

ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О РЕЖИМЕ ГРОЗ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Ю.А. Подрезова – аспирант

Приводятся осредненные данные о годовой частоте, продолжительности гроз, интегральном за год числе грозочасов, их междугодовой изменчивости, зависимости от высоты, широты и долготы для Кыргызстана в целом и его климатических провинций – Северной, Северо-Западной, Юго-Западной, Иссык-Кульской котловины и Внутреннего Тянь-Шаня по многолетним (1960–1991 гг.) данным 65 метеостанций Кыргызгидромета.

Ключевые слова: Кыргызстан; климатические характеристики гроз.

Несмотря на имеющийся ряд публикаций в 1960–1980 гг. по режиму гроз [1–5] на территории Кыргызстана, необходимость их дальнейших исследований остается актуальной. Целью настоящей работы явилось получение осредненных по территории Кыргызстана и четырем его климатическим провинциям – Северной, Северо-Западной (ССЗК), Юго-Западной (ЮЗК), Иссык-Кульской котловине (ИКК) и Внутреннему Тянь-Шаню (ВТШ) – основных характеристик гроз: годовой частоты (число случаев) – x , длительности отдельной грозы – t , интегрального за год числа грозочасов – n (г.ч.). По каждой характеристике по данным многолетних (1960–1991 гг.) наблюдений 65 метеостанций Кыргызгидромета рассчитывались средние значения ($\bar{x}$, $\bar{t}$, $\bar{n}$), коэффициенты вариации ($c(x)$, $c(t)$, $c(n)$), оценивались корреляционно-регрессионные связи и зависимости средних от высоты, широты и долготы станций. Полученные осредненные статистики по наблюдаемым 50327 грозам приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, в среднем по Кыргызстану норма годовой частоты гроз $\bar{x}=27,7$, что в 5–10 раз выше, чем в прилегающей с севера и запада обширной Туранской низменности [3, 4]. Ранжирование климатических провинций по x выглядит так: ИКК (43,7), ЮЗК (29,2), ВТШ (23,5) и ССЗК (18,2). Иссык-Кульская котловина является бесспорным лидером по частоте гроз, тогда как Юго-Западный Кыргызстан значительно уступает ей, хотя и занимает второе место. На последнем месте оказался не Внутренний Тянь-Шань, а Северный, Северо-Западный Кыргызстан. Все это существенно уточняет прежние представления [1–5], согласно которым считалось, что Прииссыккулье и ЮЗК делят по повторяемости 1–2 места (без

существенных различий), а на последнем месте оказывался Внутренний Тянь-Шань.

Средняя норма длительности отдельной грозы по Кыргызстану $\bar{t}=1,24$ ч, но ранжировка провинций по t существенно отлична от ранжировки по $\bar{x}$: ССЗК (1,40 ч), ЮЗК (1,37 ч), ИКК (1,19 ч), и ВТШ (1,01 ч), т.е. на первом месте оказывается ССЗК, несколько превосходя ЮЗК, который занимает второе место, ИКК располагается на третьем месте, а замыкающим является ВТШ. Однако различия провинций по $\bar{t}$ малы.

В результате, норма интегрального числа грозочасов по Кыргызстану $\bar{n}=36,3$, а ранжировка провинций по n следующая: ИКК (52,1 г.ч.), ЮЗК (44,5 г.ч.), ССЗК (26,9 г.ч.), ВТШ (25,6 г.ч.). По этому основному показателю грозовой активности первое место уверенно занимает ИКК, второе – ЮЗК. Провинции ССЗК и ВТШ, имея близкие характеристики по n , находятся соответственно на 3 и 4 местах. Таким образом, по средним данным как по частоте гроз, так и по числу грозочасов ИКК является районом наиболее интенсивной грозовой деятельности в Кыргызстане.

Средний коэффициент вариации частоты гроз по Кыргызстану сравнительно мал – $c(x)=0,47$, колеблясь по провинциям от 0,38 (ИКК) до 0,54 (ВТШ). Напротив, средний коэффициент вариации длительности отдельных гроз в целом по региону значителен ($c(t)=1,08$), мало меняясь по провинциям ($c(t)=1,01–1,11$). Средние коэффициенты вариации годового числа грозочасов имеют промежуточные значения: по территории в среднем $c(n)=0,62$, пределы по провинциям – 0,49–0,68. При этом, как и следовало ожидать, все коэффициенты вариации минимальны в ИКК, где наиболее интенсивна и,

