

УДК 551.582(575.2) (04)

ПАТОГЕННОСТЬ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ

*В.В. Закурдаева* – аспирант, вед. инженер,

*О.А. Подрезов* – докт. геогр. наук, профессор

Численно оцениваются общий и частные индексы патогенности метеорологических условий (температура, давление, влажность, облачность и ветер) для предгорной зоны Чуйской долины по 5-летним наблюдениям метеостанций Токмак, Бишкек и Кара-Балта. Статья рассчитана на специалистов и студентов в области метеорологии, медицинской климатологии, экологии и географии.

*Ключевые слова:* индекс патогенности; Чуйская долина; метеоусловия; междусуточные колебания метеовеличин.

Чуйская долина – самая населенная и экономически освоенная область Кыргызстана со столицей – г. Бишкек. Поэтому весьма актуальной становится оценка “качества климатических условий” этой территории для проживания человека, исходя из критериев медицинской климатологии [1–7]. Считается, что оптимальными условиями, при которых возникает минимум метеопатических реакций, является их следующий комплекс: среднесуточная температура воздуха 18°C, относительная влажность 50%, отсутствие ветра, облачности и междусуточных колебаний (изменений) температуры и давления. Любые отклонения от этих погодных условий неблагоприятны для самочувствия и здоровья (патогенны) и численно могут быть оценены общим безразмерным индексом патогенности  $I$ , включающим частные индексы составляющих  $I_x$  по формуле [2]:

$$I = 0,002(18-t)^2 + 0,3\Delta t^2 + 0,06\Delta p^2 + 10^{\frac{f-70}{40}} + 0,2v^2 + 0,06n^2,$$

где первое слагаемое есть частный индекс патогенности  $I_t$  – отклонение средней суточной температуры от 18°C;  $I_{\Delta t}$  – индекс на междусуточные колебания (разности)  $\Delta t$  °C, среднесуточных температур воздуха;  $I_{\Delta p}$  – индекс на среднесуточные колебания давления гПа;  $I_f$  – индекс на отклонения среднесуточной относительной влажности воздуха  $f$  (%) от оптимальной;  $I_v$  и  $I_n$  – на наличие скорости ветра  $v$  (м/с) и облачности ( $n$  – в баллах десятичной шкалы).

Между общим индексом патогенности  $I$  и “качеством погоды” установлены соотношения (табл. 1) [2].

Как видно, оптимальным условиям (комфарту) соответствуют значения  $I \leq 9,9$  баллов, слабо и умеренно раздражающим  $I \leq 10 \dots 18$  баллов, сильно и остро раздражающие соответствуют  $I = 18,1 \dots 24$  и  $I \geq 24$  баллам.

В настоящей работе поставлена задача оценки степени патогенности погод по индексу  $I$  для предгорной зоны Чуйской долины по 5-летним данным (1987–1991 гг.) трех расположенных в ней метеостанций: Токмак (восток зоны), Бишкек (центр) и Кара-Балта (запад зоны). Из общих климатических условий Чуйской долины можно предположить [3], что области подножий Киргизского хребта имеют лучшие, а ее северная нижняя часть – худшие погодные условия, чем исследуемая зона предгорной равнины, соответственно за счет более близкого и более удаленного расположения гор, благотворно влияющих на климат. В дальнейшем для них будут выполнены аналогичные исследования.

Для решения поставленной задачи по данным наблюдений метеостанций за каждые сутки 1987–1991 гг. по приведенной формуле были рассчитаны среднесуточные значения частных  $I_x$  и общего  $I$  индексов патогенности, а также найдены их средние значения по месяцам и за год. Кроме того, рассчитаны коэффициенты вариации, характеризующие междусуточную из-

Таблица 1

Градации индекса патогенности I в баллах и “качество” погод соответствующих им метеоусловий [2]

Градации I	0–9,9	10–16	16,1–18	18,1–24	> 24
Условия погоды	Комфорт	Слабо раздражающие	Умеренно раздражающие	Сильно раздражающие	Острые

менчивость самих индексов, что позволяет судить об их колеблемости по месяцам от суток к суткам.

