

УДК 551.506(575.2)

### 3. СОВРЕМЕННОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КЫРГЫЗСТАНА В ПОЛЕ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР

О.А. Подрезов, А.О. Подрезов

На основании многолетних наблюдений 10 метеостанций для территории Северного и Северо-Западного Кыргызстана дается сравнительная характеристика современного потепления климата для двух различных периодов: 1930–1975 гг. (стабильный мировой климат), 1976–2010 гг. (потепление мирового климата) и всему анализируемому периоду в целом (1930–2010 гг.). Анализ выполнен для года и центральных месяцев сезонов в полях их средних температур воздуха с учетом высоты и орографии местности.

*Ключевые слова:* Северный и Северо-Западный Кыргызстан; современное потепление климата; средние годовые и месячные температуры.

---

### MODERN CLIMATE WARMING OF THE NORTHERN AND NORTH-WESTERN KYRGYZSTAN IN THE FIELD OF AVERAGE TEMPERATURES

O.A. Podrezov, A.O. Podrezov

According to the long-term data of 10 meteorological stations in the Northern and North-Western Kyrgyzstan it is given the comparative characteristic of modern climate warming, corresponding to three time periods: 1930–1975 (stable world climate), 1976–2010 (global warming) and the entire analyzed period (1930–2010). The analysis is made for the year and the central months of the seasons in the field of average air temperature considering altitude and orography of the territory.

*Keywords:* Northern and North-Western Kyrgyzstan; modern climate warming; average annual and monthly temperatures.

**Введение.** Северный и Северо-Западный Кыргызстан (ССЗК) включает Чуйскую (с Чон-Кеминской) и Таласскую впадины с их высокими южными горными обрамлениями: широтными хребтами – барьерами Киргизским и Таласским, имеющими средние высоты гребневых линий соответственно 3,7 и 3,9 км [1]. В статье авторов [2] приведена осредненная по всей территории ССЗК, *интегральная характеристика* потепления его современного климата (температура), а в [3] – описывается характер изменения годовых и сезонных сумм осадков в этот период. Одновременно в [2] дополнительно к этим двум статьям было предложено опубликовать в Вестнике КРСУ не только данные *осредненных по территории ССЗК* климатических изменений, но дать ее детальную картину для *долинных районов и различных высотных зон* в полях следующих 5 характеристик температуры (для года и центральных месяцев сезонов):

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

2) средние из *минимальных суточных* значений температуры для каждого месяца и года, характеризующие в среднем выводе *средние ночные* температурные условия этого месяца или года в целом;

3) средние из *абсолютных минимальных месячных/годовых* значений температуры, характеризующие предельные *экстремально холодные погоды*, которые в среднем выводе могут наблюдаться ежегодно в этом месяце или года в целом;

4) средние из *максимальных суточных* значений температуры для каждого месяца/года, характеризующие в среднем выводе *средние послеполуденные* температурные условия этого месяца или года в целом;

5) средние из *абсолютных максимальных месячных/годовых* значений температуры, характеризующие предельные *экстремально теплые погоды*, которые в среднем выводе могут ежегодно наблюдаться в этом месяце или в году в целом.

Настоящая работа является третьей из всей серии, включающей 7 статей по изменению климата

