

## ПОВТОРЯЕМОСТЬ ГРОЗ В ГОРНОМ ОБРАМЛЕНИИ ФЕРГАНСКОЙ ВПАДИНЫ

*Ю.А. Подрезова* – аспирант

---

Исследуется повторяемость (частота) гроз, их годовой и суточный ход на территории северного, восточного и южного горных обрамлений Ферганской впадины от подножий хребтов до высокогорной зоны по многолетним данным (1960–1991 гг.) 19 метеостанций Кыргызгидромета.

Гроза представляет опасное природное явление для многих видов хозяйственной деятельности, и знание режима гроз является важным необходимым условием рационального использования климатических ресурсов территории [1–4]. Изучаемая территория (рис. 1) – горное обрамление Ферганской впадины в пределах Кыргызстана, куда входят Ошская, Джалал-Абадская и Баткенская области, является одним из наиболее грозоопасных районов Центральной Азии [5–11].

Цель настоящей работы – климато-статистическое исследование повторяемости (частоты) гроз на изучаемой территории по многолетним данным наблюдений 19 метеостанций Кыргызгидромета (31 год, 1960–1991 гг.), расположенных в диапазоне высот от 800 до 3155 м (см. таблицу). Рассчитывали следующие основные статистики эмпирических распределений частоты гроз (таблица): среднее, среднеквадратическое отклонение (СКО), коэффициенты вариации –  $v$ , асимметрии –  $A$  и эксцесса –  $E$ , степень корреляционно-регрессионных зависимостей частот от высоты ( $z$ ) и местоположения (широты –  $\varphi$  и долготы –  $\lambda$ ), а также годовой и суточный ход гроз. Режим длительности гроз приводится в работе [12].

Как видно из таблицы, объем исходных данных (201–2076 гроз) позволил получить надежную климато-статистическую характеристику гроз для года по каждой станции. Средние значения характеристик и меры их временной междугодовой изменчивости (СКО и вариация –  $v$ ) по этим данным определены надежно с относительной ошибкой, как правило, не превышающей 5%. Асимметрия  $A$  и эксцесс  $E$  статистических распределений оценены хуже и в ряде случаев могут быть приняты только как ориентировочные.

При анализе влияния местоположения и высоты на характеристики гроз и других опасных явлений очень важно учитывать влияние

