

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ГРОЗ В ГОРНОМ ОБРАМЛЕНИИ ФЕРГАНСКОЙ ВПАДИНЫ

Ю.А. Подрезова – аспирант

Исследуется длительность одной грозы и интегральное число грозоочасов в году на территории северного, восточного и южного горных обрамлений Ферганской впадины от подножий хребтов до их высокогорной зоны по многолетним данным (1960–1991 гг.) 19 метеостанций Кыргызгидромета.

Горное обрамление Ферганской впадины, где располагаются Ошская, Джалал-Абадская и Баткенская области Кыргызстана, являются одним из грозоопасных районов Центральной Азии [1–5]. Территориальное распределение здесь повторяемости гроз, являющейся одной из самых важных климатических характеристик грозовой деятельности, подробно рассмотрено в [6].

Цель работы – климато-статистическое исследование длительности гроз по тем же многолетним данным наблюдений 19 метеостанций Кыргызгидромета (31 год, 1960–1991 гг.), расположенных в диапазоне высот от 800 до 3155 м, используя методические подходы работы [6]. Рассчитывались следующие основные статистики эмпирических распределений длительности отдельной грозы и интегрального за год числа грозоочасов (см. таблицу): среднее, среднеквадратическое отклонение (СКО), коэффициенты вариации – v , асимметрии – A и эксцесса – E , степень корреляционно-регрессионных зависимостей длительности от высоты (z) и местоположения (широты – φ и долготы – λ).

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.

Длительность отдельной грозы – t .

Отдельная гроза – скоротечное явление, длящаяся обычно в пределах 0,5–1 ч [7–9], но синоптическая ситуация часто бывает такова, что непрерывно генерируются новые грозовые ячей-

ки и тогда грозы, переходя одна в другую, могут захватывать период в несколько часов (иногда до полусуток – суток).

В целом для всей территории, а также ее южному и северному горным обрамлениям, средняя длительность гроз мала и составляет $\bar{t} = 1,36–1,37$ ч (см. таблицу). Колебания норм длительности по отдельным станциям находятся в пределах от 0,59 до 2,76 ч, что дает отношение максимум/минимум 4,7, т.е. в два раза меньше, чем для частоты гроз. Максимальную длительность по югу имеет станция Исфана ($\bar{t} = 2,76$ ч), расположенная в зоне подножья северного склона широтного Туркестанского хребта, а по северу – станции Устье р. Терс ($\bar{t} = 2,04$ ч) и Устье р. Тос ($\bar{t} = 2,00$ ч), расположенные в нижней зоне восточного склона субмеридионального Чаткальского хребта. Станция Гульча, где частота гроз одна из самых максимальных, показывает, хотя и повышенную ($\bar{t} = 1,85$ ч), но все же далеко не максимальную длительность.

Минимальную длительность по югу (как и для частоты гроз) дают станции Алайской долины – Дароот-Коргон ($\bar{t} = 0,60$ ч) и Сары-Таш ($\bar{t} = 0,77$ ч), а по северу – Чаткал ($\bar{t} = 0,59$ ч). То есть, как и для частоты гроз, нет сколько-нибудь четкой простой зависимости их длительности от микро- и мезорельефных условий территории.

Корреляционное поле точек (z, \bar{t}), наглядно отражающее характер связи средней длительности гроз с высотой места, приведено на рис. 1. Линейная корреляция отрицательная и слабая ($r_1 = -0,26$). Более адекватной, как и для частоты гроз, является параболическая корреляция второго порядка, для которой $r_2 = 0,38$, а уравнение регрессии (рис. 1, сплошная линия) имеет вид (t , час; z , км):

$$\bar{t} = -0,3226z^2 + 0,9816z + 0,766 \pm 0,52, \quad (1)$$

где $\pm 0,52$ ч – стандартная ошибка регрессии.