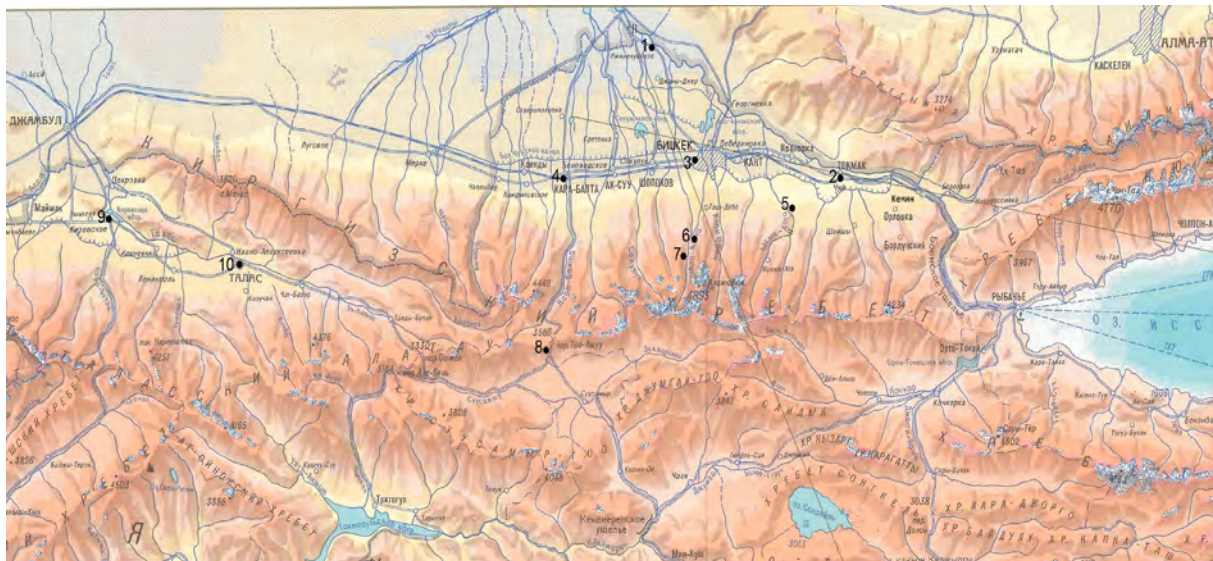


Рисунок 1 – Физико-географическая карта ССЗК с расположением использованных метеостанций.

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.)
6. Байтык (1,58 км) – низкогорная 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 южная (3,23 км) – Пригребневая зона южного склона Киргизского хребта (1954–2009 гг.)
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.)

ССЗК, и посвящена решению первой из названных задач: оценке потепления климата в полях средних годовых и средних месячных (центральные месяцы сезонов) температур. В ней, как и во всех других работах, методика обработки и интерпретации полученных климатических данных включала следующие основные положения [2–4]: 1) по исходным рядам 10 метеостанций (рисунок 1) вначале были рассчитаны скользящие 11-летние средние значения, чтобы проанализировать низкочастотные компоненты изменения климата, 2) затем по 11-летним данным найдены статистические характеристики линейных трендов, соответствующих периодам: 1930–1975 гг. (стабильный мировой климат), 1976–2010 гг. (потепление мирового климата) и всему анализируемому периоду в целом (1930–2010 гг.).

К сожалению, разные метеостанции имеют различный период наблюдений, что затрудняет проведение климатического анализа. Условно принято, что станции, имеющие общий период наблюдений, достаточно близкий к интервалу 1930–2010 гг., отнесены к длиннорядным. Получаемые по ним результаты и выводы наиболее достоверны. Поэтому различного рода осредненные по станциям

характеристики рассчитывались только по наблюдениям этих станций. Станции с более коротким периодом считались короткочастотными (в таблице 1 они отмечены звездочкой), и их данные приведены в таблице 1 в качестве дополнительных. Для них расчетные оценки найдены только для периода 1976–2010 гг.,

Всего оказалось только 5 длиннорядных станций – Токмак (0,82 км, 1932–2009 гг.), Бишкек (0,76 км, 1928–2009 гг.), Кировское (0,86 км, 1944–2009 гг.), Талас (1,22 км, 1930–2009 гг.) и Байтык (1,58 км, 1915–2009 гг.), первые 4 из которых характеризуют днище Чуйской и Таласской долин, а пятая – низкогорную зону северного склона Киргизского хребта. Короткочастотные станции дополнительно освещают осевую зону и запад Чуйской долины (Чуйская и Карабалта/Калининское), подножье (Ыссык-Ата/Юрьевка – 1,03 км), среднегорную (Альплагерь – 2,13 км) и высокогорную (Тюя-Ашу юж. – 3,23 км) зоны северного склона Киргизского хребта.

