

УДК 911.52 (575.2) (04)

О.А. Подрезов, А.О. Подрезов

**СОВРЕМЕННОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА СЕВЕРНОГО
И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КЫРГЫЗСТАНА**

На основании многолетних наблюдений метеостанций дается сравнительная характеристика современного потепления климата Северного и Северо-Западного Кыргызстана для двух различных периодов: 1930-1975 гг. - стабильный мировой климат и 1976-2010 гг. – потепление мирового климата. Анализ выполнен для года и центральных месяцев сезонов в полях различных температур воздуха: средних, средних минимальных (ночных), средних максимальных (дневных), а так же средних из абсолютных минимальных и максимальных месячных значений (экстремально холодные и экстремально теплые погоды, наблюдаемые в среднем ежегодно).

К л ю ч е в ы е с л о в а: Северный и Северо-Западный Кыргызстан; современное потепление климата; различные характеристики температуры.

Северный и Северо-Западный Кыргызстан (ССЗК) занимает аналогичные периферийные области Тянь-Шаня, представленные Чуйской и Таласской впадинами с их высокими южными горными обрамлениями: широтными хребтами – барьерами Киргизским и Таласским, имеющими средние высоты гребневых линий соответственно 3,7 и 3,9 км (рис. 1) [1].

Важными особенностями региона является большой диапазон высотных отметок, составляющий по средним данным около 3,5 км, его полная открытость к северу и западу, где располагается обширная Туранская низменность, и климатически четко ограниченная хребтами южная граница. Потoki общей циркуляции атмосферы [2] имеют в целом касательное направление к склонам пограничных широтных хребтов. Поэтому вертикальный рост осадков выражен на них менее резко, чем на склонах Ферганского и других хребтов, имеющих субмеридиональное простираение. Однако во всем остальном зональность климата представлена весьма хорошо.

Рассмотрим характеристику современного климатического потепления этого сложного горного региона и сравним ее с общими климатическими тенденциями для всего Земного шара (как, например, в [12]) имея в виду, что изменения местных климатов есть реакция или отклик на его глобальные изменения.

Поэтому задачи исследований включали следующее:

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

2. Оценка и сравнительный анализ статистических характеристик параметров линейных трендов различных характеристик температуры по данным их 11-летних скользящих средних за три периода: 1930-1975 (стабильный мировой 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 по найденным уравнениям линейных трендов для трех заданных периодов: 1930-1975, 1976-2010 и 1930-2010 гг.

Использованный материал и методика анализа

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,

© Подрезов О.А., Подрезов А.О., 2015

Подрезов Олег Андреевич, доктор географических наук, профессор кафедры метеорологии, экологии и охраны окружающей среды естественно-технического факультета Кыргызско-Российского Славянского университета; Кыргызская Республика 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44; meteokaf_krsu@mail.ru

Подрезов Андрей Олегович, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой метеорологии, экологии и охраны окружающей среды естественно-технического факультета Кыргызско-Российского Славянского университета; Кыргызская Республика 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44; meteokaf_krsu@mail.ru

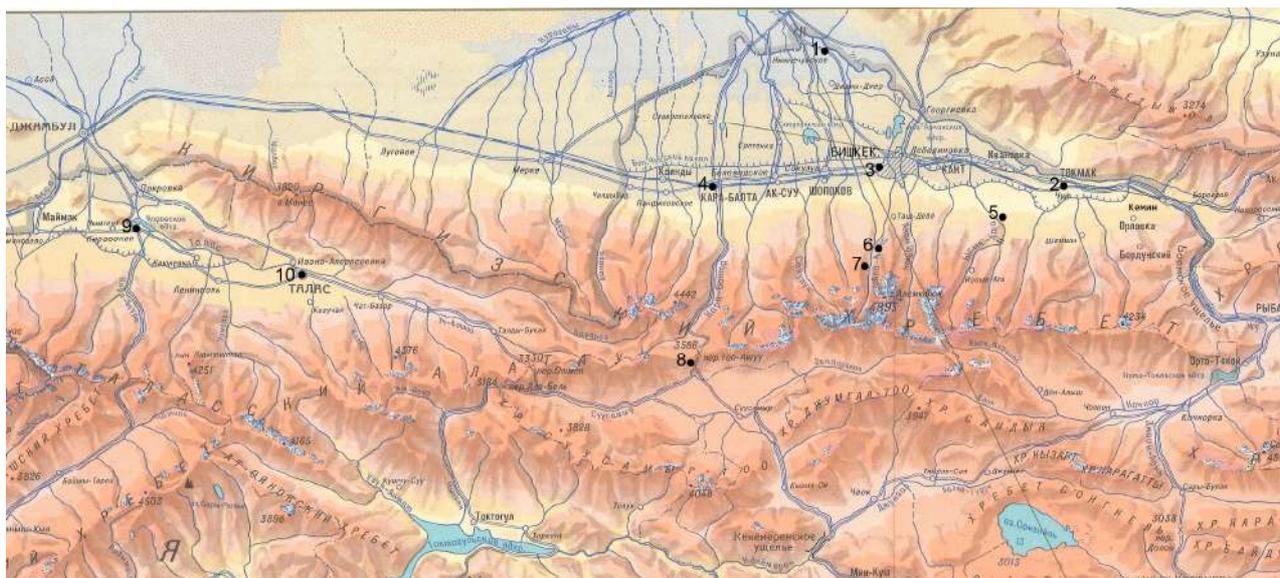


Рис. 1 Физико-географическая карта ССЗК с расположением использованных метеостанций.

