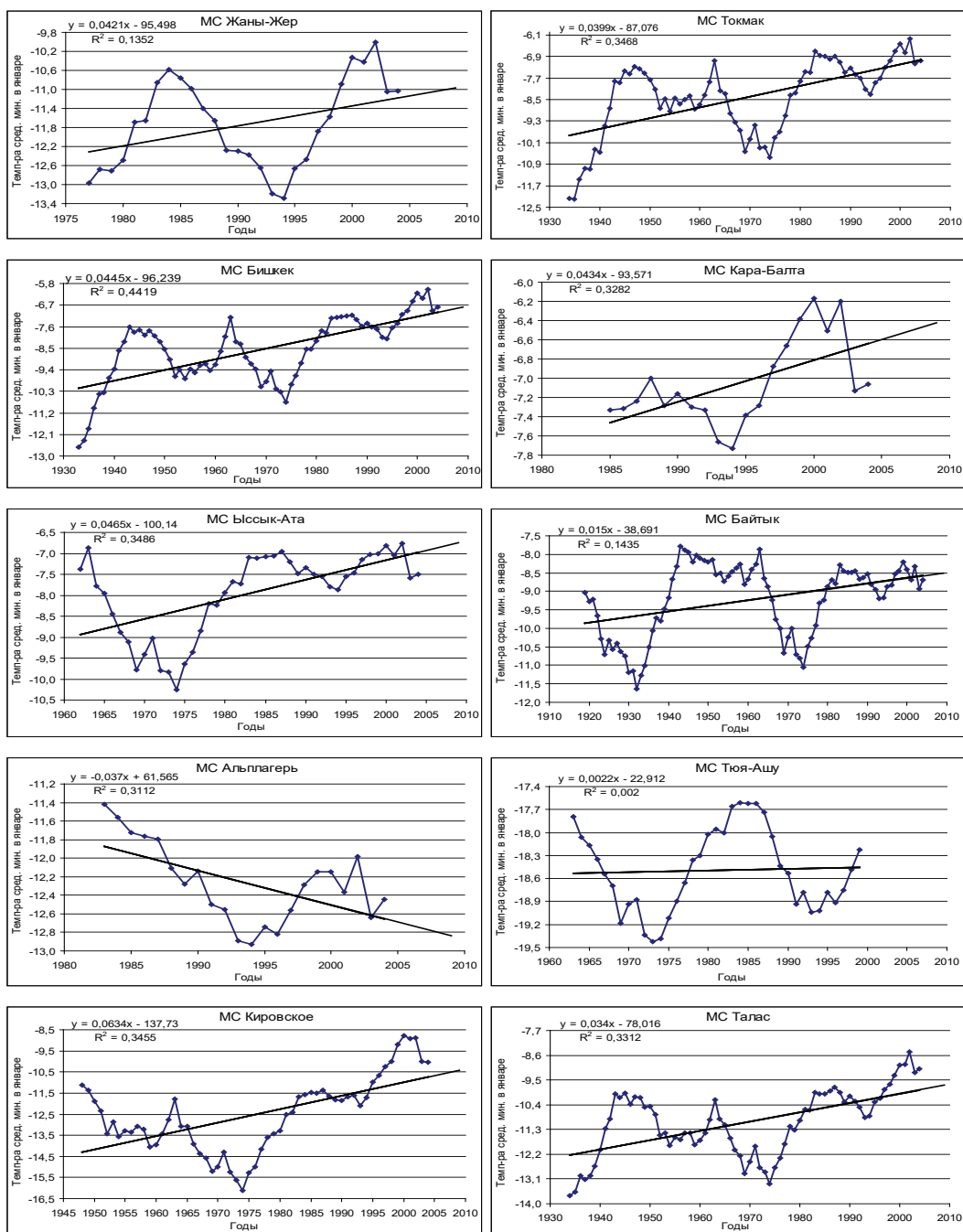


Рисунок 5.2 – Временной ход 11-летних средних минимальных температур января в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 5.3 – Средние минимальные температуры января: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции							
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0152	0,0157			0,0053		-0,1307
2. Свободный член b_0 , °C		-38,8	-39,9			-19,7		242,8
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 1,36$	$\pm 1,23$			$\pm 1,16$		$\pm 0,71$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,02	0,03			0,00		0,71
5. Значимость по F-критерию		незнач.	незнач.			незнач.		значим
6. b_1 , °C/10 лет		0,152	0,157			0,053		-1,307?
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,7	0,7			0,2		6,0?
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0421	0,0508	0,0743	0,0434	0,0416	0,0261	-0,0370	0,1669
2. Свободный член b_0 , °C	-95,5	-108,7	-155,3	-93,6	-90,3	-60,6	61,6	-343,6
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,65$	$\pm 0,53$			$\pm 0,42$		$\pm 0,66$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,14	0,32	0,60	0,33	0,36	0,23	0,31	0,15
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	значим	значим	значим	значим	значим	незнач.
6. b_2 , °C/10 лет	0,421	0,508	0,743	0,434	0,416	0,261	-0,370?	-0,270?
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	1,5	1,8	2,6	1,5	1,5	0,9	-1,3?	-1,0
								5,8
								2,9

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0356	0,0586			-0,0207				0,0901
2. Оценка значимости Δb		незнач.	значимо			незнач.				значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,399	0,445			0,150			0,634	0,340
4. Значение b_6 , °C (1930–10)		-87,1	-96,2			-38,7			-137,7	-78,0
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,35	0,44			0,14			0,35	0,33
Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов (b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет), значения ΔT_{35} , °C и ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,152	0,157			0,053				-0,081
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		0,508	0,743			0,261				0,820
3. b_3 , °C/10 (1930–10)									0,634	
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		3,2	3,6			1,2			5,1	2,8

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоярдных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

На станции Кировское (ряд 1949–1975 гг.) за счет укорочения ряда слева в расчет тренда не вошла наблюдавшееся в это время фаза роста температуры (см. 11-летнюю кривую на станции Талас), и поэтому полученный очень большой отрицательный тренд ($b_1 = -1,307$ °C/10 лет) не показателен для всего периода 1930–1975 гг. В таблице 5.3 он выделен знаком «?» и не учтен при дальнейших расчетах. Сопредельная станция Талас (ряд 1934–1975 гг.) показала, хотя и отрицательный, $b_1 = -0,081$ °C/10 лет, но малый по величине и статистически незначимый тренд, который следует признать показательным для этого периода.

В результате в поле средних минимальных температур среднее по 4 длиннорядным станциям ССЗК среднее значение тренда b_1 (сред.) = 0,070 °C/10 лет, что дает усредненную трендовую оценку очень малого повышения температуры в январе за 46-летний период 1930–75 гг., ΔT_{46} (сред.) = 0,3 °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным и склоновым районам в данном случае не целесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 5.2, таблицу 5.3) на всех 5 длиннорядных долинных станциях Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас – имели место положительные, значительные по величине и статистически значимые тренды средней минимальной температуры января – 0,261 (Байтык) – 1,669 °C/10 лет (Кировское). Обращает на себя внимание очень высокий тренд по станции Кировское, который получен за счет очень большой амплитуды 11-летней температуры (7 °C) между ее максимумом в 2000 г. и минимумом в 1974 г. (для сравнения – в Таласе амплитуда на 2 °C меньше). Однако какие-либо причины забраковать этот тренд отсутствуют, и его надо отнести на индивидуальные особенности режима средней минимальной температуры января на станции в этот сезон на интервале 1976–2004 гг. Тем более, что сопредельная станция Талас также дает очень высокое, хотя и меньшее, значение тренда, $b_2 = 0,820$ °C/10 лет. Склоновая станция Байтык, напротив, выделяется малым значением тренда $b_2 = 0,261$ °C/10 лет, что следует также отметить как индивидуальность режима потепления на станции. Поэтому, в целом, трендовые оценки потепления на этих 5 длиннорядных станциях за 35-летний период 1976–2010 гг. лежат в очень широких пределах, $\Delta T_{35} = 0,9–5,8$ °C.

В результате в 1976–2010 гг. в поле средних минимальных температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_2 (сред.) = 0,800 °C/10 лет, т. е. в 11,4 раза выше, чем в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Это дает высокую усредненную по территории трендовую оценку повышения средней минимальной температуры января за 35-летний период 1976–2010 гг., ΔT_{35} (сред.) = 2,8 °C. Дифференцированные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов равны:

- долинные районы (4 станции) – $b_2(\text{сред.}) = 0,935 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 3,3 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,261 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{35} = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Для трех короткорядных станций – Жаны-Жер, Кара-Балта и Ысык-Ата – значения b_2 были также положительными, большими по величине и относились к диапазону $0,416\text{--}0,424 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что соответствует $\Delta T_{35} = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Эти 3 станции хорошо подтверждают картину, наблюдаемую на 5 длиннорядных долинных станциях.

Станции Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. дали значительные отрицательные тренды b_2 , равные $-0,370$ (значим) и $-0,270 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (незначим). При этом, казалось бы, Альплагерь имеет период наблюдений 1984–2004 гг. Это урезание кривой слева на 9 лет в данном случае оказалось существенно важным. Кроме того, на тренде могли сказаться индивидуальные условия расположения станции Альплагерь. Точно также отрицательный тренд на Тюя-Ашуу юж. вполне может быть также объяснен укорочением ряда справа 1999 г. (вместо 2004 г. для 11-летних средних) и индивидуальностью расположения станции, т. е. теми же причинами, что и для Альплагеря. К сожалению, вклад каждого этих факторов остается неизвестным и, следовательно, остаются неопределенными истинные значения трендов по этим станциям на интервале 1976–2010 гг. По этой причине оба тренда приняты как непоказательные для 1976–2010 гг. и помечены знаком «?» в таблице 5.3.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 5.3, позиция 3), проведенная для 4 длиннорядных станций (напомним, что тренд b_1 для Кировского забракован) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,05$ для станций Бишкек и Талас и незначимые – для Токмака и Байтыка. Поэтому по 4 станциям – Бишкек Токмак и Байтык и Талас – для оценки скорости потепления в поле средних минимальных температур января надо использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 для периодов 1930–1975 и 1976–2010 гг., а для Кировского следует использовать только значения b_3 для всего периода 1930–2010 гг. (см. позицию 4 таблицы 5.3).

Значения b_3 и соответствующие им ΔT_{81} за весь период наблюдений, оказались высокими по 4 долинным станциям: $b_3 = 0,340 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Талас) и $b_3 = 0,634 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Кировское); $\Delta T_{81} = 2,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Талас) и $\Delta T_{81} = 5,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Кировское). Для склоновой станции Байтык эти значения существенно ниже: $b_3 = 0,150 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В результате в поле средних минимальных температур января по 5 длиннорядным станциям ССЗК среднее значение углового коэффициента тренда $b_3(\text{сред.}) = 0,394 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дает усредненную по станциям трендовую оценку повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 3,2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Дифференцированные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов равны:

- долинные районы (4 станции) – $b_3(\text{сред.}) = 0,455 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 3,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- склоновая станция Байтык = $b_3 = 0,150 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В заключение (таблица 5.4) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних минимальных (ночных) температур января приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий для периодов *их фактической работы* по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Эти значения температур рассчитаны по уравнениям трендов, полученных по всему периоду наблюдений каждой станции (см. рисунок 5.2), т. е. содержащих угловые коэффициенты b_3 . Приведенными трендовыми оценками средних минимальных январских температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 5.4 – Трендовые оценки средних минимальных температур января $T \text{ }^{\circ}\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						-9,9				
1930		-10,1	-10,4			-9,7				-12,4
1940		-9,7	-9,9			-9,6			-14,7	-12,1
1950		-9,3	-9,5			-9,4			-14,1	-11,7
1960		-8,9	-9,0		-9,0	-9,3		-18,6	-13,5	-11,4
1970	-12,6	-8,5	-8,6		-8,5	-9,1		-18,6	-12,8	-11,0
1980	-12,1	-8,1	-8,1	-7,6	-8,1	-9,0	-11,7	-18,6	-12,2	-10,7
1990	-11,7	-7,7	-7,7	-7,2	-7,6	-8,8	-12,1	-18,5	-11,6	-10,4
2000	-11,3	-7,3	-7,2	-6,8	-7,1	-8,7	-12,4	-18,5	-10,9	-10,0
2010	-10,9	-6,9	-6,8	-6,3	-6,7	-8,5	-12,8		-10,3	-9,7
2020	-10,5	-6,5	-6,3	-5,9	-6,2	-8,4	-13,2		-9,7	-9,3

5.3. Временной ход и тренды средних минимальных температур апреля

На рисунке 5.3 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних *средних* минимальных температур апреля с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 5.5 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 5.3 прежде всего следует, что временной ход 11-летних *средних минимальных температур* апреля на всех 10 станциях ССЗК имеет резко колебательный характер, не уступающий степени колеблемости средним минимальным температурам января. Это привело, как увидим далее, к большим различиям как самих величин, так и даже знаков трендов по станциям для различных периодов. При этом все 5 длиннорядных станций на интервале 1930–2010 гг. имеют хорошо выраженную общую тенденцию роста температур. Однако две долинные короткорядные станции – Жаны-Жер (1977–2004 гг.) и Кара-Балта (1985–2004 гг.) вследствие неполноты длительности своих рядов наблюдений дают, соответственно, отрицательную и положительную тенденции, отражая лишь фрагментарно общий ход 11-летних средних для всего периода 1930–2010 гг.

Как обычно, 11-летние кривые для 5 длиннорядных станций, имея общую схожесть своего хода, различаются в деталях. Например, в Чуйской долине кривая для Токмака, имеет 3 максимума – 1943, 1980 и 2002 гг., причем два последних одинаковы по своим значениям. Кривая для Бишкека дает максимум 2002 г. несколько ниже, чем предшествующий максимум 1978 г., а на кривой для Байтыка максимум 2002 г. лежит ниже максимума 1945 г. и тем более максимума 1978 г. Это обусловило слабый положительный тренд в Байтыке по сравнению с Токмаком и Бишкеком. Точно также можно найти заметные различия в положении минимумов на этих станциях, которые наблюдались около 1934, 1953 и 1991 гг. На двух станциях Таласской долины ход 11-летних кривых более похож на их ход в Токмаке и Бишкеке. При этом, несмотря на более короткий ряд Кировского (с 1948 г.), общая тенденция роста температуры на станции отражается верно. Рисунок 5.3 позволяет также качественно оценить основные тенденции хода средних минимальных температур в апреле в периоды 1930–1975 и 1976–2010 гг. Как всегда, нас особо интересуют склоновые короткорядные станции, позволяющие совместно с длиннорядной станцией Байтык решить вопрос об основной тенденции изменения средних минимальных температур апреля на склонах хребтов ССЗК. Картина здесь только внешне кажется противоречивой и состоит в следующем:

1) 11-летняя кривая на станции подножья Ысык-Ата (1,03 км) на интервале своих данных (1962–2004 гг.) хорошо отражает кривую для Байтыка и, скорее всего, дала бы положительную тенденцию (вместо слабой отрицательной) для периода 1930–2010 гг.;

2) 11-летняя кривая на среднегорной станции Альплагерь (2,13 км) на очень коротком интервале своих данных (1984–2004 гг.) очень близко, следуя кривой на Байтыке, случайным образом достаточно хорошо отразила общую положительную тенденцию, надежно оцененную для него за 1930–2010 гг.;

3) 11-летняя кривая на высокогорной станции Тюя-Ашуу юж. (3,23 км) также фрагментарно хорошо отражая кривую на Байтыке за 1962–1999 гг. и также чисто случайно имеет на этом интервале отрицательную тенденцию;

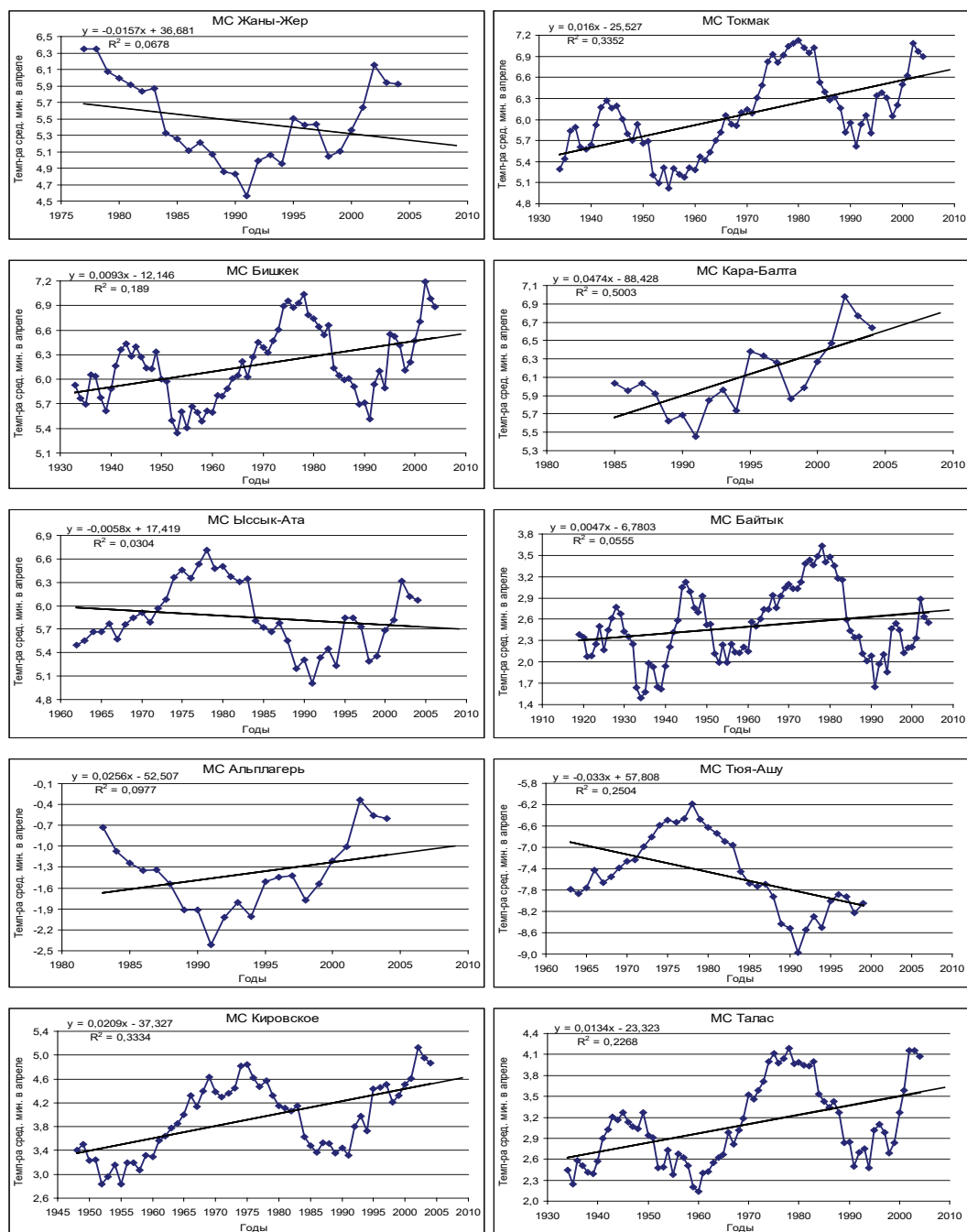


Рисунок 5.3 – Временной ход 11-летних средних минимальных температур апреля в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 5.5 – Средние минимальные температуры апреля: параметры

уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0121	0,0107			0,0250			0,0680	0,0183
2. Свободный член b_0 , °C		-17,8	-14,8			-46,3			-129,6	-32,8
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,43$	$\pm 0,36$			$\pm 0,38$			$\pm 0,28$	$\pm 0,43$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,11	0,12			0,44			0,81	0,22
5. Значимость по F-критерию		значим	значим			значим			значим	значим
6. b_1 , °C/10 лет		0,121	0,107			0,250			0,680	0,183
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,6	0,5			1,1			3,1	0,8
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	-0,0157	-0,0161	-0,0026	0,0474	-0,0263	0,0250	0,0256	-0,0952	0,0205	-0,0235
2. Свободный член b_0 , °C	36,7	38,6	11,6	-88,4	58,2	-46,3	-52,5	181,6	-36,7	50,1
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,45$	$\pm 0,47$			$\pm 0,38$			$\pm 0,50$	$\pm 0,54$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,07	0,09	0,00	0,50	0,22	0,44	0,10	0,70	0,11	0,12
5. Значимость по F-критерию	незнач.	незнач.	незнач.	значим	значим	значим	незнач.	значим	незнач.	незнач.
6. b_2 , °C/10 лет	-0,157	-0,161	-0,026	0,474	-0,263	0,250	0,256	-0,952	0,205	-0,235
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	-0,5	-0,6	-0,1	1,7	-0,9	1,1	0,9	-3,3	0,7	-0,8

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (193–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,0282	-0,0133			-0,0659			-0,0475	-0,0417
2. Оценка значимости Δb		значимо	незнач.			значимо			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,160	0,093			0,047			0,209	0,134
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-25,5	-12,1			-6,8			-37,3	-23,3
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,34	0,19			0,06			0,33	0,23
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,121	0,107			0,250			0,680	0,183
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		-0,161	-0,026			-0,410			0,205	-0,235
3. b_3 , °C/10 (1930–10)										
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,3	0,8			0,4			1,7	1,1

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альп-лагерь и *Тюя-Ашуу юж.;

2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

скорее всего, станция показала бы общую положительную тенденцию для всего исследуемого периода 1930–2010 гг.

Таким образом, для средних минимальных температур апреля следует считать тенденцию, полученную на низкогорной станции Байтык, показательной для всех высотных зон хребтов ССЗК.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 5.3 и таблицы 5.5, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией средних минимальных апрельских температур воздуха по всем 5 длиннорядным станциям была статистически значимая высокая скорость роста с диапазоном значений b_1 , равным 0,107 (Бишкек) – 0,680 °C/10 лет (Кировское). Тренд по Кировскому, возможно, в определенной степени завышен. Однако сравнивая кривые для Таласа и Кировское нельзя исключить, что он является следствием особенности режима температуры на этой станции. Поэтому было принято решение его не браковать. Это дало трендовые оценки повышения средней годовой температуры за 46 лет по станциям в диапазоне 0,5–3,1 °C.

В результате в поле средних минимальных температур апреля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_1 (сред.) = 0,268 °C/10 лет, что дает усредненную по ССЗК трендовую оценку повышения средней минимальной температуры в апреле за 46-летний период 1930–75 гг., ΔT_{46} (сред.) = 1,2 °C. Выделять дифференцированные оценки по долинным районам и склонам в данном случае нет оснований, так как на станции Байтык $b_1 = 0,250$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 1,1$ °C.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 5.3, таблицу 5.5) на 5 длиннорядных станциях картина трендов оказалась противоречивой. Так, на 3 долинных станциях – Токмак, Бишкек и Талас – имели место отрицательные, статистически как значимые, так и незначимые тренды средней минимальной температуры апреля с b_2 от -0,026 (Бишкек) до -0,235 °C/10 лет (Талас). Одновременно на двух станциях тренды были положительными с b_2 , равными 0,205 (Кировское, тренд незначим) и 0,250 °C/10 лет (Байтык, тренд значим). Каких-либо оснований для браковки любого из трендов нет. На наш взгляд, как уже неоднократно отмечалось, тренд, полученный по весьма ограниченной выборке порядка 30 лет, может оказаться в значительной мере случайным, когда даже казалось бы небольшие различия в положении и амплитудах фаз потеплений/похолоданий на станциях могут привести к таким противоречивым результатам. Поэтому в этих случаях надо опираться на более надежные тренды b_3 , рассчитанные за более длинные периоды. По полученным фактическим данным, трендовые оценки потеплений/похолоданий на этих 5 длиннорядных станциях за 35-летний период 1976–2010 гг. лежат в пределах от -0,8 до +1,1 °C.

Короткорядные станции, естественно, образуют еще более широкий диапазон, значений коэффициентов b_2 , от $-0,952$ °C/10 лет (Тюя-Ашуу юж.) до $0,474$ (Кара-Балта) и оценки ΔT_{35} от $-3,3$ до $+1,7$ °C.

В результате в поле средних минимальных температур апреля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда оказалось практически нулевым, $b_2(\text{сред.}) = 0,0066$ °C/10 лет, что соответствует $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,023$ °C. Заметим, что в этом редком случае склоновая станция Байтык, имея самый длинный ряд 11-летних средних (1919–2004 гг.), дает более высокое потепление с $b_2 = 0,250$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 1,1$ °C.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 5.5, позиция 3), проведенная для 5 длиннорядных станций, дала их значимое различие по 4 станциям кроме Бишкека. В результате с учетом значимости самих трендов b_1 и b_2 по всем 5 станциям для оценки скорости потеплений/похолоданий по периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг. следует использовать индивидуальные коэффициенты b_1 и b_2 , показанные в позиции 4 таблицы 5.5.

Как уже отмечалось выше, значения коэффициентов b_3 для всех 5 длиннорядных станций были положительными (позиция 4 таблицы 5.5) и находились в пределах от $0,047$ °C/10 лет (Байтык) до $0,209$ °C/10 лет (Кировское), т. е. соответствовали потеплению от слабого до умеренного. По этим данным, трендовые оценки повышения температуры за период за 81 год (1930–2010 гг.) были минимальными на низкогорной станции Байтык ($\Delta T_{81} = 0,4$ °C), а максимальными – на станции Кировское ($\Delta T_{81} = 1,7$ °C).

Таблица 5.6 – Трендовые оценки средних минимальных апрельских температур T °C для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						2,2				
1930		5,4	5,8			2,3				2,5
1940		5,5	5,9			2,3			3,2	2,7
1950		5,7	6,0			2,4			3,4	2,8
1960		5,8	6,1		6,1	2,4		-6,9	3,6	2,9
1970	5,8	6,0	6,2		6,0	2,5		-7,2	3,8	3,1
1980	5,6	6,2	6,3	5,4	5,9	2,5	-1,8	-7,5	4,1	3,2
1990	5,4	6,3	6,4	5,9	5,9	2,6	-1,6	-7,9	4,3	3,3
2000	5,3	6,5	6,5	6,4	5,8	2,6	-1,3	-8,2	4,5	3,5
2010	5,1	6,6	6,5	6,8	5,8	2,7	-1,1		4,7	3,6
2020	5,0	6,8	6,6	7,3	5,7	2,7	-0,8		4,9	3,7

В результате в поле средних минимальных температур апреля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда b_3 (сред.) = 0,129 °C/10 лет, что дает трендовую оценку повышения температуры 81-летний период 1930–2010 гг., ΔT_{81} (сред.) = 1,1 °C. При этом склоновая станция Байтык имеет $b_3 = 0,047$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,4$ °C, а сопредельная долинная станция Бишкек – $b_3 = 0,093$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,8$ °C. Поэтому выделение дифференцированных оценок по горным и долинным районам в данном случае нецелесообразно.

В заключение (таблица 5.6) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних минимальных (ночных) температур апреля приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий для периодов *их фактической работы* (см. рисунок 5.3) по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних минимальных апрельских температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

5.4. Временной ход и тренды средних минимальных температур июля

На рисунке 5.4 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних средних минимальных температур июля с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 5.7 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 5.4 прежде всего следует, что летом временной ход 11-летних *средних минимальных температур* июля на всех 10 станциях ССЗК имеет резко колебательный характер, не уступающий степени колеблемости средних минимальных январских и апрельских температур. При этом все 5 длиннорядных станций на интервале 1930–2010 гг. имеют хорошо выраженную индивидуальность в структуре хода кривых. Так, в Токмаке на интервале 1933–60 гг. ход этой температуры был практически ровный, затем после неглубокого минимума 1967 г. следует резкий рост с очень высоким максимумом в 1979 г. с последующим колебательным снижением к 2004 г. Кривая Бишкека от максимума 1935 г. снижается к самому глубокому минимуму в 1950 г., а затем, слабо колеблясь, растет к 1995–2004 гг. На Байтыке 11-летняя кривая июля имеет сложный пилообразный характер, где, прежде всего, можно выделить минимум 1921 г., широкий максимум на интервале 1944–1953 гг., хорошо выраженный минимум в 1966 г., самый высокий максимум 1979 г. и самый глубокий минимум 2000 г.

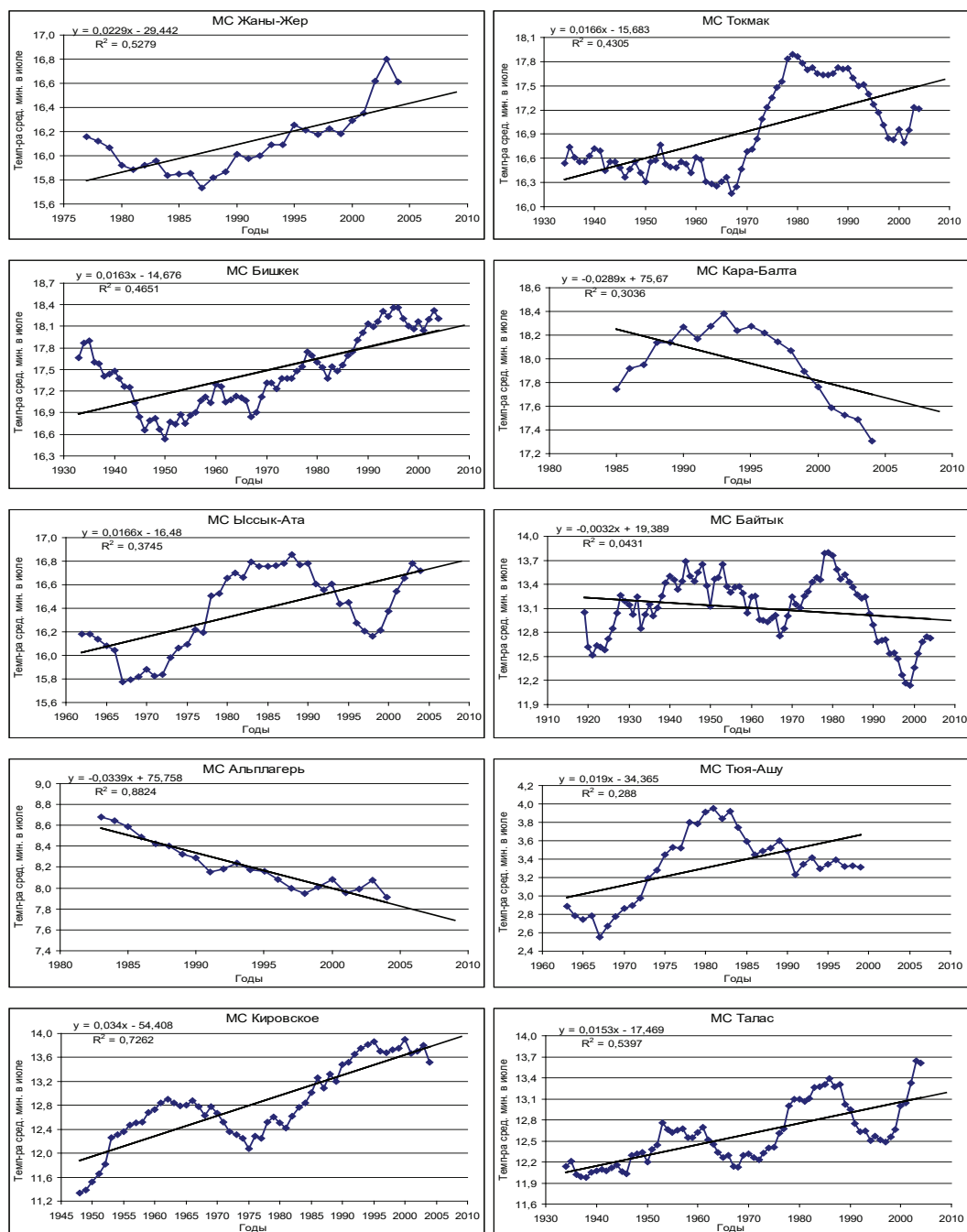


Рисунок 5.4 – Временной ход 11-летних средних минимальных температур в июле в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 5.7 – Средние минимальные температуры в июле: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0037	-0,0067			-0,0033			0,0314	0,0081
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		9,3	30,2			19,7			-49,2	-3,5
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		0,24	0,32			0,23			0,39	0,20
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,04	0,07			0,04			0,31	0,20
5. Значимость по F-критерию		незнач.	незнач.			незнач.			значим	значим
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		0,037	-0,067			-0,033			0,314	0,081
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		0,2	-0,3			-0,2			1,4	0,4
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	0,0229	-0,0328	0,0315	-0,0289	-0,0028	-0,0536	-0,0339	-0,0240	0,0585	0,0001
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	-29,4	82,8	-44,7	75,7	22,1	119,7	75,8	51,3	-103,2	12,8
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		0,20	0,17			0,24			0,22	0,35
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,53	0,68	0,72	0,30	0,01	0,79	0,88	0,58	0,84	0,00
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	незнач.	значим	значим	значим	значим	незнач.
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	0,229	-0,328	0,315	-0,289	-0,028	-0,536	-0,339	-0,240	0,585	0,001
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	0,8	-1,1	1,1	-1,0	-0,1	-1,9	-1,2	-0,8	2,0	0,0

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,0366	0,0382			-0,0503			0,0271	-0,0080
2. Оценка значимости Δb		значимо	значимо			значимо			значимо	незнач.
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,166	0,163			-0,032			0,340	0,153
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-15,7	-14,7			19,4			-54,4	-17,5
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,43	0,47			0,04			0,73	0,54
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,037	-0,067			-0,033			0,314	0,081
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		-0,328	0,315			-0,536			0,585	0,001
3. b_3 , °C/10 (1930–10)										
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,3	1,3			-0,3			2,8	1,2

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альп-лагерь и *Тюя-Ашуу юж.;

2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

Как видно, на всех трех кривых основные минимумы далеко не совпадают по времени, а на станции Бишкек не совпадает с Токмаком и Байтыком и основной максимум на кривых. Более того, на Байтыке, за счет очень глубокого минимума 2000 г., основная тенденция изменения средних минимальных температур в июле на интервале 1919–2004 гг. является отрицательной, тогда как на станциях Токмак и Бишкек она положительная.

Существенные отличия в ходе 11-летних кривых видны также на длиннорядных станциях Кировское и Талас, хотя обе они дают четко выраженную общую тенденцию роста средних минимальных температур июля от 1934/48 гг. к 2008 г.

Все это, как увидим ниже, привело к существенно различным угловым коэффициентам трендов по различным станциям в разные периоды.

Склоновые короткорядные станции – Ысык-Ата (подножье), Альплагерь (среднегорная зона) и Тюя-Ашуу юж. (высокогорная зона) – показывают следующее:

1) 11-летняя кривая на станции Ысык-Ата (подножье 1,03 км) на интервале своих данных (1962–2004 гг.) близка по общему виду к соответствующей части кривой для Байтыка, но минимум 1998 г. выражен на ней на много слабее, так что, скорее всего, общий тренд за 1930–2010 гг. (если бы станция наблюдала на этом интервале) был бы положителен;

2) станция Альплагерь (среднегорная 2,13 км) на очень ограниченном интервале своих данных (1983–2004 гг.) дает монотонную отрицательную тенденцию, вплоть до последнего 2004 г. и, в отличие от Байтыка и Ысык-Аты, не имеет минимума в области 2000 г.;

3) высокогорная станция Тюя-Ашуу юж. (3,23 км) на интервале 1963–1999 гг., как и Байтык, имеет минимум в 1967 г., хорошо выраженный максимум в 1981 г., но затем ее 11-летняя кривая, как и на среднегорной станции Альплагерь, монотонно понижается вплоть до 1999 г., не обнаруживая каких-либо признаков максимума около 2000 г.; скорее всего, станция за период 1930–2010 гг. дала бы слабо положительный или слабо отрицательный тренд, однако это всего лишь наиболее вероятное предположение.

Таким образом, следует сделать вывод, что в поле средних минимальных температур июля основная тенденция и числовое значение тренда на низкогорной станции Байтык надо признать показательными по знаку и порядку величины для всей высотной области склонов Киргизского хребта.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 5.4 и таблицы 5.7, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) угловые коэффициенты трендов b_1 средних минимальных июльских температур воздуха по 5 длиннорядным станциям имели различные знаки и абсолютные значения. Так, все три станции Чуйской долины – Токмак, Бишкек и Байтык – характеризуются очень малыми по абсолютной величине и статистически незначимыми значениями трендов,

при этом, если в Токмаке тренд был положителен ($b_1 = 0,037$ °C/10 лет), то на двух других станциях он был отрицательным: Бишкек $b_1 = -0,067$ °C/10 лет, Байтык $b_1 = -0,033$ °C/10 лет.

На двух станциях Таласской долины оба тренда положительны, но сильно разнятся по величине: Кировское $b_1 = 0,314$ °C/10 лет, Талас $b_1 = 0,081$ °C/10 лет. Скорее всего (см. рисунок 5.4 – станции Кировское и Талас), значение b_1 по станции Кировское несколько завышено за счет укороченного слева ряда 11-летних средних (ряд с 1948 г.). Но налицо также и существенные отличия в размахе амплитуд кривых по этим станциям на интервале 1948–1975 гг. Так, в Кировском фаза роста температуры в 1948–1962 гг. выражена гораздо резче, чем в Таласе. По этой причине наблюдавшаяся более высокая оценка тренда по Кировскому нами не забракована.

Общий диапазон трендовых оценок ΔT_{46} по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК составил $-0,3 \dots +1,4$ °C.

В результате в поле средних минимальных температур июля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда очень мало, $b_1(\text{сред.}) = 0,066$ °C/10 лет, что дает усредненную трендовую оценку повышения температуры в июле за 46-летний период 1930–75 гг., $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,3$ °C. Выделение дифференцированных оценок по долинным и склоновым станциям в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 5.4, таблицу 5.7) на 5 длиннорядных станциях картина угловых коэффициентов трендов температуры b_2 оказалась еще более противоречивой. Так, на трех чуйских станциях – Токмак, Бишкек и Байтык – имели место значительные по абсолютной величине и статистически значимые тренды. Однако, если в Токмаке ($b_2 = -0,328$ °C/10 лет) и в Байтыке ($b_2 = -0,536$ °C/10 лет) тренды были отрицательными, то в Бишкеке ($b_2 = 0,315$ °C/10 лет) тренд был положительным. В Таласской долине в Кировском наблюдался самый высокий положительный тренд, $b_2 = 0,585$ °C/10 лет, а на сопредельной станции Талас он был почти нулевым, $b_2 = 0,001$ °C/10 лет. Это дало общий диапазон трендовых оценок ΔT_{35} , равный $1,9 \dots +2,0$ °C. Короткорядные станции рисуют аналогичную противоречивую картину с несколько меньшим диапазоном ΔT_{35} , равным $1,2$ (Альплагерь) $\dots +0,8$ °C (Жаны-Жер). Все это говорит о сильно меняющемся по территории характере изменений во времени поля средних минимальных температур. В такой ситуации наряду со средней по станциям оценкой b_2 и ΔT_{35} , которая будет более устойчива для территории ССЗК, следует использовать также и индивидуальные оценки станций.

В результате в поле средних минимальных температур июля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда оказалось практически нулевым, $b_2(\text{сред.}) = 0,0074$ °C/10 лет, что соответствует $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,06$ °C.

Наряду с этими средними по территории ССЗК оценками с полным правом можно использовать и дифференцированные оценки, соответствующие каждой отдельной станции.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 5.7, позиция 3), проведенная для 5 длиннорядных станций, дала их значимое различие по 4 станциям, кроме Таласа. В результате, с учетом значимости самих трендов b_1 и b_2 , по всем 5 станциям для оценки скорости потеплений/похолоданий по периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг. следует использовать индивидуальные коэффициенты b_1 и b_2 , показанные в позиции 4 табицы 5.7.

Однако, как уже отмечалось выше, значения коэффициентов трендов b_3 , рассчитанные по всему имеющемуся периоду наблюдений 1930–2010 гг., для 4 длиннорядных станций, кроме Байтыка, являются положительными.

По данным этих 4 долинных станций ССЗК, в поле средних минимальных температур июля среднее значение углового коэффициента тренда b_3 (сред.) = 0,206 °C/10 лет, что дает усредненную по станциям трендовую оценку умеренного повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., ΔT_{81} (сред.) = 1,7 °C.

На склоновой станции Байтык наблюдался отрицательный тренд за 1930–2010 гг., который по абсолютной величине был близок к нулевому, $b_3 = -0,032$ °C/10 лет, что дало оценку очень слабого похолодания ΔT_{81} всего на -0,3 °C. Напомним, что согласно данным анализа 11-летних кривых, эту оценку похолодания следует распространить и на всю зону склонов хребтов ССЗК.

Таблица 5.8 – Трендовые оценки средних минимальных температур в июле T °C для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Биш-кек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Киров-ское (0,92)	Талас (1,22)
1920						13,2				
1930		16,3	16,8			13,2				12,1
1940		16,4	17,0			13,2			11,6	12,3
1950		16,6	17,2			13,1			11,9	12,4
1960		16,8	17,3		16,0	13,1		2,9	12,3	12,6
1970	15,6	16,9	17,5		16,2	13,1		3,1	12,6	12,8
1980	15,9	17,1	17,6	18,4	16,3	13,0	8,7	3,3	13,0	12,9
1990	16,1	17,3	17,8	18,1	16,5	13,0	8,3	3,5	13,3	13,1
2000	16,3	17,4	18,0	17,8	16,7	13,0	8,0	3,7	13,6	13,2
2010	16,5	17,6	18,1	17,5	16,8	12,9	7,7		14,0	13,4
2020	16,8	17,8	18,3	17,2	17,0	12,9	7,3		14,3	12,0

В заключение (таблица 5.8) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних минимальных (ночных) температур июля, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий для периодов *их фактической работы* (см. рисунок 5.4) по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних минимальных июльских температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

5.5. Временной ход и тренды средних минимальных температур октября

На рисунке 5.5 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних средних минимальных температур октября (средних ночных) с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 5.9 приведены результаты статистических расчетов различных характеристик уравнений трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 5.5 прежде всего следует, что в октябре временной ход 11-летних средних минимальных температур октября на всех 10 станциях ССЗК имеет резко колебательный характер, не уступающий степени колеблемости январским, апрельским и июльским температурам. При этом 4 длиннорядных долинных станции в целом показывают хорошо выраженные тенденции повышения этих температур от 1930 к 2010 г. Однако на низкогорной склоновой станции Байтык эта тенденция четко отрицательная.

Даже беглого взгляда достаточно, чтобы увидеть, что на интервале 1930–2010 гг. для длиннорядных станций имеет место хорошо выраженное отличие в ходе кривых для 4 станций Чуйской и Таласской долин и низкогорной станции Байтык. Так, для Бишкека и Токмака кривые достаточно близки между собой, имея два основных максимума в 1941 и 2001 гг. (наиболее высокий), с промежуточными максимумами в 1975–1979 гг. в Токмаке и сдвоенным в 1967–1974 гг. в Бишкеке. На обеих станциях основных минимумов также два: в 1953–1958 гг. (наиболее низкий) и в 1988–1990 гг.

На кривой для склоновой станции Байтык абсолютно доминирующим является максимум 1941 г., после которого, в отличие от всех остальных станций, кривая пилообразно колеблется, показывает не рост, а хорошо выраженное общее снижение, так что, максимум 2001 г. на ней выражен слабо и является второстепенным.

Кривые на двух станциях Таласской долины на первый взгляд кажутся существенно различными по виду: на станции Кировское кривая, колеблясь,

идет монотонно вверх, а на станции Талас имеется широкий провал (плоский минимум) на интервале 1957–1990 гг., и только очень высокий максимум 2001 г. обеспечивает ее общую положительную тенденцию. Однако надо учесть, что ряд 11-летних средних по Кировскому (1948–2004 гг.) по сравнению с Таласом (1934–2004 гг.) является укороченным слева на 14 лет. На совпадающем участке данных кривые по обеим станциям достаточно близки между собой и с кривыми для Бишкека и Токмака. Поэтому полученное на станции высокое значение тренда для начального периода $b_1 = 0,536 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ является завышенным и было забраковано (см. ниже).

Показательно, что и все 5 короткорядных станций на интервалах своих 11-летних данных чисто случайным образом дают фрагменты положительных тенденций. При этом фрагменты кривых на всех трех склоновых станциях – Ысык-Ата (подножье), Альплагерь (среднегорная зона) и Тюя-Ашуу юж. (высокогорная зона) – хорошо совпадают с соответствующим участком кривой для Байтыка. Поэтому следует сделать вывод, что в поле средних минимальных температур октября отрицательная основная тенденция и числовые значения тренда на низкогорной станции Байтык являются показательными для всей высотной области склонов Киргизского хребта, несмотря на полученные фрагменты положительных тенденций по трем короткорядным склоновым станциям.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 5.5 и таблицы 5.9, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) угловые коэффициенты трендов b_1 для средних минимальных температур октября на 4 длиннорядных станциях – Токмак, Бишкек, Байтык и Талас – были отрицательными и статистически значимыми, находясь в диапазоне от $-0,078 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Токмак) до $-0,224 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Байтык), что дало слабое/умеренное по силе похолодание с диапазоном $\Delta T_{46} = -0,4 \dots -1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Станция Кировское на укороченном слева интервале 1948–1975 гг. дает высокое и статистически значимое положительное значение $b_1 = 0,536 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что соответствует $\Delta T_{46} = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Как уже отмечалось, при одинаковых рядах 11-летних данных, скорее всего, ее тренд был бы близок к тренду Таласа. Поэтому будет целесообразным забраковать $b_1 = 0,536 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ по станции Кировское, считая его не показательным для всего периода 1930–1975 гг. (в таблице 5.9 это значение b_1 и ΔT_{46} приведены со знаком «?»).