Таблица 1

Основные статистические характеристики гроз на территории Кыргызстана
(число станций: ССЗК – 15; ЮЗК – 19; ИКК – 12; ВТШ – 19)

Характеристика	Климатические провинции				В целом
	ССЗК	ЮЗК	ИКК	ВТШ	
Средние значения $\bar{x}$, $\bar{t}$ и $\bar{n}$ по регионам					
Частота – $\bar{x}$	18,2	29,2	43,7	23,5	27,7
Длительность – $\bar{t}$, час	1,40	1,37	1,19	1,01	1,24
Грозочасы – $\bar{n}$, г.ч.	26,9	44,5	52,1	25,6	36,3
Средние значения коэффициентов вариации по регионам					
$\bar{c}(x)$	0,42	0,50	0,38	0,54	0,47
$\bar{c}(t)$	1,10	1,09	1,01	1,11	1,08
$\bar{c}(n)$	0,61	0,66	0,49	0,68	0,62
Пределы $\bar{x}$, $\bar{t}$ и $\bar{n}$ по станциям в регионах					
Пределы – $\bar{x}$	7,3–31,6	6,4–67,0	23,2–69,2	4,4–40,4	4,4–69,2
Пределы – $\bar{t}$, час	0,89–2,33	0,59–2,76	0,68–2,29	0,60–1,42	0,60–2,76
Пределы – $\bar{n}$, г.ч.	6,9–47,1	6,8–125,4	20,3–86,3	8,3–71,0	6,8–125,4
Пределы коэффициентов вариации по станциям в регионах					
Пределы – $\bar{c}(x)$	0,29–0,80	0,30–0,87	0,19–1,01	0,24–0,81	0,19–1,01
Пределы – $\bar{c}(t)$	0,76–1,94	0,88–1,78	0,73–1,36	0,81–1,58	0,73–1,94
Пределы – $\bar{c}(n)$	0,40–0,87	0,31–1,04	0,31–1,01	0,33–1,07	0,31–1,01

следовательно, стабильна от года к году грозовая деятельность (соответственно 0,38, 1,01 и 0,49).

В соответствии с показателями $\bar{x}$, $\bar{t}$, $\bar{n}$ и их вариаций – $\bar{c}(x)$, $\bar{c}(t)$, $\bar{c}(n)$, фактические пределы норм частот, длительностей и грозочасов, которые получены по отдельным станциям (табл. 1), очень широки. Так, x меняется на метеостанциях в целом по Кыргызстану от 4,4 до 69,2, т.е. отношение максимум/минимум равно 15,7, t меняется от 0,60 до 2,76 ч (кратность 4,6), а n меняется от 6,8 до 125,4 г.ч. (кратность 18,4). Им соответствуют широкие пределы изменения коэффициентов вариации этих характеристик по отдельным станциям (табл. 1): $\bar{c}(x) = 0,19–1,01$; $\bar{c}(t) = 0,73–1,94$; $\bar{c}(n) = 0,31–1,01$. Все это свидетельствует о существенной междугодовой изменчивости (т.е. от года к году) в различных пунктах Кыргызстана частоты гроз, еще более высокой изменчивости числа грозочасов и очень высокой изменчивости длительности гроз от случая к случаю.

Поэтому исключительно важной задачей является оценка корреляционно-регрессионных зависимостей норм $\bar{x}$, $\bar{t}$, $\bar{n}$, рассчитанных по каждой станции для года, от высоты, широты и долготы места. В имеющихся прежних публикациях по режиму гроз [1–5] до сих пор строго количественно эта задача не рассматривалась.

Расчет парных линейных (r_1) и параболических второго порядка (r_2) коэффициентов корреляции между x и z , ϕ , λ дал следующие результаты:

Коэффициенты корреляции	($z, \bar{x}$)	($\phi, \bar{x}$)	($\lambda, \bar{x}$)
Линейный – r_1	-0,29	0,11	0,23
Параболический – r_2	0,53	0,12	0,29

Видно, что наиболее высокой является параболическая корреляция $\bar{x}$ от z ($r_2=0,53$ и значим с $p=0,99$). Линейная связь с z выражена слабее ($r_1= -0,29$ и значим с $p=0,95$). Знак минус у r_1 указывает на обратный характер линейной зависимости – частота гроз убывает с высотой. На