Уравнения линейных трендов искались в виде

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

где  $y$  – температура, °C/осадки, мм;  $x$  – год (например, 2005);  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$  (°C/год или мм/год) – угловые коэффициенты трендов соответственно за периоды 1930–1975, 1976–2010 и 1930–2010 гг.;  $b_0$  (°C или мм) – свободный член уравнений (различный для каждого из периодов);  $\pm s$  (°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. 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 [5]. На рисунке 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 четкими максимумами и минимумами, что имело место для всех станций и сезонов, как для температуры, так и осадков. Из верхнего рисунка следует, что тренды для 1930–1975 и 1976–2010 гг. терпят *границный разрыв* на стыке 1975/76 гг. из-за различий свободных членов уравнений  $b_0$  (соответственно равны:  $-0,46$  °C и  $-62,7$  °C), Одновременно общим правилом являлось так же то, что линии трендов имеют *различный наклон* из-за разницы по абсолютной величине (а часто и по знакам) угловых коэффициентов (на рисунке 2 значение

$b_1 = -0,0017$  °C/год, а  $b_2 = 0,0302$  °C/год). Поэтому надо помнить, что для значений  $b$  и  $\Delta T$  в общем случае справедливо:

$$b_3 \neq b_1, b_3 \neq b_2, b_3 \neq 0,5(b_1 + b_2)$$

$$\text{и } \Delta T_{81} \neq \Delta T_{46} + \Delta T_{35}, \quad (2)$$

что вытекает из методики их расчета. Это означает, что трендовые оценки изменений температур  $\Delta T$  от начала к концу периода и оценки самих значений температур  $T$  (например, по кратным десятилетиям внутри периодов) следует находить *только* по соответствующим им коэффициентам трендов, т. е., например, определять  $\Delta T_{35}$ ,  $\Delta T_{46}$  и  $\Delta T_{81}$  (индекс равен длительности периода в годах), соответственно по значениям  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$ .

**Результаты, обсуждение и 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, случайными длительностями и амплитудами фаз. При этом наибольшие различия по станциям и сезонам наблюдались для амплитуд фаз. Для средних температур центральных месяцев 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) наблюдалось очень слабые повышения/понижения температуры (близкие к нулевым) с малыми абсолютными скоростями,  $b_1 = -0,098 \dots, +0,076$  °C/10 лет и  $\Delta T_{46} = -0,5 \dots, 0,4$  °C. Только на станции Кировское повышение было существенным, скорость  $b_1 = 0,311$  °C/10 и  $\Delta T_{46} = 1,4$  °C. В среднем по 5 станциям, т. е. по территории ССЗК в целом  $b_1$  (сред.) =  $0,065$  °C/10 лет, что соответствовало  $\Delta T_{46}$  (сред.) =  $0,3$  °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

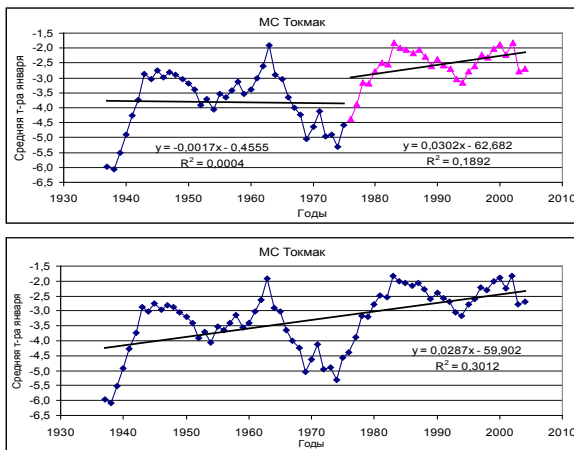


Рисунок 2 – Временной ход 11-летних январских температур для станции Токмак с графиками и уравнениями линейных трендов для периодов 1937–1975 и 1976–2004 гг. (верхний рисунок) и для всего периода в целом 1937–2004 гг. (нижний рисунок)

