

УДК 551.555.4 (575.23)

Доктор геогр. наук **О.А.Подрезов**
 Кыргызско-Российский Славянский университет
 Кандидат геогр. наук **И.А.Павлова**
 Государственное предприятие Кыргызаэронавигация
 Кандидат геогр. наук **А.О.Подрезов**
 Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли

ГОДОВОЙ И СУТОЧНЫЙ ХОД НАПРАВЛЕНИЙ ВЕТРА В АЭРОПОРТУ ИССЫК-КУЛЬ

Исследуются малоизученные вопросы годового и суточного хода повторяемостей средних направлений ветра на северном побережье западной части Иссык-Кульской котловины. Здесь широко развиты местные циркуляции: западная бора улан, склоновая горно-долинная циркуляция, озерные бризы и стоковые ветры с южного склона хребта Кунгей. Материалом послужили ежечасные данные о направлениях ветра в аэропорту Иссык-Куль за 2023-2025 гг. Полученные результаты дают картины годового и суточного хода направлений на изучаемой территории со сложным рельефом и крупным незамерзающим озером. Они позволяют сопоставить преобладающие по повторяемости направления с составляющими местных циркуляций и получить для них конкретные количественные оценки режима. Это имеет существенное практическое значения для обеспечения безопасности полетов в международном аэропорту Иссык-Куль и решения других прикладных вопросов.

Ключевые слова: Иссык-Кульская котловина, направления ветра, годовой ход, суточный ход, местные циркуляции.

Для цитирования: Подрезов, О. А. Годовой и суточный ход направлений ветра в аэропорту Иссык-Куль / О. А. Подрезов, И. А. Павлова, А. О. Подрезов. – Текст : непосредственный // Гидрометеорология и образование. – 2026. – № 3(27). – С. 26-39.

Введение. Расположение аэропорта Иссык-Куль, особенности режима ветра, задача исследований, материалы и методы

Международный аэропорт Иссык-Куль расположен в западной части среднегорной Иссык-Кульской котловины (ИКК) Тянь-Шаня на конусе выноса р. Чок-Тал (рис. 1). С севера и юга котловина окружена высокими хребтами Кунгей и Терскей со средними высотами гребней 4,2 и 4,3 км [1]. Взлетно-посадочная полоса находится в 1,5 км к северу от уреза воды и ориентирована параллельно береговой черте, имея курсовые углы 70 и 250° и высоту 1654 м.

Главной особенностью ветрового режима этого района является развитие местных циркуляций, обусловленных сложным горным рельефом и наличием крупного незамерзающего озера Иссык-Куль. В западной части котловины, включая район аэропорта, до 30 раз в году возникает классическая западная бора [4], носящее местное название улан, с ядром наиболее сильных ветров в районе г. Балыкчи, с максимальными скоростями 10-минутного осреднения до 35-40 м/с [1,13]. Обвал холода в котловину при улане происходит через пониженную горную перемычку, возникающую на стыке хребтов Киргизского и Кунгей (над Боомским ущельем) на высотах выше 2-2,5 км и, видимо, также через находящиеся восточнее перевалы Калмак-Ашу (3,54 км) и Тер-Айгыр (3,24 км). За счет влияния широтного горного прохода, образованного южными склонами

Кунгея и расположенными в котловине горами Кызыл Омбуя, приземное направления улана в районе г. Балыкчи исключительно западное. В районе аэропорта Исык-Куль возможный спектр направлений при бурях расширяется, в том числе и за счет развития гроз, и включает уже ЮЗ, ЗЮЗ, З, ЗСЗ и СЗ румбы. Ветровая характеристика этой боры по данным станции Балыкчи и наблюдениям в аэропорту за 2017-2019 гг. освещена в работах [1,6,12-14,16-19]. Ветры общей циркуляции атмосферы (ОЦА) могут проникнуть в котловину преимущественно через естественные понижения в горных цепях на западе и востоке или только, перевалив через гребни высоких хребтов-барьеров [20].

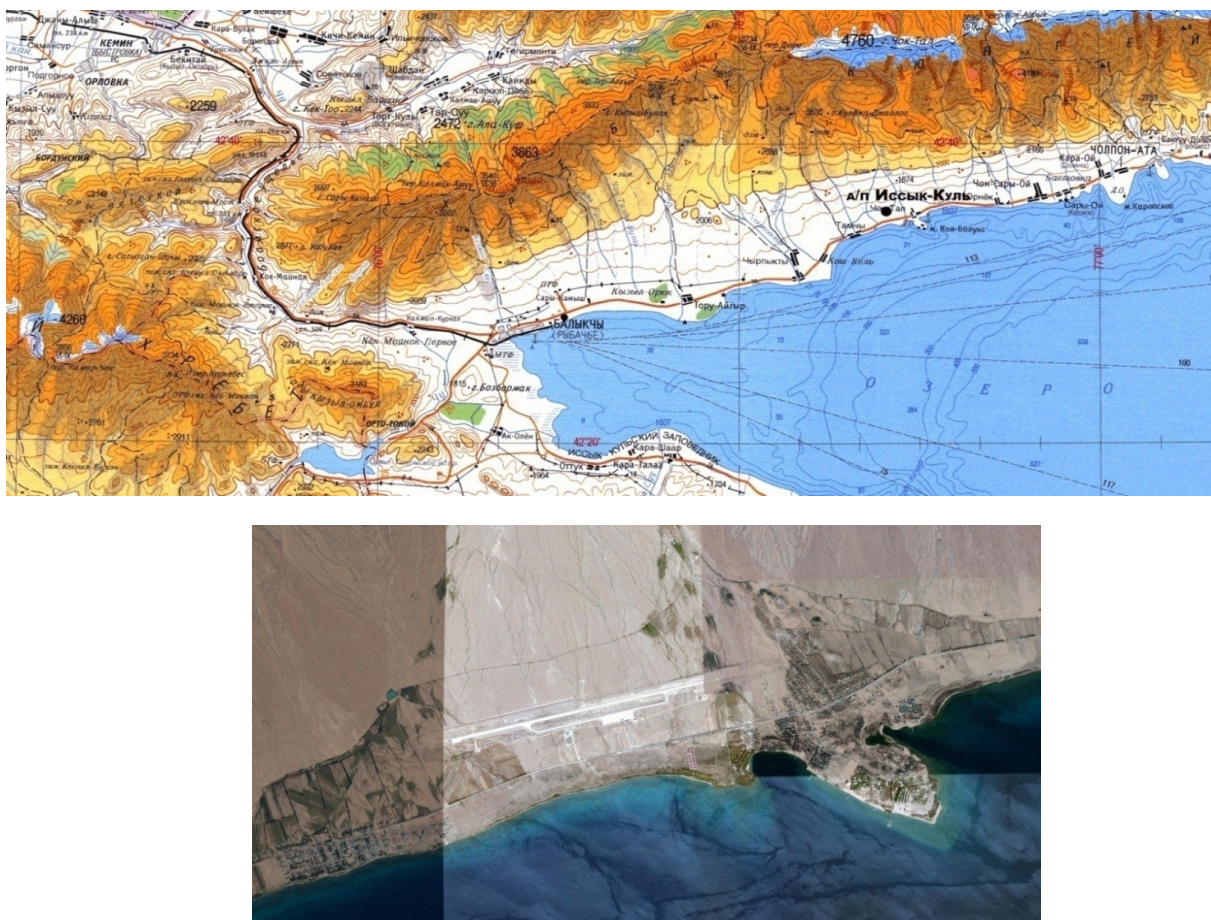


Рис. 1. Карта (М 1:500 000) западной части Исык-Кульской котловины с расположением аэропорта Исык-Куль (вверху) и космический снимок (внизу) с расположением его взлетно-посадочной полосы (выделяется белым фоном, высота 1654 м). Высота зеркала озера 1607 м.

