

УДК 911.52 (575.2)

ПОТЕПЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА СЕВЕРНОГО КЫРГЫЗСТАНА (ЗА 80-летие 1930–2010 гг.)

А.О. Подрезов

На основании многолетних наблюдений метеостанций рассматривается потепление климата Северного Кыргызстана в полях различных температурных характеристик.

Ключевые слова: Северный Кыргызстан; современное потепление климата.

Наблюдающееся потепление местного климата Северного Кыргызстана (СК), под территорией которого в настоящем исследовании понимается Чуйская долина и северный склон Кыргызского Ала-Тоо, является следствием или откликом на глобальное потепление земного шара [1–6]. Однако неверно думать, что оно происходит как аналогичное потепление для северного полушария Земли путем такого же повышения во времени его средних месячных и средних годовых температур воздуха. Процесс гораздо сложнее и во многих деталях существенно отличается от глобального (который является результатом суммирования многих индивидуальных местных потеплений), что вызвано влиянием сугубо местных условий территории СК.

Чтобы выявить детальную структуру наблюдающегося современного потепления климата Северного Кыргызстана за последние 80-лет (период, для которого имеются массовые инструментальные наблюдения за климатом), использовались данные 7 метеостанций Кыргызгидромета, расположенных в Чуйской долине и на склоне Кыргызского Ала-Тоо на высотах от 0,60 до 3,23 км за разный период наблюдений с 1914 по 2009 год. Для статистико-климатического анализа потепления сделаны следующие выборки характеристик температуры из многолетних наблюдений метеостанций:

- среднегодовых и среднемесячных значений, отражающих в целом средние годовые и средние месячные температурные условия;
- средних из минимальных суточных значений для каждого месяца, характеризующих в среднем выводе *средние ночные* температурные условия месяца;
- средних из абсолютных минимальных месячных значений, т. е. полученных по ее самым низким отметкам в течение каждого месяца

и характеризующих в среднем выводе *экстремально холодные погоды*, которые могут наблюдаться ежегодно в этом месяце;

- средних из максимальных суточных значений для каждого месяца, характеризующих в среднем выводе *средние послеполуденные* температурные условия месяца;
- средних из абсолютных максимальных месячных значений, т. е. полученных по ее самым высоким отметкам в течение каждого месяца и характеризующих в среднем выводе *экстремально теплые погоды*, которые могут ежегодно наблюдаться в этом месяце.

Для оценки временных изменений климата в полях перечисленных характеристик температуры воздуха использовались общепринятые в климатологии научные методы анализа [2, 3, 7, 10]: 1) выделение в исходных рядах температуры основных тенденций их временных изменений в форме линейных трендов; 2) выделение в исходных рядах температуры ее случайных колебаний, имеющих различные периодичности, знаки и амплитуды, с помощью цифровой фильтрации рядов методом скользящих средних; 3) определения норм температур и характеристик их межгодовой изменчивости (СКО – среднеквадратических отклонений) для трех последовательных стандартных климатических периодов: 1931–1960 гг. – ближайший прошлый климат, 1961–1990 гг. – “базовый климат” только что истекшего тридцатилетия, 1991–2009 (2020) гг. – настоящий и ближайший будущий климат. Предполагается, что оценки температурных норм, полученные для текущего тридцатилетия 1991–2020 гг. по его начальному 19-летнему периоду, являются показательными и существенно не изменятся к 2020 году. В пользу этого говорят все имеющиеся результаты по исследованиям колебаний климата.

Приведем самые показательные данные по всем температурным параметрам и станциям, характеризующие местные особенности потепления климата Северного Кыргызстана, которые существенно расширяют предыдущие результаты климатических исследований [8, 9].

1. Основная тенденция изменения температуры (линейные тренды)

В таблице 1 для года и центральных месяцев сезонов приведены угловые коэффициенты линейных трендов b_i (°C/10 лет) для всех характеристик температуры по 3 станциям Чуйской долины и 4 станциям склона Кыргызского Ала-Тоо, характеризующие скорости изменения температуры на интервале периода работы станций по 2009 г. включительно. Жирным шрифтом выделены статистически значимые b_i на уровне доверительной вероятности $p=0,95$. На рисунке 1 показан пример трендов годовых температур для 4 станций.