В результате в поле средних минимальных температур октября среднее по 4 станциям ССЗК значение тренда $b_1(\text{сред.}) = -0,172 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дает усредненную по территории трендовую оценку понижения температуры за 46-летний период 1930–1975 гг. $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = -0,8 \text{ } ^\circ\text{C}$. Выделение дифференцированных оценок по долинным и склоновым станциям в данном случае нецелесообразно.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 5.5, таблицу 5.9) на 5 длиннорядных станциях картина трендов оказалась

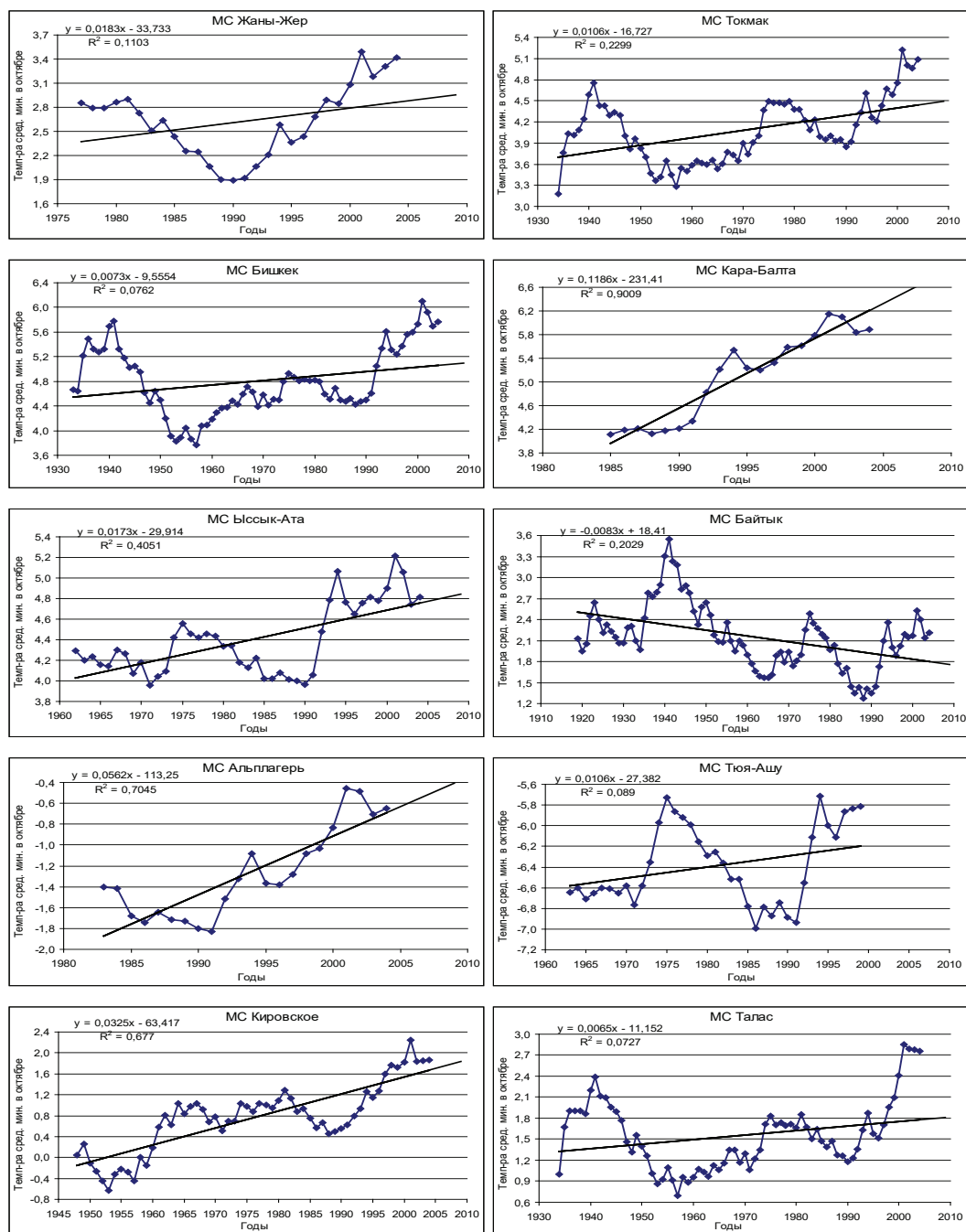


Рисунок 5.5 – Временной ход 11-летних средних минимальных температур в октябре в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 5.9 – Средние минимальные температуры в октябре: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		-0,0078	-0,0203			-0,0224			0,0536?	-0,0182
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		19,2	44,3			46,0			-104,7	37,0
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		0,37	0,45			0,41			0,33	0,38
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,06	0,25			0,36			0,64	0,26
5. Значимость по F-критерию		незнач.	значим			значим			значим	значим
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		-0,078	-0,203			-0,224			0,536?	-0,182
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		-0,4	-0,9			-1,0			2,5?	-0,8
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	0,0183	0,0229	0,0477	0,1186	0,0285	0,0113	0,0562	0,0074	0,0386	0,0342
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	-33,7	-41,2	-89,9	-231,4	-52,2	-20,6	-113,3	-21,0	-75,6	-66,2
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		0,32	0,33			0,36			0,37	0,40
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,11	0,27	0,62	0,90	0,43	0,07	0,70	0,02	0,45	0,36
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	значим	значим	значим	незнач.	значим	незнач.	значим	значим
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	0,183	0,229	0,477	1,186	0,285	0,113	0,562	0,074	0,386	0,342
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	0,6	0,8	1,7	4,2	1,0	0,4	2,0	0,3	1,3	1,2

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны- Жер (1977– 04)	Токмак (1935– 04)	Бишкек (1933– 04)	*Кара- Балта (1985– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1919– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1963– 99)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0308	0,0680			0,0337				0,0523
2. Оценка значимости Δb		значимо	значимо			значимо				значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,106	0,073			-0,083			0,325	0,065
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-16,7	-9,6			18,4			-63,4	-11,2
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,23	0,08			0,20			0,68	0,07
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		-0,078	-0,203			-0,224				-0,182
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		0,229	0,477			0,113				0,342
3. b_3 , °C/10 (1930–10)									0,325	
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		0,9	0,6			-0,7			2,6	0,5

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткокордных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;
2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

однозначной: все коэффициенты b_2 положительны, значительны по величине и на 4 станциях (кроме Байтыка) статистически значимы, меняясь в пределах от 0,113 °C/10 лет (Байтык) до 0,477 °C/10 лет Бишкек). Это дало трендовое повышение средней минимальной температуры ΔT_{35} в диапазоне 0,4..., 1,7 °C.

Короткорядные станции рисуют аналогичную картину с расширенным размахом колебаний параметров, в основном, за счет неполноты рядов 11-летних средних: $b_2 = 0,074$ (Тюя-Ашуу юж.)...1,186 °C/10 лет (Кара-Балта), $\Delta T_{35} = 0,3...$, 4,2 °C.

В результате в поле средних минимальных температур октября среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК положительное значение тренда оказалось достаточно высоким, $b_2(\text{сред.}) = 0,309$ °C/10 лет, что соответствует $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,1$ °C. Дифференцированные оценки по долинным и склоновым районам равны:

- долинные районы (4 станции) - $b_2(\text{сред.}) = 0,359$ °C/10 лет; $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,3$ °C;
- склоновая станция Байтык - $b_2 = 0,113$ °C/10 лет; $\Delta T_{35} = 0,4$ °C.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 5.9, позиция 3), проведенная для 4 длиннорядных станций (значение b_1 по Кировскому забраковано), дала их незначимое различие по Токмаку и значимое различие по 3 остальным станциям. В результате с учетом значимости самих трендов b_1 и b_2 по станции Кировское для оценки скорости потеплений/похолоданий по периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг. надо использовать один угловой коэффициент b_3 , а по 4 остальным станциям использовать индивидуальные коэффициенты b_1 и b_2 , показанные в позиции 4 таблицы 5.9.

Значениям коэффициентов трендов b_3 , рассчитанных по всему имеющемуся периоду наблюдений, для 4 длиннорядных станций, кроме Байтыка ($b_3 = -0,083$ °C/10 лет), являются положительными и соответствуют диапазону от $b_3 = 0,065$ °C/10 лет (Талас) до $b_3 = 0,325$ °C/10 лет (Кировское). При этом анализ 11-летних кривых показывает, что браковать повышенный тренд в Кировском особых оснований нет.

В результате в поле средних минимальных температур октября по 5 станциям ССЗК среднее значение углового коэффициента тренда $b_3(\text{сред.}) = 0,097$ °C/10 лет, что дает усредненную трендовую оценку слабого повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг. $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 0,8$ °C. Дифференцированные оценки по долинным и склоновым районам равны:

- долинные районы (4 станции) - $b_3(\text{сред.}) = 0,142$ °C/10 лет; $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,2$ °C;
- склоновая станция Байтык - $b_3 = -0,083$ °C/10 лет; $\Delta T_{81} = -0,7$ °C.

В заключение (таблица 5.10) для наглядного представления о ходе временных изменений самих средних минимальных температур октября (средних

ночных) приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий для периодов *их фактической работы* (см. рисунок 5.5) по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних минимальных температур октября рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 5.10 – Трендовые оценки средних минимальных температур октября $T^{\circ}\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						2,5				1,3
1930		3,7	4,5			2,4				1,4
1940		3,8	4,6			2,3			-0,4	1,4
1950		3,9	4,7			2,2			-0,1	1,5
1960		4,0	4,7		4,0	2,2		-6,6	0,2	1,6
1970	2,2	4,1	4,8		4,2	2,1		-6,5	0,6	1,6
1980	2,4	4,2	4,9	3,4	4,3	2,0	-2,0	-6,4	0,9	1,7
1990	2,6	4,3	5,0	4,5	4,5	1,9	-1,5	-6,3	1,2	1,8
2000	2,8	4,4	5,0	5,7	4,7	1,8	-0,9	-6,2	1,5	1,8
2010	3,0	4,5	5,1	6,9	4,9	1,8	-0,4		1,9	1,9
2020	3,2	4,6	5,2	8,1	5,0	1,7	0,2		2,2	1,3

5.6. Нормы средних минимальных температур и нормы их СКО для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010

В заключение пп. 5.1–5.5 приведем полученные нормы средних минимальных температур для года и всех месяцев года, а также нормы их средних квадратических отклонений (СКО) за три исследуемых периода 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

Сделаем сравнение этих норм за два смежных периода – 1930–1975 и 1976–2010 гг., а по трем станциям – Бишкек, Байтык и Талас – дополнительно сделаем сравнение норм средних минимальных температур с данными Научно-прикладного справочника по климату издания 1989 г. Напомним, что в этом справочнике нормы средних минимальных температур не приводились к какому-либо периоду, а рассчитаны по фактическим рядам наблюдений в пределах 1912–1980 гг. К сожалению, нормы СКО этих температур в справочнике отсутствуют и по ним такое сравнение сделать нельзя.

Результаты расчетов норм по различным периодам приведены в таблицах 5.11 и 5.12. В этих таблицах для 5 короткорядных станций Жаны-Жер, Кара-

Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. нормы средних минимальных температур и нормы их СКО показаны в двух строчках, которые соответствуют двум следующим периодам: фактически использованному по станции ряду внутри 1976–2009 гг. (условно периоду 1976–2010 гг.) и всему фактическому периоду на станции по 2009 г. включительно. Для 5 длиннорядных станций – Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас – нормы приведены в трех строчках, которые соответствуют трем периодам: фактическому ряду на станции, внутри 1930–1975 гг. (условно период 1930–1975 гг.), фактическому ряду на станции внутри 1976–2009 гг. (условно период 1976–2010 гг.) и всему фактическому ряду работы станции по 2009 г. включительно. Кроме того, для трех станций – Бишкек, Байтык и Талас – в четвертой строчке таблицы 5.11 дана норма по Климатическому справочнику 1989 г.

Практическое применение всех этих данных, прежде всего, состоит в следующем.

1. По всем 10 станциям полученные средние месячные минимальные и средние минимальные годовые нормы температуры и нормы их СКО за период 1976–2010 гг. следует использовать как *новые нормы, соответствующие современному климату*, взамен норм, приводимых в различных публикациях и справочниках прошлых лет.

2. По 5 длиннорядным станциям можно сравнить новые нормы средних минимальных температур за 1976–2010 гг. с нормами за 1930–1975 гг., а по 3 из них – также с нормами по Климатическому справочнику за 1881–1980 гг. Такое сравнение показывает (таблица 5.13), что в целом по 4 длиннорядным станциям, исключая Байтык, нормы средних минимальных годовых температур повысились на 1,1–1,3 °С от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от дат центров периодов. При этом на склоновой станции Байтык, как и для других характеристик температур, повышения норм практически не произошло (всего на 0,1 °С). Относительно данных Климатического справочника среднее повышение норм в 1976–2010 гг. выглядело так же: в Бишкеке и Таласе – на 1,1–1,2 °С, а на Байтыке только на 0,2 °С.

Из 60 случаев месячных норм средних минимальных температур в 53 случаях (88 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось их повышение. Оно было максимальным в ноябре, декабре и январе, до 1,0–3,2 °С. В остальное время года характерным было более слабое повышение норм в пределах 0,2–1,0 °С. Исключение представляет Байтык, где в марте и мае-октябре (т. е. в теплый период года) имело место понижение норм на -0,1 и -0,4 °С (в апреле – повышение на 0,2 °С). Таким образом, наиболее интенсивные потепления в нормах на станциях соответствовали холодному периоду – ноябрю, декабрю, январю и февралю, а наименее интенсивные – лету, весне и началу осени.

3. Значения полученных норм СКО средних минимальных температур (за 1976–2010 гг., см. таблицу 5.12) для года малы и колеблются в очень узких пределах, от 0,5 до 1,1 °С. При этом они практически не меняются от периода

Таблица 5.11 – Нормы средних минимальных температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; строка 4 – данные Научно-прикладного справочника по климату за 1881–1980 гг.; темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–1976, 1978–2009 гг.), строки: 1976–2009; 1973–2009 гг.												
-11,6	-8,6	-1,2	5,6	10,5	14,2	16,2	13,9	8,1	2,8	-2,4	-7,3	3,3
-11,9	-9,1	-1,3	5,7	10,4	14,1	16,2	13,8	8,1	2,7	-2,5	-7,6	3,2
Токмак – 0,82 км (1932–1933, 1935–2009 гг.), строки: 1932–1975; 1976–2009; 1932–2009 гг.												
-9,3	-6,9	-0,6	5,8	10,6	14,3	16,6	14,8	9,3	3,9	-2,5	-7,6	4,0
-7,4	-5,7	0,3	6,6	11,0	15,3	17,5	15,9	10,5	4,5	-0,2	-4,5	5,3
-8,5	-6,4	-0,2	6,1	10,8	14,7	17,0	15,3	9,9	4,1	-1,5	-6,2	4,6
Бишкек – 0,76 км (1928–2009), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1928–2009; КС – 1989 г.												
-9,6	-7,4	-0,7	6,0	10,7	14,8	17,2	15,7	10,5	4,6	-2,5	-7,6	4,3
-7,4	-5,6	0,0	6,5	11,0	15,6	18,0	16,5	11,3	5,2	-0,2	-4,7	5,5
-8,8	-6,7	-0,4	6,2	10,8	15,1	17,5	16,0	10,8	4,8	-1,5	-6,6	4,8
-9,6	-7,3	-0,7	6,1	10,8	14,8	17,2	15,5	10,5	4,5	-2,3	-7,5	4,3
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
-7,4	-5,4	-0,1	6,3	10,9	16,0	17,7	16,6	11,3	5,1	-0,2	-4,6	5,5
-7,8	-5,5	-0,2	5,9	10,7	15,5	17,4	16,2	10,9	4,8	-1,0	-5,0	5,2
Ысык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
-7,7	-6,2	-0,6	6,0	10,5	14,7	16,7	15,2	10,3	4,6	-0,7	-4,5	4,9
-8,0	-6,6	-0,7	5,9	10,3	14,5	16,4	15,0	10,3	4,4	-1,0	-5,0	4,6
Байтык – 1,58 км (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1915–2009; КС–1989 г.												
-9,3	-8,3	-3,5	2,4	6,9	10,8	13,3	12,2	7,9	2,3	-3,7	-7,4	1,9
-8,8	-8,3	-3,6	2,6	6,7	10,6	13,0	11,9	7,5	2,0	-2,5	-5,9	2,1
-9,2	-8,4	-3,7	2,5	6,8	10,7	13,1	12,1	7,7	2,1	-3,4	-6,8	2,0
-9,4	-8,5	-3,8	2,7	7,0	10,8	13,2	12,7	7,7	2,2	-3,6	-7,2	1,9
Альплагерь – 2,13 км (1979–2009 гг.), строки 1979–2009 гг.												
-12,3	-11,2	-7,0	-1,1	3,0	6,4	8,2	7,5	3,6	-1,1	-5,5	-9,4	-1,6
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1959–1960, 1962–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.; 1959–1960, 1962–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.												
-18,2	-17,6	-13,7	-7,6	-3,0	0,8	3,5	3,3	-0,3	-6,2	-11,8	-15,4	-7,2
-18,4	-17,7	-13,6	-7,6	-3,2	0,7	3,3	3,1	-0,6	-6,2	-12,2	-15,5	-7,3
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
-13,4	-10,6	-2,5	3,7	7,7	11,2	12,2	9,8	4,6	0,3	-4,7	-10,7	0,6
-11,4	-8,4	-1,6	4,3	8,5	12,3	13,3	10,5	5,3	1,3	-3,1	-7,6	1,9
-12,4	-9,4	-2,1	4,0	8,1	11,7	12,8	10,1	5,0	0,8	-3,9	-9,1	1,3
Талас - 1,22 км (1934–2009 гг.), строки: 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1934–2009 гг.; КС – 1989 г.												
-11,9	-9,1	-3,4	2,8	7,5	10,9	12,3	10,5	5,7	1,4	-4,7	-9,4	1,0
-10,0	-8,4	-2,4	3,6	7,8	11,7	13,1	11,5	6,8	2,0	-2,7	-6,7	2,2
-11,0	-8,8	-3,0	3,1	7,6	11,2	12,6	10,9	6,2	1,6	-3,8	-8,2	1,5
-12,0	-9,4	-3,4	3,1	7,5	10,9	12,3	10,4	5,8	1,4	-4,6	-9,3	1,1

Таблица 5.12 – Нормы СКО средних минимальных температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–1976, 1978–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1973–2009 гг.												
4,0	4,5	2,5	1,6	1,6	0,9	0,8	1,2	1,2	1,6	2,6	3,3	0,9
4,0	4,7	2,4	1,6	1,5	0,9	0,8	1,2	1,1	1,5	2,5	3,4	1,0
Токмак – 0,82 км (1932–1933, 1935–2009 гг.), строки: 1932–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1932–2009 гг.												
3,6	4,6	2,3	1,5	1,3	1,2	1,0	1,2	1,2	1,5	3,1	4,2	0,9
3,1	3,3	2,1	1,5	1,3	1,1	0,9	1,0	1,0	1,6	2,3	2,5	0,5
3,5	4,1	2,3	1,6	1,3	1,2	1,1	1,2	1,3	1,6	3,0	3,9	1,0
Бишкек – 0,76 км (1928–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1928–2009 гг.;												
3,4	4,7	2,4	1,5	1,4	1,0	1,1	1,0	1,1	1,5	2,9	4,0	0,8
3,0	3,3	2,2	1,6	1,3	1,2	0,9	1,1	1,1	1,5	2,4	2,8	0,7
3,4	4,2	2,3	1,6	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,6	2,9	4,0	1,0
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
2,8	3,1	2,2	1,7	1,3	1,9	0,8	1,1	1,2	1,8	2,3	2,2	0,7
3,1	3,3	2,3	1,9	1,5	2,1	1,1	1,4	1,4	1,9	2,9	2,4	1,1
Ысык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
2,6	3,0	2,1	1,6	1,3	1,0	0,9	1,1	1,0	1,6	2,2	2,2	0,5
2,8	3,5	2,1	1,5	1,3	1,0	0,9	1,0	1,1	1,4	2,3	2,4	0,7
Байтык 1,58 км – (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1915–2009 гг.												
2,5	3,4	2,3	1,7	1,4	1,2	1,3	1,1	1,5	1,5	2,6	2,6	0,8
2,3	2,8	2,1	1,6	1,2	1,0	1,0	1,1	0,8	1,6	2,0	2,0	0,5
2,6	3,1	2,3	1,7	1,4	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	2,4	2,6	0,7
Альплагерь – 2,13 км (1979–2009 гг.), строки 1979–2009 гг.												
2,1	2,5	2,4	1,9	1,2	1,0	0,7	0,9	0,8	1,5	2,2	1,7	0,5
Тюя-Ашуу юж. – 23,23 км (1959–1960, 1962–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.; 1959–1960, 1962–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.												
1,9	1,9	1,8	2,0	1,5	1,1	0,8	0,9	1,2	1,9	1,9	2,1	0,6
1,9	2,1	1,8	1,8	1,4	1,0	0,9	0,9	1,0	1,6	1,8	1,9	0,6
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
4,0	6,1	2,7	1,7	1,4	1,0	1,2	1,2	1,4	1,8	3,2	5,0	1,0
3,8	3,9	2,1	1,7	1,3	1,1	1,1	1,5	1,1	1,6	2,6	3,1	0,9
4,0	5,1	2,4	1,7	1,4	1,2	1,3	1,4	1,3	1,8	3,0	4,4	1,2
Талас – 1,22 км (1934–2009 гг.), строки: 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1934–2009 гг.												
3,0	5,0	2,4	1,7	1,2	0,8	0,9	0,9	1,0	1,5	3,1	3,6	0,8
3,0	3,5	2,1	1,7	1,3	1,4	0,9	1,5	1,3	1,6	2,3	2,2	0,9
3,1	4,4	2,3	1,7	1,3	1,2	1,0	1,3	1,2	1,6	2,9	3,3	1,0

Таблица 5.13 – Разности норм средних минимальных температур за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (первая строка) и за периоды 1976–2010 и 1881–1980 гг. (Климатический справочник, 1989 г.)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Токмак												
1,9	1,2	1,0	0,9	0,4	1,0	0,9	1,1	1,2	0,7	2,2	3,2	1,3
Бишкек: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
2,2	1,8	0,7	0,5	0,3	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	2,3	2,9	1,2
2,2	1,7	0,7	0,4	0,2	0,8	0,8	1,0	0,8	0,7	2,1	2,8	1,2
Байтык: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
0,5	0,1	-0,1	0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	1,2	1,5	0,1
0,6	0,2	0,2	-0,1	-0,3	-0,2	-0,2	-0,8	-0,2	-0,2	1,1	1,3	0,2
Кировское												
2,0	2,1	0,9	0,6	0,8	1,1	1,0	0,8	0,7	1,0	1,6	3,0	1,3
Талас: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
1,8	0,8	1,0	0,8	0,3	0,8	0,8	1,0	1,0	0,6	2,0	2,6	1,1
2,0	1,0	1,0	0,5	0,3	0,8	0,8	1,1	1,0	0,6	1,9	2,6	1,1

1930–1975 к 1976–2010 гг. Это значит, что, несмотря на наблюдавшееся потепление климата, междугодовая колеблемость средних минимальных годовых температур на всех станциях оставалась без изменений. т. е. *межгодовая изменчивость климата* оставалась постоянной.

Как и для остальных характеристик температуры, нормы СКО для средних минимальных *месячных* температур, по сравнению с нормами для годовых значений, значительно выше. Особенно это справедливо для зимних, весенних и осенних месяцев, когда нормы СКО могут достигать 2,1–5,0 °С, тогда как летом их минимальные значения могут опускаться до годовых величин, 0,7–1,1 °С. При этом они точно также практически не меняются по величине от 1930–1975 к 1976–2010 гг., характеризуя постоянство *степени междугодовой* изменчивости климата в это время.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 5

В таблице 5.14 приведены итоговые результаты статистических характеристик для *средних минимальных годовых и средних минимальных месячных* температур по 10 метеостанциям ССЗК в периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., на основании которых, с учетом проведенного анализа, можно сформулировать следующие выводы.

1. В ходе 11-летних кривых средних минимальных температур для года и центральных месяцев сезонов для 5 длиннорядных станций за общий период их работы 1930–2010 гг. наблюдалась случайная структура хода кривых с хорошо выраженным чередованием фаз повышения и понижения температуры. При этом от станции к станции наиболее сильно менялись амплитуды

Таблица 5.14 – Итоговые результаты статистических характеристик для средних минимальных температур по станциям ССЗК (средние значения получены по данным длиннорядных станций, темным шрифтом выделены статистически значимые тренды)

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	b ₁ , °C/10	b ₂ , °C/10	Δb	b ₃ , °C/10	ΔT ₄₆ , °C	ΔT ₃₅ , °C	ΔT ₈₁ , °C
<i>Средние минимальные годовые температуры</i>							
Жаны-Жер*		0,292				1,0	
Токмак	0,189	0,187	-0,0003	0,279	0,9	0,7	2,3
Бишкек	0,095	0,527	0,0432	0,255	0,4	1,8	2,1
Кара-Балта*		0,647				2,3	
Ысык-Ата*		0,236				0,8	
Байтык	0,039	-0,035	0,0074	0,043	0,2	-0,1	0,4
Альплагерь*		0,157				0,6	
Тюя-Ашуу юж. *		-0,074				-0,3	
Кировское	0,375	0,717	0,0342	0,414	1,7	2,5	3,3
Талас	0,116	0,324	0,0208	0,226	0,5	1,1	1,8
Среднее	0,163	0,344		0,243	0,7	1,2	2,0
<i>Средние минимальные температуры января (зима)</i>							
Жаны-Жер*		0,421				1,5	
Токмак	0,152	0,508	0,0356	0,399	0,7	1,8	3,2
Бишкек	0,157	0,743	0,0586	0,445	0,7	2,6	2,6
Кара-Балта*		0,434				1,5	
Ысык-Ата*		0,416				1,5	
Байтык	0,053	0,261	-0,0207	0,150	0,2	0,9	1,2
Альплагерь*		-0,370?			-1,3?	-1,3	
Тюя-Ашуу юж.*		-0,270?			-1,0?	-0,9	
Кировское	брак	1,669		0,634	брак	5,8	5,1
Талас	-0,081	0,820	0,0901	0,340	-0,4	2,9	2,8
Среднее	0,070	0,800		0,394	0,3	2,8	3,2
<i>Средние минимальные температуры апреля (весна)</i>							
Жаны-Жер*		-0,157				-0,5	
Токмак	0,121	-0,161	-0,0282	0,160	0,6	-0,6	1,3
Бишкек	0,107	-0,026	-0,0133	0,093	0,5	-0,1	0,8
Кара-Балта*		0,474				1,7	
Ысык-Ата*		-0,263				-0,9	
Байтык	0,250	0,250	-0,0659	0,047	1,1	1,1	0,4
Альплагерь*		0,256				0,9	
Тюя-Ашуу юж.*		-0,952				-3,3	
Кировское	0,680	0,205	-0,0475	0,209	3,1	0,7	1,7
Талас	0,183	-0,235	-0,0417	0,134	0,8	-0,8	1,1
Среднее	0,268	0,0066		0,129	1,2	0,02	1,1

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	$b_1, ^\circ\text{C}/10$	$b_2, ^\circ\text{C}/10$	Δb	$b_3, ^\circ\text{C}/10$	$\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$
<i>Средние минимальные температуры июля (лето)</i>							
Жаны-Жер*		0,229				0,8	
Токмак	0,037	-0,328	-0,0366	0,166	0,2	-1,1	1,3
Бишкек	-0,067	0,315	0,0382	0,163	-0,3	1,1	1,3
Кара-Балта*		-0,289				-1,0	
Ысык-Ата*		-0,028				-0,1	
Байтык	-0,033	-0,536	-0,0503	-0,032	-0,2	-1,9	-0,3
Альплагерь*		-0,339				-1,2	
Тюя-Ашуу юж.*		-0,240				-0,8	
Кировское	0,314	0,585	0,0271	0,340	1,4	2,0	2,8
Талас	0,081	0,001	-0,0080	0,153	0,4	0,5	1,2
Среднее	0,066	0,0074		0,206	0,3	0,1	1,7
<i>Средние минимальные температуры октября (осень)</i>							
Жаны-Жер*		0,183				0,6	
Токмак	-0,078	0,229	0,0308	0,106	-0,4	0,8	0,9
Бишкек	-0,203	0,477	0,0680	0,073	-0,9	1,7	0,6
Кара-Балта*		1,186				4,2	
Ысык-Ата*		0,285				1,0	
Байтык	-0,224	0,113	0,0337	-0,083	-1,0	0,4	-0,7
Альплагерь*		0,562				2,0	
Тюя-Ашуу юж.*		0,074				0,3	
Кировское	брак	0,386		0,325	брак	1,3	2,6
Талас	-0,182	0,342	0,0523	0,065	-0,8	1,2	0,5
Среднее	-0,172	0,309		0,097	-0,8	1,1	0,8

фаз, обуславливая индивидуальность временных изменений различных характеристик температуры по станциям и сезонам года. Это существенно влияло как на величину угловых коэффициентов трендов, так и их знак и, прежде всего, для короткорядных станций. Поэтому наиболее достоверными являются тренды b_3 , полученные по длиннорядным станциям за весь период их работы, которые освещают днища Чуйской и Таласской долин и зону низкогогорья до высот 1,5–2 км.

2. В поле средних минимальных годовых температур в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось потепление со скоростями от очень слабых до умеренных, $b_1 = 0,039\dots, 0,375 ^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = 0,2\dots, 1,7 ^\circ\text{C}$. Это дало относительно слабое среднее по 5 станциям потепление со значением $b_1(\text{сред.}) = 0,163 ^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,7 ^\circ\text{C}$. Дифференцированные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов разнятся мало и равны: долинные районы (4 станции) – $b_1(\text{сред.}) = 0,194 ^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,9 ^\circ\text{C}$, склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,039 ^\circ\text{C}/10$ лет, $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,2 ^\circ\text{C}$.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. 4 долинные станции показали потепление со скоростями от умеренных до сильных, $b_2 = 0,187\dots, 0,717 ^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{35} = 0,7 ^\circ\text{C}\dots, 2,5 ^\circ\text{C}$. На склоновой станции Байтык, напро-

тив, наблюдалось очень слабое похолодание, $b_1 = -0,035$ °C/10 лет, ΔT_{46} (сред.) = $-0,1$ °C. В результате в среднем по всем 5 станциям получена достаточно высокая скорость потепления, b_2 (сред.) = $0,344$ °C/10 лет и ΔT_{35} (сред.) = $1,2$ °C, т. е. почти в два раза выше, чем в период 1930–1975 гг. Однако на практике следует учитывать и дифференцированные оценки этих характеристик, которые равны: долинные районы (4 станции) – b_1 (сред.) = $0,439$ °C/10 лет, и ΔT_{35} (сред.) = $1,5$ °C, склоновая станция Байтык – $b_2 = -0,035$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -0,1$ °C.

В целом, для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось потепление со скоростями от очень слабых до относительно высоких, $b_3 = 0,043 \dots, 0,414$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,4 \dots, 3,3$ °C. Это дало среднюю по станциям скорость потепления на грани умеренной и сильной, b_3 (сред.) = $0,243$ °C/10 лет и ΔT_{81} (сред.) = $2,0$ °C. Дифференцированные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов равны: долинные районы (4 станции) – b_3 (сред.) = $0,294$ °C/10 лет и ΔT_{81} (сред.) = $2,4$ °C, склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,043$ °C/10 лет и ΔT_{81} (сред.) = $0,4$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от $-0,074$ до $+0,717$ °C/10 лет. При этом в 18 случаях из 20 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 4 случаях из 5 и оказалась значимой в 3 случаях из 5.

3. В поле средних минимальных январских температур (зима) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 4 длиннорядных станциях ССЗК (тренд b_1 на станции Кировское забракован) наблюдалось малые по абсолютной величине и разнонаправленные скорости изменения температуры, $b_1 = -0,081 \dots, +0,157$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,4 \dots, +0,7$ °C. Это в среднем по 5 станциям дало очень слабое потепление, со значением b_1 (сред.) = $0,070$ °C/10 лет, что дало ΔT_{46} (сред.) = $0,3$ °C. При этом данные 4 долинных и склоновой станции Байтык не различались.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК шло потепление со скоростями от относительно высокой до очень высокой, $b_2 = 0,261 \dots, 1,669$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,9 \dots, 5,8$ °C. В среднем по 5 станциям это дало очень высокую скорость потепления, b_2 (сред.) = $0,800$ °C/10 лет и ΔT_{35} (сред.) = $2,8$ °C. Раздельные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов существенно различны и равны: долинные районы (4 станции) – b_2 (сред.) = $0,935$ °C/10 лет и ΔT_{35} (сред.) = $3,3$ °C, склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,261$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,9$ °C.

В целом для всего периода 1930–2010 гг. по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК наблюдалось потепление со скоростями от умеренных до высоких, $b_3 = 0,150 \dots, 0,634$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 1,2 \dots, 5,1$ °C. Это дало достаточно высокое значение b_3 (сред.) = $0,394$ °C/10 лет и ΔT_{81} (сред.) = $3,2$ °C. Дифференцированные оценки этих характеристик для долинных и склоновых районов равны: долинные районы (4 станции) – b_3 (сред.) = $0,455$ °C/10 лет, ΔT_{81} (сред.) = $3,7$ °C, склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,150$ °C/10 лет и $1,2$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от $-0,370$ до $1,669$ °C/10 лет. При этом в 12 случаях из 19 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 4 и оказалась значимой в двух случаях из 4.

4. В поле средних минимальных апрельских температур (весна) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК наблюдалось потепление со скоростями от слабых до высоких, $b_1 = 0,107 \dots, 0,680$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 0,5 \dots, 3,1$ °C. В среднем по 5 станциям это дало умеренную скорость потепления, $b_1(\text{сред.}) = 0,268$ °C/10 лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 1,2$ °C. При этом на склоновой станции Байтык скорость потепления была близка к средней, $b_1 = 0,250$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 1,1$ °C, так что долинные и склоновые районы по скорости потепления не различались.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. скорости изменения температуры на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК были умеренными по абсолютной величине и различными по знаку, $b_2 = -0,235 \dots, +0,250$ °C/10 лет, что дало общий диапазон $\Delta T_{35} = -0,8 \dots, +1,1$ °C. В итоге среднее по 5 станциям значение оказалось близким к нулевому, $b_2(\text{сред.}) = 0,0066$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,02$ °C. При этом склоновая станция Байтык, против обычного, отмечала самую высокую скорость потепления, $b_2 = 0,250$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 1,1$ °C.

В целом, для периода 1930–2010 гг. все 5 длиннорядных станций ССЗК отмечали скорости потепления от очень слабых до умеренных, $b_3 = 0,047 \dots, 0,209$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,4 \dots, 1,7$ °C. В среднем по 5 станциям это дало слабое потепление, $b_3(\text{сред.}) = 0,129$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,1$ °C. При этом склоновая станция Байтык отмечала наиболее низкую скорость потепления, $b_3 = 0,047$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,4$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от $-0,952$ до $+0,680$ °C/10 лет. При этом в 13 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была отрицательной во всех 5 случаях из 5 и оказалась значимой в 4 случаях из 5.

5. В поле средних минимальных июльских температур (лето) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 4 длиннорядным станциям ССЗК (исключая Кировское) наблюдались очень малые по абсолютной величине и разные по знаку скорости изменения температуры, $b_1 = -0,067 \dots, +0,081$ °C/10 лет, что дало диапазон $\Delta T_{46} = -0,3 \dots, +0,4$ °C. Лишь станция Кировское отмечала умеренную скорость потепления, $b_1 = 0,314$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 1,4$ °C. В результате, в среднем по 5 станциям получена очень слабая скорость потепления, $b_1(\text{сред.}) = 0,066$ °C/10 лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,3$ °C. При этом склоновая станция Байтык отмечала очень слабое похолодание, $b_1 = -0,033$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = -0,2$ °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. 5 длиннорядных станций ССЗК показали весьма различные по абсолютной величине и разные по знаку скорости изменения температуры, $b_2 = -0,536 \dots, +0,585$ °C/10 лет,

что дало $\Delta T_{35} = -1,9 \dots, +2,0$ °C. За счет этого среднее по 5 станциям скорость потепления оказалась практически нулевой, $b_2(\text{сред.}) = 0,0074$ °C/10 лет, что дало $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,1$ °C. При этом на склоновой станции Байтык отмечалось самое сильное похолодание, $b_2 = -0,536$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -1,9$ °C. Поэтому, наряду со средними оценками, здесь с полным правом можно использовать и дифференцированные оценки, соответствующие каждой отдельной станции.

В целом, для периода 1930–2010 гг. на 4 станциях, кроме Байтыка, имели место умеренные скорости потепления, $b_3 = 0,153 \dots, 0,340$ °C/10 лет, что дало значение $\Delta T_{81} = 0,5 \dots, 2,0$ °C. На станции Байтык, напротив, отмечалось очень слабое похолодание, $b_3 = -0,032$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = -0,3$ °C. В среднем по 5 станциям получено умеренное потепление с $b_3(\text{сред.}) = 0,206$ °C/10 лет, что дало $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,7$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в широком диапазоне от $-0,536$ до $0,585$ °C/10 лет. При этом в 15 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в двух случаях из 5 и оказалась значимой в 4 случаях из 5.

6. В поле средних минимальных октябрьских температур (осень) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 4 длиннорядных станциях ССЗК (значение тренда b_1 по Кировское забраковано) имело место похолодание со скоростями от очень слабых до умеренных, $b_1 = -0,0079 \dots, -0,224$ °C/10 лет, что соответствовало диапазону $\Delta T_{46} = -0,4 \dots, -1,0$ °C. В среднем по 4 станциям это дало умеренное похолодание со значением $b_1(\text{сред.}) = -0,172$ °C/10 лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = -0,8$ °C. При этом на склоновой станции Байтык похолодание было наиболее сильным, $b_1 = -0,224$ °C/10 лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = -1,0$ °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось потепление со скоростями от умеренных до сильных, $b_1(\text{сред.}) = 0,113 \dots, 0,477$ °C/10 лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,4 \dots, 1,7$ °C. В среднем это дало потепление с скоростью на грани умеренной и высокой, $b_2(\text{сред.}) = 0,309$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,1$ °C. Дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки равны: долинные районы (4 станции) - $b_2(\text{сред.}) = 0,359$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,3$ °C, склоновая станция Байтык - $b_2 = 0,113$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,4$ °C.

В целом, для периода 1930–2010 гг. 4 длиннорядные станции ССЗК (кроме Байтыка) отмечали потепление со скоростями от слабых до умеренных, $b_3 = 0,065 \dots, 0,325$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,5 \dots, 2,6$ °C. Склоновая станция Байтык, напротив, показала слабое похолодание, $b_3 = -0,083$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = -0,7$ °C. В среднем по 5 станциям получено потепление с умеренной скоростью, $b_3(\text{сред.}) = 0,142$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 1,2$ °C. Дифференцированные оценки по долинным и склоновым районам равны: долинные районы (4 станции) - $b_3(\text{сред.}) = 0,142$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,2$ °C, склоновая станция Байтык - $b_3 = -0,083$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = -0,7$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в широком диапазоне от $-0,224$ до $1,186$ °C/10 лет. При этом в 13 случаях из 19 эти коэффициенты

являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 4 случаях из 4 и оказалась значимой так же в 4 случаях из 4.

7. Повторяемости статистических качеств коэффициентов трендов b_1, b_2, b_3 и разности $\Delta b = b_2 - b_1$ по 5 длиннорядным станциям ССЗК в поле абсолютных максимальных годовых и абсолютных максимальных месячных температур приведены в таблице 5.12. Как видно, повторяемость b_1 со знаками «+» и «-» была равна соответственно 70 и 30 %, а повторяемость b_2 – 76 и 24 %. Значения b_3 со знаком «+» абсолютно преобладали (92 %), имея знаки – всего в 8 % случаев. Разности $\Delta b = b_2 - b_1$, в 52 % случаев были положительны, а в 48 % отрицательны, статистически значимыми они были в 61 % случаев, а в 39 % – нет. Статистически значимые b_1 наблюдались в 61 %, а незначимые в 39 %, тогда как для b_2 эти цифры составляли 72 и 28 %. Для b_3 значимость наблюдалась в 80 % случаев, а незначимость – в 20 %.

Таблица 5.15 – Итоговые результаты повторяемости (%) статистических «качеств» b_1, b_2, b_3 и Δb по 5 длиннорядным станциям совместно для года и центральных месяцев сезонов

Показатель качества	Тренды по различным периодам и разность Δb			
	b_1	b_2	Δb	b_3
Число случаев	23	25	23	25
Со знаком «+» (%)	70	76	52	92
Со знаком «-» (%)	30	24	48	8
Значимых (%)	61	72	61	80
Незначимых (%)	39	28	39	20

8. Изменения норм средних минимальных температур по различным периодам по 5 длиннорядным станциям характеризуются следующим. По 4 станциям, исключая Байтык, нормы средних минимальных годовых температур повысилась на 1,1–1,3 °С от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от дат центров периодов. При этом на склоновой станции Байтык, как и для других характеристик температуры, повышения норм практически не произошло (всего на 0,1 °С). Относительно данных Климатического справочника среднее повышение норм в 1976–2010 гг. выглядело так же: в Бишкеке и Таласе – на 1,1–1,2 °С, а на Байтыке только на 0,2 °С.

Из 60 случаев месячных норм средних минимальных температур в 53 случаях (88 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось их повышение. Оно было максимальным в ноябре, декабре и январе, до 1,0–3,2 °С. В остальное время года характерным было более слабое повышение норм в пределах 0,2–1,0 °С. Исключение представляет Байтык, где в марте и мае-октябре (т. е. в теплый период года), напротив, имело место понижение норм на -0,1 и -0,4 °С (в апреле – повышение на 0,2 °С). Таким образом, наиболее интенсивные потепления в нормах на станциях соответствовали холодному периоду – ноябрю, декабрю, январю и февралю, а наименее интенсивные – лету, весне и началу осени.

9. Нормы СКО средних минимальных температур для различных перио-

дов по данным всем 10 станций характеризуются следующим. Значения норм СКО для средних минимальных годовых температур малы и колеблются в очень узких пределах, от 0,5 до 1,1 °С. При этом они практически не меняются от периода 1930–1975 к 1976–2010 гг. Это значит, что, несмотря на наблюдавшееся потепление климата, междугодовая колеблемость средних минимальных годовых температур на всех станциях оставалась без изменений

Как и для остальных характеристик температуры, нормы СКО для средних минимальных *месячных* температур, по сравнению с нормами для их годовых значений, значительно выше. Особенно это справедливо для зимних, весенних и осенних месяцев, когда нормы СКО могут достигать 2,1–5,0 °С, тогда как летом их минимальные значения могут опускаться до годовых значений, 0,7–1,1 °С. При этом они точно так же практически не меняются по величине от 1930–1975 к 1976–2010 гг., характеризуя постоянство *степени междугодовой* изменчивости климата в поле этих температур в это время.

6. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ АБСОЛЮТНЫХ МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

На метеостанциях по данным минимальных термометров за каждый месяц определяется абсолютная минимальная температура воздуха этого месяца. По месячным данным находится абсолютный годовой минимум текущего года. Средние многолетние значения из абсолютных минимальных месячных и годовых значений температуры характеризуют экстремально холодные погоды, которые наблюдаются в районе метеостанции в среднем *хотя бы один раз в год* и поэтому являются очень наглядной климатической нормой. Для краткости далее будем называть их – *абсолютными минимальными температурами*, помня, что на самом деле это *нормы* (средние значения за период наблюдений) из абсолютных месячных и годовых минимумов.

В настоящем разделе по данным 5 длиннорядных станций ССЗК – Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас – за период 1930–2010 гг. анализируется временной ход 11-летних средних из абсолютных минимальных температур для года и абсолютных минимальных температур для января, апреля, июля и октября (центральные месяцы сезонов). Как и в разделах 2–5, в той же последовательности дается сравнительный анализ угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 , рассчитанных, соответственно, за периоды 1930–1975 (стабильный мировой климат), 1976–2010 (потепление мирового климата) и 1930–2010 гг. (исследуемый период в целом). Оцениваются трендовые изменения абсолютных минимальных температур ΔT °С за эти периоды, а также трендовые значения самих температур T °С по кратным десятилетиям общего периода 1930–2010 гг. и даются практические рекомендации по использованию расчетных данных.

По 5 короткорядным станциям (Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альп-лагерь и Тюя-Ашуу юж.) анализируются аналогичные данные по периоду 1976–2010 гг.

6.1. Временной ход и тренды абсолютных минимальных годовых температур

На рисунке 6.1 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних абсолютных минимальных годовых температур с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 6.1 по результатам статистической обработки рядов 11-летних средних для *абсолютных минимальных годовых температур* приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. На рисунке 6.1, прежде всего, следует отметить следующие особенности хода по станциям 11-летних кривых для абсолютных минимальных годовых температур:

- хорошо выраженную тенденцию интенсивного роста температуры на всех длиннорядных и короткорядных станциях, кроме Байтыка, и отсутствие на правых концах кривых каких-либо наметок к его прекращению;
- относительно простую форму кривых с малым числом максимумов и минимумов (кажущаяся пилообразность кривой на Тюя-Ашуу юж. объясняется увеличенным масштабом графика по оси температур);
- более слабую основную тенденцию роста температуры на склоновой станции Байтык;
- наличие, хотя и относительно слабо выраженных индивидуальных особенностей 11-летних кривых на различных станциях.

