

## СОВРЕМЕННОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КЫРГЫЗСТАНА (ЗА 80-летие 1930–2010 гг.)

*И.А. Павлова*

На основании многолетних наблюдений метеостанций рассматривается современное увеличение осадков в условиях наблюдающегося потепления климата Северного Кыргызстана.

*Ключевые слова:* Северный Кыргызстан; современное увеличение осадков.

В статье исследуются характеристики изменения годовых и сезонных сумм осадков по данным наблюдений 8 метеостанций (МС) Кыргызгидромета, расположенных в Чуйской долине и на склоне Кыргызского Ала-Тоо на высотах от 0,6 до 3,23 км за весь имеющийся период инструментальных наблюдений с 1912 по 2009 г. (который условно принят как 80-летний, соответствующий 1930–2010 гг.).

Для оценки временных изменений сезонных и годовых сумм осадков использовались те же, что и в [1] общепринятые в климатологии научные методы анализа: выделение в исходных рядах осадков 1) основных тенденций их временных изменений в форме линейных трендов; 2) их случайных колебаний, имеющих различные периодичности, знаки и амплитуды, с помощью цифровой фильтрации рядов методом скользящих средних; 3) определения норм осадков 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 норм осадков, 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 [2, 4–7].

### **1. Основная тенденция изменения осадков (линейные тренды)**

В таблице 1 приведены рассчитанные для годовых и сезонных сумм осадков угловые коэффициенты линейных трендов  $b_i$  в мм/10 лет по 4 станциям Чуйской долины и 4 станциям склона Кыргызского Ала-Тоо, характеризующие скорость изменения осадков на интервале работы станций по 2009 г. включительно. Жирным шрифтом выделены статистически значимые  $b_i$  на уровне доверительной вероятности  $p=0,95$  (риск ошибки 5 %). На рисунке 1 в качестве иллюстрации показаны графики и уравнения линейных трендов годовых сумм осадков для двух долинных и двух горных станций. На них наглядно видно,