Данные таблицы показывают, что: 1) коэффициенты b_i изменяются в очень широком диапазоне, от $-0,82$ до $0,97$ °C/10 лет, что свидетельствует как о возможных интенсивных похолоданиях, так и таких же интенсивных потеплениях (по различным станциям, сезонам или температурам); 2) из 175 рассчитанных трендов статистически значимыми оказалось только 52 или 30 %, т. е. на имеющихся временных интервалах наблюдений станций величина случайных межгодовых колебаний температуры в 70 % случаев “преобладала” над ее закономерными трендовыми изменениями; 3) кроме МС Токмак (средние температуры) ни по одной температурной характеристике нет статистически значимых трендов; 4) характер потепления в Чуйской долине был гораздо более интенсивным, устойчивым и четко выраженным по сравнению со склоном Кыргызского Ала-Тоо; 5) все это свидетельствует о сложном и неоднозначном общем процессе потепления местного климата, имеющем сугубо свои местные особенности даже на станциях, удаленных на расстояние в 30 км.

Чуйская долина. Оказалось (таблица 1), что на всех станциях долины – Чуйская, Бишкек и Токмак – наибольшее потепление наблюдается зимой в поле абсолютных минимальных температур, которое шло в январе с очень высокими скоростями, равными $0,72-0,97$ °C/10 лет. Это означает, что произошло значительное снижение повторяемости и интенсивности аномально холодных зимних погод. Одновременно в Токмаке и Бишкеке в январе наблюдалось весьма существенное потепление и в полях всех других температур с b_i , равными $0,27-0,60$ °C/10 лет.

Напротив, станция Чуйская, данные которой могут быть использованы только как ориентировочные для периода 1972–2009 гг., отмечала зимой большую скорость похолодания в поле абсолютных максимальных температур с $b_i = -0,57$ °C/10 лет и меньшие скорости в отдельные сезоны в полях других температур. Все 7 отрицательных трендов наблюдались только на этой станции.

Устойчивое потепление в полях средних температур со статистически значимыми трендами для года и центральных месяцев сезонов отмечала МС Токмак. Возможным объяснением этого является значительная подверженность восточной части Чуйской долины фоновому эффекту преобладающих здесь восточных ветров.

Для Бишкека характерны высокие и статистически значимые скорости потепления в январе в полях не только абсолютных минимальных ($b_i = 0,97$ °C/10 лет), но и всех других температур с $b_i = 0,49-0,60$ °C/10 лет. При этом $b_i = 0,60$ °C/10 лет соответствует абсолютной максимальной температуре, т. е. интенсивное потепление зим здесь шло одновременно как за счет уже отмеченного *снижения* повторяемости и интенсивности аномально холодных погод, так и за счет параллельного *увеличения* повторяемости и интенсивности аномально теплых погод.

Важно отметить, что июльские скорости потепления в Токмаке и Бишкеке малы (в Бишкеке для средних максимальных и абсолютных максимальных температур они равны $0,06$ °C/10 лет), это означает, что летние дни не стали более жаркими, а аномально теплые летние погоды практически не увеличили свою повторяемость и интенсивность. Одновременно для Бишкека низкие скорости роста летних средних минимальных и абсолютных минимальных температур означают, что ночи сохранили свою прохладу и, с этой точки зрения, экологические условия климата не ухудшились.

Очень наглядно вся эта картина для Бишкека представлена в таблице 2, где приведены рассчитанные по линейным трендам для десятилетий 1930–2020 гг. оценки всех характеристик температур для января и июля.