Расположение, высота и период наблюдений станций: 1 – Жаны-Жер/Чуйская (0,60 км) – север Чуйской долины, ее ось в нижней части (1973-2009 гг.); 2 – Токмак (0,82 км) – восток Чуйской долины, ее ось в верхней части (1932-2009 гг.); 3 – Бишкек (0,76 км) – центр Чуйской долины, подгорная равнина (1928-2009 гг.); 4 – Карабалта/Калининское (0,77 км) – запад Чуйской долины, подгорная равнина (1980-2009 гг.); 5 – Ыссык-Ата/Юрьевка (1,03 км) – подножье Киргизского хребта (1957-2009 гг.); 6 – Байтык (1,58 км) – низкоргорная зона северного склона Киргизского хребта (1915-2009 гг.); 7 – Альплагерь (2,13 км) – долина р. Ала-Арча, среднегорная зона Киргизского хр. (1979-2009 гг.); 8 – Тюя-Ашу юж. (3,23 км) – Пригребневая зона южного склона Киргизского хребта; 9 – Кировское (0,86 км) – нижняя зона (ось) днища Таласской долины (1944-2009 гг.); 10 – Талас (1,22 км) – средняя зона (ось) днища Таласской долины (1930-2009 гг.)

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.

Расположение, высоты и период наблюдений сети использованных метеостанций показан на рис.1. Как видно, данные 5 из 10 станций (Токмак, Бишкек, Байтык, Кировское и Талас), которые условно названы нами основными - длиннорядными, достаточно полно освещают общий период исследований 1930-2010 гг., тогда как остальные использовались как дополнительные, так как их период наблюдений начинался с 1957 г. и позднее. Длиннорядные станции Токмак и Бишкек освещают Чуйскую долину, Кировское и Талас – Таласскую долину, а Байтык (1,59 км) - низкоргорную зону склонов Киргизского хребта. Дополнительные станции Ыссык –Ата (1,03 км), Альплагерь (2,13 км) и Тюя-Ашу юж. (3,23 км) освещают соответственно подножье, среднегорную и высокогорные зоны этого же хребта.

По всем исходным рядам вначале были рассчитаны скользящие 11-летние средние значения (низкочастотные компоненты изменения климата), а затем найдены оценки линейных трендов, соответствующих периодам: 1930 – 1975 гг. (стабильный мировой климат), 1976-2010 гг. (потепление мирового климата), а так же 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 найдены в виде

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

(1)

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

Оценка статистической значимости уравнений трендов определялась на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$ по F – критерию Фишера.

Для длиннорядных станций 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 $\Delta b = b_2 - b_1$ на уровне $p = 0,95$, по специальному виду t-критерия Стьюдента [6]. Выводы о значимости/незначимости Δb учитывались при климатическом анализе полученных расчетных данных.

На рис 2. показан пример расчета трендов для всех трех периодов по станции Токмак. Прежде всего, обратим внимание на хорошо выраженные фазы повышения и понижения средней январской температуры, наблюдающиеся на этих кривых с четко выраженными максимумами и минимумами, что имело место и во всех других случаях. 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: $-0,46^\circ\text{C}$ и $-62,9^\circ\text{C}$), что также является общим правилом. Одновременно линии трендов имеют различный *по знакам наклон* из-за разницы по знакам и абсолютной величине угловых коэффициентов: $b_1 = -0,0017^\circ\text{C}/\text{год}$ и $b_2 = 0,0302^\circ\text{C}/\text{год}$. Поэтому следует помнить, что для значений b и ΔT в общем случае справедливо:

$$b_3 \neq b_1, \quad b_3 \neq b_2, \quad b_3 \neq 0,5(b_1 + b_2) \quad \text{и} \quad \Delta T_{81} \neq \Delta T_{46} + \Delta T_{35}, \quad (2)$$

что вытекает из методики их расчета.