Наряду с борой улан в районе аэродрома должны быть хорошо развиты местные ветры, характерные для наблюдаемых природных условий: склоновая горно-долинная циркуляция (СГДЦ), возникающая между южным склоном хр. Кунгей и прилегающей полосой подгорной равнины, бризовая циркуляция (БЦ), возникающая между озером Исык-Куль и этой же полосой равнины, которую можно также считать приозерной. Кроме того, в ночное время, как зимой, так и летом здесь должен быть хорошо развит ночной гравитационный сток выхолаженного над склонами приземного слоя воздуха [4]. К сожалению, каких-либо обстоятельных исследований местных циркуляций, кроме боры улан, в ИКК не проводилось. На основании предварительных исследований по режиму средних скоростей и направлений ветра за 2017 г. в аэропорту Исык-Куль [14], проведенного авторами ранее, и из результатов, полученных в других районах [4,5,13,21], с большой долей уверенности, можно утверждать, что их скорости не будут превосходить 5-7 м/с. В случае классических моделей развития СГДЦ и бризов [4,5,8,9,21] для их дневных и ночных приземных составляющих следует ожидать следующих направлений ветра.

СГДЦ: дневная составляющая или долинный ветер, дующий со стороны подгорной равнины вверх по склону – направления от ЮЗ до ЮВ; ночная составляющая или горный ветер, дующий со стороны гор вниз по склону – направления от СЗ до СВ.

БЦ: дневная составляющая или озерный бриз, дующий со стороны озера на приозерную равнину – направления от ЮЗ до ЮВ; ночная составляющая или береговой бриз, дующий со стороны приозерной равнины в сторону озера – направления от СЗ до СВ.

Стоковый ветер: характеризуется только одной составляющей, всегда дующий со стороны гор вниз по склону на подгорную равнину – направления от СЗ до СВ.

На самом деле, особенно в теплое полугодие, фактическая картина будет выглядеть гораздо сложнее. Как известно [4,21], в горах могут возникать аномальные горно-долинные циркуляции, когда направления дневных или ночных составляющих может сильно отличаться от приведенных и быть даже противоположным классическим схемам. Взаимодействие сложного горного рельефа и ветров ОЦА, влияние термической и вынужденной конвекции могут приводить к сугубо местным циркуляционным механизмам, имеющим индивидуальный характер для каждого конкретного случая. На направления бризов может влиять конфигурация береговой черты и меняющиеся глубины озера. Склоновые долины обычно являются своеобразными направляющими для ветров СГДЦ. Существенный вклад будет вносить также сложная картина годового и суточного хода энергетической освещенности Солнцем различных участков сильно расчлененного южного склона Кунгея. Возможны и другие особенности развития местных циркуляций, которые заранее даже невозможно перечислить.

Главной особенностью картины направлений ветра в изучаемом районе является то, что здесь СГДЦ и БЦ формируются во все сезоны года и в течение каждых суток совместным полем температуры, возникающим в нижней тропосфере над горными склонами, подгорной (прибрежной) равниной и поверхностью незамерзающего озера. Поэтому ночные и дневные составляющие этих циркуляций, на самом деле, являются результирующими процесса их совместного развития, определяемого этим общим полем. В связи с этим, ночные горные ветры и ночные бризы, а также дневные долинные ветры и дневные озерные бризы надо соответственно рассматривать как совместные дневные и совместные ночные результирующие ветры составляющих СГДЦ и БЦ. Их разделение по каждой из циркуляций в отдельности трудно, и вряд ли возможно. Да в этом и нет практической необходимости. Дополнительно на ночную равнодействующую СГДЦ и БЦ накладываются также ветры гравитационного стока, так что ночные ветры будут результатом сложения даже не двух, а трех составляющих. Учет всех этих обстоятельств хорошо объясняет описываемую ниже более сложную реальную картину распределений направлений ветра, в изучаемом районе, чем это следует из классических схем развития СГДЦ и БЦ и стоковых ветров склонов.

Однако чтобы не возникало путаницы и необходимости постоянных пояснений, далее в тексте, будем оперировать привычными раздельными терминами составляющих ночных и дневных СГДЦ, БЦ, а также ночных стоковых ветров, понимая при этом, что на самом деле имеются ввиду указанные результирующие направления этих местных ветров.

Как будет показано далее, приведенные основные прогнозные правила оправдали себя, но, как и следовало ожидать, все же возникли некоторые трудности в объяснении особенностей картины годового и суточного хода в направлениях ветра. Главной, и пока не объяснимой аномальностью, оказалась природа ветров ВСВ и В румбов, которые имеют повторяемость до 20% в году как по данным станций Балыкчи и Чолпон-Ата, так и по данным в аэропорту Иссык-Куль. Для решения вопроса об их природе необходимы специальные дополнительные исследования.

В качестве исходного материала для исследований использованы 10-минутные средние ежечасных наблюдений за направлением ветра (с округлением до 10°) за 3-летний период 2023-2025 гг. в аэропорту Иссык-Куль. Их значения были сгруппированы по 12 угловым секторам табл. 1 шириной в 30°, как это принято в авиационной метеорологии [2]. При климатическом анализе для сравнения будем параллельно приводить также направления ветра по 16-румбовой шкале табл. 2, используемой в климатологии [8,9].

Таблица 1

Границы 12 угловых секторов, по которым сгруппированы направления ветра

Границы секторов направлений,°											
350 – 10	20- 40	50- 70	80- 100	110- 130	140- 160	170- 190	200- 220	230- 250	260- 280	290- 310	320- 340

Таблица 2

Градации 16-румбовой шкалы направлений ветра, принятой в климатологии

Румб	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ	Ю
Сектор°	12-33	34-56	57-78	79-101	102-123	124-146	147-168	169-191
Румб	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ	С
Сектор°	192-213	214-236	237-258	259-281	282-303	304-326	327-348	349-11

По результатам исходных выборок за 2023-2025 гг. были сформированы следующие статистические распределения повторяемостей направлений ветра (%): а) для годового хода – 13 эмпирических распределений повторяемостей для средних месячных и среднего годового направлений ветра; б) для суточного хода – 312 эмпирических распределений, содержащих осредненные для каждого месяца и года в целом по 24 часовых распределений через каждый час суток.

Для анализа этого материала применялись классические методы, используемые в современной статистике и климатологии [6,8,9]. Кроме того, широко применялись два следующих технических приема анализа, чтобы представить одновременно емкое, наглядное и качественное описание итоговых результатов.

Во-первых, при гипотетически равномерном распределении повторяемостей (%) по использованным 12 секторам, на один сектор приходилось бы среднее значение, равное 8,3%. Поэтому будем условно считать, что, повторяемости направлений со значениями $\geq 9\%$, являются повышенными или преобладающими, так как имеют величины выше гипотетических равномерных средних. Во-вторых, оказалось, что розы годовых, месячных и часовых направлений ветра имеют два четко выраженных шипа. Первый назовем условно северным, он включает 4 сектора, 320-340, 350-10, 20-40 и 50-70°. Второй условно назовем южным, он включает три сектора 80-100, 110-130 и 140-160°. В среднем для года 7 секторами этих шипов описывается 80% всех случаев направлений ветра. На 5 остальных секторов приходится только 20%. Поэтому широко использовалась группировка повторяемостей по трем группам этих секторов, что оказалась весьма эффективным методическим приемом для климатического анализа.

