

Сатылканов Р.А.

**ЫСЫК-КӨЛ ӨРӨӨНҮНДӨГҮ КЛИМАТТЫН НЕГИЗГИ КӨРСӨТКҮЧТӨРҮНҮН  
УШУ КЕЗДЕГИ ӨЗГӨРҮШҮ**

Сатылканов Р.А.

**СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КЛИМАТА ИССЫК-  
КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ**

R.A. Satylkanov

**MODERN DYNAMICS OF THE MAIN PARAMETERS OF CLIMATE OF THE ISSYK-  
KUL BASIN**

УДК: 551,582 (575,2)

Бул макалада ар кандай бийиктиктерде жайгашкан метеорологиялык станциялардагы абанын температурасынын тренддери, Чон-Кызыл-Суу дарыясынын бассейниндеги ар кандай бийиктиктердеги үч чекиттеги температуранын түзүлгөн графиктери жана эсептеп чыгарылган вертикалдуу градиенттери берилген, алар Тескей-Ала Тоодогу бийиктиктердеги климаттык шарттардын айырмачылыктарын көрсөтөт. Ысык-Көл өрөөнүндө вертикалдуу градиент  $0,72^{\circ}/100$  м орточо чоңдуктун айланасында анча-мынча өзгөрүп турат. «Тянь-Шань-Кумтор» МС абанын жылдык температурасынын эсептеп чыгарылган жана бир кырка иретке келтирилген тренди 100 жылда  $1,3^{\circ}\text{C}$  болгондугу боюнча маселе талкууланат, бул станциянын ордун которгондон кийинки келтирилген иреттерге караганда дээрлик эки эсе аз.

**Негизги сөздөр:** метеорологиялык тармак, абанын атмосферасынын температуралары, температуранын вертикалдуу градиенттери, температуранын кышкы инверсиялары, абанын атмосферасынын жылдык температурасынын тренди, Кара-Баткак мөңгүсү, Чон-Кызыл-Суу.

В работе представлены тренды температуры воздуха на метеорологических станциях, расположенных на различных высотах, построенные графики и рассчитанные вертикальные градиенты температуры в трех точках разной высоты бассейна р.Чон-Кызыл-Суу, которые подтверждают различия климатических условий высотных поясов гор Тескей Ала-Тоо. В Иссык-Кульской котловине вертикальный градиент колеблется незначительно вокруг среднего значения  $0,72^{\circ}/100$  м. Обсуждается вопрос о том, что тренд годовой температуры воздуха на МС «Тянь-Шань-Кумтор», рассчитанный по температуре воздуха и приведенной к одному ряду, составляет  $1,3^{\circ}\text{C}$  за 100 лет, что почти в два раза меньше, чем в неприведенных рядах после переноса станции.

**Ключевые слова:** метеорологическая сеть, температуры атмосферы воздуха, вертикальные градиенты температуры, зимние инверсии температуры, тренд годовой температуры атмосферы воздуха, ледник Кара-Баткак, Чон-Кызыл-Суу.

The paper presents the trends of air temperature at the meteorological stations located at different altitudes, graphs, and calculated vertical gradients of temperature at three points of different heights of the basin of the Chon-Kyzyl-Suu, which confirm the differences in climatic conditions of high-altitude zones of the mountains of Teskey Ala-Too. In the Issyk-Kul basin, the vertical gradient fluctuates slightly around the mean value of  $0.72^{\circ}/100$  m. Discussed that the trend in annual air temperature for the MS "Tien Shan-Kumtor", calculated by the air temperature and in the same row, is  $1,3^{\circ}\text{C}$  per 100 years, which is almost two times less than in neprodanih the ranks after the transfer station.

**Key words:** weather network, the temperature of the atmospheric air, the vertical gradients of temperature, winter temperature inversions, the trend in annual temperature of atmospheric air, the glacier of the Kara-Batkak, Chon-Kyzyl-Suu.

**I. Температуры воздуха**

Начало систематических метеорологических наблюдений в Кыргызской Республике относится к 80-м годам XIX века. В сентябре 1881 г. была открыта метеостанция Пржевальск (Каракол) [1], а в 1894г. на западе котловины в одноименном населенном пункте была открыта метеостанция Рыбачье (Балыкчи). Работой этих станций ограничивались метеорологические наблюдения на территории Иссык-Кульской котловины до конца 20-х годов XX столетия.

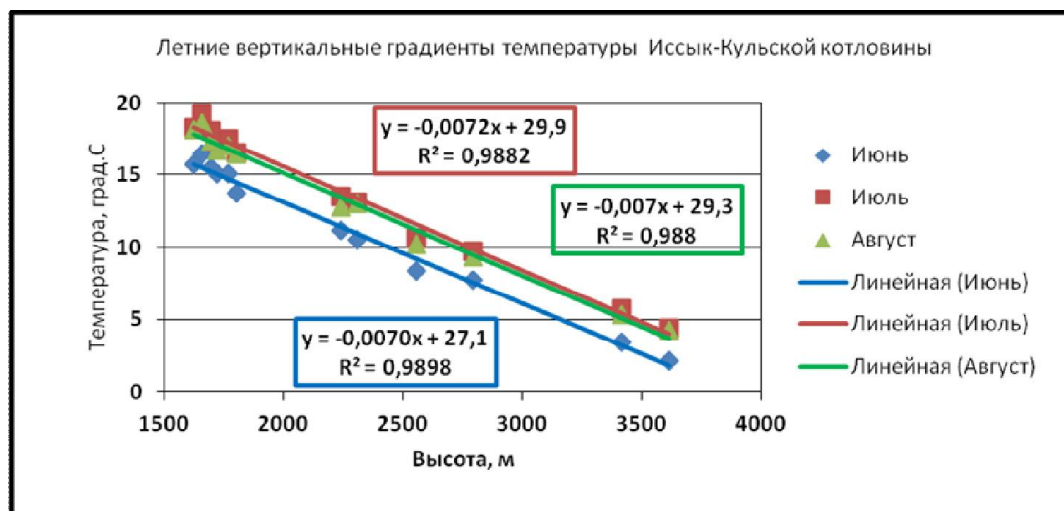
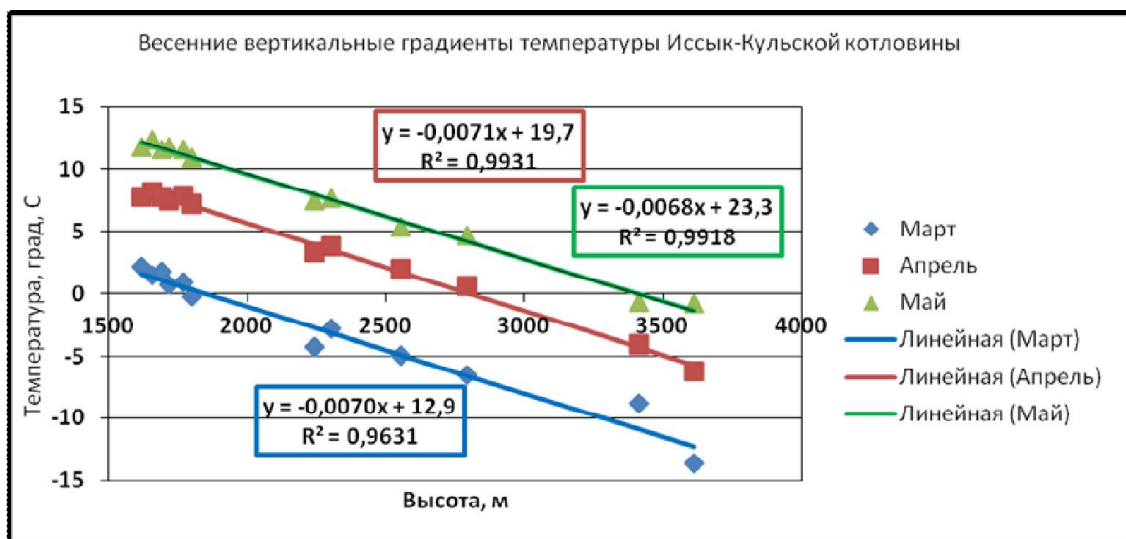
В 1928-1949 гг. в Иссык-Кульской котловине была открыта серия новых метеостанций, и их общее количество достигло 15 (табл.1). Метеостанции Бокомбаевское, Теплоключенка, Сан-Гаш, Чон-Ашуу были открыты в период интенсивного проведения гидрометеорологических наблюдений на территории Республики (1962-1979 гг.).