#### Годовой ход среднемесячных индексов патогенности

В табл. 2 приведены рассчитанные средние по месяцам и за год значения частных и общих индексов патогенности по трем метеостанциям, характеризующим запад, центр и восток предгорной зоны. Как видно, средние годовые значения общего индекса I мало меняются по станциям и соответствуют слабо раздражающим погодным условиям.

На рис. 1 показан график годового хода I по всем трем станциям, на котором пунктирными линиями выделены три области погод по значениям I: 1) комфортные; 2) умеренно и слабо раздражающие; 3) сильно и остро раздражающие.

Из этих данных можно сделать следующие выводы:

1. Годовой ход индекса патогенности в предгорной зоне Чуйской долины выражен очень четко: максимум I имеет место зимой (январь–февраль), а минимум – летом (июнь–август).

2. Кривая для Токмака лежит заметно ниже (особенно зимой) кривых для Бишкека и Кара-Балты, что является следствием более близкого расположения гор в восточной зоне, по сравнению с центральной и западной, открытых к пустыне Муюн-Кум.

3. Примерно с декабря по февраль включительно (т.е. всю зиму) метеорологические условия в центральной и западной частях подгорной равнины являются в среднем сильно раздражающими, переходя в отдельные дни в остро раздражающие. На востоке такие условия отсутствуют. В Токмаке в среднем они не выходят из градаций умеренно раздражающих даже в “худшие месяцы” – декабрь–февраль.

4. На западе и в центре зоны с апреля, а на востоке с марта условия очень быстро улучшаются и переходят к слабо раздражающим, а затем к комфортным (апрель–март), оставаясь таковыми все лето и первую половину осени до конца октября. Затем следует обратный резкий

переход к умеренно и сильно раздражающим в течение ноября месяца.

Таким образом, в среднем вся зима в подгорной зоне Чуйской долины характеризуется неблагоприятными сильно и остро раздражающими погодными условиями, тогда как с середины весны и до середины осени погоды – слабо раздражающими и комфортными.

По данным табл. 2, где также приведены средние значения частных индексов  $I_x$  по месяцам, виден их вклад в общий индекс I. Для наглядности на рис. 3 показаны графики годового хода  $I_x$  по станции Бишкек. Аналогичный вид также имеют графики по Кара-Балте и Токмаку.

Из данных табл. 2 и рис. 3 следует, что для года в среднем основной вклад в I дают частные индексы  $I_t$  (отклонение температуры воздуха от оптимальной,  $+18^\circ\text{C}$ ) и  $I_{\Delta t}$  (большие междусуточные колебания температуры воздуха). При этом, в силу структуры формулы для  $I_x$ , этот вклад особенно велик зимой. Вопреки широко бытующему среди населения мнению колебания давления не являются заметно важными и индекс  $I_{\Delta p}$  делит два последних места с индексом скорости ветра ( $I_v$ ). В целом ранжировка частных индексов по их вкладу в I выглядит так:

Кара-Балта	1. – $I_t$	2. – $I_{\Delta t}$	3. – $I_f$	4. – $I_n$	5. – $I_{\Delta p}$	6. – $I_v$ .
Бишкек	1. – $I_{\Delta t}$	2. – $I_t$	3. – $I_n$	4. – $I_f$	5. – $I_{\Delta p}$	6. – $I_v$ .
Токмак	1. – $I_t$	2. – $I_{\Delta t}$	3. – $I_f$	4. – $I_n$	5. – $I_{\Delta p}$	6. – $I_v$ .

То, что самым мало значимым фактором является скорость ветра – не удивительно, так как район Чуйской долины (и Кыргызстана в целом) является слабо ветренным по сравнению со многими другими областями мира [3]. Достаточно значимыми факторами (место 3 и 4) являются облачность и влажность воздуха, отрицательный вклад которых выражен преимущественно зимой.