Так, на кривых двух длиннорядных станций Чуйской долины Токмак и Бишкек основные максимумы соответствуют 1935–1937 гг., а минимумы 1950 г., после чего кривые, слабо колеблясь, почти монотонно и с повышенной скоростью растут к 2004 г., где пока максимум не намечается. На низкогорной станции Байтык, в отличие от предыдущих станций, максимум 1935 г. не прослеживается, а вместо него имеет место минимум 1933 г. После этого кривая с постепенно затухающими колебаниями (масштаб графика по оси температур увеличен) в целом более медленно поднимается к 2004 г.

Две таласские длиннорядные станции – Кировское и Талас – также имеют и различное число основных максимумов и минимумов и их различное положение. Но самым главным отличием является очень быстрый (стремительный) рост кривой для Таласа от 1992 к 2004 г. по сравнению с кривой для станции Кировское. При этом более интенсивный рост температуры на станции Кировское объясняется в определенной мере укорочением ряда ее данных слева (имеются с 1948 г.), когда наблюдениями не охвачен максимум 1944 г. с предшествующими более низкими температурами (см. кривую для Таласа).

Характерно, что в данном случае все 5 короткорядных станций, несмотря на различие длительности своих рядов, также согласованно дают основными тенденциями рост абсолютных минимальных годовых температур, что, несомненно, есть следствие отмеченных выше особенностей формы 11-летних кривых – интенсивного роста температуры и упрощенных форм вида кривых, имеющих относительно слабый колебательный характер.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 6.1 и таблицы 6.1, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией абсолютных минимальных годовых температур воздуха по всем 5 долинным длиннорядным станциям Токмак, Бишкек, Кировское и Талас был их рост со статистически значимыми коэффициентами b_1 , равными 0,096 (Байтык) – 0,910 °C/10 лет (Кировское). При этом значение b_1 по Кировскому (0,910 °C/10 лет), как уже отме-

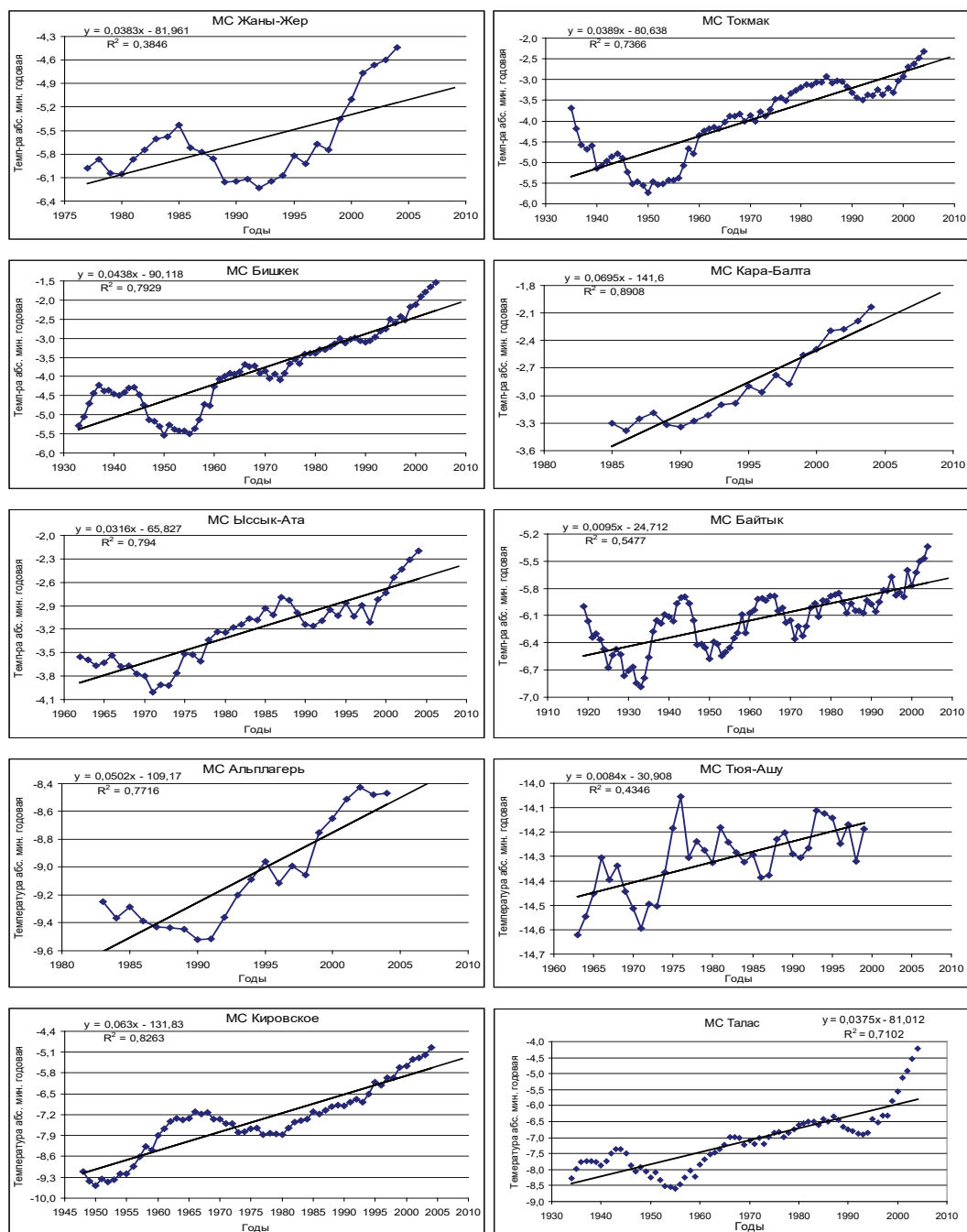


Рисунок 6.1 – Временной ход 11-летних абсолютных годовых минимальных температур в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 6.1 – Абсолютные минимальные годовые температуры: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости		Метеостанции									
		*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.											
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$			0,0255	0,0246			0,0096			0,0910	0,0219
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$			-54,5	-52,7			-25,0			-186,7	-50,4
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$			$\pm 0,62$	$\pm 0,52$			$\pm 0,24$			$\pm 0,47$	$\pm 0,42$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности			0,21	0,27			0,22			0,73	0,29
5. Значимость по F-критерию			значим	значим			значим			значим	значим
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет			0,255	0,246			0,096			0,910	0,219
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)			1,2	1,1			0,4			4,2	1,0
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.											
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0383	0,0189	0,0654	0,0695	0,0311	0,0169	0,0502	0,0019	0,1031	0,0619
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		-82,0	-40,7	-132,9	-141,6	-65,0	-39,5	-109,2	-18,0	-211,9	-129,5
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$			$\pm 0,25$	$\pm 0,19$			$\pm 0,13$			$\pm 0,18$	$\pm 0,51$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,38	0,29	0,90	0,89	0,69	0,55	0,77	0,02	0,96	0,52
5. Значимость по F-критерию		значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	незнач.	значим	значим
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет		0,383	0,189	0,654	0,695	0,311	0,169	0,502	0,019	1,031	0,619
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)		1,3	0,7	2,3	2,4	1,1	0,6	1,8	0,1	3,6	2,2

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны- Жер (1977– 04)	Токмак (1935– 04)	Бишкек (1933– 04)	*Кара- Балта (1985– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1919– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1963– 99)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,0066	0,0407			-0,0073			0,0121	0,0401
2. Оценка значимости Δb		незнач.	значимо			незнач.			незнач.	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,367	0,438			0,095			0,630	0,375
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-76,3	-90,1			-24,7			-131,8	-81,0
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,68	0,79			0,55			0,83	0,71
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)			0,246							0,219
2. b_2 , °C/10 (1976–10)			0,654							0,619
3. b_3 , °C/10 (1930–10)		0,367				0,095			0,630	
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		3,0	3,6			0,8			5,1	3,0

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;

2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

чалось, является в определенной мере завышенным, вследствие укороченного слева ряда ее данных, а значение по Байтыку ($0,255\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) – традиционно более низким по сравнению с долинными станциями (т. е. климатически обусловленными). В целом, такие значения b_1 дали трендовые оценки повышения абсолютной минимальной годовой температуры за 46 лет по станциям в диапазоне от $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Байтык) до $4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Кировское). Ошибки уравнений трендов s не превышают $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, кроме Кировского, где ошибка равна $\pm 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В результате среднее по 5 станциям значение тренда $b_1(\text{сред.}) = 0,345\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что дает усредненную по ССЗК трендовую оценку повышения абсолютных минимальных годовых температуры за 46-летний период 1930–75 гг., $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Однако более точными и дифференцированными по долинным (при исключении станции Кировское) и горным районам будут следующие оценки:

- долинные районы (3 станции) – $b_1(\text{сред.}) = 0,240\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,096\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, $\Delta T_{46} = 0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 6.1, таблицу 6.1) все 5 длиннорядных станций также дают статистически значимый рост со значениями b_2 , меняющимися в пределах от $0,169\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Байтык) до $1,031\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Кировское). Однако теперь уже более высокое значение b_2 на станции Кировское нельзя объяснить ничем иным, кроме как спецификой ее условий. При этом на сопредельной станции Талас значение $b_2 = 0,619\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, т. е. тоже высокое, хотя и заметно ниже, чем в Кировском. Заметим также, что если на всех станциях значения b_2 повысились по сравнению с b_2 , то на станции Токмак, наоборот, понизились ($b_1 = 0,255\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, а $b_2 = 0,189\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). Это дало трендовые оценки повышения средней минимальной годовой температуры за 35 лет в диапазоне $0,6\text{--}3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ошибки уравнений тренда s не превышают $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Подчеркнем особо, что низкогорная склоновая станция Байтык и в этот период дала более слабый, хотя и статистически значимый, угловой коэффициент тренда, $b_2 = 0,169\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В результате в поле абсолютных минимальных годовых температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение коэффициента тренда за 1976–2010 гг. оказалось в 1,5 раза более высоким, $b_2(\text{сред.}) = 0,532\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, чем в 1930–1975 гг. ($b_1(\text{сред.}) = 0,345\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). Это дало усредненную по территории ССЗК трендовую оценку повышения абсолютной минимальной годовой температуры за 35-летний период 1976–2010 гг., $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для всех 5 короткорядных станций значения b_2 были также положительными и относились к диапазону $0,019$ (Тюя-Ашуу юж.) – $0,695\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Кара-Балта), что соответствует $\Delta T_{35} = 0,2\text{--}2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом отметим, что две из трех короткорядных склоновых станций – Ысык-Ата (подножье, $b_2 = 0,311\text{ }^{\circ}\text{C}/10$

лет) и Альплагерь (среднегорная зона, $b_2 = 0,502$ °C/10 лет) – подтверждают высокую скорость роста, отмечаемую долинными станциями. В то же время Тюя-Ашуу юж. (высокогорная зона, $b_2 = 0,019$ °C/10 лет) из-за высокого максимума на 11-летней кривой в 1976 г., которого нет на других станциях, и более короткого ряда справа (окончание 1999 г.) дает такое низкое значение b_2 .

Если дифференцировать эти оценки для 1976–2010 гг. для абсолютной минимальной годовой температуры для долинных районов и склонов, за исключением Тюя-Ашуу юж., то получим:

- долинные районы – $b_2(\text{сред.}) = 0,623$ °C/10 и $\Delta T_{35} = 2,2$ °C;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,169$ °C/10 и $\Delta T_{35} = 0,6$ °C;
- склоновые станции Ысык-Ата и Альплагерь – $b_2(\text{сред.}) = 0,407$ °C/10 и $\Delta T_{35} = 1,4$ °C.

Здесь наблюдается как раз такой случай, когда возможное отсутствие данных всего за 5 лет по Тюя-Ашуу юж. (2000–2004 гг.) не позволяет с полной уверенностью решить вопрос о значениях b_2 в различных высотных зонах склона Киргизского хребта

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 6.1, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,05$ для двух станций – Бишкек и Талас – и незначимые для Токмака, Байтыка и Кировское. Из этого следует, что для двух первых станций целесообразно использовать на практике отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения абсолютной минимальной годовой температуры по периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг., а по трем другим принять один коэффициент b_3 , соответствующий всему ряду 1930–2010 гг.

Трендовая оценка значений потеплений за 81 год (1930–2010 гг.) была сделана по значению коэффициентов b_3 . Эти коэффициенты на всех 5 длиннорядных станциях были положительными и статистически значимыми, меняясь в пределах от 0,095 °C/10 лет (Байтык) до 0,630 °C/10 лет (Кировское). Причем по 4 долинным станциям значения b_3 были в 4–6 раз выше ($b_3 = 0,367$ – $0,630$ °C/10 лет), чем на склоновой станции Байтык.

Видно, что потепление за 81 год по данным 5 длиннорядных станций было минимальным на низкогорной станции Байтык (1,58 км, $\Delta T_{81} = 0,8$ °C), а максимальным – на станции Кировское (Таласская долина 0,86 км, $\Delta T_{81} = 5,1$ °C).

В результате в поле абсолютных минимальных годовых температур среднее по 5 станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда $b_3(\text{сред.}) = 0,381$ °C/10 лет, что дает усредненную по станциям трендовую высокую оценку повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 3,1$ °C.

Дифференцированные оценки за 1930–2010 гг. для абсолютной минимальной годовой температуры для долинных и склоновых станций будут следующими:

- долинные районы (4 станции) – $b_3(\text{сред.}) = 0,453 \text{ }^{\circ}\text{C}/10$ и $\Delta T_{81} = 3,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,095 \text{ }^{\circ}\text{C}/10$ и $\Delta T_{81} = 0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В заключение (таблица 6.2) для наглядного представления о ходе временных изменений самих абсолютных минимальных годовых температур приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 6.1) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних минимальных для года температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 6.2 – Трендовые оценки абсолютных минимальных годовых температур $T \text{ }^{\circ}\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балга (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						-6,5				-8,6
1930		-5,4	-5,5			-6,4				-8,2
1940		-5,1	-5,1			-6,3			-9,7	-7,8
1950		-4,7	-4,6			-6,2			-9,0	-7,5
1960		-4,3	-4,2		-3,9	-6,2		-14,5	-8,4	-7,1
1970	-6,4	-4,0	-3,8		-3,6	-6,1		-14,4	-7,8	-6,7
1980	-6,1	-3,6	-3,3	-3,9	-3,3	-6,0	-9,8	-14,3	-7,2	-6,3
1990	-5,7	-3,2	-2,9	-3,2	-3,0	-5,9	-9,3	-14,2	-6,5	-6,0
2000	-5,3	-2,9	-2,5	-2,5	-2,7	-5,8	-8,8	-14,2	-5,9	-5,6
2010	-4,9	-2,5	-2,0	-1,8	-2,4	-5,7	-8,2		-5,3	-5,2
2020	-4,5	-2,1	-1,6	-1,1	-2,0	-5,6	-7,7		-4,6	-8,6

6.2. Временной ход и тренды абсолютных минимальных температур января

На рисунке 6.2 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых для абсолютных минимальных температур января с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 6.3 по результатам статистической обработки рядов 11-летних средних для *абсолютных минимальных температур января* приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 6.2 прежде всего следует, что степень колеблемости 11-летних кривых для абсолютных минимальных температур января очень сильно возросла по сравнению

с аналогичными кривыми для года (см. рисунок 6.1). Этого и следовало ожидать, учитывая характерные для января резкие смены погод. При этом на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК отмечается хорошо выраженная тенденция потепления от 1930 к 2010 г. Обращает на себя внимание резко выраженная пилообразность кривых с повышенной частотой следования максимумов и минимумов (см., например, кривую для Байтыка). Результатом всего этого явилась возможная значительная несхожесть кривых на различных станциях. Так, например, на станции Бишкек на начальном интервале 1933–1943 гг. наблюдается рост температуры (с максимумом в 1943 г.), а на сопредельной станции Токмак в 1938–1940 гг. имеет место минимум температуры. На большинстве кривых не совпадает как число самих экстремумов, так и степень их выраженности – относительный подъем максимумов и глубина минимумов, а также положение главных максимумов и минимумов. Так, на чуйских долинных станциях Токмак и Бишкек положение основных максимумов постоянно повышалось и самые высокие из них соответствуют 2000–2002 гг., тогда как на низкогорной склоновой станции Байтык основной максимум наблюдался в 1980 г., после чего абсолютные минимальные температуры января существенно снижаются к 2004 г. Весьма не схожими во многих деталях являются 11-летние кривые для долинных таласских станций Кировское и Талас на совпадающем интервале 1948–2004 гг. Например, резко выделяющемуся максимуму на кривой для Таласа в 1948 г. соответствует мало заметный максимум в Кировском. Очень широкому минимуму в Кировском в 1964–1980 гг. соответствует общий подъем кривой в Таласе, наблюдавшийся на интервале 1960–1987 гг.

Короткорядные станции на интервалах своих наблюдений могли случайным образом отражать как фрагменты роста, так и понижения температуры. Так, станции Жаны-Жер, Кара-Балта и Ысык-Ата дают фрагменты положительных тенденций, тогда как Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. – фрагменты отрицательных тенденций.

Такой резко колебательный ход 11-летних кривых абсолютных минимальных температур января с неизбежностью должен был обусловить возможные большие различия как самих значений, так и знаков угловых коэффициентов трендов на различных станциях и для разных периодов, что и имеет место в действительности.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 6.2 и таблицы 6.3, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией для абсолютных минимальных температур января по 4 долинным длиннорядным станциям – Токмак, Бишкек, Байтык и Талас – была умеренная значимая скорость роста со значениями b_1 , равными 0,132 (Токмак) – 0,284 °C/10 лет (Бишкек), что дало трендовые оценки повышения температуры за 46 лет этим по станциям в диапазоне 0,6–1,3 °C. При этом при наблюдавшейся очень большой межгодовой изменчивости абсолютных минимальных температур января только для Байтыка значение b_1 было статистически значимым.

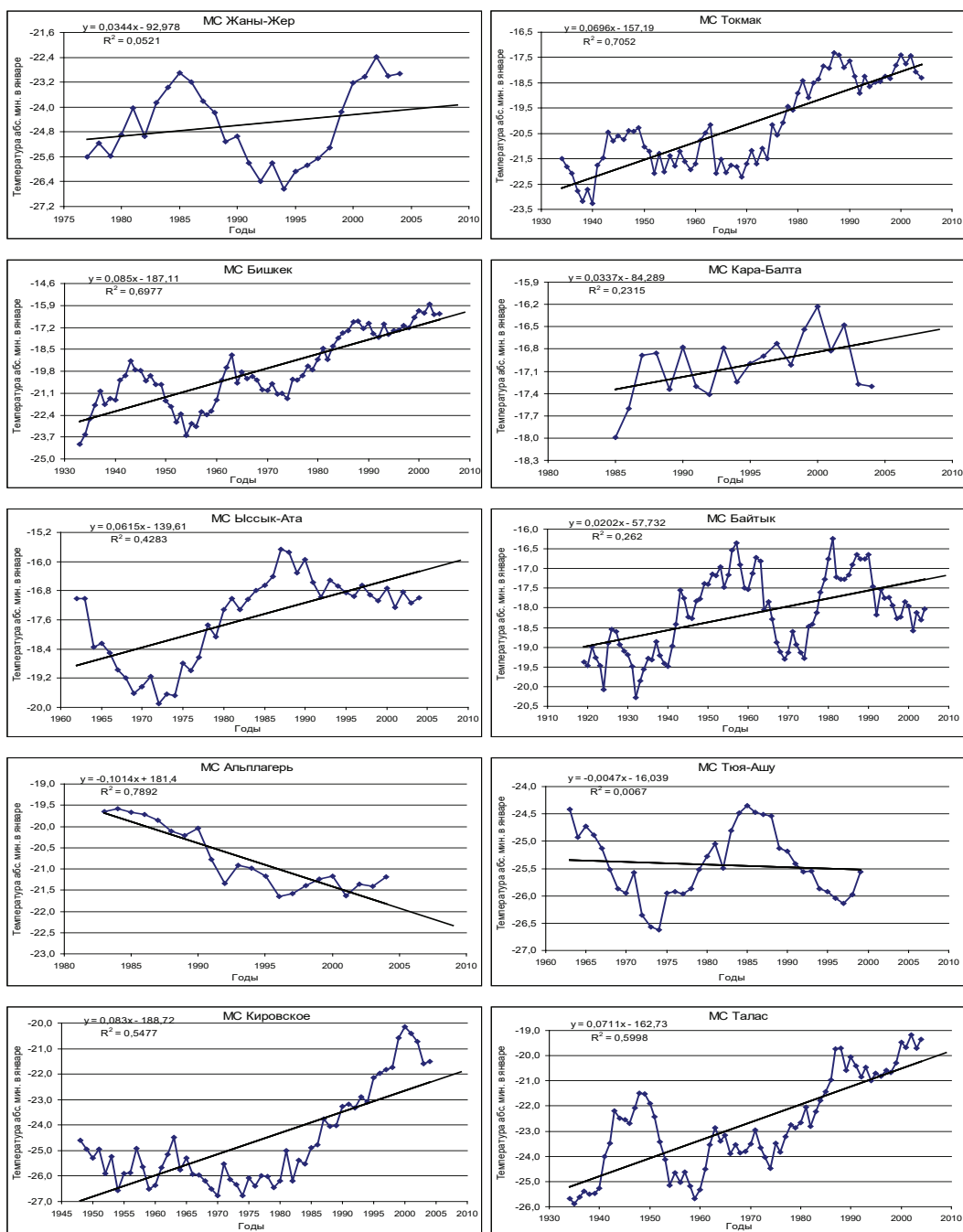


Рисунок 6.2 – Временной ход 11-летних абсолютных минимальных температур в январе в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 6.3 – Абсолютные минимальные температуры в январе: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции							
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0132	0,0284			0,0228		-0,0423
2. Свободный член b_0 , °C		-47,4	-76,8			-62,7		57,2
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,77$	$\pm 1,21$			$\pm 0,99$		$\pm 0,55$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,04	0,08			0,09		0,29
5. Значимость по F-критерию		незнач.	незнач.			значим		значим
6. b_1 , °C/10 лет		0,132	0,284			0,228		-0,423
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		0,6	1,3			1,0		-1,9
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0344	0,0582	0,1239	0,0337	0,0344	-0,0374	-0,1014	0,2283
2. Свободный член b_0 , °C	-93,0	-134,3	-264,3	-84,3	-85,5	56,9	181,4	-477,9
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,63$	$\pm 0,57$			$\pm 0,56$		$\pm 0,54$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,05	0,39	0,78	0,23	0,16	0,25	0,79	0,93
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	0,344	0,582	1,239	0,337	0,344	-0,374	-1,014	2,283
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	1,20	2,0	4,3	1,2	1,2	-1,3	-3,5	8,0
								4,6

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1), ^\circ\text{C}/\text{год}$		0,0450	0,0955			0,0602			0,2706	0,1147
2. Оценка значимости Δb		значимо	значимо			значимо			значимо	значимо
3. Значение $b_3, ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)		0,696	0,850			0,202			0,830	0,711
4. Значение $b_0, ^\circ\text{C}$ (1930–10)		-157,2	-187,1			-57,7			-188,7	-162,7
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,71	0,70			0,26			0,55	0,60
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов $b_1, b_2, b_3, ^\circ\text{C}/10$ лет и значения $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$										
1. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ (1930-75)		0,132	0,284			0,228			-0,423	0,174
2. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ (1976-10)		0,582	1,239			-0,374			2,283	1,321
3. $b_3, ^\circ\text{C}/10$ (1930-10)										
4. Трендовое $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$ (1930-10)		5,6	6,9			1,6			6,7	5,8

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткокордных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;

2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

На станции Кировское угловой коэффициент тренда был отрицательным и статистически значимым, $b_1 = -0,423$ °C/10 лет, что дает оценку $\Delta T_{46} = -1,9$ °C. Сравнительный анализ 11-летних кривых по станциям Кировское и Талас показывает, что каких-либо веских оснований для забраковки этого значения b_1 нет (хотя вполне возможно, что при наличии полного ряда по Кировскому тренд мог бы быть иным).

Ошибки уравнений тренда s из-за сильной межгодовой колеблемости абсолютных минимальных температур января существенно возросли и составляют $\pm 0,6-1,3$ °C.

В такой ситуации, как обычно, следует оценить средние для ССЗК значения b_1 и ΔT_{46} , но наряду с ними использовать на практике и их индивидуальные значения по станциям.

В результате в поле абсолютных минимальных температур января среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_1 (сред.) = $0,079$ °C/10 лет, что дает усредненную трендовую оценку повышения температуры за 46-летний период 1930–1975 гг., ΔT_{46} (сред.) = $0,4$ °C.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 6.2, таблицу 6.3) на 5 длиннорядных долинных станциях значения b_2 и ΔT_{35} для абсолютных минимальных температур января могли очень сильно различаться по абсолютной величине и даже по знаку. Эти различия были наибольшими за все рассмотренные предшествующие случаи. Так, в Чуйской долине станция Токмак имеет высокое положительное значение $b_2 = 0,582$ °C/10 лет, но станция Бишкек еще в 2,1 раза выше, $b_2 = 1,239$ °C/10 лет. Оценки ΔT_{35} по этим станциям соответственно равны 2,0 и 4,3 °C.

На низкогорной склоновой станции Байтык тренд по абсолютной величине был меньше, чем в Токмаке, но отрицательным по знаку, $b_2 = -0,374$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -1,3$ °C.

На долинных таласских станциях положительные значения b_2 и ΔT_{35} были еще выше, чем в Бишкеке, и составляли: Талас $b_2 = 1,321$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 4,6$ °C; Кировское $b_2 = 2,283$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 8,0$ °C. Это наиболее высокие оценки потепления за все предшествующие ситуации.

Представляется целесообразным и в этом случае получить и практически использовать как усредненные по ССЗК, в целом, так и дифференцированные по долинным станциям оценки b_2 и ΔT_{35} , а также отдельно по склоновой станции Байтык.

В результате в поле абсолютных минимальных температур января среднее по 5 долинным станциям ССЗК значение тренда b_2 (сред.) = $1,010$ °C/10 лет, что трендовую оценку повышения температуры за 35-летний период 1976–2010 гг., ΔT_{35} (сред.) = $3,5$ °C. Дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки будут равны:

- долинные районы (4 станции) – $b_2(\text{сред.}) = 1,356 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 4,8^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = -0,374 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = -1,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для 5 короткорядных станций – Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альп-лагерь и Тюя-Ашуу юж. – значения b_2 также были как отрицательными, так и положительными и соответствовали диапазону от $-1,014 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Альп-лагерь) до $0,344 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Жаны-Жер и Ысык-Ата) что дает диапазон $\Delta T_{35} = -3,5 \dots +1,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 гг. и 1930–1975 (см. таблицу 6.3, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,05$ для всех 5 длиннорядных станций. Из этого следует, для всех этих станций следует использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения абсолютной минимальной температуры января в периоды 1930–1975 и 1976–2010 гг.

Угловые коэффициенты трендов b_3 за весь период наблюдений 1930–2010 гг. по всем 5 станциям оказались положительными, статистически значимыми и менялись в пределах от $0,202 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Байтык) до $0,850 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Бишкек), что дало диапазон $\Delta T_{81} = 1,6\text{--}6,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

В результате в поле абсолютных минимальных температур января среднее по 5 станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда $b_3(\text{сред.}) = 0,658 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дает усредненную по станциям трендовую оценку повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 5,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки будут равны:

Таблица 6.4 – Трендовые оценки абсолютных минимальных температур января $T \text{ }^\circ\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						-19,0				-25,5
1930		-22,9	-23,0			-18,8				-24,8
1940		-22,2	-22,2			-18,6			-27,6	-24,1
1950		-21,5	-21,3			-18,4			-26,8	-23,4
1960		-20,8	-20,5		-19,0	-18,2		-25,3	-26,0	-22,7
1970	-25,3	-20,1	-19,6		-18,4	-18,0		-25,4	-25,1	-21,9
1980	-24,9	-19,4	-18,8	-17,5	-17,7	-17,8	-19,4	-25,4	-24,3	-21,2
1990	-24,6	-18,7	-17,9	-17,2	-17,1	-17,6	-20,4	-25,5	-23,5	-20,5
2000	-24,2	-18,1	-17,1	-16,8	-16,5	-17,4	-21,4	-25,5	-22,6	-19,8
2010	-23,9	-17,4	-16,2	-16,5	-15,9	-17,2	-22,4		-21,8	-19,1
2020	-23,6	-16,7	-15,4	-16,2	-15,3	-17,0	-23,4		-21,0	-25,5

- долинные районы (4 станции) – $b_2(\text{сред.}) = 0,772 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 6,3 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,202 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В заключение (таблица 6.4) для наглядного представления о ходе временных изменений самих абсолютных минимальных годовых температур приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 6.2) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками средних минимальных для года температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

6.3. Временной ход и тренды абсолютных минимальных температур апреля

На рисунке 6.3 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних абсолютных минимальных температур апреля с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 6.5 по результатам статистической обработки рядов 11-летних средних *абсолютных минимальных апрельских температур* приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 6.3 следует, что временной ход 11-летних абсолютных *минимальных температур апреля* на всех 5 длиннорядных станциях за полный периоды их работы в интервале 1930–2010 гг. в целом характеризуется тенденцией роста, но был не монотонным, а, как обычно, имел хорошо выраженный индивидуальный по станциям колебательный вид с чередующимися фазами роста и понижения температуры. Уже беглого взгляда достаточно, чтобы видеть существенную разницу в структуре хода 11-летних кривых по станциям.

Так, на станции Токмак фазы колебаний имеют значительный размах и длительные периодичности с тремя основными максимумами в 1935, 1975–1983 и 2002 гг. и основными двумя минимумами в 1950, 1991–1998 гг. В Бишкеке 11-летняя кривая более высокочастотна, основной ее размах по шкале температур обуславливается минимумом 1954 г. и максимумом 1973 г. Структура кривой по склоновой станции Байтык представляет собой нечто среднее между кривыми Токмака и Бишкека. В целом здесь выделяется очень широкий минимум 1935–1957 гг. с частным невысоким внутренним максимумом 1946 г. Характерно, что после 1966 г. температура на станции, высокочастотно колеблясь, имеет общую слабую тенденцию к снижению.

Две станции Таласской долины – Кировское и Талас – имеют весьма схожую основную тенденцию роста температуры от 1930 к 2010 г. Фазы колебаний

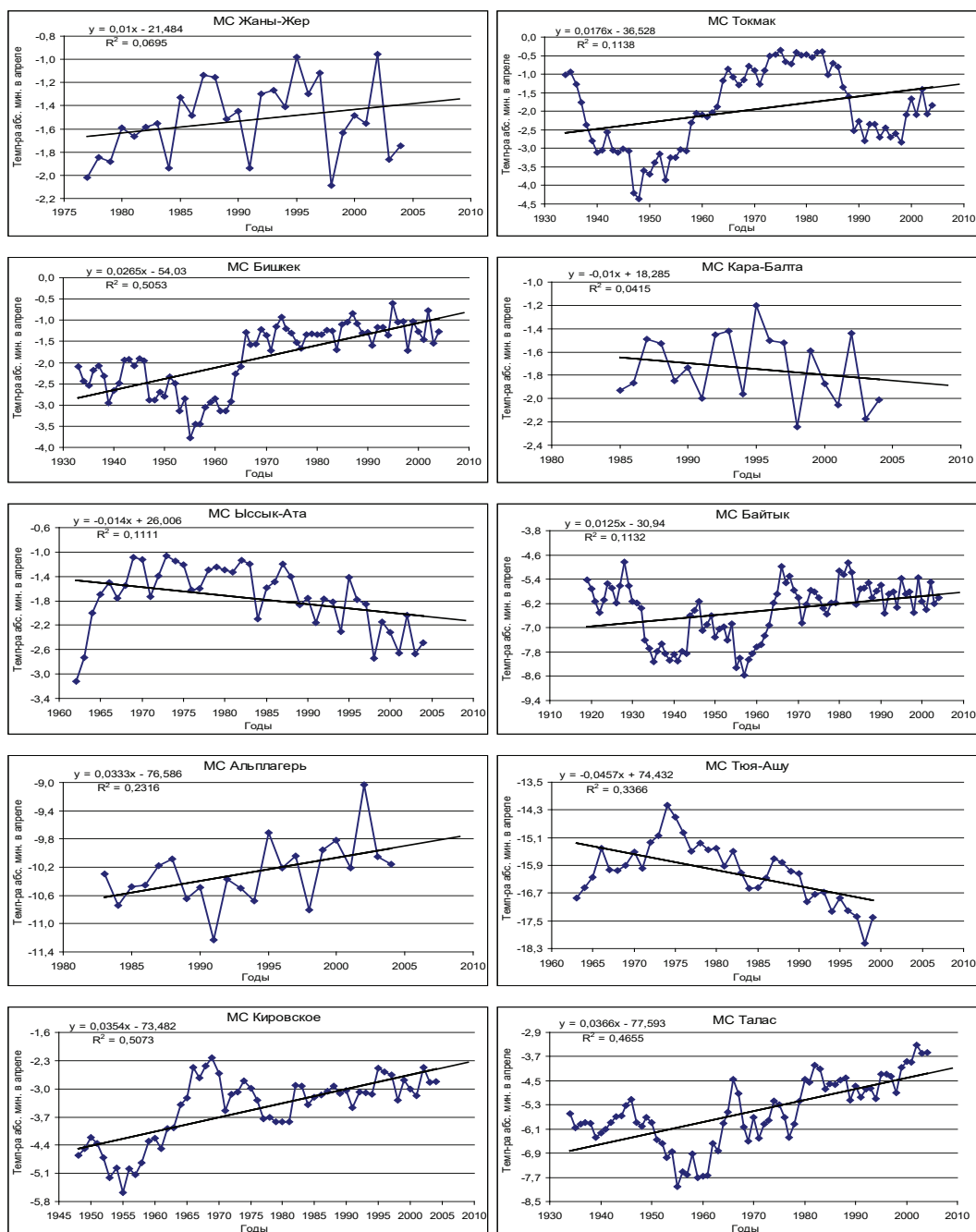


Рисунок 6.3 – Временной ход 11-летних абсолютных минимальных температур в апреле в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 6.5 – Абсолютные минимальные температуры в апреле: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны- Жер (1977– 04)	Токмак (1935– 04)	Бишкек (1933– 04)	*Кара- Балта (1985– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1919– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1963– 99)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0487	0,0213			0,0314			0,0964	-0,0015
2. Свободный член b_0 , °C		-97,4	-43,9			-68,2			-192,9	-3,3
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,97$	$\pm 0,67$			$\pm 0,82$			$\pm 0,58$	$\pm 0,83$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,28	0,14			0,21			0,66	0,00
5. Значимость по F-критерию		значим	значим			значим			значим	незнач.
6. b_1 , °C/10 лет		0,487	0,213			0,314			0,964	-0,015
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		2,2	1,0			1,4			4,4	-0,1
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0100	-0,0767	0,0077	-0,0100	-0,0438	-0,0067	0,0333	-0,1039	0,0320	0,0562
2. Свободный член b_0 , °C	-21,5	150,9	-16,6	18,3	85,3	7,5	-76,6	190,2	-66,8	-116,5
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,60$	$\pm 0,27$			$\pm 0,47$			$\pm 0,29$	$\pm 0,51$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,07	0,55	0,06	0,04	0,60	0,02	0,23	0,82	0,49	0,48
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	незнач.	незнач.	значим	незнач.	значим	значим	значим	значим
6. b_2 , °C/10 лет	0,100	-0,767	0,077	-0,100	-0,438	-0,067	0,333	-1,039	0,320	0,562
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	0,4	-2,7	0,3	-0,4	-1,5	-0,2	1,2	-3,6	1,1	2,0

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны- Жер (1977– 04)	Токмак (1935– 04)	Бишкек (1933– 04)	*Кара- Балта (1985– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1919– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1963– 99)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		-0,1253	-0,0135			-0,0381			-0,0644	0,0577
2. Оценка значимости Δb		значимо	незнач.			значимо			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		0,176	0,265			0,125			0,354	0,366
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-36,5	-54,0			-30,9			-73,5	-77,6
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,11	0,51			0,11			0,51	0,47
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		0,487	0,213			0,314			0,964	-0,015
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		-0,767	0,077			-0,067			0,320	0,562
3. b_3 , °C/10 (1930–10)										
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		1,4	2,1			1,0			2,9	3,0

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоярдных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;
2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

11-летних кривых на обеих станциях высокочастотны и совершенно непохожи, например, на колебания на станции Токмак, а более близки по структуре к Бишкеку и Байтыку.

Короткорядные станции на ограниченных интервалах своих 11-летних кривых случайным образом накрывают целиком или частично отдельные части фаз роста/понижения температуры. В результате на двух станциях Жаны-Жер и Альплагерь общие тенденции характеризуются ростом температуры, а на трех станциях Кара-Балта, Ысык-Ата и Тюя-Ашуу юж. – ее понижением. В целом их данные хорошо вписываются в общую картину для длиннорядных станций.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 6.3 и таблицы 6.5, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией абсолютных минимальных температур апреля по 4 длиннорядным станциям – Токмак, Бишкек, Байтык и Кировское – была существенная и статистически значимая скорость роста температуры, от умеренного в Бишкеке ($b_1 = 0,213$ °C/10 лет) до очень сильной в Кировском ($b_1 = 0,964$ °C/10 лет). При этом браковать тренд b_1 в Кировском особых оснований нет, если проанализировать левый участок кривой на станции – этот тренд вполне может отражать общую тенденцию на станции в случае наличия на ней полного ряда 11-летних данных слева. Подтверждением этому является, например, более высокое значение тренда $b_1 = 0,487$ °C/10 лет для Токмака по сравнению с Бишкеком.

На станции Талас коэффициент тренда $b_1 = -0,015$ °C/10 лет, т. е. практически нулевой, хотя и отрицательный по знаку. Это вытекает из структуры хода 11-летней кривой на станции в 1934–1975 гг. с максимумом в 1946 г. и минимумом в 1955 г., т. е. также климатически вполне обусловлено.

Все это привело к широкому диапазону трендовых оценок повышения абсолютной минимальной температуры апреля за 46 лет по станциям в диапазоне от $-0,1$ (Талас) до $+4,4$ °C (Кировское). Но такова реальная картина в пространственном ходе изменения этих температур. Ошибки уравнений трендов s высоки и достигают $\pm 1,0$ °C.

В результате в поле абсолютных минимальных температур апреля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_1 (сред.) = $0,393$ °C/10 лет, что дает усредненную трендовую оценку повышения средних годовых температуры за 46-летний период 1930–75 гг., ΔT_{46} (сред.) = $1,8$ °C. Наряду с этой средней оценкой рекомендуется использовать и индивидуальные оценки по различным станциям.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 6.3, таблица 6.5) на 5 длиннорядных станциях имели место различные по знаку и весьма разные по абсолютной величине значения b_2 . При этом, разумеется, в данном случае речь не может идти о какой-либо их формальной непоказательности на отдельных станциях, так как все 11-летние

данные соответствуют одному периоду 1976–2004 гг. Угловые коэффициенты трендов b_2 отражают здесь точную картину на разных станциях, которая следует из этого относительно короткого ряда. Более устойчивая картина, как уже неоднократно подчеркивалось, будет вытекать из общего ряда, соответствующего периоду наблюдений 1930–2010 гг. (тренд b_3).

Наиболее значительный отрицательный тренд, $b_2 = -0,767$ °C/10 лет наблюдался на станции Токмак, при этом на станции Бишкек $b_2 = +0,077$ °C/10 лет, а на склоновой станции Байтык $b_2 = -0,067$ °C/10 лет. Наиболее высокий положительный тренд наблюдался на станции Талас, $b_2 = 0,562$ °C/10 лет. Это дало по станциям диапазон оценок ΔT_{35} от -2,7 до +2,0 °C. При этом тренды по Бишкеку и Байтыку, с малыми по абсолютной величине значениями b_2 были статистически незначимы.

В результате в поле абсолютных минимальных температур апреля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_2 оказалось близким к нулевому, b_2 (сред.) = 0,025 °C/10 лет, что дает очень малое значение ΔT_{35} (сред.) = 0,1 °C. Здесь также, наряду с этими средними значениями, следует использовать и индивидуальные оценки по различным станциям.

Для 5 короткорядных станциях, как и следовало ожидать, наблюдался такой же широкий разброс значений b_2 от -1,039 °C/10 лет (Тюя-Ашуу юж.) до +0,333 °C/10 лет (Альплагерь) с диапазоном $\Delta T_{35} = -3,6 \dots, +1,2$ °C.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 6.5, позиция 3) для 5 длиннорядных станций дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,05$ для 4 станций, незначимым Δb оказалось только для Бишкека. Из этого следует, что согласно таблице 1.6, для всех 5 станций целесообразно на практике использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения средней минимальной годовой температуры по этим двум периодам (см. таблицу 6.5, позиция 4).

Трендовая оценка значений потеплений за 81 год была сделана по значению угловых коэффициентов трендов b_3 , рассчитанных для всего периода наблюдений 1930–2010 гг. Эти тренды по всем 5 длиннорядным станциям оказались положительными и меняющимися в пределах от 0,125 °C/10 лет (Байтык) до 0,366 °C/10 лет (Талас), что дало потепление за ΔT_{81} от 1,0 °C до 3,0 °C.

В результате в поле абсолютных минимальных температур среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда b_3 (сред.) = 0,257 °C/10 лет, что дает усредненную трендовую оценку повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., ΔT_{81} (сред.) = 2,1 °C. Дифференцированные значения этих оценок по долинным и склоновым районам будут равны:

- долинные районы (4 станции) – b_3 (сред.) = 0,290 °C/10 лет, ΔT_{81} (сред.) = 2,4 °C;
- склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,125$ °C/10 лет, $\Delta T_{81} = 1,0$ °C.

В заключение (таблица 6.6) для наглядного представления о ходе временных изменений самих абсолютных минимальных апреля приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 6.3) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками абсолютных минимальных температур апреля рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 6.6 – Трендовые оценки абсолютных минимальных температур в апреле $T^{\circ}\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						-7,0				-7,0
1930		-2,7	-2,9			-6,8				-6,6
1940		-2,5	-2,6			-6,7			-4,8	-6,2
1950		-2,3	-2,4			-6,6			-4,4	-5,9
1960		-2,1	-2,1		-1,4	-6,5		-15,1	-4,1	-5,5
1970	-1,7	-1,9	-1,9		-1,6	-6,3		-15,6	-3,7	-5,1
1980	-1,6	-1,8	-1,6	-1,6	-1,7	-6,2	-10,7	-16,0	-3,4	-4,8
1990	-1,5	-1,6	-1,3	-1,7	-1,9	-6,1	-10,4	-16,5	-3,0	-4,4
2000	-1,4	-1,4	-1,1	-1,8	-2,0	-6,0	-10,1	-16,9	-2,7	-4,0
2010	-1,3	-1,2	-0,8	-1,9	-2,1	-5,8	-9,7		-2,3	-3,7
2020	-1,2	-1,1	-0,5	-2,0	-2,3	-5,7	-9,4		-1,9	-7,0

6.4. Временной ход и тренды абсолютных минимальных температур июля

На рисунке 6.4 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних средних для абсолютных минимальных температур июля с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 6.7 по результатам статистической обработки рядов 11-летних средних *абсолютных минимальных июльских температур* приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 6.4 следует, что временной ход 11-летних абсолютных *минимальных температур* июля на 4 длиннорядных станциях за полный период их работы в интервале 1930–2010 гг. в целом характеризуется тенденцией роста (кроме Байтыка), и имел для этих температур хорошо выраженный индивидуальный по стан-

циям колебательный характер с чередующимися фазами роста и понижения температуры. Кривая на Байтыке, имея резко колебательный характер, дает основную тенденцию изменения температур, близкую к нулевой. Уже беглого взгляда достаточно, чтобы увидеть во многих деталях разницу в структуре хода 11-летних кривых по станциям.

Так, на станции Токмак имеет место широкий почти 20-летний минимум в ходе абсолютных минимальных температур в 1941–1963 гг., со сдвоенным основным максимумом в 1974 и 1979 гг., после чего температура, колеблясь, сильно понизилась к 2004 гг.

На сопредельной станции Бишкек, напротив, вместо минимума в 1941–1967 гг. имел место заметный рост температуры, а основной максимум 1974 и 1979 гг. был выражен гораздо слабее. Но, самое главное, после этого максимума к 2004 г. наблюдалось не сильное понижение температуры, а хотя и очень слабый, но ее рост.

На склоновой станции Байтык (сопредельной с Бишкеком) имел место не похожий на две предыдущие станции сильный пилообразный ход 11-летней кривой абсолютных минимальных температур июля с тремя максимумами в 1928/1932 гг. (сдвоенный максимум), 1953 и 1978 гг. Но далее, аналогично Токмаку, температура сильно понизилась к 2004 г.