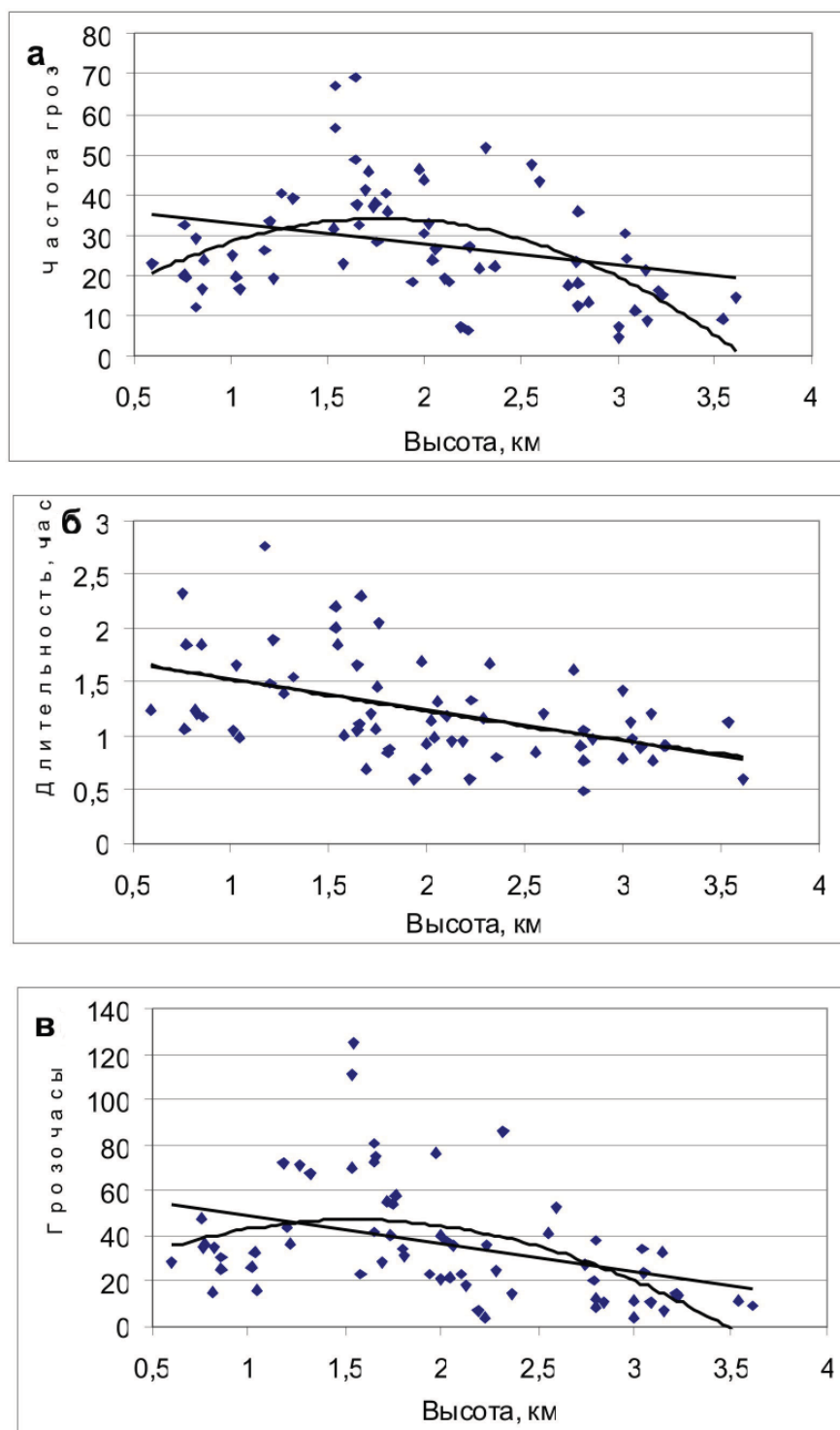


Рис. 1. Регрессии:
 а – высотных зависимостей частоты гроз (параболическая $r_2=0,53$, линейная $r_1=-0,29$);
 б – длительности отдельной грозы (линейная $r_1=-0,47$) и в – интегрального за год числа грозочасов
 (параболическая $r_2=0,50$, линейная $r_1=-0,39$) для территории Кыргызстана.

рис. 1а показано корреляционное поле точек $(z, \bar{x})$, наглядно характеризующее эту связь. Наиболее точно она описывается параболической регрессией $(z, \text{км})$:

$$\bar{x} = -9,773z^2 + 34,77z + 3,26 \pm 12,1, \quad (1)$$

где $\pm 12,1$ есть стандартная ошибка регрессии.

