

УДК 551. 515.6 (575.12)

ГРОЗЫ ВО ВНУТРЕННЕМ ТЯНЬ-ШАНЕ

Ю.А. Подрезова

Приводятся расчетные климатические данные об основных характеристиках гроз (частота, длительность, число грозочасов, годовой ход) на территории Внутреннего Тянь-Шаня по многолетним данным (1960...1991 гг.) 19 метеостанций Кыргызгидромета, расположенным в диапазоне высот от 821 до 3614 м.

Высокое внутреннее нагорье – Внутренний Тянь-Шань (ВТШ) – занимает обширную территорию с границами: на севере – гребневая линия хребтов Таласский – Киргизский – Терской, на западе – гребень Ферганского хребта, на юге – гребень Кок-Шаал-Тоо (граница с Китаем) и на востоке – гребень Меридионального хребта (граница с Китаем). Он имеет резко континентальный климат и ранее считался в целом районом со слабой грозовой деятельностью [1...5], что по нашим данным оказалось далеко не так – интенсивность гроз во ВТШ меняется в широких пределах, от слабой в высокогорных районах до умеренной и сильной в среднегорье. Она может быть охарактеризована по данным 19 метеостанций (табл. 1), расположенных в диапазоне высот 0,821...3,614 км и зарегистрировавших 12739 гроз за использованный период наблюдений 1960...1991 гг.

Как и для других климатических провинций Кыргызстана [6, 7], нами были сделаны расчеты основных характеристик гроз: годовой частоты – x (числа случаев), длительности отдельной грозы – t , годового числа грозочасов – n и годового хода гроз. Рассчитывались статистики, основанные на первых четырех моментах – средние (нормы), вариация, асимметрия и эксцесс, а также корреляционно регрессионные связи \bar{x} , \bar{t} и \bar{n} с координатами станций z , φ и λ . В табл. 1 для каждой станции приведены основные статистики каждой характеристики гроз – средние значения \bar{x} , \bar{t} , \bar{n} и коэффициенты вариации (C_v). Для удобства анализа станции сгруппированы по высотным зонам – низкогорная (до 1200 м), среднегорная (1200...2200) м, высокогорная (2200...3500) и нивальная (выше 3500 м) [2].

Таблица 1

Статистические характеристики гроз по метеостанциям

Станция	z, км	Частота (x)		Длительность (t)		Грозочасы (n)	
		\bar{x}	C_v	\bar{t} , час	C_v	\bar{n} , г.ч.	C_v
<i>Низкогорная зона (до 1200 м)</i>							
1. Токтогул	0,821	29,24	0,43	1,20	1,10	35,01	0,66
<i>Среднегорная зона (1200...2200 м)</i>							
2. Казарман	1,266	40,35	0,24	1,39	0,98	70,99	0,41
3. Чаек	1,651	37,43	0,31	1,11	0,86	41,61	0,33
4. Кочкорка	1,810	35,68	0,25	0,88	0,81	31,31	0,38
5. Дюрбельджин	2,000	30,72	0,54	0,69	1,11	21,06	0,76
6. Ат-Баши	2,025	32,84	0,29	1,14	1,43	37,63	0,51
7. Нарын	2,039	23,84	0,25	0,98	1,58	21,29	0,46
8. Сусамыр	2,061	26,61	0,81	1,31	1,35	35,64	1,07
Среднее 2...8		32,45	0,41	1,07	1,16	37,08	0,56
<i>Высокогорная зона (2200...3500 м)</i>							
9. Кара-Куджур	2,800	35,76	0,50	1,05	1,00	37,65	0,63
10. Койлю	2,800	17,73	0,67	0,48	0,92	8,30	0,74
11. Орто-Сырт	2,800	12,43	0,77	0,77	1,00	12,03	0,96
12. Ак-Шийрак	2,844	13,14	0,79	0,97	0,86	10,10	0,61
13. Арпа	3,000	7,27	0,78	1,42	1,81	11,36	0,87
14. Каракольская	3,000	4,42	0,45	0,78	1,07	3,43	0,74
15. Долон	3,040	30,23	0,42	1,12	1,18	33,85	0,48
16. Ат-Ойнок	3,050	24,31	0,70	0,97	0,95	23,48	0,97
17. Ак-Сай	3,145	21,07	0,62	1,21	1,10	32,28	0,86
Среднее 9...17		18,48	0,63	0,97	1,10	19,16	0,76
<i>Нивальная зона (выше 3500 м)</i>							
18. Чатыр-Куль	3,540	9,32	0,58	1,13	1,03	10,93	0,78
19. Тянь-Шань	3,614	14,69	0,72	0,60	0,96	8,85	0,68
Среднее 18...19		12,01	0,65	0,87	1,00	9,89	0,73
Общее среднее 1...19		23,52	0,54	1,01	1,11	25,62	0,68