Результаты исследований войдут в климатическую характеристику аэропорта Иссык-Куль, а также с полным набором таблиц распределений направлений ветра будут переданы в Бишкекский авиационный метеорологический центр Государственного предприятия «Кыргызаэронавигация», обслуживающий аэропорт Иссык-Куль, для использования их в оперативной работе в качестве справочного материала по ветровому режиму аэродрома.

1. Годовой ход распределений направлений ветра

В табл. 3 приведены статистические распределения средних месячных и годовой повторяемостей направлений ветра p_i (%) по 12 секторам в аэропорту Иссык-Куль, осредненные по периоду 2023-2025 гг. Индекс i в обозначении повторяемостей p_i соответствует номеру месяца года. В таблице повышенные значения $p_i \geq 9\%$ выделены темным цветом (содержание двух правых столбцов таблицы поясняется ниже). Для наглядности, на рис. 2, показаны графики роз направлений ветра для года, января и июля, построенные по данным табл. 3. Рассмотрим картину распределений направлений ветра для года в целом и динамику ее годового хода по месяцам.

Таблица 3

Средние месячные и средняя годовая повторяемости p_i (%) направлений ветра, а также суммарные повторяемости для северного P_{ic} и южного $P_{ю}$ шипов

Месяц/ год	Границы угловых секторов направлений ветра, °												Сумма	
	350 10	20 40	50 70	80 100	110 130	140 160	170 190	200 220	230 250	260 280	290 310	320 340	P_{ic}	$P_{ю}$
1	22,9	12,7	11,3	6,0	6,0	3,4	0,7	1,7	3,3	3,1	4,1	24,9	71	16
2	14,9	9,2	8,8	5,6	10,4	8,3	2,4	2,2	3,8	4,2	3,1	27,2	60	24
3	11,3	8,1	9,2	7,7	17,7	9,1	2,5	2,4	3,6	4,3	5,6	18,4	47	35
4	8,0	7,3	8,0	9,1	20,7	12,0	3,1	3,0	5,5	5,3	6,3	11,9	35	42

Продолжение таблицы

5	6,1	6,4	8,2	8,7	21,7	13,1	4,0	4,6	6,0	6,0	5,7	9,5	30	44
6	6,2	7,1	9,1	9,2	20,3	14,5	5,4	3,4	4,3	4,0	4,6	11,9	34	44
7	8,0	7,6	6,2	6,3	24,7	12,0	4,2	3,5	5,6	3,4	5,6	12,9	36	41
8	9,8	7,0	7,8	7,9	20,9	10,5	3,0	2,9	3,6	4,0	4,8	17,9	43	39
9	12,1	11,2	7,3	8,4	17,6	7,5	2,5	2,8	4,6	4,5	5,1	16,4	47	34
10	11,9	8,5	6,1	5,0	13,0	9,0	2,8	2,2	5,0	3,8	5,1	27,8	54	27
11	14,9	6,2	4,6	3,0	7,3	8,1	4,3	2,3	4,7	5,4	3,2	36,1	62	18
12	18,2	8,3	7,9	4,1	3,5	3,6	3,2	4,5	5,4	5,5	5,2	30,4	65	11
Год	12,1	8,3	7,9	6,7	15,3	9,2	3,2	3,0	4,6	4,4	4,9	20,5	49	31

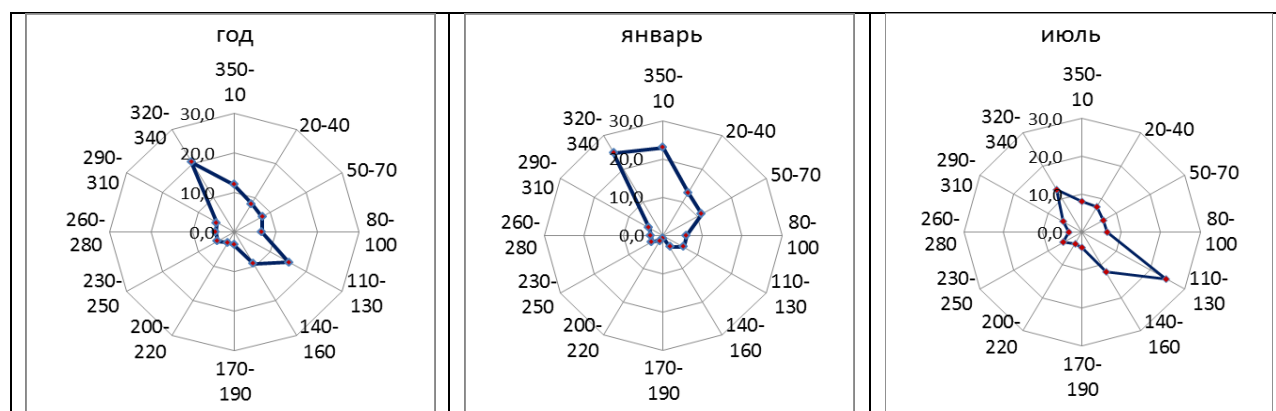


Рис. 2. Розы направлений ветра для года, января и июля в аэропорту Иссык-Куль

Среднее годовое распределение направлений ветра

Из данных о розе направлений ветра для года на рис. 2 и их повторяемостях в табл. 3 (последняя строка), как было сказано выше, наглядно видны два резко выраженных копьевидных шипа направлений. Ветры первого северного шипа с 4 секторами, 320-340, 350-10, 20-40 и 50-70°, направлены со стороны гор на подгорную равнину. По 16-румбовой шкале табл. 2 эти 4 сектора примерно соответствуют 6 румбам: СЗ, ССЗ, С, ССВ, СВ и ВСВ. При этом сектор 320-340° (ССЗ румб) является единственным, который представлен в каждом месяце только повышенными значениями $p_i \geq 9\%$. Именно он придает шипу острую копьевидную форму. Соответствующие 4 секторам северного шипа суммарные значения p_i обозначим как суммарные повторяемости P_{ic} . Они приведены в отдельном столбце табл. 3 справа.

Второй южный копьевидный шип на рис. 2 для года, характеризуется тем, что соответствующие ему ветры имеет общее направление со стороны озера на подгорную равнину. Три его сектора, 80-100, 110-130 и 140-160°, в 16-румбовой шкале табл. 2 накрываются спектром направлений, состоящим из 4 румбов: В, ВЮВ, ЮВ и ЮЮВ. Суммарные значения повторяемости p_i , соответствующие 3 его секторам, обозначим как суммарные повторяемости $P_{iо}$. Они приведены в правом столбце табл. 3.

Заметим, что, если, считать годовые и месячные повторяемости секторов, для которых $p_i \geq 9\%$, повышенными, то по аналогии значения суммарных повторяемостей для северного шипа следует считать повышенными при условии, если $P_{ic} \geq 36\%$, а для южного шипа – повышенными, если $P_{iо} \geq 27\%$.

Как будет показано ниже, северный и южный шипы хорошо выражены не только в году, но и в средних месячных и средних часовых данных. Поэтому будем использовать сформулированные выше числовые критерии для анализа всего приводимого ниже текста.

Из табл. 3 следует, что средние для года значения суммарных повторяемости P_{ic} северного шипа и $P_{iо}$ южного шипа является повышенными и равными соответственно 49 и 31%. На их сумму $\Sigma_{год} = (P_{ic} + P_{iо})$ приходится 80% повторяемостей направлений ветра в году или в среднем по 11,4% на каждый из их 7 секторов.

На остальные 5 секторов, 170-190, 200-220, 230-250, 260-280 и 290-310°, остается всего 20% или в среднем по 4% на каждый сектор, т.е. почти в 3 раза меньше. Фактические их повторяемости меняются в пределах от 3% (сектор 200-220°, румбы ЮЮЗ, ЮЗ) до 4,9% (сектор 290-310°, румбы ЗСЗ, СЗ).