#### Междугодичная изменчивость индексов патогенности

Рассмотренные выше средние значения индексов патогенности являются оценками их климатических годовых норм. На самом деле

Таблица 2

Средние значения частных  $I_x$  и общего  $I$  индексов патогенности по метеостанциям

I (балл)	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
МС Кара-Балта (770 м) – запад зоны													
$I_t$	8,1	8,9	4,6	1,4	0,4	0,6	0,9	0,7	0,4	1,9	4,4	6,9	3,3
$I_{\Delta t}$	4,0	3,5	2,4	2,5	2,2	1,7	1,4	1,2	2,5	2,5	4,5	2,7	2,6
$I_f$	4,8	6,6	6,0	2,0	1,1	0,4	0,2	0,1	0,4	2,1	0,6	6,5	2,6
$I_n$	0,8	1,0	0,8	0,9	1,1	2,4	2,0	1,3	1,8	1,4	1,0	0,7	1,3
$I_{\eta}$	0,6	0,6	0,7	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8
$I_{\Delta p}$	1,5	1,1	1,2	1,2	0,8	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	1,3	1,3	0,9
$I$	19,8	21,6	15,7	9,0	6,5	6,3	5,7	4,5	6,5	9,5	15,6	18,7	11,6
МС Бишкек (756 м) – центр зоны													
$I_t$	8,6	8,9	4,4	1,3	0,4	0,6	1,1	0,7	0,4	1,8	4,3	5,1	3,1
$I_{\Delta t}$	3,7	3,2	3,2	3,4	3,4	2,2	1,9	1,9	3,2	3,5	4,2	3,5	3,2
$I_f$	2,9	2,1	2,9	2,1	2,9	2,1	2,9	2,1	2,9	2,1	2,9	2,1	2,9
$I_n$	3,2	2,4	3,6	2,9	2,9	2,2	1,2	1,3	1,1	1,9	2,6	3,2	2,4
$I_{\eta}$	0,7	0,8	0,8	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8
$I_{\Delta p}$	2,5	1,4	1,7	1,7	1,2	0,5	0,4	0,4	1,3	1,1	2,1	1,7	1,4
$I$	21,6	23,1	17,9	12,1	9,2	6,8	5,7	5,3	7,2	11,0	16,9	18,8	13,0
МС Токмак (817 м) – восток зоны													
$I_t$	9,1	8,4	4,1	1,2	0,4	0,6	0,9	0,6	0,4	1,8	3,3	5,6	3,0
$I_{\Delta t}$	3,0	2,5	2,7	2,6	2,6	1,5	1,4	1,0	1,8	2,2	4,7	3,5	2,5
$I_f$	2,2	3,0	3,0	1,2	1,0	0,4	0,3	0,2	0,5	1,5	1,9	2,8	1,5
$I_n$	1,1	1,1	0,9	1,0	1,2	1,5	1,5	1,6	1,9	1,6	1,3	1,1	1,3
$I_{\eta}$	0,8	0,5	0,5	0,8	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,7	0,8	0,6
$I_{\Delta p}$	1,2	0,6	0,9	1,2	0,7	0,3	0,2	0,2	0,6	0,5	1,0	3,5	0,9
$I$	17,3	16,1	12,1	8,1	6,5	4,9	4,9	4,0	5,6	8,0	12,9	14,7	9,6
$I_{\text{средн}}$	19,6	20,3	15,2	9,7	7,4	6,0	5,4	4,6	6,4	9,5	15,1	17,4	11,4