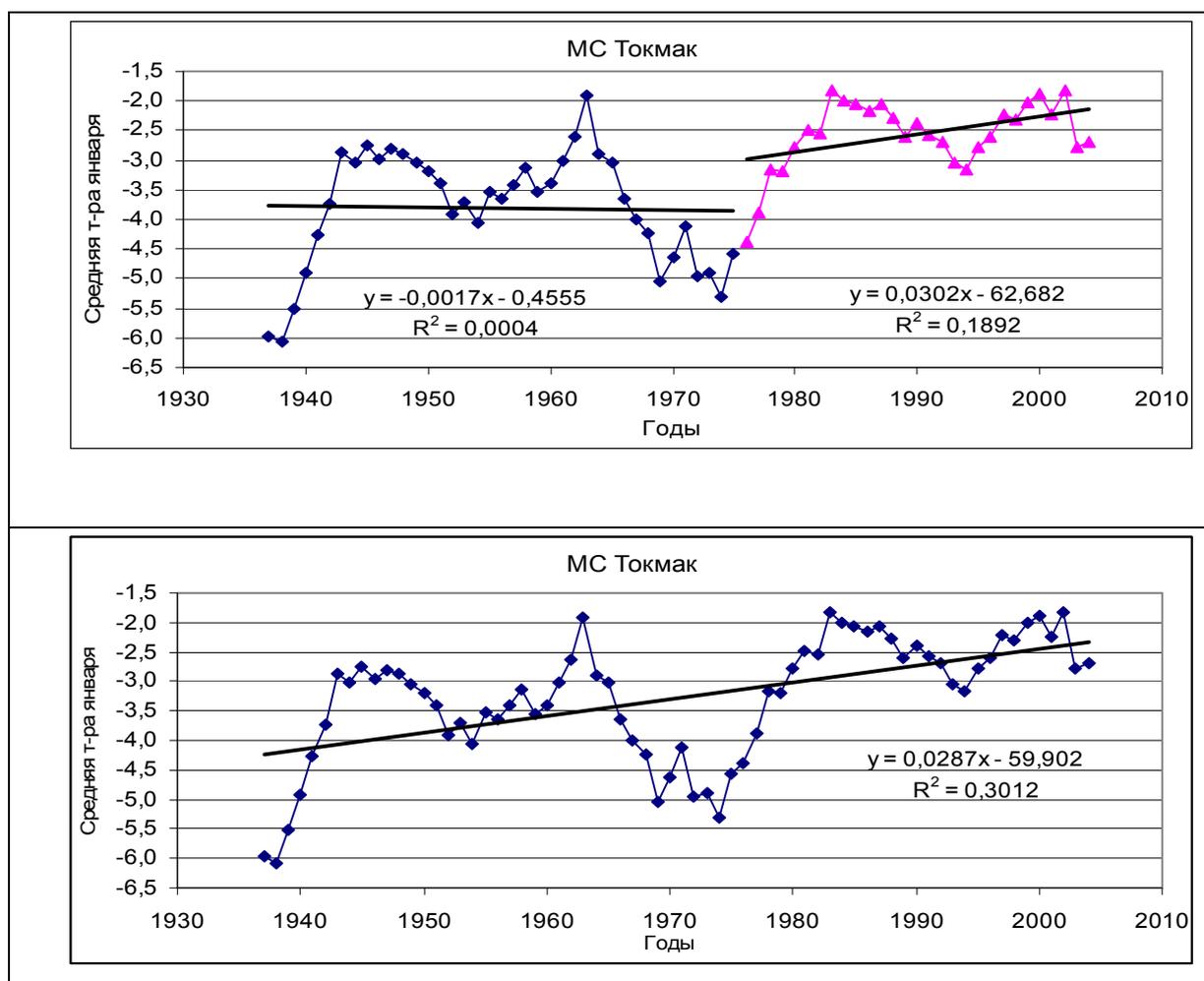


Рис 2. Ход 11-летних январских температур для станции Токмак с графиками и уравнениями линейных трендов для периодов 1937-1975 и 1976-2004 гг. (верхний рисунок) и для всего периода в целом 1937-2004 гг. (нижний рисунок)

Это означает, что трендовые оценки ΔT и оценки самих значений температур T следует находить только по соответствующим им коэффициентам трендов, т.е., например, определять ΔT_{35} , ΔT_{46} и ΔT_{81} , соответственно по b_1 , b_2 и b_3 .

Для принятия практических решений относительно коэффициентов b_1 , b_2 и b_3 на основе общих статистических положений была разработана специальная «матрица принятия решений», приведенная в табл. 1.

Полученные таким образом расчетные данные представлялись по всем станциям в виде графиков хода 11-летних кривых и таблиц, содержащих статистические характеристики линейных трендов. Пример такой итоговой таблицы для средних годовых температур приведен в табл. 2. Анализ результатов выполнялся как для отдельных станций, так и их групп, освещающих долинные и горные районы. На заключительной стадии он давался в целом для территории ССЗК по осредненным показателям всех длиннорядных станций.

Таблица 1

Матрица принятия решений относительно коэффициентов b_1 , b_2 и b_3 для характеристики скорости потепления/похолодания по различным периодам