Наибольший вклад в P_{ic} для северного шипа в году вносят два сектора, 320-340° ($p_i=20,5\%$) и 350-10° ($p_i=12,1\%$), соответствующие примерно ССЗ и С румбам. Два остальных сектора шипа, 20-40 и 50-70°, имеют значения p_i около 8%, т.е., близкие к критерию для повышенной повторяемости. Ветрами, формирующими направления северного шипа, прежде всего, являются ночные горные составляющие СГДЦ, ночные береговые бризы, ночной гравитационный сток, а также, хотя и в меньшей степени, ветры ОЦА [20] и уланы.

Наибольший вклад в P_{io} южного шипа дают два сектора, 110-130° ($p_i=15,3\%$) и 140-160° ($p_i=9,2\%$), соответствующие примерно трем румбам, ВЮВ, ЮВ и ЮЮВ. Кроме того, сектор 80-100°, соответствующий румбу В, имеет повторяемость, сравнительно близкую к гипотетической средней и равную $p_i=6,7\%$. Ветрами, формирующими направления южного шипа, прежде всего, являются дневные долинские составляющие СГДЦ, дневные озерные бризы, а также ветры ОЦА [20] и ветры, связанные с конвективной деятельностью и грозами в теплое полугодие. Некоторые дополнительные данные о восточных ветрах сектора 80-100° будут приведены ниже.

Динамика годового хода распределений направлений ветра по месяцам

Полученная выше осредненная для года картина распределений ветра в аэропорту Иссык-Куль, в виде двух основных шипов с теми или иными вариациями должна обязательно проявляться и в месячных данных. Заметим, что месячные суммы $\Sigma i=(P_{ic}+P_{io})$, аналогично году, также показывают долю суммарной повторяемости направлений ветра в (%), которая объясняется этими двумя шипами для изучаемого месяца.

Так, из табл. 3 можно легко получить, что в годовом ходе месячные значения сумм $\Sigma i=(P_{ic}+P_{io})$ меняются сравнительно мало: минимум соответствует весеннему месяцу маю (73%), а максимум середине зимы январю (87%). На остальные 5 секторов направлений, не входящие в эти два шипа, суммарно приходится от 13% до 27%.

При этом для северного шипа минимальное P_{ic} соответствует маю и равно 32%, а максимальное январю и равно 71%. Как и следовало ожидать, для южного шипа аналогичные суммарные значения P_{io} не только меньше по величине, но и находятся в противофазе годового хода: минимум P_{io} соответствует декабрю (11%), а максимум P_{io} приходится на май-июнь (44%). Важно, что в декабре и январе южный шип вообще исчезает, т.е. деградирует, что хорошо видно на розе рис. 2. Но уже в конце зимы начинается рост значений P_{io} , когда в феврале, марте и апреле суммарная повторяемость шипа составляет соответственно 24, 35 и 42%.

Таким образом, в годовом ходе развитие северного и южного шипов находится в противофазе: зимний максимум северного шипа соответствует зиме ($P_{ic}=71\%$), когда южный имеет минимум и даже исчезает ($P_{io}=11\%$). Летний минимум северного шипа, соответствует лету ($P_{ic}=30\%$), когда имеет место максимум южного ($P_{io}=44\%$). При этом северный шип доминирует в году, по сравнению с южным шипом, как по средней годовой повторяемости ($P_{ic}=49\%$, а $P_{io}=31\%$), так и по ее месячным значениям в периоды наибольшего развития. В течение года направления ветра северного шипа формируются в основном тремя секторами 320-340, 350-10 и 20-40° (румбы ССЗ, С и ССВ, горные составляющие СГДЦ, БЦ и стоковый ветер), а южного шипа двумя секторами 110-130 и 140-160° (румбы ЮЮВ, ЮВ и ВЮВ, дневные составляющие СГДЦ и БЦ).

Все это хорошо видно также на розах направлений ветра для января и июля, приведенных на рис. 2.

Важно отметить, что такое четкое временное следование в году максимумов и минимумов суммарных повторяемостей обоих шипов годовому ходу инсоляции, а также меняющейся длительностью дня и ночи, подтверждает, что ветры северного шипа это, действительно, прежде всего, ночные составляющие СГДЦ и БЦ, а также ночной гравитационный сток, тогда как ветры южного шипа – это, прежде всего, дневные составляющие СГДЦ и БЦ.

2. Суточный ход направлений ветра

Для исследования суточного хода направлений ветра было использовано 312 суточных распределений направлений по 12 угловым секторам, содержащих для каждого месяца и года в целом их часовые повторяемости q_i (%) для каждого часа суток, что соответствует индексу i в q_i . Рассмотрим суточный ход направлений ветра осредненный для года в целом, а также для января и июля как центральных месяцев его главных сезонов. При анализе суточного хода будем использовать те же критерии и приемы, которые применялись для анализа годового хода направлений.

Суточный ход направлений ветра, осредненный для года в целом

В табл. 4 приведены 24 распределения часовых повторяемостей направлений ветра q_i (%) для года в целом, осредненные по периоду 2023-2025 гг. в аэропорту Иссык-Куль. С выделенными повышенными значениями часовых повторяемостей $q_i \geq 9\%$. В двух правых столбцах таблицы даны их суммарные значения для 4 секторов северного Q_{ic} (%) и трех секторов южного $Q_{ю}$ (%) шипов. Данные табл. 4 позволяют видеть картину суточного хода направлений ветра, статистическую усредненную для условного года. В ней приведено местное декретное время, а за начало суток взято 6 ч утра, что соответствует 0 ч Мирового времени. На рис. 3 для наглядности показаны розы направлений ветра, построенные для 09 ч (утро), 13 ч (полдень), 19 ч (ранний вечер) и 01 ч (полночь).

Таблица 4

Средние часовые повторяемости q_i (%), их суммарные значения для северного Q_{ic} и южного $Q_{ю}$ шипов (%) в различные часы суток в среднем для года

Часы	Границы угловых секторов направлений ветра (°)												Сумма	
	350 10	20 40	50 70	80 100	110 130	140 160	170 190	200 220	230 250	260 280	290 310	320 340	Q_{ic}	$Q_{ю}$
6	25	11	6	1	0	0	0	0	2	5	7	42	84	1
7	23	11	7	2	1	0	1	1	4	4	6	39	81	3
8	19	12	12	9	4	2	2	3	4	4	5	24	67	15
9	13	6	10	12	13	11	6	4	3	4	2	15	45	36
10	5	5	10	10	25	20	7	4	4	4	2	5	25	54
11	1	2	8	10	30	28	6	6	4	4	1	1	12	68
12	0	1	6	8	34	30	9	5	4	3	1	0	7	72
13	0	1	3	7	36	32	7	5	4	2	2	0	4	76
14	1	0	2	7	43	27	7	4	4	2	1	0	3	77
15	0	1	3	7	45	22	7	4	5	2	2	1	5	75
16	1	1	6	12	44	15	6	4	4	3	3	0	8	71
17	1	2	9	17	37	12	4	4	6	4	4	1	13	67
18	3	8	14	20	24	7	4	3	6	5	5	4	28	50
19	10	15	16	15	11	5	3	3	4	5	5	8	49	31
20	17	16	16	7	4	2	3	4	7	6	5	15	63	13
21	21	13	10	4	2	2	2	3	8	6	7	24	67	8
22	19	12	8	3	1	1	1	3	8	7	8	29	68	4
23	17	11	9	3	2	1	1	2	7	8	9	33	69	5
0	17	14	7	3	1	0	0	2	6	7	8	36	74	4
1	20	14	6	1	1	0	1	2	5	6	7	38	78	2
2	17	13	8	2	0	0	0	1	4	5	8	42	79	3
3	22	12	6	2	0	0	0	1	4	4	7	42	81	3
4	21	10	7	0	1	0	0	1	3	4	6	45	84	1
5	21	11	5	1	0	0	0	1	3	5	7	46	83	2
Сред.													49	31

Из данных табл. 4 и рис. 3, как и следовало ожидать, следует, что в суточном ходе направлений ветра для года в целом можно четко видеть две основные закономерности направлений ветра, формируемые местными циркуляциями СГДЦ, БЦ и ночным гравитационным стоком. В ночные и дневные часы формируются хорошо выраженные северный (ночью) и южный (днем) шипы, выявленные выше для годового хода. В течение суток происходит их закономерная смена в вечернее и в утреннее время. Динамика этой картины хорошо видна из суточного хода суммарных повторяемостей Q_{ic} и $Q_{ю}$.