Таблица 1 – Итоговые результаты статистических характеристик по станциям ССЗК  
(все средние значения получены по данным только длиннорядных станций,  
жирным шрифтом выделены статистически значимые тренды)

| Метеостанция<br>(*короткорядная)    | Статистические характеристики и оценки |                          |                |                          |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------|--|--------------------------|----------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                     | $b_1^{\circ}\text{C}/10$               | $b_2^{\circ}\text{C}/10$ | $\Delta b$     | $b_3^{\circ}\text{C}/10$ | $\Delta T_{46}^{\circ}\text{C}$ | $\Delta T_{35}^{\circ}\text{C}$ | $\Delta T_{81}^{\circ}\text{C}$ |
| Средние годовые температуры         |  |                          |                |                          |                                 |                                 |                                 |
| Жаны-Жер*                           |  | <b>0,394</b>             |                |                          |                                 | 1,4                             |                                 |
| Токмак                              | 0,030                                  | 0,036                    | 0,0006         | <b>0,210</b>             | 0,1                             | 0,1                             | 1,7                             |
| Бишкек                              | <b>0,076</b>                           | <b>0,497</b>             | <b>0,0421</b>  | <b>0,198</b>             | 0,4                             | 1,7                             | 1,6                             |
| Кара-Балта*                         |  | <b>0,497</b>             |                |                          |                                 | 1,7                             |                                 |
| Ыссык-Ата*                          |  | <b>0,243</b>             |                |                          |                                 | 0,9                             |                                 |
| Байтык                              | 0,006                                  | <b>0,071</b>             | 0,0065         | <b>0,045</b>             | 0,3                             | 0,3                             | 0,4                             |
| Альплагерь*                         |  | <b>0,234</b>             |                |                          |                                 | 0,8                             |                                 |
| Тюя-Ашу *                           |  | -0,088                   |                |                          |                                 | -0,3                            |                                 |
| Кировское                           | <b>0,311</b>                           | <b>0,490</b>             | <b>0,0179</b>  | <b>0,293</b>             | 1,4                             | 1,7                             | 2,4                             |
| Талас                               | -0,098                                 | <b>0,258</b>             | <b>0,0356</b>  | <b>0,190</b>             | -0,5                            | 0,9                             | 1,5                             |
| <i>Среднее</i>                      | 0,065                                  | 0,270                    |                | 0,187                    | 0,3                             | 1,0                             | 1,5                             |
| Средние температуры января (зима)   |  |                          |                |                          |                                 |                                 |                                 |
| Жаны-Жер*                           |  | <b>0,320</b>             |                |                          |                                 | 1,1                             |                                 |
| Токмак                              | -0,017                                 | <b>0,302</b>             | 0,0319         | <b>0,287</b>             | -0,1                            | 1,1                             | 2,3                             |
| Бишкек                              | <b>0,268</b>                           | <b>0,513</b>             | 0,0245         | <b>0,396</b>             | 1,2                             | 1,8                             | 3,2                             |
| Кара-Балта*                         |  | 0,058                    |                |                          |                                 | 0,2                             |                                 |
| Ыссык-Ата*                          |  | <b>0,218</b>             |                |                          |                                 | 0,8                             |                                 |
| Байтык                              | 0,136                                  | 0,184                    | 0,0048         | <b>0,114</b>             | 0,6                             | 0,6                             | 0,9                             |
| Альплагерь*                         |  | <b>-0,400</b>            |                |                          |                                 | -1,4                            |                                 |
| Тюя-Ашу *                           |  | -0,016                   |                |                          |                                 | -0,1                            |                                 |
| Кировское                           | брак                                   | <b>1,258</b>             |                | <b>0,567</b>             | брак                            | 4,4                             | 4,6                             |
| Талас                               | -0,081                                 | <b>0,562</b>             | <b>0,0643</b>  | <b>0,258</b>             | -0,4                            | 2,0                             | 2,1                             |