Хорошо видно, что абсолютные максимальные (экстремально высокие) температуры выросли в январе на $4,7$ °C – от $9,5$ °C в 1930 г. до $14,2$ °C в 2010 г., тогда как в июле этот рост был очень мал – от $37,1$ до $37,6$ °C. В то же время абсолютные минимальные температуры в январе выросли еще больше, на $7,8$ °C – от $-23,7$ °C в 1930 г., до $-15,9$ °C в 2010 г., тогда как в июле этот рост так же был мал – от $11,9$ до $13,0$ °C. В полях средних дневных и средних ночных температур потепление

Таблица 1 – Угловые коэффициенты линейных трендов температуры (°С/10 лет)
по метеостанциям за периоды их наблюдений (жирным шрифтом отмечены значимые тренды)

Год, сезон	Температура				
	Средняя	Средняя минимальная	Средняя максимальная	Абсолютная минимальная	Абсолютная максимальная
МС Чуйская (0,60 км, 1972–2009 гг., 38 лет) – ось долины, ее северная зона					
Год	0,49	0,44	0,53	0,55	0,47
Январь	0,34	0,28	-0,05	0,81	-0,57
Апрель	-0,09	-0,08	0,05	0,07	0,56
Июль	0,09	0,22	-0,12	-0,17	-0,04
Октябрь	0,51	0,28	0,65	0,57	0,54
МС Токмак (0,82 км, 1929–2009 гг., 81 год) – ось долины, ее восточная зона					
Год	0,29	0,30	0,26	0,44	0,30
Январь	0,36	0,41	0,28	0,72	0,27
Апрель	0,18	0,17	0,14	0,18	0,27
Июль	0,13	0,16	0,17	0,09	0,27
Октябрь	0,22	0,14	0,11	0,13	0,28
МС Бишкек (0,76 км, 1928–2009 гг., 82 года) – подгорная равнина, центр долины					
Год	0,24	0,29	0,26	0,48	0,30
Январь	0,49	0,54	0,50	0,97	0,60
Апрель	0,08	0,11	0,13	0,19	0,14
Июль	0,01	0,14	0,06	0,13	0,06
Октябрь	0,15	0,13	0,12	0,30	0,25
МС Юрьевка (1,03 км, 1957–2009 гг., 53 года) – подножье хребта					
Год	0,21	0,23	0,31	0,35	0,37
Январь	-0,02	0,12	-0,08	0,32	0,06
Апрель	0,18	0,17	0,25	0,22	0,35
Июль	0,10	0,22	0,28	0,03	0,33
Октябрь	0,25	0,17	0,39	0,36	0,22
МС Байтык (1,58 км, 1914–2009 гг., 96 лет) – низкогорная зона склона					
Год	0,05	0,05	0,09	0,09	0,18
Январь	0,03	0,08	0,13	0,20	0,18
Апрель	0,11	0,04	0,17	0,09	0,29
Июль	0,05	-0,005	0,03	-0,04	0,13
Октябрь	-0,05	-0,04	0,01	0,20	0,19
МС Альплагерь (2,13 км, 1978–2009 гг., 32 года) – среднегорная зона					
Год	0,14	0,13	0,27	0,30	0,31
Январь	-0,50	-0,48	-0,34	-0,82	-0,26
Апрель	0,09	0,14	0,18	0,09	0,74
Июль	-0,30	-0,30	-0,13	-0,08	-0,58
Октябрь	0,23	0,26	0,38	1,38	0,17
МС Тюя-Ашу юж. (3,23 км, 1958–2009 гг., 52 года) – высокогорная зона склона					
Год	0,13	0,12	0,03	0,17	0,06
Январь	-0,03	0,05	-0,21	0,04	-0,20
Апрель	-0,09	-0,10	-0,27	-0,16	-0,55
Июль	0,10	0,11	0,15	0,26	0,53
Октябрь	0,33	0,15	0,32	0,29	0,36