Частота гроз. В среднем по данным всех 19 станций во ВТШ наблюдается 23,5 гроз в году при коэффициенте межгодовой вариации 0,54. Территориально-высотное распределение \bar{x} по зонам выглядит следующим образом.

Низкогорная зона (Токтогульская котловина) имеет $\bar{x} = 29,2$ гроз в году при $C_v = 0,43$.

Среднегорная зона, представленная 7 котловинами, сравнительно компактно расположенными в северной части ВТШ, характеризуется высокой частотой гроз с $\bar{x} = 32,5$ при $C_v = 0,41$, имея разброс от $\bar{x} = 23,8$ в Нарыне ($z = 2,039$ км) до наиболее высокого по ВТШ значе-

ния $\bar{x} = 40,5$ в Казармане ($z = 1,266$ км). Высокий уровень гроз имеет место также в сопредельных Джумгальской (Чаек, $\bar{x} = 37,4$) и Кочкорской ($\bar{x} = 35,7$) котловинах.

Высокогорная зона характеризуется 9 станциями, находящимися в самых различных районах обширной территории ВТШ, имеет среднюю частоту гроз в году, равную 18,5 при $C_v = 0,63$. Однако колебания \bar{x} по станциям здесь наибольшие – от очень малых, $\bar{x} = 4,4$ в Каракольской, до больших, $\bar{x} = 35,8$ в Кара-Куджуре (котловина является сопредельной с Кочкорской). Высокие $\bar{x} = 30,2$ отмечает также рядом расположенная перевальная станция Долон. Главным фактором уменьшения частоты гроз является, как увидим ниже, увеличение высоты места.

Нивальная зона представлена двумя станциями – Тянь-Шань и Чатыр-Куль, с высотами чуть большими нижней границы зоны – 3500 м. По их данным частота гроз здесь из-за большой высоты мала, $\bar{x} = 12,0$ при $C_v = 0,65$. При этом обе станции согласованно показывают малые \bar{x} , равные 14,7 и 9,3.

Если оценить $x_{\text{макс}}$ в отдельные годы осредненно по высотным зонам по неравенству Чебышева [8], то получим данные, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Вероятные оценки $x_{\text{макс}}$ в различных высотных зонах

Высотная зона	Вероятность		
	0,889	0,937	0,960
Низкогорная (до 1200 м)	70	80	92
Среднегорная (1200...2200 м)	72	86	99
Высокогорная (2200...3500 м)	53	65	77
Нивальная (более 3500 м)	35	43	51

Видно, что $x_{\text{макс}}$ достаточно велико в среднегорной и низкогорной зонах, но снижается с увеличением высоты зон, например при $p = 0,889$ от 70...72 в низкогорье и среднегорье до 35 – в нивальной зоне. Однако в целом $x_{\text{макс}}$ в 2,5...4 раза превышают характерные средние значения, достигая 51...99 гроз в году.

Корреляция между \bar{x} и высотой места z оказалась достаточно высокой и линейной по форме: коэффициент линейной корреляции $r_1 = -0,69$, коэффициент параболической корреляции $r_2 = -0,70$. На рис. 1 показано корреляционное поле точек (z, \bar{x}) с графиком линейной высот-

ной зависимости (z , км), которой можно пользоваться для практических оценок \bar{x} во ВТШ:

$$\bar{x} = -9,843z + 48,02 \pm 8,0, \quad (1)$$

где последнее слагаемое есть стандартная ошибка регрессии.

