

УДК 551.58(571.150)

*Н.Ф. Харламова, Д.С. Козлова***Статистические характеристики режима
атмосферных осадков в Алтайском регионе***N.F. Kharlamova, D.S. Kozlova***Statistical Characteristics of Atmospheric
Precipitation Regime in the Altai Region**

Впервые получены статистические характеристики осадков (средние, экстремумы и показатели изменчивости) за 1966–2012 гг. по данным 18 метеостанций Алтайского края и Республики Алтай. На равнинной территории Алтайского края годовые суммы осадков изменяются от 240–250 мм в сухостепных районах Кулунды до 550–570 мм на юге Бийско-Чумышской возвышенности. В предгорьях и низкогорьях Алтая с запада на восток количество осадков возрастает от 650 до 900 мм. Наиболее засушливыми являются Чуйская (110–120 мм) и Курайская (200 мм) межгорные котловины, плоскогорье Укок (230 мм). Максимальная межгодовая изменчивость — до 20–24% от среднеегодовой годовой суммы осадков — характерна для степных ландшафтов равнинных и горных районов Алтая. В предгорьях и низкогорьях Алтая и Салаира вариативность годового количества осадков снижается до 13–16%, как и в высокогорной зоне (Кара-Тюрек). При этом зафиксированные абсолютные отклонения намного превышают среднюю вариативность, достигая максимальных значений в северо-западных предгорьях (Змеиногорск — 561,3 мм, или 80% от x_{cp}). Демпфирующее воздействие Телецкого озера на увлажненность прибрежных районов способствует уменьшению вариативности осадков как в абсолютном, так и в среднеегодовом исчислении.

Ключевые слова: атмосферные осадки, средние и экстремальные осадки, показатели изменчивости осадков, Алтай.

DOI 10.14258/izvasu(2014)3.1-26

Одним из важнейших показателей климатического режима, помимо температуры воздуха, являются осадки. От их количества во многом зависит водный режим территории, а соотношение тепла и влаги определяет тип ландшафта.

Характеристики атмосферных осадков Алтайского региона за период наблюдений 1891–1964 гг. приведены в Справочнике по климату СССР [1], за 1891–1980 гг. — в Научно-прикладном справочнике по климату СССР [2], в отдельных статьях и монографиях [3–5].

The statistical characteristics of precipitation (average, extreme and variability indexes) for 1966–2012 years were obtained for the first time according to 18 weather stations in Altai Krai and the Republic of Altai. Annual precipitation on the plains of Altai Krai varies from 240–250 mm in the dry steppe areas of Kulunda to 550–570 mm in the south of Biya-Chumysh Upland. Precipitation increases to 550–900 mm in the Altai foothills and low hill terrains. Chuya (110–120 mm) and Kurai (200 mm) intermountain basins, and the Ukok Plateau (230 mm) are the most arid. Maximum interannual variability — up to 20–24% of the long-term average annual precipitation — is typical for steppe landscapes of plains and mountain areas of Altai. Variability of annual precipitation decreases to 13–16% in the foothills and low hill terrains of Salair and Altai, as well as in the alpine zone (Kara-Turek). However the recorded absolute deviations are much higher than the average variability, reaching maximum values in the north-western foothills (Zmeinogorsk — 561,3 mm or 80% of x_{cp}). Damping effect of Lake Teletskoye on coastal moisture reduces the variability of precipitation, both in absolute and in long term average annual calculation.

Key words: average precipitation and extreme precipitation, rainfall variability, Altai.

Цель данной работы — определение основных статистических характеристик осадков Алтайского региона за период 1966–2012 гг.

Ряды данных наблюдений за осадками отличаются значительной неоднородностью вследствие замены дождемера Нифера осадкомером Третьякова, изменением количества сроков наблюдений, введением поправки на смачивание. Авторами анализировались данные наблюдений 13 метеостанций (ГМС) за период 1966–2012 гг., представленные в открытом доступе на сайте <http://meteo.ru/>, а также пяти ГМС за 1966–

2010 гг., опубликованные в Метеорологических ежемесячниках. Имеющиеся пропуски в рядах месячного количества осадков восстановлены с помощью метода изомер (корреляционных отношений) по общепринятым методикам [6]. В соответствии с рекомендациями российских исследователей [7] определены следующие климатические переменные атмосферных осадков: средние, экстремумы и показатели изменчивости за основной период 1966–2012 (1966–2010) гг., тридцатилетние периоды 1971–2000 и 1981–2010 гг. Среднегодовые значения относятся к календарному году, т.е. интервалу времени с января по декабрь текущего года. Суммарные оценки представлены по сезонам года в календарных рамках: зима (XII, I, II), весна (III, IV, V), лето (VI, VII, VIII) и осень (IX, X, XI), при этом зимний сезон включает декабрь предыдущего года.