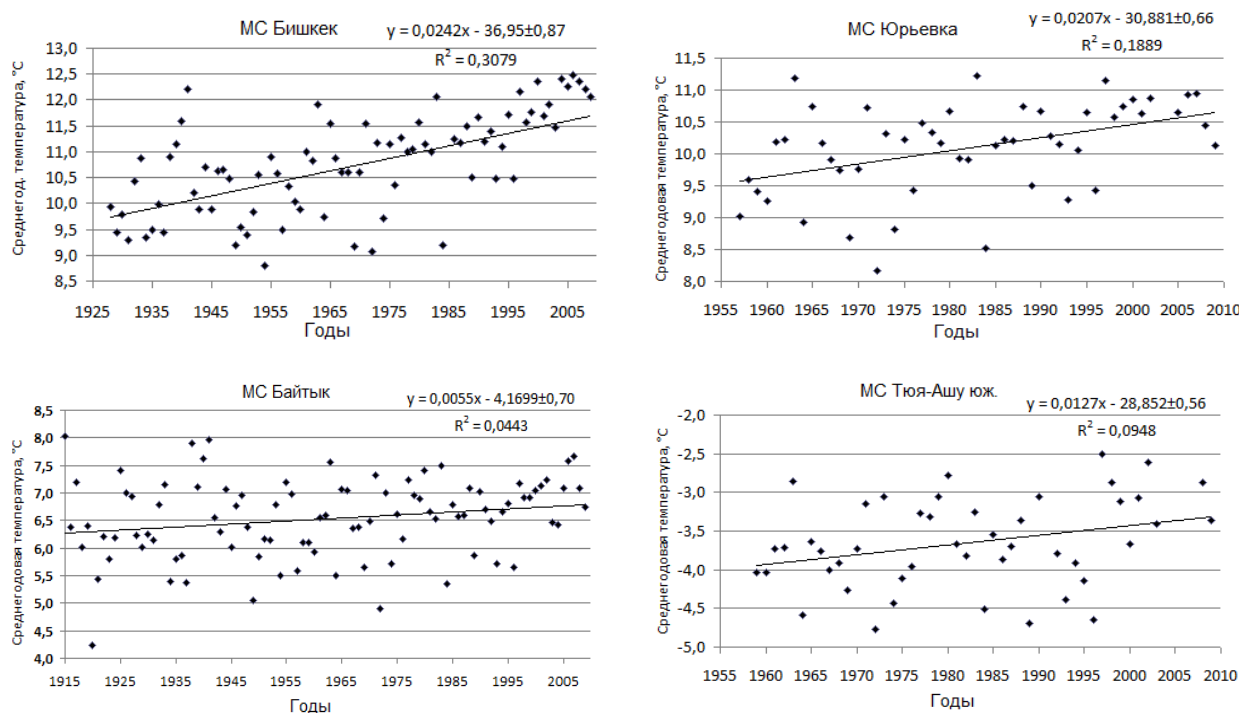


Рисунок 1 – Временной ход средних годовых температур (точки) с линиями и уравнениями линейных трендов по 4 метеостанциям Чуйской долины и склона Кыргызского Ала-Тоо

Таблица 2 – Рассчитанные трендовые значения различных характеристик температуры по десятилетиям 1930–2020 гг. для Бишкека в январе и июле (°C)

Год	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Абсолютные минимальные (экстремально низкие) температуры										
Январь	-23,7	-22,7	-21,7	-20,8	-19,8	-18,8	-17,8	-16,9	-15,9	-14,9
Июль	11,9	12,0	12,1	12,3	12,4	12,6	12,7	12,8	13,0	13,1
Средние минимальные (средние ночные) температуры										
Январь	-10,9	-10,3	-9,8	-9,2	-8,7	-8,1	-7,6	-7,1	-6,5	-6,0
Июль	17,1	17,2	17,4	17,5	17,7	17,8	17,9	18,1	18,2	18,4
Средние температуры										
Год	9,8	10,0	10,2	10,5	10,7	11,0	11,2	11,5	11,7	11,9
Январь	-5,4	-5,0	-4,5	-4,0	-3,5	-3,0	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0
Июль	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,6	24,6	24,6	24,6
Средние максимальные (средние дневные) температуры										
Январь	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Июль	31,2	31,3	31,3	31,4	31,4	31,5	31,6	31,6	31,7	31,7
Абсолютные максимальные (экстремально высокие) температуры										
Январь	9,5	10,1	10,7	11,2	11,8	12,4	13,0	13,6	14,2	14,8
Июль	37,1	37,1	37,2	37,3	37,3	37,4	37,4	37,5	37,6	37,6