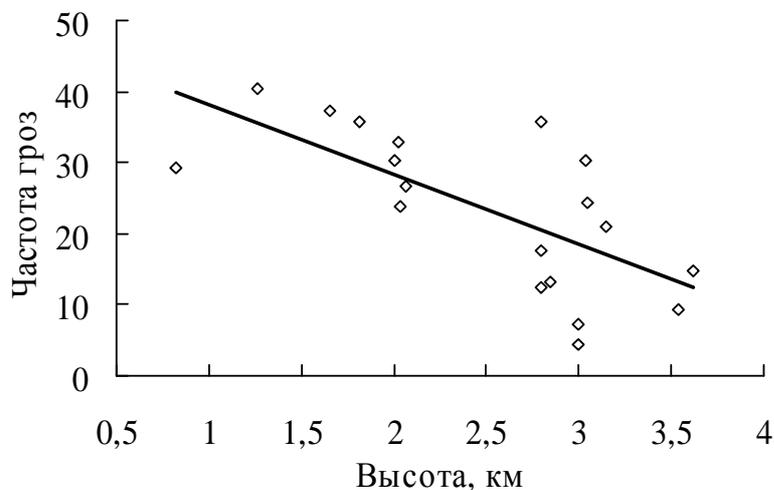


Рис. 1. Корреляционное поле точек (z , \bar{x}) с линией линейной регрессии зависимости частоты гроз от высоты для Внутреннего Тянь-Шаня.

Таблица 3

Рассчитанные по (1) значения \bar{x} для различных высот во ВТШ

z , км	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
\bar{x} (год)	38,2	33,3	28,3	23,4	18,5	13,6	8,7

В табл. 3 видно, что по (1) с увеличением высоты от 1 до 4 км годовая частота гроз убывает от 38,2 до 8,7, т.е. в 4,4 раза и, следовательно, высота есть решающий фактор территориальной зависимости \bar{x} для ВТШ. Используя \bar{x} из табл. 3 можно уточнить приведенные в табл. 2 вероятные оценки $x_{\text{макс}}$ для различных высот по неравенству Чебышева [8] табл. 4.

Таблица 4

Вероятные оценки $x_{\text{макс}}$ с учетом высотной зависимости (1)

Вероятность (p)	Высота, км						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,889	100	87	74	61	49	36	23
0,937	121	105	89	74	59	43	28
0,960	141	123	105	87	69	50	32

Этими $x_{\text{макс}}$ можно пользоваться как более дифференцированными по высотам наряду с данными табл. 2.

На рис. 2 показан график годового хода повторяемости гроз во ВТШ, на котором видно, что редкие грозы могут наблюдаться уже в марте, а в декабре – феврале во ВТШ гроз не наблюдалось совсем. Реально грозовой сезон на всех высотах начинается в апреле, когда в среднем их повторяемость составляет 2,4 %. Она быстро растет в мае (13 %) и особенно в июне, где достигает максимума (32 %), а затем медленно убывает в июле (29 %) и быстро в августе (16 %) и сентябре (6,4 %). Заканчивается грозовой сезон в октябре (1 %).

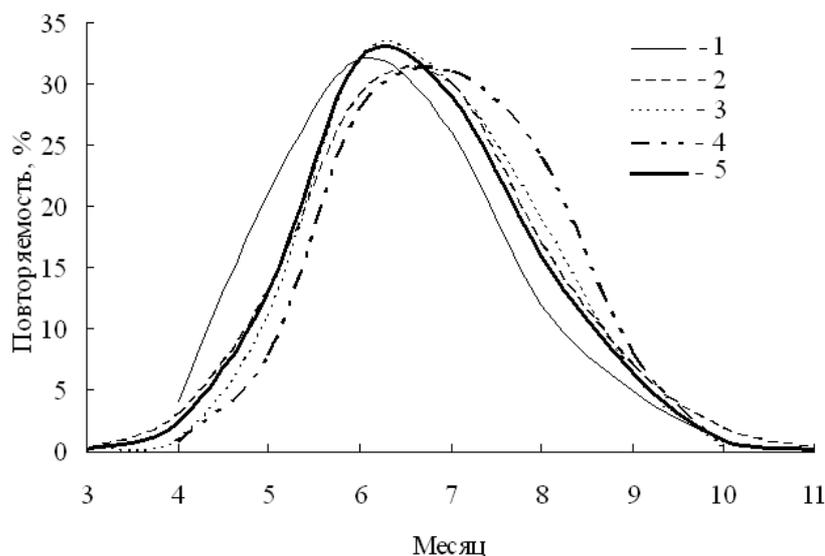


Рис. 2. Годовой ход повторяемости гроз в различных высотных зонах ВТШ. 1 – низкогорная зона, 2 – среднегорная зона, 3 – высокогорная зона, 4 – нивальная зона, 5 – вся территория ВТШ.