**Таблица 1. Список метеостанций (МС), действовавших в Иссык-Кульской котловине в разное время**

| Метеостанция                | Высота, м. | Период работы, г.  | Расположение  |
|-----------------------------|------------|--------------------|---|
| 1. Балыкчы (Рыбачье)        | 1658       | Действует с 1894   | Западная часть котловины, г. Балыкчи                        |
| 2. Балбай (Красный Октябрь) | 1645       | 1932-1999          | Северо-восточная часть котловины, с.Балбай                  |
| 3. Бокомбаевское            | 1800       | 1972-1999          | Южное побережье оз. Иссык-Куль, с Бокомбаев                 |
| 4. Чон-Кызыл-Суу            | 2555       | Действует с 1947 г | Северный склон хр. Терскей Ала-Тоо, долина р. Чон-Кызыл-Суу |
| 5. Каракол                  | 1770       | 1881-1943          | Восточная часть котловины, г. Каракол                       |

|   |        |                      |   |
|---|--------|----------------------|---|
| Каракол (Пржевальск)<br>(перенос МС №9) | 1716   | 1943-1997            | Восточная часть Иссык-Кульской котловины, г. Каракол  |
| 6. Каракол АМСГ (Пржевальск АМСГ)       | 1771   | 1932-1953            | Восточная часть котловины, г. Каракол                 |
| 7. Койсары                              | 1612   | 1928-1938, 1948-1955 | Восточная часть котловины, урочище Койсары            |
| 8. Кызыл-Суу (Покровка)                 | 1740   | Действует с 1951     | Юго - восточная часть котловины, с. Кызыл-Суу         |
| 9. Кырчын                               | 2100   | 1980-1992            | Южный склон хр. Кунгей Ала-Тоо, долина р. Ак-Суу      |
| 10. Михайловка                          | 1660   | 1935-1938            | Восточная часть котловины, с. Михайловка              |
| 11. Сан-Таш                             | 2236   | 1962-1999            | Северо-восточная часть котловины, перевал Сан-Таш     |
| 12. Тамга                               | 1690   | 1936-1987            | Южное побережье оз. Иссык-Куль, с. Тамга              |
| 13. Теплоключенка                       | 1920   | 1975-1987            | Юго-восточная часть котловины, долина р. Арашан       |
| 14. Чолпон-Ата                          | 1645   | Действует с 1928     | Северное побережье оз. Иссык-куль, г. Чолпон-Ата      |
| 15. Чон-Ашуу                            | 2794,4 | Действует с 1968     | Юго-восточная часть котловины, долина р. Тургень-Аксу |

Таким образом, на территории Иссык-Кульской котловины в разное время действовало 15 метеорологических станций. Десять из них располагались на приозерной равнине, четыре в зоне предгорий и на склонах, обрамляющих ее горных хребтов, одна – МС Сан-Таш - на одноименном перевале, замыкающем восточную оконечность котловины в районе стыка хребтов Кунгей- и Тескей Ала-Тоо. На рисунке 1 приведены вертикальные градиенты температуры воздуха по данным метеостанций Иссык-Кульской области.



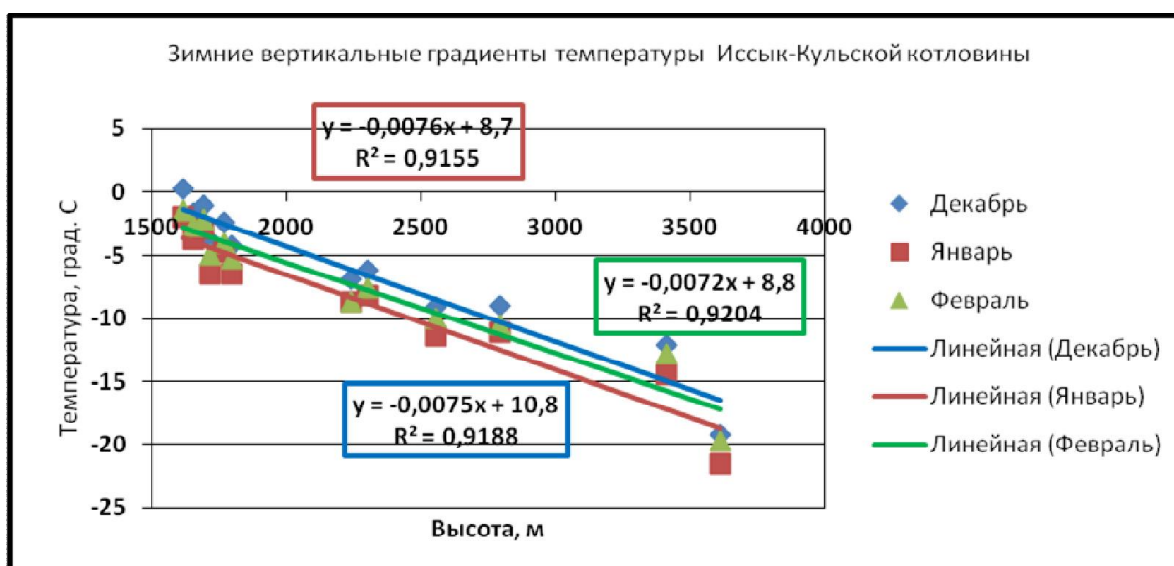
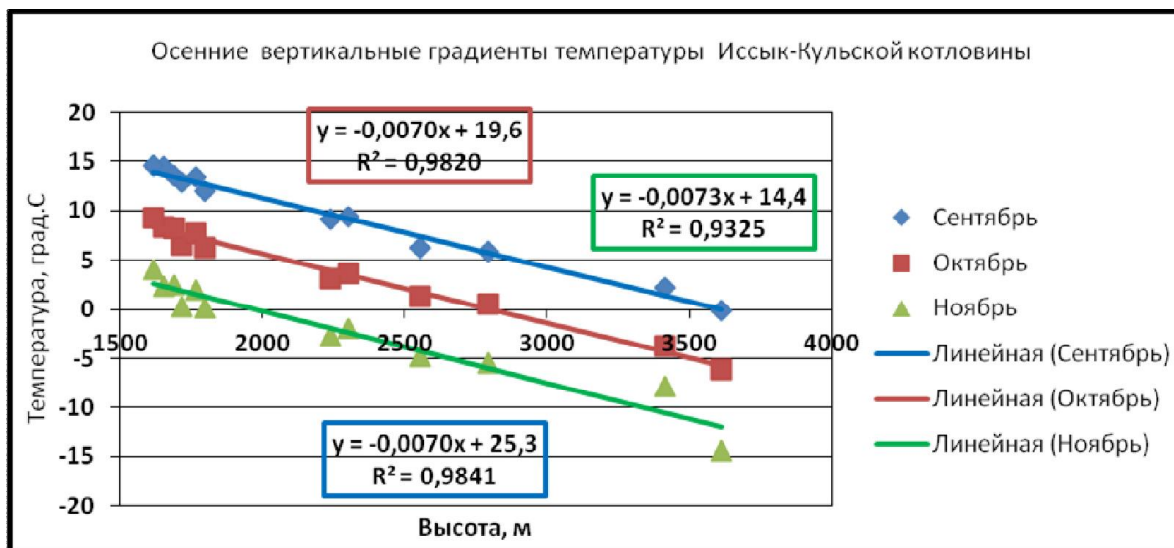


Рис.1. Весенние, летние, осенние и зимние вертикальные градиенты температуры воздуха Исык-Кульской котловины.

В наших исследованиях были привлечены данные действующих в настоящее время и ранее существовавших метеостанций (табл. 1). Из всех вышеперечисленных метеостанций в настоящее время работают только 4, это: Балыкчи (Рыбачье), Чолпон-Ата, Кызыл-Суу (Покровка), Чон-Ашуу. На станциях Балыкчи и Чолпон-Ата ряды наблюдений были нарушены в связи с их переносом, соответственно, в 1958 и 1971 гг.

Для расчета вертикальных градиентов температуры воздуха Исык-Кульской котловины были использованы средние месячные значения температуры воздуха 11-ти метеостанций, находящихся на различных высотах, включая и МС Тянь-Шань, которая расположена за пределами котловины, но в непосредственной близости от ее южной границы (рис.1). В таблице 2 приведены месячные и годовые высотные градиенты температуры воздуха Исык-Кульской котловины.