На станции Кировское, в отличие от всех остальных станций, 35-летний интервал 1960–1994 гг. по существу представляет один очень широкий максимум температуры, которому предшествовал ее сильный рост от 1950 г. и аналогичное сильное снижение от 1994 к 2004 г. Сопредельная станция Талас имеет повышающуюся к 2004 г. 11-летнюю кривую с одновременно увеличивающейся пилообразной колеблемостью в этом же направлении.

Ход 11-летних кривых на 5 короткорядных станциях имеет аналогичный характер, фрагментарно отражая ход кривых на длиннорядных станциях.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 6.4 и таблицы 6.7, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией абсолютных минимальных в году температур воздуха на всех 5 длиннорядных станциях был ее существенный и статистически значимый рост с угловыми коэффициентами трендов b_1 от 0,132 (Байтык) до 0,787 °C/10 лет (Кировское). При этом повышенное значение b_1 в Кировском вполне объясняется характером хода 11-летней кривой, хотя, конечно, оно может быть и несколько завышенным за счет короткого ряда 11-летних данных слева (имеются с 1948 г.). Это дало по станциям диапазон потепления $\Delta T_{46} = 0,6–3,6$ °C. Ошибки уравнений трендов s не превышают $\pm 0,4$ °C.

В результате в поле абсолютных минимальных температур июля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_1 (сред.) = 0,358 °C/10 лет, что дает усредненную трендовую оценку повышения температуры за 46-летний период 1930–75 гг., ΔT_{46} (сред.) = 1,7 °C. Дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки равны:

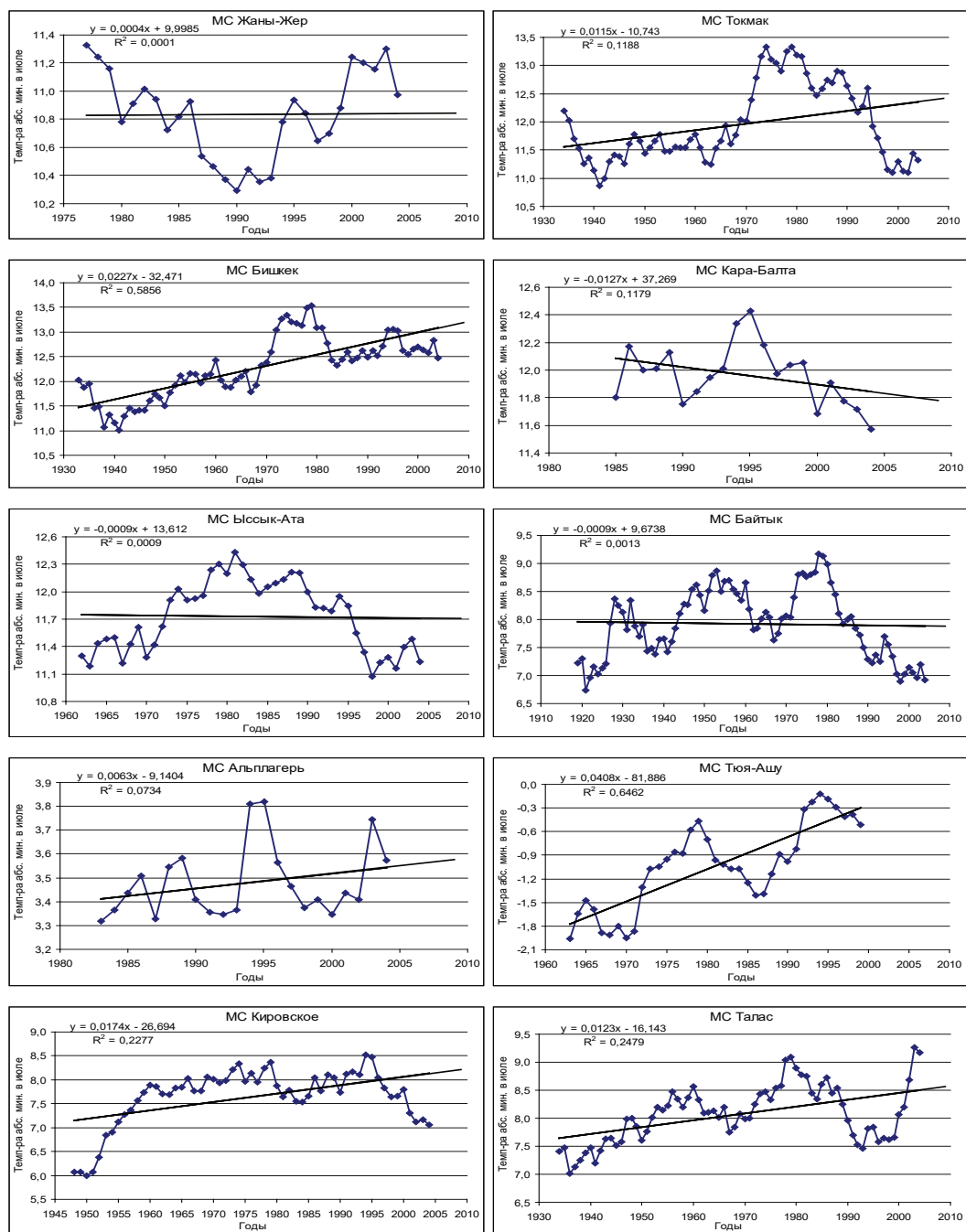


Рисунок 6.4 – Временной ход 11-летних абсолютных минимальных температур в июле в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 6.7 – Абсолютные минимальные температуры в июле: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , °C/год		0,0265	0,0346			0,0132			0,0787	0,0261
2. Свободный член b_0 , °C		-40,0	-55,6			-17,7			-147,0	-43,0
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,44$	$\pm 0,35$			$\pm 0,39$			$\pm 0,33$	$\pm 0,26$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,36	0,61			0,17			0,80	0,62
5. Значимость по F-критерию		значим	значим			значим			значим	значим
6. b , °C/10 лет		0,265	0,346			0,132			0,787	0,261
7. Трендовое ΔT_{46} , °C (1930–75)		1,2	1,6			0,6			3,6	1,2
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , °C/год	0,0004	-0,0808	-0,0161	-0,0127	-0,0395	-0,0789	0,0063	0,0277	-0,0197	-0,0231
2. Свободный член b_0 , °C	10,0	173,0	44,9	37,3	90,5	164,9	-9,1	-55,8	47,0	54,3
3. Ошибка уравнения тренда s , °C		$\pm 0,30$	$\pm 0,30$			$\pm 0,28$			$\pm 0,35$	$\pm 0,52$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,00	0,84	0,18	0,12	0,71	0,85	0,07	0,25	0,19	0,13
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	значим	незнач.	значим	значим	незнач.	значим	значим	незнач.
6. b_2 , °C/10 лет	0,004	-0,808	-0,161	-0,127	-0,395	-0,789	0,063	0,277	-0,197	-0,231
7. Трендовое ΔT_{35} , °C (1976–10)	0,0	-2,8	-0,6	-0,4	-1,4	-2,8	0,2	1,0	-0,7	-0,8

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1), ^\circ\text{C}/\text{год}$		-0,1073	-0,0507			-0,0922			-0,0984	-0,0492
2. Оценка значимости Δb		значимо	значимо			значимо			значимо	значимо
3. Значение $b_3, ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)		0,115	0,227			-0,009			0,174	0,123
4. Значение $b_0, ^\circ\text{C}$ (1930–10)		-10,7	-32,5			9,7			-26,7	-16,1
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,12	0,59			0,00			0,23	0,25
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов $b_1, b_2, b_3, ^\circ\text{C}/10$ лет и значения $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$										
1. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ (1930–75)		0,265	0,346			0,132			0,787	0,261
2. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ (1976–10)		-0,808	-0,161			-0,789			-0,197	-0,231
3. $b_3, ^\circ\text{C}/10$ (1930–10)										
4. Трендовое $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$ (1930–10)		0,9	1,8			-0,1			1,4	1,0

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткорядных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;

2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

- долинные районы (4 станции) – $b_1(\text{сред.}) = 0,415 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 1,9 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,132 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{46} = 0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 6.4, таблицу 6.7) на всех 5 длиннорядных станциях в поле абсолютных минимальных температур наблюдались отрицательные и статистически значимые величины угловых коэффициентов трендов b_2 , т. е., напротив, по сравнению с периодом 1930–1975 гг. шло существенное понижение температуры. Значения b_2 менялись по станциям от $-0,161$ (Бишкек) до $-0,808 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Токмак), что дало диапазон значений $\Delta T_{35} = -0,6 \dots, -2,8 \text{ } ^\circ\text{C}$. При этом склоновая станция Байтык имела $b_2 = -0,789 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, т. е. практически равное со значением для Токмака. Ошибки уравнений всех трендов s не превышают $\pm 0,35 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В результате в поле абсолютных минимальных температур июля среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда $b_2(\text{сред.}) = -0,437 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$. Это дает усредненную по территории ССЗК трендовую оценку понижения температуры за 35-летний период 1976–2010 гг., $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = -1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Дифференцирование оценок на долинные и склоновые районы в данном случае отсутствует.

Для 5 короткорядных станциях значения b_2 могли быть как отрицательными, так и положительными и относились к диапазону от $-0,395 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Ысык-Ата) до $0,227 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ (Тюя-Ашуу юж.), что соответствует $\Delta T_{35} = -1,4 \dots, +1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. При этом следует отметить, что склоновые станции отметили противоположные по знаку тренды: Ысык-Ата (подножье) – $b_2 = -0,395 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, Альплагерь (среднегорная зона) – $b_2 = 0,063 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, Тюя-Ашуу юж. (высокогорная зона) – $b_2 = 0,277 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$. Добавьте сюда уже приведенные данные низкогорной станции Байтык ($b_2 = -0,789 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$) и тогда вырисовывается следующая картина: в долинных и низкогорных районах имело место существенное похолодание в поле абсолютных минимальных температур июля, а в среднегорных и высокогорных областях – слабое или умеренное потепление.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 6.7, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$ для трех из 5 станций. Отсюда следует, что на практике (согласно таблице 1.6), в качестве характеристик скорости изменения абсолютной минимальной температуры июля, по двум периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг. для всех станций целесообразно использовать коэффициенты b_1 и b_2 отдельно.

Трендовая оценка значений потеплений/похолоданий за весь период в 81 год (1930–2010 гг.) была сделана по значению коэффициентов b_3 . Видно, что значения этих коэффициентов по 5 длиннорядным станциям были как слабо отрицательными (Байтык, $b_3 = -0,009 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), так и положительными (Биш-

кек, $b_3 = 0,227 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), но не очень большими по абсолютной величине, что соответствовало диапазону $\Delta T_{81} = -0,1 \dots, +1,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В результате в поле абсолютных минимальных температур июля среднее по 5 станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда $b_3(\text{сред.}) = 0,126 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дает усредненную трендовую оценку слабого повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Дифференцирование оценок на долинные и склоновые районы в данном случае нецелесообразно. Полученный результат еще раз подтверждает наблюдающиеся экологически благоприятные изменения климата, когда существенные повышения температуры экстремальных холодных погод зимой (т. е. снижение их экстремальности) сопровождаются, по крайней мере, в долинных районах практическим отсутствием повышения соответствующих летних температур.

В заключение (таблица 6.8) для наглядного представления о ходе временных изменений самих абсолютных минимальных температур июля приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 6.4) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками абсолютных минимальных июльских температур рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 6.8 – Трендовые оценки абсолютных минимальных температур в июле $T \text{ } ^\circ\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						8,0				7,6
1930		11,5	11,4			8,0				7,7
1940		11,6	11,6			7,9			7,0	7,8
1950		11,7	11,9			7,9			7,2	8,0
1960		11,8	12,1		11,8	7,9		-1,9	7,4	8,1
1970	10,8	12,0	12,3		11,7	7,9		-1,5	7,5	8,2
1980	10,8	12,1	12,5	12,2	11,7	7,9	3,4	-1,1	7,7	8,3
1990	10,8	12,2	12,8	12,0	11,7	7,9	3,5	-0,7	7,9	8,5
2000	10,8	12,3	13,0	11,9	11,7	7,9	3,5	-0,3	8,1	8,6
2010	10,8	12,4	13,2	11,8	11,7	7,9	3,6		8,2	8,7
2020	10,8	12,5	13,4	11,6	11,7	7,9	3,6		8,4	7,6

6.5. Временной ход и тренды абсолютных минимальных температур октября

На рисунке 6.5 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних абсолютных минимальных температур октября с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 6.9 по результатам статистической обработки рядов 11-летних *абсолютных минимальных октябрьских температур* приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 6.5 следует, что, как и для июля, временной ход 11-летних абсолютных *минимальных температур* октября на 4 длиннорядных станциях за полный период их работы в интервале 1930–2010 гг. характеризуется тенденцией роста (кроме Байтыка), имел для этих станций хорошо выраженный индивидуальный колебательный характер с чередующимися фазами роста и понижения температуры. Кривая на Байтыке, как и в июле, имея также резко колебательный характер, дает основную тенденцию изменения температуры, близкую к нулевой. Точно так же сразу бросается в глаза индивидуальная в деталях структура хода 11-летних кривых по всем 5 длиннорядным станциям.

Так, на станции Токмак наиболее высокий максимум наблюдается в 1934 г., а максимальное значение температуры в 2004 г. ему несколько уступает. Промежуточный максимум 1975 г. лежит значительно ниже этих данных. При этом имеют место два одинаковых по глубине минимума – в 1948 и 1990 гг. В результате основная тенденция хода температуры за весь период 1934–2004 гг., оказалась близкой к нулевой.

На сопредельной станции Бишкек, напротив, самым высоким является максимум 2002 г., а примерно одинаковые максимумы 1940, 1967 и 1975 гг. ему значительно уступают. Два одинаковых по глубине основных минимума соответствуют 1956 и 1990 гг. Обращает на себя внимание сильный рост температуры от 1990 к 2002 г., который на станции Токмак выражен слабее. Поэтому общая тенденция изменения температуры – положительная.

На склоновой станции Байтык (сопредельной с Бишкеком), как и в июле, имел место не похожий на две предыдущие станции сильный пилообразный ход 11-летней кривой абсолютных минимальных температур октября с пятью максимумами в 1923, 1940, 1959, 1976 и 2002 гг. и четырьмя основными минимумами в 1920, 1929, 1948 и 1987 гг. При этом общая тенденция изменения температуры, как и в Бишкеке, была положительная.

На станции Кировское, в отличие от всех остальных станций, на всем интервале 1948–2001 гг., по существу, наблюдается постоянный, слабо колебательный, рост температуры к 2001 г. Сопредельная станция Талас отме-

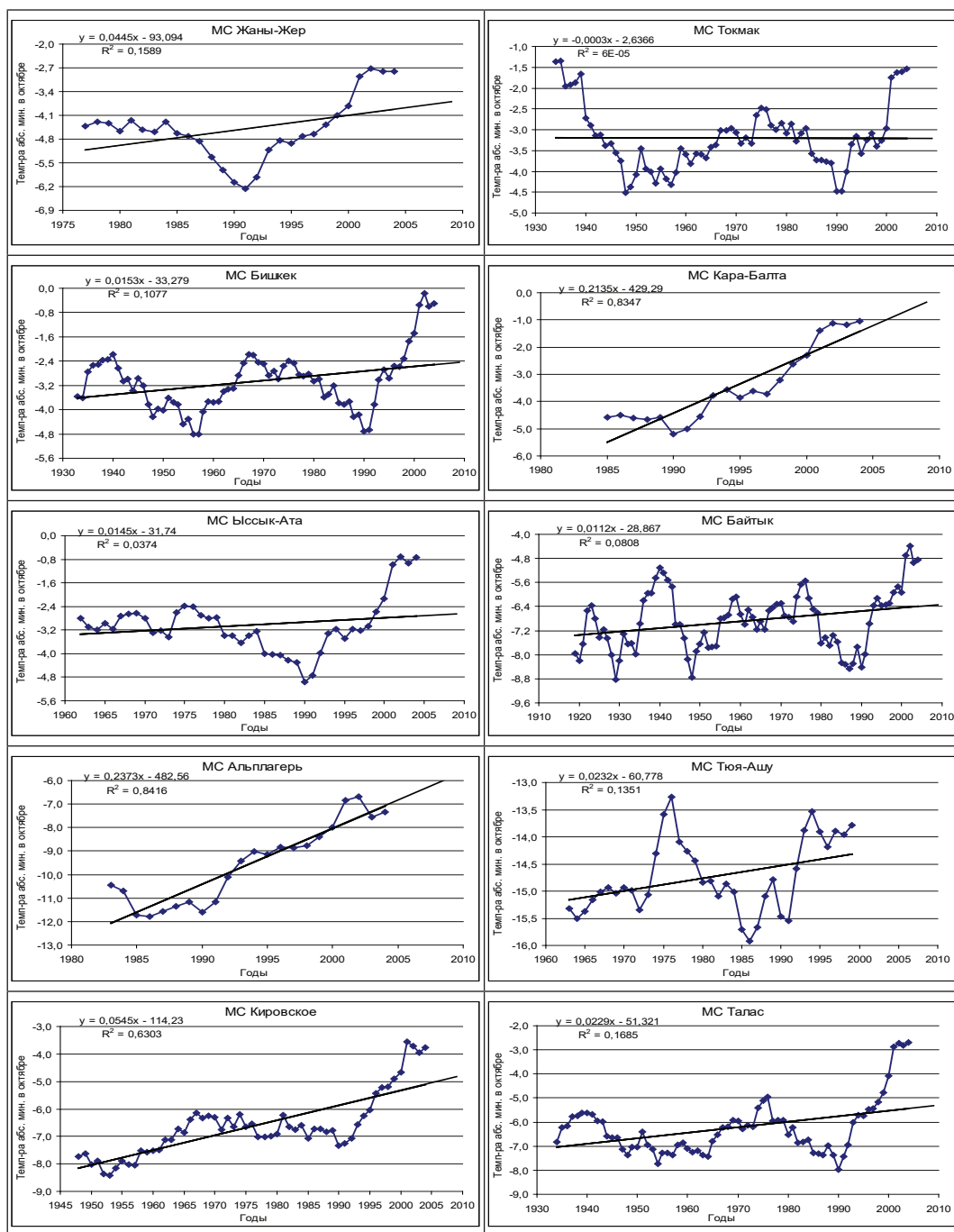


Рисунок 6.5 – Временной ход 11-летних абсолютных минимальных температур в октябре в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 6.9 – Абсолютные минимальные температуры в октябре: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение температуры ΔT по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb° с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны-Жер (1977–04)	Токмак (1935–04)	Бишкек (1933–04)	*Кара-Балта (1985–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1919–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1963–99)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_1, ^\circ\text{C}/\text{год}$		-0,0230	0,0056			0,0102			0,0795	-0,0014
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$		41,7	-14,1			-26,7			-163,1	-3,8
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,77$	$\pm 0,74$			$\pm 0,83$			$\pm 0,35$	$\pm 0,66$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности		0,12	0,01			0,03			0,78	0,00
5. Значимость по F-критерию		значим	незнач.			незнач.			значим	незнач.
6. $b_1, ^\circ\text{C}/10$ лет		-0,230	0,056			0,102			0,795	-0,014
7. Трендовое $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$ (1930–75)		-1,1	0,3			0,5			3,7	-0,1
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда $b_2, ^\circ\text{C}/\text{год}$	0,0445	0,0274	0,0852	0,2135	0,0617	0,0787	0,2373	0,0222	0,1116	0,1139
2. Свободный член $b_0, ^\circ\text{C}$	-93,1	-57,7	-172,3	-429,3	-126,0	-163,3	-482,6	-58,7	-228,2	-232,4
3. Ошибка уравнения тренда $s, ^\circ\text{C}$		$\pm 0,74$	$\pm 1,00$			$\pm 1,02$			$\pm 0,71$	$\pm 1,20$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,16	0,09	0,35	0,83	0,22	0,31	0,84	0,04	0,65	0,40
5. Значимость по F-критерию	значим	незнач.	значим	значим	значим	знач.	значим	незнач.	значим	значим
6. $b_2, ^\circ\text{C}/10$ лет	0,445	0,274	0,852	2,135	0,617	0,787	2,373	0,222	1,116	1,139
7. Трендовое $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$ (1976–10)	1,6	1,0	3,0	7,5	2,2	2,8	8,3	0,8	3,9	4,0

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	*Жаны- Жер (1977– 04)	Токмак (1935– 04)	Бишкек (1933– 04)	*Кара- Балта (1985– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1919– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1963– 99)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °C/год		0,0504	0,0796			0,0685			0,0321	0,1153
2. Оценка значимости Δb		значимо	значимо			значимо			значимо	значимо
3. Значение b_3 , °C/10 (1930–10)		-0,003	0,153			0,112			0,545	0,229
4. Значение b_0 , °C (1930–10)		-2,6	-33,3			-28,9			-114,2	-51,3
5. $B = R^2$ (1930–10)		0,00	0,11			0,08			0,63	0,17
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , °C/10 лет и значения ΔT_{81} , °C										
1. b_1 , °C/10 (1930–75)		-0,230	0,056						0,795	-0,014
2. b_2 , °C/10 (1976–10)		0,274	0,852						1,116	1,139
3. b_3 , °C/10 (1930–10)						0,112				
4. Трендовое ΔT_{81} , °C (1930–10)		0,0	1,2			0,9			4,4	1,9

Примечание. 1) *отмечены названия пяти короткоординатных станций – *Жаны-Жер, *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тюя-Ашуу юж.;

2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная по данной температурной характеристике длительность ряда 11-летних средних.

чает колебательную, но, в целом, близкую к нулевой, тенденцию изменения температуры на широком интервале 1934–1990 гг. с последующим сильным ее ростом на отрезке 1990–2002 гг., что обеспечило общую положительную тенденцию изменения абсолютной минимальной температуры на всем интервале 1934–2004 гг.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 6.5 и таблицы 6.9, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основные тенденции абсолютных минимальных температур октября на 5 длиннорядных станциях имели разные знаки и менялись в широких пределах от $b_1 = -0,230$ °C/10 лет (Токмак) до $b_1 = +0,795$ °C/10 лет (Кировское). При этом каких-либо оснований браковать тренд b_1 по станции Кировское нет. Оба этих крайних тренда являются статистически значимыми, тогда как три остальных незначимы. Это дало трендовые оценки изменения абсолютной минимальной температуры октября за 46 лет в диапазоне $-1,1 \dots +3,7$ °C. Ошибки уравнений тренда s не превышают $\pm 0,8$ °C.

На склоновой станции Байтык тренд положителен, но относительно мал по величине, $b_1 = +0,102$ °C/10 лет.

В результате в поле абсолютных минимальных температур октября среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_1 (сред.) = $0,142$ °C/10 лет, что дает малую по величине усредненную трендовую оценку повышения температуры за 46-летний период 1930–75 гг., ΔT_{46} (сред.) = $0,7$ °C. Однако при таком большом разбросе b_1 и ΔT_{46} , наряду со средними значениями следует использовать и их индивидуальные по станциям оценки.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 6.5, таблицу 6.9) на всех 5 длиннорядных станциях наблюдались положительные скорости роста абсолютных минимальных температур октября от умеренных до очень сильных, $b_1 = 0,274$ °C/10 лет (Токмак) – $1,139$ °C/10 лет (Талас), что дало диапазон $\Delta T_{35} = 1,0$ – $4,0$ °C. При этом значимыми были тренды 4 станций из 5 – Бишкека, Байтыка, Таласа и Кировское.

В результате в поле абсолютных минимальных температур октября среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение тренда b_2 (сред.) = $0,834$ °C/10 лет, что дает очень высокую по величине усредненную трендовую оценку повышения температуры за 35-летний период 1976–2010 гг., ΔT_{35} (сред.) = $2,9$ °C. При этом по склоновой станции Байтык полученные оценки близки к средним – $b_2 = 0,787$ °C/10 лет и ΔT_{35} (сред.) = $2,8$ °C. В данном случае, против обычного, следует выделить более низкие скорости потепления не на станции Байтык, а на долинной станции Токмак, $b_2 = 0,274$ °C/10 лет и ΔT_{35} (сред.) = $1,0$ °C.

Для 4 короткорядных станций Жаны-Жер, Кара-Балта, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. значения b_2 были также положительными и относились к еще более широкому диапазону $0,222$ (Тюя-Ашуу юж.) – $2,373$ °C/10 лет (Альплагерь), что соответствует $\Delta T_{35} = 0,8$ – $8,3$ °C. Только станция подножья Ысык-Ата имела

отрицательный тренд $b_2 = -0,216 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = -0,8 \text{ } ^\circ\text{C}$. На рисунке 6.5 хорошо видно, что отрицательное значение b_2 на станции объясняется высоким максимумом 1983 г. и более низким максимумом 2002 г., т. е. спецификой вида 11-летней кривой в период 1976–2004 гг. Все это не противоречит общей картине большой изменчивости трендов b_2 по станциям в поле абсолютных минимальных температур октября.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 6.9, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$ для всех 5 станций. Отсюда следует, что (согласно таблице 1.6) на практике в качестве характеристик скорости изменения абсолютной минимальной температуры октября по двум периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг. для всех станций целесообразно использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 .

Трендовая оценка значений потеплений/похолоданий за весь период в 81 год (1930–2010 гг.) была сделана по значению коэффициентов b_3 . Видно, что значения этих коэффициентов по 4 длиннорядным станциям (кроме Токмака) были положительными и менялись в пределах от малых (Байтык $b_3 = 0,112 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$) до высоких (Кировское $b_3 = 0,545 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), что дало $\Delta T_{81} = 0,9\text{--}4,4 \text{ } ^\circ\text{C}$. На станции Токмак формально значение b_3 было отрицательным, но по абсолютной величине практически нулевым ($b_3 = -0,003 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$).

В результате в поле абсолютных минимальных температур октября среднее по 5 длиннорядным станциям ССЗК значение углового коэффициента тренда $b_3(\text{сред.}) = 0,207 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дает усредненную трендовую оценку умеренного повышения температуры за 81-летний период 1930–2010 гг., $\Delta T_{81}(\text{сред.}) =$

Таблица 6.10 – Трендовые оценки абсолютных минимальных температур в октябре $T \text{ } ^\circ\text{C}$ для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Токмак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						-7,3				-7,1
1930		-3,2	-3,7			-7,2				-6,9
1940		-3,2	-3,5			-7,1			-8,6	-6,7
1950		-3,2	-3,3			-7,0			-8,0	-6,4
1960		-3,2	-3,2		-3,4	-6,9		-15,2	-7,5	-6,2
1970	-5,4	-3,2	-3,0		-3,2	-6,8		-15,0	-7,0	-6,0
1980	-5,0	-3,2	-2,9	-6,6	-3,1	-6,7	-12,8	-14,8	-6,4	-5,8
1990	-4,5	-3,2	-2,7	-4,4	-2,9	-6,5	-10,4	-14,5	-5,9	-5,5
2000	-4,1	-3,2	-2,6	-2,3	-2,8	-6,4	-8,0	-14,3	-5,3	-5,3
2010	-3,7	-3,2	-2,4	-0,1	-2,6	-6,3	-5,7		-4,8	-5,1
2020	-3,2	-3,2	-2,3	2,0	-2,5	-6,2	-3,3		-4,2	-7,1

1,7 °С. Наряду с этими средними значениями по станциям Токмак и Кировское следует использовать также их индивидуальные оценки b_3 и ΔT_{81} .

В заключение (таблица 6.10) для наглядного представления о ходе временных изменений самих абсолютных минимальных температур октября приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 6.5) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками абсолютных минимальных температур октября рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

6.6. Нормы абсолютно минимальных температур и нормы их СКО для периодов 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

В заключение пп. 6.1–6.5 приведем полученные нормы абсолютных минимальных температур для года и для различных его месяцев, а также нормы их средних квадратических отклонений (СКО) за три исследуемых периода 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. Сделаем сравнение этих норм за два смежных периода – 1930–1975 и 1976–2010 гг., а по трем станциям – Бишкек, Байтык и Талас – дополнительно сделаем сравнение норм температур также с данными Научно-прикладного справочника по климату издания 1989 г. Напомним, что в этом справочнике нормы абсолютных минимальных температур не приводились к какому-либо периоду, а рассчитаны по фактическим рядам наблюдений в пределах 1912–1980 гг. К сожалению, нормы СКО этих температур в справочнике отсутствуют и по ним такое сравнение сделать нельзя.

Результаты расчетов норм по различным периодам приведены в таблицах 6.11 и 6.12. В этих таблицах для 5 короткорядных станций Жаны-Жер, Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. нормы средних максимальных температур и нормы их СКО показаны в двух строчках, которые соответствуют двум следующим периодам: фактически использованному по станции ряду внутри 1976–2009 гг. (условно периоду 1976–2010 гг.) и всему фактическому периоду на станции по 2009 г. включительно. Для 5 длиннорядных станций Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас нормы приведены в трех строчках, которые соответствуют трем периодам: фактическому ряду на станции, внутри интервала 1930–1975 гг. (условно период 1930–1975 гг.), фактическому ряду на станции внутри интервала 1976–2009 гг. (условно период 1976–2010 гг.) и всему фактическому ряду работы станции по 2009 г. включительно. Кроме того, для трех станций – Бишкек, Байтык и Талас – в четвертой строчке таблицы 6.11 дана норма по климатическому справочнику 1989 г. Наконец в таблице 6.13 приведены разности норм абсолютных минимальных температур за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (первая строка) и за периоды 1976–2010 и 1912–1980 гг. (Климатический справочник, 1989 г.) – вторая строчка.

Таблица 6.11 – Нормы абсолютных минимальных температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; строка 4 – данные Научно-прикладного справочника по климату за 1881–1980 гг.; темным выделены длиннорядные станции).

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–2009 гг.), строки: 1976–2009; 1973–2009 гг.												
-24,6	-22,2	-12,8	-1,6	2,9	8,3	10,9	8,0	1,5	-4,4	-12,3	-20,9	-5,6
-24,6	-22,2	-12,8	-1,6	2,9	8,3	10,9	8,0	1,5	-4,4	-12,3	-20,9	-5,6
Токмак – 0,82 км (1932–1933, 1935–2009 гг.), строки: 1932–1975; 1976–2009; 193–2009 гг.												
-21,7	-19,0	-11,5	-2,3	3,4	8,6	11,7	9,0	2,5	-3,4	-14,9	-19,7	-4,8
-18,4	-15,9	-9,5	-1,6	3,2	9,1	12,3	10,2	3,5	-2,8	-9,6	-16,0	-3,0
-20,3	-17,6	-10,6	-2,0	3,3	8,8	11,9	9,5	2,9	-3,1	-12,6	-18,1	-4,0
Бишкек – 0,76 км (1928–2009), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1928–2009; КС – 1989 г.												
-21,4	-19,0	-11,7	-2,3	3,2	8,7	11,9	9,9	3,0	-3,3	-14,4	-19,6	-4,6
-17,4	-15,6	-9,4	-1,3	3,1	9,4	12,8	10,6	4,0	-2,4	-9,6	-15,0	-2,6
-19,9	-17,6	-10,8	-1,8	3,1	8,9	12,3	10,2	3,4	-3,0	-12,5	-17,8	-3,8
-22	-20	-12	-2	3	8	12	10	3	-4	-14	-19	-4,8
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1958, 1960, 1960–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1958, 1960, 1960–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
-7,4	-5,4	-0,1	6,3	10,9	16,0	17,7	16,6	11,3	5,1	-0,2	-4,6	5,5
-9,7	-7,1	-1,6	4,8	9,6	14,6	16,6	15,1	9,5	3,5	-3,4	-7,0	3,7
Биссык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
-7,7	-6,2	-0,6	6,0	10,5	14,7	16,7	15,2	10,3	4,6	-0,7	-4,5	4,9
-8,0	-6,6	-0,7	5,9	10,3	14,5	16,4	15,0	10,3	4,4	-1,0	-5,0	4,6
Байтык – 1,58 км (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1915–2009; КС – 1989 г.												
-18,3	-17,5	-13,5	-7,1	-0,6	4,9	8,2	6,6	0,8	-6,9	-14,7	-17,5	-6,3
-17,4	-16,7	-12,6	-5,7	-0,8	4,5	7,7	6,2	0,5	-6,4	-12,0	-15,7	-5,7
-18,2	-17,3	-13,2	-6,3	-0,4	4,7	7,9	6,6	0,7	-6,8	-13,9	-16,6	-6,1
-19	-18	-14	-6	0	5	8	7	1	-7	-15	-17	-6,3
Альплагерь – 2,13 км (1979–2009 гг.), строки 1979–2009 гг.												
-20,6	-19,6	-15,7	-10,3	-4,7	0,7	3,5	3,2	-2,4	-9,2	-14,4	-18,2	-9,0
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1959–1960, 1962–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.; 1959–1960, 1962–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.												
-25,1	-24,3	-21,1	-16,5	-10,2	-4,9	-0,7	-1,2	-7,1	-14,6	-19,8	-23,6	-14,1
-25,4	-24,5	-21,6	-16,4	-10,0	-5,0	-1,1	-1,9	-7,6	-14,7	-19,9	-23,4	-14,3
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
-26,0	-24,1	-13,8	-3,9	0,9	5,4	7,3	4,1	-2,2	-7,2	-17,3	-22,4	-8,3
-23,2	-19,7	-11,5	-3,2	1,1	5,6	7,7	5,2	-1,0	-5,8	-13,0	-19,4	-6,4
-24,6	-21,8	-12,6	-3,5	1,0	5,5	7,5	4,6	-1,6	-6,5	-15,1	-20,8	-7,3
Талас – 1,22 км (1934–2009 гг.), строки: 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1934–2009 гг.; КС–1989 г.												
-24,1	-20,8	-14,2	-6,5	0,8	5,5	7,8	5,2	-1,0	-6,5	-17,7	-21,5	-7,8
-20,7	-18,6	-12,1	-4,3	0,6	5,8	8,5	6,3	0,3	-5,3	-12,7	-18,6	-5,9
-22,6	-19,8	-13,3	-5,5	0,7	5,6	8,1	5,7	-0,4	-6,0	-15,5	-20,2	-6,9
-24	-21	-14	-5	1	5	8	5	-1	-7	-17	-22	-8,1

Таблица 6.12 – Нормы СКО абсолютных температур по станциям по месяцам и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках; темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1973–1976, 1978–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1973–2009 гг.												
5,1	6,7	5,7	2,6	2,6	2,0	1,4	1,9	1,8	2,9	6,3	6,0	1,5
5,1	6,7	5,7	2,6	2,6	2,0	1,4	1,9	1,8	2,9	6,3	6,0	1,5
Токмак – 0,82 км (1932–33, 1935–09 гг.), строки: 1932–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1932–2009 гг.												
4,4	7,0	4,8	3,1	2,9	1,7	1,8	2,2	2,2	2,7	7,4	6,3	1,2
3,4	4,9	4,8	3,3	3,1	2,4	2,0	2,3	1,8	3,1	5,4	5,5	1,0
4,3	6,3	4,9	3,2	2,9	2,0	1,9	2,3	2,0	2,9	7,1	6,2	1,5
Бишкек – 0,76 км (1928–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1928–2009 гг.												
4,7	6,4	5,3	3,3	3,1	2,2	1,9	1,9	2,5	2,8	7,3	5,7	1,2
3,6	4,6	4,9	2,9	2,9	2,2	1,5	2,3	2,0	3,3	5,4	4,8	1,3
4,8	5,9	5,2	3,1	3,0	2,2	1,8	2,1	2,3	3,1	6,9	5,9	1,6
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–1958, 1960, 1960–1963, 1978, 1980–2009 гг.), строки: 1978, 1980–2009 гг.; 1957–1958, 1960, 1960–1963, 1978, 1980–2009 гг.												
2,8	3,1	2,2	1,7	1,3	1,9	0,8	1,1	1,2	1,8	2,3	2,2	0,7
6,2	5,7	4,3	3,9	3,6	3,7	2,8	3,6	4,4	4,2	8,1	6,0	4,2
Ысык-Ата – 1,03 км (1957–2002, 2005–2009 гг.), строки: 1976–2002, 2005–2009 гг.; 1957–2002, 2005–2009 гг.												
2,6	3,0	2,1	1,6	1,3	1,0	0,9	1,1	1,0	1,6	2,2	2,2	0,5
2,8	3,5	2,1	1,5	1,3	1,0	0,9	1,0	1,1	1,4	2,3	2,4	0,7
Байтык 1,58 км – (1915–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1915–2009 гг.												
3,0	4,4	3,3	4,2	2,7	2,0	2,1	2,4	2,8	3,9	5,3	4,4	0,9
3,3	3,7	3,3	4,0	3,2	2,2	1,7	2,2	1,7	3,9	4,7	4,2	1,1
3,3	4,0	3,3	4,0	2,9	2,3	2,0	2,2	2,4	3,9	5,3	4,3	1,1
Альплагерь – 2,13 км (1979–2009 гг.), строки 1979–2009 гг.												
2,5	3,2	2,9	4,1	3,5	2,5	1,3	1,6	1,8	3,9	3,8	3,2	1,0
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1959–1960, 1962–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.), строки: 1976–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.; 1959–1960, 1962–1990, 1992–2003, 2008–2009 гг.												
2,4	3,0	2,5	3,5	2,9	2,9	1,4	1,6	2,4	4,2	3,0	3,2	0,9
2,5	2,9	2,6	3,5	2,8	2,6	1,6	2,1	2,6	3,7	3,1	3,1	0,9
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1944–2009 гг.), строки: 1944–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1944–2009 гг.												
4,6	7,8	6,7	2,9	2,8	1,9	1,8	2,0	2,5	2,7	8,2	6,9	1,6
4,7	5,4	5,4	2,8	2,8	2,2	2,1	2,0	1,9	2,9	6,6	6,0	1,5
4,8	7,0	6,1	2,8	2,8	2,0	1,9	2,1	2,2	2,9	7,7	6,6	1,8
Талас – 1,22 км (1934–2009 гг.), строки: 1934–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1934–2009 гг.												
4,1	6,6	5,5	4,1	2,5	1,7	1,7	2,0	2,5	2,9	6,9	5,2	1,1
4,1	5,0	5,0	3,3	3,0	2,1	1,7	2,5	1,7	3,8	5,6	4,5	1,6
4,5	6,0	5,4	3,9	2,7	1,9	1,8	2,3	2,3	3,4	6,8	5,1	1,7

Таблица 6.13 – Разности норм абсолютных минимальных температур за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (первая строка) и за периоды 1976–2010 гг. и 1912–1980 гг. (Климатический справочник, 1989 г.)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Токмак												
3,3	3,1	2,0	0,7	-0,1	0,5	0,6	1,2	0,9	0,6	5,3	3,7	1,8
Бишкек: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
4,0	3,4	2,4	1,0	-0,2	0,7	0,8	0,7	1,0	0,9	4,7	4,5	2,0
4,6	4,4	2,6	0,7	0,1	1,4	0,8	0,6	1	1,6	4,4	4	2,2
Байтык: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
0,9	0,8	0,9	1,4	-0,2	-0,4	-0,5	-0,4	-0,3	0,4	2,8	1,7	0,6
1,6	1,3	1,4	0,3	-0,8	-0,5	-0,3	-0,8	-0,5	0,6	3	1,3	0,6
Кировское												
2,8	4,4	2,3	0,7	0,2	0,2	0,4	1,1	1,2	1,5	4,4	3,0	1,8
Талас: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
3,4	2,2	2,1	2,2	-0,2	0,3	0,7	1,1	1,2	1,2	5,0	2,9	1,9
3,3	2,4	1,9	0,7	-0,4	0,8	0,5	1,3	1,3	1,7	4,3	3,4	2,2

Практическое применение всех этих данных, прежде всего, состоит в следующем.

1. По всем 10 станциям полученные средние максимальные месячные и годовые нормы температуры и нормы их СКО за период 1976–2010 гг. следует использовать как *новые нормы, соответствующие современному климату*, взамен норм, приводимых в различных публикациях и справочниках прошлых лет.

2. По 5 длиннорядным станциям можно сравнить новые нормы средних максимальных температур за 1976–2010 гг. с нормами за 1930–1975 гг., а по 3 из них также с нормами по климатическому справочнику за 1912–1980 гг.

Такое сравнение показывает (таблица 6.13), что в целом по 5 станциям ССЗК в среднем для года максимальная температура повысилась на 1,62 °С от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. При этом на Байтыке, как и для остальных характеристик температуры, наблюдалось минимальное повышение нормы, всего на 0,6 °С. По остальным станциям повышение норм составляло от 1,8 до 2,0 °С, т. е. было весьма существенным. Относительно данных Климатического справочника среднее повышение норм в 1976–2010 гг. в Байтыке было минимальным, на 0,6 °С, а в Бишкеке и Таласе составляло 2,2 °С.

Из 60 случаев месячных норм в 52 случаях (87 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось повышение норм абсолютных минимальных температур. Их повышение было максимальным с ноября по март – до 2–5,3 °С. В остальное время года характерным было более слабое повышение норм в пределах 0,3–1,5 °С.

Из 8 случаев понижения температуры 5 соответствует Байтыку, где с марта по сентябрь это понижение составляло диапазон -0,2..., -0,5 °С, т. е. было небольшим. Три остальных случая на станциях Токмак, Бишкек и Талас и были очень малыми, -0,1 и -0,2 °С.

Таким образом, наиболее интенсивные потепления в нормах на станциях соответствовали холодному периоду года с ноября по март, а наименее интенсивные – второй половине весны, лету и началу осени.

3. Значения новых норм СКО абсолютных минимальных годовых температур за период 1976–2010 гг. (см. таблицу 6.12), полученные по всем 10 станциям, малы и колеблются в очень узких пределах, от 0,5 до 1,5 °С. Различия годовых норм, полученные за два смежных периода 1930–1975 и 1976–2010 гг. по 5 диннорядным станциям, малы и составляют всего 0,1–0,2 °С (только в Таласе различие равно 0,5 °С). Это значит, что, несмотря на наблюдающееся потепление климата, междугодовая колеблемость самих температур на станциях оставалась без изменений.

Однако для средних максимальных месячных температур нормы СКО значительно выше средних годовых значений и сильно меняются по станциям. Особенно это справедливо для зимних, весенних и осенних месяцев. Так, для периода 1976–2010 гг. по данным всех 10 станций общий диапазон месячных значений составил 0,8–6,7 °С, а наибольшие в году для каждой станции значения месячных норм СКО менялись от 3,0 °С (Иссык-Ата) до 6,7 °С (Бишкек). Летом значения норм уменьшались, имея общий диапазон 0,8–2,9 °С, а характерный – 1,0–2,0 °С. Для периодов 1930–1975 и 1930–2010 гг. картина в целом имеет аналогичный вид.

Все это, как и для остальных характеристик температуры, говорит о более высоких междугодовых колебаниях абсолютных минимальных температур отдельных месяцев по сравнению с их значениями, полученными для годового осреднения.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 6

В таблице 6.14 приведены итоговые результаты статистических характеристик для абсолютных *минимальных годовых и абсолютных минимальных месячных* температур по 10 метеостанциям ССЗК в периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., на основании которых, с учетом проведенного анализа, можно сформулировать следующие выводы.