В качестве показателей изменчивости рассчитаны:

среднее квадратическое отклонение $\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - x_{cp})^2}{n}}$,

коэффициент вариации $C_v = \sigma/x_{cp}$ и амплитуда (размах) колебаний $A = x_{\max} - x_{\min}$, где x_i — значение за каждый год, x_{cp} — среднемноголетняя величина; n — число лет наблюдений (47 или 45 в данной работе); x_{\max} и x_{\min} — максимальные и минимальные годовые суммы осадков в выборке.

Годовое количество осадков на равнинной территории Алтайского края изменяется от 240–250 мм к западу от Кулундинского озера и на крайнем юго-западе до 500–570 мм в южной части Бийско-Чумышской возвышенности. Такое распределение осадков в целом и обуславливает переход от сухостепных ландшафтов к лесостепным.

Из-за значительной неоднородности подстилающей поверхности существуют и местные особенности в увлажнении. Так, увеличенное количество атмосферных осадков наблюдается в районах ленточных боров вследствие возрастающей турбулентности воздушных потоков за счет усиления шероховатости (Волчиха; см. табл. 1). Увеличение количества осадков характерно и для наветренного склона Бийско-Чумышской возвышенности (Бийск — Зональная) с последующим уменьшением на подветренном восточном склоне в долине р. Чумыша. Предгорья и низкотгорья Салаира и Алтая характеризуются значительным числом дней с осадками, соответственно и годовое количество осадков здесь возрастает с запада на восток от 650–680 (Змеиногоorsk) до 850–900 мм (Яйлю).

Наибольшей неравномерностью отличается распределение осадков в пределах горной территории. В настоящее время получить достоверные статистические показатели режима атмосферных осадков на основе однородного массива наблюдений этой части Алтайского региона не представляется возможным

вследствие ограниченного числа метеостанций, расположенных в основном на днищах межгорных долин. Представление о возможных суммах осадков на склонах хребтов, в среднегорной и высокогорной зонах Алтая можно составить из обзора опубликованных работ.

Наиболее увлажненными (2000–2500 мм) являются наветренные склоны хребтов Юго-Западного Алтая, кулисообразно возвышающихся над соседними районами, первыми перехватывающих влагу западных потоков [5]. Максимальное количество осадков в горно-ледниковых бассейнах — более 2500 мм — имеет место в Холзунском хребте [8], что объясняется наличием орографической «воронки» между хребтами Ульбинским и Холзун [9]. Значительное количество осадков по этим же причинам выпадает и в западной части Катунского хребта — до 2000 мм [10]. В бассейне р. Мульты их уже не более 1800–2000 мм [11], а в массиве Белухи с северной стороны — 1600–1800 мм [12]. С продвижением к юго-востоку суммы осадков за год уменьшаются, на что указывает и повышение фирновой линии. Однако вблизи осевых участков хребтов Алтая существует зона повышенного увлажнения [8]. Не менее увлажненным является и Северо-Восточный Алтай с годовым количеством осадков 800–1000 мм, а на склонах хребта Алтын-Ту и западных отрогах Абаканского хребта — до 2000 мм [13; 14].

Увлажнение внутренних долин Алтая, расположенных у подножий подветренных склонов хребтов, в значительной степени зависит от их ориентировки по отношению к влагонесущим воздушным потокам. Наименьшее количество осадков получают межгорные котловины Центрального и Юго-Восточного Алтая — Чуйская (110–120 мм) и Курайская (200 мм), плоскогорье Укок (230 мм) [3; 5].