Таблица 2. Месячные и годовые высотные градиенты температуры воздуха, град.С/100 м

| Регион                  | 1    | 2    | 3   | 4    | 5    | 6   | 7    | 8    | 9   | 10  | 11   | 12   | Год  |
|-------------------------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|
| Исык-Кульская котловина | 0,76 | 0,72 | 0,7 | 0,71 | 0,68 | 0,7 | 0,72 | 0,71 | 0,7 | 0,7 | 0,73 | 0,75 | 0,72 |

Из приведенных таблиц следует, что максимальных значений вертикальный температурный градиент воздуха Иссык-Кульской котловины достигает в июне-августе, когда дни наиболее длинные, а ночи наиболее короткие, и он незначительно колеблется вокруг среднего значения 0,72°/100 м. Вероятно, это связано с отсутствием зимних инверсий температуры воздуха в западной части Иссык-Кульской котловины.

На рисунке 2 показан ход среднегодовой температуры воздуха по данным МС Кызыл-Суу за весь период наблюдений.

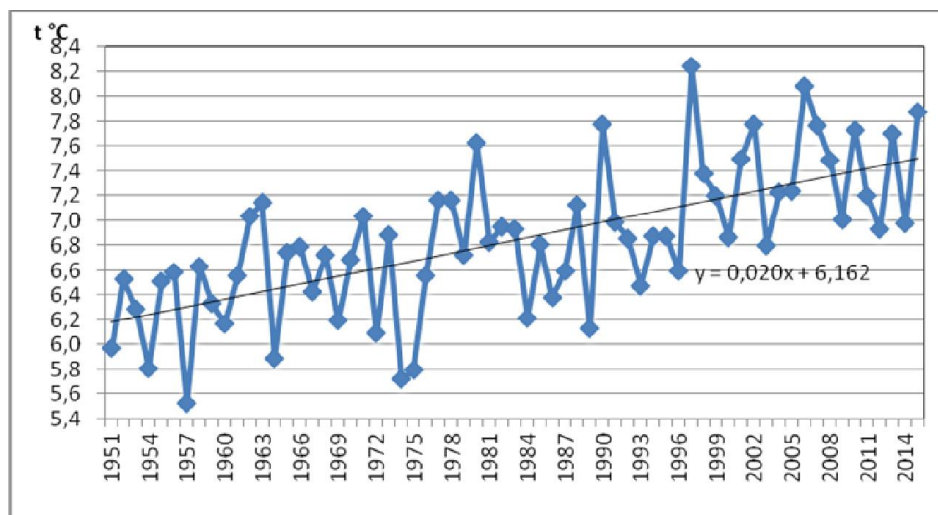


Рис 2. Средняя годовая температура воздуха на МС Кызыл-Суу с 1951 по 2015 гг. и ее годовой тренд.

В зимнее время на распределение температуры воздуха большое влияние оказывает рельеф местности, и этот фактор зачастую доминирует над влиянием абсолютной высоты и широты местности. В вогнутых формах рельефа холодный воздух застаивается и поэтому сильно охлаждается. В связи с этим во многих высокогорных впадинах и долинах зимой имеют место инверсии температуры воздуха [2].

Тренд годовой температуры воздуха на МС Кызыл-Суу в период с 1951 по 2015 гг. составил 1,3°С/64 лет, или 0,02°С в год (рис. 2), превысив значения тренда метеорологических станций, расположенных в приозерной равнине.

Тренд годовой температуры воздуха на МС Чолпон-Ата в период с 1972 по 2015 гг. составил 0,82°С/43 лет, или 0,019°С в год (рис. 3).

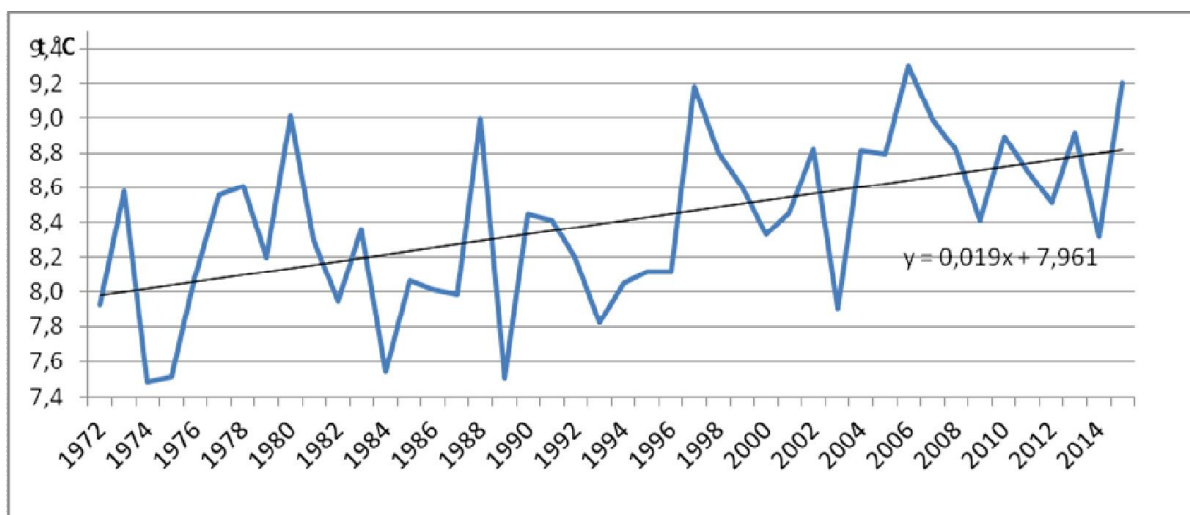


Рис 3. Средняя годовая температура воздуха на МС Чолпон-Ата с 1972 по 2015 гг. и ее годовой тренд.

Тренд годовой температуры воздуха на МС Балыкчы в период с 1972 по 2015 гг. составил 1,0°С/58 лет, или 0,017 °С в год (рис. 4).

Для сравнительного анализа трендов температуры воздуха на вышеуказанных станциях нами выбран временной интервал 1972-2015 гг. В этот период ряды наблюдений на станциях приозерной равнины не нарушались, а начало отчета трендов приходится приблизительно на середину базового периода 1960-1990 гг., относительно которого ведутся прогностические расчеты изменений климата. Нами были рассчитаны тренды средней месячной температуры воздуха на станциях приозерной равнины с 1972 по 2014 гг. (рис.5).

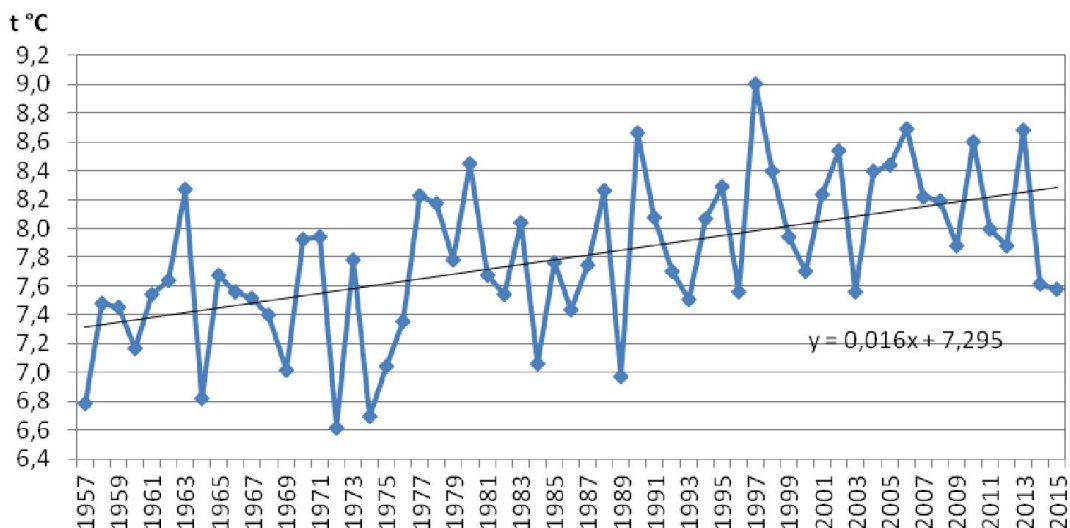


Рис 4. Средняя годовая температура воздуха на МС Балыкчи с 1957 по 2015 гг. и ее годовой тренд.

На рисунке 5 показано, что во внутригодовом ходе трендов отмечаются 3 пика максимумов - в марте, июне и сентябре, разделяемые тремя минимумами в апреле, июле и декабре. В самом жарком месяце – июле - температура воздуха в течение последних 42 лет на всех трех станциях была стабильной. Близкое расположение к озеру станции Чолпон-Ата оказывает умеряющее влияние на колебания температуры, поэтому здесь наблюдаются минимальные значения годовых трендов.