Основные статистики годовых характеристик длительности гроз

Станция	z, км	Длительность t				Грозочасы n			
		\bar{t} , час	c (t)	A (t)	E (t)	\bar{n} ГЧ	c (n)	A (n)	E (n)
Южное горное обрамление Ферганы									
Караван	1,044	0,98	1,20	6,91	88,34	15,56	0,91	0,70	-0,33
Исфана	1,180	2,76	1,00	3,49	17,98	71,91	0,38	1,01	1,27
Ноокат	1,320	1,55	0,88	2,19	7,49	67,72	0,40	0,38	-0,82
Гульча	1,542	1,85	1,11	5,37	45,99	122,77	0,49	0,47	-0,16
Хайдаркан	1,970	1,68	0,91	1,95	6,51	76,39	0,63	0,83	-0,35
Дароот-Коргон	2,220	0,60	1,20	3,62	16,64	3,53	1,04	1,78	2,86
Кызыл-Джар	2,330	1,33	1,08	3,18	19,27	35,52	0,57	0,56	-0,16
Кичик-Алай	2,360	0,79	1,78	7,66	69,56	13,58	0,66	0,55	0,26
Сары-Таш	3,155	0,77	1,58	7,24	68,23	6,46	0,95	1,45	2,88
Среднее		1,37	1,19			45,94	0,67		
Северное и восточное горное обрамление Ферганы									
Джалал-Абад	0,763	1,06	0,92	3,38	17,06	34,70	0,31	1,77	4,67
Кара-Су	0,860	1,17	1,14	3,45	17,07	25,55	0,60	0,45	-0,46
Узген	1,012	1,05	0,97	2,86	14,33	26,09	0,59	1,47	31,00
Джергитал	1,198	1,48	0,82	3,76	24,83	43,66	0,56	0,74	0,32
Устье р. Тос	1,537	2,00	0,90	1,56	3,68	111,09	0,38	0,86	1,07
Ак-Терек-Гава	1,748	1,46	1,32	2,35	8,37	53,83	0,55	1,45	2,50
Устье р. Терс	1,759	2,05	0,88	0,88	0,03	57,69	0,89	1,21	1,69
Чаткал	1,937	0,59	0,92	1,43	1,65	23,11	0,70	2,64	10,93
Ангрен	2,286	1,15	1,01	2,67	10,10	24,31	0,93	3,47	15,76
Чаар-Таш	2,748	1,61	0,92	2,29	5,67	27,61	0,85	-0,03	-0,79
Среднее		1,36	0,98			42,76	0,64		

Обозначения: \bar{t} и \bar{n} – среднее многолетнее значение (норма), c, A, E – коэффициенты вариации, асимметрии и эксцесса.

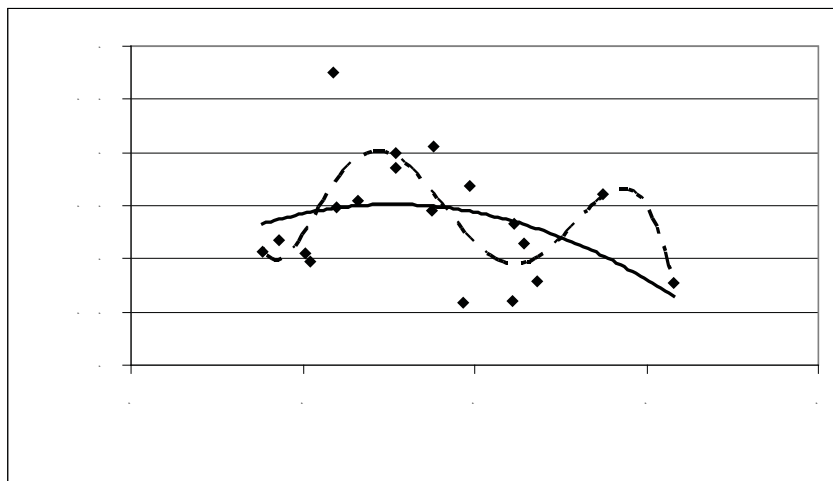


Рис. 1. Корреляционное поле точек (z, \bar{t}) с параболической регрессией 2-го порядка (сплошная линия), колебательный график параболы 6-го порядка (пунктир).