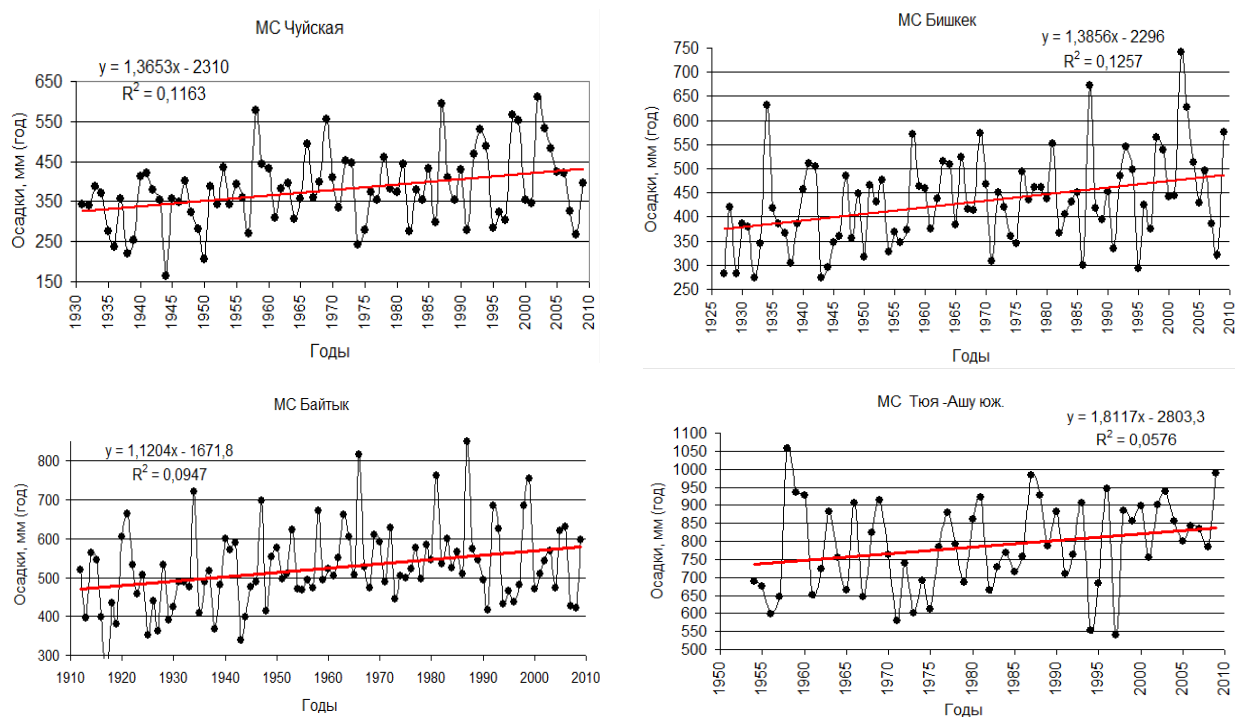


Рисунок 1 – Временной ход годовых сумм осадков (точки) с линиями и уравнениями линейных трендов по метеостанциям, расположенным в Чуйской долине (Чуйская, Бишкек) и на склоне Кыргызского Ала-Тоо (Байтык, Тюя-Ашу юж.)

Таблица 1 – Угловые коэффициенты линейных трендов осадков  $b_i$  (мм/10 лет) по метеостанциям за периоды их наблюдений (жирным шрифтом отмечены значимые тренды)

Период наблюдений (число лет)	Осадки в году и по сезонам				
	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
МС Чуйская (0,60 км) – ось долины, ее северная зона					
1972–2009 гг. (38 лет)	<b>13,7</b>	<b>4,5</b>	<b>5,9</b>	1,5	1,7
МС Токмак (0,82 км) – ось долины, ее восточная зона					
1929–2009 гг. (81 год)	7,1	<b>3,3</b>	3,4	-2,0	2,5
МС Бишкек (0,76 км) – подгорная равнина, центр долины					
1928–2009 гг. (82 года)	<b>13,9</b>	<b>5,2</b>	<b>5,8</b>	-0,6	<b>3,5</b>
Кара-Балта (0,77 км) – подгорная равнина, запад долины					
1957–2009 гг. (53 года)	13,2	<b>6,3</b>	1,4	0,3	5,2
МС Юрьевка (1,03 км) – подножье хребта, восток долины					
1957–2009 гг. (53 года)	6,4	<b>4,9</b>	1,8	-3,3	3,0
МС Байтык (1,58 км) – низкогорная зона склона					
1912–2009 гг. (98 лет)	<b>11,2</b>	<b>3,1</b>	2,6	2,5	<b>2,9</b>
МС Альплагерь (2,13 км) – среднегорная зона склона					
1978–2009 гг. (32 года)	-13,6	4,6	-9,7	-9,6	1,1
МС Тюя-Ашу юж. (3,23 км) – высокогорная зона склона					
1958–2009 гг. (52 года)	18,1	<b>10,2</b>	0,7	-0,2	7,0

что несмотря на большую межгодовую колеблемость величин осадков, четко прослеживается их основная тенденция роста от начала к концу периода наблюдений, отражаемая графиками линейных трендов.

#### Чуйская долина (годовые суммы осадков).

Все 4 станции Чуйской долины, расположенные в различных ее зонах (таблица 1), показывают высокие скорости роста осадков, при этом в ее северной, центральной и западной частях они статистически значимы и составляют 13,2–13,7 мм/10 лет ( $b_1$  в Кара-Балте значим при  $p=0,90$ ). В два раза меньшие скорости в восточной части долины (Токмак, 7,1 мм/10 лет) возможно, объясняются ее подверженностью фоновому эффекту преобладающих здесь восточных ветров.

Если оценить по трендам увеличение годовых сумм  $\Delta\Gamma$  осадков за конкретный период работы станций (меняется по станциям от 38 до 82 лет, таблица 1), то они окажутся равными: Чуйская – 52 мм, Токмак – 58 мм, Бишкек – 114 мм, Кара-Балта – 70 мм. Если для основной части долины принять  $b_1=13,5$  мм/10 лет и взять период наблюдений, равный 80 годам (1930–2010 гг.), то получим усредненное увеличение за это время годовых осадков  $\Delta\Gamma = 108$  мм.

Таким образом, за последний 80-летний период годовые суммы осадков в Чуйской долине при наблюдающемся потеплении ее климата выросли примерно на 100–110 мм, или 25–30 %. Исключение составляет восточная часть долины, где рост осадков был примерно в два раза меньше.

**Северный склон Кыргызского Ала-Тоо (годовые суммы осадков).** На склоне Кыргызского Ала-Тоо годовые суммы осадков также существенно выросли за последние 80 лет, хотя картина высотного распределения их основных тенденций оказалась более сложной. Станция Юрьевка (1,03 км), расположенная в зоне подножья склона примерно на меридиане МС Токмак, также дает относительно малый рост осадков со скоростью 6,4 мм/10 лет ( $\Delta\Gamma = 30$  мм за 53 года). Находящаяся западнее, на меридиане МС Бишкек, низкогорная станция Байтык (долина р. Ала-Арча, 1,58 км, ряд наблюдений 98 лет), напротив, как и Бишкек, отмечает большую скорость роста годовых сумм осадков – 11,2 мм/10 лет со значением  $\Delta\Gamma = 110$  мм.