Межгодовая изменчивость годовых сумм осадков на равнинной территории Алтайского края составляет в среднем 17–20%, достигая наибольших значений в степных районах (Баево — 23%, Славгород — 24% от среднемноголетней величины; см. табл. 1). В предгорьях и низкотгорьях Салаира и Алтая вариативность годового количества осадков снижается до 13–16% (Тогул, Солонешное, Кызыл-Озек, Яйлю), как и в высокогорной зоне (Кара-Тюрек), за исключением остепненных межгорных котловин, с максимальной изменчивостью в Чуйской котловине (Кош-Агач — 23%). При этом зафиксированные абсолютные отклонения намного превышают среднюю вариативность, достигая максимальных значений в северо-западных предгорьях и низкотгорьях (Змеиногоorsk — 561,3 мм, или 80% от x_{cp}). Демпфирующее воздействие Телецкого озера на увлажненность прибрежных районов способствует уменьшению вариативности осадков как в абсолютном, так и в среднемноголетнем исчислении.

Таблица 1

Средние многолетние величины, экстремумы и показатели изменчивости годового количества осадков, Алтайский регион, 1966–2012 (1966–2010) гг.

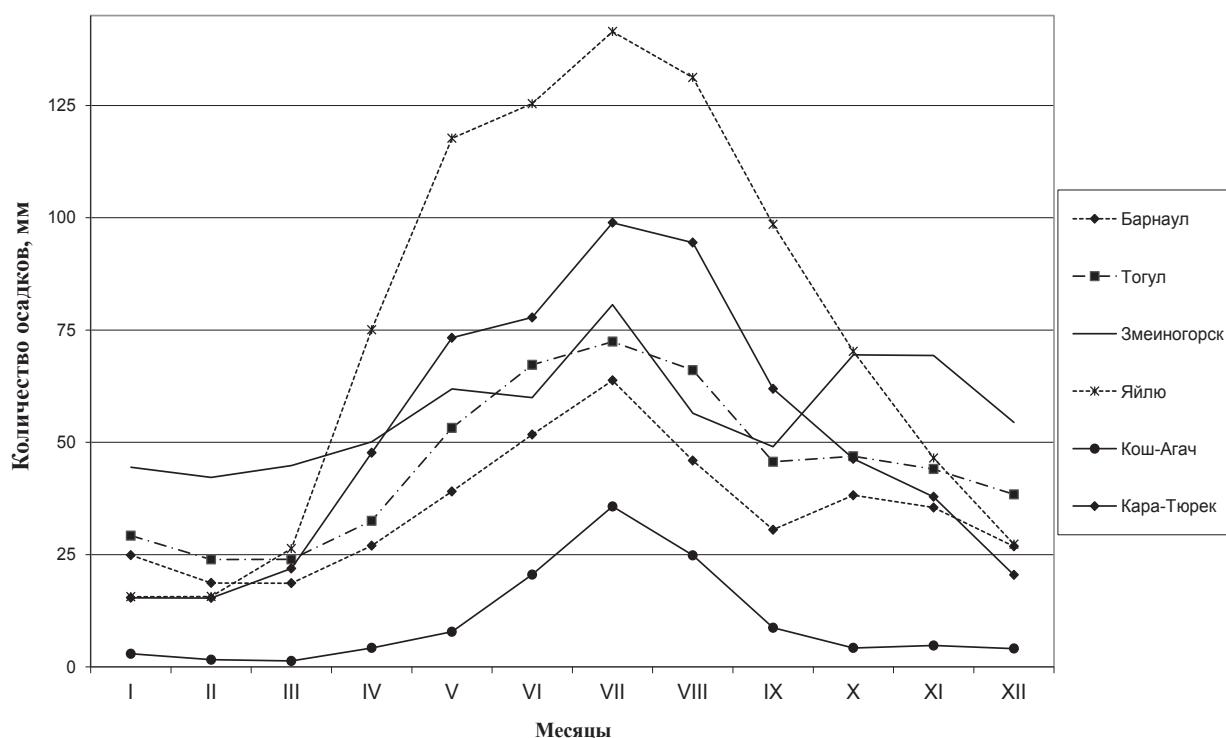
№	Метеостанция	Средние многолетние, мм				Экстремумы, мм		Показатели изменчивости		
		1891– 1980 гг.	1971– 2000 гг.	1981– 2010 гг.	1966– 2012 гг.	max	min	σ , мм	C_v , доли ед., (%)	A , мм
1	Камень-на-Оби	354	334,2	339,8	330,2	$\frac{460,0}{2000 \text{ г.}}$	$\frac{208,3}{1997 \text{ г.}}$	59,9	0,2 (18%)	251,7
2	Басово*		332,2	343,6	335,8	$\frac{485,3}{2004 \text{ г.}}$	$\frac{176,0}{1997 \text{ г.}}$	77,0	0,2 (23)	309,3
3	Тальменка*		511,7	519,4	513,7	$\frac{741,7}{2000 \text{ г.}}$	$\frac{280,0}{1968 \text{ г.}}$	94,6	0,2 (18)	461,7
4	Барнаул		414,9	430,1	420,7	$\frac{546,0}{1970 \text{ г.}}$	$\frac{272,5}{1988 \text{ г.}}$	70,0	0,2 (17)	273,5
5	Тогул*	521	534,4	558,4	543,5	$\frac{773,9}{1984 \text{ г.}}$	$\frac{362,5}{1997 \text{ г.}}$	85,5	0,2 (16)	411,4