Как видно, параболическая корреляция \bar{t} и z также остается сравнительно слабой, но качественно более верно отражает тенденцию зависимости длительности гроз от высоты. Увеличение порядка параболы только формально увеличивает силу связи \bar{t} и z , поскольку не отражает метеорологической сути. В качестве примера (рис. 1, пунктир) приведен также график параболы-6, имеющий колебательный характер ($r_6 = 0,70$).

Поэтому в качестве фоновой высотной зависимости \bar{t} от z следует рекомендовать параболу (1), расчет по которой дает следующие средние длительности гроз (для $z = 3-3,5$ км принято $\bar{t} (3) = 0,81$ ч):

z , км	0.5	1	1.5	2	2.5	3-3.5
t , час	1,18	1,43	1,51	1,44	1,20	0,81

Как видно, при таком подходе на высоте $z = 0,5$ км $\bar{t} = 1,18$ ч, возрастая до максимума $\bar{t} = 1,51$ ч на высоте z около 1,5 км и убывая к высоте 3 км до $\bar{t} = 0,81$ ч.

В пределах изучаемого региона длительность гроз корреляционно не связана с широтой места φ ($r_1(\varphi, \bar{t}) = 0,04$). Но связь с долготой λ оказалась очень интересной (рис. 2): значения \bar{t} максимальны на западных границах в области $\lambda = 69,5-70^\circ$, уменьшаются примерно к $72-73^\circ$, где достигают минимума, и снова растут, но уже слабее, к восточной границе области с $\lambda = 74-74,5^\circ$. Это, несомненно, отражает тот факт, что на западе региона располагаются субмеридиональные хребты-барьеры – Угамский, Кураминский, Пскемский, Чаткальский, где грозовые

процессы резко усиливаются за счет орографического фактора, затем это его действие прекращается, однако снова возникает восточнее на аналогичном субмеридиональном Ферганском хребте-барьере.

Наиболее адекватно такую зависимость \bar{t} от λ отражает параболическая регрессия второго порядка (рис. 2, сплошная линия), а уравнение имеет вид ($t_{\text{час}}, \lambda^\circ$):

$$\bar{t} = 0,1694\lambda^2 - 24,571\lambda + 892,13 \pm 0,43, \quad (2)$$

где $\pm 0,43$ ч – стандартная ошибка регрессии.

Коэффициент параболической корреляции относительно высот $r_2 = 0,64$, т.е. корреляция вполне существенна. Линейная корреляция заметно слабее ($r_1 = -0,40$) и на графике (см. рис. 2 пунктир) хуже отражается геометрия поля точек (λ, \bar{t}).

Если принять в качестве фоновой долготной зависимости \bar{t} от λ (2), то получим (долготы 69° и 75° лежат уже за пределами долгот использованных метеостанций):

λ°	69*	69.5	70	71	72	73	74	74.5	75*
\bar{t} (час)	3,24	2,69	2,22	1,53	1,19	1,18	1,51	1,80	2,18

Как видно, средняя фоновая длительность гроз на западных границах региона близка к 3 ч, имеет минимум около 1,2 ч в области $\lambda = 72-73^\circ$ и возрастает восточнее на долготах Ферганского хребта до 2 ч.