1. В ходе 11-летних кривых абсолютных минимальных температур для года и центральных месяцев сезонов для 10 станций ССЗК наблюдалась их случайная структура с хорошо выраженным чередованием фаз повышения и понижения температуры. При этом от станции к станции наиболее сильно менялись амплитуды фаз, обуславливая индивидуальность временных изменений температуры по станциям и сезонам года. В поле абсолютных минимальных температур такой сильно колебательный характер хода их 11-летних кривых был выражен наиболее сильно по сравнению со всеми другими температурами. При этом крайняя степень колеблемости соответствовала январю и апрелю месяца. Все это существенно влияло на знак и величину угловых коэффици-

Таблица 6.14 – Итоговые результаты статистических характеристик
для абсолютных минимальных температур по станциям ССЗК
(средние значения получены по данным длиннорядных станций,
темным шрифтом выделены статистически значимые тренды)

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	b ₁ , °C/10	b ₂ , °C/10	Δb	b ₃ , °C/10	ΔT ₄₆ , °C	ΔT ₃₅ , °C	ΔT ₈₁ , °C
<i>Абсолютные минимальные годовые температуры</i>							
Жаны-Жер*		0,383				1,3	
Токмак	0,255	0,189	-0,0066	0,367	1,2	0,7	3,0
Бишкек	0,246	0,654	0,0407	0,438	1,1	2,3	3,6
Кара-Балта*		0,695				2,4	
Ысык-Ата*		0,311				1,1	
Байтык	0,096	0,169	-0,0073	0,095	0,4	0,6	0,8
Альплагерь*		0,502				1,8	
Тюя-Ашуу юж.*		0,019				0,1	
Кировское	0,910	1,031	0,0121	0,630	4,2	3,6	5,1
Талас	0,219	0,619	0,0401	0,375	1,0	2,2	3,0
Среднее	0,345	0,532		0,381	1,6	1,9	3,1
<i>Абсолютные минимальные температуры января (зима)</i>							
Жаны-Жер*		0,344				1,2	
Токмак	0,132	0,582	0,0450	0,696	0,6	2,0	5,6
Бишкек	0,284	1,239	0,0955	0,850	1,3	4,3	6,9
Кара-Балта*		0,337				1,2	
Ысык-Ата*		0,344				1,2	
Байтык	0,228	-0,374	0,0602	0,202	1,0	-1,3	1,6
Альплагерь*		-1,014				-3,5	
Тюя-Ашуу юж.*		-0,202				-0,7	
Кировское	-0,423	2,283	0,2706	0,830	-1,9	8,0	6,7
Талас	0,174	1,321	0,1147	0,711	0,8	4,6	5,8
Среднее	0,079	1,010		0,658	0,4	3,5	5,3
<i>Абсолютные минимальные температуры апреля (весна)</i>							
Жаны-Жер*		0,100				0,4	
Токмак	0,497	-0,767	-0,1253	0,176	2,2	-2,7	1,4
Бишкек	0,213	0,077	-0,0135	0,265	1,0	0,3	2,1
Кара-Балта*		-0,100				-0,4	
Ысык-Ата*		-0,438				-1,5	
Байтык	0,314	-0,067	-0,0381	0,125	1,4	-0,2	1,0
Альплагерь*		0,333				1,2	
Тюя-Ашуу юж.*		-1,039				-3,6	
Кировское	0,964	0,320	-0,0644	0,354	4,4	1,1	2,9
Талас	-0,015	0,562	0,0577	0,366	-0,1	2,0	3,0
Среднее	0,393	0,025		0,270	1,8	0,1	2,1

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	$b_1, ^\circ\text{C}/10$	$b_2, ^\circ\text{C}/10$	Δb	$b_3, ^\circ\text{C}/10$	$\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$
<i>Абсолютные минимальные температуры июля (лето)</i>							
Жаны-Жер*		0,004				0,0	
Токмак	0,265	-0,808	-0,1073	0,115	1,2	-2,8	0,9
Бишкек	0,346	-0,161	-0,0507	0,277	1,6	-0,6	1,8
Кара-Балта*		-0,127				-0,4	
Ысык-Ата*		-0,395				-1,4	
Байтык	0,132	-0,789	-0,0922	-0,009	0,6	-2,8	-0,1
Альплагерь*		0,063				0,2	
Тюя-Ашуу юж.*		0,277				1,0	
Кировское	0,787	-0,197	-0,0984	0,174	3,6	-0,7	1,4
Талас	0,261	-0,231	-0,0492	0,123	1,2	-0,8	1,0
Среднее	0,358	-0,437		0,126	1,7	-1,5	1,0
<i>Абсолютные минимальные температуры октября (осень)</i>							
Жаны-Жер*		0,445				1,6	
Токмак	-0,230	0,274	0,0504	-0,003	-1,1	1,0	0,0
Бишкек	0,056	0,852	0,0796	0,153	0,3	3,0	1,2
Кара-Балта*		2,135				7,5	
Ысык-Ата*		0,617				2,2	
Байтык	0,102	0,787	0,065	0,112	0,5	2,8	0,9
Альплагерь*		2,273				8,3	
Тюя-Ашуу юж.*		0,222				0,8	
Кировское	0,795	1,116	0,0321	0,545	3,7	3,9	4,4
Талас	-0,014	1,139	0,1153	0,229	-0,1	4,0	1,9
Среднее	0,142	0,834		0,207	0,7	2,9	1,7

ентов трендов как по отдельным станциям, так и двум исследуемым периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг.

Поэтому, как и в полях других температур, здесь наиболее достоверными являются тренды b_3 , полученные по длиннорядным станциям за весь период их работы, которые освещают днища Чуйской и Таласской долин и зону низкогогорья до высот 1,5–2 км.

2. В поле абсолютных минимальных годовых температур в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК наблюдалось потепление со скоростями от слабых до очень сильных, $b_1 = 0,096\dots, 0,910\text{ }^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = 0,4\dots, 4,2\text{ }^\circ\text{C}$. (Высокий тренд по станции Кировское $b_1 = 0,910\text{ }^\circ\text{C}/10$ лет, возможно, является завышенным, но полностью нами не забракован, т.к. станция отмечает очень высокое потепление и в период 1976–2010 гг.). В среднем это дало повышение температуры с относительно высокой скоростью, $b_1(\text{сред.}) = 0,345\text{ }^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{46} = 1,6\text{ }^\circ\text{C}$. При этом по долинам скорость была больше, чем по склонам: долинны районы (3 станции) – $b_1(\text{сред.}) = 0,240\text{ }^\circ\text{C}/10$ лет, $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 1,1\text{ }^\circ\text{C}$; склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,096\text{ }^\circ\text{C}/10$ лет, $\Delta T_{46} = 0,4\text{ }^\circ\text{C}$.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось потепление со скоростями от относительно

низких до очень высоких, $b_2 = 0,169 \dots, 1,031$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,9 \dots, 3,6$ °C. Это дало в среднем по 5 станциям $b_2(\text{сред.}) = 0,532$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 1,9$ °C. При этом по долинам скорость была также больше, чем по склонам: долинны районы (3 станции) – $0,623$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 2,2$ °C; склоновая станция Байтык – $b_2 = 0,169$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 0,6$ °C. Наиболее высокое потепление наблюдалось на долинной станции Кировское $1,031$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 3,6$ °C.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось потепление со скоростями от слабых до высоких, $= 0,096 \dots, 0,630$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 0,8 \dots, 5,1$ °C. Это дало в среднем по 5 станциям относительно высокую скорость потепления, $b_3(\text{сред.}) = 0,381$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 3,1$ °C. При этом дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки равны: Долинны районы (4 станции) – $b_3(\text{сред.}) = 0,453$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 3,7$ °C, склоновая станция Байтык – $b_3 = 0,095$ °C/10 лет, $\Delta T_{81} = 0,8$ °C.

По отдельным станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от 0,019 до 0,910 °C/10 лет. В 18 случаях из 20 значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 5 и оказалась значимой в двух случаях из 5.

3. В поле абсолютных минимальных январских температур (зима) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 4 длиннорядных станциях ССЗК (исключая Кировское) шло потепление со скоростями от слабых до умеренных, $b_1 = 0,132 \dots, 0,284$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 0,6 \dots, 1,3$ °C. При этом потепление на склоновой станции Байтык лежало вблизи верхней границы этого диапазона, $b_1 = 0,228$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 1,0$ °C. На станции Кировское, напротив, наблюдалось похолодание со скоростью, близкой к высокой, $b_1 = -0,423$ °C/10 лет и значением $\Delta T_{46} = -1,9$ °C. В среднем по всем 5 станциям это дало очень слабое повышение температуры со значением $b_1(\text{сред.}) = 0,079$ °C/10 лет и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,4$ °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на 4 долинных станциях ССЗК (кроме Байтыка) наблюдалось потепление с высокими и очень высокими скоростями, $b_2 = 0,582 \dots, 2,283$ °C/10 лет, что дало $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 2,0 \dots, 4,8$ °C. В среднем по 4 долинным станциям получено: $b_2(\text{сред.}) = 1,356$ °C/10 лет, что дало $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 4,8$ °C.

На склоновой станции Байтык, напротив, имело место существенное похолодание, $b_2(\text{сред.}) = -0,374$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -1,3$ °C.

В результате среднее по всем 5 длиннорядным станциям значение тренда велико, $b_1(\text{сред.}) = 1,010$ °C/10 лет, что дает оценку потепления $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 3,5$ °C.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК станциях наблюдалось потепление со скоростями от умеренных до высоких, $b_3 = 0,202 \dots, 0,850$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 1,6 \dots, 6,9$ °C. Это дало самую высокую из всех рассмотренных характеристик температуры среднюю по 5 станциям

скорость потепления, $b_3(\text{сред.}) = 0,658 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 5,3 \text{ } ^\circ\text{C}$. При этом на 4 долинных станциях среднее потепление было еще выше ($b_3(\text{сред.}) = 0,722 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 6,3 \text{ } ^\circ\text{C}$). На склоновой станции Байтык потепление было самым низким, $b_3 = 0,202 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в самом широком из всех рассмотренных случаях диапазоне, от $-1,014$ до $+1,321 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$. В 15 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 5 случаях из 5 и оказалась значимой также во всех 5 случаях из 5.

4. В поле абсолютных минимальных апрельских температур (весна) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по 4 длиннорядным станциям ССЗК (кроме Таласа) наблюдалось повышение температуры со скоростью от умеренной (Бишкек $b_1 = 0,213 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$) до очень сильной (Кировское $b_1 = 0,964 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), что дало диапазон $\Delta T_{46} = 1,0\text{--}4,4 \text{ } ^\circ\text{C}$. На станции Талас тренд был слабо отрицательным (почти нулевым), $b_1 = -0,015 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = -0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$. В среднем по всем 5 длиннорядным станциям $b_1(\text{сред.}) = 0,393 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дало $\Delta T_{46} = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C}$. В этом случае, наряду со средними оценками, рекомендуется использовать на практике и их индивидуальные значения по станциям, приведенные в сводной таблице 6.15.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на 5 длиннорядных долинных станциях ССЗК значения b_2 и ΔT_{35} различались очень сильно, хотя и слабее, чем в этот период январе: $b_2 = -0,767\text{...}, +0,562 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{35} = -2,7\text{...}, +2,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. В результате разнонаправленности трендов по отдельным станциям, среднее по 5 станциям значение b_2 оказалось близким к нулевому $b_2(\text{сред.}) = 0,025 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что дает очень малое значение $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$. В такой ситуации, наряду с этими средними значениями, следует обязательно использовать индивидуальные оценки по различным станциям, приведенные в сводной таблице 6.15.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях наблюдалось потепление со скоростью от относительно слабой ($b_3 = 0,125 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$) до умеренно высокой ($b_3 = 0,366 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), что дало диапазон $\Delta T_{81} = 1,0\text{...}, 3,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. В результате по 5 станциям получена умеренная скорость потепления. При этом на склоновой станции Байтык потепление было наиболее слабым, $b_3 = 0,125 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от $-1,039$ до $+0,964 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$. В 15 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в одном случае из 5 и оказалась значимой в 4 случаях из 5.

5. В поле абсолютных минимальных июльских температур (лето) в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по всем 5 длиннорядным станциям ССЗК наблюдалось повышение температуры со скоростями от слабых ($b_1 = 0,132 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$) до очень сильных ($b_1 = 0,787 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), что

соответствовало $\Delta T_{45} = 0,6\text{--}3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. В результате среднее по 5 станциям значение $b_1(\text{сред.}) = 0,132\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{45}(\text{сред.}) = 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом по долинным районам потепление было более интенсивным, чем по склонам: долинны районы (4 станции) – $b_1(\text{сред.}) = 0,415\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, склоновая станция Байтык – $b_1 = 0,132\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, $\Delta T_{46} = 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг., напротив, все 5 длиннорядных станций отмечали похолодание со скоростями от умеренных ($b_2 = -0,161\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) до очень сильных ($b_2 = -0,808\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), что соответствовало диапазону $\Delta T_{35} = -0,60\text{...}, -2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. В результате, среднее по 5 станциям похолодание было достаточно сильным, (сред.) = $-0,437\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = -1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом на склоновой станции Байтык оно было практически таким же ($b_1 = -0,789\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{45} = -2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$), как и самое сильное похолодание в Токмаке.

Однако, несмотря на такие отрицательные значения b_2 , в целом для периода 1930–2010 гг. по 4 долинным станциям наблюдалось потепление со скоростями от слабых ($b_3 = 0,115\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) до умеренных ($b_3 = 0,277\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), что соответствовало $\Delta T_{81} = 0,9\text{--}1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среднее по 4 этим станциям потепление было слабым, значение $b_3(\text{сред.}) = 0,126\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом на склоновой станции Байтык наблюдалось очень слабое похолодание (практически нулевой тренд), $b_3 = -0,009\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = -0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от $-0,808$ до $+0,787\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. При этом в 15 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была отрицательной во всех 5 случаях из 5 и оказалась значимой так же во всех 5 случаях.

6. В поле средних минимальных октябрьских температур (осень) разные по знаку и различные по абсолютной величине значения угловых коэффициентов. Так, две станции Чуйской долины показывали очень слабое потепление (Бишкек $b_1 = 0,056\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) и умеренное похолодание (Токмак $b_1 = -0,230\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$), а две станции Таласской долины – очень слабое похолодание (Талас $b_1 = -0,014\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) и очень сильное потепление (Кировское $b_1 = 0,795\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). На склоновой станции Байтык шло слабое потепление с $b_1 = 0,102\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. В целом диапазон $b_1 = -0,230\text{...}, +0,795\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что соответствовало $\Delta T_{46} = -1,1\text{...}, +3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. В среднем по всем 5 станциям это дало слабое потепление, $b_1(\text{сред.}) = 0,142\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и $\Delta T_{46}(\text{сред.}) = 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. В такой ситуации, наряду со средними оценками, следует использовать и их индивидуальные по станциям значения.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось потепление от умеренного до очень сильного, $b_2 = 0,274\text{...}, 1,139\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что соответствовало $\Delta T_{35} = 1,0\text{...}, 4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом умеренное потепление наблюдалось только на долинной станции Токмак. На склоновой станции Байтык оно было очень сильным

($b_2 = 0,787$ °C/10 лет), а на остальных трех станциях – еще более сильным ($b_2 = 0,852...., 1,139$ °C/10 лет). В среднем по всем 5 станциям это дало очень сильное потепление, $b_2(\text{сред.}) = 0,834$ °C/10 лет и $\Delta T_{35}(\text{сред.}) = 2,9$ °C.

В целом для всего периода 1930–2010 гг. на 5 длиннорядных станциях ССЗК имело место изменение абсолютных минимальных температур от практически нулевых (Токмак $b_3 = -0,003$ °C/10 лет, $\Delta T_{81} = 0,0$ °C) до сильного потепления (Кировское $b_3 = 0,545$, $\Delta T_{81} = 4,4$ °C). В среднем по 5 станциям это дало потепление с умеренной скоростью, $b_3(\text{сред.}) = 0,207$ °C/10 лет и $\Delta T_{81}(\text{сред.}) = 1,7$ °C. при этом на склоновой станции Байтык потепление было слабым, $b_3 = 0,112$ °C/10 лет и $\Delta T_{81} = 0,9$ °C.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне от $-0,230$ до $2,135$ °C/10 лет. При этом в 13 случаях из 20 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 5 случаях из 5 и оказалась значимой также во всех 5 случаях из 5.

7. Повторяемости статистических качеств коэффициентов трендов b_1 , b_2 , b_3 и разности $\Delta b = b_2 - b_1$ в поле абсолютных минимальных годовых и абсолютных минимальных месячных температур по 5 длиннорядным станциям приведены в таблице 6.15. Как видно, повторяемость b_1 со знаком «+» и «-» была равна соответственно 84 и 16 %, а повторяемость b_2 – 72 и 28 %. Значения b_3 со знаком «+» абсолютно преобладали (92 %), имея знаки «-» всего в 8 % случаев. Разности $\Delta b = b_2 - b_1$, в 56 % случаев были положительны, а в 44 % отрицательны, значимы они были в 84 % случаев, а в 16 % нет. Статистически значимые b_1 наблюдались в 76 %, а незначимые – в 24 %, для b_2 эти цифры были аналогичными – 80 и 20 %. Для b_3 значимость наблюдалась в 92 %, а незначимость – в 8 %.

Таблица 6.15 – Итоговые результаты повторяемости (%) различных «качеств» b_1 , b_2 , b_3 и Δb по 5 длиннорядным станциям совместно для года и центральных месяцев сезонов

Показатель качества	Тренды по различным периодам и разность Δb			
	b_1	b_2	Δb	b_3
Число случаев	25	25	25	25
Со знаком «+» (%)	84	72	56	92
Со знаком «-» (%)	16	28	44	8
Значимых (%)	76	80	84	92
Незначимых (%)	24	20	16	8

8. Изменения норм абсолютных минимальных температур по различным периодам по 5 длиннорядным станциям характеризуются следующим. В целом по 5 станциям ССЗК в среднем для года максимальная температура повысилась на $1,62$ °C от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. При этом на Байтыке, как и для остальных характеристик температуры, наблюдалось минимальное повышение нормы, всего на $0,6$ °C. По остальным станциям повышение норм составляло от $1,8$ до $2,0$ °C, т. е. было

весьма существенным. Относительно данных Климатического справочника среднее повышение норм в 1976–2010 гг. было минимальным, в Байтыке – всего на 0,6 °С, а в Бишкеке и Таласе составляло 2,2 °С.

Из 60 случаев месячных норм абсолютных минимальных температур в 52 случаях (87 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось их повышение. Повышение было максимальным в холодный период года с ноября по март, достигая 2–5,3 °С. В остальное время года характерным было более слабое повышение норм в пределах 0,3–1,5 °С. Из 8 случаев понижения температуры 5 соответствует Байтыку, где с марта по сентябрь это понижение составляло диапазон -0,2..., -0,5 °С, т. е. было небольшим. Три остальных случая на станциях Токмак, Бишкек и Талас были очень малыми, на -0,1 и -0,2 °С.

Таким образом, наиболее интенсивные потепления в нормах на станциях соответствовали холодному периоду года с ноября по март, а наименее интенсивные – второй половине весны, лету и началу осени.

9. Нормы СКО абсолютных минимальных температур для различных периодов по данным всем 10 станций характеризуются следующим. Значения норм СКО абсолютных минимальных годовых температур за период 1976–2010 гг. по всем 10 станциям малы и колеблются в очень узких пределах, от 0,5 до 1,5 °С. Различия годовых норм, полученные за два смежных периода 1930–1975 и 1976–2010 гг. по 5 диннорядным станциям, очень малы и составляют всего 0,1–0,2 °С (только в Таласе различие равно 0,5 °С). Это значит, что, несмотря на наблюдающееся потепления климата, междугодовая колеблемость самих температур на станциях оставалась без изменений.

Однако для абсолютных минимальных месячных температур нормы их СКО значительно выше средних годовых значений и сильно меняются по станциям. Особенно это справедливо для зимних, весенних и осенних месяцев. Так, для периода 1976–2010 гг. по данным всех 10 станций общий диапазон месячных значений СКО составил 0,8–6,7 °С, а наибольшие в году для каждой станции значения месячных норм СКО менялись от 3,0 °С (Ысык-Ата) до 6,7 °С (Бишкек). Летом значения норм уменьшались, имея общий диапазон 0,8–2,9 °С, а характерный всего 1,0–2,0 °С. Для периодов 1930–1975 и 1976–2010 гг. картина в целом имеет аналогичный вид.

Все это, как и для остальных характеристик температуры, говорит о более высоких междугодовых колебаниях абсолютных минимальных температур отдельных месяцев по сравнению с их значениями, полученными для годового осреднения.

7. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ГОДОВЫХ И СЕЗОННЫХ СУММ ОСАДКОВ В ПЕРИОДЫ 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

Атмосферные осадки, наряду с температурой воздуха, являются основными характеристиками климата любой местности. В зависимости от сезона осадки бывают жидкими, твердыми или смешанными. Однако основной их характеристикой являются годовые и сезонные суммы, определяющие степень увлажнения территории.

В настоящем разделе на основании того же методического подхода, который применялся к анализу температуры, по данным 6 длиннорядных станций ССЗК (Жаны-Жер, Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас) анализируется временной ход 11-летних кривых годовых сумм осадков и их сезонных сумм за период 1930–2010 гг. Дается сравнительный анализ угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 , рассчитанных соответственно за периоды 1930–1975 (стабильный мировой климат), 1976–2010 (потепление мирового климата) и 1930–2010 гг. (исследуемый период в целом). Оцениваются трендовые изменения сумм осадков за эти периоды, а также трендовые значения самих сумм осадков по кратным десятилетиям общего периода 1930–2010 гг. и даются практические рекомендации по использованию расчетных данных.

По 4 короткорядным станциям (Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж.) анализируются аналогичные данные по периоду 1976–2010 гг.

Основным отличием исходных рядов осадков по метеостанциям являются следующие: станция Жаны-Жер, расположенная на оси Чуйской долины в ее северной зоне, перешла в категорию длиннорядных, так как имеет данные по осадкам с 1931 г.; высокогорная станция Тюя-Ашуу юж., как и все остальные, теперь имеет конечные данные по 2009 г.

7.1. Временной ход и тренды годовых сумм осадков

На рисунке 7.1 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых годовых сумм осадков с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . По ним можно достаточно легко представить положение линий трендов с коэффициентами b_1 и b_2 , соответствующих периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг., для которых рисунки в тексте не приводятся.

В таблице 7.1 (и в аналогичных таблицах в других пунктах раздела 7) по результатам статистической обработки годовых сумм осадков показано следующее: 1) в позиции 1 – для 6 длиннорядных станций для периода стабильного мирового климата (193–1975 гг.) приведены параметры уравнений тренда $y = b_1 * x + b_0$ (с оценкой значимости тренда по F-критерию), а также трендовые оценки изменений сумм осадков за 46 лет – Δr_{46} ; 2) в позиции 2 – приведены

для периода потепления мирового климата (1976–2010 гг.) параметры уравнений тренда $y = b_2 * x + b_0$ для всех 10 длиннорядных и короткорядных станций, а также трендовые оценки изменений годовых сумм осадков за 35 лет – Δr_{35} ; 3) в позиции 3 – для 6 длиннорядных станций показана разность угловых коэффициентов трендов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, °С/год и по t-критерию оценена ее статистическая значимость, приведены параметры уравнения тренда $y = b_3 * x + b_0$ (за весь период наблюдений); 4) в позиции 4 – для 6 длиннорядных станций даны рекомендуемые для использования угловые коэффициенты трендов b_1 и b_2 или b_3 , а также рассчитанные по b_3 изменения годовых сумм осадков Δr_{81} за весь исследуемый 81-летний период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Из рисунка 7.1 следует, что, как и для ранее рассмотренных характеристик температуры, временной ход 11-летних кривых годовых сумм осадков на всех станциях за полный период их работы в интервале 1930–2010 гг. структурно представлял собой последовательное чередование фаз роста и убывания осадков со случайными их началом/концом, длительностью и амплитудой. Сразу же бросается в глаза большая межгодовая изменчивость годовых сумм осадков, которая сравнима с изменчивостью месячных различных характеристик температуры, что выражается в высокой степени пилообразности кривых. Однако, как увидим далее, в отличие от температуры воздуха, для сезонных сумм осадков их междугодовая изменчивость существенно уменьшается.

При этом точно так же для годовых сумм осадков сильнее всего от станции к станции менялись амплитуды фаз, что приводило к большой изменчивости абсолютных величин и знаков коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 по станциям.

В поле годовых сумм осадков на 11-летних кривых всех 6 длиннорядных станций Жаны-Жер, Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас в целом для периода 1930–2010 гг. можно видеть различную степень их колеблемости, но с четко выраженной основной тенденцией их роста от 1930 к 2010 г. Так, на станции Жаны-Жер (ось Чуйской долины, ее северная зона) имеются два основных максимума (1968 и 2000 гг.) и два основных минимума (1940 и 1979 гг.), расположенных вдоль возрастающей линии тренда. На станции Токмак (ось Чуйской долины, ее восточная зона) пилообразность 11-летней кривой осадков выражена резче и здесь прослеживаются уже 4 основных максимума – 1937, 1965, 1983–1989 и 2001 гг. (при этом максимум 1983–1989 гг. является сдвоенным) – и 3 основных минимума – 1943, 1979 и 1993 гг. На станции Байтык 11-летняя кривая напоминает кривую в Токмаке, но только с учетом ее некоторой деформации по всей длине и более высокой общей скорости роста осадков от 1930 к 2010 г.

Главной особенностью хода 11-летней кривой на Байтыке является общее снижение осадков к 2004 г. после их самого высокого максимума в 1984 г.

На двух станциях Таласской долины – Кировское и Талас – 11-летние кривые во многом весьма не схожи. Например, в Кировском кривая имеет

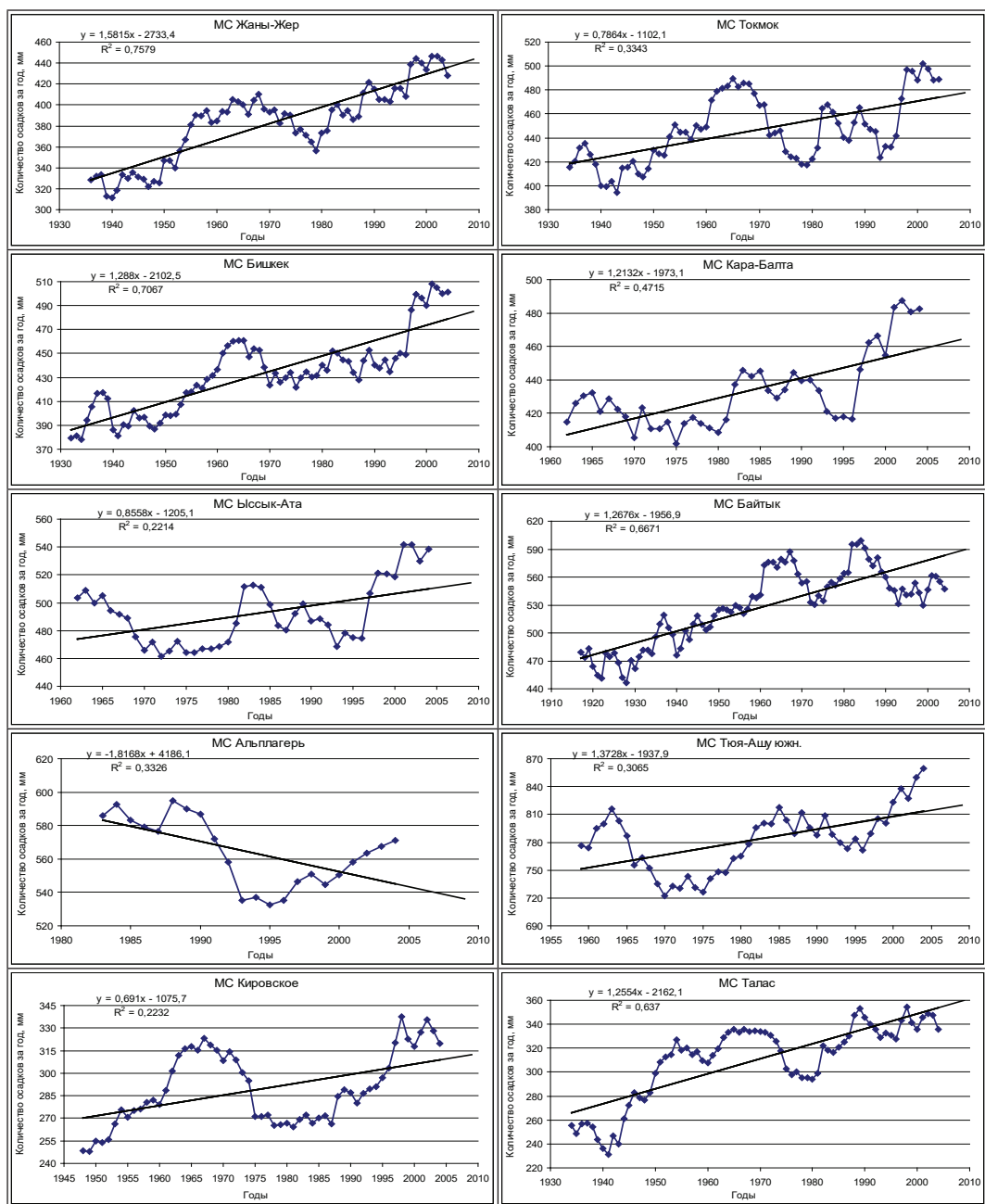


Рисунок 7.1 – Временной ход 11-летних кривых годовых сумм осадков в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 7.1 – Годовые суммы осадков: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение количества осадков Δg по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции							
	Жаны-Жер (1936–04)	Токмак (1934–04)	Бишкек (1932–04)	*Кара-Балта (1962–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1917–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1959–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_1 , мм/год	2,4133	1,6434	1,5188			2,0404		2,3228
2. Свободный член b_0 , мм	-4354,9	-2771,4	-2550,5			-3458,5		-4267,8
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм	$\pm 15,7$	$\pm 19,0$	$\pm 16,0$			$\pm 17,8$		$\pm 15,4$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,77	0,54	0,60			0,71		0,61
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим			значим		значим
6. b_1 , мм/10 лет	24,133	16,434	15,188			20,404		23,228
7. Трендовое Δt_{46} , мм (1930–75 гг.)	111	76	70			94		107
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.								
1. Угл. коэф. тренда b_2 , мм/год	2,8670	2,3846	2,6451	1,2132	0,8558	-0,9987	-1,8168	1,3728
2. Свободный член b_0 , мм	-5298,5	-4290,9	-4807,2	-1973,1	-1205,1	2547,1	4186,1	-1937,9
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм	$\pm 10,4$	$\pm 18,4$	$\pm 15,6$			$\pm 17,0$		$\pm 10,1$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,85	0,56	0,68	0,47	0,22	0,21	0,33	0,31
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим	значим
6. b_2 , мм/10 лет	28,670	23,846	26,451	12,132	8,558	-9,987	-18,168	13,728
7. Трендовое Δt_{35} , мм (1976–10 гг.)	100	84	93	43	30	-35	-64	48
								92
								63

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	Жаны- Жер (1936– 04)	Токмак (1934– 04)	Бишкек (1932– 04)	*Кара- Балта (1962– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1917– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1959– 04)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение Δb (b_2-b_1), мм/год	0,4536	0,7412	1,1263			-3,0390			0,3104	-0,6378
2. Оценка значимости Δb	незнач.	незнач.	значимо			значимо			незнач.	значимо
3. Значение b_3 мм/10 лет (1930– 2010 гг.)	15,815	7,864	12,880			12,676			6,910	12,554
4. Значение b_0 , мм (1930–10 гг.)	-2733,4	-1102,1	-2102,5			-1956,9			-1075,7	-2162,1
5. $B = R^2$ (1930–10 гг.)	0,76	0,33	0,71			0,67			0,22	0,64
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , мм/10 лет и значения $\Delta t_{81}^{\circ C}$										
1. b_1 , мм/10 лет(1930–75 гг.)			15,188			20,404				24,486
2. b_2 , мм/10 лет(1976–10 гг.)			26,451			-9,987				18,107
3. b_3 , мм/10 лет(1930–10 гг.)	15,815	7,864							6,910	
4. Трендовое Δt_{81} , мм (1930–10 гг.)	128	64	104			103			56	102

Примечание. 1) *отмечены названия 4 короткорядных станций – *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тоя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная длительность ряда 11-летних средних.

два «зуба-максимума» в 1967 и 1898–2002 гг. и широкий «минимум-провал» в 1975–1987 гг. В Таласе «зубья» у кривой следуют чаще, но зато они мельче.

Из трех склоновых короткорядных станций Ысык-Ата (подножье) и Тюя-Ашуу юж. (высокогорье) на интервале своих 11-летних данных дают тенденцию роста осадков, тогда как станция Альплагерь (среднегорье) показывает их сильное падение. Это падение в Альплагере обусловлено слабым ростом осадков после минимума 1995 г., тогда как на двух других станциях здесь имеет место хорошо выраженный рост. Интересно, что если сравнить на совпадающих участках кривые Альплагеря (1982–2004 гг.) и Байтыка (1982–2004 гг.), то они близки между собой. Если определить тренд по Байтыку для этого отрезка, то он также будет отрицательным. Стоит напомнить, что станция Альплагерь находится всего в 10 км выше Байтыка в том же ущелье р. Ала-Арча, тогда как Ысык-Ата и Тюя-Ашуу юж. расположены в ущельях, удаленных соответственно к востоку и западу на расстояние порядка 50–60 км.

Таким образом, как и для температуры воздуха, 11-летние кривые хода годовых сумм осадков на всех станциях, имея общую схожесть в структуре межгодовых и более низкочастотных колебаний, в большинстве случаев, как увидим далее, имеют большую степень индивидуальности даже для сопредельных станций. Причина, несомненно, кроется в микрорельефных особенностях их расположения и пока ее трудно выразить количественно.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 7.1 и таблицы 7.1, в период стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) основной тенденцией годовых сумм осадков по всем 6 длиннорядным станциям была их существенная и статистически значимая скорость роста со значениями b_1 , равными 15,2 (Бишкек) – 24,5 мм/10 лет (Талас). Это дало трендовые оценки роста годовых сумм осадков за 46 лет по станциям в диапазоне 70–113 мм. Ошибки уравнений трендов s составляют 15–19 мм.

В результате среднее по 6 станциям значение тренда $b_1(\text{сред.}) = 20,645$ мм/10 лет, что дает усредненную по ССЗК трендовую оценку роста осадков за 46-летний период 193–1975 гг. $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = 95$ мм. При этом на склоновой станции Байтык рост осадков был близким к среднему, $b_1 = 20,40$ мм/10 лет и $\Delta r_{46} = 94$ мм.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. (см. рисунок 7.1, таблицу 7.1) на 5 длиннорядных долинных станциях также отмечался существенный и статистически значимый рост годовых осадков со значениями b_2 от 18,11 (Талас) до 28,67 мм/10 лет (Жаны-Жер), что соответствовало диапазону $\Delta r_{35} = 63–100$ мм. Напротив, на склоновой станции Байтык наблюдалось статистически значимое уменьшение осадков, $b_2 = -9,99$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = -35$ мм.

В результате в среднем по всем 6 длиннорядным станциям ССЗК для годовых сумм осадков имеем $b_2(\text{сред.}) = 18,90 \text{ мм/10 лет}$, что дает усредненную трендовую оценку роста осадков за 46-летний период 1930–1975 гг. $\Delta r_{35}(\text{сред.}) = 66 \text{ мм}$. Дифференцированные по долинным и склоновым районам эти оценки равны: долинные районы (5 станций) – $b_2(\text{сред.}) = 24,68 \text{ мм/10 лет}$ и $\Delta r_{35}(\text{сред.}) = 86 \text{ мм}$; склоновая станция Байтык – $b_2 = -9,99 \text{ мм/10 лет}$ и $\Delta r_{35} = -35 \text{ мм}$.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 7.1, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения на уровне доверительной вероятности $p = 0,05$ для трех станций – Бишкек, Байтык и Талас – и незначимые для Жаны-Жер, Токмака и Кировское. Из этого следует, что для второй группы станций нецелесообразно на практике использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения годовых осадков по двум периодам, а надо принять один коэффициент b_3 , полученный по всему ряду 1930–2010 гг. как более показательный и статистически надежный. Напротив, для первой группы станций в качестве характеристики скорости изменения осадков следует использовать по двум периодам отдельно коэффициенты трендов b_1 и b_2 .

Однако, как и для температуры воздуха, трендовая оценка изменений годовых сумм осадков за весь период 1930–2010 гг. может быть сделана только по значению коэффициентов b_3 (позиция 3 таблицы 7.1). Видно, что в целом за этот период на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК получены тренды с положительными и статистически значимыми угловыми коэффициентами b_3 в диапазоне: $b_3 = 6,91\text{--}15,82 \text{ мм/10 лет}$, что соответствует $\Delta r_{81} = 56\text{--}128 \text{ мм}$.

В среднем по 6 станциям для годовых сумм осадков на территории ССЗК для периода 1930–2010 гг. получим $b_3(\text{сред.}) = 11,45 \text{ мм/10 лет}$ и $\Delta r_{81}(\text{сред.}) = 93 \text{ мм}$. При этом на склоновой станции Байтык наблюдались $b_3 = 12,68 \text{ мм/10 лет}$ и $\Delta r_{81} = 103 \text{ мм}$, т. е. несколько выше средних значений. Последнее является весьма важным фактом, так как означает, что увеличение осадков происходило примерно с одинаковой интенсивностью как в долинах, так и на склонах хребтов ССЗК, вплоть до высокогорной зоны.

Таким образом, на изучаемой территории за последние 80 лет наблюдалось потепление климата, численно показанное в разделах 2–6, которое сопровождалось повышением годовых сумм осадков в пределах 90–100 мм. Для Чуйской долины, где осадков выпадает в году около 400 мм, это соответствует их увеличению на 25 %, а для Таласской долины, где годовое количество осадков меньше (порядка 250–300 мм), это соответствует увеличению примерно на 30–40 %. Для склонов хребтов такие оценки будут зависеть от высоты, например, для высокогорной зоны, с ее большой годовой суммой осадков в пределах 700–900 мм, их относительное увеличение все равно будет существенным и составит 10–15 %. Такое изменение режима увлажнения территории, несомненно, является благоприятным фактором современного изменения климата.

В заключение (таблица 7.2) для наглядного представления о временном ходе самих годовых сумм осадков приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 7.1) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Приведенными трендовыми оценками годовых сумм осадков рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 7.2 – Трендовые оценки годовых сумм осадков (мм) для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						477				
1930	319	416	383			489				261
1940	335	424	396			502			265	273
1950	351	431	409			515		739	272	286
1960	366	439	422	405	472	528		753	279	299
1970	382	447	435	417	481	540		767	286	311
1980	398	455	448	429	489	553	625	780	293	324
1990	414	463	461	441	498	566	607	794	299	336
2000	430	471	474	453	507	578	589	808	306	349
2010	445	479	487	465	515	591	571	822	313	361
2020	461	486	499	478	524	604	552	835	320	374

7.2. Временной ход и тренды зимних сумм осадков

На рисунке 7.2 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых для зимних сумм осадков с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 7.3 по результатам статистической обработки рядов 11-летних средних для зимних сумм осадков приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. На графиках рисунка 7.2 сразу же бросается в глаза гораздо меньшая межгодовая колеблемость зимних сумм осадков по сравнению с годовыми суммами, рассмотренными в пункте 7.1, а также с колеблемостью всех температурных характеристик, за исключением, быть может, ее годовых значений. Это выражается, прежде всего, в относительно малой пилообразности кривых, т. е. слабой выраженности максимумов и минимумов. Поэтому основные тенденции представлены на всех 10 станциях однозначно и четко – в целом по периоду 1930–2010 гг., а также

по его значительным частям наблюдался хорошо выраженный рост зимних осадков во всех долинных районах и во всех высотных зонах склонов хребтов.

Однако все это не исключало существенных различий в ходе 11-летних кривых на различных станциях, а также гораздо большую их пилообразность на ряде станций.

Так, на станции Токмак на фоне общей возрастающей тенденции вполне четко выделяются только минимумы 1947 и 1979 гг. с максимумом между ними в 1971 г. В Бишкеке 11-летняя возрастающая кривая, по существу, не имеет четко выраженных максимумов и минимумов. Еще более близкая к возрастающей прямой 11-летняя кривая для Байтыка обнаруживает один зубец только на интервале 1989–2000 гг. Но вот обе станции Таласской долины имеют хорошо выраженный колебательный ход, причем весьма различный на обеих станциях: в Кировском резко выделяется один высокий максимум 1966 г., а в Таласе кривая изломана двумя максимумами 1971 и 1989 гг., более высокий из которых соответствует 1989 г.

Интересно, что такой же высокий максимум в 1990–1992 гг. имеет кривая на высокогорной Тюя-Ашуу юж., но уже без второго предшествующего максимума, как в Таласе.

Таким образом, основной особенностью временных тенденций зимних осадков на всех 10 станциях в период 1930–2010 гг. явился их существенный рост во всех районах ССЗК.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 7.2 и таблицы 7.3, в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на всех длиннорядных станциях ССЗК основной тенденцией для зимних сумм осадков был их рост, причем для 5 станций – Жаны-Жер, Токмак, Бишкек, Байтык и Талас – угловые коэффициенты были в диапазоне $b_1 = 3,75\text{--}7,06$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{46} = 17\text{--}32$ мм. В среднем по этим 5 станциям скорость роста осадков составила $b_1(\text{сред.}) = 5,91$ мм/10 лет и $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = 27$ мм. Заметим, что самую низкую скорость отмечала склоновая станция Байтык, $b_1 = 3,75$ мм/10 лет и $\Delta r_{46} = 17$ мм. Только в Кировском за счет очень резко выраженного максимума 1966 г. рост осадков был в 2,6 раза более высоким, чем средний по 5 остальным станциям – $b_1 = 15,20$ мм/10 лет и $\Delta r_{46} = 70$ мм.

В результате в среднем по 6 длиннорядным станциям ССЗК скорость роста зимних осадков составляла – $b_1(\text{сред.}) = 7,43$ мм/10 лет и $\Delta r_{46} = 34$ мм.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. Как следует из рисунка 7.2 и таблицы 7.3, в этот период на 5 длиннорядных станциях (кроме Байтыка) наблюдался рост осадков со скоростями от очень слабых до значительных, $b_2 = 1,87$ (Талас) – $9,03$ мм/10 лет (Бишкек), что соответствовало $\Delta r_{35} = 7\text{--}32$ мм. В среднем по 5 станциям это дало несколько меньшую, чем для предшествующего периода 1930–1979 гг., скорость роста, $b_2(\text{сред.}) = 4,63$ мм/10 лет и $\Delta r_{35}(\text{сред.}) = 16$ мм. На станции Бай-

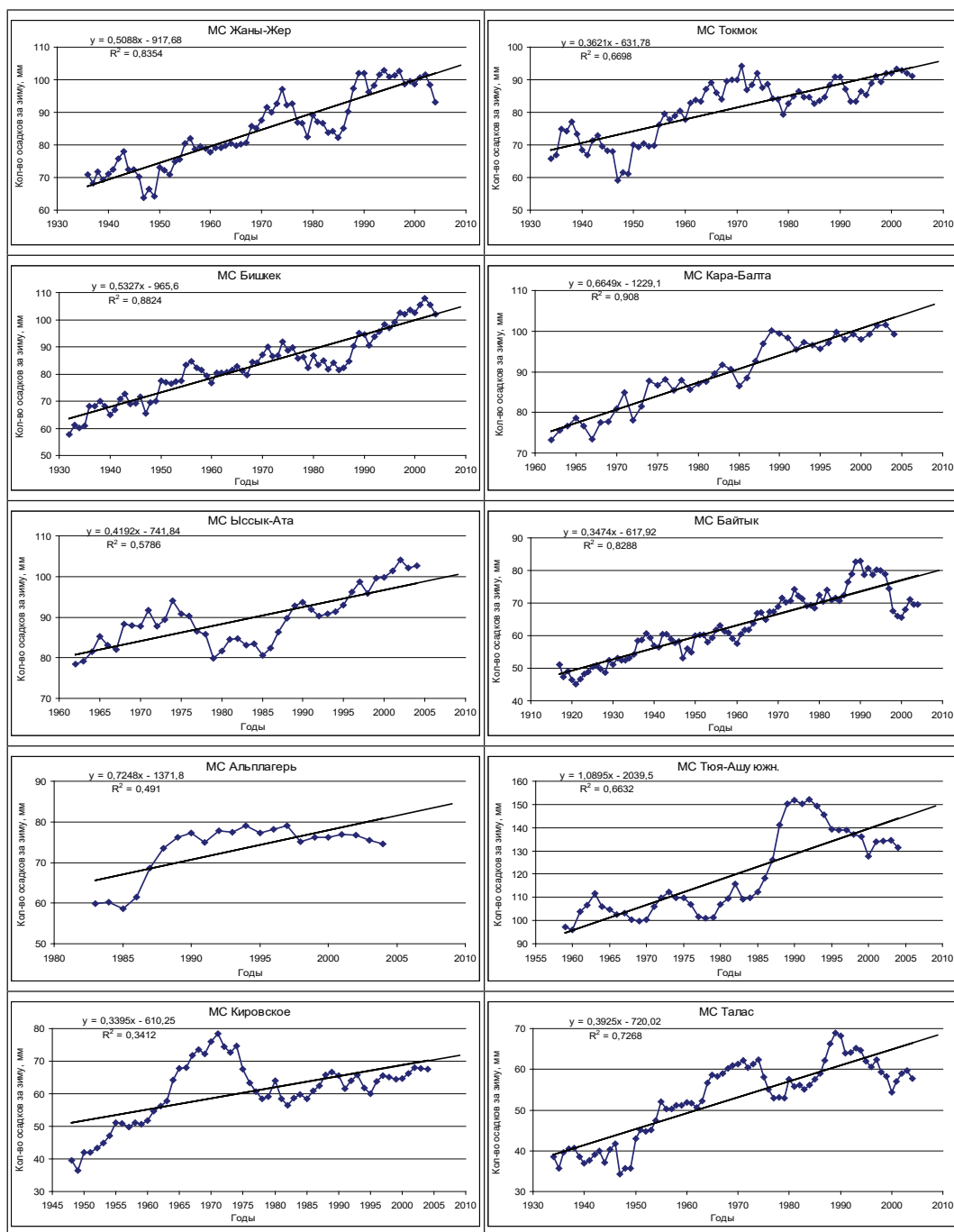


Рисунок 7.2 – Временной ход 11-летних кривых зимних сумм осадков в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 7.3 – Зимние суммы осадков: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $V = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение количества осадков $\Delta\Gamma$ по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости		Метеостанции									
		Жаны-Жер (1936–04)	Токмак (1934–04)	Бишкек (1932–04)	*Кара-Балта (1962–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1917–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1959–04)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.											
1. Угл. коэф. тренда b_1 , мм/год		0,5865	0,6353	0,6406			0,3752			1,5195	0,7063
2. Свободный член b_0 , мм		-1069,0	-1164,7	-1175,5			-671,8			-2922,4	-1332,5
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм		$\pm 4,12$	$\pm 5,36$	$\pm 2,99$			$\pm 2,76$			$\pm 3,82$	3,22
4. $V = R^2$ – коэф. достоверности		0,74	0,68	0,89			0,77			0,92	0,88
5. Значимость по F-критерию		значим	значим	значим			значим			значим	значим
6. b_1 , мм/10 лет		5,865	6,353	6,406			3,752			15,195	7,063
7. Трендовое $\Delta\Gamma_{46}$, мм(1930–75 гг.)		27	29	29			17			70	32
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.											
1. Угл. коэф. тренда b_2 , мм/год		0,6274	0,3237	0,9028	0,6649	0,4192	-0,0041	0,7248	1,0895	0,2736	0,1866
2. Свободный член b_0 , мм		-1154,4	-557,1	-1703,6	-1229,1	-741,8	81,7	-1371,8	-2039,5	-481,6	-311,8
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм		$\pm 4,98$	$\pm 2,67$	$\pm 3,80$			$\pm 5,27$			$\pm 2,35$	4,35
4. $V = R^2$ – коэф. достоверности		0,54	0,52	0,81	0,91	0,58	0,00	0,49	0,66	0,50	0,12
5. Значимость по F-критерию		значим	значим	значим	значим	значим	незнач.	значим	значим	значим	незнач.
6. b_2 , мм/10 лет		6,274	3,237	9,028	6,649	4,192	-0,041	7,248	10,895	2,736	1,866
7. Трендовое $\Delta\Gamma_{3,5}$, мм (1976–10 гг.)		22	11	32	23	15	0	25	38	10	7

Статистики уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	Жаны- Жер (1936– 04)	Токмак (1934– 04)	Бишкек (1932– 04)	*Кара- Балта (1962– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1917– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1959– 04)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, мм/год	0,0410	-0,3116	0,2622			-0,3794			-1,2459	-0,5198
2. Оценка значимости Δb	незнач.	значимо	значимо			значимо			значимо	значимо
3. Значение b_3 мм/10 лет (1930–2010 гг.)	5,088	3,621	5,327			3,474			3,395	3,925
4. Значение b_0 , мм (1930–10 гг.)	-917,7	-631,8	-965,6			-617,9			-610,3	-720,0
5. $B = R^2$ (1930–10 гг.)	0,84	0,67	0,88			0,83			0,34	0,73
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , мм/10 лет и значения Δt_{81} , °C										
1. b_1 , мм/10 лет(1930–75 гг.)		6,353	6,406			3,752			15,195	7,063
2. b_2 , мм/10 лет(1976–10 гг.)		3,237	9,028			-0,041			2,736	1,866
3. b_3 , мм/10 лет(1930–10 гг.)	5,088									
4. Трендовое Δt_{81} , мм (1930–10 гг.)	41	29	43			28			28	32

Примечание. 1) *отмечены названия 4 короткорядных станций – *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тоя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная длительность ряда 11-летних средних.