№ n/n	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

Таблица 2

Средние годовые температуры: параметры уравнений линейных трендов

Статистики уравнений линейных трендов и оценка их значимости	Длиннорядные станции				
	Токмак	Бишкек	Байтык	Кировское	Талас
Характеристики уравнения тренда $y = b_1 \cdot x + b_0$ для периода 1930-1975 гг.					
1. Угл. коэф. тренда b_1 °C/год	0,0030	0,0076	0,0006	0,0311	-0,0098
2. Свободный член b_0 °C	4,4	-4,5	5,3	-53,4	27,0
3. Ошибка уравнения тренда s°С	$\pm 0,31$	$\pm 0,26$	$\pm 0,19$	$\pm 0,28$	$\pm 0,28$
5. Значимость по F-критерию.	Незнач.	Значим	Незнач.	Значим	Значим
7. Трендовое ΔT_{46} °C (1930-75 г.)	0,1	0,4	0,03	1,4	-0,5
Характеристики уравнения тренда $y = b_2 \cdot x + b_0$ для периода 1976-2010 гг.					
1. Угл. коэф. тренда b_2 °C/год	0,0036	0,0497	0,0071	0,0490	0,0258
2. Свободный член b_0 °C	3,9	-87,8	-7,4	-89,1	-42,6
3. Ошибка уравнения тренда s°С	$\pm 0,16$	$\pm 0,24$	$\pm 0,14$	$\pm 0,17$	$\pm 0,27$
5. Значимость по F-критерию	Незнач.	Значим	Значим	Значим	Значим
7. Трендовое ΔT_{35} °C (1976-10 г.)	0,1	1,7	0,3	1,7	0,9
Сравнение угловых коэффициентов b_1 и b_2 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.	Значим	Незнач.	Значим	Значим
3. Значение b_3 °C/10 (1930-10 г.)	0,210	0,198	0,045	0,293	0,190
4. Значение b_0 °C (1930-10 г.)	-30,7	-28,4	-2,3	-49,8	-29,3
Рекомендуемые для использования по периодам b_1 , b_2 , b_3 ,°C/10 лет и значения ΔT_{81} °C					
1. b_1 °C/10 (1930-75 г.)	–	0,076	0,006	0,311	-0,098
2. b_2 °C/10 (1976-10 г.)	–	0,497	0,071	0,490	0,258
3. b_3 °C/10 (1930-10 г.)	0,210	–	–	–	–
4. Трендовое ΔT_{81} °C (1930-10 г.)	1,7	1,6	0,4	2,4	1,5

Полученные результаты, их обсуждение и выводы

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 (табл. 3).

Таблица 3

Осредненные показатели угловых коэффициентов по периодам

Период	Значение угловых коэффициентов					
	b_1 °C/10 л.	b_2 °C/10 л.	b_3 °C/10 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 характеристикам температуры для года) скорость потепления в 1976-1910 гг., т.е. значение $b_2 = 0,325$ °C/10 лет, что в 1,9 раза превышало скорость b_1 в 1930-1975 гг. Одновременно значение b_2 больше $b_3 = 0,253$ °C/10 лет, найденного за весь исследуемый период 1930-2010 гг., в 1,3 раза. Для января эти показатели оказались значительно выше - $b_2 = 0,576$ °C/10 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.

В поле средних годовых температур (табл. 4) на территории ССЗК в 1930-2010 гг. наблюдалось потепление со скоростью $b_3 = 0,187$ °C/10 лет ($\Delta T_{81} = 1,5$ °C), причем в период 1976-2010 гг. эта скорость была в 4 раза выше ($b_2 = 0,270$ °C/10 лет, $\Delta T_{35} = 1,0$ °C), чем в предшествующие 1930-1975 гг. ($b_1 = 0,065$ °C/10 лет, $\Delta T_{46} = 0,3$ °C). Для средних январских температур эта картина выражена предельно резко: $b_2 = 0,564$ °C/10 лет и $\Delta T_{35} = 2,0$ °C, тогда как $b_1 = 0,077$ °C/10 лет и $\Delta T_{46} = 0,4$ °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 ($\Delta T_{81} = 0,4$ °C), а в переходные сезоны весной и осенью наблюдалось примерно одинаковым - $\Delta T_{81} = 1,1$ и $\Delta T_{81} = 1,3$ °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 прослеживается совершенно четко в полях всех других температур.

Таблица 4

Скорости b и величины изменений ΔT средних температур в 1930-2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорости изменения сред. температур			Величины изменения сред. температур		
	1930-75 гг. b_1 °C/10 л.	1976-10 гг. b_2 °C/10 л.	1930-10 гг. b_3 °C/10 л.	1930-75 гг. ΔT_{46} °C	1976-10 гг. ΔT_{35} °C	1930-10 гг. ΔT_{81} °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 так же в полях всех других температур воздуха, которые рассматриваются ниже. Менялась лишь степень резкости различий в зависимости от сезона, характеристики температуры и станции.

В поле средних максимальных (дневных) температур в среднем для ССЗК (табл. 5) 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 $b_3 = 0,203$ °C/10 лет ($\Delta T_{81} = 1,6$ °C), причем в период 1976-2010 гг. она была

примерно в два раза выше ($b_2 = 0,213^\circ\text{C}/10$ лет), чем в 1930-1975 гг. ($b_1 = 0,137^\circ\text{C}/10$ лет). Но наиболее сильный рост дневных температур наблюдался в январе - $b_3 = 0,285^\circ\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{81} = 2,3^\circ\text{C}$) и точно также в январе скорость роста в 1976-2010 гг. была в два раза выше ($b_2 = 0,297^\circ\text{C}/10$ лет), чем в 1930-1975 гг. ($b_1 = 0,146^\circ\text{C}/10$ 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 ($b_1 = -0,047^\circ\text{C}/10$ лет, июль) до сильного ($b_2 = -0,407^\circ\text{C}/10$ лет, июль). 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 ($\Delta T_{81} = 0,6^\circ\text{C}$), что для долинных районов с их жарким летним климатом является несомненным положительным фактором.