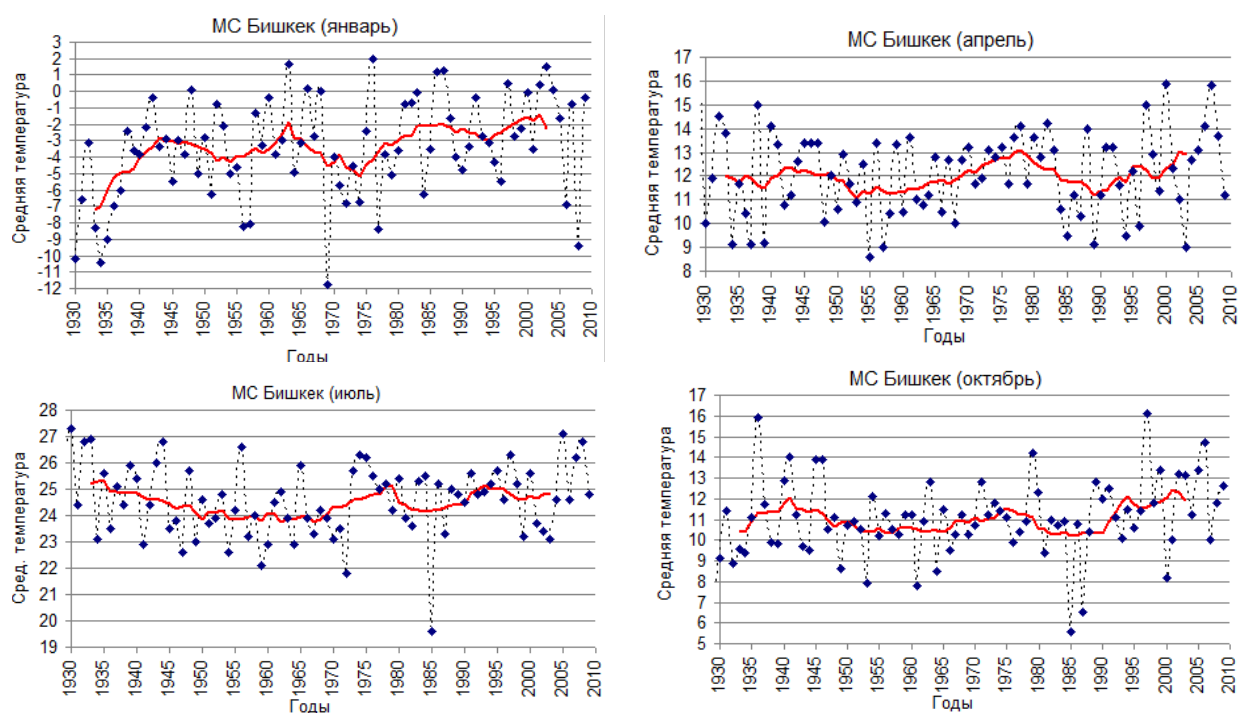


Рисунок 2 – Временной ход средних месячных температур (точки) и кривые 11-летних скользящих средних по метеостанции Бишкек для центральных месяцев сезонов – января, апреля, июля и октября

также было сильно выражено для зимы и слабо для лета. Все это говорит о весьма благоприятной картине произошедшего за последние 80 лет повышения комфортности зимних климатических условий Бишкека и подгорной равнины Чуйской долины, когда зимы стали гораздо теплее (ночи и дни одновременно), а летние температуры существенно не повысились (дневные и ночные) и, следовательно, заметно не ухудшилась из-за этого летние климатические условия. Одновременно по [9] здесь существенно увеличились осадки. Приведенные в таблице 2 оценки температур на 2020 г. являются статистическим прогнозом потепления климата.

Северный склон Кыргызского Ала-Тоо. Для северного склона Кыргызского Ала-Тоо такой однозначной и четкой картины потепления, как в Чуйской долине, уже нет. Из 100 рассчитанных для 4 станций трендов только 18 являются статистически значимыми, а 24 отрицательны, т. е. дают похолодание.

В зоне его подножья МС Юрьевка (таблица 1), являясь переходной станцией от долинных к горным, за 53 года наблюдений (1957–2009 гг.) еще отмечает преимущественно существенные скорости потепления в полях различных температур. Так, для года они статистически значимы и равны: абсолютные минимальные – $0,35\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, абсолют-

ные максимальные – $0,37\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, средние минимальные – $0,23\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, средние максимальные – $0,31\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ и средние $0,21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. Однако по сезонам b_j , как правило незначимы, в отдельных случаях скорости могли быть близки к нулевым или даже слабо отрицательными, т. е. наблюдалось похолодание ($-0,02\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, январь – средние температуры; $-0,08\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, январь – средние максимальные температуры).