Высокогорная МС Тюя-Ашу юж. (3,22 км), аналогично МС Байтык, отмечает существенный рост осадков с самой большой их скоростью – 8,1 мм/10 лет, что дает  $\Delta\Gamma = 100$  мм всего за 56 лет (1954–2009 гг.)

Среднегорная МС Альплагерь (рисунок 2), расположенная выше Байтыка на 550 м и всего в 9 км, имеет схожую с МС Байтык картину хода

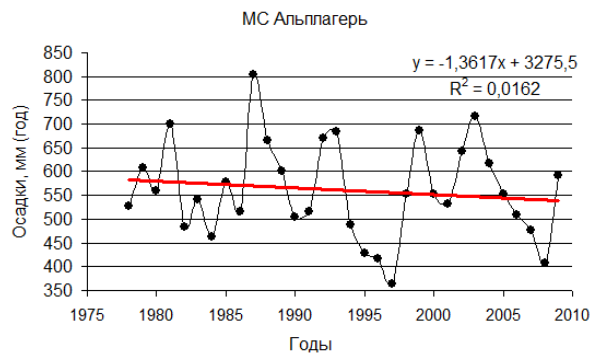


Рисунок 2 – Временной ход осадков за 1978–2009 гг. с линией и уравнением линейного тренда по данным МС Альплагерь (долина р. Ала-Арча, 2,13 км)

опытных данных для этого периода (рисунок 1). Она регистрирует за последние 32 года (1978–2009 гг.) *уменьшение осадков* по тренду на 40 мм со скоростью –13,6 мм/10 лет. Однако это объясняется коротким периодом наблюдений. Здесь имеется не весь тренд, а только его короткая последняя часть для 1978–2009 гг. На рисунке 2 хорошо видно, что в 1979–1988 гг. осадки, в среднем, были несколько более высокими, что и дало общую тенденцию их снижения к 2009 г. Осадки на этой станции растут после 1995 г., и этот рост к 2009 г. составил 39 мм.

**Сезонные суммы осадков.** По сезонам скорости изменения осадков изменялись неравномерно – от сильного и умеренного роста зимой, весной и осенью до слабых и даже отрицательных летом (таблица 1). *Зимой* на всех станциях наблюдался только рост осадков, и он происходил с наиболее высокими скоростями, соответствующими значениям  $b_1$  от 3,02 (Байтык, 1,58 км) до 10,2 мм/10 лет (Тюя-Ашу юж., 3,22 км). При этом для всех 7 станций  $b_1$  оказались статистически значимыми. (Данные МС Альплагерь, как уже было отмечено, являются непоказательными для всего 80-летнего интервала и их можно использовать как ориентировочные только для последних 32 лет.)

Соответственно этому *зимние* увеличения осадков  $\Delta\Gamma$  за период наблюдений станций составили от 26 мм (Юрьевка) до 57 мм (Тюя-Ашу юж.) Точно так же, только рост осадков по всем станциям наблюдался осенью с  $b_1$  от 1,09 до 3,5 мм/10 лет (диапазон  $\Delta\Gamma = 4–39$  мм). Весной рост осадков также дают все 7 станций ( $b_1 = 0,7–5,91$  мм/10 лет,  $\Delta\Gamma = 4–48$  мм).

На рисунке 3 в качестве примера показаны графики сезонных линейных трендов осадков в Бишкеке. Хорошо виден их быстрый рост зимой ( $b_1 = 5,24$  мм/10 лет,  $\Delta\Gamma = 44$  мм), и еще несколько более быстрый рост весной ( $b_1 = 5,76$  мм/10 лет,