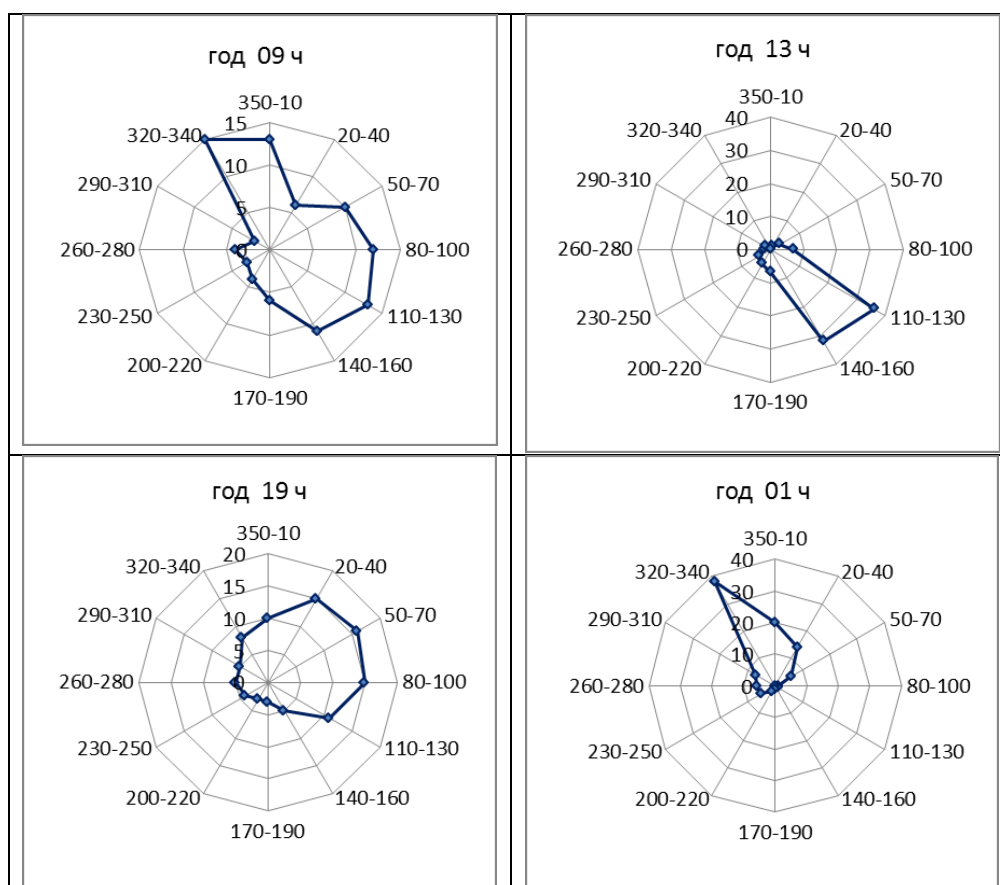


Рис. 3. Розы направлений ветра в различные часы суток 09, 13, 19 и 01 ч в среднем для года в аэропорту Иссык-Куль.

Так, в среднем для года в суточном ходе северный шип практически отсутствует в короткий дневной интервал с 12 до 16 ч дня, когда $Q_{ic}=3-8\%$. Его формирование начинается с 17 ч, когда $Q_{ic}=13\%$, а уже в 19 ч резко возрастает до $Q_{ic}=49\%$. Такое повышенное значение Q_{ic} сохраняется далее в течение 15 ч, до 9 ч ($Q_{ic}=45\%$) следующего утра. Причем максимум, $Q_{ic}=81-84\%$, соответствуют раннему утру, 7 и 6 ч, а основной вклад в повышенные повторяемости Q_{ic} вносят три сектора, 320-340° (q_i до 42%), 350-10° (до 25%) и 20-40° (q_i до 16%). На рис.3 хорошо видны доминирующие в полдень (13 ч) южный, а в полночь (01 ч) северный шипы и картина их взаимной перестройки, происходящая в 9 ч утра и в 19 вечера.

Следует отметить, что сектор 50-70° характеризуется аномальным суточным ходом часовых q_i : они имеют повышенные значения с 8 до 10 ч утра ($q_i=10-12\%$) и с 19 до 21 ч вечера ($q_i=10-16\%$). В то же время является закономерным, что днем, с 11 до 15 ч, они уменьшаются ($q_i=2-8\%$), но совершенно неожиданно q_i оказываются так же малыми с 22 ч вечера до 7 утра ($q_i=6-9\%$). Как увидим далее, аналогичное положение характерно и для сектора 80-100° южного шипа. Из этого следует сделать вывод, что ветры этих секторов не являются составляющими СГДЦ и БЦ.

Следовательно, в среднем для года в течение 15 ч в сутки, с 19 ч вечера и до 9 ч следующего утра, с суммарной повторяемостью $Q_{ic}=45-84\%$, преобладают ветры северного шипа, соответствующие ССЗ, С, ССВ, СВ и ВСВ румбам. Это, прежде всего, ночные горные ветры СГДЦ, ночные бризы и ночной гравитационный сток.

Южный шип в суточном ходе для года очень быстро формируется с восходом Солнца. Так, в 9 утра он уже имеет $Q_{ю}=36\%$, эта повторяемость далее растет, достигает максимума в 13-14 ч, $Q_{ю}=76-77\%$, после чего уменьшается в 19 ч до $Q_{ю}=31\%$. И только затем, после захода Солнца, она очень быстро убывает до 13 и 8% соответственно в 20 и 21 ч. Основной вклад в образование южного шипа в суточном ходе вносят повышенные часовые повторяемости сектора 110-130° (q_i до 45%) и 140-160° (q_i до 32%), наблюдающиеся с 9 ч утра до 17 (19) ч вечера.

Сектор 80-100° имеет аномальный суточный ход направлений, весьма схожий с рассмотренным выше сектором 50-70°. Его q_i получают повышенные значения с 8 до 11 ч ($q_i=9-12\%$) и с 16 до 19 ч ($q_i=12-20\%$), а пониженные с 12 до 15 ч дня ($q_i=7-8\%$) и с 20 ч вечера до 7 ч утра ($q_i=1-7\%$). Из этого так же следует, что ветры секторов 50-70° и 80-100°, которым соответствуют ВСВ и В румбы, имеет одну и ту же природу.