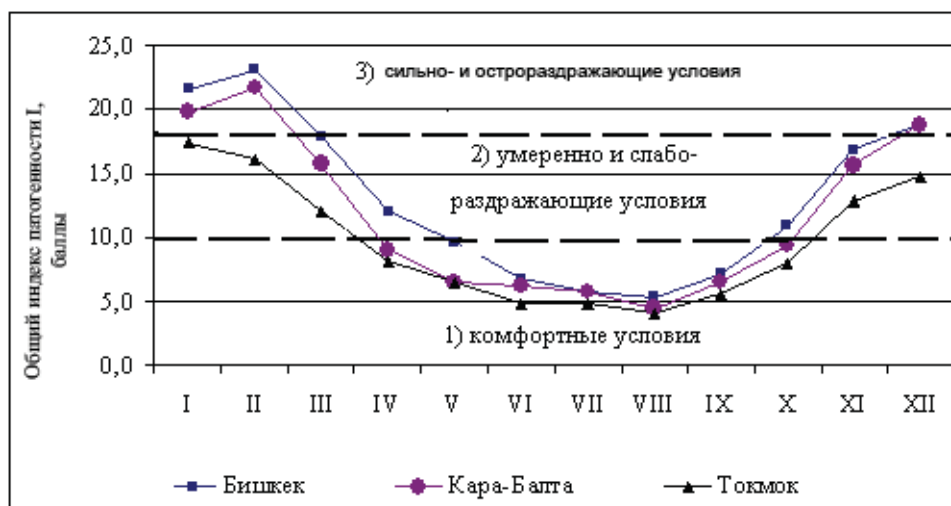


Рис. 1. Годовой ход средних месячных значений общего индекса патогенности метеорологических условий для предгорной зоны Чуйской долины, баллы.

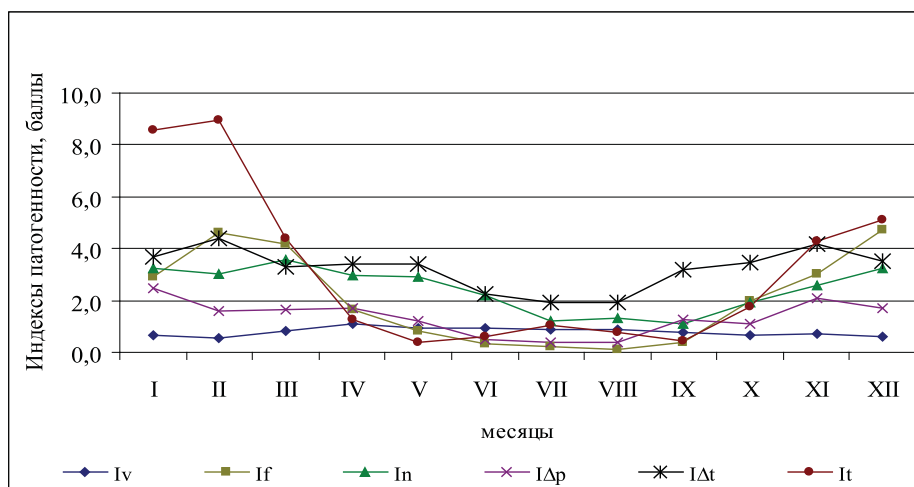


Рис. 2. Годовой ход частных индексов  $I_x$  по станции Бишкек.

Таблица 3

Средние значения коэффициентов вариации –  $c(I)$  и частных  $c(I_x)$  по метеостанциям