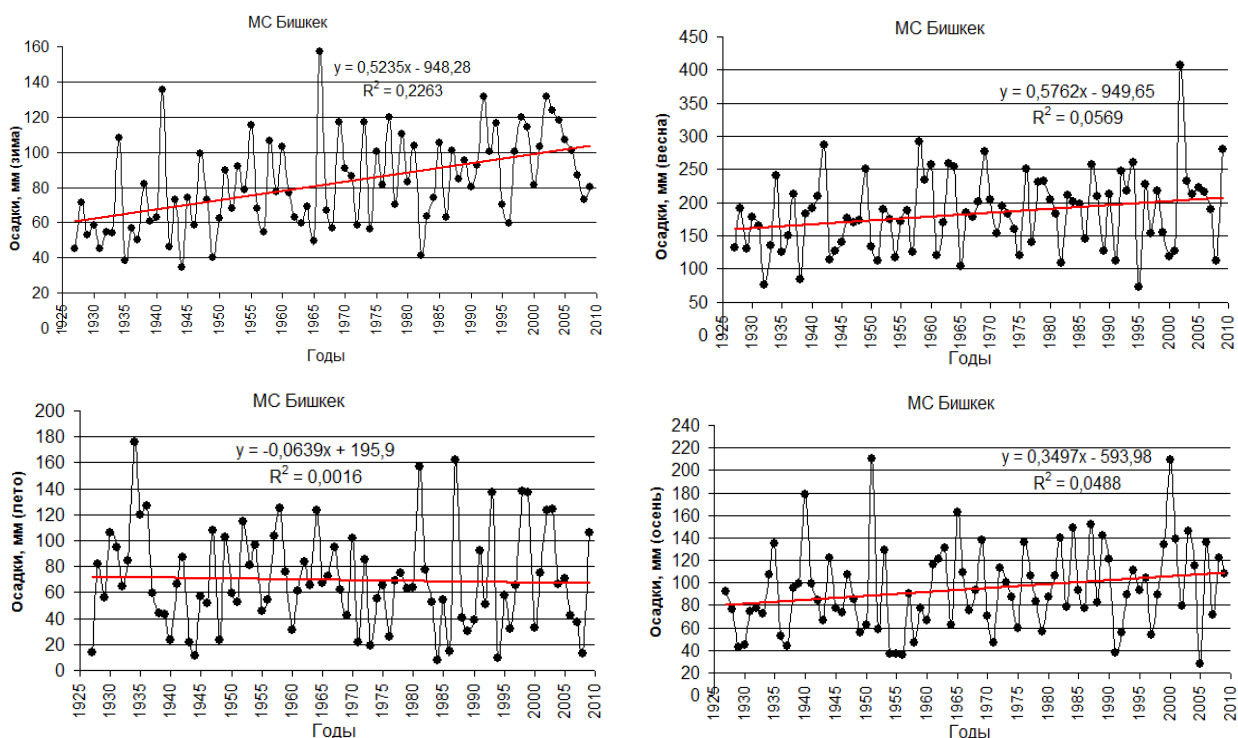


Рисунок 3 – Временной ход сезонных сумм осадков (точки) с линиями и уравнениями линейных трендов по метеостанции Бишкек за 1927–2009 гг.

$\Delta g = 48$  мм), очень слабое уменьшение летом ( $b_1 = -0,64$  мм/10 лет,  $\Delta g = -5$  мм) и заметный рост осенью ( $b_1 = 3,50$  мм/10 лет,  $\Delta g = 13$  мм). Качественно эта картина наблюдается и на двух остальных длиннорядных станциях Чуйской долины – Чуйская и Токмак (таблица 1).

В таблице 2 приведены рассчитанные по линейным трендам для десятилетия периода 1930–2020 гг. оценки годовых сумм осадков по трем наиболее длиннорядным долинным и двум склоновым станциям.

Данные таблицы 2 показывают, что за 80-летний период 1930–2010 гг. на долинных станциях осадки увеличились весьма значительно: Чуйская – от 325 до 434 мм или на 109 мм (на 34 %), Токмак – от 418 до 475 мм или на 57 мм (на 14 %), Бишкек – от 378 до 489 мм или на 111 мм (на 29 %).

Примерно такая же картина наблюдается на двух горных станциях: на Байтыке произошло увеличение годовых сумм осадков от 491 до 580 мм или на 89 мм (на 15 %), на Тюя-Ашу юж. увеличение было от 730 до 838 мм или на 108 мм (на 15 %). К сожалению, прямых данных наблюдений за весь 80-летний период 1930–2009 гг. по среднегорной зоне нет. Станция Алылагерь (2,13 км), имеющая наблюдения за 1978–2009 гг., показывает рост годовых сумм осадков после 1995 г. на 39 мм.