В табл. 5 приведены многолетние данные о годовой повторяемости направлений ветра на станциях Балыкчи и Чолпон-Ата по 8-румбовой шкале по справочнику [10]. Из нее следует, что в Балыкчи румб В имеет повторяемость 20%, а в Чолпон-Ате 17%, являясь на обеих станциях вторым по повторяемости. Более того, на обеих станциях он имеет повышенные и высокие повторяемости в течение всех месяцев года, хотя и не совсем совпадающие по положению минимумов и максимумов: в Балыкчи В румб меняется от 9% в декабре до 29% в июне-июле, а в Чолпон-Ате от 12% в ноябре до 21% в феврале. Вопрос о природе этих восточных ветров (румбы ВСВ, В и ВЮВ) в западной части ИКК в имеющихся публикациях никак не отражен и даже не поднимался.

Таблица 5

Направления ветра (%) в году на станциях Балыкчи и Чолпон-Ата по [10]

Станция	Румбы							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Балыкчи	12	7	20	10	2	2	41	6
Чолпон-Ата	20	17	17	16	11	5	6	8

Следовательно, в среднем для года в течение 11 ч в сутки, с 9 ч утра и до 19 ч вечера, с суммарной повторяемостью $Q_{i\text{ю}}=31-77\%$, преобладают ветры южного шипа, соответствующие В, ВЮВ и ЮВ румбам. ВЮВ и ЮВ ветры – это, прежде всего, дневные долинные ветры СГДЦ и дневные озерные бризы.

Максимальные суммарные повторяемости в суточном ходе каждого из шипов в среднем для года выражены очень хорошо и сравнительно мало различаются между собой: максимальное $Q_{i\text{с}}(\text{макс})=84\%$ (4-6 ч ночи), а максимальное $Q_{i\text{ю}}(\text{макс})=77\%$ (14 ч дня).

Рассмотренные для года, суммарные повторяемости секторов северного $Q_{i\text{с}}$ и южного $Q_{i\text{ю}}$ шипов в различные часы суток, описывают от 74% в мае и до 87% в январе из всех 100% случаев возможных направлений ветра. На остальные 5 секторов приходится в мае 26% (5% на сектор), а в январе 19% (4% на сектор) направлений. Их фактические часовые повторяемости составляют 1-8 %. Имеется только по одному случаю $q_i=9\%$ для сектора 170-190° и сектора 290-310°. Однако, как увидим далее, эта средняя картина не исключает того, что для этих 5 секторов повышенные часовые $q_i \geq 9\%$ не могут наблюдаться в суточном ходе для отдельных месяцев года.

Суточный ход направлений ветра для января и июля

Рассмотрим кратко особенности суточного хода направлений ветра для января и июля, как центральных месяцев основных сезонов года, по сравнению с приведенной выше годовой картиной. Соответствующие часовые q_i , а также суммарные $Q_{i\text{с}}$ и $Q_{i\text{ю}}$ повторяемости направлений ветра (%) приведены в табл. 6 и 7.

Январь. Как следует из данных табл. 6, в середине зимы, в январе, в суточном ходе северный шип имеет повышенные суммарные повторяемости в течение 20 ч или самое длительное время в году – 0,83 части суток, с раннего вечера 17 ч ($Q_{i\text{с}}=48\%$) до полдня 12 ч следующего дня ($Q_{i\text{с}}=39\%$). Южный шип имеет их только в течение 6 ч, с 12 ч дня ($Q_{i\text{ю}}=39\%$) до 17 ч вечера ($Q_{i\text{ю}}=42\%$). В сроки 12 ч и 17 ч, когда происходит взаимная перестройка шипов, они оба выражены примерно равнозначно. Это означает, что даже в январе, на фоне преобладающего господства в течение суток горных ветров, береговых бризов и гравитационного стока, в ясные солнечные дни, пусть и в более короткий 5-часовой дневной интервал, наблюдаются четко выраженные долинные ветры СГДЦ и озерные бризы.

Максимальные суммарные повторяемости в суточном ходе каждого из шипов в январе хорошо выражены и различаются не так сильно, как можно было ожидать: максимальное $Q_{i\text{с}}(\text{макс})=91\%$ (в 21-22 ч ночи), а максимальное $Q_{i\text{ю}}(\text{макс})=70\%$ (14 ч дня).

Характерно, что ВСВ ветры сектора 50-70° северного шипа показывают повышенные часовые повторяемости ($q_i=11-31\%$), в дневной и вечерний сроки, с 10 до 20 ч. Восточные ветры южного шипа (сектор 80-100°) показывают их ($q_i=9-25\%$) в немного более короткий срок, с 11 ч до 18 ч, но в тот же интервал суток.

Все 5 румбов, не входящих в северный и южный шип, имеют малые часовые повторяемости q_i , меняющиеся от нулевых значений до 7%, что говорит о случайности их направлений ветра в это время года.

Таблица 6

Часовые q_i и суммарные для северного Q_{ic} и южного Q_{iy} шипов повторяемости (%) направлений ветра в различные часы суток в январе

Часы суток	Границы угловых секторов направлений ветра (°)												Сумма	
	350 10	20 40	50 70	80 100	110 130	140 160	170 190	200 220	230 250	260 280	290 310	320 340	Q_{ic}	Q_{iy}
6	42	9	2	0	0	0	1	1	1	4	4	35	88	0
7	37	13	2	0	0	0	0	0	6	3	6	33	85	0
8	33	21	4	0	0	0	0	2	3	1	7	28	87	0
9	44	15	2	1	1	0	0	1	1	3	5	26	88	2
10	24	21	17	1	0	1	0	1	6	3	4	22	83	3
11	14	13	31	17	1	1	1	6	3	7	1	4	62	20
12	0	8	30	14	16	9	3	9	3	4	4	1	39	39
13	1	6	17	16	25	17	5	3	5	3	1	1	25	58
14	1	2	10	15	33	22	2	6	3	2	2	0	14	70
15	0	8	12	17	30	16	2	4	4	1	3	1	21	63
16	1	7	19	25	24	10	1	2	3	1	6	0	27	59
17	1	11	31	25	11	6	0	3	2	1	3	5	48	42
18	7	35	31	9	1	1	0	0	5	4	5	2	75	12
19	23	37	19	2	0	0	0	0	1	4	3	10	89	2
20	32	26	11	1	0	0	0	0	5	5	3	17	86	1
21	35	14	6	0	0	0	0	1	1	1	6	36	91	0
22	30	10	6	0	0	0	0	0	1	3	5	44	91	0
23	31	5	7	0	0	0	0	0	5	2	5	47	89	0
0	24	9	5	2	0	0	0	1	3	2	3	49	88	2
1	30	9	3	0	0	0	1	0	4	3	3	46	88	0
2	27	9	4	0	0	0	0	0	4	1	9	46	86	0
3	34	5	2	1	1	0	0	0	5	5	2	43	85	2
4	33	5	5	0	0	0	0	0	1	4	4	46	90	0
5	37	9	2	0	1	0	0	0	2	3	3	42	90	1
Сред.													71	16

Июль. Как следует из данных табл. 7, в середине лета, в июле, в суточном ходе северный шип имеет повышенные суммарные повторяемости, хотя и самое короткое в году, но все же значительное время суток – 11 ч, с 21 ч вечера ($Q_{ic}=54\%$) до 7 ч следующего утра ($Q_{ic}=75\%$). Зато южный шип имеет их наиболее длительное время в году, превышающее на 2 ч развитие северного шипа, – 13 ч в сутки, с 8 ч утра ($Q_{iy}=55\%$) до 20 ч. вечера ($Q_{iy}=37\%$). Характерно, что максимальные суммарные повторяемости в суточном ходе каждого из шипов в июле выражены одинаково хорошо и численно равны между собой: максимальное $Q_{ic}(\text{макс})=86\%$ (4 ч ночи), а максимальное $Q_{iy}(\text{макс})=85\%$ (13 ч дня).