Коэффициент вариации индексов	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
МС Кара-Балта (770 м) – запад зоны													
$c_t$	0,55	0,52	0,62	1,03	1,96	1,10	0,77	0,88	1,10	1,19	0,97	0,62	0,97
$c_{\Delta t}$	1,56	2,23	1,57	2,00	2,15	2,36	2,21	1,42	2,18	2,28	1,73	1,57	1,95
$c_f$	1,32	1,20	1,22	1,76	1,80	2,32	5,16	2,07	3,26	1,99	1,51	1,22	2,07
$c_n$	1,15	1,11	1,29	0,98	0,92	0,90	0,90	1,25	0,67	0,84	0,99	1,29	1,02
$c_v$	0,56	0,54	0,55	0,47	0,46	0,51	0,47	0,48	0,45	0,48	0,68	0,55	0,52
$c_{\Delta p}$	1,58	1,40	1,68	1,74	1,95	1,77	2,03	1,57	1,94	1,97	1,63	1,68	1,72
$c(I)$	0,57	0,57	0,59	0,91	1,02	0,87	0,83	0,69	1,03	1,02	0,85	0,59	0,80
МС Бишкек (756 м) – центр зоны													
$c_t$	0,53	0,52	0,72	1,07	1,99	1,06	0,64	0,81	1,13	1,20	0,98	0,65	0,94
$c_{\Delta t}$	1,59	1,98	1,81	1,92	1,93	2,02	2,15	2,18	2,04	1,99	1,88	1,55	1,92
$c_f$	1,60	1,21	1,27	1,82	1,71	2,46	4,54	2,32	3,18	2,02	1,44	1,23	2,07
$c_n$	0,67	0,78	0,66	0,75	0,79	0,88	1,24	1,13	1,46	1,12	0,88	0,68	0,92
$c_v$	0,99	0,79	0,84	0,78	0,55	0,49	0,59	0,57	0,68	0,65	0,85	0,76	0,71
$c_{\Delta p}$	1,66	1,54	1,69	1,83	2,09	1,86	2,21	1,72	2,45	1,77	1,80	1,91	1,88
$c(I)$	0,47	0,54	0,65	0,85	0,96	0,90	0,50	0,911	1,35	1,00	0,86	0,53	0,79
МС Токмак (817 м) – восток зоны													
$c_t$	0,46	0,51	0,73	1,04	2,03	1,09	0,67	0,85	1,18	1,11	1,31	0,72	0,97
$c_{\Delta t}$	1,58	1,88	1,84	1,88	1,95	1,84	2,12	1,46	1,98	2,02	1,66	1,58	1,82
$c_f$	1,42	1,25	1,38	1,52	1,60	2,16	3,84	2,07	2,87	1,82	1,63	1,33	1,91
$c_n$	0,95	0,92	1,09	0,91	0,84	0,63	0,60	0,62	0,59	0,71	0,80	0,93	0,80
$c_v$	1,52	1,14	1,22	1,34	0,79	0,68	0,56	0,65	0,71	0,87	1,20	1,39	1,01
$c_{\Delta p}$	1,47	1,80	1,85	1,92	2,29	1,76	2,04	1,63	2,17	2,02	1,91	2,10	1,91
$c(I)$	0,44	0,44	0,72	1,03	1,08	0,66	0,78	0,47	0,84	0,81	0,90	0,57	0,73

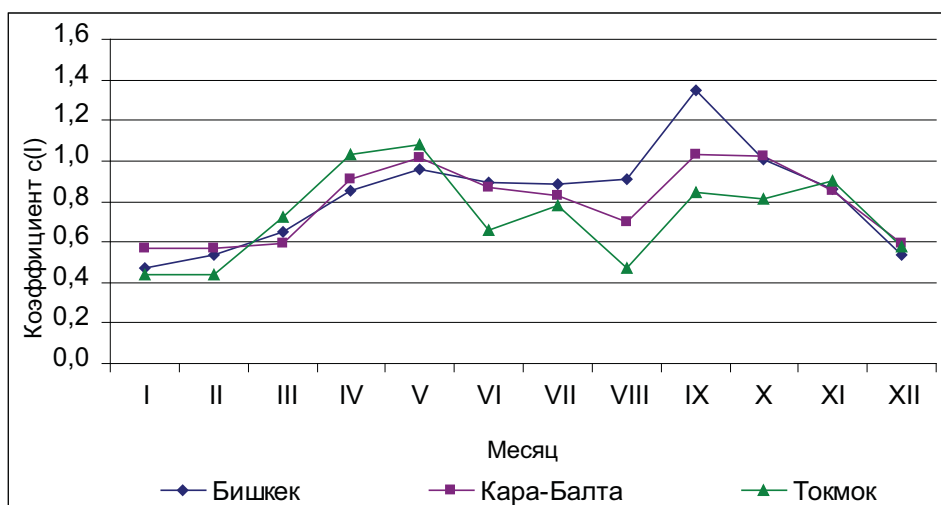


Рис. 3. Годовой ход коэффициентов вариации  $c(I)$  по станциям.