6	Славгород	298	332,5	323,9	320,4	$\frac{511,2}{1987 \text{ г.}}$	$\frac{182,1}{1997 \text{ г.}}$	77,1	0,2 (24)	329,1
7	Ребриха		399,6	399	397,5	$\frac{577,5}{2000 \text{ г.}}$	$\frac{224,2}{1997 \text{ г.}}$	80,7	0,2 (20)	353,3
8	Алейск*	444	435,1	429,4	433,5	$\frac{629,0}{2002 \text{ г.}}$	$\frac{279,1}{2008 \text{ г.}}$	84,4	0,2 (19)	349,9
9	Бийск – Зональная	569	536,1	546,8	551,8	$\frac{848,7}{2002 \text{ г.}}$	$\frac{368,9}{1997 \text{ г.}}$	98,8	0,2 (18)	479,8
10	Волчиха*	327	351,3	356,9	351	$\frac{522,0}{1994 \text{ г.}}$	$\frac{199,5}{1997 \text{ г.}}$	71,1	0,2 (20)	322,5
11	Рубцовск	370	345,6	327,4	337,6	$\frac{571,0}{1972 \text{ г.}}$	$\frac{185,0}{2008 \text{ г.}}$	71,5	0,2 (21)	386,0
12	Змеиногорск	649	679,4	672,9	682,0	$\frac{999,0}{1972 \text{ г.}}$	$\frac{437,7}{2008 \text{ г.}}$	113,7	0,2 (17)	561,3
13	Солонешное		569,2	585,3	577,4	$\frac{780,9}{1996 \text{ г.}}$	$\frac{419,8}{1971 \text{ г.}}$	94,1	0,2 (16)	361,1
14	Кызыл-Озек	781	747,7	736,8	743,2	$\frac{912,3}{1972 \text{ г.}}$	$\frac{521,2}{1997 \text{ г.}}$	97,7	0,1 (13)	391,1
15	Яйлю	912	895,9	899,3	891,0	$\frac{1162,0}{1984 \text{ г.}}$	$\frac{725,2}{1975 \text{ г.}}$	113,9	0,1 (13)	436,8
16	Усть-Кокса		469,8	475,0	469,2	$\frac{642,7}{1969 \text{ г.}}$	$\frac{231,0}{1974 \text{ г.}}$	86,2	0,2 (18)	411,7
17	Кош-Агач	116	117,7	123,5	120,8	$\frac{195,0}{1984 \text{ г.}}$	$\frac{53,0}{1974 \text{ г.}}$	27,3	0,2 (23)	142,2
18	Кара-Тюрек	556	632,2	630,7	611,3	$\frac{834,5}{1999 \text{ г.}}$	$\frac{459,4}{1971 \text{ г.}}$	89,2	0,1 (15)	375,1

Примечание. Средние многолетние за 1891–1980 гг. — из [2]; Басово* — данные за 1966–2010 гг.; max — максимальная сумма осадков; min — минимальная сумма осадков.

В годовом ходе максимальное количество осадков наблюдается в июле, минимальное — в феврале – марте. Дополнительный второй максимум осадков отмечается в октябре в Северо-Западном Алтае (Змеиногорск; см. рис.).