Показательно, что самая длиннорядная станция Байтык (период наблюдений 96 лет), расположенная в нижней зоне склона, в среднем для года дает весьма малые скорости потепления: абсолютные минимальные $0,09\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (значима), абсолютные максимальные $0,18\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (значима), средние минимальные $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (не значима), средние максимальные $0,09\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (значима), средние $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (значима). Из 20 сезонных оценок скоростей для станции, из которых только две статистически значимы, 12 имеют величину менее $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, в том числе три слабо отрицательных, а максимальная составляет $0,29\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (абсолютная максимальная температура, апрель). Все это говорит о неустойчивости и слабости процессов потепления уже в низогорной зоне. Среднегорная зона освещается МС Альплагерь (таблица 1) с малым периодом

Таблица 3 – Нормы характеристик температуры по станциям за различные периоды (°С).

Год, месяц	Период	Характеристика температуры				
		Средняя	Сред. мин.	Абс. мин.	Сред. макс.	Абс. макс.
МС Бишкек (0,76 км) – подгорная равнина						
Год	1931–1960	10,19	4,16	-4,91	16,37	25,32
	1961–1990	10,71	4,84	-3,51	17,04	26,22
	1991–2009	11,74	5,89	-2,10	17,83	26,96
Январь	1931–1960	-4,31	-9,50	-21,64	1,12	10,49
	1961–1990	-3,19	-8,56	-19,38	2,69	12,94
	1991–2009	-2,35	-7,21	-16,75	3,03	12,74
Июль	1931–1960	24,41	17,14	11,70	31,17	37,05
	1961–1990	24,33	17,41	12,61	31,34	37,23
	1991–2009	25,02	18,35	12,65	31,72	37,74
МС Байтык (1,58 км) – низкогорная зона						
Год	1931–1960	6,42	1,95	-6,32	12,22	20,40
	1961–1990	6,58	2,07	-6,03	12,30	20,63
	1991–2009	6,82	2,06	-5,55	12,57	21,27
Январь	1931–1960	-4,62	-8,92	-18,11	1,44	9,87
	1961–1990	-4,91	-9,30	-17,93	1,64	10,47
	1991–2009	-4,63	-8,82	-17,71	1,59	11,04
Июль	1931–1960	18,18	13,27	-7,75	23,76	29,37
	1961–1990	18,46	13,29	-5,74	23,77	29,67
	1991–2009	18,30	12,70	-5,83	23,66	30,29
МС Тюя-Ашу юж. (3,23 км) – высокогорная зона						
Год	1961–1990	-3,72	-7,34	-14,30	1,15	7,75
	1991–2009	-3,45	-7,19	-14,07	1,18	7,75
Январь	1961–1990	-14,62	-18,34	-25,21	-9,21	-2,29
	1991–2009	-14,74	-18,54	-25,69	-9,77	-2,46
Июль	1961–1990	6,95	3,28	-1,31	11,28	16,93
	1991–2009	6,96	3,28	-0,54	11,21	17,74

наблюдений, поэтому ее данные могут быть использованы как ориентировочные только на интервале 1978–2009 гг.

Высокогорная зона освещена станцией Тюя-Ашу юж. (таблица 1), имеющей период наблюдений 52 г. (1958–2009 гг.). По средним годовым температурам на ней отмечалась небольшая, но статистически значимая скорость потепления – 0,13 °С/10 лет. По остальным характеристикам температуры в целом для года скорости потепления были малы (0,03–0,17 °С/10 лет) и статистически незначимы. Но по сезонам года в поле различных температур могли наблюдаться как потепления,

так и похолодания со скоростями, меняющимися в очень широком диапазоне, от –0,53 до 0,55 °С/10 лет. В целом можно выделить июль и октябрь, когда в полях всех температур имело место устойчивое по знаку потепление, тогда как в апреле и январе преобладало похолодание.