| <i>Среднее</i>                      | 0,077                                  | 0,564                    |                | 0,324                    | 0,4                             | 2,0                             | 2,6                             |
| Средние температуры апреля (весна)  |  |                          |                |                          |                                 |                                 |                                 |
| Жаны-Жер*                           |  | -0,159                   |                |                          |                                 | -0,6                            |                                 |
| Токмак                              | <b>0,177</b>                           | -0,161                   | <b>-0,0338</b> | <b>0,200</b>             | 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                             |                                 |
| Ыссык-Ата*                          |  | 0,095                    |                |                          |                                 | 0,3                             |                                 |
| Байтык                              | <b>0,104</b>                           | <b>-0,414</b>            | <b>-0,0518</b> | <b>0,105</b>             | 0,5                             | -1,5                            | 0,9                             |
| Альплагерь*                         |  | 0,347                    |                |                          |                                 | 1,2                             |                                 |
| Тюя-Ашу*юж                          |  | -0,429                   |                |                          |                                 | -1,5                            |                                 |
| Кировское                           | <b>0,507</b>                           | -0,009                   | <b>-0,0516</b> | <b>0,190</b>             | 2,3                             | -0,03                           | 1,5                             |
| Талас                               | 0,019                                  | -0,211                   | -0,0230        | <b>0,179</b>             | 0,1                             | -0,7                            | 1,5                             |
| <i>Среднее</i>                      | 0,170                                  | -0,175                   |                | 0,130                    | 0,8                             | -0,6                            | 1,1                             |
| Средние температуры июля (лето)     |  |                          |                |                          |                                 |                                 |                                 |
| Жаны-Жер*                           |  | <b>-0,181</b>            |                |                          |                                 | -0,6                            |                                 |
| Токмак                              | -0,033                                 | <b>-0,398</b>            | <b>-0,0365</b> | <b>0,134</b>             | -0,2                            | -1,4                            | 1,1                             |
| Бишкек                              | <b>-0,213</b>                          | 0,105                    | <b>0,0318</b>  | 0,025                    | -1,0                            | 0,4                             | 0,2                             |
| Кара-Балта*                         |  | <b>-0,514</b>            |                |                          |                                 | -1,8                            |                                 |
| Ыссык-Ата*                          |  | 0,074                    |                |                          |                                 | 0,3                             |                                 |
| Байтык                              | -0,018                                 | <b>-0,456</b>            | <b>-0,0438</b> | 0,010                    | -0,1                            | -1,6                            | 0,1                             |
| Альплагерь*                         |  | <b>-0,404</b>            |                |                          |                                 | -1,4                            |                                 |
| Тюя-Ашу*юж                          |  | <b>0,249</b>             |                |                          |                                 | 0,4                             |                                 |
| Кировское                           | <b>0,078</b>                           | <b>-0,245</b>            | <b>-0,0323</b> | 0,025                    | 0,4                             | -0,9                            | 0,2                             |
| Талас                               | <b>-0,259</b>                          | <b>-0,094</b>            | <b>0,0165</b>  | 0,067                    | -1,2                            | -0,3                            | 0,5                             |
| <i>Среднее</i>                      | -0,089                                 | -0,218                   |                | 0,052                    | -0,4                            | -0,8                            | 0,4                             |
| Средние температуры октября (осень) |  |                          |                |                          |                                 |                                 |                                 |
| Жаны-Жер*                           |  | <b>0,578</b>             |                |                          |                                 | 2,0                             |                                 |
| Токмак                              | -0,007                                 | <b>0,402</b>             | <b>0,0409</b>  | <b>0,218</b>             | -0,03                           | 1,4                             | 1,8                             |