Длительность гроз. Как видно в табл. 1, среднее значение длительности грозы в целом по территории ВТШ составляет 1,01 ч при высоком среднем коэффициенте вариации $C_v = 1,01$. По высотным зонам \bar{t} меняется мало, имея тенденцию слабого понижения с высотой: в низкогорной зоне $\bar{t} = 1,20$ ч при $C_v = 1,10$, в среднегорной – $\bar{t} = 1,07$ ч при $C_v = 1,16$, в высокогорной – $\bar{t} = 0,97$ ч при $C_v = 1,10$ и в нивальной – $\bar{t} = 0,87$ ч при $C_v = 1,00$. Расчет коэффициентов корреляции \bar{t} с z дал следующие результаты: $r_1 = -0,31$, $r_2 = 0,32$ (значимы с $p = 0,80$).

Весьма существенной оказалась связь \bar{t} с долготой λ (рис. 3): $r_1 = -0,64$, $r_2 = 0,65$. Она значима на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$, а уравнение линейной регрессии имеет вид:

$$\bar{t} = -0,101 \cdot \lambda + 8,659 \pm 0,20, \quad (2)$$

где $\pm 0,20$ ч – стандартная ошибка регрессии.

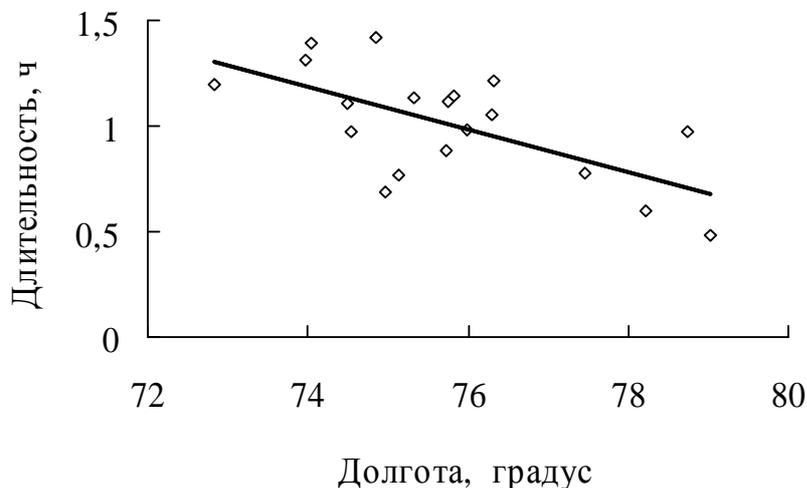


Рис. 3. Зависимость длительности гроз от долготы в пределах ВТШ.

Согласно (2), уменьшение средней длительности гроз при смещении с запада на восток в пределах ВТШ происходит в 2,3 раза (табл. 5), от $\bar{t} = 1,34$ ч до $\bar{t} = 0,58$ ч.

Таблица 5

Рассчитанные по регрессии (2) значения \bar{t} в зависимости от λ

\bar{t} , ч	1,34	1,29	1,19	1,08	0,98	0,88	0,78	0,68	0,58
λ°	72,5	73	74	75	76	77	78	79	80

Зависимость (2) рекомендуется к практическому использованию в качестве статистической модели географического распределения \bar{t} во ВТШ. Используя (2), можно рассчитать по неравенству Чебышева [8] вероятные оценки максимальных длительностей $t_{\text{макс}}$ (табл. 6). Как видно, с $p = 0,889$ и $p = 0,960$ максимальная длительность гроз в крайней западной части территории ($\lambda = 72,5^\circ$) составляет 5,8 и 8,8 ч, уменьшается в центральной части ($\lambda = 76^\circ$) до 4,2 и 6,4 ч, а в крайней восточной до 2,5 и 3,8 ч. Эти оценки $t_{\text{макс}}$ больше \bar{t} в 4,5...6,5 раз.

