

УДК 551.555.4(575.23)

БОРА УЛАН В ИССЫК-КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЕ

И.С. Брусенская, А.О. Омурбекова, О.А. Подрезов

Приведен обзор имеющихся климатических характеристик штормового ветра улан – классической боры, наблюдающейся в западной части Иссык-Кульской котловины, а также новые данные, соответствующие современным климатическим условиям.

Ключевые слова: Западная часть Иссык-Кульской котловины; бора улан; климатическая характеристика.

BORA ULAN IN THE ISSYK-KUL BASIN

I.S. Brusenskaya, A.O. Omurbekowa, O.A. Podrezov

For the storm wind ulan – classical bora, blowing in the western part of the Issyk-Kul basin, given a review of the existing climatic characteristics and the recent data corresponding to the current climatic condition.

Keywords: Western part of the Issyk-Kul basin; bora ulan; climatic characteristics.

1. Природа возникновения и история исследований улана

Борами (от греч. бога северных ветров – Борейя) называются сильные местные ветры, дующие вниз по горному склону в сторону моря (крупного озера) и приносящие значительные похолодания в зимнее время. Эти ветры имеют различные местные названия и возникают в районах, где горные хребты, часто небольшой высоты, граничат с берегом моря или крупного озера [1]. Классическим примером бор являются местные штормовые ветры улан (западный ветер) и санташ (восточный, северо-восточный ветер), наблюдающиеся соот-



Рисунок 1 – Орографическая схема Иссык-Кульской котловины с расположением работавших ранее метеостанций.

Стрелками показаны районы и направления вторжения холода в котловину при улане и санташе

ветственно в западной и восточной частях Иссык-Кульской котловины (ИКК).

Улан и санташ возникают, когда происходит вторжение холода на юг Казахстана и север Кыргызстана. Высокие передовые хребты-барьеры Тянь-Шаня (Киргизский, Кунгей и расположенный севернее Заилийский), задерживают холодные воздушные массы (рисунок 1). Накапливаясь на внешних склонах этих хребтов, холодный воздух постепенно увеличивает свою мощность, а затем происходит его обвал в теплую котловину, через одну незамерзающим озером, через одно или оба понижения в обрамляющих ее хребтах: на западе – на стыке хребтов Киргизский и Кунгей (над Боомским ущельем), на востоке – через низкий перевал Санташ, высотой около 2 км. Через само Боомское ущелье воздухообмен затруднен, вследствие его извилистости и узости, и, как показали специальные анемосъемки [2], здесь скоростей ветра более 10 м/с практически не наблюдается.

В результате, возникает уникальное природное явление – два бороподобных ветра – улан и санташ – противоположных направлений. Бора улан имеет западное направление и захватывает зону от выхода из Боомского ущелья до поселка Черпыкты, что западнее г. Балыкчы (ранее Рыбачье) на 35 км. В более редких случаях он распространяется до Чолпон-Аты. Бора санташ имеет восточное и северо-восточное направление и прослеживается от пер. Санташ, где она зарождается, до экватории

озера, захватывая только ее самую крайнюю восточную зону примерно до меридиана с. Покровки. Эта бора возникает не всегда, а только в тех случаях, когда холодный воздух проникает по северной периферии Тянь-Шаня далеко на восток и дополнительно вторгается в котловину через перевал Санташ. Это самые общие описания возникновения двух бор в ИКК и, разумеется, конкретные синоптические условия значительно разнообразнее и сложнее описанной схемы, о чем, например, убедительно говорят обстоятельные исследования новороссийской боры [3].

Тот факт, что улан имеет чисто западное направление, повторяемость которого в приземном слое практически составляет почти 100 %, объясняется местными орографическими условиями. Как видно на рисунке 2, западно-восточное направление приземной струи улана жестко стабилизируется широтной ориентацией горного прохода между хребтом Кунгей на севере и горами Кызыл-Омбул на юге, имеющими здесь высоты до 3 км и более.