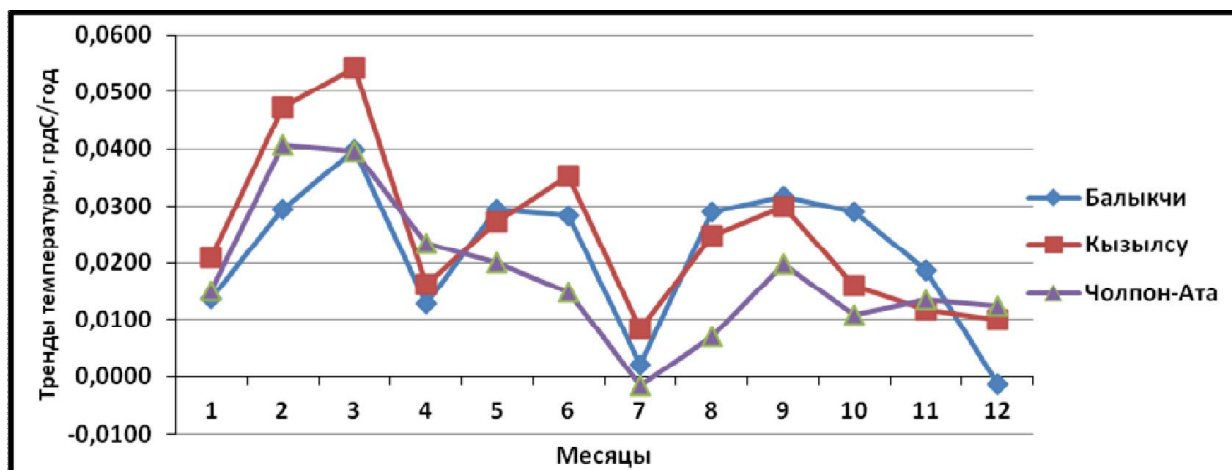


Рис. 5. Месячные тренды температуры воздуха на станциях приозерной равнины 1972-2014 гг.

На территории Кыргызстана из-за небольшой ее протяженности с севера на юг (от 43° до 39°с.ш.) влияние широты на температуру воздуха незначительно. Однако большое влияние на термический режим оказывает рельеф местности. При подъеме от подножий гор к вершинам наблюдается такая же многочисленная смена тепловых зон, как и при продвижении на тысячи километров с юга на север.

На базе Тянь-Шаньского высокогорного научного центра (ТШВНЦ) Института водных проблем и гидроэнергетики НАН КР, расположенного в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу, ведутся исследования современных изменений климата в 3-х разновысотных точках:

- 1 - озерный стационар Кара-Булун, на высоте 1609 м;
- 2 - гидрометеорологический стационар Чон-Кызыл-Суу, на высоте 2555 м;
- 3 - гляциологический стационар Кара-Баткак, на высоте 3300 м.

Наблюдения на этом вертикальном створе позволяют исследовать современную динамику изменения климата на различных высотах и уточнить разработанные глобальные климатические модели изменения климата в Центрально Азиатском регионе. Следует отметить, что в настоящее время наблюдения на метеостанции (МС) Кызыл-Суу выполняются в системе Кыргызгидромета, а на гидрометеорологическом стационаре (ГМС) Чон-Кызыл-Суу наблюдения выполнялись только в период с 1951 по 1991 гг. С 2007 г. эти наблюдения были восстановлены на базе ТШВНЦ. С этого же времени метеонаблюдения выполняются и на леднике Кара-Баткак (бассейн р. Чон-Кызыл-Суу). Параллельно с мониторингом изменения климата здесь проводятся наблюдения за динамикой биологического разнообразия и сукцессией растительности различных высотных поясов, а также - за динамикой баланса массы ледника Кара-Баткак и речного стока р. Чон-Кызыл-Суу. Это позволит изучить влияние современных изменений климата на различные компоненты географической среды.

Различия климатических условий разновысотных поясов гор весьма существенны. Так, например, интенсивность солнечной радиации возрастает примерно на 10% на каждый километр высоты [3]. Однако длинноволновое излучение земной поверхности с высотой увеличивается еще быстрее, поэтому температура воздуха понижается в среднем на 0,5-0,6° на каждые 100 м подъема в горы.

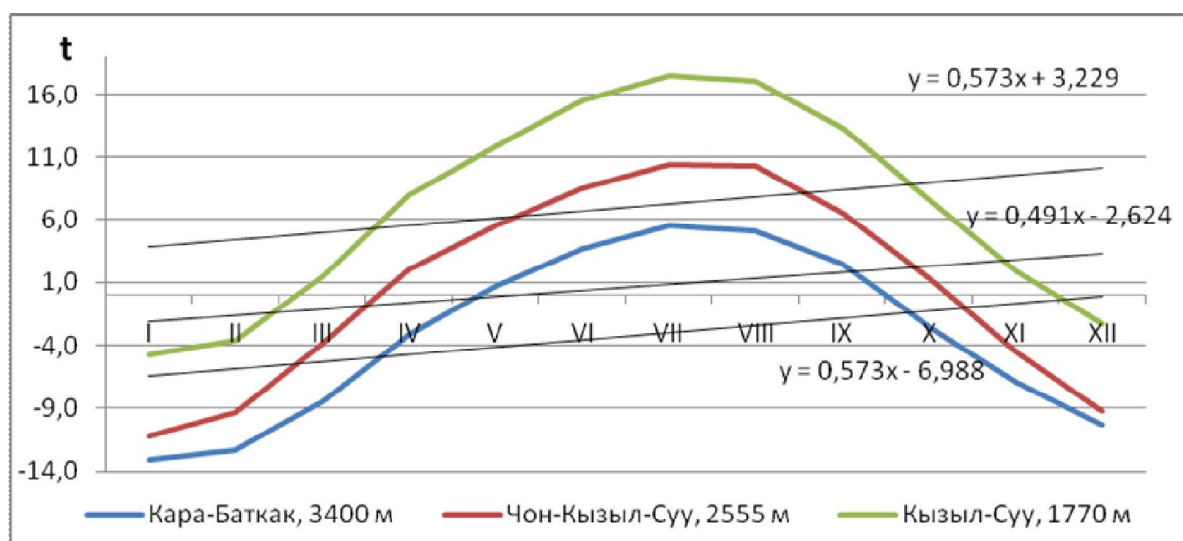


Рис. 6. Месячные тренды температуры воздуха в вертикальных зонах бассейна р.Чон-Кызыл-Суу, 1961-2015 гг.

Для изучения влияния глобального потепления на климатические условия разновысотных поясов была восстановлена температура атмосферы воздуха по уравнениям связи МС Кызыл-Суу, ГМС Чон-Кызыл-Суу и МС Кара-Баткак. Полученные на ТШВНЦ данные по температуре воздуха на метеорологических станциях, расположенных на различных высотах, выстроенные графики и рассчитанные вертикальные градиенты температуры в трех точках разной высоты бассейна р.Чон-Кызыл-Суу, подтверждают различия климатических условий высотных поясов гор Терской Ала-Тоо (рис. 6-11). В качестве примера на рисунке 6 приведены месячные тренды температуры воздуха в вертикальных зонах бассейна р.Чон-Кызыл-Суу. Из приведенного рисунка следует, что имеет место хорошая синхронизация месячных трендов температуры воздуха на МС Кызыл-Суу, Чон-Кызыл-Суу и Кара-Баткак в период с 1961 по 2015 гг. Там же было установлено, что максимальных значений вертикальный температурный градиент достигает в период июнь-август (рис. 6). Среднемесячные значения вертикального температурного градиента за период 1961-2015 гг. на ГМС Чон-Кызыл-Суу составляют 0,810 °C /100 м, на МС Кара-Баткак - 0,457 °C /100 м (рис. 6). На рисунках 7-11 приведены среднегодовые и сезонные градиенты температура воздуха в вертикальных зонах бассейна р.Чон-Кызыл-Суу 1961-2015 гг.