По месяцам значение \bar{t} меняется мало в период активного грозового сезона с апреля по сентябрь, как это видно из осредненного по всем 19 станциям годового хода \bar{t} :

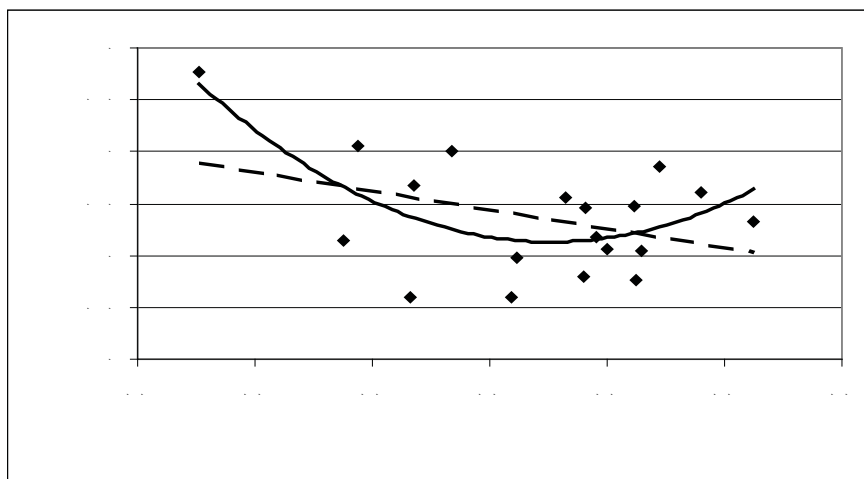


Рис. 2. Корреляционное поле точек (λ, \bar{t}) с параболической регрессией 2-го порядка (пунктир – линейная зависимость).

Месяц	3	4	5	6	7	8	9	10	11
\bar{t} (час)	0,68	1,35	1,36	1,48	1,59	1,62	1,22	0,89	0,13

Временная (от случая к случаю) изменчивость длительности отдельных гроз, велика и еще значительнее, чем для частоты гроз [6]: средний по территории коэффициент вариации $\bar{C}(t) = 1,09$, по югу – $\bar{C}(t) = 1,19$, а по северу – $\bar{C}(t) = 0,98$. Асимметрия распределений t положительна и значительна по величине ($A(t) = 0,88 - 7,66$).

Подставляя в уравнение (2) работы [6] средние для региона $\bar{t} = 1,37$ и $\bar{C}(t) = 1,09$, получим при $Kp = 3, 4$ и 5 оценки максимальных длительностей отдельных гроз с обеспеченностями $0,889, 0,937$ и $0,960$ по правилу “трех-пяти сигм” [10] соответственно равные $5,85, 7,34$ и $8,34$ ч.

Число грозочасов (грозочасы) – n. Очень важной по техническим приложениям (молниезащита и др.) является характеристика интегрального годового (месячного) числа грозочасов территории. В электроэнергетике [15] принято считать, что район со слабой грозовой деятельностью имеет менее 20 грозочасов в году, с умеренной – от 20 до 40 и сильной – более 40. В таблице приведена статистическая характеристика распределений числа грозочасов в году по 19 станциям.

Грозочасы – это комплексный климатический показатель, учитывающий одновременно как частоту, так и длительность гроз. Поэтому в его территориальном распределении должны проявляться закономерности, присущие обеим составляющим [11, 12].

Как видно (см. таблицу), среднее по территории число грозочасов в году $\bar{n} = 44$, при этом по югу оно составляет 46, а по северу – 43, т.е. различия малы. Однако по отдельным станциям колебания \bar{n} исключительно велики, гораздо больше, чем для частоты и длительности гроз. На юге максимальное $\bar{n} \approx 123$ грозочаса (далее гч) и наблюдается в Гульче. Минимальные грозочасы зарегистрированы в высокогорной Алайской долине на станциях Дароот-Коргон (3,5 гч) и Сары-Таш (6,5 гч). В результате отношение максимум / минимум равно 35. Следующая “по рангу” за Гульчей станция Хайдаркан уже имеет $\bar{n} = 76,4$ гч, т.е. в 1,6 раза меньше.