Увеличение количества осадков в восточной части обусловлено также общей залесенностью терри-

тории и изменением траекторий перемещения циклонов, направляющихся через данные районы в Горную Шорию и Кузнецкий Алатау. Наименьшее количество зимних осадков наблюдается в степных районах (Баяно, Славгород, Рубцовск), поэтому высота снежного покрова здесь небольшая, и весенние запасы влаги недостаточны.



Годовой ход количества осадков в Алтайском регионе за 1966–2012 гг., мм

В пределах горной территории осадки зимы составляют всего 7–11% от общей $\Sigma_{год}$ (табл. 2). Их минимальное количество наблюдается в Кош-Агаче — 8,6 мм (7,2% от $\Sigma_{год}$), в то же время значительно большее количество в Яйлю — 58,0 мм — вносит всего 6,5% в среднеегодовую $\Sigma_{год}$, что является наименьшей величиной в Алтайском регионе.

Зимние экстремумы (в противоположность летним), т.е. максимальное или минимальное количество осадков, обладают достаточной синхронностью в определенных районах территории, поскольку обусловлены в основном наличием или отсутствием фронтальной облачности циклонов. Значительная роль конвекции в формировании местной облачности и выпадении локальных осадков определяет большую пространственную неоднородность атмосферных осадков в теплое полугодие, поэтому совпадение лет x_{max} или x_{min} сокращается.

В теплое полугодие (апрель – октябрь) выпадает до 70% от годового количества осадков, из них только 30% составляют осадки весны и первой половины лета. В межгорных сухостепных котловинах сумма осадков теплого периода увеличивается до 80% (от годовой суммы). Минимальное количество осадков теплого периода (100–200 мм) характерно для сухостепных районов Кулунды, где происходит размывание фронтальных разделов циклонов. На остальной территории левобережья Оби выпадает до 300 мм осадков, на правобережье их количество увеличивается до 400 мм, в западных алтайских предгорьях — 400–450 мм, в восточных — 600 мм. Наиболее засушливый теплый период в горах Алтая отмечается в Чуйской котловине (менее 100 мм), на плоскогорье Укок и Чулышманском нагорье [3].

Таблица 2

Распределение осадков по сезонам года: средние, максимальные и минимальные суммы
(мм, % от годовой суммы), 1966–2012 (1966–2010) гг.