Сектор $50-70^\circ$ северного шипа имеет повышенные часовые повторяемости в сроки: 7-8 ч утра ($q_i=19-24\%$), 20-22 ч вечера ($q_i=11-20\%$) и 2 ч ночи ($q_i=10\%$). Сектор $80-100^\circ$ южного шипа также имеет их в близкие сроки: 8-9 ч утра ($Q_{iy}=14-31\%$) и 18-20 ч вечера ($Q_{iy}=12-17\%$). Объяснений этому 3 и 2-ступенчатому суточному ходу пока не имеется, несомненно, только, что они связаны с суточным ходом инсоляции.

В июле, по сравнению январем и даже годом, очень хорошо представлен суточный ход повышенных часовых повторяемостей секторов $110-130^\circ$ (в 14 ч $q_i=63\%$) и $140-160^\circ$ (в 12 ч $q_i=40\%$) южного шипа, соответствующим ветрам ВЮВ, ЮВ и ЮЮВ румбов. Кроме того, эти ветры наблюдаются теперь более длительный период суток, с 8 утра и до 20 ч вечера. Это озерные бризы и долинны ветры СГДЦ. Характерно, что сектор $170-190^\circ$ (румб Ю), который должен бы соответствовать классическому озерному бризу, имеет сравнительно малые значения повышенных повторяемостей, $q_i=10-14\%$, отмечаемые только в три срока, 9, 10 и 16 ч.

Таблица 7

Часовые q_i и суммарные для северного Q_{ic} и южного Q_{io} шипов повторяемости (%) направлений ветра в различные часы суток в июле

Часы суток	Границы угловых секторов направлений ветра (°)												Сумма	
	350 10	20 40	50 70	80 100	110 130	140 160	170 190	200 220	230 250	260 280	290 310	320 340	Q_{ic}	Q_{io}
6	20	13	6	1	0	0	0	0	2	3	13	43	80	1
7	19	13	19	4	1	0	0	0	6	1	12	25	75	6
8	0	0	24	31	13	11	5	6	2	2	5	2	26	55
9	0	1	5	14	33	27	14	2	4	0	0	0	6	73
10	0	0	4	3	45	32	10	3	1	1	1	0	4	79
11	0	2	1	2	44	37	5	4	0	3	0	0	3	84
12	1	2	1	3	39	40	6	2	3	2	0	0	4	82
13	0	0	2	5	55	24	3	7	1	0	1	1	3	85
14	1	0	2	2	63	18	6	3	1	1	0	1	4	84
15	0	1	2	3	60	17	4	3	4	0	2	2	5	81
16	1	1	3	4	52	12	11	4	5	4	0	1	7	68
17	4	1	1	8	50	13	7	4	7	2	2	1	8	71
18	1	1	0	12	39	17	7	4	8	4	4	1	3	69
19	1	6	5	16	32	12	5	8	5	6	2	2	14	60
20	2	7	16	17	14	6	7	12	12	1	2	1	27	37
21	11	16	20	7	4	6	0	4	11	5	9	7	54	17
22	9	15	11	7	3	1	3	5	17	5	7	17	52	11
23	8	16	5	8	5	0	1	3	14	9	17	13	42	13
0	9	19	6	3	1	1	1	1	10	10	17	21	55	5
1	20	20	2	1	1	0	0	5	10	4	14	23	65	2
2	13	24	10	5	1	0	0	1	6	2	10	28	75	6
3	28	13	5	0	1	0	0	1	5	6	5	37	83	1
4	25	8	5	0	1	0	0	0	3	4	6	49	86	1
5	23	10	3	0	1	0	1	0	1	6	12	42	79	1
Сред.													36	41

Однако особенности суточного хода направлений ветра в июле на этом еще не заканчиваются. Три сектора из 5, не входящие в северный и южный шип, теперь отмечают, хотя и не столь значительные, но все же повышенные повторяемости в вечерние время и первую половину ночи: сектор 230-250° (румб ЗЮЗ) с 20 ч до 01 ч ($q_i=10-12\%$), сектор 260-280° (румб З) с 23 ч до 0 ч ($q_i=9-10\%$) и сектор 290-310° (румб ЗСЗ) с 21 ч до 02 ч ($q_i=9-17\%$). Обращает на себя внимание, что им соответствуют ветры западной четверти горизонта и что все они относятся к вечернему времени и первой половине ночи. Все это указывает на их прямую связь с ветрами общей циркуляции атмосферы, подвергнутыми воздействию термической конвекции с возможным развитием гроз. Эта картина наблюдается также и в другие месяцы теплого периода, но совершенно отсутствует в холодный период. Не выражена она и для года в целом, хотя при внимательном просмотре табл. 4 и с учетом более ярких летних данных, ее проявление в году все же чуть-чуть просматривается.

В заключение приведем табл. 8, содержащую средние месячные максимумы суммарных повторяемостей в суточном ходе (с указанием часа) для северного $Q_{ic}(\text{макс})$, и южного $Q_{io}(\text{макс})$ шипов, осредненные для каждого месяца и года в целом (в дополнение к данным для года, января и июля, которые уже упоминались выше). Из нее следует, что как в среднем для года, так и в каждый из его месяцев, $Q_{ic}(\text{макс})$ находится в диапазоне значений от 75% в мае (6 ч, раннее утро) до 91% в январе-феврале (20-22 ч, поздний вечер-начало ночи), а $Q_{io}(\text{макс})$ – в диапазоне от 56% в декабре (14 ч, через 1 ч после полдня) до 88% в мае (11 ч, позднее утро).

Таблица 8

Средние месячные максимумы в осредненном суточном ходе суммарных повторяемостей северного $Q_{ic(макс)}$ и южного $Q_{ю(макс)}$ шипов для каждого месяца и года в целом (%)

Месяц	Часовые максимумы				Месяц	Часовые максимумы			
	$Q_{ic(макс)}$	Час	$Q_{ю(макс)}$	Час		$Q_{ic(макс)}$	Час	$Q_{ю(макс)}$	Час
1	91	21-22	70	14	7	86	4	85	13
2	91	20-21	77	14-15	8	85	1	87	15
3	86	6-7	83	13	9	90	6	83	13
4	85	6	84	13-15	10	90	6	78	15
5	75	6	89	11	11	90	2	66	16
6	85	5	88	14	12	87	5	56	14
					Год	84	4-6	77	14

Выводы

В изучаемом районе, в западной части северного побережья озера Иссык-Куль, в режиме направлений ветра во все сезоны года и часы суток преобладают ветры местных циркуляций: СГДЦ, БЦ, ночные стоковые ветры и ветры холодных вторжений при боре-улане. Их широкое развитие обусловлено наличием хребтов-барьеров, окружающих Иссык-Кульскую котловину, и крупного незамерзающего озера. Доступ ветрам ОЦА в котловину затруднен, они могут проникнуть в нее преимущественно через естественные понижения в горных цепях на западе и востоке или только, перевалив через гребни хребтов, имеющих средние высоты 4,2 и 4,3 км.

В розах направлений ветра для года и его месяцев имеет место два четко выраженных острых шипа: северный шип, соответствующий 4 секторам направлений, 320-340, 350-10, 20-40 и 50-80°; южный шип, соответствующий 3 секторам, 80-100, 110-130 и 140-160°. Этими двумя шипами описывается в среднем в году 80% всех возможных направлений ветра, на остальные 5 секторов приходится только 20%. В январе на долю этих двух шипов приходится 86% повторяемостей направлений ветра (северный шип 70%, южный шип 16%), а в июле 77% (северный шип 36%, южный шип 41%)

Направления ветра северного шипа формируются в основном ночными горными ветрами СГДЦ, ночными береговыми бризами, ночным гравитационным стоком и ветрами холодных вторжений при уланах. Ветры южного шипа формируются в основном дневными долинными ветрами СГДЦ, дневными озерными бризами, а также восточными ветрами пока еще не выясненной природы. В годовом ходе южный шип вырождается (не прослеживается) в течение двух зимних месяцев – декабря и января.