Схожая, но все же не такая контрастная картина наблюдается на севере: $\bar{n}_{\text{макс}} = 111,1$ гч (Устье р. Тос), $\bar{n}_{\text{мин.}} = 23,1$ гч (Чаткал), так что отношение максимум / минимум равно только 5. Аналогично, следующая за Устье р. Тос станция

Устье р. Терс имеет $\bar{n} = 57,7$ гч, т.е. сразу в 1,9 раза меньше.

Следовательно, две станции – Гульча (на юге) и Устье р. Тос (на севере) – резко выделяются гораздо более высокой и примерно одинаковой интенсивностью грозовой деятельности, как по частоте гроз в году ($\bar{X} = 67$ и $\bar{X} = 58$), так и числу грозочасов ($\bar{n} = 123$ и $\bar{n} = 111$). При этом несколько более низкая частота гроз на Устье р. Тос почти полностью компенсируется их большей длительностью ($\bar{t} = 1,85$ ч и $\bar{t} = 2,0$ ч), так что число грозочасов на обеих станциях близко между собой (различие составляет 10 %). В то же время, напомним, что станция Гульча по расположению соответствует нижней части северного склона широтного Алайского хребта, а Устье р. Тос – нижней части юго-восточного склона субмеридионального Кураминского хребта, т.е. имеют существенно различные мезорельефные условия по ориентации хребтов.

Корреляционное поле точек (z, \bar{n}) , характеризующее степень высотной зависимости грозочасов, приведено на рис. 3. Как и для частоты \bar{X} , так и длительности гроз \bar{t} наиболее адекватной регрессией следует принять параболу 2-го порядка (рис. 3, сплошная линия), уравнение которой имеет вид $(z, \text{км})$:

$$\bar{n} = -31,032z^2 + 100,48z - 23,861 \pm 28,88. (3)$$

Регрессии (3) соответствует коэффициент параболической корреляции $r_2 = 0,53$, т.е. высотная зависимость, как и для других характеристик, выражена на грани слабой и умеренной, но все же представлена вполне отчетливо. Рассчитанные по (3) значения \bar{n} для различных высот равны:

$z, \text{км}$	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	2,75 – 3,5
$\bar{n}, \text{гч}$	18,6	34,0	45,6	57,0	53,0	33,4	17,8

Здесь для высоты 2,75–3,5 км принято значение $\bar{n} = 17,8$, соответствующее $z = 2,75$ км, так как с высоты около 3 км по (3) получаются “отрицательные” грозочасы.

Регрессию (3) и соответствующие ей табличные данные рекомендуется использовать на практике в качестве фоновой высотной зависимости грозочасов в регионе.

Статистически значимая на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$ корреляционная связь грозочасов с широтой и долготой места отсутствует ($r_2 \leq 0,22$).

Как и следовало ожидать, временная изменчивость числа грозочасов (от года к году)

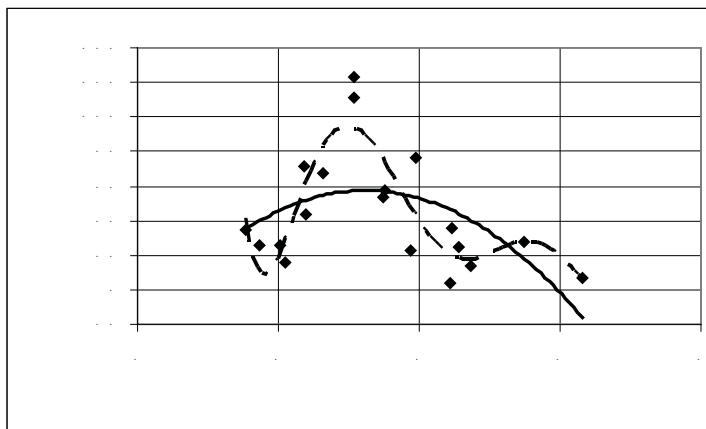


Рис. 3. Корреляционное поле точек (z, \bar{n}) с параболической регрессией 2-го порядка (пунктир – парабола 6-го порядка).