тык имел место практически нулевой тренд зимних осадков с $b_2 = -0,041$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = -0,2$ мм.

В результате в среднем по 6 длиннорядным станциям ССЗК скорость роста зимних осадков была меньше на 20 %, чем в предшествующий период 1930–1975 гг., и составляла $-b_2$ (сред.) = 3,85 мм/10 лет и $\Delta r_{35} = 14$ мм.

По 4 короткорядным станциям скорости роста зимних осадков находились в диапазоне $b_2 = 4,19$ – $10,90$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = 15$ – 38 мм, причем самую высокую скорость дала высокогорная Тюя-Ашуу юж. за счет очень высокого максимума 1900–1992 гг. (и несмотря на последующее снижение осадков к 2004 г.).

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 7.3, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения для 5 станций из 6 (незначимое только для Жаны-Жер). Из этого следует, что для группы из этих 5 станций целесообразно на практике использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения зимних осадков по двум периодам, и только по станции Жаны-Жер надо использовать один коэффициент b_3 , полученный по всему ряду 1930–2010 гг. как более показательный и статистически надежный.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК для зимних осадков получены положительные и статистически значимые тренды с угловыми коэффициентами в достаточно узком диапазоне: $b_3 = 3,40$ – $5,09$ мм/10 лет, что соответствует $\Delta r_{81} = 28$ – 41 мм. При этом склоновая станция Байтык имела тренд, близкий к нижней границе диапазона, $b_3 = 3,74$ мм/10 лет и $\Delta r_{81} = 28$ мм.

В среднем по 6 длиннорядным станциям ССЗК для зимних сумм осадков для периода 1930–2010 гг. получена значительная скорость их роста, b_3 (сред.) = 4,185 мм/10 лет и Δr_{81} (сред.) = 34 мм. В относительном выражении к многолетним нормам это округленно составляет от 40–50 % в долинных районах и низкогорье до 25–30 % в среднегорной и высокогорной зонах. Последнее является весьма важным фактом, так как означает существенное увеличение зимних осадков, в том числе и на склонах хребтов, где они крайне необходимы для питания деградирующих ледников.

В заключение (таблица 7.4), для наглядного представления о временном ходе самих зимних сумм осадков, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 7.2) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Цифры этой таблицы хорошо иллюстрируют существенный рост зимних осадков по всем станциям ССЗК к 2020 гг. Приведенными трендовыми оценками осадков рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

Таблица 7.4 – Трендовые оценки годовых сумм осадков (мм) для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						49				
1930	64	67	63			53				37
1940	69	71	68			56			48	41
1950	75	74	73			60		85	52	45
1960	80	78	79	74	80	63		96	55	49
1970	85	82	84	81	84	67		107	59	53
1980	90	85	89	87	88	70	63	118	62	57
1990	95	89	94	94	92	73	71	129	65	61
2000	100	92	100	101	97	77	78	140	69	65
2010	105	96	105	107	101	80	85	150	72	69
2020	110	100	110	114	105	84	92	161	76	73

7.3. Временной ход и тренды весенних сумм осадков

На рисунке 7.3 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых для весенних сумм осадков с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 7.5 по результатам статистической обработки рядов 11-летних средних для весенних сумм осадков приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. Весенние осадки, особенно по долинным станциям, являются преобладающими в годовом ходе. На 11-летних кривых рисунка 7.2 хорошо видна высокая временная колеблемость весенних сумм осадков по сравнению с их годовыми суммами и, тем более, с зимними суммами, рассмотренными в пункте 7.2. Кривые на всех станциях, наряду с существенной межгодовой изменчивостью, имеют резко выраженные фазы роста и уменьшения осадков длительностью 5–10 и более лет, так что кривые имеют подчас весьма сложный вид с зубцами-максимумами, направленными вверх и зубцами-минимумами, направленными вниз. При этом в своих деталях 11-летние кривые по всем станциям имели весьма различный вид.

В результате по 6 длиннорядным станциям основные тенденции в целом по периоду 1930–2010 гг. представлены однозначно и четко, отражая существенный рост осадков в этот период. Короткорядные станции на интервалах своих наблюдений могли фиксировать как увеличение, так и уменьшение осадков,

отражая общий случайный характер чередования фаз их роста и снижения. То же самое следует ожидать и для угловых коэффициентов линейных трендов всех станций, полученным по относительно коротким периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг.

Так, на станции Токмак на фоне общей возрастающей тенденции вполне четко максимумы 1963–1967 и 1993 гг., а также наметившийся максимум 2000 г. Минимумы соответствуют 1935, 1940, 1943 гг. (строенный минимум) и 1980, 1986, 1995 гг. (также построенный минимум).

В Бишкеке 11-летняя возрастающая пилообразная кривая, по существу, не имеет только один четко выраженный обособленный максимум в 1963 г. и предшествующий ему один минимум в 1948 г. Кривая на Байтыке по форме совершенно не похожа на две предыдущие. С 1917 по 1949 г. она имеет практически горизонтальную тенденцию, а затем обнаруживает два зубца-максимума в 1960–1964 и 1981 гг., а также наметившийся максимум 2001 г. Минимумов поэтому на ней четыре – в 1930, 1949, 1971 и 1995 гг.

Обе станции Таласской долины имеют резко выраженный колебательный ход, совпадающий в главном и различный в деталях. И в Кировском, и в Таласе имеют место два равнозначных максимума, захватывающих периоды 1936–1971 гг. (сдвоенный максимум) и 1998–2002 гг. (также сдвоенный максимум). Минимальное количество осадков наблюдалось в начале работы станций (1944 г.), а также в минимумы 1980 г. (Талас) и 1986 г. (Кировское).

Короткорядная долинная станция Кара-Балта на интервале своих данных (1962–2004 гг.) дает слабую отрицательную тенденцию, а станция подножья Ысык-Ата (1962–200 гг.) за этот же период – слабую положительную тенденцию. На среднегорной станции Альплагерь за последний 22-летний период 1983–2004 гг. отмечалась существенная отрицательная тенденция, тогда как на высокогорной Тюя-Ашуу юж. за последний 46-летний период 1959–2004 гг. – слабая отрицательная тенденция.

Таким образом, основной особенностью временных тенденций весенних осадков на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК в целом за период 1930–2010 гг. явился их существенный рост.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 7.3 и таблицы 7.5, в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК основной тенденцией для весенних сумм осадков был их значительный рост с угловыми коэффициентами, лежащими в диапазоне $b_1 = 9,32–16,93$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{46} = 43–78$ мм. При этом минимальная скорость роста наблюдалась на станциях Бишкек (9,32 мм/10 лет) и Байтык (9,47 мм/10 лет), максимальная в Жаны-Жер (16,93 мм/10 лет) и Кировском (16,69 мм/10 лет).

В результате в среднем по всем 6 длиннорядным станциям ССЗК скорость роста весенних осадков составила $b_1(\text{сред.}) = 12,58$ мм/10 лет и $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = 58$ мм, т. е. была примерно в два раза выше скорости роста зимних осадков.

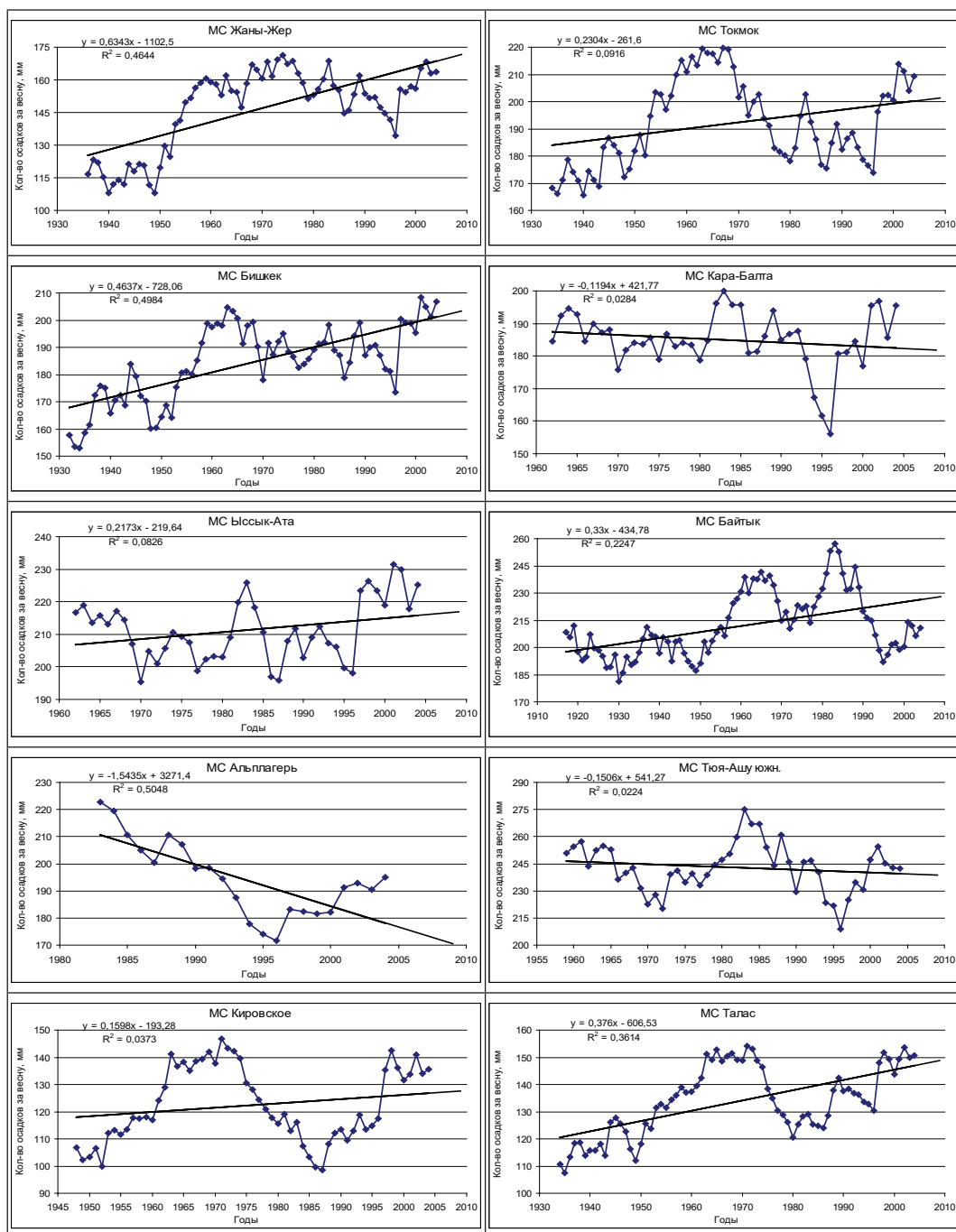


Рисунок 7.3 – Временной ход 11-летних кривых весенних сумм осадков в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу южн. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 7.5 – Весенние суммы осадков: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение количества осадков $\Delta\Gamma$ по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	Жаны-Жер (1936–04)	Токмак (1934–04)	Бишкек (1932–04)	*Кара-Балта (1962–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1917–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1959–04)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , мм/год	1,6932	1,2055	0,9322			0,9473			1,6688	1,0986
2. Свободный член b_0 , мм	-3170,3	-2162,7	-1641,2			-1639,1			-3148,2	-2015,2
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм	$\pm 8,71$	$\pm 10,46$	$\pm 9,02$			$\pm 11,23$			$\pm 5,90$	$\pm 5,53$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,84	0,67	0,64			0,57			0,85	0,86
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим			значим			значим	значим
6. b_1 , мм/10 лет	16,932	12,055	9,322			9,473			16,688	10,986
7. Трендовое $\Delta\Gamma_{46}$, мм(1930–75 гг.)	78	55	43			44			77	51
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , мм/год	-0,0551	0,7588	0,5478	-0,1194	0,2173	-1,4293	-1,5435	-0,1506	0,7743	0,9460
2. Свободный член b_0 , мм	265,1	-1319,9	-898,7	421,8	-219,6	3064,9	3271,4	541,3	-1421,0	-1746,3
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм	$\pm 8,54$	$\pm 9,76$	$\pm 7,45$			$\pm 14,22$			$\pm 10,43$	$\pm 5,72$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,00	0,31	0,29	0,03	0,08	0,43	0,50	0,02	0,29	0,67
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	значим	незнач.	незнач.	значим	значим	незнач.	значим	значим
6. b_2 , мм/10 лет	-0,551	7,588	5,478	-1,194	2,173	-14,293	-15,435	-1,506	7,743	9,460
7. Трендовое $\Delta\Gamma_{35}$, мм (1976–10 гг.)	-2	27	19	-4	8	-50	-54	-5	27	33

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	Жаны-Жер (1936–04)	Токмак (1934–04)	Бишкек (1932–04)	*Кара-Балта (1962–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1917–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1959–04)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, мм/год	-1,7484	-0,4468	-0,3845			-2,3767			-0,8945	-0,1526
2. Оценка значимости Δb	значимо	значимо	значимо			значимо			значимо	незнач.
3. Значение b_3 , мм/10 лет (1930–2010 гг.)	6,343	2,304	4,637			3,300			1,598	3,760
4. Значение b_0 , мм (1930–10 гг.)	-1102,5	-261,6	-728,1			-434,8			-193,3	-606,5
5. $B = R^2$ (1930–10 гг.)	0,46	0,09	0,50			0,22			0,04	0,36
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , мм/10 лет и значения Δt_{81} , °C										
1. b_1 , мм/10 лет(1930–75 гг.)	16,932	12,055	9,322			9,473			16,688	
2. b_2 , мм/10 лет (1976–10 гг.)	-0,551	7,588	5,478			-14,293			7,743	
3. b_3 , мм/10 лет(1930–10 гг.)										3,760
4. Трендовое Δt_{81} , мм (1930–10 гг.)	51	19	38			27			13	30

Примечание. 1) *отмечены названия 4 короткорядных станций – *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тоя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная длительность ряда 11-летних средних.

Дифференцированные оценки по долинным и склоновым районам различаются примерно в 1,5 раза и равны: долинные районы (5 станций) – b_1 (сред.) = 13,20 мм/10 лет и Δr_{46} (сред.) = 61 мм; склоновая станция Байтык – b_1 = 9,47 мм/10 лет и Δr_{46} = 44 мм.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. Как следует из рисунка 7.3 и таблицы 7.5, в этот период на 6 длиннорядных станциях наблюдались как рост, так и уменьшение весенних осадков со скоростями b_2 от -14,29 мм/10 лет (Байтык) до 9,46 мм/10 лет (Талас), что соответствовало диапазону Δr_{35} = -50... +33 мм. При этом на долинной станции Жаны-Жер также отмечалось, хотя и очень слабое, уменьшение осадков, b_2 = -0,55 мм/10 лет и Δr_{35} = -2 мм.

В результате в среднем по 6 длиннорядным станциям ССЗК это дало очень малую скорость роста весенних осадков, b_2 (сред.) = 2,57 мм/10 лет и Δr_{35} (сред.) = 9 мм.

Дифференцированные оценки по долинным и склоновым районам равны: долинные районы (5 станций) – умеренный рост осадков, b_2 (сред.) = 5,94 мм/10 лет и Δr_{35} (сред.) = 21 мм; склоновая станция Байтык – существенное уменьшение осадков, b_2 = -14,29 мм/10 лет и Δr_{35} = -50 мм.

На 3 склоновых короткорядных станциях в период 1976–2010 гг. отмечалась следующая картина: Ысык-Ата (подножье) – слабый рост осадков, b_2 = 2,17 мм/10 лет и Δr_{35} = 8 мм; Альплагерь (среднегорье, неполный ряд 1983–2004 гг.) – сильное уменьшение осадков, b_2 = -15,44 мм/10 лет и Δr_{35} = -54 мм; Тюя-Ашуу юж. – очень слабое уменьшение осадков, b_2 = -1,51 мм/10 лет и Δr_{35} = -5 мм. Таким образом, однозначная картина изменения весенних осадков по всем высотным зонам склона отсутствует: две станции, расположенные в зоне подножья (Ысык-Ата) и нижней части склонов (Байтык), дают соответственно очень слабый рост (8 мм) и сильное уменьшение осадков (-50 мм), среднегорная станция Альплагерь (при наличии неполного ряда), как и Байтык, дает сильное уменьшение осадков (-54 мм), а высокогорная Тюя-Ашуу юж. – их очень слабое уменьшение (-5 мм). Можно сделать вывод, что сильное уменьшение осадков соответствует только низкогорной и среднегорной зонам, тогда как в зоне подножий и высокогорной зонах их изменение было несущественным. Однако эти выводы, полученные по ограниченным данным, могут иметь узколокальный характер.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 7.5, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения для 5 станций из 6 (незначимое только для Таласа), при этом все значения Δb имели отрицательный знак. Из этого следует, что для группы из этих 5 станций целесообразно на практике использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения зимних осадков по двум периодам, и только по станции Талас надо

использовать один коэффициент b_3 , полученный по всему ряду 1930–2010 гг. как более показательный и статистически надежный.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК для весенних сумм осадков получены положительные и в 5 случаях статистически значимые тренды с угловыми коэффициентами в достаточно узком диапазоне: $b_3 = 1,60–6,34$ мм/10 лет, что соответствует $\Delta r_{81} = 13–51$ мм. При этом склоновая станция Байтык имела тренд, близкий к средней области диапазона, $b_3 = 3,30$ мм/10 лет и $\Delta r_{81} = 27$ мм.

В результате в среднем по 6 длиннорядным станциям ССЗК для зимних сумм осадков для всего периода 1930–2010 гг. получена заметная скорость их роста, $b_3(\text{сред.}) = 3,66$ мм/10 лет и $\Delta r_{81}(\text{сред.}) = 30$ мм, т. е. в абсолютном выражении наблюдается примерно такая же картина, как и для зимних осадков. Однако в относительном выражении, по отношению к многолетним нормам, это округленно составляет только от 10–30 % в долинных районах и низкогорье до 10–15 % в среднегорной и высокогорной зонах. Последнее, тем не менее, является важным фактом, так как означает заметное увеличение весенних осадков, в том числе и на склонах хребтов, где они крайне необходимы для питания деградирующих ледников и снежных полей.

В заключение (таблица 7.6) для наглядного представления о временном ходе самих сумм весенних осадков приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 7.3) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Цифры этой таблицы хорошо иллюстрируют заметный или даже сильный рост весенних осадков по всем станциям ССЗК от 1930 к 2020 гг. Приведенными трендовы-

Таблица 7.6 – Трендовые оценки весенних сумм осадков (мм)
для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз),
характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны- Жер (0,60)	Ток- мак (0,82)	Биш- кек (0,76)	Кара- Балта (0,77)	Ысык- Ата (1,03)	Бай- тык (1,58)	Альп- лагерь (2,13)	Тюя- Ашуу юж. (3,23)	Киров- ское (0,92)	Талас (1,22)
1920						199				
1930	122	183	167			202				119
1940	128	185	171			205			117	123
1950	134	188	176			209		248	118	127
1960	141	190	181	188	206	212		246	120	130
1970	147	192	185	187	208	215		245	121	134
1980	153	195	190	185	211	219	215	243	123	138
1990	160	197	195	184	213	222	200	242	125	142
2000	166	199	199	183	215	225	184	240	126	145
2010	172	202	204	182	217	228	169	239	128	149
2020	179	204	209	181	219	232	153	237	129	153

ми оценками осадков рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

7.4. Временной ход и тренды летних сумм осадков

На рисунке 7.4 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых для летних сумм осадков с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 7.7 по результатам статистической обработки рядов 11-летних средних для летних сумм осадков приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. На графиках рисунка 7.4 хорошо видна большая временная изменчивость летних осадков, имеющая на всех станциях свои существенные особенности. Последняя выражается в несовпадении максимумов и минимумов на кривых, а также в их различной интенсивности и структурных деталях, когда на фазы колебаний в 10–20 лет сложным образом накладываются колебания более мелкого масштаба. Так, на станции Жаны-Жер имеются два основных равнозначных максимума, первый из которых соответствует широкому диапазону 1950–1963 гг., а второй 1998–2003 гг., т. е. представлен более компактно. Основных минимумов также два (1939 и 1975 гг.), оба они также равносильны и, в отличие от максимумов, выражены по годам четче. В результате основная тенденция изменения летних осадков за период 1930–2010 гг. на станции слабо положительная.

Кривая в Токмаке только в самых общих чертах напоминает кривую в Жаны-Жер. Здесь хорошо выражен (хотя и неполно из-за ограниченности ряда слева) дополнительный максимум в области 1934 г., а два других максимума фиксируются весьма резко 1954 и 1998 гг. При этом по уровню все три максимума примерно равнозначны, а минимум 1976–1981 гг. более глубокий, что и обусловило отрицательную, в целом, тенденцию летних осадков в период 1930–2010 гг.

Временной ход осадков в Бишкеке не похож на ход, наблюдавшийся на обеих предыдущих станциях, и имеет наибольший размах в фазе их снижения 1932–1942 гг., где фиксируется самый глубокий минимум. Далее 11-летняя кривая идет, умеренно и равномерно колеблясь, обуславливая практически нулевую тенденцию.

На станции Байтык мы имеем пример наиболее высокой степени мелко-масштабной временной колеблемости 11-летней кривой с низким уровнем осадков до 1940 гг. и более высоким с 1950 гг., что в результате приводит к относительно хорошо выраженной их положительной тенденции в период 1930–2010 гг.

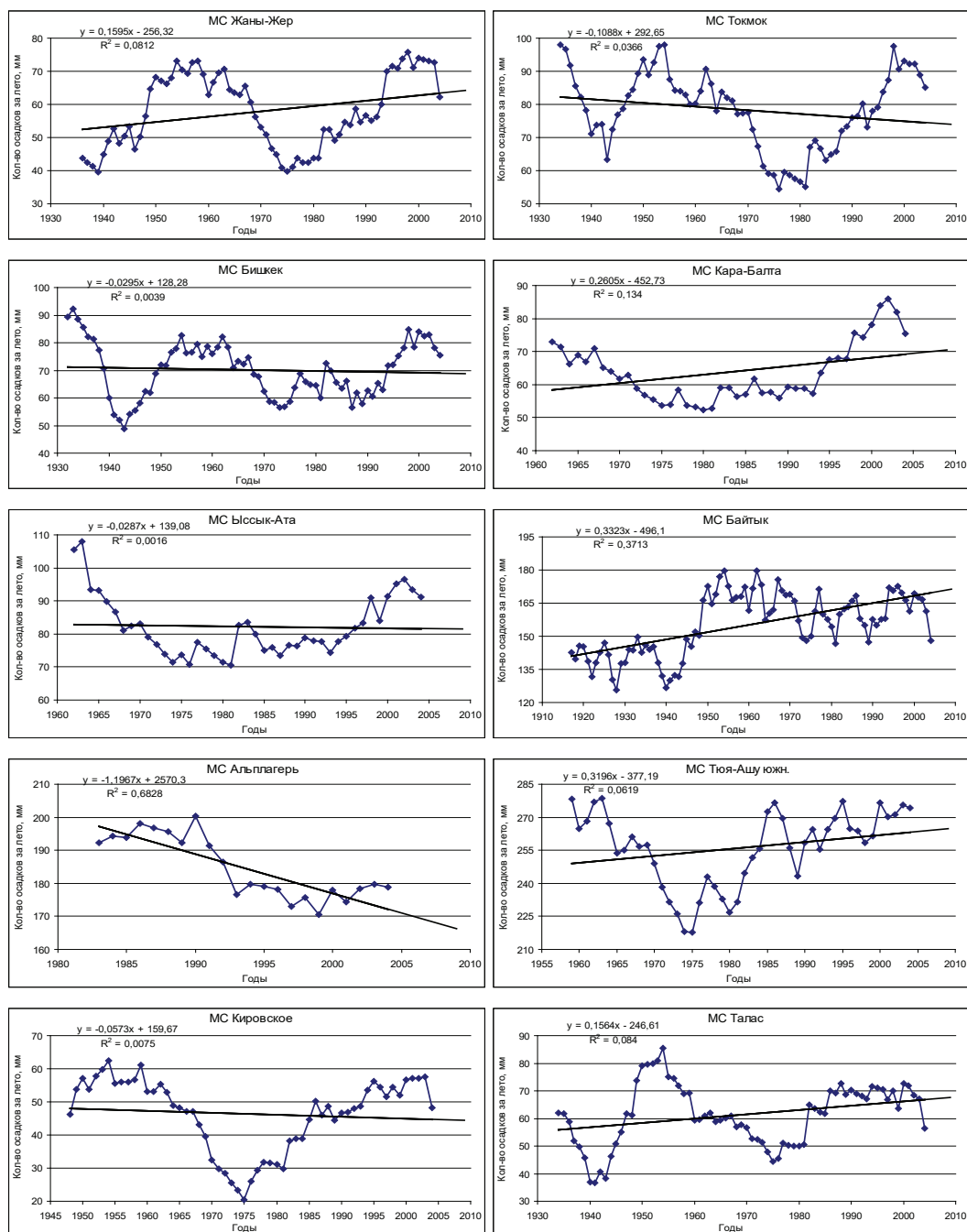


Рисунок 7.4 – Временной ход 11-летних кривых летних сумм осадков в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 7.7 – Летние суммы осадков: параметры уравнений линейных трендов – b_1, b_2, b_3, b_0, s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение количества осадков $\Delta\Gamma$ по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений Линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	Жаны- Жер (1936– 04)	Токмак (1934– 04)	Бишкек (1932– 04)	*Кара- Балта (1962– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1917– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1959– 04)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , мм/год	0,2104	-0,3379	-0,2331			0,6891			-1,2357	0,0982
2. Свободный член b_0 , мм	-353,9	741,6	525,9			-1189,4			2471,1	-132,5
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм	$\pm 10,89$	$\pm 9,31$	$\pm 10,89$			$\pm 12,07$			$\pm 7,03$	$\pm 12,56$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,05	0,17	0,07			0,38			0,68	0,01
5. Значимость по F-критерию	незнач.	значим	незнач.			значим			значим	незнач.
6. b_1 , мм/10 лет	2,104	-3,379	-2,331			6,891			-12,357	0,982
7. Трендовое $\Delta\Gamma_{46}$, мм(1930–75 гг.)	10	-16	-11			32			-57	5
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , мм/год	1,2708	1,4391	0,6658	0,2605	-0,0287	0,1778	-1,1967	0,3196	1,0374	0,6485
2. Свободный член b_0 , мм	-2470,2	-2789,5	-1255,5	-452,7	139,1	-192,3	2570,3	-377,2	-2018,8	-1226,7
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм	$\pm 4,44$	$\pm 4,28$	$\pm 6,09$			$\pm 7,32$			$\pm 4,06$	$\pm 6,38$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,86	0,89	0,47	0,13	0,00	0,04	0,68	0,06	0,83	0,44
5. Значимость по F-критерию	значим	значим	значим	значим	незнач.	незнач.	значим	незнач.	значим	значим
6. b_2 , мм/10 лет	12,708	14,391	6,658	2,605	-0,287	1,778	-11,967	3,196	10,374	6,485
7. Трендовое $\Delta\Gamma_{3,5}$, мм (1976–10 гг.)	44	50	23	9	-1	6	-42	11	36	23

Статистика уравнений Линейных трендов и ценка их значимости	Метеостанции									
	Жаны- Жер (1936– 04)	Токмак (1934– 04)	Бишкек (1932– 04)	*Кара- Балта (1962– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1917– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тюя- Ашуу юж. (1959– 04)	Киров- ское (1948– 04)	Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.										
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, мм/год	1,0604	1,7771	0,8989			-0,5113			2,2730	0,5503
2. Оценка значимости Δb	значимо	значимо	значимо			значимо			значимо	значимо
3. Значение b_3 , мм/10 лет (1930– 2010 гг.)	1,595	-1,088	-0,295			3,323			-0,573	1,564
4. Значение b_0 , мм (1930–10 гг.)	-256,3	292,6	128,3			-496,1			159,7	-246,6
5. $B = R^2$ (1930–10 гг.)	0,08	0,04	0,00			0,37			0,01	0,08
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , мм/10 лет и значения Δt_{81} , °C										
1. b_1 , мм/10 лет (1930–75 гг.)	2,104	-3,379	-2,331			6,891			-12,357	0,982
2. b_2 , мм/10 лет (1976–10 гг.)	12,708	14,391	6,658			1,778			10,374	6,485
3. b_3 , мм/10 лет (1930–10 гг.)										
4. Трендовое Δt_{81} , мм (1930–10 гг.)	13	-9	-2			27			-5	13

Примечания: 1) *отмечены названия 4 короткорядных станций – *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тоя-Ашу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная длительность ряда 11-летних средних.

Две станции Таласской долины – Кировское и Талас, напротив, дают достаточно близкие картины временного хода летних осадков, если учесть, что на станции Кировское кривая слева обрезана 1948 г. Но даже и здесь, вследствие различий в деталях хода 11-летних кривых, станция Кировское обнаруживает слабую отрицательную тенденцию для летних осадков, а Талас – слабую положительную тенденцию.

Разумеется, такая же общая картина наблюдается и на 4 короткорядных станциях, две из которых (Кара-Балта и Тюя-Ашуу юж.) на интервалах своих наблюдений дают положительные тенденции для летних осадков, а две (Ысык-Ата и Алыплагерь) – отрицательные.

Все это нашло отражение в знаках и величинах коэффициентов линейных трендов по различным периодам и разным станциям, отражая неустойчивый по территории и во времени характер хода летних осадков в период 1930–2010 гг. Но главной особенностью все же была их относительно малая основная тенденция в этот период.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 7.4 и таблицы 7.7, в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 6 длиннорядных станциях ССЗК коэффициенты линейных трендов для летних сумм осадков были различны по знакам и абсолютной величине, колеблясь в интервале $b_1 = -12,36 \dots, +6,89$ мм/10 лет, что соответствовало интервалу их изменений Δr_{46} от -57 до +32 мм. При этом на склоновой станции Байтык осадки росли со скоростью $b_1 = 6,89$ мм/10 лет и $\Delta r_{46} = 32$ мм.

В результате по данным этих станций в среднем по территории ССЗК в период 1930–1975 гг. получена очень слабая скорость роста летних сумм осадков с b_1 (сред.) = 1,35 мм/10 лет и Δr_{46} (сред.) = 6 мм. Однако, учитывая ее большую изменчивость по территории, на практике, наряду со средними значениями, следует использовать индивидуальные данные о скоростях на различных станциях.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. Как следует из рисунка 7.4 и таблицы 7.7, в этот период на всех 6 длиннорядных станциях имел место рост летних осадков со скоростями в диапазоне от малых до высоких, $b_2 = 1,78$ (Байтык) – 14,39 мм/10 лет (Токмак), что соответствовало $\Delta r_{35} = 6–50$ мм.

При этом скорости роста на долинных станциях были заметно выше, чем на склоновой станции Байтык: долинные районы (5 станций) – b_2 (сред.) = 10,12 мм/10 лет и Δr_{35} (сред.) = 35 мм; Склоновая станция Байтык – $b_2 = 1,78$ мм/10 лет, $\Delta r_{35} = 6$ мм.

В целом, по всем 6 длиннорядным станциям ССЗК в период 1976–2010 гг. средняя скорость роста летних осадков b_2 (сред.) = 8,73 мм/10 лет и Δr_{35} (сред.) = 31 мм.

По 4 короткорядным станциям скорости изменения летних осадков находились в диапазоне $b_2 = -11,97$ (Альплагерь)..., $+3,20$ мм/10 лет (Тюя-Ашуу юж.) и $\Delta r_{35} = -52...$, $+11$ мм.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 7.7, позиция 3) дала их статистически значимые расхождения для всех 6 длиннорядных станций. Из этого следует, что для всех этих станций целесообразно на практике использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения летних сумм осадков по двум периодам.

В целом, для периода 1930–2010 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК для летних осадков получены малые по абсолютной величине положительные и отрицательные тренды с угловыми коэффициентами в достаточно узком диапазоне: $b_3 = -1,09...$, $+3,32$ мм/10 лет, что соответствует $\Delta r_{81} = -9...$, $+27$ мм. При этом склоновая станция Байтык имела самый высокий и статистически значимый тренд, $b_3 = 3,32$ мм/10 лет и $\Delta r_{81} = 27$ мм.

В результате в среднем по 6 длиннорядным станциям ССЗК для летних сумм осадков для периода 1930–2010 гг. получена очень малая скорость их роста, b_3 (сред.) = $0,75$ мм/10 лет и Δr_{81} (сред.) = 6 мм. Такими изменениями летних осадков на практике можно пренебречь.

В заключение (таблица 7.8), для наглядного представления о временном ходе самих летних сумм осадков, приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 7.4) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Цифры этой таблицы

Таблица 7.8 – Трендовые оценки летних сумм осадков (мм)
для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз),
характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Бишкек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Байтык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Кировское (0,92)	Талас (1,22)
1920						142				
1930	52	83	71			145				55
1940	53	81	71			148			48	57
1950	55	80	71			152		246	48	58
1960	56	79	70	58	83	155		249	47	60
1970	58	78	70	60	83	158		252	47	61
1980	60	77	70	63	82	162	201	256	46	63
1990	61	76	69	66	82	165	189	259	46	65
2000	63	75	69	68	82	168	177	262	45	66
2010	64	74	69	71	81	172	165	265	44	68
2020	66	73	69	73	81	175	153	268	44	69

хорошо иллюстрируют малый рост/малое уменьшение, т. е. практическую неизменность летних осадков по всем длиннорядным станциям ССЗК к 2020 гг. Исключение представляют данные по станции Альплагерь, полученные по очень ограниченному ряду и поэтому непоказательные в целом для интервала 1930–2010 гг. Приведенными трендовыми оценками летних осадков рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

7.5. Временной ход и тренды осенних сумм осадков

На рисунке 7.5 по всем 10 станциям ССЗК показан временной ход 11-летних кривых для осенних сумм осадков с нанесенными линиями трендов за весь период их наблюдений, т. е. соответствующих угловым коэффициентам b_3 . В таблице 7.9 по результатам статистической обработки рядов 11-летних средних для осенних сумм осадков приведены полученные характеристики линейных трендов за периоды стабильного мирового климата (1930–1975 гг.) и его потепления (1976–2010 гг.), а также за весь исследуемый период 1930–2010 гг.

Ход 11-летних кривых за период наблюдений на станциях. На графиках рисунка 7.5 хорошо представлена значительная временная изменчивость осенних сумм осадков на всех 10 станциях ССЗК. При этом, наряду с прослеживающейся общностью в структуре 11-летних кривых, также хорошо видна их индивидуальность по различным станциям. Так, на 6 длиннорядных станциях, несмотря на резко колебательный характер хода кривых, четко выражена их основная положительная тенденция – рост осадков от 1930 к 2010 гг., причем с примерно одинаковой интенсивностью. В то же время по резкости чередования максимумов и минимумов и структурным деталям хода кривых каждая из станций индивидуальна в деталях.

Так, на станции Жаны-Жер 11-летняя кривая имеет восходящий характер с ярусно расположенными 4 основными максимумами 1939, 1964, 1985 и 1998 гг. В Токмаке наиболее высоким является максимум 1985 г., а следующий максимум 1999 г. расположен заметно ниже. Бишкек снова переходит на ярусную структуру расположения 4 основных максимумов, где также наметился пятый максимум 2004 г. На склоновой станции Байтык появляется пятый основной максимум 1937 г., а максимум 1999 г., наблюдавшийся на других станциях, здесь отсутствует и смещается на наметившийся самый высокий максимум 2004 г.

Точно так же 11-летние кривые на двух станциях Таласской долины – Кировское и Талас – кажутся похожими в целом, но различны во многих деталях.

Короткорядные станции на интервалах своих наблюдений отражают фрагментарно аналогичную картину. При этом все они дают положительные тенденции роста осадков, причем, разумеется, за счет чисто случайных совпадений.

Таким образом, основной особенностью временных тенденций осенних осадков на всех 6 длиннорядных станциях, расположенных в различных районах ССЗК, явился их существенный рост в период 1930–2010 гг.

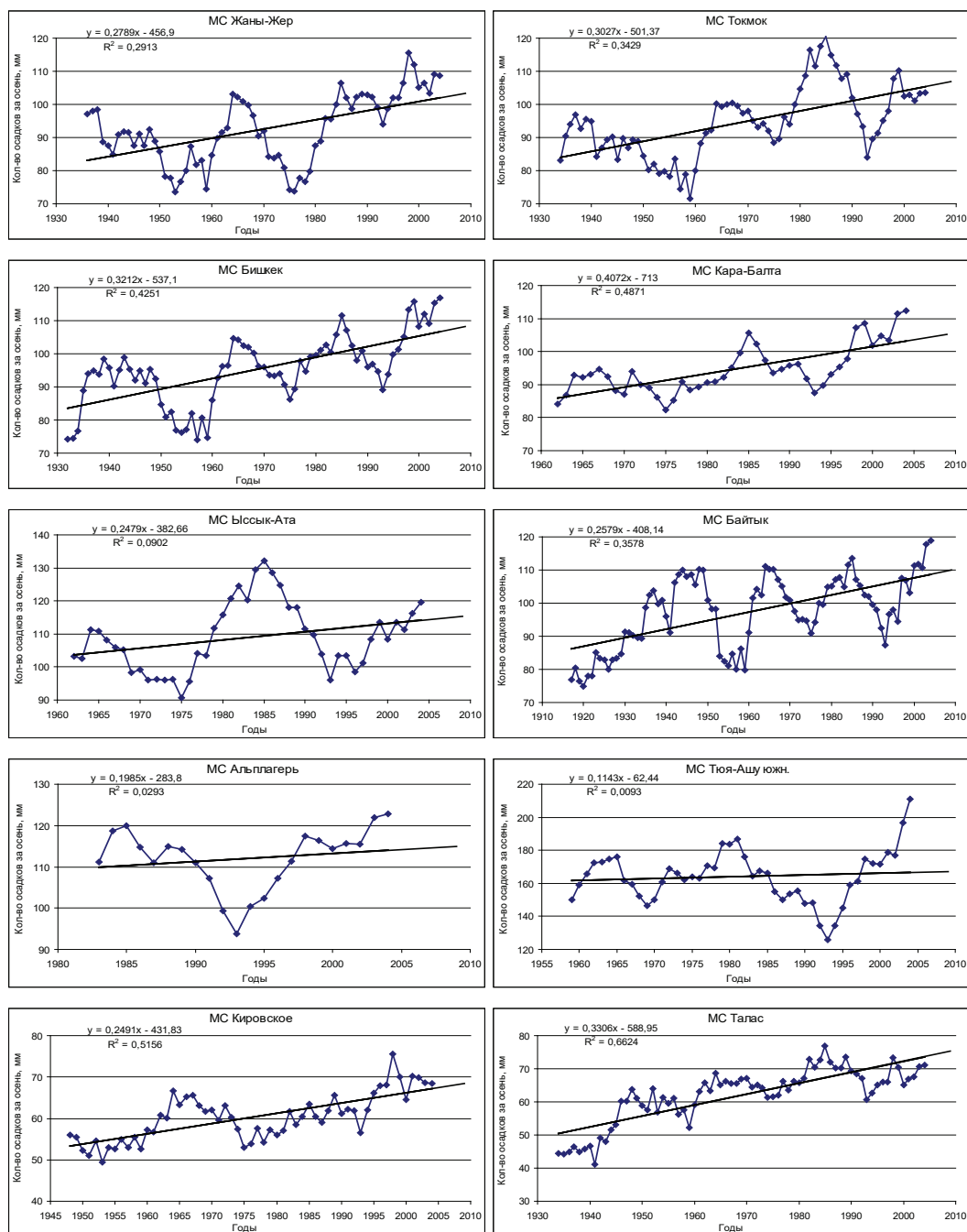


Рисунок 7.5 – Временной ход 11-летних кривых осенних сумм осадков в интервале 1930–2010 гг. на 10 метеостанциях ССЗК за период их фактической работы с аппроксимацией линейными трендами: Жаны-Жер (0,6 км), Токмак (0,82 км), Бишкек (0,76 км), Кара-Балта (0,77 км), Ысык-Ата (1,03 км), Байтык (1,58 км), Альплагерь (2,13 км), Тюя-Ашуу юж. (3,23 км), Кировское (0,86 км), Талас (1,22 км)

Таблица 7.9 – Осенние суммы осадков: параметры уравнений линейных трендов – b_1 , b_2 , b_3 , b_0 , s , коэффициент достоверности тренда $B = R^2$, оценка значимости уравнения тренда по F-критерию (уровень значимости $q = 0,05$), изменение количества осадков Δg по трендам за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., разность коэффициентов Δb с оценкой значимости по t-критерию (уровень значимости $q = 0,05$)

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции									
	Жаны-Жер (1936–04)	Токмак (1934–04)	Бишкек (1932–04)	*Кара-Балта (1962–04)	*Ысык-Ата (1962–04)	Байтык (1917–04)	*Альп-лагерь (1983–04)	*Тюя-Ашуу юж. (1959–04)	Кировское (1948–04)	Талас (1934–04)
1. Характеристики тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода стабильного мирового климата 1930–1975 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_1 , мм/год	-0,0768	0,1405	0,1791			0,0288			0,3702	0,5454
2. Свободный член b_0 , мм	238,3	-185,5	-259,7			41,8			-668,4	-1008,3
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм	$\pm 7,85$	$\pm 7,39$	$\pm 8,71$			$\pm 9,33$			$\pm 3,90$	$\pm 4,35$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,01	0,05	0,07			0,00			0,39	0,71
5. Значимость по F-критерию	незнач.	незнач.	незнач.			незнач.			значим	значим
6. b_1 , мм/10 лет	-0,768	1,405	1,791			0,288			3,702	5,454
7. Трендовое Δg_{46} , мм (1930–75 гг.)	-4	6	8			1			17	25
2. Характеристики тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода потепления мирового климата 1976–2010 гг.										
1. Угл. коэф. тренда b_2 , мм/год	1,0239	-0,1370	0,5287	0,4072	0,2479	0,2570	0,1985	0,1143	0,5480	0,0296
2. Свободный член b_0 , мм	-1939,0	375,6	-949,4	-713,0	-382,7	-407,3	-283,8	-62,4	-1027,7	9,3
3. Ошибка уравнен. тренда s , мм	$\pm 6,17$	$\pm 9,29$	$\pm 6,37$			$\pm 7,27$			$\pm 2,96$	$\pm 3,90$
4. $B = R^2$ – коэф. достоверности	0,67	0,02	0,34	0,49	0,09	0,09	0,03	0,01	0,72	0,00
5. Значимость по F-критерию	значим	незнач.	значим	значим	незнач.	незнач.	незнач.	незнач.	значим	незнач.
6. b_2 , мм/10 лет	10,239	-1,370	5,287	4,072	2,479	2,570	1,985	1,143	5,480	0,296
7. Трендовое Δg_{35} , мм (1976–10 гг.)	36	-5	19	14	9	9	7	4	19	1

Статистика уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Метеостанции							
	Жаны- Жер (1936– 04)	Токмак (1934– 04)	Бишкек (1932– 04)	*Кара- Балта (1962– 04)	*Ысык- Ата (1962– 04)	Байтык (1917– 04)	*Альп- лагерь (1983– 04)	*Тоя- Ашуу юж. (1959– 04)
								Киров- ское (1948– 04)
								Талас (1934– 04)
3. Сравнение угловых коэффициентов трендов b_1 и b_2 за 1930–1975 и 1976–2009 гг. и характеристики тренда b_3 за 1930–2010 гг.								
1. Значение $\Delta b = (b_2 - b_1)$, мм/год	1,1006	-0,2775	0,3496			0,2282		0,1778
2. Оценка значимости Δb	значимо	незнач.	значимо			незнач.		незнач.
3. Значение b_3 , мм/10 лет (1930–2010 гг.)	2,789	3,027	3,212			2,579		2,491
4. Значение b_0 , мм (1930–10 гг.)	-456,9	-501,4	-537,1			-408,1		-431,8
5. $B = R^2$ (1930–10 гг.)	0,29	0,34	0,43			0,36		0,52
4. Рекомендуемые для использования по периодам угловые коэффициенты трендов b_1 , b_2 , b_3 , мм/10 лет и значения Δt_{81} , °C								
1. b_1 , мм/10 лет(1930–75 гг.)	-0,768		1,791					5,454
2. b_2 , мм/10 лет(1976–10 гг.)	10,239		5,287					0,296
3. b_3 , мм/10 лет(1930–10 гг.)		3,027				2,579		2,491
4. Трендовое Δt_{81} , мм (1930–10 гг.)	23	25	26			21		20
								27

Примечание. 1) *отмечены названия 4 короткорядных станций – *Кара-Балта, *Ысык-Ата, *Альплагерь и *Тоя-Ашуу юж.; 2) в скобках рядом с названием станций приведена использованная длительность ряда 11-летних средних.