Проникновение и обвал холодного воздуха в котловину происходит над меридиональным Бомским ущельем на стыке хребтов Киргизского и Кунгей, где ширина межгорного понижения достаточна для такого масштабного воздухообмена. Опускаясь в котловину, струя улана приобретает постоянное западное направление в широтном ориентированном горном проходе, образованном хр. Кунгей (на севере) и г. Кызыл-Омбул (на юге).

Разумеется, местному населению улан и санташ были известны “испокон веков”, но первое описание типовых синоптических условий их возникновения дано только в 1955 г. в работе [4], когда в практику анализа были внедрены карты барической топографии. В 1960–1965 гг. во Фрунзенском бюро погоды был разработан элемент прогноза улана [5, 6], которые используются до сих пор, а затем, по мере удлинения рядов метеорологических наблюдений, получены так же различные климатические характеристики улана и санташа [7, 8]. Несколько позднее, в 1965–1970 гг., в связи с задачами энергетического строительства, в КиргНИ-Оэнергетики по данным наблюдений за “бурным ветром” как явлением, срочным данным и специально организованным экспедиционным анемосъемкам были оценены вероятностные значения частоты, длительности и максимальных скоростей ветра при улане и санташе [2, 9], что было необходимо для расчета ветровых нагрузок на ЛЭП и другие сооружения. После этого, каких-либо исследований сильных ветров в ИКК, по существу, не проводилось, кроме работы [1], результаты которой рассматриваются в конце настоящей статьи.



Рисунок 2 – Карта западной части ИКК и обрамляющих ее хребтов, где происходит развитие улана

2. Климатическая характеристика улана по данным прошлых публикаций

Во всех исследованиях улана для его климатической характеристики использовались в основном данные одной метеостанции – Балыкчы (Рыбачье). Первоначально она называлась Рыбачье (озерная) и была расположена на высоте 1614 м вблизи озера на западной окраине города. В 1957 г. станция перенесена на 1,5 км к северу, на высоту 1660 м, на северо-западную окраину города. Западнее нее в котловине станций нет, ближайшая к востоку станция Чолпон-Ата удалена по прямой примерно на 70 км, а станция южного побережья Бокомбаевское – на 80 км (рисунок 1).

Будем всюду далее *принимать за улан* усиленные западного ветра в Балыкчы (Рыбачьем) до 14 м/с и более (осредненной за 2 мин) на высоте метеорологической мачты 10 м (величина осреднения соответствует принятой методике ветровых измерений по флюгеру Вильда). Прежде всего, очень важно иметь четкое представление о технологии и, следовательно, качестве измерений сильных ветров на станциях. Для этого использовался *флюгер с тяжелой доской*, измерительные штифты которого соответствовали ее дискретным значениям 14, 16, 18, 20, 24, 28, 34 и 40 м/с (все промежуточные скорости не могли быть измерены). Наблюдатель визуально отсчитывает по сильно колеблющейся доске флюгера, находящегося на 10-метровой мачте, *ее среднее за две минуты положение, соответствующее одному из этих значений*. При этом, как правило, имело место завышение скорости (индивидуальное у каждого наблюдателя), так как, скорее всего, чисто “психологически” определялось не среднее положение доски, а среднее

из ее максимальных подбросов при порывах ветра, что соответствует средней скорости порывов. Таким образом, чем выше скорость, тем больше возможные погрешности ее завышений.

С 1960–1965 гг. на станциях были установлены анеморумбометры М-63М, позволяющие дистанционно и качественно проводить измерения всех значений скоростей до 40 м/с (мгновенных и с осреднением за 10 мин). Однако эти приборы требовали хорошего технического обслуживания, часто ломались и к 1980–1990 гг. полностью вышли из строя. В результате произошел автоматический возврат к флюгеру с тяжелой доской, так что в настоящее время все станции Кыргызгиромета используют только флюгер. Как следствие – ряды наблюдений за ветром имеют “гибридный” характер, причем пользователю трудно точно разделить их флюгерные и анемометрические части. При этом флюгерная часть может содержать существенные завышения, различные у разных наблюдателей.