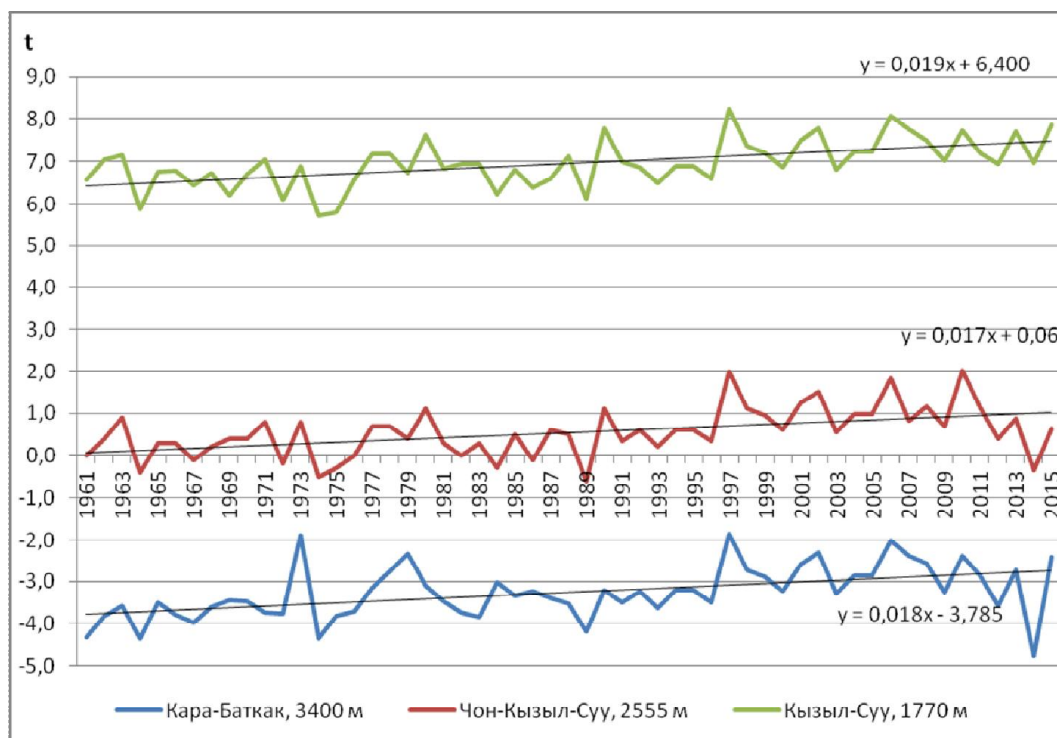


Рис. 7. Среднегодовые градиенты температура воздуха в вертикальных зонах бассейна р.Чон-Кызыл-Суу 1961-2015 гг.

Тренд годовой температуры воздуха с 1961 по 2015 гг. на МС Кызыл-Суу составляет  $1,1^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,02^{\circ}\text{C}$  в год, на МС Чон-Кызыл-Суу -  $0,9^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,017^{\circ}\text{C}$  в год, на МС Кара-Баткак -  $1,0^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,018^{\circ}\text{C}$  в год (рис. 7). Для сравнения, летний тренд температуры воздуха с 1961 по 2015 гг. на МС Кызыл-Суу составляет  $0,74^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,014^{\circ}\text{C}$  в год, на МС Кара-Баткак тренд весьма значительный - с  $1,5^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,028^{\circ}\text{C}$  в год (рис. 8).

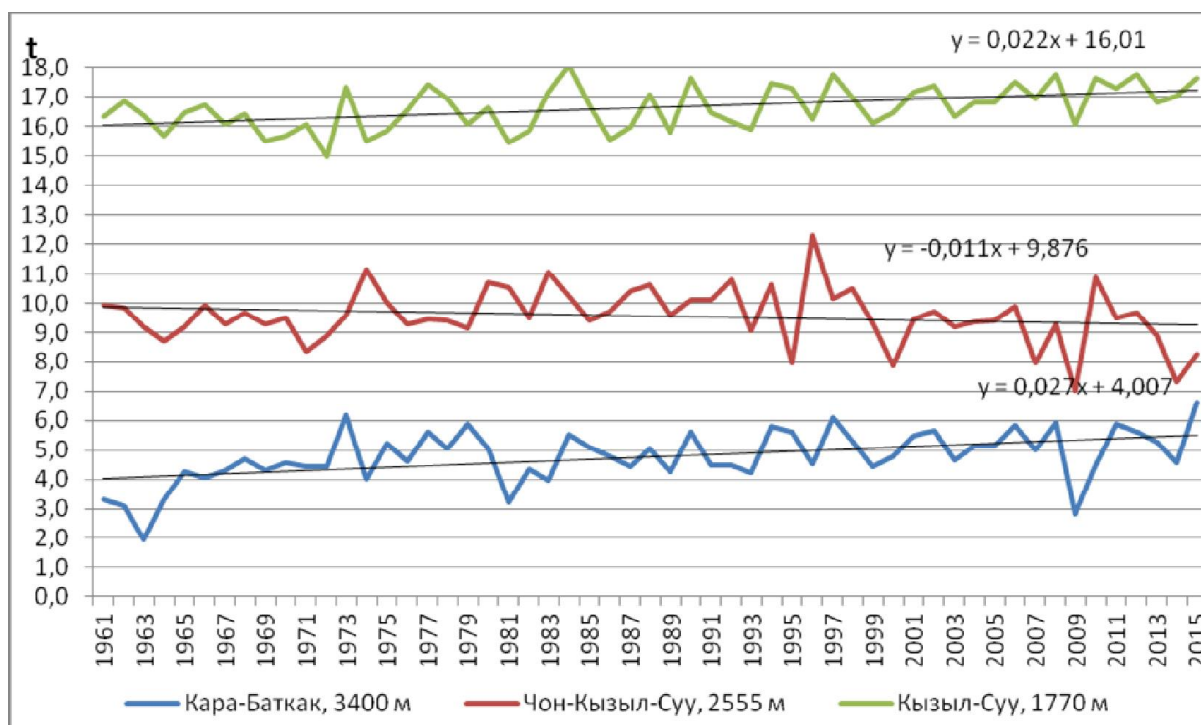


Рис. 8. Летние вертикальные градиенты температуры воздуха в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу 1961-2015 гг.

Осенний тренд температуры воздуха с 1961 по 2015 гг. на МС Кызыл-Суу и МС Кара-Баткак весьма значительный -  $1,6^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,029^{\circ}\text{C}$  в год, а на МС Чон-Кызыл-Суу он составляет  $1,05^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,019^{\circ}\text{C}$  в год (рис. 9).

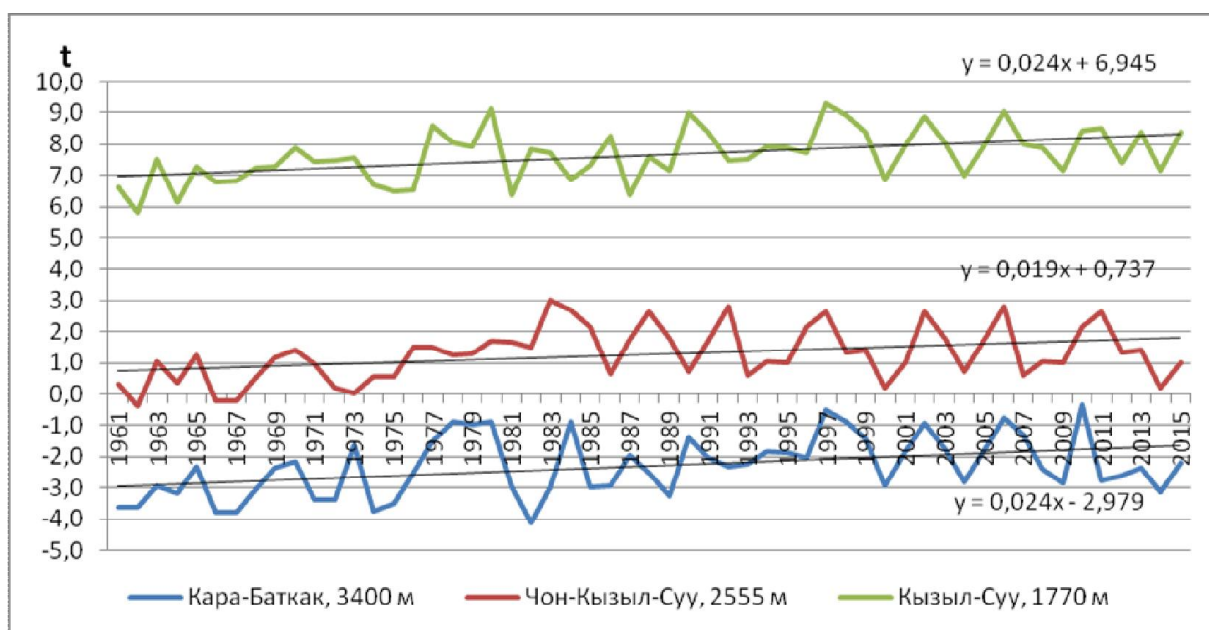


Рис. 9. Осенние вертикальные градиенты температуры воздуха в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу 1961-2015 гг.

Зимний тренд температуры воздуха с 1961 по 2015 гг. на МС Кызыл-Суу и Чон-Кызыл-Суу составили  $1,2^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,022^{\circ}\text{C}$  в год, а на МС Кара-Баткак он значительно ниже -  $0,65^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,012^{\circ}\text{C}$  в год (рис. 10).