Угловые коэффициенты трендов b_1 в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. Как следует из рисунка 7.5 и таблицы 7.9, в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 5 длиннорядных станциях (кроме Жаны-Жер) наблюдались положительные тренды осенних осадков в диапазоне $b_1 = 0,288$ (Байтык) – $5,454$ мм/10 лет (Талас), что дало $\Delta r_{46} = 1$ – 25 мм. На станции Жаны-Жер осадки, напротив, уменьшались, но с малой скоростью, $-0,768$ мм/10 лет и $\Delta r_{46} = -4$ мм. Отрицательный тренд здесь обусловлен аномально глубоким минимумом 1975–1976 гг., который на всех других станциях не был таким низким, т. е. индивидуальностью структуры 11-летней кривой на станции. Статистически значимыми были только тренды на станциях Кировское и Талас.

В результате в период потепления мирового климата 1930–1975 гг. в среднем по всем 6 длиннорядным станциям ССЗК имела место малая скорость роста осенних осадков, $b_1(\text{сред.}) = 1,98$ мм/10 лет и $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = 9$ мм. Эту оценку в качестве средней следует принять как для долинных, так и для склоновых районов.

При этом в данном случае можно использовать также усредненные оценки по 4 станциям Чуйской долины (Жаны-Жер, Токмак, Бишкек и Байтык), где $b_1(\text{сред.}) = 0,78$ мм/10 лет и $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = 3$ мм, и две станции Таласской долины – Кировское и Талас, где скорости роста были значительно выше, $b_1 = 3,702$ и $5,454$ мм/10 лет и $\Delta r_{46} = 17$ и 25 мм.

Угловые коэффициенты трендов b_2 в период потепления мирового климата 1976–2010 гг. Как следует из рисунка 7.5 и таблицы 7.9, в этот период на 5 длиннорядных станциях ССЗК (кроме Токмака) наблюдался рост осадков со скоростями от очень малых ($b_2 = 0,296$ мм/10 лет – Талас) до значительных (b_2 равно $5,29$ и $5,48$ мм/10 лет – Бишкек и Кировское), что соответствует широкому диапазону $\Delta r_{35} = 1$ – 19 мм. Особо выделяется станция Жаны-Жер, где скорость роста осадков была очень большой – $b_2 = 10,239$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = 36$ мм.

На станции Токмак, напротив, имело место уменьшение осадков, но с малой скоростью, $b_2 = -1,37$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = -5$ мм, что в первую очередь связано с их самым высоким максимумом в 1985 г. и последующим глубоким минимумом в 1993 г., т. е. с индивидуальностью структуры 11-летней кривой.

В результате в период стабильного мирового климата 1976–2010 гг. в среднем по 6 длиннорядным станциям ССЗК скорость роста осенних осадков была невысокой и составляла $-b_2(\text{сред.}) = 3,75$ мм/10 лет и $\Delta r_{35}(\text{сред.}) = 13$ мм. При этом на склоновой станции Байтык она была равна, $b_2 = 2,57$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = 9$ мм, т. е. чуть ниже средней.

По 4 короткорядным станциям скорости роста осенних осадков находились в достаточно узком диапазоне $b_2 = 1,143$ – $4,072$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = 4$ – 14 мм.

Статистически значимыми были 4 тренда из 10 – на станциях Жаны-Жер, Бишкек, Кара-Балта и Кировское.

Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 , коэффициенты b_3 и практические рекомендации. Оценка значимости различий угловых коэффициентов $\Delta b = (b_2 - b_1)$, за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (см. таблицу 7.9, позиция 3) для осенних осадков дала их статистически значимые расхождения для 3 станций из 6 (незначимое только для Жаны-Жер). Поэтому для группы из 3 станций (Жаны-Жер, Бишкек и Талас) целесообразно на практике использовать отдельно коэффициенты b_1 и b_2 в качестве характеристик скорости изменения зимних осадков по двум периодам, а по второй группе станций (Токмак, Байтык и Кировское) надо использовать один коэффициент b_3 , полученный по всему ряду 1930–2010 гг., как более показательный и статистически надежный.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК для осенних осадков получены положительные и статистически значимые тренды с угловыми коэффициентами в очень узком диапазоне: $b_3 = 2,49\text{--}3,31$ мм/10 лет, что соответствует $\Delta r_{81} = 20\text{--}27$ мм. При этом склоновая станция Байтык имела тренд $b_3 = 2,58$ мм/10 лет и $\Delta r_{81} = 21$ мм, т. е. близкий к нижней границе диапазона.

В среднем для периода 1930–2010 гг. по 6 длиннорядным станциям ССЗК для осенних сумм осадков получена заметная скорость их роста, $b_3(\text{сред.}) = 2,92$ мм/10 лет и $\Delta r_{81}(\text{сред.}) = 24$ мм. В относительном выражении к многолетним нормам для осеннего сезона это округленно составляет от 25 % в долинных районах и низкогорье до 15 % в высокогорной зонах. Последнее является весьма важным фактом, так как означает заметное увеличение осенних осадков, в том числе и на склонах хребтов, где они крайне необходимы для снегонакопления и питания деградирующих ледников.

Таблица 7.10 – Трендовые оценки осенних сумм осадков (мм) для кратных десятилетий 1930–2020 гг. (2020 гг. – прогноз), характеризующих их временной ход по 10 метеостанциям ССЗК

Годы	Метеостанции (высота, км)									
	Жаны-Жер (0,60)	Ток-мак (0,82)	Биш-кек (0,76)	Кара-Балта (0,77)	Ысык-Ата (1,03)	Бай-тык (1,58)	Альп-лагерь (2,13)	Тюя-Ашуу юж. (3,23)	Киров-ское (0,92)	Талас (1,22)
1920						87				
1930	81	83	83			90				49
1940	84	86	86			92			51	52
1950	87	89	89			95		160	54	56
1960	90	92	92	85	103	97		162	56	59
1970	92	95	96	89	106	100		163	59	62
1980	95	98	99	93	108	102	109	164	61	66
1990	98	101	102	97	111	105	111	165	64	69
2000	101	104	105	101	113	108	113	166	66	72
2010	104	107	109	106	116	110	115	167	69	76
2020	106	110	112	110	118	113	117	168	71	79

В заключение (таблица 7.10) для наглядного представления о временном ходе самих осенних сумм осадков приведем их *трендовые оценки по всем станциям*, рассчитанные по уравнениям регрессий (см. рисунок 7.5) для периодов их фактической работы по кратным десятилетиям общего периода исследований 1930–2010 гг. (и дополнительно 2020 гг. – прогноз). Цифры этой таблицы хорошо иллюстрируют существенный рост зимних осадков по всем станциям ССЗК к 2020 гг. Приведенными трендовыми оценками осадков рекомендуется пользоваться на практике для решения различных прикладных задач.

7.6. Нормы годовых и месячных сумм осадков и нормы их СКО и коэффициентов вариации, полученные для различных периодов наблюдений

В заключение пп. 7.1–7.5 приведем по всем 10 станциям полученные нормы месячных и годовых сумм осадков, а также нормы их средних квадратических отклонений (СКО) и коэффициентов вариации $C(r)$ за три исследуемых периода 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.

Сделаем сравнение норм и за два смежных периода – 1930–1975 и 1976–2010 гг., а по 3 длиннорядным станциям – Бишкек, Байтык и Талас – дополнительно сделаем сравнение норм осадков и норм их коэффициентов вариации $C(r)$ также с данными Научно-прикладного справочника по климату издания 1989 г. Напомним, что в этом справочнике нормы осадков соответствуют фактическим рядам наблюдений станций в пределах общего периода 1891–1980 гг.

Результаты расчетов норм по различным периодам приведены в таблицах 7.11, 3.12 и 7.13. В этих таблицах для 4 короткорядных станций Кара-Балта, Ысык-Ата, Альплагерь и Тюя-Ашуу юж. нормы средних максимальных температур и нормы их СКО и $C(r)$ показаны в двух строчках, которые соответствуют двум следующим периодам: фактически использованному по станции ряду внутри 1976–2009 гг. (условно периоду 1976–2010 гг.) и всему фактическому периоду на станции по 2009 г. включительно. Для 6 длиннорядных станций Жаны-Жер Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас нормы приведены в трех строчках, которые соответствуют трем периодам: фактическому ряду на станции, внутри 1930–1975 гг. (условно период 1930–1975 гг.), фактическому ряду на станции внутри 1976–2009 гг. (условно период 1976–2010 гг.) и всему фактическому ряду работы станции по 2009 г. включительно. Кроме того, для трех станций – Бишкек, Байтык и Талас – в четвертой строчке таблиц 3.11 и 3.13 даны нормы по климатическому справочнику 1989 г.

Практическое применение всех этих данных и полученные результаты состоят в следующем.

1. По всем 10 станциям полученные нормы годовых и месячных сумм осадков, нормы их СКО и $C(r)$ за период 1976–2010 гг. следует использовать

Таблица 7.11 – Нормы осадков по станциям по месяцам и за год
для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010
и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции
в скобках; строка 4 – данные Научно-прикладного справочника по климату
за 1891–1980 гг.; темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1931–2009 гг.), строки: 1931–1975; 1976–2009; 1931–2009 гг.												
25	24	40	51	48	30	14	11	13	36	40	26	358
28	32	41	60	56	28	18	10	17	40	43	35	408
26	27	41	55	51	30	16	11	15	37	41	30	380
Токмак – 0,82 км (1929–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1929–2009 гг.												
21	28	51	73	67	45	22	16	19	33	36	27	438
24	31	51	70	73	40	20	14	17	40	44	32	457
22	29	51	72	70	43	21	15	18	36	39	29	446
Бишкек – 0,76 км (1927–2009), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1927–2009: КС – 1989 г.												
23	27	48	67	62	40	20	13	16	36	37	25	413
27	33	51	78	68	35	20	13	18	42	44	34	464
24	29	49	70	65	37	20	13	17	38	40	29	431
23	27	48	72	64	39	20	13	16	36	37	27	422
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1957–2009 гг.												
27	34	54	72	63	34	19	11	17	41	41	33	446
26	33	55	71	62	31	21	13	15	37	41	30	434
Ысык-Ата – 1,03 км (1957–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1957–2009 гг.												
26	33	58	83	77	40	24	17	21	45	47	34	506
25	33	58	83	74	41	27	18	20	43	45	31	498
Байтык – 1,58 км (1912–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1912–2009; КС – 1989 г.												
17	23	47	74	88	75	53	30	26	37	35	20	526
22	27	50	76	96	75	55	24	29	41	36	25	557
18	24	46	75	92	72	54	26	26	37	33	21	525
18	23	47	79	96	75	55	30	25	37	32	21	538
Альплагерь – 2,13 км (1978–2009 гг.), строки 1978–2009 гг.												
20	24	43	71	85	74	71	35	31	42	37	27	561
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1954–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1954–2009 гг.												
37	44	59	85	103	108	95	55	50	69	56	51	811
33	40	60	82	103	109	94	57	50	62	53	46	787
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1943–2009 гг.), строки: 1943–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1943–2009 гг.												
16	20	35	47	39	26	13	8	7	22	28	19	280
18	22	32	46	46	24	15	6	10	24	28	24	294
17	21	33	46	42	25	14	7	9	23	28	21	287
Талас – 1,22 км (1929–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1929–2009 гг.; КС – 1989 г.												
12	19	32	50	48	32	18	11	10	20	26	16	295
16	19	36	51	51	33	17	12	12	27	29	24	327
14	19	34	50	50	32	18	11	11	23	27	20	309
13	18	35	53	53	33	19	11	10	24	26	18	313

Таблица 7.12 – Нормы СКО осадков по станциям по месяцам
и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010
и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции
в скобках; темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1931–2009 гг.), строки: 1931–1975; 1976–2009; 1931–2009 гг.												
13,0	14,7	22,1	24,4	31,5	20,5	11,5	11,2	10,2	25,9	25,5	17,4	84,5
12,3	12,5	16,1	33,7	30,6	22,0	18,1	10,3	16,8	25,6	25,8	18,1	94,9
12,7	14,3	19,6	28,9	31,2	21,0	14,8	10,7	13,5	25,7	25,5	18,1	91,9
Токмак – 0,82 км (1929–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1929–2009 гг.												
11,9	17,1	21,4	30,9	34,1	26,2	18,2	14,1	16,6	21,5	20,8	19,2	86,4
10,2	11,6	21,1	41,6	29,3	23,1	18,4	9,8	14,5	26,4	24,9	15,8	102,6
11,2	14,9	21,3	35,4	31,9	24,9	18,1	12,4	15,6	23,8	22,7	17,9	93,0
Бишкек – 0,76 км (1927–2009), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1927–2009 гг.												
11,3	16,4	24,2	28,8	32,7	23,9	19,8	14,0	15,0	25,5	19,4	16,2	82,2
11,5	12,0	22,8	39,1	32,8	26,4	21,2	13,3	17,5	25,1	23,3	15,4	99,9
11,5	15,0	23,4	33,9	32,2	24,9	20,0	13,7	15,8	25,2	21,2	16,1	94,2
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1957–2009 гг.												
10,5	9,3	23,1	36,9	30,4	22,8	15,2	10,6	15,8	25,1	21,7	15,2	95,9
10,6	13,0	23,1	34,6	36,0	20,0	14,5	13,1	15,0	24,0	20,8	15,3	96,0
Ысык-Ата – 1,03 км (1957–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1957–2009 гг.												
10,5	12,8	23,4	47,6	36,7	24,6	19,2	18,7	17,3	27,7	23,3	16,4	110,7
10,6	15,7	22,1	43,2	35,6	22,4	22,0	18,0	16,8	25,1	21,6	16,8	101,9
Байтык – 1,58 км (1912–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1912–2009 гг.												
9,4	11,3	21,1	27,4	38,5	32,9	34,8	20,5	24,6	23,0	16,6	12,0	93,7
8,2	9,9	20,1	33,7	30,4	31,8	35,0	18,1	27,0	25,4	14,0	13,4	102,5
8,8	10,6	19,9	29,6	36,4	32,9	34,5	19,7	23,9	22,8	15,6	12,4	103,5
Альплагерь – 2,13 км (1978–2009 гг.), строки 1978–2009 гг.												
7,3	8,7	16,4	31,6	31,8	29,3	31,7	21,8	17,1	24,8	17,9	14,6	100,3
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1954–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1954–2009 гг.												
16,5	24,8	24,6	42,4	38,1	31,5	49,2	37,3	32,1	41,1	29,8	27,9	110,4
15,4	21,9	28,3	36,7	39,3	34,4	44,3	34,6	30,9	38,8	26,9	27,5	123,1
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1943–2009 гг.), строки: 1943–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1943–2009 гг.												
14,5	12,2	19,4	24,1	29,7	17,7	16,8	12,1	10,5	17,8	16,4	14,1	74,6
10,3	12,6	11,9	25,3	24,2	19,8	15,6	9,5	11,6	20,6	21,1	11,8	67,6
12,5	12,3	16,0	24,5	27,0	18,7	16,1	10,8	11,1	19,1	18,8	13,1	71,0
Талас – 1,22 км (1929–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1929–2009 гг.												
8,7	12,3	16,9	24,5	27,3	20,4	18,2	12,3	9,6	14,3	12,8	12,2	67,8
7,2	9,3	16,5	26,9	23,4	27,1	18,1	15,9	10,8	18,4	18,9	12,8	78,4
8,3	11,0	16,6	25,5	26,5	23,2	18,0	13,8	10,4	16,4	15,7	12,8	73,3

Таблица 7.13 – Нормы С(г) осадков по станциям по месяцам
и за год для трех заданных периодов наблюдений – 1930–1975, 1976–2010
и 1930–2010 гг. (фактические периоды указаны после названия станции в скобках;
строка 4 – данные Научно-прикладного справочника по климату за 1891–1980 гг.;
темным выделены длиннорядные станции)

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер – 0,60 км (1931–2009 гг.), строки: 1931–1975; 1976–2009; 1931–2009 гг.												
0,51	0,62	0,55	0,47	0,66	0,67	0,82	1,03	0,79	0,73	0,63	0,67	0,24
0,45	0,40	0,39	0,56	0,54	0,77	0,98	1,01	0,99	0,65	0,61	0,52	0,23
0,48	0,53	0,48	0,52	0,61	0,71	0,93	1,02	0,92	0,69	0,62	0,61	0,24
Токмак – 0,82 км (1929–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1929–2009 гг.												
0,56	0,61	0,42	0,42	0,51	0,58	0,81	0,91	0,89	0,66	0,57	0,72	0,20
0,43	0,37	0,41	0,59	0,40	0,57	0,93	0,71	0,84	0,65	0,57	0,49	0,22
0,50	0,51	0,42	0,49	0,46	0,57	0,86	0,85	0,86	0,67	0,58	0,62	0,21
Бишкек – 0,76 км (1927–2009), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1927–2009; КС – 1989 г.												
0,50	0,60	0,50	0,43	0,53	0,60	1,01	1,09	0,94	0,72	0,52	0,64	0,20
0,43	0,36	0,45	0,50	0,48	0,74	1,06	0,99	0,96	0,60	0,53	0,46	0,22
0,48	0,51	0,48	0,48	0,49	0,67	1,01	1,03	0,93	0,67	0,54	0,56	0,22
0,49	0,57	0,47	0,42	0,50	0,60	0,96	1,18	0,90	0,68	0,52	0,60	0,23
Кара-Балта/Калининское – 0,77 км (1957–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1957–2009 гг.												
0,39	0,27	0,43	0,51	0,49	0,67	0,78	0,98	0,94	0,62	0,53	0,45	0,22
0,41	0,40	0,42	0,49	0,58	0,65	0,68	1,03	0,97	0,64	0,51	0,52	0,22
Ысык-Ата – 1,03 км (1957–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1957–2009 гг.												
0,40	0,39	0,41	0,57	0,48	0,61	0,80	1,09	0,82	0,61	0,49	0,49	0,22
0,41	0,48	0,38	0,52	0,48	0,54	0,82	1,02	0,85	0,59	0,48	0,55	0,20
Байтык – 1,58 км (1912–2009 гг.), строки: 1930–1975; 1976–2009; 1912–2009; КС – 1989 г.												
0,54	0,49	0,45	0,37	0,44	0,44	0,65	0,67	0,94	0,62	0,48	0,60	0,18
0,38	0,37	0,40	0,44	0,32	0,43	0,63	0,76	0,93	0,62	0,39	0,53	0,18
0,48	0,45	0,43	0,40	0,40	0,46	0,64	0,74	0,90	0,61	0,47	0,58	0,20
0,50	0,46	0,41	0,36	0,42	0,45	0,69	0,76	0,71	0,61	0,51	0,58	0,18
Альплагерь – 2,13 км (1978–2009 гг.), строки 1978–2009 гг.												
0,37	0,37	0,38	0,44	0,37	0,39	0,45	0,62	0,56	0,60	0,48	0,54	0,18
Тюя-Ашуу юж. – 3,23 км (1954–2009 гг.), строки: 1976–2009 гг.; 1954–2009 гг.												
0,45	0,56	0,42	0,50	0,37	0,29	0,52	0,68	0,64	0,60	0,53	0,55	0,14
0,47	0,55	0,47	0,45	0,38	0,32	0,47	0,61	0,62	0,62	0,51	0,60	0,16
Кировское/Кызыл-Адыр – 0,86/0,92 км (1943–2009 гг.), строки: 1943–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1943–2009 гг.												
0,88	0,61	0,56	0,51	0,76	0,67	1,32	1,60	1,51	0,81	0,59	0,75	0,27
0,56	0,58	0,37	0,55	0,53	0,83	1,07	1,69	1,15	0,85	0,75	0,50	0,23
0,72	0,59	0,48	0,53	0,64	0,75	1,18	1,65	1,30	0,83	0,67	0,62	0,25
Талас – 1,22 км (1929–2009 гг.), строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.; 1929–2009 гг.; КС – 1989 г.												
0,72	0,66	0,52	0,49	0,57	0,64	0,99	1,15	0,92	0,70	0,50	0,74	0,23
0,44	0,48	0,46	0,53	0,46	0,83	1,08	1,36	0,89	0,69	0,64	0,54	0,24
0,59	0,58	0,49	0,51	0,53	0,72	1,03	1,26	0,91	0,72	0,58	0,65	0,24
0,65	0,64	0,46	0,47	0,55	0,60	1,07	1,21	0,99	0,67	0,51	0,73	0,22

Таблица 7.14 – Разности норм осадков (мм) по 6 длиннорядным станциям за периоды 1976–2010 и 1930–1975 гг. (первая строка) и за периоды 1976–2010 и 1881–1980 гг. (Климатический справочник, 1989 г.).

Месяцы и год												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Жаны-Жер												
2	8	1	9	9	-2	5	-1	4	4	2	9	49
Токмак												
3	3	1	-3	6	-5	-2	-2	-1	7	7	5	19
Бишкек: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
4	6	3	11	6	-4	0	1	2	6	7	8	50
4	6	3	6	4	-4	0	0	2	6	7	7	42
Байтык: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
4	4	4	2	8	-1	2	-7	3	4	1	5	31
4	4	3	-3	0	0	0	-6	4	4	4	4	19
Кировское												
2	2	-3	-1	7	-2	2	-2	3	2	0	5	14
Талас: вторая строка разности – 1976–2010 гг. и КС – 1989 г.												
4	0	3	1	4	1	-2	1	2	6	4	7	33
3	1	1	-2	-2	0	-2	1	2	3	3	6	14

как *новые нормы, соответствующие современному климату*, взамен норм, приводимых в различных публикациях и справочниках прошлых лет.

2. По 6 длиннорядным станциям можно сравнить эти новые нормы за 1976–2010 гг. с нормами за 1930–1975 гг., а по 3 станциям (Бишкек, Байтык и Талас) также с нормами по климатическому справочнику за 1891–1980 гг. (нормы сумм осадков и $C(r)$). Такое сравнение показывает (таблица 7.14), что в среднем по 6 станциям ССЗК годовые суммы осадков заметно увеличились, на 33 мм от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. При этом на максимальное увеличение наблюдалось на станциях Байтык и Жаны-Жер (50 и 49 мм), а минимальное – в Кировском и Токмаке (14 и 19 мм). На склоновой станции Байтык повышение было близким к среднему – 31 мм. Если отнести это увеличение к нормам на станциях за 1930–1975 гг., то оно составляет от 4 до 14 %.

Относительно данных Климатического справочника, среднее повышение норм в 1976–2010 гг. составило: в Бишкеке – 42 мм, Байтыке – 19 мм и Таласе – 14 мм, т. е. повышение имело тот же порядок.

Из 72 случаев месячных данных в 57 случаях (79 %) от 1930–1975 к 1976–2010 гг. наблюдалось повышение или неизменность месячных норм осадков (диапазон 0–11 мм), а понижение (диапазон -1..., -7 мм) в 15 случаях (21 %). Повышение соответствовало холодному времени года, а понижение теплomu – конец весны и лето.

3. Значения новых норм СКО за 1976–2010 гг. (таблица 7.12, вторые строки), которые характеризуют междугодовую изменчивость осадков, для года находятся в пределах от 68 мм (Талас) до 103 мм (Токмак и Байтык). Месячные

значения имеют диапазон 7..., 42 мм, причем минимальные СКО имеют место зимой или летом, а максимальные по всем станциям – в апреле. По различным периодам годовые и месячные нормы СКО имеют один и тот же порядок, т. е. междугодовая колеблемость осадков по месяцам и для года в целом осталась без существенных изменений в период 1930–2010 гг.

4. Еще более наглядно междугодовая колеблемость осадков может быть представлена коэффициентами вариации $C(r)$, показанными в таблице 7.14. Как видно, в период 1976–2010 гг. годовые нормы $C(r)$ были малы и по всем 10 станциям лежали в узком диапазоне 0,14..., 0,24 при среднем значении 0,21. Месячные нормы $C(r)$ значительно выше и соответствуют диапазону 0,27..., 1,69. При этом наименьшие значения на всех станциях имеют место в январе-марте (0,27–0,45, среднее значение 0,37), а наибольшие – в июле-августе (0,62–1,69, среднее значение 1,0). При этом, как и следовало ожидать, порядок величин $C(r)$ по различным периодам для одних и тех же станций не меняется, т. е. междугодовая изменчивость осадков в исследуемый период 1930–2010 гг. оставалась практически неизменной.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 7

В таблице 7.15 приведены итоговые результаты статистических характеристик для годовых и сезонных сумм осадков по 10 метеостанциям ССЗК в периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг., на основании которых, с учетом проведенного анализа, можно сформулировать следующие выводы.

1. В ходе 11-летних кривых годовых и сезонных сумм осадков для 10 станций ССЗК наблюдалась их случайная структура с хорошо выраженным чередованием фаз повышения и понижения осадков. От станции к станции наиболее сильно менялись амплитуды фаз, обуславливая индивидуальность временных изменений осадков по станциям и сезонам года. Фазы повышения и понижения осадков с псевдоциклическостью от 2–5 до 10–15 лет были хорошо выражены во все сезоны и за год в целом. При этом наиболее резкие колебания амплитуд наблюдались для весенних сумм осадков, а наиболее слабые – для зимних осадков.

Все это существенно влияло на знак и величину угловых коэффициентов трендов как по отдельным станциям, так и двум исследуемым периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг.

Поэтому, как и для температуры воздуха, наиболее достоверными являются тренды изменения осадков b_3 , полученные по 6 длиннорядным станциям за весь период их работы, которые освещают днища Чуйской и Таласской долин и зону низкогорья до высот 1,5–2 км.

2. В поле годовых сумм осадков в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. по всем 6 длиннорядным станциям ССЗК наблюдалось очень сильное увеличение осадков со скоростями, $b_1 = 15,19..., 24,45$ мм/10 лет, что

Таблица 7.15 – Итоговые результаты статистических характеристик
для годовых и сезонных сумм осадков по станциям ССЗК
(средние значения получены по данным длиннорядных станций,
темным шрифтом выделены статистически значимые тренды)

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	b_1 , мм/10 лет	b_2 , мм/10 лет	Δb , мм/1 год	b_3 , мм/10 лет	$\Delta \Gamma_{46}$, мм	$\Delta \Gamma_{35}$, мм	$\Delta \Gamma_{81}$, мм
<i>Годовые суммы осадков</i>							
Жаны-Жер	24,133	28,670	0,4536	15,815	111	100	128
Токмак	16,434	23,846	0,7412	7,864	76	84	64
Бишкек	15,188	26,451	1,1263	12,880	70	93	104
Кара-Балта*		12,132				43	
Ысык-Ата*		8,558				30	
Байтык	20,404	-9,987	-3,0390	12,676	94	-35	103
Альплагерь*		-18,168				-64	
Тюя-Ашуу юж.*		13,728				48	
Кировское	23,228	26,332	0,3104	6,910	107	92	56
Талас	24,4486	18,107	-0,6378	12,554	113	63	102
Среднее	20,645	18,900		11,450	95	66	93
<i>Зимние суммы осадков</i>							
Жаны-Жер	5,865	6,274	0,0410	5,088	27	22	41
Токмак	6,353	3,237	-0,3116	3,621	29	11	29
Бишкек	6,406	9,028	0,2622	5,327	29	32	43
Кара-Балта*		6,649				23	
Ысык-Ата*		4,192				15	
Байтык	3,752	-0,041	-0,3794	3,474	17	0	28
Альплагерь*		7,248				25	
Тюя-Ашуу юж.*		10,895				38	
Кировское	15,195	2,736	1,2459	3,395	70	10	28
Талас	7,063	1,866	-0,5198	3,925	32	7	32
Среднее	7,430	3,850		4,185	34	14	34
<i>Весенние суммы осадков</i>							
Жаны-Жер	16,932	-0,551	-1,4884	6,343	78	-2	51
Токмак	12,055	7,588	-0,4468	2,304	55	27	19
Бишкек	9,322	5,478	-0,3845	4,637	43	19	38
Кара-Балта*		-1,194				-4	
Ысык-Ата*		2,173				8	
Байтык	9,473	-14,293	-2,3767	3,330	44	-50	27
Альплагерь*		-15,435				-54	
Тюя-Ашуу юж.*		-1,506				-5	
Кировское	16,688	7,743	-0,8945	1,598	77	27	13
Талас	10,986	9,460	-0,1526	3,760	51	33	30
Среднее	12,58	2,57		3,66	58	9	30

Метеостанция (*короткорядная)	Статистические характеристики и оценки						
	b_1 , мм/10 лет	b_2 , мм/10 лет	Δb , мм/1 год	b_3 , мм/10 лет	ΔT_{46} , мм	ΔT_{35} , мм	ΔT_{81} , мм
<i>Летние суммы осадков</i>							
Жаны-Жер	2,104	12,708	1,0604	1,595	10	44	13
Токмак	-3,379	14,391	1,7771	-1,088	-16	50	-9
Бишкек	-2,331	6,658	0,8989	-0,295	-11	23	-2
Кара-Балта*		2,605				9	
Ысык-Ата*		-0,287				-1	
Байтык	6,891	1,778	-0,5113	3,323	32	6	27
Альплагерь*		-11,967				-42	
Тюя-Ашуу юж.*		3,196				11	
Кировское	-12,357	10,374	2,2730	-0,573	-57	36	-5
Талас	0,982	6,485	0,5503	1,564	5	23	13
Среднее	-1,35	8,73		0,75	-6	31	6
<i>Осенние суммы осадков</i>							
Жаны-Жер	-0,768	10,239	1,006	2,789	-4	36	23
Токмак	1,405	-1,370	-0,2775	3,027	6	-5	25
Бишкек	1,791	5,287	0,3496	3,212	8	19	26
Кара-Балта*		4,072				14	
Ысык-Ата*		2,479				9	
Байтык	0,288	2,570	0,2282	2,579	1	9	21
Альплагерь*		1,985				7	
Тюя-Ашуу юж.*		1,143				4	
Кировское	3,702	5,480	0,1778	2,491	17	19	20
Талас	5,454	0,296	-0,5158	3,306	25	1	27
Среднее	1,98	3,75		2,92	9	13	24

соответствовало диапазону $\Delta r_{46} = 76 \dots 113$ мм. В результате, в среднем это дало по территории b_1 (сред.) = 20,65 мм/10 лет и Δr_{46} (сред.) = 95 мм (округленно 100 мм). При этом по склоновой станции Байтык интенсивность увеличения осадков была близка к средней – $b_1 = 20,40$ мм/ 10 лет и $\Delta r_{46} = 94$ мм.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на 5 длиннорядных долинных станциях ССЗК также наблюдался очень сильный рост осадков с еще более высокими скоростями $b_2 = 18,11 \dots 28,67$ мм/10 лет, что соответствовало диапазону $\Delta r_{35} = 63 \dots 100$ мм. Однако низкогорная склоновая станция Байтык отмечала существенное уменьшение осадков с $b_2 = -9,99$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = -35$ мм. Показательно, что на среднегорной станции Альплагерь тренд также был отрицательным ($b_2 = -18,17$ мм/10 лет, за 1983–2004 гг.), тогда как на высокогорной Тюя-Ашуу юж. он был положительным ($b_2 = 13,73$ мм/10 лет за период 1959–2004 гг.). В результате, по данным 6 длиннорядных станций в среднем по территории ССЗК это дало высокую скорость повышения осадков с b_2 (сред.) = 18,90 мм/10 лет и Δr_{46} (сред.) = 66 мм.

В целом для периода 1930–2010 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось существенное повышение сумм осадков, однако со ско-

ростями примерно в два раза более низкими, чем в каждый из двух периодов в отдельности - $b_3 = 6,91\dots, 15,82$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{81} = 56\dots, 128$ мм. Это дало в среднем по 6 станциям существенный рост годовых сумм осадков за 81 год с b_3 (сред.) = 11,45 мм/ 10 лет и Δr_{81} (сред.) = 93 мм (округленно 100 мм). Если приближенно принять годовую сумму осадков на равнинных и предгорных станциях 400 мм, среднегорных – 600 мм и высокогорных – 800 мм, то получим порядок их относительного увеличения в период 1930–2010 гг. соответственно на 25, 17 и 13 %. Эти выводы в корне противоречат данным МГЭИК, полученным по глобальным климатическим моделям, согласно которым для Центральной Азии к середине-концу текущего столетия получены сценарии изменений климата с существенным уменьшением осадков [19]. Можно с уверенностью сказать, что, по крайней мере, этого пока не наблюдается.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в диапазоне от -18,17 до 28,67 мм/10 лет. Во всех 22 случаях значения b_1 , b_2 и b_3 являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 4 случаях из 6 и оказалась значимой в 3 случаях из 6.

3. В поле зимних сумм осадков в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось их увеличение с очень высокими, относительно норм для зимнего периода, скоростями в диапазоне $b_1 = 3,75\dots, 15,20$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{46} = 17\dots, 70$ мм. В результате, в среднем по территории это дало высокую скорость увеличения зимних осадков с b_1 (сред.) = 7,43 мм/10 лет и Δr_{46} (сред.) = 34 мм. При этом по склоновой станции Байтык интенсивность увеличения осадков была самой низкой, а самой высокой она была на станции Кировское.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на 5 долинных станциях ССЗК также наблюдалось увеличение зимних осадков с умеренными и высокими скоростями (относительно норм зимних осадков) с $b_2 = 1,87\dots, 9,03$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{35} = 7\dots, 32$ мм. На склоновой станции Байтык, напротив, осадки уменьшались, но с очень малой, практически нулевой, скоростью – $b_2 = -0,041$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = 0$ мм. В результате, по данным всех 6 длиннорядных станций, в среднем по территории ССЗК это дало существенную скорость относительного повышения зимних осадков с b_2 (сред.) = 3,85 мм/10 лет и Δr_{46} (сред.) = 14 мм.

В целом, для периода 1930–2010 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось повышение зимних сумм осадков с весьма высокими относительными скоростями, $b_3 = 3,74\dots, 5,09$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{81} = 28\dots, 41$ мм. Это дало в среднем по 6 станциям существенный рост зимних осадков за 81 год с b_3 (сред.) = 4,19 мм/ 10 лет и Δr_{81} (сред.) = 34 мм. Если приближенно принять зимнюю норму осадков в Таласской долине порядка 65 мм, Чуйской долине – 90 мм, а на склонах хребтов – 130 мм, то получим высокий порядок их относительного увеличения в зимний период 1930–2010 гг., соответственно,

на 50, 40 и 25 %, что является важным положительным показателем повышения снегонакопления зимой в долинных и склоновых районах.

По всем 10 станциям значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в самом широком из всех рассмотренных случаях диапазоне, от -0,041 до +15,20 мм/10 лет. В 20 случаях из 22 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 6 и оказалась значимой также во всех 5 случаях из 6.

4. В поле весенних сумм осадков в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось их увеличение с высокими (относительно норм для весеннего периода) скоростями в диапазоне $b_1 = 9,32 \dots, 16,93$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{46} = 43 \dots, 78$ мм. В результате, среднем по территории это также дало высокую скорость увеличения зимних осадков с $b_1(\text{сред.}) = 12,58$ мм/10 лет и $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = 58$ мм. При этом по склоновой станции Байтык и долинной станции Бишкек интенсивности увеличения осадков были самыми низкими, а самой высокой она была на станции Жаны-Жер и Кировское. Все это очень наглядно подчеркивает возможную сильную пятнистость во временном изменении осадков по территории.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. скорости изменения осадков по 6 длиннорядным станциям сильно менялись по абсолютной величине и были разных знаков. Так, на 4 долинных станциях Токмак, Бишкек, Кировское и Талас наблюдались существенные положительные скорости с $b_2 = 5,48 \dots, 10,46$ мм/10 лет ($\Delta r_{35} = 19 \dots, 33$ мм), тогда как на Жаны-Жер имело место очень слабое, близкое к нулевому, уменьшение осадков, $b_2 = -0,55$ мм/10 лет ($\Delta r_{35} = -2$ мм). Но склоновая станция Байтык характеризуется очень сильным уменьшением осадков с $b_2 = -14,29$ мм/10 лет ($\Delta r_{35} = -44$ мм). На 4 короткорядных станциях значения b_2 также были разных знаков, но малыми по абсолютной величине, $b_2 = -1,51 \dots, 2,17$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = -5 \dots, +8$ мм. Все это точно также подчеркивает наблюдаемую весной сильную пятнистость во временном изменении осадков по территории ССЗК.

В результате для периода 1976–2010 гг. по данным всех 6 длиннорядных станций в среднем по территории ССЗК получена очень малая скорость повышения весенних осадков с $b_2(\text{сред.}) = 2,87$ мм/10 лет и $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = 9$ мм.

Однако, в целом, для периода 1930–2010 гг. на всех 6 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось повышение весенних сумм осадков со скоростями от слабых до высоких, $b_3 = 1,60 \dots, 6,34$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{81} = 13 \dots, 51$ мм. Это дало в среднем по 6 станциям достаточно сильный рост весенних осадков за 81 год с $b_3(\text{сред.}) = 3,66$ мм/10 лет и $\Delta r_{81}(\text{сред.}) = 30$ мм. Если приближенно принять весеннюю норму осадков в Таласской долине порядка 135 мм, Чуйской долине – 180 мм, а на склонах хребтов – 240 мм, то по средним данным получим существенное их относительное увеличение в весенний период 1930–2010 гг. соответственно на 20–22, 15–17 и 10–12 %. При этом надо помнить, что абсолютный вклад весенних осадков в их годовую

сумму является самым высоким, а по отдельным станциям их изменения были весьма различными, от 13 до 51 мм.

По всем 10 станциям ССЗК значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в самом широком из всех рассмотренных случаях диапазоне, от -15,44 до +16,93 мм/10 лет. В 16 случаях из 22 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была отрицательной во всех 6 случаях и оказалась значимой в 5 случаях из 6.

5. В поле летних сумм осадков в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 6 длиннорядных станциях ССЗК наблюдалось разнонаправленная тенденция их изменения с изменением скоростей в широком диапазоне $b_1 = -12,36 \dots, +6,89$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{46} = -58 \dots, +32$ мм. При этом нижней границе диапазона соответствует долинная станция Кировское, а верхней – склоновая Байтык. В результате в среднем по территории это дало очень малую скорость уменьшения летних осадков с $b_1(\text{сред.}) = -1,35$ мм/10 лет и $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = -6$ мм. Здесь так же наглядно видна возможная сильная пятнистость во временном изменении летних осадков по территории.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. скорости изменения летних осадков на всех 6 длиннорядных станциях были положительными, но очень сильно менялись по абсолютной величине, $b_2 = 1,78 \dots, 14,39$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{35} = 6 \dots, 50$ мм. При этом минимальное увеличение осадков соответствовало склоновой станции Байтык, а максимальное долинной станции Токмак. В результате для периода 1976–2010 гг. по данным всех 6 длиннорядных станций в среднем по территории ССЗК получена очень существенная скорость повышения летних осадков с $b_2(\text{сред.}) = 8,73$ мм/10 лет и $\Delta r_{46}(\text{сред.}) = 31$ мм.

На 4 короткорядных станциях на интервалах их наблюдений получены положительные и отрицательные скорости в диапазоне $b_2 = -11,97 \dots, +3,20$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = -42 \dots, +11$ мм.

Однако, в целом, для периода 1930–2010 гг. по 6 длиннорядным станциям ССЗК наблюдалось изменение летних сумм осадков от их незначительного понижения до заметного повышения с $b_3 = -1,09 \dots, +3,23$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{81} = -9 \dots, +27$ мм. При этом склоновая станция Байтык отмечала самый высокий их рост. Это дало в среднем по 6 станциям практически нулевой рост летних осадков за 81 год с $b_3(\text{сред.}) = 0,75$ мм/10 лет и $\Delta r_{81}(\text{сред.}) = 6$ мм.

По всем 10 станциям ССЗК значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в очень широком диапазоне, от -12,36 до +14,39 мм/10 лет. В 12 случаях из 22 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 5 случаях из 6 и оказалась значимой во всех 6 случаях.

6. В поле осенних сумм осадков в период стабильного мирового климата 1930–1975 гг. на 5 длиннорядных станциях ССЗК (кроме Жаны-Жер) наблюдался их рост с изменением скоростей от очень слабых до умеренных в диапазоне $b_1 = 0,288 \dots, 5,48$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{46} = 1 \dots, 25$ мм.

При этом нижней границе диапазона соответствовала склоновая станция Байтык, а верхней – долинная Кировское. На станции Жаны-Жер, напротив, скорость была отрицательной, хотя и практически нулевой $b_1 = -0,77$ мм/10 лет и $\Delta r_{46} = -4$ мм. В результате, в среднем по территории это дало малую скорость увеличения осенних осадков с b_1 (сред.) = 1,38 мм/10 лет и Δr_{46} (сред.) = 9 мм. Обе эти оценки следует принять одинаковыми как для долинных, так и склоновых районов.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. скорости изменения осенних осадков на длиннорядных станциях ССЗК в целом несколько увеличились по абсолютной величине и на 5 станциях (кроме Токмака) были также положительными, $b_2 = 0,30 \dots, 10,24$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{35} = 1 \dots, 36$ мм. При этом на склоновой станции Байтык она составляла 2,57 мм/10 лет и $\Delta r_{35} = 9$ мм. Напротив, на станции Токмак скорость была отрицательной, но очень малой по величине, $b_2 = -0,28$ мм/10 лет и $\Delta r_{35} = -5$ мм. В результате, для периода 1976–2010 гг. по данным всех 6 длиннорядных станций в среднем по территории ССЗК также получена малая скорость роста осенних осадков с b_2 (сред.) = 3,75 мм/10 лет и Δr_{46} (сред.) = 13 мм. Эти две оценки следует принять одинаковыми как для долинных, так и склоновых районов.

Однако в целом для периода 1930–2010 гг. по всем 6 длиннорядным станциям ССЗК наблюдалось умеренное повышение осенних осадков с близкими значениями скоростей, $b_3 = 2,58 \dots, 3,31$ мм/10 лет, что соответствовало $\Delta r_{81} = 20 \dots, 27$ мм. При этом склоновая станция Байтык отмечала $b_3 = 2,58$ мм/10 лет и $\Delta r_{81} = 21$ мм. Это в среднем по 6 станциям дало также умеренную скорость роста осенних осадков за 81 год с b_3 (сред.) = 2,92 мм/10 лет и Δr_{81} (сред.) = 24 мм.

По всем 10 станциям ССЗК значения b_1 , b_2 и b_3 колебались в достаточно широком диапазоне, от -1,37 до +10,24 мм/10 лет. В 12 случаях из 22 эти коэффициенты являлись статистически значимыми. Разность $\Delta b = b_2 - b_1$ была положительной в 3 случаях из 6 и оказалась значимой также только в 3 случаях.

7. Повторяемости статистических качеств коэффициентов трендов b_1 , b_2 , b_3 и разности $\Delta b = b_2 - b_1$ в поле годовых и сезонных сумм осадков по 6 длиннорядным станциям приведены в таблице 7.16. Как видно, повторяемость b_1 со знаками «+» и «-» была равна соответственно 87 и 13 %, а повторяемость b_2 – 83 и 17 %. Значения b_3 со знаком «+» абсолютно преобладали (90 %), имея знаки «-» всего в 10 % случаев. Разности $\Delta b = b_2 - b_1$ в 53 % случаев были положительны, а в 47 % – отрицательны, значимы они были в 73 % случаев, а в 27 % нет. Статистически значимые b_1 наблюдались в 80 %, а незначимые в 20 %, для b_2 эти цифры были соответственно равны 77 и 23 %. Для b_3 значимость наблюдалась так же в 77 %, а незначимость в 23 %.