В суточном ходе этих ветров рисуется яркая картина абсолютного преобладания в зимний период длительности ветров северного шипа в холодный период года. Так, в январе они наблюдаются 20 ч в сутки (с 17 ч вечера до 12 ч следующего дня), тогда как ветры южного шипа только 6 ч в сутки (с 12 ч дня до 17 ч вечера).

Южный шип, не прослеживается в средних для декабря и февраля данных о суммарных повторяемостях направлений ветра, но оказывается четко выражен в суточном ходе для этих месяцев, наблюдаясь днем в течение короткого 6-часового интервала. Оказалось, что суточные максимумы суммарных повторяемостей северного шипа не так сильно, как ожидалось, превышают аналогичные максимумы для южного шипа в суточном ходе зимой и одинаковы летом: в среднем для года – $Q_{ic(макс)}=84\%$ (4-6 ч ночи), а $Q_{ю(макс)}=77\%$ (14 ч дня), в январе – $Q_{ic(макс)}=91\%$ (в 21-22 ч ночи), а $Q_{ю(макс)}=70\%$ (14 ч дня), в июле – $Q_{ic(макс)}=86\%$ (4 ч ночи), а максимальное $Q_{ю(макс)}=85\%$ (13 ч дня).

В январе в сроки 12 и 17 ч происходит взаимная перестройка ветров, когда в 12 ч дня ночные ветры северного шипа уступают место дневным ветрам южного шипа, обратная перестройка происходит в срок 17 ч. В летний период небольшое преобладание по длительности в сутках имеют ветры южного шипа. Так, в июле они наблюдаются 13 ч в сутки, с 8 утра до 20 ч вечера, а ветры северного шипа только 11 ч в сутки, с 21 ч вечера до 7 ч утра.

В теплое время года в вечернее время (с 20 ч) и первую половину ночи (до 1-2 ч) возникают также ветры западной части горизонта, соответствующие ЗЮЗ, З и ЗСЗ румбам, которые можно объяснить развитием конвекции и гроз в ветрах ОЦА, опустившихся в котловину, или в местной воздушной массе, смещающейся с западной акватории озера на восток. Не ясной остается природа восточных ветров в западной части северного побережья ИКК. Все эти вопросы требуют дальнейшего специального изучения.

Список литературы

1. Атлас Киргизской ССР. Т.1. Природные условия и ресурсы. М.: ГУКГ СССР. 1987. 157 с.
2. Богаткин О. Г. Авиационная метеорология. СПб.: Изд-во РГГМУ. 2005. 328 с.
3. Брусенская И.С., Омурбекова А.О. , Подрезов О.А. Бора улан в Иссык-Кульской котловине// Вестник КРСУ 2018. Том 18. № 4. С. 156-163.
4. Бурман Э.А. Местные ветры. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 314 с.
5. Гельмгольц Н.Ф. Горно-долинная циркуляция северных склонов Тянь-Шаня. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 329 с.
6. Жуков Н.Н. Зона ураганных ветров на западном побережье озера Иссык-Куль//Сборник работ Фрунзенской ГМО. Вып. 1. Фрунзе, 1964. С. 42-67.
7. Закс Л. Статистическое оценивание /пер. с нем. В.Н. Варыгиной. М.: Статистика. 1976. 598 с.
8. Климатология /Под ред. проф. Дроздова О.А., проф. Кобышевой Н.В. Л.: Гидрометеиздат. 1989. 568 с.
9. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат. 2000. 778 с.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 32. Киргизская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 375 с.
11. Подрезов О. А., Подрезова Ю.А. Климатическая характеристика местного штормового ветра улан в районе аэропорта Иссык-Куль // Вестник КРСУ. 2021. № 8. С. 135-143.
12. Подрезов О.А. Горная климатология и высотная климатическая зональность Кыргызстана. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2014. 170 с.
13. Подрезов О.А. Опасные скорости ветра и гололедные отложения в горных районах. Л.: Гидрометеиздат. 1990. 222 с.
14. Подрезов О.А., Подрезов О.А., Павлова И.А. Режим средних скоростей и направлений ветра в аэропорту Иссык-Куль // Вестник КРСУ. 2022. № 12. С. 194-207.
15. Подрезов О.А., Подрезова Ю.А., Рыскаль М.О. Динамика метеорологических условий при сильном улане в аэропорту Иссык-Куль в ноябре-декабре 2018 г. // Вестник КРСУ. 2021. № 8. С. 144-152.
16. Подрезов О.А.. Бури в аэропорту Иссык-Куль: анализ автоматизированных метеорологических измерений за 2017-2019 гг. //Гидрометеорология и образование. 2020. № 4. С. 6-29.
17. Подрезов О.А.. Характеристика режима бурь в аэропорту Иссык-Куль//Гидрометеорология и образование. 2020. № 1. С. 31-41.
18. Подрезова Ю.А., Подрезов О.А. Климатическая характеристика гроз на территории Кыргызстана. Бишкек: Изд.-во КРСУ. 2011. 136 с.
19. Рязузов В.Н. Штормы озера Иссык-Куль//Метеорология и гидрология в Узбекистане/АН Узб. ССР. Ташкент, 1955. С. 65-72.
20. Синоптические процессы Средней Азии/Бугаев В.А., Джорджио В.А., Козик Е.М. и др. Ташкент: Изд.-во АН Узб. ССР. 1957. 477 с.
21. Чанышева С.Г. Местные ветры Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат. 1966. 120 с.

BRIEF INFORMATION

Doctor Geogr. **O.A.Podrezov**
 Kyrgyz- Slavic University
 Cand. Geogr. **I.A.Pavlova**
 State enterprise Kyrgyzaeronavigatsia
 Cand. Geogr. **A.O.Podrezov**
 Central-Asian Institute for Applied Geosciences

ANNUAL AND DAILY WIND DIRECTION ACTIVITY AT ISSYK-KUL AIRPORT

Insufficiently studied annual and daily repetitive activity of the average wind direction on the Northern coast of Western part of the Issyk-Kul basin are being researched. In this region the local circulations are widely developed: Western bora Ulan, sloping mountain-valley circulation, lake breezes and flowing winds from the South slope of mountain ridge Kungei. Hourly data of wind directions at the airport Issyk-Kul have been used as a material for the period of 2023-2025. The received results provide with patterns of the annual and daily process of wind direction on the researched territory with complex relief and large unfreezing lake. They help to compare prevailing repetitive wind directions with components of local circulations and obtain concrete quantitative regime values. This is an essential practical importance for guarantee flight safety at the international airport Issyk-Kul and for resolving other corresponding issues..

Keywords: Issy-Kul basin, wind directions, annual process, daily process, local circulations.

For citation: Podrezov, O. A. Annual and daily variation in wind direction at Issyk - Kul Airport / O. A. Podrezov, I. A. Pavlova, A. O. Podrezov. – Text: direct // Hydrometeorology and Education. – 2026. – No. 3(27). – Pp. 26–39.

Дата поступления рукописи в редакцию – 17.04.2026

Date of manuscript receipt by the editors – 17.04.2026

Дата принятия рукописи в печать – 26.08.2026

Date of manuscript acceptance for publication – 26.08.2026