## 2. Временная структура хода годовых и сезонных сумм осадков

Как и для температуры воздуха [1], анализ временного хода 11-летних скользящих средних (цифровой фильтр с 11-летним отсечением) на интервалах наблюдений станций убедительно показал, что как для годовых, так и сезонных сумм осадков во всех случаях наблюдались их хорошо выраженные фазы роста и падения. 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 для любого заданного сезона. Это наиболее убедительное свидетельство того, что, как и для температуры воздуха [1] процесс изменения осадков протекает на каждой станции, удаленной от других на расстояния в единицы десятков километров, индивидуален и отражает влияние местных условий ее расположения на формирование своего климата (хотя, казалось бы, осадки на них определяются одними и теми же синпроцессами). Причем влияние местных условий в структурном плане так же является, по-видимому, определяющим. В качестве примера на рисунке 4 показан ход 11-летних скользящих средних по МС Бишкек для сезонных сумм осадков. На нем хорошо виден ти-

Таблица 2 – Рассчитанные трендовые значения годовых сумм осадков (мм) для долинных и горных станций по десятилетиям 1930–2020 гг.

Годы десятилетий 1930–2020 гг.									
1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
МС Чуйская (0,60 км, 1931–2009 гг.) – ось долины, ее северная зона									
325	339	352	366	380	393	407	421	434	448
МС Токмак (0,82 км, 1931–2009 гг.) – ось долины, ее восточная зона									
418	425	432	439	446	453	460	468	475	482
МС Бишкек (0,76 км, 1927–2009 гг.) – подгорная равнина, центральная зона долины									
378	392	406	420	434	447	461	475	489	503
МС Байтык (1,58 км, 1912–2009 гг.) – низкогорная зона									
491	502	513	524	535	547	558	569	580	591
МС Тюя-Ашу юж. (3,23 км, 1954–2009 гг.) – высокогорная зона									
		730	748	766	784	802	820	838	856

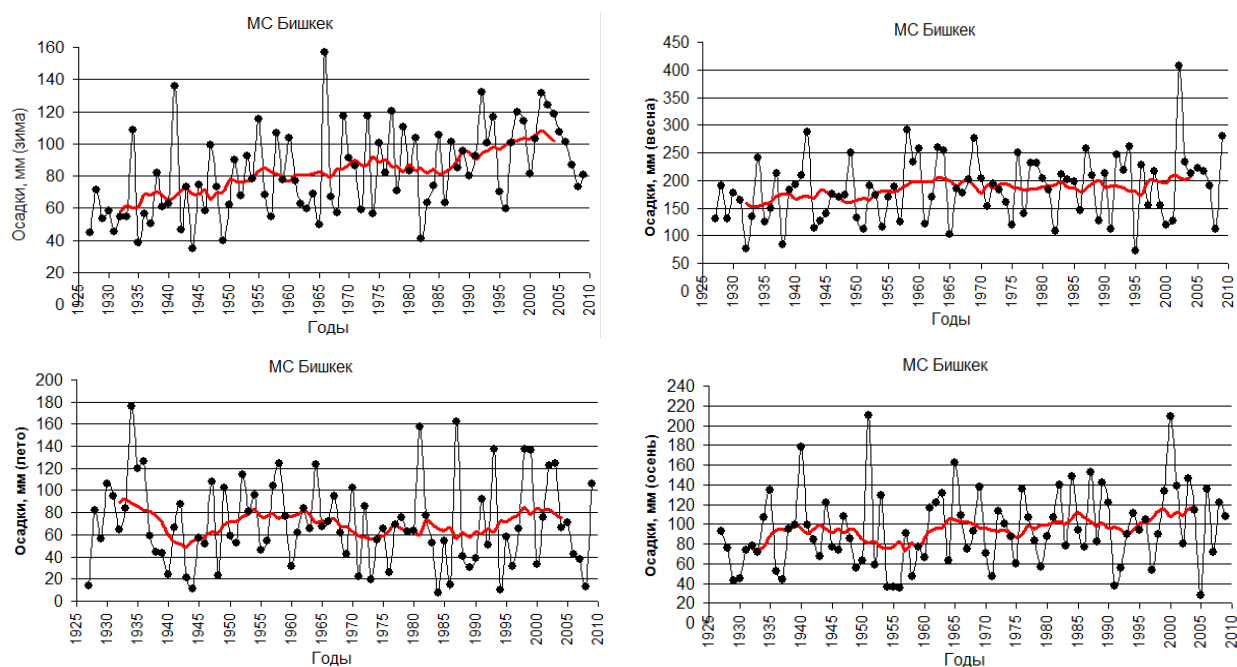


Рисунок 4 – Временной ход сезонных сумм осадков (точки) и кривые 11-летних скользящих средних по станции Бишкек (0,76 км, Чуйская долина)

пичный характер случайного следования и случайности других параметров фаз сезонных сумм на одной и той же станции.