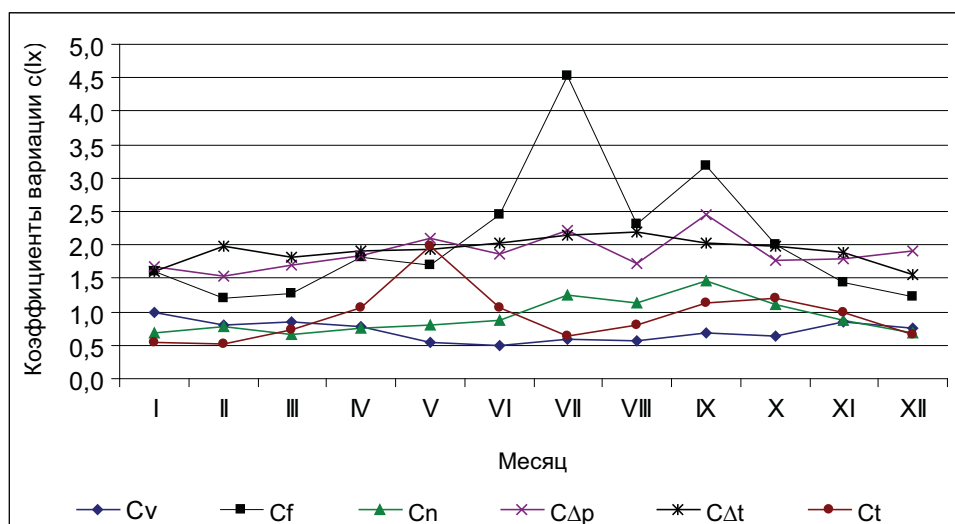


Рис. 4. Годовой ход частных коэффициентов вариации  $c(I_x)$  для Бишкека.

фактические  $I$  и  $I_x$  постоянно меняются от суток к суткам вследствие изменения текущих погод. Такая междусуточная изменчивость  $I$  и  $I_x$  статистически может быть оценена коэффициентами междусуточной вариации общего индекса –  $c(I)$  и частных индексов  $c(I_x)$ . В табл. 3 приведены усредненные по месяцам и за год значения этих коэффициентов по метеорологическим станциям, т.е. их нормы.

Из данных табл. 3 следует, что средние за год коэффициенты вариации общего индекса патогенности  $c(I)$  высоки, мало различаются от

станции к станции и составляют: Кара-Балта –  $c(I)=0,80$ , Бишкек –  $c(I)=0,79$ , Токмак –  $c(I)=0,73$ . Это говорит о том, что фактические суточные значения индексов  $I$  могут значительно уклоняться в ту и другую сторону от их норм, приведенных в табл. 2, в зависимости от смены погод, имеющей случайный характер.

На рис. 3 показаны графики годового хода осредненных по месяцам значений  $c(I)$ . Видно, что ход  $c(I)$  более сложен, чем ход самих  $I$  (рис. 1). Несмотря на индивидуальные различия отдельных кривых на рис. 3, качественно они об-

разуют единый пучок траекторий, описываемый двумя минимумами (зима–лето) и двумя максимумами (конец весны и начало осени). Зимний минимум и весенний максимум характеризуются компактностью расположения кривых, когда соответственно  $c(I)$  лежат в пределах 0,47–0,59 и 0,59–1,08, тогда как их разброс в летнем минимуме и осеннем максимуме гораздо больше – 0,47–0,91 и 0,84–1,53.