Таблица 5

Скорости b и величины изменений ΔT средних максимальных (дневных) температур в 1930-2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорости изменения сред. макс. температур			Величины изменения сред. макс. температур		
	1930-75 гг.	1976-10 гг.	1930-10 гг.	1930-75 гг.	1976-10 гг.	1930-10 гг.
	$b_1^\circ\text{C}/10$ л.	$b_2^\circ\text{C}/10$ л.	$b_3^\circ\text{C}/10$ л.	$\Delta T_{46}^\circ\text{C}$	$\Delta T_{35}^\circ\text{C}$	$\Delta T_{81}^\circ\text{C}$
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

В поле средних из абсолютных максимальных годовых температур (средние температуры экстремально теплых погод, наблюдающихся ежегодно) потепление в период 1930-2010 гг. (табл. 6) происходило с еще более высокой скоростью, чем в предшествующих случаях, $b_3 = 0,251^\circ\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{81} = 2,0^\circ\text{C}$), причем в период 1976-2010 гг. точно так же скорость была в 2 раза выше ($b_2 = 0,265^\circ\text{C}/10$ лет, $\Delta T_{35} = 0,9^\circ\text{C}$), чем в 1930-1975 гг. ($b_1 = 0,138^\circ\text{C}/10$ лет, $\Delta T_{46} = 0,6^\circ\text{C}$). Для январских температур скорость потепления была наиболее высокой из сезонных - $b_3 = 0,301^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{81} = 2,4^\circ\text{C}$, при этом скорости в оба периода оказались практически равными: $b_2 = 0,210^\circ\text{C}/10$ лет и $b_1 = 0,204^\circ\text{C}/10$ лет. В переходные сезоны скорости роста существенно уменьшились: апрель - $b_3 = 0,192^\circ\text{C}/10$, октябрь - $b_1 = 0,174^\circ\text{C}/10$ лет, хотя b_1 и b_2 были достаточно высокими. Но в июле обе скорости b_1 и b_2 оказались отрицательными, причем в период 1976-2010 гг. скорость была значительной, $b_2 = -0,433^\circ\text{C}/10$ лет, а $b_1 = -0,060^\circ\text{C}/10$ лет. Тем не менее в целом по периоду 1930-2010 гг. в июле $b_3 = 0,129^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{81} = 1,1^\circ\text{C}$.

Таблица 6

Скорости b и величины изменений ΔT средних из абсолютных максимальных температур в 1930-2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорости изменения абс. макс. температур			Величины изменения абс. макс. температур		
	1930-75 гг.	1976-10 гг.	1930-10 гг.	1930-75 гг.	1976-10 гг.	1930-10 гг.
	$b_1^\circ\text{C}/10$ л.	$b_2^\circ\text{C}/10$ л.	$b_3^\circ\text{C}/10$ л.	$\Delta T_{46}^\circ\text{C}$	$\Delta T_{35}^\circ\text{C}$	$\Delta T_{81}^\circ\text{C}$
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

Таким образом, абсолютные максимальные температуры так же в основном выросли 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 $\Delta T_{81} = 1,1^\circ\text{C}$), что для долинных районов с их жарким летним климатом, как уже отмечалось, является несомненным благом.

В поле средних минимальных (ночных) температур на территории ССЗК в период 1930-2010 гг. (табл. 7) в годовом выводе шло хорошо выраженное потепление - $b_3 = 0,243^\circ\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{81} = 2,0^\circ\text{C}$. При этом в период 1976-2010 гг. его скорость была в 2,1 раза выше, чем в 1930-1975 гг., - $b_2 = 0,344^\circ\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{35} = 1,2^\circ\text{C}$) и $b_1 = 0,163^\circ\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{46} = 0,7^\circ\text{C}$). Для января эти скорости были

рекордными: очень малая скорость в 1930-1975 гг. - $b_1 = 0,070^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{46} = 0,3^{\circ}\text{C}$), исключительно высокая для 1976-2010 гг. - $b_2 = 0,800^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{35} = 2,8^{\circ}\text{C}$) и весьма высокая в целом для 1930-2010 гг. - $b_3 = 0,394^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{81} = 3,2^{\circ}\text{C}$). 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.

Таблица 7

Скорости b и величины изменений ΔT средних минимальных (ночных) температур в 1930-2010 гг. в ССЗК.