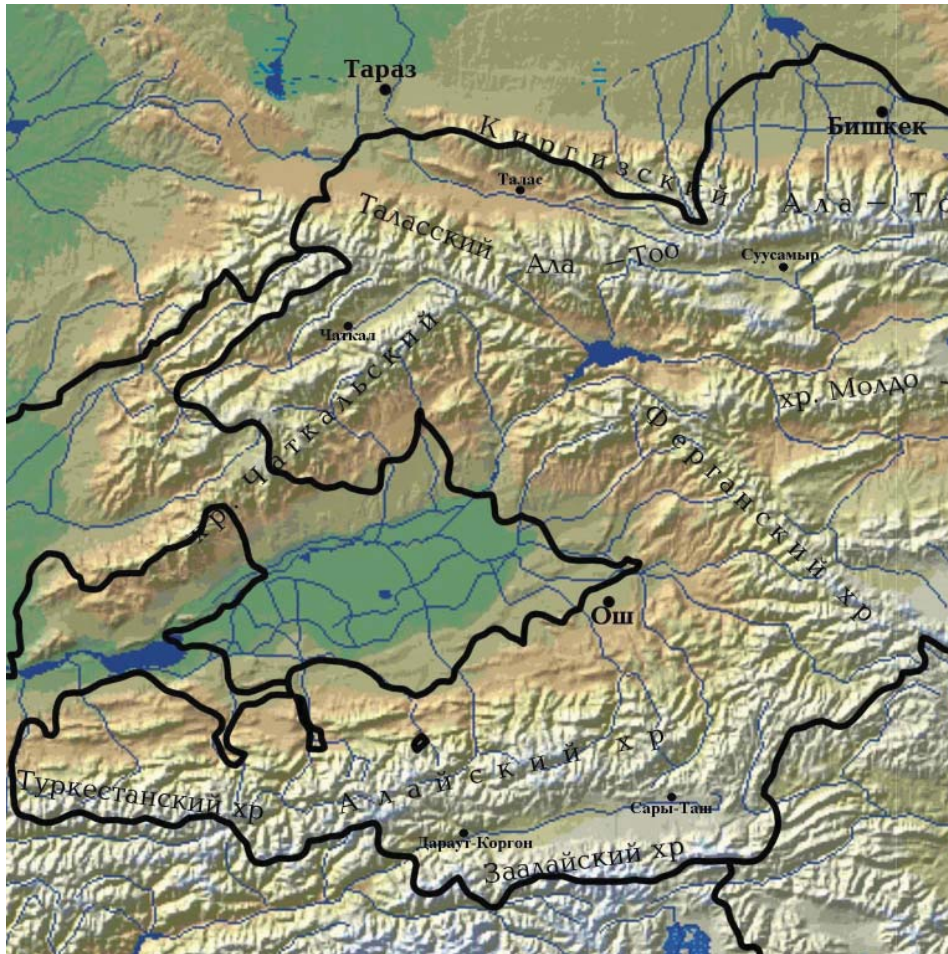


Рис. 1. Рельефная карта Юго-Западного Тянь-Шаня и севера Памиро-Алая.

макро- мезо- и микрорельефных условий расположения метеостанций [10]. С точки зрения макрорельефа (положения относительно горной страны в целом), вся изучаемая территория входит в одну климатическую провинцию – юго-западная периферия Тянь-Шаня и север Памиро-Алая.

Мезорельефные условия можно охарактеризовать двумя подобластями: 1) южное горное обрамление Ферганы, представленное высокими широтными хребтами-барьерами – Алайским и Туркестанским (средние высоты около 4500 м); 2) ее северное и восточное горное обрамление (далее сокращенно – северное), представленное субмеридиональными хребтами-барьерами – Угамским, Пскемским, Чаткальским, Кураминским (простирается с СВ на ЮЗ) и Ферганским (простирается с СЗ на ЮВ) со средними высотами 3300–3900 м.

Таким образом, станции северного обрамления располагались “мезорельефно” на южных и юго-восточных и юго-западных склонах, а станции южного обрамления – на северных склонах. Такой подход к учету мезорельефных условий и был использован при статистико-климатическом анализе. К сожалению, микрорельефные условия (характер непосредственного окружения метеостанций складками местности) в полной мере учесть не удалось ввиду их большого разнообразия и трудности формализации этих условий.

Описание расположения станций в таблице типизировано с учетом принятых положений: в нем указывается ориентация хребта и азимут склона, где расположена станция, при этом ее высотное положение условно отнесено к подножью хребта (до 1500 м), нижней (1500–2000 м), средней (2000–3000 м) и верхней (более 3000 м) зоне склонов.

Расположение метеостанций и основные статистики годовых характеристик частоты гроз по метеостанциям

Станция	Расположение	Число гроз за весь период	z, км	Число гроз x			
				$\bar{x}$	c (x)	E (x)	
Южное горное обрамление Ферганы							
Караван	Подножье сев. склона А хребта	516	1,044	16,65	0,77	0,04	-1,30
Исфана	Подножье сев. склона Т хребта	810	1,180	26,13	0,32	0,29	-1,09
Ноокаг	Подножье сев. склона А хребта	1211	1,320	39,06	0,53	-0,31	0,10
Гульча	Нижняя зона сев. склона А хребта	2076	1,542	66,97	0,31	0,60	-0,21
Хайдаркан	Нижняя зона сев. склона А хребта	1432	1,970	46,19	0,36	0,46	-0,90
Дароот-Коргон	Высокогорная Алайская долина	201	2,220	6,44	0,77	1,04	1,02
Кызыл-Джар	Средняя зона зап. склона Ф хребта	842	2,330	27,16	0,30	-0,13	-1,19
Кичик-Алай	Средняя зона сев. склона А хребта	681	2,360	21,97	0,66	0,46	-0,70
Сары-Таш	Высокогорная Алайская долина	277	3,155	8,94	0,87	0,38	-1,43
Среднее				28,83	0,54		
Северное и восточное горное обрамление Ферганы							
Джалал-Абад	Подножье зап. склона Ф хребта	1013	0,763	32,68	0,35	0,82	-0,10
Кара-Су	Подножье зап. склона Ф хребта	730	0,860	23,55	0,39	-0,74	0,77
Узген	Подножье зап. склона Ф хребта	779	1,012	25,13	0,30	0,61	-0,08
Джергитал	Подножье зап. склона Ф хребта	997	1,198	33,23	0,36	-0,06	0,29
Устье р. Тос	Нижняя зона вост. склона Ч хребта	1815	1,537	56,72	0,40	1,55	1,43
Ак-Терек-Гава	Нижняя зона зап. склона Ф хребта	1178	1,748	38,00	0,47	1,45	3,46
Устье р. Терс	Нижняя зона вост. склона Ч хребта	902	1,759	28,19	0,62	0,07	-0,93
Чаткал	Среднегорная Чаткальская долина	573	1,937	18,35	0,55	0,79	0,84
Ангрен	Средняя зона зап. склона Ч хребта	668	2,286	21,50	0,58	1,14	2,74
Чаар-Таш	Средняя зона зап. склона Ф хребта	545	2,748	17,58	0,54	0,39	-0,27
Среднее				29,49	0,46		