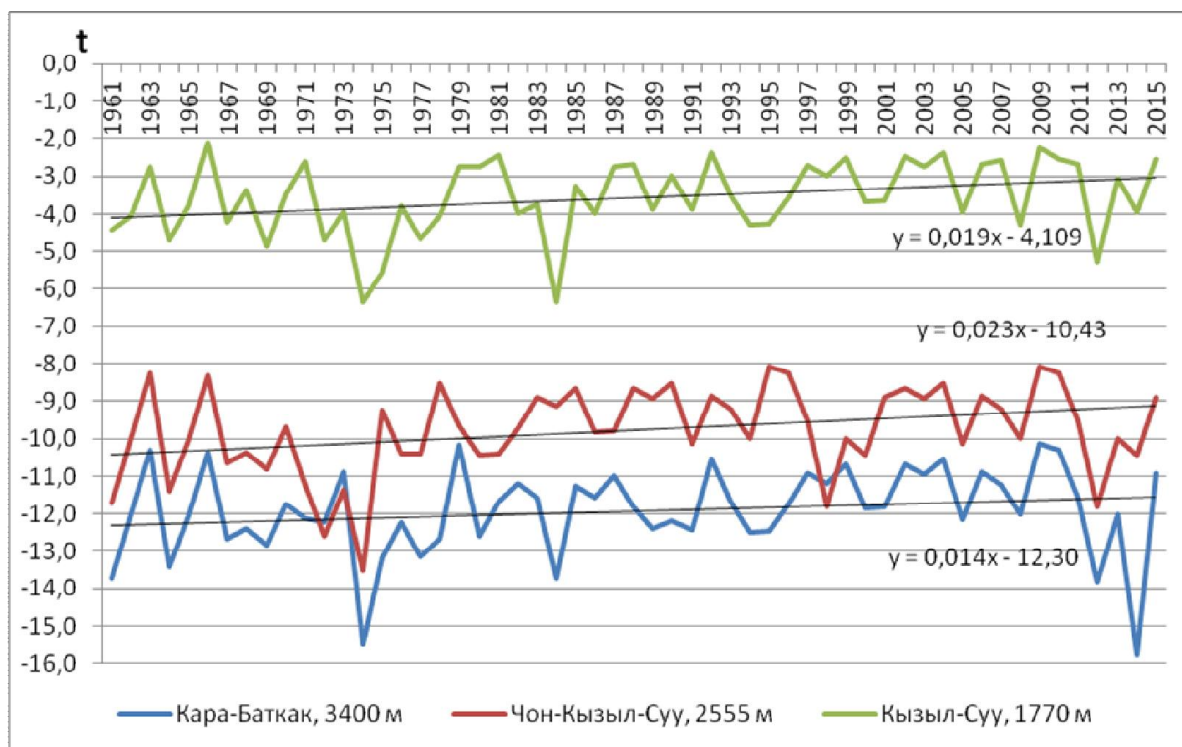


Рис. 10. Зимние вертикальные градиенты температуры воздуха в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу 1961-2015 гг.

Весенний тренд температуры воздуха с 1961 по 2015 гг. на МС Кызыл-Суу составляет  $0,75^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,014^{\circ}\text{C}$  в год, на МС Чон-Кызыл-Суу -  $1,25^{\circ}\text{C}/54$  лет, или  $0,023^{\circ}\text{C}$  в год, а на МС Кара-Баткак -  $0,55^{\circ}\text{C}/54$  лет,



или 0,01°C в год (рис. 11). В таблице 3 приведены сезонные тренды температуры воздуха в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу в период 1961-2015 гг.

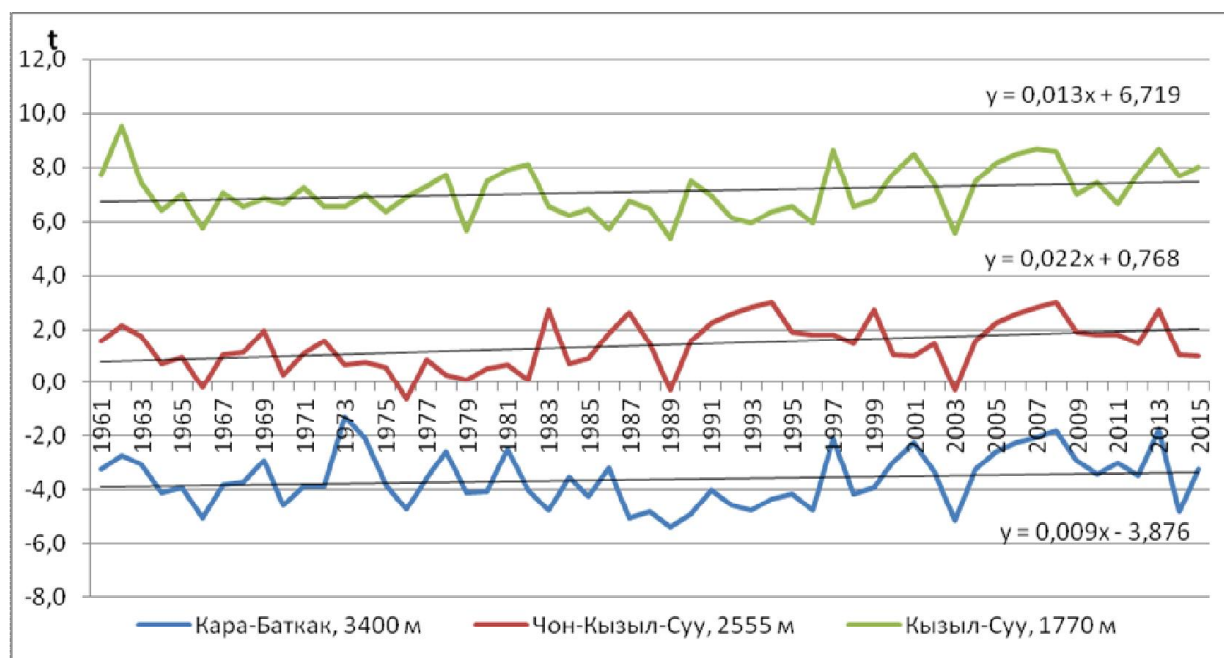


Рис. 11. Весенние вертикальные градиенты температуры воздуха в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу 1961-2015 гг.

В таблице 3 приведены сезонные тренды температуры воздуха в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу в период 1961-2015 гг. в градусах С

Таблица 3. Сезонные тренды температуры воздуха в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу в период 1961-2015 гг. в градусах С

| Тренды   | МС Кызыл-Суу | МС Чон-Кызыл-Суу | МС Кара-Баткак |
|----------|--------------|------------------|----------------|
| Летний   | 0,74         | -0,6             | 1,5            |
| Осенний  | 1,6          | 1,05             | 1,6            |
| Зимний   | 1,2          | 1,2              | 0,65           |
| Весенний | 0,75         | 1,25             | 0,55           |
| Годовой  | 1,1          | 0,9              | 1,0            |

В скально-нивальном поясе бассейна р.Чон-Кызыл-Суу, где аккумулируются значительные по массе ледово-водные ресурсы, температура воздуха в летний и осенний сезон повысилась на 1,5 и 1,6°C. Для сравнения: в лесном поясе рост температуры воздуха в зимний и весенний сезоны составил 1,2 и 1,25°C, в степной прибрежной зоне озера Иссык-Куль значительный рост температуры воздуха наблюдается в осенний сезон - 1,6°C за 54 лет. В связи с этим следует ожидать, что такая тенденция к изменению климатических условий в скально-нивальном поясе этого бассейна в летний и осенний сезоны может привести к уменьшению стока рек в связи с интенсивной деградацией ледников, к изменению баланса массы ледников и к сдвигу соотношения генетических составляющих речного стока. Для наглядности влияния температуры воздуха на абляцию ледников можно привести в пример ледник Кара-Баткак: суммарная ежегодная абляция в 2013 г. составила 2537 мм вод.экв., в 2014 г. 2404 мм вод.экв., в 2015 г. 2725 мм вод.экв. [4]. Столь значительные расхождения в суммарной абляции этого ледника связаны с тем, что в июле 2015 г. на этом леднике был аномально жарким июль месяц, и, наоборот, в абляционный период 2014 г. было в целом прохладно (рис. 8).