Год или месяц	Скорости изменения сред. мин. температур			Величины изменения сред. мин. температур		
	1930-75 гг.	1976-10 гг.	1930-10 гг.	1930-75 гг.	1976-10 гг.	1930-10 гг.
	$b_1^{\circ}\text{C}/10$ л.	$b_2^{\circ}\text{C}/10$ л.	$b_3^{\circ}\text{C}/10$ л.	$\Delta T_{46}^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{35}^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{81}^{\circ}\text{C}$
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

В поле средних из абсолютных минимальных температур (средние температуры экстремально холодных погод, наблюдающихся ежегодно) в период 1930-2010 гг. для ССЗК (табл. 8) имели место самые высокие в годовом осреднении скорости потепления: $b_3 = 0,381^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{81} = 3,1^{\circ}\text{C}$), $b_1 = 0,345^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{46} = 1,6^{\circ}\text{C}$) и $b_2 = 0,532^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{35} = 1,9^{\circ}\text{C}$). Но абсолютно рекордными были скорости потепления в январе: очень малая в период 1930-1975 гг. $b_1 = 0,079^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{46} = 0,4^{\circ}\text{C}$), самая высокая из всех рассмотренных случаев в период 1976-2010 гг. - $b_2 = 1,010^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{35} = 3,5^{\circ}\text{C}$) и самая высокая в целом за 1930-2010 гг. - $b_3 = 0,658^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{35} = 5,3^{\circ}\text{C}$). В остальные сезоны потепления были в рамках обычных - $b_3 = 0,126 - 0,270^{\circ}\text{C}/10$ лет ($\Delta T_{81} = 1,0-2,1^{\circ}\text{C}$).

Таблица 8

Скорости b и величины изменений ΔT средних из абсолютных минимальных температур в 1930-2010 гг. в ССЗК

Год или месяц	Скорости изменения абс. мин. температур			Величины изменения абс. мин. температур		
	1930-75 гг.	1976-10 гг.	1930-10 гг.	1930-75 гг.	1976-10 гг.	1930-10 гг.
	$b_1^{\circ}\text{C}/10$ л.	$b_2^{\circ}\text{C}/10$ л.	$b_3^{\circ}\text{C}/10$ л.	$\Delta T_{46}^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{35}^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{81}^{\circ}\text{C}$
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

Похолодание в поле этих температур наблюдалось только в июле 1976-2010 гг., хотя и было существенным: $b_2 = -0,437^{\circ}\text{C}/10$ лет и $\Delta T_{35} = -1,5^{\circ}\text{C}$.

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 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, прежде всего, в зимний период года, что улучшило условия проживания и хозяйственной деятельности человека в регионе.

Следует 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.

Сравнение данных по Бишкеку и Байтыку. Приведенные выше численные выводы получены как осредненные совокупные результаты по многолетним наблюдениям 4 долинных и одной склоновой станции Байтык (1,58 км), расположенной в низкогорной зоне. При этом данные станции Байтык подтверждались данными трех короткорядных станций, расположенных в зоне подножья,

среднегорной и высокогорной зонах. Все же представляется весьма полезным сравнить непосредственно 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, когда значения b_3 были максимальными, приведено в табл. 9.

Таблица 9

Сравнительные данные Бишкека и Байтыка по значениям коэффициентов трендов b_3 .

Температура и осадки	Бишкек		Байтык		Байтык/Бишкек	
	b_3 (год)	b_3 (январь)	b_3 (год)	b_3 (январь)	b_3/b_3 (год)	b_3/b_3 (январь)
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
Сбсол. 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

Как видно, в Бишкеке среднее по 5 температурным характеристикам значение b_3 (год) = $0,277^{\circ}\text{C}/10$ лет, а b_3 (январь) = $0,534^{\circ}\text{C}/10$ 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 $0,306^{\circ}\text{C}/10$ лет и для января $0,370^{\circ}\text{C}/10$ лет, 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 этим станциям было достаточно устойчивым: для года диапазон равен 0,17 -0,54, а для января – 0,24-0,52.

О возможной смене знака тенденции изменения климата ССЗК. 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 точно никогда не повторяется в будущем и которую часто называют псевдоциклическостью климата [9–11]. В теории о климате до сих пор нет ясности – какими причинами 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 [3–5; 7; 8; 13; 14]. Скорее всего, под совокупностью всех возможных причин нелинейная климатическая система Земли вырабатывает собственные аperiodические колебания, 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 фтор, вклад которого требует уточнения, не следует преувеличивать, а надо рассматривать только как появившуюся новую причину в числе прочих. Убедительным доказательством этого является многократные и очень сильные климатические изменения, наблюдавшиеся в плейстоцене с развитием мощных покровных оледенений, а так же существенные изменения климата в последние 10 тысяч лет голоцена, когда никаких антропогенных воздействий не было. Подтверждением тому являются результаты работы [14], где показано, что после 1976-1998 гг. потепление климата Северного полушария сменилось тенденцией к похолоданию, что может быть следствием только естественных причин.

Не вдаваясь в рассмотрение этих общеизвестных положений, приведем некоторые результаты об особенностях климатических изменений, наблюдаемых 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 основания считать, что возможно на территории ССЗК на рубеже 2010 гг. уже произошло или произойдет в ближайшее время смена потепления на похолодание, т.е. изменение знака тренда b с положительного на отрицательный или близкий к нулевому.