Обозначения:  $\bar{x}$  – среднее многолетнее значение (норма), c, A, E – коэффициенты вариации, асимметрии и эксцесса; (хребты: А – Алайский, Т – Туркестанский, Ф – Ферганский, Ч – Чаткальский)

### Частота гроз – $x$

Как видно из таблицы, среднее по всей территории число случаев гроз в году  $\bar{X} = 29,2$ , по южному горному обрамлению  $\bar{X} = 28,8$ , по северному  $\bar{X} = 29,5$ . Однако по отдельным станциям средняя частота гроз колеблется в очень широких пределах: по югу – от 6,4 до 67, по северу – от 17,6 до 56,7, т.е. в целом отношение максимум / минимум составляет 10. При этом какой-либо четкой связи частоты гроз с микро-рельефными условиями станций не обнаруживается. Так, максимальные частоты дают станции Гульча (67), расположенная в узкой долине нижней зоны северного склона широтного Алайского хребта, и Устье р. Тос (57), находящаяся также в нижней зоне узкой долины р. Пача-Ата, но на восточном склоне субмеридионального Чаткальского хребта. Располагающиеся всего в нескольких десятках километров другие станции могут давать  $\bar{X}$  в 2–3 раза меньше. Например, станция Устье р. Терс (1,76 км) находится примерно в 70 км юго-западнее Устья р. Тос (1,54 км) практически на той же высоте и на том же восточном склоне Чаткальского хребта, но имеет  $\bar{X} = 28$ , т.е. в 2 раза меньше.

В широтной высокогорной Алайской долине две станции – Дароот-Коргон (2,22 км) и Сары-Таш (3,16 км) – согласованно отмечают самую низкую грозовую деятельность – 6,4 и 8,9 гроз в году. Вторая по высоте станция Чаар-Таш (2,75 км), находится на юго-западном субмеридиональ-

ном склоне Ферганского хребта, также дает слабую (хотя и более высокую) грозовую деятельность  $\bar{X} = 17,6$ . Таким образом, прослеживается тенденция повышенной грозовой деятельности в нижней зоне склонов, где возможно наблюдается наиболее благоприятное сочетание степени прогрева воздуха и его влагосодержания.

Корреляционное поле точек  $(z, \bar{X})$  наглядно отражает характер связи средней частоты гроз с высотой для всей совокупности станций (рис. 2).

Линейная корреляционная связь оказалась отрицательной и слабой ( $r_1 = -0,37$ ), она дает убывание  $\bar{X}$  с ростом  $z$ . Более адекватной опытному полю точек является параболическая регрессия второго порядка с максимумом на высотах около 1,5 км (рис. 2, сплошная линия), а уравнение имеет вид  $(z, \text{км})$ :

$$\bar{X} = -13,289z^2 + 41,253z + 3,08 \pm 12,8, \quad (1)$$

где последнее слагаемое со знаком  $\pm$  есть среднеквадратическая ошибка регрессии.

Для (1) коэффициент параболической корреляции  $r_2 = 0,55$ , т.е. заметно выше линейного. Если повышать степень параболы, то  $r$  возрастает, и для шестого порядка  $r_6 = 0,85$ . Однако с третьего порядка график регрессии приобретает колебательный характер (см. рис. 2, пунктир). Метеорологически такая зависимость становится трудно объяснимой, а сама парабола является чисто интерполяционной формулой, хотя и полученной по методу наименьших квадратов.