Метеостанция	Зима			Весна			Лето			Осень		
	ср., мм, %	max, мм	min, мм	ср., мм, %	max, мм	min, мм	ср., мм, %	max, мм	min, мм	ср., мм, %	max, мм	min, мм
Камень-на-Оби	50,7 (15,4)	99,0 <u>2001</u>	15,7 <u>2012</u>	60,2 (18,2)	116,5 <u>1987</u>	18,3 <u>1991</u>	138,1 (41,8)	256,4 <u>1980</u>	55,2 <u>1987</u>	81,0 (24,5)	134,2 <u>1992</u>	38,2 <u>1997</u>
Баяново*	53,4 (15,9)	102,6 <u>1987</u>	14,7 <u>1967</u>	61,4 (18,3)	128,2 <u>2000</u>	19,5 <u>1980</u>	139,6 (41,6)	260,3 <u>1969</u>	44,9 <u>2010</u>	80,9 (24,1)	150,7 <u>1985</u>	31,4 <u>1997</u>
Тальменка*	103,7 (20,3)	189,4 <u>2001</u>	36,0 <u>1968</u>	97,7 (19,1)	211,6 <u>2000</u>	23,0 <u>1980</u>	176,7 (34,5)	326,0 <u>1970</u>	73,0 <u>1968</u>	134,2 (26,1)	218,8 <u>1985</u>	53,0 <u>1971</u>
Барнаул	69,4 (16,5)	163,0 <u>1973</u>	18,8 <u>2012</u>	84,7 (20,2)	159,0 <u>1975</u>	15,0 <u>1980</u>	161,4 (38,5)	268,4 <u>1990</u>	73,0 <u>1975</u>	104,2 (24,8)	167,9 <u>2012</u>	38,0 <u>1997</u>
Тогул*	90,1 (16,6)	168,8 <u>2001</u>	24,8 <u>1968</u>	109,6 (20,2)	222,0 <u>2004</u>	42,3 <u>1980</u>	205,7 (38,0)	379,1 <u>1984</u>	96,8 <u>1998</u>	136,6 (25,2)	219,8 <u>1992</u>	41,0 <u>1997</u>
Славгород	54,0 (16,8)	103,1 <u>1973</u>	18,3 <u>2012</u>	58,0 (18,1)	118,2 <u>1987</u>	23,5 <u>1967</u>	134,0 (41,8)	236,1 <u>1984</u>	46,5 <u>2010</u>	74,9 (23,3)	131,6 <u>1987</u>	23,2 <u>1997</u>
Ребриха	62,8 (15,8)	146,9 <u>1979</u>	13,8 <u>2012</u>	80,7 (20,4)	167,5 <u>1975</u>	9,3 <u>1980</u>	153,4 (38,7)	310,4 <u>1990</u>	65,8 <u>1975</u>	99,4 (25,1)	156,7 <u>1985</u>	36,5 <u>1997</u>
Алейск*	83,0 (19,2)	150,8 <u>1979</u>	20,3 <u>2012</u>	90,6 (21,0)	160,8 <u>2000</u>	13,2 <u>1980</u>	151,7 (35,1)	311,8 <u>2002</u>	45,1 <u>1987</u>	107,1 (24,8)	183,6 <u>1994</u>	40,1 <u>1995</u>
Бийск — Зональное	100,1 (18,2)	191,0 <u>1979</u>	38,0 <u>1968</u>	121,9 (22,2)	220,0 <u>1968</u>	33,0 <u>1980</u>	178,6 (32,5)	342,6 <u>2002</u>	70,4 <u>1986</u>	149,0 (27,1)	270,7 <u>1987</u>	60,5 <u>1997</u>
Волчиха*	61,2 (17,5)	104,5 <u>1973</u>	24,7 <u>1967</u> , <u>1968</u>	70,3 (20,0)	156,9 <u>2000</u>	16,6 <u>1980</u>	131,0 (37,4)	275,1 <u>1994</u>	49,5 <u>1975</u>	88,2 (25,1)	159,3 <u>1992</u>	37,1 <u>1995</u>
Рубцовск	52,7 (15,6)	161,4 <u>1973</u>	16,4 <u>2012</u>	71,8 (21,3)	144,5 <u>1972</u>	24,5 <u>1996</u>	132,7 (39,3)	224,5 <u>1995</u>	47,9 <u>1974</u>	80,2 (23,8)	154,2 <u>1984</u>	17,3 <u>1995</u>
Змеиногорск	140,3 (20,6)	318,0 <u>1973</u>	41,2 <u>2012</u>	156,8 (23,0)	311,0 <u>1972</u>	64,0 <u>1967</u>	197,1 (28,9)	336,7 <u>1995</u>	74,0 <u>1983</u>	187,8 (27,5)	335,9 <u>1969</u>	92,8 <u>1995</u>
Солонешное	54,8 (9,5)	111,0 <u>1992</u>	11,0 <u>2012</u>	141,5 (24,5)	249,7 <u>2006</u>	63,3 <u>1967</u>	251,4 (43,6)	459,4 <u>1996</u>	151,4 <u>1991</u>	129,0 (22,4)	221,0 <u>1968</u>	45,7 <u>1997</u>
Кызыл-Озек	79,8 (10,8)	136,8 <u>1969</u>	17,6 <u>2012</u>	169,3 (22,8)	275,7 <u>2006</u>	71,8 <u>1967</u>	306,4 (41,3)	496,6 <u>1985</u>	201,5 <u>1998</u>	186,6 (25,1)	317 <u>1974</u>	58,4 <u>1997</u>
Яйлю	57,9 (6,5)	136,7 <u>2009</u>	21,1 <u>1968</u>	219,1 (24,6)	374,4 <u>2006</u>	95,1 <u>1967</u>	398,0 (44,7)	723,4 <u>1984</u>	249,7 <u>1975</u>	215,3 (24,2)	414,1 <u>2009</u>	87,0 <u>1997</u>
Усть-Кокса	41,3 (8,8)	91,3 <u>1997</u>	12,1 <u>1986</u>	100,6 (21,5)	194,0 <u>1971</u>	43,5 <u>1974</u>	216,0 (46,1)	387,4 <u>1984</u>	86,4 <u>1974</u>	110,7 (23,6)	215,9 <u>1999</u>	38,9 <u>1998</u>
Кош-Агач	8,6 (7,1)	18,8 <u>1997</u>	0,0 <u>1996</u>	13,4 (11,1)	26,8 <u>2005</u>	1,0 <u>1984</u>	81,1 (67,1)	177,0 <u>2012</u>	27,0 <u>1974</u>	17,7 (14,6)	55,0 <u>1968</u>	1,5 <u>1990</u>
Кара-Тюрек	50,1 (8,2)	129,8 <u>2001</u>	16,7 <u>1968</u>	142,9 (23,4)	255,3 <u>1995</u>	73,0 <u>1997</u>	271,1 (44,4)	413,8 <u>1984</u>	145,5 <u>1974</u>	146,1 (23,9)	356,7 <u>1999</u>	50,6 <u>1997</u>