Таблица 7.16 – Итоговые результаты повторяемости (%) различных «качеств» b_1 , b_2 , b_3 и Δb по 6 длиннорядным станциям совместно для года и его сезонов

Показатель качества	Тренды по различным периодам и разность Δb			
	b_1	b_2	Δb	b_3
Число случаев	30	30	30	30
Со знаком «+», (%)	87	83	53	90
Со знаком «-», (%)	13	17	47	10
Значимых, (%)	80	77	73	77
Незначимых, (%)	20	23	27	23

8. Нормы осадков, полученные по различным периодам для 6 длиннорядных станций, характеризуются следующим. В среднем по ССЗК годовые суммы осадков заметно увеличились на 33 мм от 1930–1975 к 1976–2010 гг., т. е. за 40 лет, если считать от центров периодов. При этом максимальное увеличение норм наблюдалось на станциях Байтык и Жаны-Жер (50 и 49 мм), а минимальное в Кировском и Токмаке (14 и 19 мм). На склоновой станции Байтык повышение было близким к среднему – 31 мм. Если отнести это увеличение к нормам на станциях за 1930–1975 гг., то оно составляет от 4 до 14 %. Относительно данных Климатического справочника (1989 г.) среднее повышение норм в 1976–2010 гг. составило: в Бишкеке – 42 мм, Байтыке – 19 мм и Таласе – 14 мм, т. е. имело тот же порядок.

Для 6 длиннорядных станций при переходе от 1930–1975 к 1976–2010 гг. из 72 случаев месячных данных в 57 случаях (79 %) наблюдалось повышение или неизменность месячных норм осадков (диапазон 0–11 мм), а понижение (диапазон -1..., -7 мм) в 15 случаях (21 %). Повышение соответствовало холодному времени года, а понижение теплоте – конец весны и лето.

В нижеследующей таблице приведены полученные месячные и годовые нормы осадков (мм) для 1930–1975 и 1976–2010 гг. для основных долинных станций Бишкек и Талас и склоновой станции Байтык.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Бишкек – 0,76 км (строки: 1930–1975; 1976–2009 гг.)												
23	27	48	67	62	40	20	13	16	36	37	25	413
27	33	51	78	68	35	20	13	18	42	44	34	464
Талас – 1,22 км (строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.)												
12	19	32	50	48	32	18	11	10	20	26	16	295
16	19	36	51	51	33	17	12	12	27	29	24	327
Байтык – 1,58 км (строки: 1930–1975; 1976–2009 гг.)												
17	23	47	74	88	75	53	30	26	37	35	20	526
22	27	50	76	96	75	55	24	29	41	36	25	557

9. Нормы СКО и коэффициентов вариации $C(r)$, полученные по различным периодам, для 6 длиннорядных станций, характеризуются следующим. Значения новых норм СКО за 1976–2010 гг., которые характеризуют междугодовую изменчивость осадков, для года находятся в пределах от 68 мм (Талас) до 103 мм (Токмак и Байтык). Месячные значения имеют диапазон 7..., 42 мм,

причем минимальные СКО имеют место зимой или летом, а максимальные по всем станциям – в апреле. По различным периодам годовые и месячные нормы СКО имеют один и тот же порядок, т. е. междугодовая колеблемость осадков по месяцам и для года в целом осталась без существенных изменений в период 1930–2010 гг.

Еще более наглядно междугодовая колеблемость осадков может быть представлена коэффициентами вариации $C(r)$. В период 1976–2010 гг. годовые нормы $C(r)$ были малы и по всем 10 станциям лежали в узком диапазоне 0,14..., 0,24 при среднем значении 0,21. Месячные нормы $C(r)$ значительно выше и соответствуют диапазону 0,27..., 1,69. При этом наименьшие значения на всех станциях имеют место в январе-марте (0,27–0,45, среднее значение 0,37), а наибольшие – в июле-августе (0,62–1,69, среднее значение 1,0). Как и следовало ожидать, порядок величин $C(r)$ по различным периодам для одних и тех же станций не меняется, т. е. междугодовая изменчивость осадков в исследуемый период 1930–2010 гг. оставалась практически неизменной.

В нижеследующей таблице приведены полученные месячные и годовые нормы $C(r)$ для 1930–1975 и 1976–2010 гг. для основных долинных станций Бишкек и Талас и склоновой станции Байтык

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Бишкек – 0,76 км (строки: 1930–1975; 1976–2009 гг.)												
0,50	0,60	0,50	0,43	0,53	0,60	1,01	1,09	0,94	0,72	0,52	0,64	0,20
0,43	0,36	0,45	0,50	0,48	0,74	1,06	0,99	0,96	0,60	0,53	0,46	0,22
Талас – 1,22 км (строки: 1930–1975 гг.; 1976–2009 гг.)												
0,72	0,66	0,52	0,49	0,57	0,64	0,99	1,15	0,92	0,70	0,50	0,74	0,23
0,44	0,48	0,46	0,53	0,46	0,83	1,08	1,36	0,89	0,69	0,64	0,54	0,24
Байтык – 1,58 км (строки: 1930–1975; 1976–2009 гг.)												
0,54	0,49	0,45	0,37	0,44	0,44	0,65	0,67	0,94	0,62	0,48	0,60	0,18
0,38	0,37	0,40	0,44	0,32	0,43	0,63	0,76	0,93	0,62	0,39	0,53	0,18

8. НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ВОЗМОЖНОСТИ СМЕНЫ ЗНАКА ТРЕНДА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ССЗК НА РУБЕЖЕ 2010 гг.

Приведенные результаты исследований убедительно показывают, что для территории ССЗК в целом за период 1930–2010 гг., а также для двух его частей (1930–1975 и 1976–2010 гг.) для всех 5 использованных характеристик температуры в годовом осреднении и для января месяца наблюдались только положительные тренды температуры воздуха b_1 , b_2 и b_3 . Но для апреля, июля и октября значения b_1 и b_2 могли быть отрицательными: апрель – два отрицательных b_2 (из 5 различных температур), июль – три отрицательных b_1 и 4 отрицательных b_2 , октябрь – три отрицательных b_1 . Итого 12 отрицательных значений из 30 случаев, или в 40 %. Это говорит не только о сложном характере хода «потепления», но и о возможной смене потепления на похолодание, которое либо уже произошло в 2010 гг., либо намечается в ближайшее время.

Все наши знания о климате свидетельствуют о том, что его главной особенностью является постоянная изменчивость, когда последовательно периоды потепления сменяются периодами похолодания в форме неправильной периодичности, которая никогда не повторяется точно в будущем и которую часто называют псевдоциклическостью климата. В теории о климате до сих пор нет ясности – какими причинами, прежде всего, обусловлена его изменчивость на интервалах в несколько десятков лет и единиц сотен лет, т. е. на отрезках, которые наиболее интересны и важны для жизни каждого поколения. При этом в перечне таких возможных причин называются колебания солнечной активности, общей циркуляции атмосферы (циркуляционные эпохи) и океана, интенсивность взаимодействия океана и атмосферы, изменение угловой скорости вращения Земли и другие менее очевидные факторы. Скорее всего, под совокупностью всех возможных причин нелинейная климатическая система Земли вырабатывает собственные аperiодические автоколебания, которые и проявляются как постоянное изменение региональных и глобального климатов. В последнее столетие на эти причины накладывается еще и антропогенный фактор, связанный с выбросами углекислого газа при сжигании углеводородного топлива. Однако, на взгляд многих ученых, антропогенный фактор не следует преувеличивать, а надо рассматривать только как появившуюся новую причину в числе прочих. Убедительным доказательством этого являются многократные и очень сильные климатические изменения, наблюдавшиеся в плейстоцене с развитием мощных покровных оледенений, а также, хотя и менее значительные, но существенные изменения климата в последние 10 тысяч лет голоцена, когда никаких антропогенных воздействий не было.

Не вдаваясь в рассмотрение этих общеизвестных положений, приведем некоторые результаты об особенностях климатических изменений, наблюдае-

мых в ССЗК после 1970 гг., по данным двух сопредельных (на удалении в 30 км), но орографически различно расположенных станций: Бишкек – подгорная равнина, 756 м и Байтык – склон, низкогорная зона, 1589 м. Они дают основание

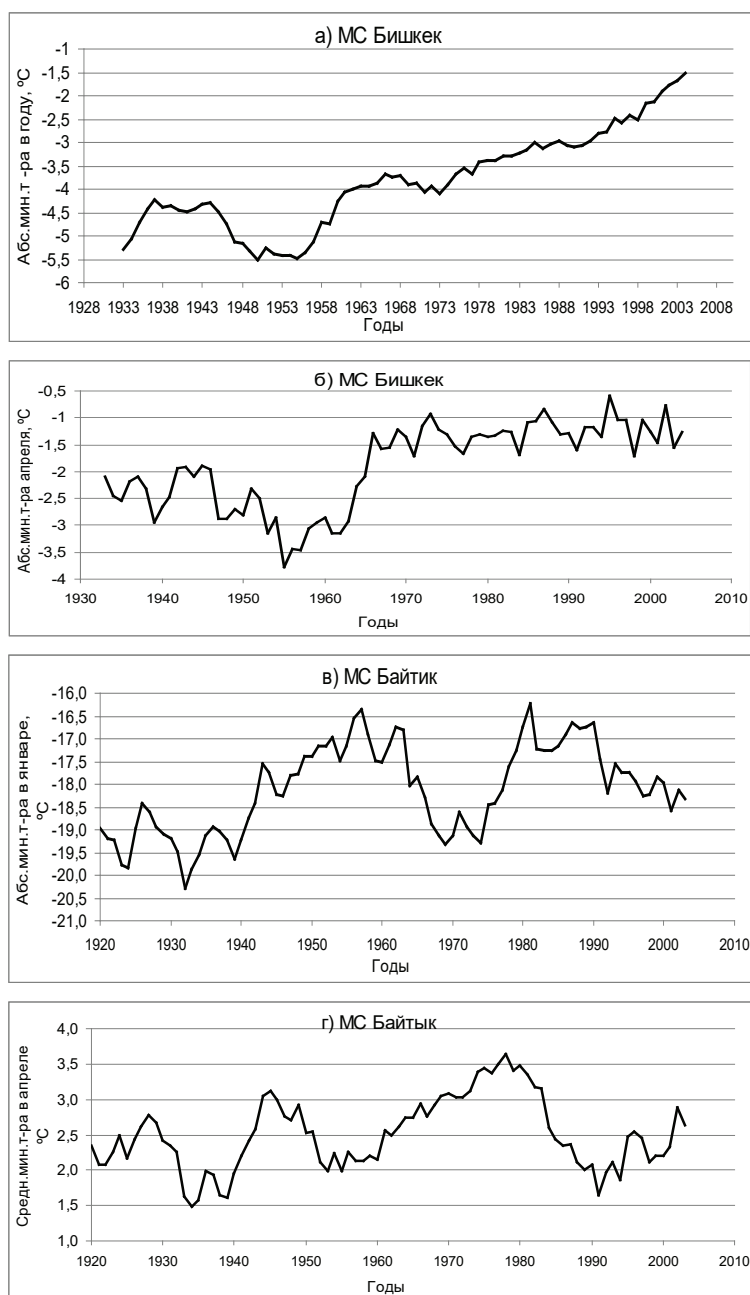


Рисунок 8.1 – Примеры временного хода низкочастотной 11-летней компоненты различных характеристик температуры в 1930–2010 гг. на сопредельных станциях

Бишкек и Байтык, отражающих возможный характер стабилизации климата и смены его положительного тренда на отрицательный или близкий к нулевому к концу периода

считать, что возможно на территории ССЗК на рубеже 2010 гг. уже произошла или произойдет в ближайшее время смена потепления на похолодание, т. е. изменение знака тренда «b» с положительного на отрицательный или близкий к нулевому.

На рисунке 8.1 показаны 4 типичных случая хода 11-летних кривых температуры для периода 1930–2010 гг., которые отражают наблюдаемые виды ее изменений низкочастотной компоненты. На верхнем графике (а) приведен пример *непрерывного роста* от начала к концу периода абсолютной минимальной температуры (годовое осреднение) для Бишкека, на котором смена знака

Таблица 8.1 – Итоговые данные о стабилизации климата после 1970 гг. по сопредельным станциям Бишкек и Байтык (характер стабилизации: колебательный; ровный ход; понижение температуры)

Вид поля температур	МС Бишкек (подгорная равнина, 756 м)		МС Байтык (склон – низкогорная зона, 1589 м)	
	отсутствие стабилизации	характер стабилизации, год	отсутствие стабилизации	характер стабилизации, год
<i>Осреднение температур – годовое</i>				
Средняя	рост т-ры		рост т-ры	
Средняя макс.	рост т-ры		рост т-ры	
Абсолют. макс.	рост т-ры		рост т-ры	
Средняя миним.	рост т-ры			колебат., 1960
Абсолют. миним.	рост т-ры		рост т-ры	
<i>Температуры января (зима)</i>				
Средняя	рост т-ры			ровный ход, 1985
Средняя макс.		ровный ход, 1980		ровный ход, 1980
Абсолют. макс.		понижение, 1980		ровный ход, 1980
Средняя миним.	рост т-ры			ровный ход, 1980
Абсолют. миним.	рост т-ры			понижение, 1980
<i>Температуры апреля (весна)</i>				
Средняя		колебат., 1975		колебат., 1975
Средняя макс.		колебат., 1975		колебат., 1975
Абсолют. макс.		колебат., 1975	рост т-ры	
Средняя миним.		колебат., 1975		колебат., 1975
Абсолют. миним.		ровный ход, 1970		ровный ход, 1970
<i>Температуры июля (лето)</i>				
Средняя		колебат., 1975		понижение, 1980
Средняя макс.		понижение, 1980		понижение, 1980
Абсолют. макс.		понижение, 1980		понижение, 1980
Средняя миним.	рост т-ры			понижение, 1980
Абсолют. миним.		понижение, 1980		понижение, 1980
<i>Температуры октября (осень)</i>				
Средняя	рост т-ры			колебат., 1975
Средняя макс.	рост т-ры			колебат., 1975
Абсолют. макс.	рост т-ры			колебат., 1975
Средняя миним.	рост т-ры			колебат., 1975
Абсолют. миним.	рост т-ры		рост т-ры	

основной тенденции на похолодание не намечается. На следующем графике (б) ясно видна произошедшая с 1970 гг. стабилизация климата, когда на фоне *слабых колебаний* абсолютной минимальной температуры в Бишкеке *основная ее тенденция становится нулевой*. Третий график (в) отражает наблюдаемый после 1955 г. *сильно колебательный характер* хода низкочастотной компоненты абсолютных минимальных температур января на Байтыке, соответствующий также *нулевой основной тенденции на интервале 1955–2010 гг.* Наконец, на графике (г) показана сильно колеблющаяся кривая средних минимальных апрельских температур на Байтыке, на которой *отрицательная основная тенденция* обнаруживается только с 1978 г.

Подобным образом были проанализированы все 50 аналогичных графиков по этим двум станциям, а результаты анализа сведены в приведенную ниже итоговую таблицу 8.1. В ней по каждой станции даны оценка наличия/отсутствия стабилизации по каждой характеристике температуры и сезону года, а также характер и год начала стабилизации (при ее наличии) по следующим категориям: ровный ход (типа «б»), колебательный ход (типа «в») и понижение температуры (типа «г»).

Из таблицы 8.1 видно, что стабилизация наблюдалась в 30 случаях из общих 50 или в 60 %, причем по Бишкеку ее доля составляла 11 случаев из 25 (44 %), а по Байтыку – 19 случаев из 25 (76 %). В среднем для года и по его сезонам повторяемость стабилизации была резко различна. Для годового осреднения температуры она наблюдалась только по Байтыку и только для средних минимальных температур. В январе на станции Бишкек стабилизация имела место для средних максимальных и абсолютных максимальных температур, а по Байтыку она наблюдалась для всех 5 характеристик температуры. В апреле и июле по каждой из станций стабилизация наблюдалась в 9 случаях из 10, оставляя росту температуры как исключению по одному случаю. Но в октябре картина меняется резко и неоднозначно: на станции Бишкек стабилизации климата нет вообще, а на Байтыке она сохраняется в 4 случаях из 5.

Таким образом, приведенные дополнительные материалы об особенностях временного хода низкочастотной компоненты различных характеристик температуры по станциям Бишкек и Байтык (в совокупности со всеми остальными результатами) говорят как о сложности региональных процессов потепления климата в ССЗК, так и о наметившейся тенденции к окончанию роста температуры на рубеже, близком к 2010/15 гг. Возможно даже, что смена тенденции уже произошла, однако полная ясность по этому вопросу будет получена в ближайшее время. Можно напомнить, что подобная, но уже забытая ситуация, только со сменой слабого похолодания на потепление, наблюдалась на рубеже 1975/80 гг. с широкими научными дискуссиями по этим вопросам [21].

РЕЗЮМЕ

1. Для всех 5 рассмотренных характеристик температур в годовом осреднении, а так же для всех январских температур в среднем по территории ССЗК получены только положительные значения угловых коэффициентов трендов b_1 , b_2 и b_3 , соответствующих, 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг. Поэтому можно было найти как осредненные значения самих коэффициентов по всем температурам, так и их отношения по этим периодам, которые характеризуют кратность скоростей потепления по периодам. Такие осредненные показатели оказались равными:

Коэффициенты	$b_1, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	$b_2, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	$b_3, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	b_2/b_1	b_2/b_3	b_1/b_3
Год	0,170	0,325	0,253	1,915	1,284	0,670
Январь	0,115	0,576	0,392	5,002	1,468	0,294

Видно, что в самом общем выводе (в среднем по всем температурам для года) скорость потепления в 1976–1910 гг., т. е. значение $b_2 = 0,325, ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, что в 1,9 раза превышало скорость b_1 в 1930–1975 гг. Одновременно значение b_2 больше $b_3 = 0,253, ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, найденного за весь исследуемый период 1930–2010 гг., в 1,3 раза. Для января эти показатели оказались значительно выше – $b_2 = 0,576 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $b_2/b_1 = 5,0$, а $b_2/b_3 = 1,5$, – что говорит об основном вкладе зимней доли потепления в его итоговое годовое значение. Более дифференцированную картину можно получить для территории ССЗК, рассматривая скорости потепления/похолодания по этим периодам в полях различных температур, что приводится ниже.

2. В поле средних годовых температур (таблица 1) на территории ССЗК в 1930–2010 гг. шло потепление со скоростью $b_3 = 0,187 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ ($\Delta T_{81} = 1,5 ^\circ\text{C}$), причем в период 1976–2010 гг. эта скорость была в 4 раза выше ($b_2 = 0,270 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{35} = 1,0 ^\circ\text{C}$), чем в предшествующие 1930–1975 гг. ($b_1 = 0,065 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{46} = 0,3 ^\circ\text{C}$). Для средних январских температур эта картина выражена предельно резко: $b_2 = 0,564 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{35} = 2,0 ^\circ\text{C}$, тогда как $b_1 = 0,077 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{46} = 0,4 ^\circ\text{C}$. Показательно, что в остальные сезоны года в два этих периода могло наблюдаться как потепление, так и похолодание. Однако в целом для 1930–2010 гг. имело место только потепление, причем минимальным оно было летом ($\Delta T_{81} = 0,4 ^\circ\text{C}$), а в переходные сезоны весной и осенью наблюдалось примерно одинаковым – $\Delta T_{81} = 1,1$ и $\Delta T_{81} = 1,3 ^\circ\text{C}$. То, что потепление было незначительным летом, является весьма благоприятным фактором, в результате чего практически не возросли высокие летние температуры в долинных районах и не усилились процессы деградации горных ледников.

Как увидим далее, эта картина повышенных скоростей потеплений в период 1976–2010 гг. по сравнению с 1930–1975 гг. для года и января месяца прослеживается совершенно четко также в полях всех других температур.

Таблица 1 – Скорости b и величины изменений ΔT средних температур в 1930–2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорость изменения сред. т-тур			Величина изменения сред. т-тур		
	1930–75 гг. $b_1, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	1976–10 гг. $b_2, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	1930–10 гг. $b_3, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	1930–75 гг. $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$	1976–10 гг. $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$	1930–10 гг. $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$
Год	0,065	0,270	0,187	0,3	1,0	1,5
Январь	0,077	0,564	0,324	0,4	2,0	2,6
Апрель	0,170	-0,175	0,130	0,8	-0,6	1,1
Июль	-0,089	-0,218	0,052	-0,4	-0,8	0,4
Октябрь	-0,098	0,476	0,157	-0,5	1,7	1,3

Ход 11-летних кривых средних годовых и месячных температур по отдельным станциям и сезонам носил четкий индивидуальный характер с чередованием хорошо выраженных фаз потеплений и похолоданий. При этом наиболее сильные различия кривых наблюдались в амплитудах фаз температуры, что и обуславливало возможный широкий спектр значений, как величин угловых коэффициентов трендов, так и различий их знаков. Эта картина имела место также в полях всех других температур воздуха, которые рассматриваются ниже. Менялась лишь степень резкости различий в зависимости от сезона, характеристики температуры и станции.

3. В поле средних максимальных (дневных) температур в среднем для ССЗК (таблица 2) картина потепления численно и по характеру хода 11-летних кривых была примерно аналогичной наблюдавшейся в поле средних температур: дневные температуры в годовом выводе в 1930–2010 гг. росли со скоростью $b_3 = 0,203 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ ($\Delta T_{81} = 1,6 ^\circ\text{C}$), причем в период 1976–2010 гг. она была примерно в два раза выше ($b_2 = 0,213 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), чем в 1930–1975 гг. ($b_1 = 0,137 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$). Но наиболее сильный рост дневных температур наблюдался в январе – $b_3 = 0,285 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ ($\Delta T_{81} = 2,3 ^\circ\text{C}$) и точно так же в январе скорость роста в 1976–2010 гг. была в два раза выше ($b_2 = 0,297 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), чем в 1930–1975 гг. ($b_1 = 0,146 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$). В остальные сезоны общий рост за 1930–2010 гг. был слабым, $\Delta T_{81} = 0,6–1,1 ^\circ\text{C}$. При этом по периодам 1930–1975 и 1976–2010 гг. могло наблюдаться и похолодание от слабого ($b_1 = -0,047 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, июль) до сильного ($b_2 = -0,407 ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$, июль).

Таблица 2 – Скорости b и величины изменений ΔT средних максимальных (дневных) температур в 1930–2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорость измен. сред. макс. т-тур			Величина измен. сред. макс. т-тур		
	1930–75 гг. $b_1, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	1976–10 гг. $b_2, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	1930–10 гг. $b_3, ^\circ\text{C}/10 \text{ л.}$	1930–75 гг. $\Delta T_{46}, ^\circ\text{C}$	1976–10 гг. $\Delta T_{35}, ^\circ\text{C}$	1930–10 гг. $\Delta T_{81}, ^\circ\text{C}$
Год	0,137	0,213	0,203	0,6	0,8	1,6
Январь	0,146	0,297	0,285	0,7	1,0	2,3
Апрель	0,047	-0,277	0,139	0,2	-1,0	1,1
Июль	-0,047	-0,407	0,076	-0,2	-1,4	0,6
Октябрь	-0,142	0,494	0,070	-0,7	1,7	0,6

Таким образом, дневные температуры в основном выросли за счет их роста зимой и весной, когда дни становились все теплее в течение 1930–2010 гг. Одновременно летние дневные температуры практически не повысились ($\Delta T_{81} = 0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$), что для долинных районов с их жарким летним климатом является несомненным положительным фактором.

4. В поле средних из абсолютных максимальных годовых температур (средние температуры экстремально теплых погод, наблюдающихся ежегодно) потепление в период 1930–2010 гг. (таблица 3) шло с еще более высокой скоростью, чем в предшествующих случаях, $b_3 = 0,251 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ ($\Delta T_{81} = 2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$), причем в период 1976–2010 гг., точно так же скорость была в 2 раза выше ($b_2 = 0,265 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{35} = 0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$), чем в 1930–1975 гг. ($b_1 = 0,138 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, $\Delta T_{46} = 0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Для январских температур скорость потепления была наиболее высокой из сезонных – $b_3 = 0,301 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 2,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом скорости в оба периода оказались практически равными: $b_2 = 0,210 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $b_1 = 0,204 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$. В переходные сезоны скорости роста существенно уменьшились: апрель – $b_3 = 0,192 \text{ }^{\circ}\text{C}/10$, октябрь – $b_1 = 0,174 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, хотя b_1 и b_2 были достаточно высокими.

Таблица 3 – Скорости b и величины изменений ΔT средних из абсолютных максимальных температур в 1930–2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорость измен. абс. макс. т-тур			Величина измен. абс. макс. т-тур		
	1930–75 гг. $b_1, \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ л.}$	1976–10 гг. $b_2, \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ л.}$	1930–10 гг. $b_3, \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ л.}$	1930–75 гг. $\Delta T_{46}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	1976–10 гг. $\Delta T_{35}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	1930–10 гг. $\Delta T_{81}, \text{ }^{\circ}\text{C}$
Год	0,138	0,265	0,251	0,6	0,9	2,0
Январь	0,204	0,210	0,301	0,9	0,7	2,4
Апрель	0,161	0,189	0,192	0,7	0,7	1,6
Июль	-0,060	-0,433	0,129	-0,3	-1,5	1,1
Октябрь	0,257	0,261	0,174	1,2	0,9	1,4

Но в июле обе скорости b_1 и b_2 оказались отрицательными, причем в период 1976–2010 гг. скорость была значительной, $b_2 = -0,433 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, а $b_1 = -0,060 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$. Тем не менее, в целом по периоду 1930–2010 гг. в июле $b_3 = 0,129 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 1,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, абсолютные максимальные температуры также выросли в основном за счет их повышения зимой и весной, когда экстремально теплые погоды в течение 1930–2010 гг. становились все теплее. Летние максимальные температуры, хотя и повысились, но гораздо меньше (июль $\Delta T_{81} = 1,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$), что для долинных районов с их жарким летним климатом, как уже отмечалось, является несомненным благом.

5. В поле средних минимальных (ночных) температур на территории ССЗК в период 1930–2010 гг. (таблица 4) в годовом выводе шло хорошо выраженное потепление – $b_3 = 0,243 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ и $\Delta T_{81} = 2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом в период 1976–2010 гг. его скорость была в 2,1 раза выше, чем в 1930–1975 гг. – $b_2 = 0,344 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ ($\Delta T_{35} = 1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и $b_1 = 0,163 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ ($\Delta T_{46} = 0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Для января эти скорости

были рекордными: очень малая скорость в 1930–1975 гг. – $b_1 = 0,070$ °C/10 лет ($\Delta T_{46} = 0,3$ °C), исключительно высокая для 1976–2010 гг. – $b_2 = 0,800$ °C/10 лет ($\Delta T_{35} = 2,8$ °C) и весьма высокая в целом для 1930–2010 гг. – $b_3 = 0,394$ °C/10 лет ($\Delta T_{81} = 3,2$ °C).

Таблица 4 – Скорости b и величины изменений ΔT средних минимальных (ночных) температур в 1930–2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорость измен. сред. мин. т-тур			Величина измен. сред. мин. т-тур		
	1930–75 гг.	1976–10 гг.	1930–10 гг.	1930–75 гг.	1976–10 гг.	1930–10 гг.
	b_1 , °C/10 л.	b_2 , °C/10 л.	b_3 , °C/10 л.	ΔT_{46} , °C	ΔT_{35} , °C	ΔT_{81} , °C
Год	0,163	0,344	0,243	0,7	1,2	2,0
Январь	0,070	0,800	0,394	0,3	2,8	3,2
Апрель	0,268	0,007	0,129	1,2	0,02	1,1
Июль	0,066	0,0074	0,206	0,3	0,1	1,7
Октябрь	-0,172	0,309	0,097	-0,8	1,1	0,8

Характерно, что похолодание для этих температур (и то относительно слабое) наблюдалось только в октябре 1930–1975 гг. Таким образом, наблюдавшееся значительное повышение ночных температур происходило, прежде всего, за счет их очень сильного повышения зимой, тогда как в другие сезоны оно было слабым.

6. В поле средних из абсолютных минимальных температур (средние температуры экстремально холодных погод, наблюдающихся ежегодно) в период 1930–2010 гг. для ССЗК (таблица 5) имели место самые высокие в годовом осреднении скорости потепления: $b_3 = 0,381$ °C/10 лет ($\Delta T_{81} = 3,1$ °C), $b_1 = 0,345$ °C/10 лет ($\Delta T_{46} = 1,6$ °C) и $b_2 = 0,532$ °C/10 лет ($\Delta T_{35} = 1,9$ °C). Но абсолютно рекордными были скорости потепления в январе: очень малая в период 1930–1975 гг. $b_1 = 0,079$ °C/10 лет ($\Delta T_{46} = 0,4$ °C), самая высокая из всех рассмотренных случаев в период 1976–2010 гг. – $b_2 = 1,010$ °C/10 лет ($\Delta T_{35} = 3,5$ °C) и самая высокая в целом за 1930–2010 гг. – $b_3 = 0,658$ °C/10 лет ($\Delta T_{81} = 5,3$ °C). В остальные сезоны потепления были в рамках обычных, $b_3 = 0,126$ – $0,270$ °C/10 лет ($\Delta T_{81} = 1,0$ – $2,1$ °C). Похолодание в поле этих температур наблюдалось только в июле 1976–2010 гг., хотя и было существенным, $b_2 = -0,437$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = -1,5$ °C.

Таблица 5 – Скорости b и величины изменений ΔT средних из абсолютных минимальных температур в 1930–2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорость измен. абс. мин. т-тур			Величина измен. абс. мин. т-тур		
	1930–75 гг.	1976–10 гг.	1930–10 гг.	1930–75 гг.	1976–10 гг.	1930–10 гг.
	b_1 , °C/10 л.	b_2 , °C/10 л.	b_3 , °C/10 л.	ΔT_{46} , °C	ΔT_{35} , °C	ΔT_{81} , °C
Год	0,345	0,532	0,381	1,6	1,9	3,1
Январь	0,079	1,010	0,658	0,4	3,5	5,3
Апрель	0,393	0,025	0,270	1,8	0,1	2,1
Июль	0,358	-0,437	0,126	1,7	-1,5	1,0
Октябрь	0,142	0,834	0,207	0,7	2,9	1,7

Таким образом, повышение температур экстремально холодных зимних погод было самым весомым по вкладу в величину общего потепления, наблюдавшегося на территории ССЗК в период 1930–2010 гг. Разумеется, вклад от повышения дневных, ночных и максимальных температур был так же весомым и так же, в основном, соответствовал зимнему сезону. Это потепление за счет снижения экстремальности холодных погод шло одновременно двумя путями: 1) снизилась повторяемость таких погод зимой; 2) существенно повысились их температуры, т. е. холодные погоды стали существенно теплее. В результате повысилась комфортность климатических условий и, прежде всего, в зимний период года, что улучшило условия проживания и хозяйственной деятельности человека в регионе.

Следует также отметить, что именно в поле средних из абсолютных минимальных температур наблюдались наибольшая индивидуальность и наибольшая изменчивость в ходе 11-летних кривых по отдельным станциям, периодам и сезонам, что, однако, не помешало сформулировать полученный выше четкий климатический результат.

7. В поле годовых и сезонных сумм осадков в период 1930–2010 гг. (таблица 6) для территории ССЗК наблюдалось их увеличение для года на 93 мм, а для сезонов на 6–34 мм. При этом только летом осадки практически не повысились (+6 мм), тогда как зимой, весной и осенью они заметно возросли на 24–34 мм. В относительном выражении этот прирост округленно соответствует 10–25 %, что является весьма положительным фактором наблюдаемых изменений климата. В результате не произошло (как это могло быть) повышение степени его аридности, вызванного ростом температуры, т. е. самим фактом потепления. Результаты настоящей работы, полученные по данным фактических наблюдений, убедительно показывают именно такой ход климатических изменений, что в корне противоречит выводам, получаемым по глобальным климатическим моделям, рекомендованным МГИК, которые дают существенное уменьшение годовых сумм осадков для территории Средней Азии в течение текущего столетия. Можно с уверенностью утверждать, что пока этого для ССЗК не наблюдается.

Таблица 6 – Скорости b и величины изменений годовых и сезонных сумм осадков Δg в 1930–2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорости изменения осадков			Величина изменения осадков		
	1930–75 гг.	1976–10 гг.	1930–10 гг.	1930–75 гг.	1976–10 гг.	1930–10 гг.
	b_1 , мм/10 л.	b_2 , мм/10 л.	b_3 , мм/10 л.	Δg_{46} , мм	Δg_{35} , мм	Δg_{81} , мм
Год	20,65	18,90	11,45	95	66	93
Зима	7,43	3,85	4,19	34	14	34
Весна	12,58	2,57	3,66	58	9	30
Лето	-1,35	8,73	0,75	-6	31	6
Осень	1,98	3,75	2,92	9	13	24

Следует также отметить, что в поле сезонных и годовых сумм осадков наблюдались более высокие и резкие, по сравнению со всеми температурными характеристиками, индивидуальность и изменчивость в ходе 11-летних кривых по отдельным станциям, периодам и сезонам и, прежде всего, по наблюдаемым амплитудам фаз роста/убывания осадков.

8. Приведенные в пунктах 1–6 выводы соответствуют средним по территории ССЗК результатам. Их уточнение по долинным и склоновым районам, а также отдельным станциям содержится в тексте работы и в выводах по каждому из разделов 2–7. Одновременно там же приведены данные о климатических нормах температур, осадков и их СКО по станциям, месяцам и периодам, которыми следует пользоваться на практике. Напомним также, что для значений b и ΔT (Δt) в общем случае справедливо

$$b_3 \neq b_1; b_3 \neq b_2; b_3 \neq 0,5(b_1 + b_2) \text{ и } \Delta T_{81} \neq \Delta T_{46} + \Delta T_{35},$$

что вытекает из методики их расчета.

9. Приведенные выше численные выводы получены как осредненные совокупные результаты по многолетним наблюдениям 4–5 долинных и одной склоновой станции Байтык (1,58 км), расположенной в низкогорной зоне. Поэтому представляется весьма полезным сравнить расчетные данные по Байтыку (склон) и сопредельной долинной станции Бишкек (0,76 км), находящейся на удалении всего в 30 км. Такое сравнение для периода 1930–2010 гг. по угловым коэффициентам b_3 ($^{\circ}\text{C}/10$ лет и мм/10 лет) для года и января/(для осадков – зимы), когда значения b были максимальными, приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительные данные Бишкека и Байтыка по значениям коэффициентов b_3

Температура и осадки	Бишкек		Байтык		Байтык/Бишкек	
	b_3 (год)	b_3 (январ.)	b_3 (год)	b_3 (январ.)	b_3/b_3 (год)	b_3/b_3 (январ.)
Средняя	0,198	0,396	0,045	0,114	0,227	0,288
Сред. максим.	0,224	0,423	0,083	0,221	0,371	0,523
Абсол. максим.	0,272	0,555	0,148	0,258	0,544	0,465
Сред. миним.	0,255	0,445	0,043	0,150	0,169	0,337
Абсол. миним.	0,438	0,850	0,095	0,202	0,217	0,238
Среднее знач.	0,277	0,534	0,083	0,189	0,306	0,370
Сумма осадков	12,88	5,33(з)	12,68	3,47(з)	0,985	0,651(з)

Как видно, в Бишкеке среднее по 5 температурным характеристикам значение b_3 (год) = 0,277 $^{\circ}\text{C}/10$ лет, а b_3 (январ.) = 0,534 $^{\circ}\text{C}/10$ лет, тогда как на Байтыке они соответственно равны 0,083 $^{\circ}\text{C}/10$ лет и 0,189 $^{\circ}\text{C}/10$ лет. Среднее отношение коэффициентов Байтык/Бишкек составляет для года 0,306 и для января 0,370, т. е. скорость потепления на Байтыке в целом за период 1930–2010 гг. составляла примерно 1/3 от скорости в Бишкеке. По различным температурам абсолютные значения b_3 могли значительно колебаться, но их отношение по станциям было достаточно устойчивым: для года диапазон равен 0,17–0,54, а для января – 0,24–0,52.

Аналогичное сравнение для годовых и зимних сумм осадков показывает, что годовые осадки на обеих станциях увеличивались практически с одинаковой скоростью около 13 мм/10 лет, тогда как зимой на Байтыке они были ниже, составляя примерно 3,5 мм/10 лет, или 65 % от скорости в Бишкеке.

10. Проведенные дополнительные исследования особенностей временного хода низкочастотной компоненты различных характеристик температуры по станциям Бишкек и Байтык (в совокупности со всеми остальными результатами) говорят как о сложности региональных процессов потепления климата на территории ССЗК, так и о наметившейся тенденции к окончанию роста температуры на рубеже, близком к 2010/15 гг. Возможно даже, что смена тенденции уже произошла, однако полная ясность по этому вопросу будет получена в ближайшее время. Можно напомнить, что подобная, но уже забытая ситуация, только со сменой слабого похолодания на потепление, наблюдалась на рубеже 1975/80 гг. с широкими научными дискуссиями по этим вопросам [21]. Подтверждением тому являются результаты работы [51], где показано, что после 1976–1998 гг. потепление климата Северного полушария, сменилось тенденцией к похолоданию, что может быть следствием только естественных причин.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аламанов С.К.* Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии / С.К. Аламанов, В.М. Лелевкин, О.А. Подрезов и др. // ЮНЕП и WWF России. М.; Бишкек, 2006. 188 с.
2. Атлас Киргизской ССР. Т. 1. Природные условия и ресурсы. М.: ГУГК СССР, 1987. 157 с.
3. *Брусенская И.С., Подрезов О.А.* Режим ветра на территории Северного, Северо-Западного Кыргызстана. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2011. 132 с.
4. *Бугаев В.А.* Синоптические процессы Средней Азии / В.А. Бугаев, В.А. Джорджио, Е.М. Козик и др. Ташкент: Изд-во АН УзбССР, 1957. 477 с.
5. Второе национальное сообщение Кыргызской Республики по рамочной конвенции ООН об изменении климата / сост.: Ш.А. Ильясов, В.М. Якимов. Бишкек, 2008. 216 с.
6. *Гельмгольц Н.Ф.* Горно-долинная циркуляция северных склонов Тянь-Шаня. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 330 с.
7. *Глазырин Г.Е.* Некоторые проблемы изменения климата и стока рек Средней Азии: Материалы Международной конференции «Дистанционные и наземные исследования в Центральной Азии». Бишкек: Изд-во Кыргызстан, 2014. С. 302–308.
8. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Оценка предстоящего климата на территории Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2009. № 11. С. 15–29.
9. *Диких А.Н., Диких Л.Л.* Оледенение и ледниковый сток Северного Тянь-Шаня: состояние и вероятные изменения // Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып. 4. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2004. С. 5–32.
10. *Дзюба А.В., Панин Г.Н.* Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошедшем и текущем столетиях // Метеорология и гидрология. 2007. № 5. С. 5–27.
11. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 г. М.: Росгидромет, 2013. 86 с.
12. Изменение климата Кыргызстана / авт. колл.: Н.А. Абдырасулова, О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, И.А. Павлова, О.М. Стрижанцева, Д.К. Сулайманова. Бишкек: ОФ «ЮНИСОН», каф. МЭО КРСУ, 2011. 79 с.
13. *Израэль Ю.А.* Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад рабочей группы II / Ю.А. Израэль, С.М. Семёнов, О.А. Анисимов и др. // Метеорология и гидрология. 2007. № 9. С. 5–14.
14. *Катцов В.М.* Предсказуемость климата: достижения, проблемы, перспективы // Метеорология и гидрология. 2010. № 1. С. 18–22.
15. Климат Киргизской ССР / под ред. З.А. Рязанцевой. Фрунзе: Илим, 1965. 292 с.

16. Климат Фрунзе / под ред. Е.С. Скиба, Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 136 с.
17. Климатическая характеристика аэропорта Манас // Бишкек: ГП «Кыргыз-аэронавигация». 2004. 177 с.
18. Климатология / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева и др. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.
19. *Кокорин А.О.* Изменение климата на планете / Всемирный фонд дикой природы (WWF) – WWW. WWF. ru/climate.
20. *Кузьмиченок В.А.* Цифровые модели характеристик увлажнения на территории Кыргызстана (Математико-картографическое моделирование). Бишкек: Изд-во КРСУ, 2008. 229 с.
21. *Лосев К.С.* Климат: вчера, сегодня ... и завтра. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 175.
22. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* История климата. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 404 с.
23. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 32. Киргизская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 375 с.
24. Оледенение Тянь-Шаня / отв. ред. М.Б. Дюргеров (Россия), Лю Шаохай, Се Зичу (Китай). М., 1995. 233 с.
25. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 336 с.
26. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2008. 28 с.
27. *Павлова И.А., Подрезов А.О.* Опасные метеорологические явления на территории Кыргызстана. Книга 2. Режим циркуляции атмосферы и загрязнения городов Чуйской долины. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2003. 138 с.
28. Первое национальное сообщение Кыргызской Республики по рамочной конвенции ООН об изменении климата / сост.: Ш.А. Ильясов, О.А. Подрезов, Е.М. Родина. Бишкек, 2003. 97 с.
29. *Переведенцев Ю.П.* Теория климата. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2009. 503 с.
30. *Перова М.В., Подрезов О.А.* Режим температуры воздуха в холодный период года и климатические параметры отопительного сезона на территории Северного, Северо-Западного Кыргызстана. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 181 с.
31. *Подрезов О.А.* Горная климатология и высотная климатическая зональность Кыргызстана. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014. 169 с.
32. *Подрезов О.А.* Современный климат Бишкека, Чуйской долины и северного склона Киргизского хребта. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 201 с.
33. *Подрезова Ю.А., Подрезов О.А.* Климатическая характеристика режима гроз на территории Кыргызстана. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2011. 134 с.

34. *Подрезов О.А.* Опасные скорости ветра и гололедные отложения в горных районах. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 223 с.
35. *Подрезов А.О., Павлова И.А.* Опасные метеорологические явления на территории Кыргызстана. Книга 2. Режим сильных ветров. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2003. 114 с.
36. *Пономаренко П.Н.* Атмосферные осадки Киргизии. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 134 с.
37. *Романовский В.В.* Все об озере Иссык-Куль в вопросах и ответах: энциклопедическое справочное пособие по природе и экологии озера и котловины / В.В. Романовский, В.А. Кузмиченко, Д.М. Маматканов и др.; под ред. проф. О.А. Подрезова. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2004. 407 с.
38. *Севастьянов В.В.* Эколого-климатические ресурсы Алтае-Саянской горной страны. Томск: Томск. гос. ун-т, 2008. 307 с.
39. *Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В.* Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Наука, 1969. 459 с.
40. *Спорышев П.В.* Согласованность изменений температуры на территории России в ансамблевых модельных расчетах и данных наблюдений / П.В. Спорышев, В.М. Катцов, В.А. Матюгин // Метеорология и гидрология. 2012. № 1. С. 5–19.
41. Справочник по климату СССР. Вып. 32. Киргизская ССР. Ч. 1–5 Л.: Гидрометеиздат, 1966–1970.
42. *Сухова М.Г.* Биоклиматические условия жизнедеятельности человека в Алтае-Саянской горной стране. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2009. 259 с.
43. *Хромов С.П., Петросянец М.А.* Метеорология и климатология. М.: Изд-во МГУ, Изд-во КолосС, 2004. 582 с.
44. *Чанышева С.Г.* Местные ветры Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 120 с.
45. *Челтанова О.М.* Климат СССР. Вып. 3. Средняя Азия. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 447 с.
46. *Чередниченко А.В.* Изменение климата Казахстана и возможности адаптации за счет доступных водозапасаов облачности. Бишкек: Илим, 2009. 259 с.
47. *Чуб В.Е.* Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент, 2007. 132 с.
48. *Чубарова Н.Е.* Климатические и экологические характеристики московского мегаполиса за 60 лет по данным Метеорологической обсерватории МГУ / Н.Е. Чубарова, Е.И. Незваль, И.Б. Беликов и др. // Метеорология и гидрология. 2014. № 9. С. 49–64.
49. *Шерстюков Б.Г.* Парниковый эффект и изменение теплообмена между океаном и атмосферой как факторы современных изменений климата. Обнинск: ГУ ВНИГМИ-МЦД, 2007. Вып. 173. С. 3–37.
50. *Шерстюков Б.Г.* Оценка точности физико-математических моделей

- ЕCHAM4, HADCM3 и CGCM2 по данным на территории России. Анализ изменений климата. Обнинск: ГУ ВНИГМИ-МЦД, 2010. Вып. 175. С. 3–19.
51. *Шерстюков Б.Г., Сагушвилли Р.С.* Новые тенденции в изменении климата северного полушария Земли в последнее десятилетие. Анализ изменений климата. Обнинск: ГУ ВНИГМИ-МЦД, 2010. Вып. 175. С. 43–51.
52. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 319 с.
53. Climate Change, 2007 Mitigation: Contribution of WG 3 to the IV Assessment Report of the IPCC / Eds: B. Metz et al. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 851 p.
54. Climate change, 2007. Synthesis Report. Summary for Policymakers. URL: [http:// www. ipcc. ch](http://www.ipcc.ch).
55. Climate change, 2007: The Physical science basis / Eds: S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. Cambridge: New York: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

Научное издание

*Олег Андреевич Подрезов,
Андрей Олегович Подрезов*

**ИЗМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА
СЕВЕРНОГО СЕВЕРОЗАПАДНОГО КЫРГЫЗСТАНА
(ТЕМПЕРАТУРА И ОСАДКИ 1930–2010 гг.)**

Редактор *Н.В. Шумкина*
Компьютерная верстка *А. Шелестовой*

Подписано в печать 11.09.2017
Печать офсетная. Формат 60 × 84 ¹/₈.
Объем 40,5 п. л. Тираж 150 экз.
Заказ 137

Издательство КРСУ
720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2