Такой ход коэффициента вариации  $c(I)$  отражает ход изменчивости наблюдаемых на станциях погодных условий: зимой во всей подгорной зоне они стабильно метеотропны (хороших мало), тогда как весной, при резком снижении метеотропности, и осенью, при аналогичном ее возрастании, эти процессы имеют значительный элемент нестабильности, прерываясь их обратными изменениями. Летом метеотропность самая низкая, но и здесь могут возникать случаи ее заметного повышения (например, в очень жаркие дни), о чем говорят колебания  $c(I)$  от месяца к месяцу и между станциями. Следует подчеркнуть, что коэффициенты вариации общего индекса патогенности  $c(I)$  не аддитивнее относительно частных коэффициентов  $c(I_x)$ . Поэтому нормальной является ситуация  $c(I_x) > c(I)$ . Сравнивая значения разных  $c(I_x)$  можно только судить о степени относительной колеблемости частных индексов  $I_x$ . Анализ вариаций  $c(I_x)$ , приведенных в табл. 3, говорит прежде всего о том, что относительная междусуточная колеблемость частных индексов  $I_x$  выше, чем колеблемость общего индекса  $I$ , за исключением значений  $I_v$ . Это, например, хорошо видно из ранжировки  $c(I_x)$  по станциям для года:

Кара-Балта	Бишкек	Токмак
$c_f=2,07$	$c_f=2,07$	$c_f=1,97$
$c_{\Delta t}=1,95$	$c_{\Delta t}=1,92$	$c_{\Delta t}=1,91$
$c_{\Delta P}=1,72$	$c_{\Delta P}=1,88$	$c_{\Delta P}=1,82$
$c_n=1,02$	$c_n=0,94$	$c_n=1,01$
$c_t=0,97$	$c_t=0,92$	$c_t=0,97$
$c_v=0,52$	$c_v=0,52$	$c_v=0,80$

То, что изменчивость индекса  $I_v$  самая низкая хорошо объясняется уже упомянутой малой ветреностью подгорной равнины, где скорости ветра стабильно малы. Обращают на себя вни-

мание относительно высокие коэффициенты вариации  $c_f$  и  $c_{\Delta P}$  стоящие по рангу на 1–3 местах, тогда как сами  $I_f$  и  $I_{\Delta P}$  относительно малы и занимают соответственно 3 и 5 места. В качестве примера на рис. 4 приведен годовой ход коэффициентов вариации частных индексов  $c(I_x)$  по станции Бишкек (аналогичная картина имеет место на станциях Кара-Балта и Токмак). Главной особенностью является ровность годового хода всех составляющих и параллельность их пучка с вертикальным рассеянием, согласно указанной ранжировки значений. Июльский и сентябрьский выбросы  $c_f$  возможно объясняются периодами очень жарких погод с низкой относительной влажностью, которые наблюдаются в эти месяцы.

Насколько нам известно, приведенная оценка степеней метеотропности условий подгорной зоны Чуйской долины в таком объеме сделана впервые. Несомненно, что работы в этом направлении являются весьма актуальными и их следует продолжить.

#### Литература

1. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометиздат, 1972. – 472 с.
2. Бокша В.Г., Богуцкий Б.В. Медицинская климатология и климатотерапия. – Киев: Здоровье, 1980. – 262 с.
3. Подрезов О.А. Горная метеорология и климатология. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2000. – 269 с.
4. Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1981. – 86 с.
5. Сухова М.Г. Биоклиматические условия жизнедеятельности человека в Алтае-Саянской горной стране. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2009. – 259 с.
6. Харулин К.Ш., Карпенко В.Н. Биоклиматические ресурсы России // Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. – СПб.: Гидрометиздат, 2005. – С. 25–46.
7. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. — СПб.: Гидрометиздат, 2005. – 217 с.