Примечание. Баяново* — наблюдения за 1966–2010 гг.

В течение лета на равнинах Алтайского края выпадает 35–40% от $\Sigma_{год}$, что является максимальным по сравнению с остальными сезонами. Наибольшая доля летних осадков в годовой сумме характерна для степных районов (Баян-Уль, Славгород, Рубцовск) и окрестностей Камня-на-Оби. Распределение летних сумм осадков в горах в значительной степени зависит от абсолютной высоты местности, и форма кривой, характеризующей данную зависимость, близка к параболической. Соответственно, быстрое нарастание количества осадков прослеживается до высоты 2500 м, далее до 2700 м градиенты снижаются, а выше сумма летних осадков остается практически постоянной. Изменение летних осадков западных, северных и северо-восточных предгорий Алтая в пределах высот от 200 до 500 м характеризуется линейным возрастанием с плювиометрическим градиентом 110 мм /

100 м. В межгорных котловинах Центрального и Юго-Восточного Алтая наблюдается уменьшение осадков теплого периода с градиентом 30 мм / 100 м [15]. Максимальная доля летних осадков в общей годовой сумме характерна для сухостепных ландшафтов высокогорной Чуйской котловины (Кош-Агач — 67,1%), здесь же отмечалось и их минимальное количество летом 1974 г. — 27,0 мм. Увлажнение осеннего периода в большинстве районов Алтайского края больше, нежели весеннего, что в значительной степени осложняет условия уборки урожая.

Полученные авторами статистические характеристики расширяют представление о режиме осадков в пределах равнинной и горной территорий Алтайского края и Республики Алтай, уточняя специфические особенности как временной межгодовой, так и пространственной вариативности (изменчивости).

Библиографический список

1. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. — Вып. 20, ч. IV. — Л., 1969.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3 : Многолетние данные. — Ч. 1–6. Вып. 20. — СПб., 1993.
3. Модина Т.Д., Сухова М.Г. Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. — Новосибирск, 2007.
4. Сухова М.Г. Биоклиматические условия жизнедеятельности человека в Алтае-Саянской горной стране. — Томск, 2009.
5. Харламова Н.Ф. Климат Алтайского региона : учебник. — Барнаул, 2013.
6. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. — Л., 1978.
7. Ранькова Э.Я. Климатическая изменчивость и изменения климата за период инструментальных наблюдений : автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. — М., 2005.
8. Ревякин В.С., Голещихин В.П. Осадки в горноледниковых бассейнах Алтая // Гляциология Алтая. — Вып. 12. — Томск, 1978.
9. Попова К.И., Егорина А.В. Атмосферные осадки Юго-Западного Алтая // Гляциология Сибири. — 1993. — Вып. 4 (19).
10. Галахов В.П., Мухаметов Р.М. Ледники Алтая. — Новосибирск, 1999.
11. Голещихин В.П. Радиационный режим внутриконтинентальной горной области (Алтай, Саяны) // Гляциология Сибири. — Вып. 1 (16). — Томск, 1981.
12. Егорина А.А. Барьерный фактор в развитии природной среды гор. — Барнаул, 2003.
13. Кривоносов Б.М. Климаты Горного Алтая : автореф. дис. ... канд. географ. наук. — Томск, 1975.
14. Кривоносов Б.М. Основные черты климата Горного Алтая // Гляциология Алтая. — Вып. 10. — Томск, 1976.
15. Мамонтов Н.В. Некоторые особенности вертикальной зональности осадков в Горном Алтае // Труды НИИГА. — 1964. — Вып. 26.