По [1, 3] грозы во ВТШ в основном возникают днем при обострении холодных фронтов и согласно сделанным нами оценкам $t_{\text{макс.}}$, могут длиться значительную часть околополуденного или даже всего светлого времени суток.

Таблица 6

Вероятные оценки $t_{\text{макс.}}$ по неравенству Чебышева с учетом (2)

$t_{\text{макс.}}$	λ°								
	72,5	73	74	75	76	77	78	79	80
$p = 0,889$	5,8	5,6	5,2	4,7	4,2	3,8	3,4	2,9	2,5
$p = 0,937$	7,3	7,0	6,5	5,9	5,3	4,7	4,2	3,7	3,2
$p = 0,960$	8,8	8,5	7,8	7,1	6,4	5,8	5,1	4,6	3,8

Можно также отметить слабо выраженный годовой ход \bar{t} , когда она в среднем уменьшается в начале и конце сезона (май $\bar{t} = 0,69$ ч; октябрь, $\bar{t} = 0,57$ ч) и возрастает в середине сезона (июнь – август) до 1,05...1,06 ч, как это видно из следующих осредненных по территории данных:

Месяц	3	4	5	6	7	8	9	10	Год
\bar{t} , ч	0,61	0,69	0,89	1,05	1,07	1,09	0,86	0,57	1,01

Интегральное за год число грозочасов. Интегральное за год число грозочасов (гч) n является комплексной характеристикой, определяемой произведением \bar{x} на \bar{t} . В среднем для ВТШ (табл. 1), $\bar{n} = 25,6$ гч при $C_v = 0,68$. Это существенно ниже, чем в Иссык-Кульской котловине, где $\bar{n} = 52,1$ [7], но такое же, как в Северном Кыргызстане. При этом чётко видна тенденция убывания \bar{n} с высотой: низкогорная зона – $\bar{n} = 35,1$, при $C_v = 0,56$; среднегорная – $\bar{n} = 37,1$ при $C_v = 0,56$; высокогорная – $\bar{n} = 19,2$, при $C_v = 0,76$; нивальная – $\bar{n} = 9,9$, при $C_v = 0,73$.

В Тогуз-Тороуской котловине станция Казарман (1,266 км) отмечает норму $\bar{n} = 71$ гч, близкую к максимальной в Кыргызстане (Иссык-Кульская котловина, станция Красный Октябрь, где $\bar{n} = 80,7$ гч). В целом \bar{n} сильно колеблется по территории ВТШ, достигая минимума в Каракольской (3,0 км) $\bar{n} = 3,4$ гч, так что отношение максимум/минимум составляет 20,7.

Оказалось, что грозочасы \bar{n} хорошо коррелируют только с высотой места: $r_1 = -0,66$; $r_2 = 0,66$. Эта зависимость показана на рис. 4, ей соответствует линейная регрессия (z , км):

$$\bar{n} = -14,166 \cdot z + 60,89 \pm 12,8, \quad (4)$$

которая дает убывание \bar{n} в пределах высот 1...4 км от 46,7 гч до 4,2 гч, т.е. в 11 раз:

z , км	1,0	1,5	2,0	2,5	3	3,5	4,0
\bar{n} по (4)	46,7	39,6	32,6	25,5	18,4	11,3	4,2

Вероятные оценки $n_{\text{макс.}}$, сделанные по неравенству Чебышева [8] с учетом (4) приведены в табл. 7.

Таблица 7

Вероятные оценки $n_{\text{макс.}}$ (год) по неравенству Чебышева для различных высот

$n_{\text{макс.}}$	z , км						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$p = 0,889$	142	120	99	78	56	34	13
$p = 0,937$	174	147	121	95	69	42	16
$p = 0,960$	206	174	143	112	81	50	19