### 3. Нормы годовых и сезонных сумм осадков в последовательные периоды 1931–1960, 1961–1990 и 1991–2009 гг.

Нормы осадков или их средние значения, рассчитанные за достаточно длительные периоды, являются одними из основных характеристик климата. В таблице 3 приведены полученные значения норм для 4 длиннорядных станций в отме-

ченные ранее три последовательных климатических периода.

Хорошо видно, что на долинных станциях Чуйская и Бишкек от начального периода к конечному происходил существенный рост годовых норм осадков – Чуйская на 72 мм (21 %), Бишкек на 71 мм (18 %). На горных станциях годовые нормы осадков также выросли, хотя и в меньшей степени – на Байтыке на 27 мм (5 %), на Тюя-Ашу юж. (от 1961–1990 гг. к 1991–2009 гг.) на 42 мм (6 %).

Таблица 3 – Нормы характеристик осадков по метеостанциям за различные периоды (мм)

МС Чуйская (0,60 км)		МС Бишкек (0,76 км)		МС Байтык (1,58 км)		МС Тюя-Ашу юж. (3,23 км)	
Период	Нормы	Период	Нормы	Период	Нормы	Период	Нормы
годовые							
1931–1960	347,0	1931–1960	404,4	1931–1960	511,9	1931–1960	
1961–1990	387,9	1961–1990	440,9	1961–1990	569,6	1961–1990	769,8
1991–2009	418,3	1991–2009	475,2	1991–2009	539,2	1991–2009	812,2
зимние							
1931–1960	72,6	1931–1960	72,1	1931–1960	58,1	1931–1960	
1961–1990	85,0	1961–1990	83,4	1961–1990	69,4	1961–1990	108,2
1991–2009	97,7	1991–2009	100,6	1991–2009	74,2	1991–2009	142,2
весенние							
1931–1960	132,5	1931–1960	173,5	1931–1960	203,8	1931–1960	
1961–1990	155,8	1961–1990	189,1	1961–1990	231,6	1961–1990	246,0
1991–2009	156,5	1991–2009	199,2	1991–2009	208,7	1991–2009	233,6
летние							
1931–1960	54,3	1931–1960	73,5	1931–1960	154,3	1931–1960	
1961–1990	52,2	1961–1990	65,1	1961–1990	161,4	1961–1990	251,1
1991–2009	64,4	1991–2009	74,3	1991–2009	154,1	1991–2009	262,8
осенние							
1931–1960	87,5	1931–1960	85,2	1931–1960	95,7	1931–1960	
1961–1990	94,9	1961–1990	103,2	1961–1990	107,3	1961–1990	164,6
1991–2009	99,7	1991–2009	101,1	1991–2009	102,2	1991–2009	173,5

Таким образом, наблюдающееся потепление климата Чуйской долины, которое происходило в основном в зимний период года [1], одновременно сопровождалось существенным ростом осадков зимой, весной и осенью не только в долине, но для всего северного склона Кыргызского Ала-Тоо. Это является весьма благоприятным фактором, который скомпенсировал возможное увеличение степени аридности настоящего и ближайшего будущего климата 1991–2020 гг., которое бы произошло при неизменности осадков (или еще хуже – их уменьшении), вследствие наблюдающегося повышения температуры воздуха.

**Литература**

1. *Подрезов А.О.* Потепление современного климата северного Кыргызстана (за 80-летие 1930–2010 гг.) / А.О. Подрезов. См. настоящий выпуск.
2. *Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии / ЮНЕП и WWW России / С.К. Аламанов, В.М. Лелевкин, О.А. Подрезов, А.О. Подрезов.* Москва–Бишкек, 2006. 188 с.
3. *Изменение климата Кыргызстана / Авт. колл.: Н.А. Абдырасулова, О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, И.А. Павлова, О.М. Стрижанцева, Д.К. Сулайманова.* Бишкек: ОФ “ЮНИСОН”, 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. *Климат Киргизской ССР / под ред. З.А. Рязанцевой.* Фрунзе: Илим, 1965. 292 с.
6. *Климат Фрунзе / под ред. Е.С. Скиба, Ц.А. Швер.* Л.: Гидрометеиздат, 1990. 136 с.
7. *Климатология / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева и др.* Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.
8. *Переведенцев Ю.П.* Теория климата / Ю.П. Переведенцев. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2009. 503 с.