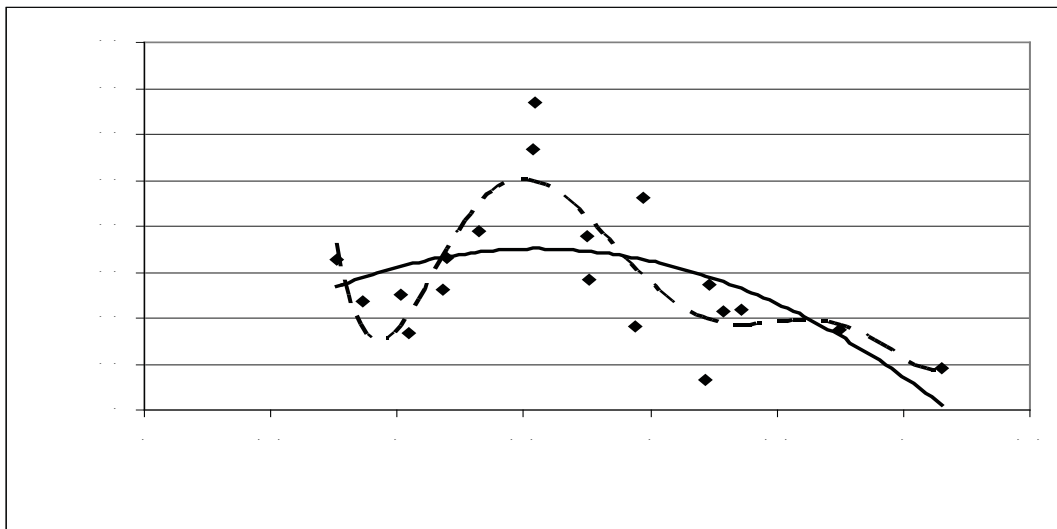


Рис. 2. Корреляционное поле точек  $(z, \bar{X})$  с параболической регрессией 2-го порядка (сплошная линия), колебательный график параболы 6-го порядка – пунктир.

Поэтому, на наш взгляд, в качестве фоновой высотной зависимости среднего годового числа гроз  $\bar{X}$  в целом для изучаемой территории следует взять (1). Недостатком параболы (1) является “умеренная” степень коррелированности ( $r_2 = 0,55$ ,  $r_2^2 = 0,30$ ) и то, что на высотах более 3 км возникает “отрицательное” число гроз, чего не может быть по физическому смыслу. Это надо рассматривать как следствие того, что (1) есть не более, чем оценка фоновой регрессии, полученная на ограниченном материале, по мере увеличения которого будет улучшаться и качество оценки. Пока же на практике можно рекомендовать выше 3 км принимать  $\bar{X}$ , равное  $\bar{X}$  (3 км) = 7,2. Рассчитанные по (1) значения  $\bar{X}$  дают следующее распределение годовых норм числа гроз по высоте:

z, км	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3–3,5
$\bar{X}$ , гроз	20,4	25,5	31,0	35,1	32,4	23,2	7,2

Как видно, при таком подходе на высотах подножий, т.е. около 1 км  $\bar{X} \approx 31$ , максимально на 1,5 км, где  $\bar{X} \approx 35$ , и убывает выше, становясь равным на высотах 2 и 2,5 км соответственно около 32 и 23. На высотах 3 км и выше  $\bar{X} \approx 7$ . При этом стандартная ошибка этих оценок достаточно высока и составляет  $\pm 12,8$  гроз.

Корреляционная связь числа гроз с широтой и долготой места, а также совместно с обеими координатами оказалась статистически не значимой на уровне доверительной вероятности  $p = 0,95$  ( $r \leq 0,2$ ).

Наряду с рассмотренной сильной территориальной изменчивостью норм частоты гроз наблюдается и сильная временная изменчивость их частот от года к году по каждой станции, численно выраженная в таблице коэффициентом вариации  $s(x)$ . Его среднее значение по территории  $\bar{c}(x) = 0,50$ , по югу –  $\bar{c}(x) = 0,54$ , по северу –  $\bar{c}(x) = 0,46$ . При этом пределы колебаний по отдельным станциям составляют 0,31... 1,04. Для приближенной оценки вероятных максимальных частот гроз в году как по территории в целом, так и по отдельным станциям можно использовать правило “трёх-пяти сигм” и соответствующему выражению для  $x_{\text{макс}}$

$$x_{\text{макс}} = \bar{X} (1 + K_p s(x)), \quad (2)$$

где коэффициент  $K_p = 3, 4$  и  $5$  и по неравенству Чебышева [12] ему соответствуют вероятности, не превышение  $x_{\text{макс}}$ , равные 0,889, 0,937 и 0,960.

Как правило, асимметрия  $A(x)$  распределений частоты гроз положительна и достаточно велика (см. таблицу), поэтому уклонение фактических годовых значений  $x$  от  $\bar{X}$  вправо существенно больше, чем влево и применение (2) является вполне обоснованным.