|             |               |              |               |               |      |     |      |
|-------------|---------------|--------------|---------------|---------------|------|-----|------|
| Бишкек      | -0,093        | <b>0,595</b> | <b>0,0688</b> | 0,085         | -0,4 | 2,1 | 0,7  |
| Кара-Балта* |               | <b>1,050</b> |               |               |      | 3,7 |      |
| Ыссык-Ата*  |               | <b>0,258</b> |               |               |      | 0,9 |      |
| Байтык      | <b>-0,220</b> | 0,160        | <b>0,0380</b> | <b>-0,100</b> | -1,0 | 0,6 | -0,8 |
| Альплагерь* |               | <b>0,615</b> |               |               |      | 2,2 |      |
| Тюя-Ашу*юж  |               | <b>0,190</b> |               |               |      | 0,7 |      |
| Кировское   | брак          | <b>0,448</b> |               | <b>0,325</b>  | брак | 1,6 | 2,6  |
| Талас       | -0,072        | <b>0,774</b> | <b>0,0846</b> | <b>0,256</b>  | -0,3 | 2,1 | 2,1  |
| Среднее     | -0,098        | 0,476        |               | 0,157         | -0,5 | 1,7 | 1,3  |

положительными и диапазон их изменения вырос,  $b_1 = 0,036 \dots, 0,497$  °C/10 лет и  $\Delta T_{46} = 0,1 \dots, 1,7$  °C. Средняя по 5 станциям скорость потепления в итоге была заметно выше (на границе умеренной и сильной),  $b_2$  (сред.) =  $0,270$  °C/10 лет, что дало  $\Delta T_{35}$  (сред.) =  $1,0$  °C. При этом существенных различий в интенсивности потепления по долинным и склоновым районам не наблюдалось.

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

По всем 10 станциям значения  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$  колебались в диапазоне от  $-0,098$  до  $0,497$  °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) наблюдалось слабые повышения/понижения температуры с малыми/умеренными абсолютными скоростями,  $b_1 = -0,081 \dots, +0,268$  °C/10 лет и  $\Delta T_{46} = -0,4 \dots, 1,2$  °C. В среднем по 4 станциям  $b_1$  (сред.) =  $0,077$  °C/10 лет, что соответствовало  $\Delta T_{46}$  (сред.) =  $0,4$  °C. При этом на склоновой станции Байтык также наблюдалось очень слабое потепление,  $b_1 = 0,006$  °C/10 лет и  $\Delta T_{46} = 0,3$  °C.

В период потепления мирового климата 1976–2010 гг. на всех 5 длиннорядных станциях 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 так же оказалась очень высокой,  $b_2$  (сред.) =  $0,564$  °C/10 лет и  $\Delta T_{35}$  (сред.) =  $2,0$  °C. При этом в долинных районах скорость была существенно

больше, чем на склонах хребтов: долинские районы (по 4 станциям) –  $b_2$  (сред.) =  $0,659$  °C/10 лет и  $\Delta T_{35}$  (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,  $b_3$  (сред.) =  $0,324$  °C/10 лет, что дало  $\Delta T_{81}$  (сред.) =  $2,6$  °C. При этом в долинных районах скорость была заметно выше, чем на склонах хребтов: долинские районы (по 4 станциям) –  $b_3$  (сред.) =  $0,377$  °C/10 лет и  $\Delta T_{81}$  (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 ССЗК 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  $b_1$  (сред.) =  $0,170$  °C/10 лет, что дало  $\Delta T_{46}$  (сред.) =  $0,8$  °C. При этом различий в интенсивности потепления 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  $b_2$  (сред.) =  $-0,175$  °C/10 лет, что соответствовало  $\Delta T_{35}$  (сред.) =  $-0,6$  °C. При этом похолодание в долинных районах было заметно меньше, чем на склонах хребтов: долинские районы (4 станции) –  $b_2$  (сред.) =  $-0,116$  °C/10 лет и  $\Delta T_{35}$  (сред.) =  $-0,4$  °C, для склоновой станции 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