по всем станциям велика: в среднем по территории $\bar{C}(n) = 0,65$, по югу – $\bar{C}(n) = 0,67$, по северу – $\bar{C}(n) = 0,64$, а по отдельным станциям колеблется в пределах $0,31 \dots, 0,91$. Асимметрия распределений n положительна, оценки $A(n)$ по станциям находятся в пределах $0,38 \dots, 3,47$ (исключение станция Чаар-Таш, где $A(n) = -0,03$). Поэтому, согласно правилу “трех-пяти сигм” [6, 10], для обеспеченностей $0,889, 0,937$ и $0,960$, при $\bar{n} = 44$, $\bar{C}(n) = 0,67$ получим фоновые оценки максимального числа годовых грозочасов по территории, равными собственно – 130, 158 и 187. Аналогичные оценки, используя \bar{n} и $\bar{C}(n)$ из таблицы, можно получить по каждой станции индивидуально.

Если учесть высотную зависимость (3), то вероятные оценки $n_{\text{мак}}$, окажутся равными:

$z, \text{ км}$	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	2,75 – 3,5
$n_{\text{мак}}(0,889), \text{ гч}$	56	102	137	172	160	101	54
$n_{\text{мак}}(0,960), \text{ гч}$	81	148	198	248	231	145	78

Годовой ход грозочасов выражен хорошо и в процентах по месяцам обобщенно по всем станциям выглядит так:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0,01	0,01	0,23	5,2	20,2	33,0	26,3	10,7	3,7	0,62	0,03

Как видно, он качественно и количественно весьма близок к годовому ходу частоты гроз [6], имея максимум 33 % в июне. Годовой ход грозочасов по каждой станции отдельно имеет качественно аналогичный характер.

Выводы

1. Осредненная для всей территории средняя длительность одной грозы составляет 1,36 ч, с колебанием по отдельным станциям от 0,59 до 2,76 ч. Сколько-нибудь четкой и простой зависимости длительности от микро- и мезорельефных условий расположения станций не наблюдается.

2. Осредненное для всей территории среднее значение грозочасов в году мало различается по территории и колеблется в пределах 43–46 ч.

Литература

1. Атлас Киргизской ССР. Т. 1. Природные условия и ресурсы. – М.: ГУГК СССР, 1987. – 157 с.
2. Апостолов Г.А. Грозовая деятельность на территории Киргизской ССР // Изд. АН Кирг. ССР. – 1960. – Т. II. – Вып. 7. – С. 43–76
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Вып. 32. Киргизская ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 375 с.
4. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии / Под ред. А.Д. Джураева и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 336 с.
5. Подрезов О.А., Джаксыбаев М.А., Мезгин В.А., Чен Б.Б. Климатические условия Кыргызстана (Для технических приложений). – Бишкек: Илим, 1992. – 170 с.
6. Подрезова Ю.А. Повторяемость гроз в горном обрамлении Ферганской впадины // Вестник КРСУ. – 2009. – Т. 9. – №1. – С. 138–143.
7. Атмосфера. Справочник. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 509 с.

Ю.А. Подрезова. Длительность гроз в горном обрамлении Ферганской впадины

8. *Матвеев Л.Т.* Физика атмосферы. – СПб: Гидрометеиздат, 2000.– 778с.
9. *Облака и облачная атмосфера. Справочник.* – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 647 с.
10. *Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В.* Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М.: Наука, 1965. – 512 с.
11. *Справочник по климату СССР. Ч. 5. Облачность и атмосферные явления. Вып. 32. Киргизская ССР.* – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 305 с.
12. *Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. д.г.н. Н.В. Кобышевой, к.г.н. К.Ш. Хайрулина.* – СПб: Гидрометеиздат, 2005. – 319 с.