Для сравнения: среднесуточное стаивание ледника Кара-Баткак за период 1956 – 1968 гг. составило 2,5 см/сут [5], что соответствует 22,5 мм в. экв./сут; рассчитанная нами среднесуточная абляция ледника за период 2013-2016 гг. [6] составила 25,2 мм в. экв./сут. Это наглядно свидетельствует об увеличении абляции этого ледника в сравниваемые периоды на 12%. Восстановленная нами усредненная температура воздуха за абляционные периоды 1961-1968 гг. составила 3,2°C усредненная температура за аналогичные периоды 2013-2016 гг составила 4,0°C. Это может свидетельствовать о повышении температурного фона гляциально-нивальная зона всего бассейна р. Чон-Кызыл-Суу.

По данным Сумароковой В.В [7], на ледниках Ала-Арчинского бассейна (Чуйская область) на каждый градус положительной температуры воздуха приходится в среднем 7,2 мм вод.экв. Полученные данные по Ала-Арчинскому бассейну согласуются с данными В.Л.Шульца [8] и других авторов, занимающихся аналогичными расчетами (7 мм на 1° положительной температуры). Однако стаивание снега в пересчете на воду на 1°

положительной температуры, по данным наблюдений на ледниках Адыгине и Ак-Сай, колеблется в пределах 3,7-4,0 мм [7], что ниже величины (5 мм), которую дает В.Л.Шульд [8]. Это может свидетельствовать как о недостаточно надежном методе теоретического анализа, не подкрепленного результатами наземных наблюдений, так и о недостаточно продолжительном ряде наблюдений на ледниках Адыгене и Ак-Сай.

В целом на языке ледника Кара-Баткак отмечается хорошая корреляция величины абляции льда с повышением температуры воздуха (рис. 12). Баланс массы ледника Кара-Баткак в 2013/2014 и 2014/2015 гг. был отрицательным -950 мм и - 880 мм, соответственно [4].

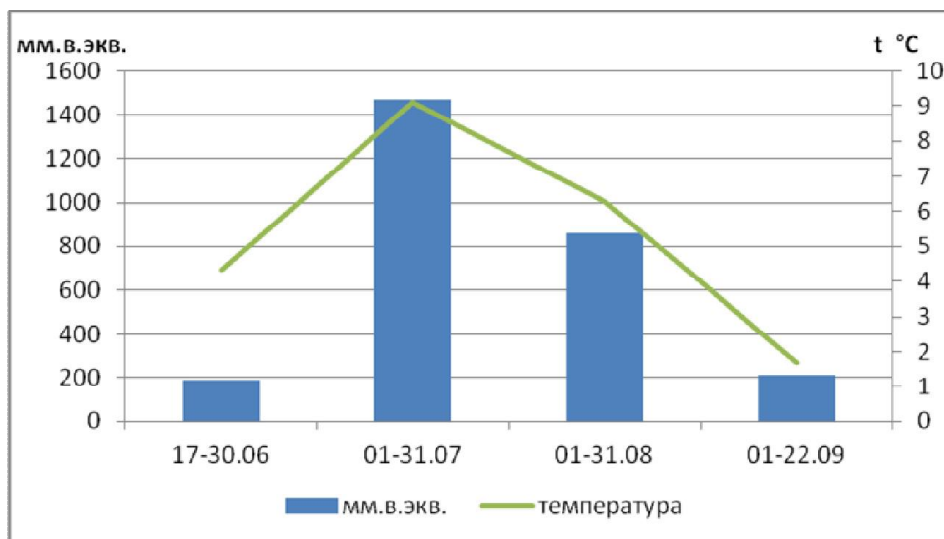


Рис. 12. Абляция языка ледника Кара-Баткак в 2015 г. и тренд температуры воздуха.

Известно, что термический режим метеостанций во многом зависит от рельефа местности. При положении станций в отрицательных формах рельефа – днищах долин, низинах – как правило, в холодное время года и в ночное время наблюдаются низкие температуры воздуха, обусловленные застоем холодного воздуха, называемого приземными температурными инверсиями [2]. При положении станций на положительных формах рельефа – гребнях хребтов, холмов – приземные температурные инверсии отсутствуют, в связи с чем на таких станциях в холодное время года и в ночное время регистрируются более высокие температуры. С 1930 по 1999 гг. МС Тянь-Шань располагалась на низменной части высокогорной долины на высоте 3614 м, а в 1999 году она была перенесена на 1 км к югу на высоту 3675 м. и получила название «Тянь-Шань-Кумтор». Для наглядности на рисунке 13 приведены сделанные В.В. Романовским расчеты тренда годовой температуры воздуха на МС «Тянь-Шань-Кумтор» после переноса станции в 1999 году, не приведенной к одному ряду [9].

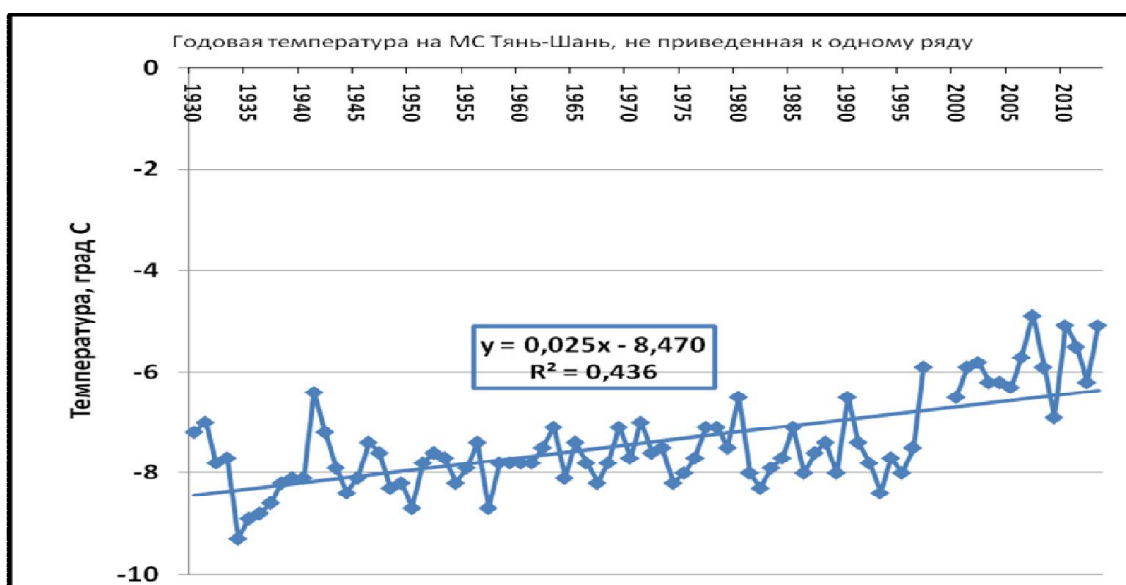


Рис 13. Тренд годовой температуры воздуха на МС «Тянь-Шань-Кумтор» после переноса станции, не приведенной к одному ряду.

На рисунке 13 видно, что перенос этой станции вызвал увеличение средних годовых температур после 1998 г., что свидетельствует о нарушении однородности рядов наблюдений.

**Таблица 4. Уравнения связи средних месячных и годовых температур воздуха МС «Сары-Таш» и «Тянь-Шань»**

|     |                     |      |                     |
|-----|---------------------|------|---------------------|
| I   | $Y = 0,8365x - 7,7$ | VII  | $Y = 0,5787x - 1,3$ |
| II  | $Y = 0,7910x - 7,9$ | VIII | $Y = 0,6209x - 2,0$ |
| III | $Y = 0,7115x - 6,9$ | IX   | $Y = 0,9037x - 5,1$ |
| IV  | $Y = 0,7845x - 5,2$ | X    | $Y = 0,8979x - 5,3$ |
| V   | $Y = 0,7862x - 3,8$ | XI   | $Y = 0,5831x - 9,2$ |
| VI  | $Y = 0,6031x - 2,0$ | XII  | $Y = 0,8833x - 7,0$ |
|     |                     | Год  | $Y = 0,6862x - 5,9$ |

Для приведения результатов метеонаблюдений наблюдений к одному ряду нами были построены графики связи средних месячных и годовых температур воздуха МС «Тянь-Шань-Кумтор» с высокогорными МС «Сары-Таш» (Н=3159 м) и «Тоо-Ашуу-южная» (3200 м). Большой ряд наблюдений МС «Сары-Таш» (действует с 1933 года) и высокие коэффициенты корреляции среднемесячных и годовой температур (табл. 5) позволили нам выполнить расчеты поправочных коэффициентов по данным МС «Сары-Таш» (табл. 6).