На рис. 3 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 (рис. 3а) приведен пример *непрерывного роста* от начала к концу периода абсолютной минимальной температуры (годовое осреднение) для Бишкека, на котором изменение знака основной тенденции на похолодание не намечается. На следующем графике (рис. 3б) 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 (рис. 3в) отражает наблюдаемый после 1955 г. *сильно колебательный характер* хода низкочастотной компоненты абсолютных минимальных температур января на Байтыке, соответствующий так же *нулевой основной тенденции на интервале 1955-2010 гг.* Наконец, на графике (рис. 3г) показана сильно колеблющаяся кривая средних минимальных апрельских температур на Байтыке, на которой *отрицательная основная тенденция* обнаруживается только с 1978 г.

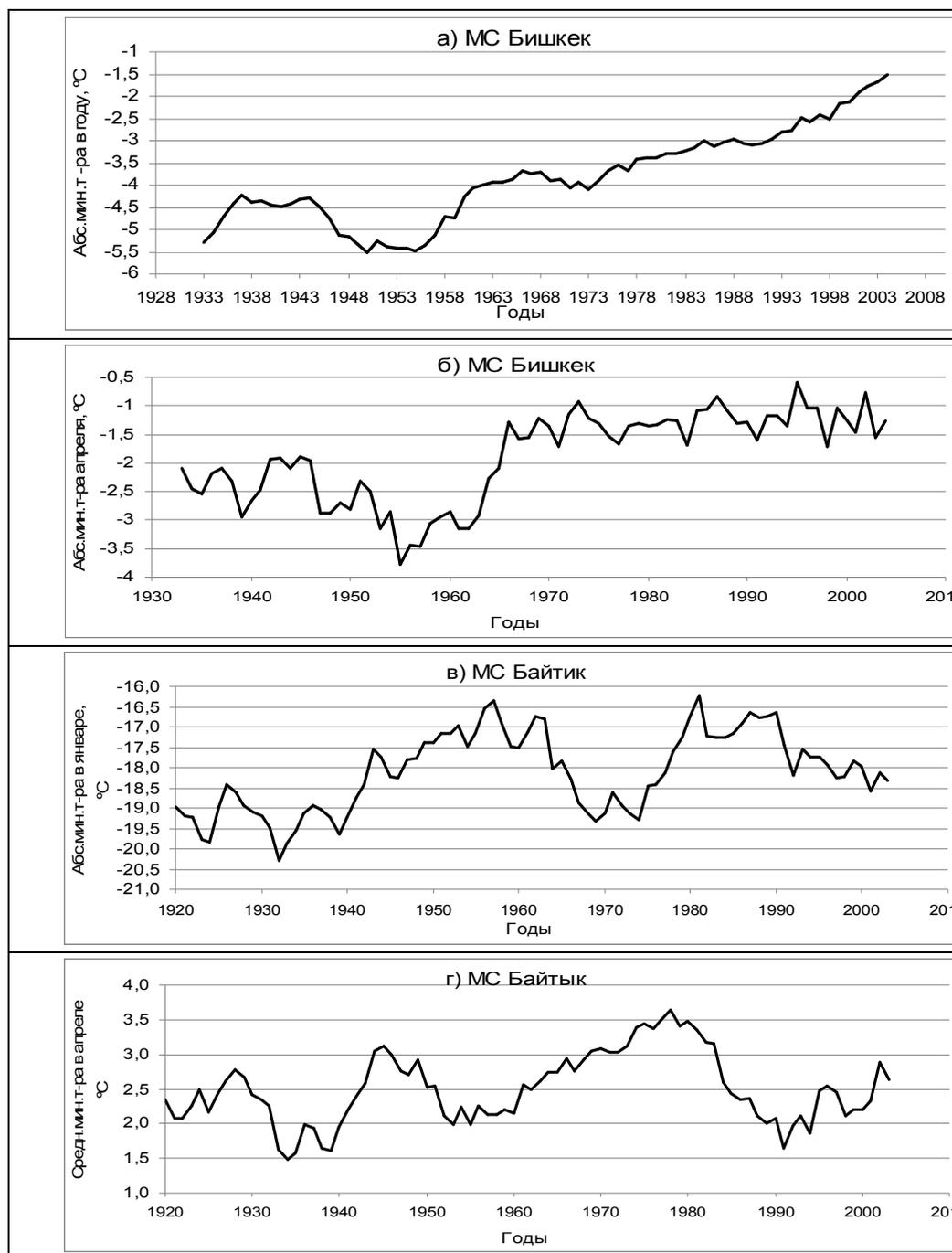


Рис. 3. Примеры временного хода низкочастотной 11-летней компоненты различных характеристик температуры в 1930-2010 гг. на сопредельных станциях Бишкек и Байтык, отражающих возможный характер стабилизации климата и смены его положительного тренда на отрицательный или близкий к нулевому к концу периода

Подобным образом были проанализированы все 50 аналогичных графиков по этим двум станциям, а полученные данные приведены в табл. 10. В ней по каждой станции дана оценка наличия/отсутствия стабилизации по каждой характеристике температуры и сезону года, а так же

характер и год начала стабилизации (при ее наличии) по следующим категориям: ровный ход (типа – б), колебательный ход (типа – в) и понижение температуры (типа – г).