Таким образом, имеющиеся данные для склона Кыргызского Ала-Тоо позволяют сделать вывод, что устойчивое по знаку и существенное по величине скоростей потепление в полях различных температур наблюдалось только в зоне его подножья. Начиная уже со среднегорной зоны, оно было неустойчивым по сезонам и различным температурам, когда

могли наблюдаться как потепления, так и похолодания в широком диапазоне значений скоростей.

2. Временная структура хода различных температур

Анализ временного хода 11-летних скользящих средних (цифровой фильтр с 11-летним отсечением) на интервалах наблюдений станций убедительно показал, что в полях всех температур в целом для года и по сезонам во всех случаях наблюдались хорошо выраженные фазы роста и падения температуры.

Эти фазы имели случайные границы и амплитуды, могли не совпадать по знаку на близлежащих станциях и, как правило, не совпадали по этим параметрам на одних и тех же станциях по сезонам для любой заданной температурной характеристики. Это наиболее убедительное свидетельство того, что процесс потепления протекает на каждой станции, удаленной от других на расстояния в единицы десятков километров, индивидуально и отражает влияние местных условий ее расположения на формирование своего климата. Причем влияние местных условий в структурном плане является, по-видимому, определяющим.

В качестве примера на рисунке 2 показан ход 11-летних скользящих средних по МС Бишкек для средних месячных температур января, апреля, июля и октября. На нем хорошо виден типичный характер случайного следования и случайности других параметров фаз средней температуры на одной и той же станции по различным сезонам.

3. Нормы характеристик температуры в последовательные периоды 1931–1960, 1961–1990 и 1991–2009 гг.

Одними из основных характеристик климата являются температурные нормы или ее средние значения, рассчитанные за достаточно длительные периоды. В таблице 3 приведены полученные значения норм всех характеристик температуры в три последовательных климатических периода: 1931–1960 гг. – ближайший прошлый климат; 1961–1990 гг. – “базовый климат” только что прошедшего тридцатилетия; 1991–2009 (2020) гг. – оценка наблюдающегося настоящего и ближайшего будущего климата тридцатилетия 1991–2020 гг. Видно, что хорошо выраженное потепление в значениях норм различных температур также про-

изошло только по Чуйской долине (МС Бишкек), тогда как на склоновых станциях оно практически отсутствует.

Таким образом, потепление в долине в нормах наиболее интенсивно выражено зимой в поле абсолютных минимальных (на 4,9 °С) и в меньшей степени – абсолютных максимальных (на 2,3 °С), средних минимальных (2,3 °С) и средних максимальных (1,9 °С) температур. Летом потепление в нормах мало (до 1,2 °С) или отсутствует.

Литература

1. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии / ЮНЕП и WWF России / С.К. Аламанов, В.М. Лелевкин, О.А. Подрезов, А.О. Подрезов. Москва–Бишкек, 2006. 188 с.
2. Груза Г.В. Оценка предстоящего климата на территории Российской Федерации / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Метеорология и гидрология. 2009. № 11. С. 15–29.
3. Изменение климата Кыргызстана / Авт. колл.: Абдырасулова Н.А., Подрезов О.А., Подрезов А.О., Павлова И.А., Стрижанцева О.М., Сулайманова Д.К. / ОФ “ЮНИСОН”. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2011. 79 с.
4. Израэль Ю.А. Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад рабочей группы II / Ю.А. Израэль, С.М. Семёнов, О.А. Анисимов и др. // Метеорология и гидрология. 2007. № 9. С. 5–14.
5. Катцов В.М. Предсказуемость климата: достижения, проблемы, перспективы / В.М. Катцов // Метеорология и гидрология. 2010. № 1. С. 18–22.
6. Переведенцев Ю.П. Теория климата / Ю.П. Переведенцев. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2009. 503 с.
7. Климатология / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева и др. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.
8. Климат Киргизской ССР / под ред. З.А. Рязанцевой. Фрунзе: Илим, 1965. 292 с.
9. Климат Фрунзе / под ред. Е.С. Скиба, Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 136 с.
10. Павлова И.А. Современное увеличение осадков на территории Северного Кыргызстана (за 80-летие 1930–2010 гг.). См. настоящий выпуск.