Подставляя в (2) средние для территории значения  $\bar{X} = 29$  и  $\bar{c}(x) = 0,50$ , получим для  $K_p = 3, 4$  и  $5$  значения  $x_{\text{макс}}$ , равные соответственно 73, 87 и 102. Это означает, что при средней многолетней годовой частоте гроз 29 в отдельные годы с вероятностями не менее 0,889, 0,937 и 0,960 их возможные максимальные значения достигнут 73, 87 и 102. Если такую оценку при  $s(x) = 0,50$  сделать для высотной зависимости (1), то получим следующие  $x_{\text{макс}}$ :

z, км	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3–3,5
$x_{\text{макс}}$ (0,889)	51	64	78	88	81	59	18
$x_{\text{макс}}$ (0,960)	71	89	109	123	113	83	25

В годовом ходе отдельные очень редкие грозы могут наблюдаться даже в январе-феврале, а редкие грозы – в марте. Но устойчивый грозовой сезон начинается в апреле и заканчивается в сентябре с редкими грозами в октябре и очень редкими в ноябре. За весь период наблюдений ни одной грозы по всем станциям не было зафиксировано в декабре. Относительное (%) распределение частоты гроз по месяцам (годовой ход гроз), осредненное по всем 19 станциям, следующее:

Месяц	1	2	3	4	5	6
$\bar{x}$ , %	0,009	0,008	0,36	6,36	22,39	34,83
Месяц	7	8	9	10	11	12
$\bar{x}$ , %	23,90	8,65	2,92	0,53	0,042	0

Как видно, вид кривой годового хода гроз элементарен: относительная их частота с января по март менее 1%, в апреле она – 6,36%, круто возрастает к июню, где достигает максимума – 34,83%, а затем аналогичным образом убывает к сентябрю – 2,92%, оставаясь ниже 1% в октябре-ноябре. Качественно такая картина соответствует каждой станции в отдельности при небольших численных различиях.

В суточном ходе частоты гроз наблюдается следующая картина: мало отмечается гроз (1–5%) в течение ночи и раннего утра (с 24 до 09 ч); с 09 ч их повторяемость быстро растет, достигая максимальной (25 – 40%) с 12 до 18 ч, а затем быстро уменьшается к полуночи (до 1–5%). Это свидетельствует о том, что очень велика роль солнечной радиации не только в раз-

витии местных гроз, но и фронтальных, вызывая существенное обострение фронтов в дневное время. В противном случае наблюдалось бы гораздо более равномерное распределение гроз в течение суток.

#### Выводы

Осредненная для всей территории многолетняя средняя годовая частота гроз составляет 29,2. По отдельным станциям  $\bar{X}$  меняется в пределах от 6,4 до 67 случаев. Наиболее низкие годовые нормы частот гроз отмечены в высокогорной Алайской долине ( $\bar{X}=6,4-8,9$ ), а наиболее высокие – в нижних зонах Алайского хребта ( $\bar{X}=67$ ) и восточного склона Чаткальского хребта ( $\bar{X}=57$ ).

Наблюдается достаточно выраженная параболическая высотная зависимость  $\bar{X}$  от  $z$  ( $r_2=0,55$ ), с максимумом на высотах около 1500 м, где  $\bar{X}_{\text{макс}}=35,1$ . Значимая корреляция от широты и долготы места отсутствует.

В годовом ходе активный грозовой сезон начинается с апреля и заканчивается в сентябре с максимумом в июле (около 35% гроз от годового числа). Отдельные грозы могут наблюдаться даже в зимние месяцы. В суточном ходе грозы чаще всего наблюдаются в послеполуденные часы.

#### Литература

1. Атмосфера: Справочник. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 509 с.
2. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеоздат, 2000. – 778 с.
3. Облака и облачная атмосфера: Справочник. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 647 с.
4. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайрулина. – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – 319 с.
5. Атлас Киргизской ССР. Т. 1. Природные условия и ресурсы. – М.: ГУГК СССР, 1987. – 157 с.
6. Апостолатов Г.А. Грозовая деятельность на территории Киргизской ССР // Изд. АН Кирг. ССР. – 1960. – Т. II. – Вып. 7. – С. 43–76
7. Климат Киргизской ССР / Под ред. З.А. Рязанцевой. – Фрунзе: Илим, 1965. – 292 с.
8. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Вып. 32. Киргизская ССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 375 с.
9. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии / Под ред. А.Д. Джураева и др. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 336 с.
10. Подрезов О.А., Джаксыбаев М.А., Мезгин В.А., Чен Б.Б. Климатические условия Кыргызстана (Для технических приложений). – Бишкек: Илим, 1992. – 170 с.
11. Справочник по климату СССР. Ч. 5. Облачность и атмосферные явления. Вып. 32. Киргизская ССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 305 с.
12. Подрезова Ю.А. Длительность гроз в горном обрамлении Ферганской впадины // Вестник КРСУ. – 2009. – Том 9. – №2.