Таблица 10

Итоговые данные о стабилизации климата после 1970-х гг. по сопредельным станциям Бишкек и Байтык (характер стабилизации): 1 – колебательный, 2 – ровный ход, 3 – 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
Осреднение температур - годовое				
Средняя	Рост т-ры	–	Рост т-ры	–
Средняя макс.	– // –	–	– // –	–
Абсолют. макс.	– // –	–	– // –	–
Средняя миним.	– // –	–	–	Колебат., 1960
Абсолют. миним	– // –	–	– // –	–
Температуры января (зима)				
Средняя	Рост т-ры	–	–	Ровный ход, 1985
Средняя макс.	–	Ровный ход, 1980	–	– // –, 1980
Абсолют. макс.	–	Понижение, 1980	–	– // –, 1980
Средняя миним.	Рост т-ры	–	–	– // –, 1980
Абсолют. миним	– // –	–	–	Понижение, 1980
Температуры апреля (весна)				
Средняя	–	Колебат., 1975	–	Колебат., 1975
Средняя макс.	–	– // –	–	– // –
Абсолют. макс.	–	– // –	Рост т-ры	–
Средняя миним.	–	– // –	–	– // –
Абсолют. миним	–	Ровный ход, 1970	–	Ровный ход, 1970
Температуры июля (лето)				
Средняя	–	Колебат., 1975	–	Понижение, 1980
Средняя макс.	–	Понижение, 1980	–	– // –
Абсолют. макс.	–	– // –	–	– // –
Средняя миним.	Рост т-ры	–	–	– // –
Абсолют. миним	–	Понижение, 1980	–	– // –
Температуры октября (осень)				
Средняя	Рост т-ры	–	–	Колебат., 1975
Средняя макс.	– // –	–	–	– // –
Абсолют. макс.	– // –	–	–	– // –
Средняя миним.	– // –	–	–	– // –
Абсолют. миним	– // –	–	Рост т-ры	–

Из этой таблицы 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, что смена тенденции уже произошла, однако полная ясность по этому вопросу будет получена в ближайшее время. Напомним, 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 [9].

Библиографический список

1. *Атлас* Киргизской ССР. Т. 1. Природные условия и ресурсы. М.: ГУГК СССР, 1987. 157 с.
2. *Бугаев В.А., Джорджио В.А., Козик Е.М. и др.* Синоптические процессы Средней Азии. Ташкент: Изд-во АН Узб. ССР, 1957. 477 с.
3. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Оценка предстоящего климата на территории Российской Федерации // *Метеорология и гидрология*. 2009. № 11. С. 15–29.
4. *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.
5. *Дымников Е.М., Володин В.Я., Галин А.В. и др.* Чувствительность климатической системы к малым внешним воздействиям // *Метеорология и гидрология*. 2004. № 4. С. 77–91.
6. *Закс Л.* Статистическое оценивание / пер. с нем. В.Н. Варьгиной. М.: Статистика, 1976. 599 с.
7. *Израэль Ю.А., Семёнов С.М., Анисимов О.А. и др.* Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад рабочей группы II // *Метеорология и гидрология*. 2007. № 9. С. 5–14.
8. *Катицов В.М.* Предсказуемость климата: достижения, проблемы, перспективы // *Метеорология и гидрология*. 2010. № 1. С. 18–22.
9. *Лосев К.С.* Климат: вчера, сегодня... и завтра. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 175 с.
10. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* История климата. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 404 с.
11. *Переведенцев Ю.П.* Теория климата. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2009. 503 с.
12. *Подрезов О.А., Подрезов А.О.* Структура современного потепления климата Иссык-Кульской котловины // *Географический вестник*. 2013. № 3(26). С. 78–87.
13. *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.
14. *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.

О.А. Podrezov, А.О. Podrezov

MODERN CLIMATE WARMING IN NORTH AND NORTH-WEST KYRGYZSTAN

Based on the long-term observations of weather stations the comparative characteristic of modern climate warming in North and North-West Kyrgyzstan is given for two different periods: 1930-1975 years - the stable global climate and 1976-2010 years - the global warming. The analysis is executed for the year and the central months of the seasons for the different air temperatures: average, average minimum (night), average maximum (daytime) as well as the average of the absolute monthly minimum and maximum values (extreme cold weather and extreme heat weather observed on average annually).

К e y w o r d s: North and North-West Kyrgyzstan; modern climate warming; different temperature characteristics.

Oleg A. Podrezov, Doctor of Geography, Professor of the Department of meteorology, ecology and environmental protection of natural-technical faculty of the Kyrgyz-Russian Slavic University; 44 Kyivskaya, Bishkek, Kyrgyz Republic 720000; meteokaf_krsu@mail.ru

Andrey O. Podrezov, Candidate of Geographical Science, Head of the Department of meteorology, ecology and environmental protection of natural-technical faculty of the Kyrgyz-Russian Slavic University; 44 Kyivskaya, Bishkek, Kyrgyz Republic 720000; meteokaf_krsu@mail.ru