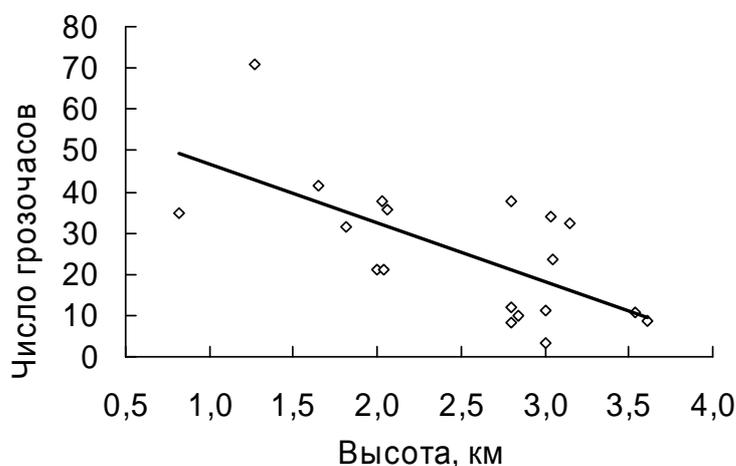


Рис. 4. Корреляционное поле точек (z, \bar{n}) с линией линейной регрессии зависимости числа грозочасов от высоты для Внутреннего Тянь-Шаня.

Из нее следует, что на высотах 1 км с вероятностью $p = 0,889...0,960$ $n_{\text{макс.}}$ могут достигать очень высоких значений, равных 142...206 гч, тогда, как к высоте 3 км они убывают соответственно до 56...81 гч, а к высоте 4 км – всего до 13...19 гч.

Регрессию (4) и данные табл. 7 следует рассматривать как статистически адекватные исходным данным модели географического распределения \bar{n} и $n_{\text{макс.}}$ во ВТШ и рекомендовать к практическому использованию.

Годовой ход числа грозочасов по высотным зонам (табл. 8) элементарен: в апреле их повторяемость составляет всего около 1,6 % (от годового значения \bar{n}), она резко увеличивается в мае (12 %) и в июне (36 %), где достигает максимума, затем несколько уменьшается в июле (31 %) и резко падает в августе (15 %) и сентябре (4,7 %).

Таблица 8

Годовой ход числа грозочасов (%) по станциям ВТШ

Высотная зона	Месяц							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Низкогорная		2,8	17	34	28	13	5,1	0,29
Среднегорная	0,09	1,8	14	37	31	13	3,6	0,3
Высокогорная	0,05	1,1	9,7	33	31	18	6,7	0,21
Нивальная		1,1	9,4	37	34	15	3,6	0,18
ВТШ в целом	0,06	1,6	12	36	31	15	4,7	0,28

Таким образом, ВТШ характеризуется существенно различной по территории интенсивностью грозовой деятельности – от сильной в среднегорных районах до умеренной и слабой в высокогорной и нивальной зонах. При этом имеет место корреляционно хорошо выраженное линейное убывание частоты гроз и годового числа грозочасов с увеличением высоты и уменьшение длительности гроз с увеличением долготы места.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апостолов Г.А. Грозная деятельность на территории Киргизской ССР // Изд. АН Кирг. ССР. – 1960. – Т. 2. – Вып. 7. – С. 43-76.
2. Атлас Киргизской ССР. Том 1. Природные условия и ресурсы. – М.: ГУГК СССР, 1987. – 157 с.
3. Климат Киргизской ССР. – Фрунзе: Илим, 1965. – 292 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Часть 1. – Вып. 32. Киргизская ССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 375 с.
5. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 336 с.
6. Подрезова Ю.А. Повторяемость гроз в горном обрамлении Ферганской впадины // Вестник КРСУ. – 2009. Том 9.– №1. – С. 138-143.
7. Подрезова Ю.А. Режим гроз в Иссык-Кульской котловине. // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №3. – С. 85-93.

8. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М.: Наука, 1965. – 511 с.

Кыргызско-Российский Славянский университет, Кыргызстан, г. Бишкек

ІШКІ ТЯНЬ-ШАНДАҒЫ НАЙЗАҒАЙЛАР

Ю.А. Подрезова

Қыргызгидрометтің 821...3614 м аралығындағы биіктікте орналасқан 19 метеостансасының көпжылдық мәліметтері (1960...1991 жж.) бойынша Ішкі Тянь-Шань аумағының найзағайдың сипаттамалары (жиілігі, ұзақтығы, саны мен жылдық барысы) келтірілді.