Таблица 2

Рассчитанные по (1) оценки годовых частот гроз на разных высотах

z, км	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5
$\bar{x}$	20,6	28,3	33,4	33,7	29,1	19,6	5,2

Максимальная частота гроз соответствует нижней части склонов хребтов ($z=1,5-2$ км), где $\bar{x} \approx 34$ (табл. 2). К высотам $z \approx 1$ км она убывает до 28. Выше 2 км также достаточно быстро уменьшается, так что на $z=3$ км $\bar{x} \approx 20$, а на $z=3,5$ км $\bar{x} = 5$. На больших высотах $\bar{x} < 0$, чего, разумеется, не может быть и является следствием математической ограниченности модели (1), рекомендуется поэтому на высотах более 3,5 км принимать $\bar{x} = 5$.

Значимая корреляционная связь $\bar{x}$ с широтой ϕ отсутствует: $r_1=0,11$; $r_2=0,12$. Парная связь с долготой λ является относительно слабой ($r_1=0,23$; $r_2=0,29$) и по форме – прямой линейной, так как $r_1^2 \approx r_2^2$.

Убедиться в этом можно также анализом значений коэффициентов множественной корреляции R для различных комбинаций предикторов из их системы (z, ϕ, λ) . Такие расчеты дали: $R(z, \bar{x})=0,29$; $R(z, \phi, \bar{x})=0,30$; $R(z, \lambda, \bar{x})=0,46$ и $R(z, \phi, \lambda, \bar{x})=0,48$. Видно, что введение λ увеличило $R(z, \bar{x})=0,29$ до $R(z, \lambda, \bar{x})=0,46$, тогда как введение широты, как и следовало ожидать, заметного эффекта не внесло.

В итоге совместные линейные связи $\bar{x}$ с z и λ дают умеренную по силе ($R=0,46$) и статистически значимую ($p=0,95$) множественную корреляцию с регрессией:

$$\bar{x} = -7,75z + 2,247\lambda - 125,42 \pm 12,9. \quad (2)$$

Эта регрессия имеет практически одинаковую точность с (1). Поэтому (2), наряду с (1) рекомендуется нами к практическому использованию в качестве приближенной статистической модели географического распределения частоты гроз в Кыргызстане.

Корреляционная связь длительности гроз $\bar{t}$ с z , ϕ и λ характеризуется следующими значениями r_1 и r_2 :

Коэффициенты корреляции	$(z, \bar{t})$	$(\phi, \bar{t})$	$(\lambda, \bar{t})$
Линейный – r_1	-0,47	0,03	-0,34
Параболический – r_2	0,47	0,22	0,36.

Из этих данных следует, что можно говорить о достаточно четко выраженной обратной линейной зависимости $\bar{t}$ от z с регрессией $(z, \text{км}; \bar{t}, \text{час})$:

$$\bar{t} = -0,283z + 1,80 \pm 0,42, \quad (3)$$

которой соответствует $r_1=-0,47$ (значим при $p=0,95$) и стандартная ошибка $\pm 0,42$ ч (рис. 1б). Расчеты по (3) дают убывание средней продолжительности гроз с высотой от $\bar{t} \approx 1,5$ ч в зоне $z \approx 1$ км до $\bar{t} \approx 0,81$ ч в гребневой зоне хребтов ($z \approx 3,5$ км), т.е. примерно в 2 раза (табл. 3).

Таблица 3

Рассчитанные по (3) длительности гроз на различных высотах

z, км	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5
$\bar{t}$, ч	1,63	1,52	1,38	1,24	1,09	0,95	0,81

Зависимость $\bar{t}$ от ϕ практически отсутствует, так как r_1 и r_2 малы и статистически не значимы ($p=0,95$). Зависимость от λ в значительной мере является ложной: $r_1(z, \bar{t})=-0,47$ и $r_1(\lambda, \bar{t})=-0,34$, т.е. имеют одинаковые знаки и, следовательно, связь $\bar{t}$ с λ на самом деле в основном вызывается связью z с λ для станций. Об этом также убедительно говорят значения R : $R(z, \bar{t})=0,47$; $R(z, \phi, \bar{t})=0,47$; $R(z, \lambda, \bar{t})=0,51$ и $R(z, \phi, \lambda, \bar{t})=0,52$.

Поэтому регрессия (3) рекомендуется к практическому использованию в качестве адекватной статистической модели для приближенного территориального описания длительности гроз в Кыргызстане в зависимости от высоты места.