Таблица 2 – Итоговые результаты повторяемости (%) статистических качеств  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  и  $\Delta b$  по 5 длиннорядным станциям совместно для года и центральных месяцев сезонов

| Показатель качества | Тренды по различным периодам и разность $\Delta b$ |       |            |       |
|---------------------|--|-------|------------|-------|
|                     | $b_1$  | $b_2$ | $\Delta b$ | $b_3$ |
| 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    |

Таблица 3 – Нормы средних температур по 5 длиннорядным станциям по месяцам и за год для 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.)

| Месяцы и год  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 1   | 2    | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   | Год  |
| 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 |
| -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  |
| 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  |

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  $b_3$  (сред.) = 0,130 °C/10 лет и  $\Delta T_{81}$  (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 статистически 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  $b_1$  (сред.) =  $-0,089$  °C/10 лет, что дало  $\Delta T_{46}$  (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, со скоростью  $b_2$  (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 трендовое 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,  $b_3$  (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,  $b_1 = -0,007 \dots, -0,22$  °C/10 лет и  $\Delta T_{46} = -0,03 \dots, -1,0$  °C. В среднем по 4 станциям это дало очень слабое похолодание с  $b_1$  (сред.) =  $-0,098$  °C/10 лет, что соответствовало  $\Delta T_{46}$  (сред.) =  $-0,5$  °C. При этом на склонах похолодание было заметно сильнее, чем в долинах: долинны районы (3 станции) –  $b_1$  (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,  $b_3$  (сред.) =  $0,476$  °C/10 лет и  $\Delta T_{35}$  (сред.) =  $1,7$  °C. При этом в долинных районах скорость потепления была в три раза более высокой, чем на склонах хребтов: долинны районы (4 станции) –  $b_2$  (сред.) =  $0,555$  °C/10 лет и  $\Delta T_{35}$  (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) так же наблюдалось трендовое 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  $\Delta T_{81}$  (сред.) =  $1,3$  °C. При этом в долинных районах шло умеренное потепление, а на склонах слабое похолодание: долинны районы (4 станции) –  $b_3$  (сред.) =  $0,221$  °C/10 лет и  $\Delta T_{81}$  (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 следующим (таблица 2). Повторяемость  $b_1$  со знаком “+” 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 положительными, а в 30 % – отрицательными, 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.

**8. Изменения норм средних температур по различным периодам** для 5 длиннорядных станций характеризуются следующим (таблица 3). 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 – Байтык, 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.

На практике по всем 10 станциям рекомендуется 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 1881–1980 гг. (различия лежат в пределах до ±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 да-

же 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 гораздо более высоких междугодовых колебаниях средних месячных температур по сравнению со средними годовыми. 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 1891–1980 гг. значения СКО совпадают или несколько выше, чем полученные за 1976–2010 гг.

#### *Литература*

1. Атлас Киргизской ССР. Том 1. Природные условия и ресурсы. М.: Изд. ГУГК СССР, 1987. 157 с.
2. *Подрезов О.А.* Интегральное по территории современное изменение климата Северного и Северо-Западного Кыргызстана / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов // Вестник КРСУ. 2017. Том 17. № 8. С. 181–188.
3. *Подрезов О.А.* Современное изменение осадков на территории Северного и Северо-Западного Кыргызстана / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов // Вестник КРСУ 2017. Том 17. № 8. С. 189–197.
4. *Подрезов О.А.* Изменение современного климата Северного и Северо-западного Кыргызстана (температура воздуха и осадки) / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2017.
5. *Закс Л.* Статистическое оценивание / Л. Закс. М.: Статистика, 1976. 598 с.