**Таблица 5. Квадраты коэффициентов корреляции среднемесячных температур воздуха МС «Сары-Таш» и «Тянь-Шань-Кумтор»**

|                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   | Год   |
| R <sup>2</sup> | 0,685 | 0,705 | 0,628 | 0,651 | 0,603 | 0,592 | 0,744 | 0,652 | 0,672 | 0,563 | 0,405 | 0,684 | 0,698 |

По уравнениям связи были рассчитаны поправки к среднемесячным температурам МС «Тянь-Шань-Кумтор» (табл. 6) и среднемесячные значения температуры воздуха после переноса станции с 1999 по 2015 гг. приведены к одному ряду (табл. 7).

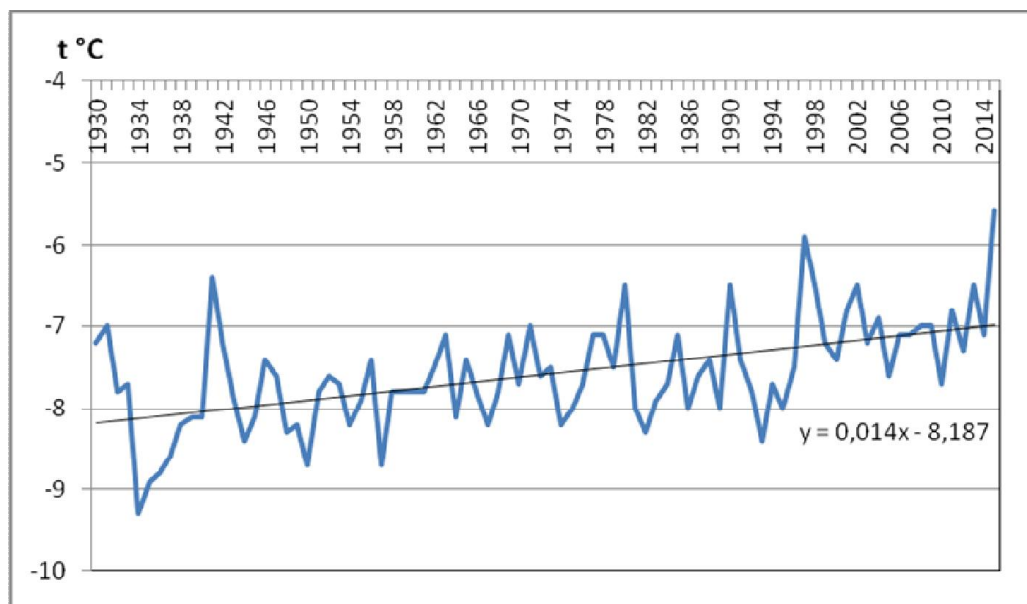
**Таблица 6. Поправки к средним месячным температурам МС «Тянь-Шань-Кумтор», рассчитанные по уравнениям связи с МС «Сары-Таш»**

|         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|         | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
| 1999    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | -1,1 | -1,1 | -4,8 | -2,5 |
| 2000    | -1,9 | -1,9 | -1,0 | -1,2 | 0,3  | -0,6 | -0,3 | -0,6 | -0,2 | -0,6 | -1,1 | -1,8 | -0,9 |
| 2001    | -1,6 | -2,8 | -3,0 | -0,2 | 0,4  | -1,0 | -0,9 | -0,8 | 0,4  | 1,1  | -2,0 | 0,1  | -0,9 |
| 2002    | -1,1 | -1,7 | -1,8 | -1,5 | -0,3 | -0,9 | -0,8 | -1,1 | -1,9 | 1,2  | 3,3  | -1,9 | -0,7 |
| 2003    | -1,8 | -2,0 | -1,0 | 0,9  | -3,8 | -0,4 | -0,1 | -1,0 | -2,0 | 0,2  | -1,4 | -0,4 | -1,1 |
| 2004    | -2,8 | -1,6 | 5,0  | -3,3 | 0,0  | -1,5 | -1,4 | -0,8 | -0,2 | -1,8 | 0,0  | -1,1 | -0,8 |
| 2005    | -0,9 | -0,9 | -2,5 | -2,6 | -1,3 | -1,1 | -0,9 | -0,8 | -0,6 | -1,3 | -0,1 | -2,8 | -1,3 |
| 2006    | -2,6 | -2,0 | -2,0 | -1,1 | -0,4 | 0,7  | -0,3 | -1,0 | -1,2 | -0,3 | -2,6 | -3,3 | -1,4 |
| 2007    | -3,5 |      |      | -3,5 | -1,6 | -0,4 | -1,1 | -0,6 | -0,9 | -0,7 | -2,4 | -0,5 | -2,2 |
| 2008    | -2,2 | -1,2 | -1,5 | -2,0 | -1,0 | -1,3 | -0,4 | -0,7 | -1,5 | -0,2 | 0,1  | -1,2 | -1,1 |
| 2009    | 0,0  |      |      | -1,6 | 0,3  | -0,4 | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 1,9  | -0,4 | -0,8 | -0,1 |
| Среднее | -1,8 | -1,7 | -0,8 | -1,6 | -0,7 | -0,7 | -0,6 | -0,7 | -0,8 | -0,1 | -1   | -1,5 | -1   |

Из таблицы 6 следует, что поправки наиболее велики в холодное время года, когда температурные инверсии могут наблюдаться в течение суток. В теплое время года они уменьшаются, так как температурные инверсии приходится в основном на ночной период.

По уравнениям связи МС Сары-Таш и Тянь-Шань-Кумтор нами были рассчитаны ряды температуры, приведенные после 1998 года к одному ряду (рис.14). Тренд годовой температуры воздуха на МС «Тянь-Шань-

Кумтор», приведенной к одному ряду, составляет  $1,3^{\circ}\text{C}$  за 85 лет (рис. 14), что почти в два раза меньше [9], чем в неприведенных рядах после переноса станции (рис.13).



**Рис. 14.** Годовая температура воздуха на МС «Тянь-Шань–Кумтор», приведенная к одному ряду по температуре на МС Сары-Таш. 1930-2015 гг.

В связи с вышеизложенным, можно сделать следующие выводы:

1. В Иссык-Кульской котловине вертикальный градиент незначительно колеблется вокруг среднего значения  $0,72^{\circ}/100$  м. Это связано с отсутствием зимних инверсий температуры на побережье озера Иссык-Куль в западной половине котловины.
2. Во внутригодовом ходе трендов отмечаются 3 пика максимумов - в марте, июне, сентябре, разделяемые тремя минимумами - в апреле, июле, декабре.
3. На примере МС Кумтор показано, что даже незначительное перемещение метеостанций может существенно сказаться на изменении фиксируемых температур воздуха.
4. Наибольшие поправки к среднемесячным температурам следует вводить в холодное время года, когда температурные инверсии могут наблюдаться в течение суток, а в теплое время года они уменьшаются, так как температурные инверсии приходятся в основном на ночной период.
5. Температура воздуха, не являясь непосредственным элементом водного баланса, может определять величину речного стока и испарения с акватории озера Иссык-Куль.
6. Полученные результаты расчетов и анализа можно использовать в качестве реперных для экстраполяции на аналогичные ледники и речные бассейны Северного Тянь-Шаня.

#### Литература:

1. Романовский В.В., Кузьмиченко В.А., Маматканов Д.М., Подрезов А.О. Все об озере Иссык-Куль. Энциклопедическое справочное пособие по природе и экологии озера и котловины. Бишкек, 2005, -С. 404.
2. Мамонтова Л.И., Хромов С.П. Метеорологический словарь. Гидрометеиздат, Ленинград, 1974 г., 568 стр.
3. Романовский В.В., Маматканов Д.М., Кузьмиченко В.А., Подрезов О. Все об озере Иссык-Куль. Энциклопедический справочник по озеру и котловине. Бишкек, 2014, -С. 403.
4. Отчет лаборатории Гляциологии Тянь-Шаньского высокогорного научного центра Института водных проблем и гидроэнергетики НАН КР. Бишкек, 2015, - С. 59.
5. Диких А.Н. Режим современного оледенения Центрального Тянь-Шаня. Фрунзе, Илим, 1982, 159 с.
6. Отчет лаборатории Гляциологии Тянь-Шаньского высокогорного научного центра Института водных проблем и гидроэнергетики НАН КР. Бишкек, 2016.
7. Сумарокова В.В. Факторы таяния ледников в бассейне реки Ала-Арча. Гляциологические исследования на Тянь-Шане. Издательство "Илим", Фрунзе, 1965. - с. 36-45.
8. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Географгиз, М., 1949.
9. Отчет Института водных проблем и гидроэнергетики НАН КР "Мониторинг ледников и гидрометеорологических условий на концессионной площади ЗАО «Кумтор Голд Компани» (КГК) в бассейнах рек Арабель и Учкол". Б., 2014, - С. 59.

Рецензент: к.б.н., доцент Осмонбаева К.Б.