Интегральное за год число грозоураганов $\bar{n}$ есть комплексная характеристика, определяемая одновременно значениями $\bar{x}$ и $\bar{t}$. Поэтому в корреляционной зависимости $\bar{n}$ от z , ϕ и λ должна проявиться специфика связей $\bar{x}$ и $\bar{t}$ с этими координатами станций. Парные коэффициенты корреляции r_1 и r_2 для $\bar{n}$ оказались следующими:

Коэффициенты корреляции	$(z, \bar{n})$	$(\phi, \bar{n})$	$(\lambda, \bar{n})$
Линейный – r_1	-0,39	0,01	-0,06
Параболический – r_2	0,50	0,24	0,21.

Видно, что, как и для частоты гроз, грозо-часы наиболее существенно зависят от высоты места: линейному убыванию n с z соответствует $r_1=-0,39$; а параболической связи n с z более высокий $r_2=0,50$ (оба статистически значимы с $p=0,95$). На рис. 1в показано опытное поле точек (z, n) с графиками параболической и линейной регрессий ($z, км$):

$$\bar{n} = -12,621z^2 + 39,059z + 16,42 \pm 22,2, \quad (4)$$

$$\bar{n} = -12,555z + 61,31 \pm 28,3. \quad (5)$$

К практическому использованию рекомендуется более точная параболическая регрессия (4), имеющая также и более высокую фактическую обоснованность ввиду аналогичности характера высотных зависимостей $\bar{x}$ и n от z (табл. 4).

Таблица 4
Рассчитанные по (4) значения грозочасов $\bar{n}$
на различных высотах

$z, км$	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5
$\bar{n}, г.ч.$	35,3	42,9	46,6	44,1	35,2	20,0	10,1

Видно, что $\bar{n} \approx 35$ г.ч. на высотах около 0,6 км (север Чуйской долины), увеличивается до $\bar{n} \approx 43$ г.ч. на $z=1$ км, достигает максимума $\bar{n} \approx 47$ г.ч. около 1,5 км, а затем убывает к гребневой линии хребтов ($z \approx 3,5$ км) до $\bar{n} \approx 10$ г.ч., т.е. почти в 5 раз по сравнению с зоной максимума.

Значения множественных R говорят о том, что какая-либо более точная множественная линейная регрессия n , учитывающая дополнительное влияние φ и λ , отсутствует: $R(z, n)=0,39$; $R(z, \varphi, n)=0,39$; $R(z, \lambda, n)=0,40$ и $R(z, \varphi, \lambda, n)=0,41$. Поэтому (4) является наиболее адекватной статистической моделью для приближенного описания территориального распределения грозочасов в Кыргызстане.

Таким образом, по данным всех 65 метеостанций на территории Кыргызстана достаточно существенная по силе и статистически значимая ($p=0,95$) корреляция основных ха-

рактеристик гроз – частоты – $\bar{x}$, длительности – $\bar{t}$, и годового числа грозочасов – n :

1) параболическая (1) для $\bar{x}$ от z ($r_2=0,52$), а также множественная линейная (2) от z и λ ($R=0,46$);

2) обратная линейная (3) для $\bar{t}$ от z ($r_1=-0,47$);

3) параболическая (4) для n от z ($r_2=0,50$).

Эти зависимости получены нами впервые. Они отражают общую высотную климатическую поясность в режиме гроз на территории Кыргызстана, которая учитывалась нами при детализированном анализе режима гроз в его различных климатических провинциях [6, 7, 8].

Литература

1. Апостолов Г.А. Грозовая деятельность на территории Киргизской ССР // Изв. АН Кирг. ССР. – 1960. – Т.11. – Вып. 7. – С. 43–76.
2. Атлас Киргизской ССР. Т. 1. Природные условия и ресурсы. – М.: ГУГК СССР, 1987. – 157 с.
3. Климат Киргизской ССР / Под ред. З.А. Рязанцевой. – Фрунзе: Илим, 1965. – 292 с.
4. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии / Под. ред. А.Д. Джураева, С.Г. Чанышевой, О.И. Субботиной. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 236 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. Длительность гроз в горном обрамлении Ферганской впадины // Вестник КРСУ. – 2009. – Т. 9. – №2.
7. Подрезова Ю.А. Повторяемость гроз в горном обрамлении Ферганской впадины // Вестник КРСУ. – 2009. – Т. 9. – №1. – С. 138–143.
8. Подрезова Ю.А. Грозы в Северном, Северо-Западном Кыргызстане // Вестник КРСУ. – 2009. – Т. 9.
9. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М.: Наука, 1969. – 459 с.