Другой особенностью являлось то, что основные измерения скорости ветра на станции Рыбачье проводились не непрерывно, а в 4 или 8 стандартных сроков в сутки: в период 1936–1968 гг. 4 раза через каждые 6 ч (сроки 03, 09, 15 и 21 ч мирового времени), а с 1969 г. – 8 раз через каждые 3 ч (сроки 00, 03, 0,6 ч и т. д.). Таким образом, из-за отсутствия непрерывных наблюдений возникают трудности для определения точных моментов начала/конца улана, его длительности, повторяемости, значений максимальных скоростей в бурях, а кратковременные случаи бурь вообще могут попасть между сроками наблюдений и, следовательно, не учитываться. В какой-то мере все это удается преодолеть климатическими приемами обработки данных.

Рассмотрим численные характеристики улана, полученные к 1970 гг. в КиргНИО энергетики по работам [2, 9], где они представлены наиболее полно. В этих работах, наряду со срочными данными о ветре, использованы наблюдения за “бурным ветром” как явлением, которые дополнительно проводились на станциях в период 1936–1968 гг. Наблюдатель непрерывно следил за возможными усилениями ветра и отмечал время начала и конца “бурного ветра” (когда средняя за 2 минуты скорость ветра по флюгеру превышала 14 м/с) с подачей телеграммы “шторм”. Эти 33-летние измерения позволили более надежно рассчитать частоту, длительность и максимальные скорости “бурных ветров”. Отметим, однако, что бурный ветер мог иметь различную природу, например, вызываться грозами, которые часты и интенсивны в центральной и восточной части северного побережья котловины [10]. Для станции Рыбачье вытекающие отсюда погрешности в оценках характеристик улана,

как правило, не существенны с учетом принятых критериев ветра.

Направление ветра при уланах. Как видно из таблицы 1 (см. также рисунок 1), улан в Рыбачьем имеет почти чисто западное направление – 99,5 %. Очень малая повторяемость СЗ направлений (0,5 %), скорее всего, связана с редкими случаями развития второй струи улана через высокие перевальные участки гребня хребта Кунгей, расположенные непосредственно вблизи меридиана станции. Например, анализ шаро-пилотных наблюдений за ветром в Рыбачьем также позволил обнаружить отдельные случаи северо-западных направлений ветра на высотах 200 м и более при западных потоках в приземном слое.

Таблица 1 – Повторяемость направлений ветра (%) при уланах на станциях Рыбачье и бурных ветров в Чолпон-Ате

Станция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Рыбачье							99,5	0,5
Чолпон-Ата						6,0	83,0	11,0

Следует также обратить особое внимание на заметную повторяемость СЗ бурь (11 %) в Чолпон-Ате. Этот сильный СЗ ветер, носящий у местного населения название “горняк”, дует перпендикулярно береговой черте в сторону открытого озера. Поэтому он особо опасен для отдыхающих, тем более что возникает почти внезапно и обычно при “не опасной” погоде. К сожалению, природа этого ветра пока совершенно не изучена. Возможно, что это “северный” аналог улана, развивающийся здесь при особых синоптических условиях через высокие перевалы хребта Кунгей.

Частота и сезонный ход уланов. Оказалось, что среднее годовое многолетнее число уланов по данным наблюдений за бурным ветром составляет в Рыбачьем около 56 (таблица 2). Это означает, что в среднем он наблюдается здесь еженедельно. По этим данным чаще всего уланы отмечаются весной (32,4 %) и в два раза реже зимой (16,4 %) и одинаково часто летом и осенью (по 25,6 %). Однако такой ход улана является несколько искаженным: летний максимум, скорее всего, вызван повышенной повторяемостью бурных ветров при грозах, а зимний минимум – отсутствием гроз в этот период. Как увидим ниже, по срочным данным сезонный ход улана получен почти ровным зимой, весной и осенью, с минимумом летом.

В Чолпон-Ате число бурных ветров в году только 13, но часть из них, возможно, связана с интенсивной грозовой деятельностью [10] и другими причинами и поэтому улан здесь редкое явление.

Таблица 2 – Годовая частота и сезонный ход уланов в Рыбачьем и бурных ветров в Чолпон-Ате

Станция	Годовая частота	Сезонный ход, %			
		зима	весна	лето	осень
Рыбачье	56,2	16,4	32,4	25,6	25,6
Чолпон-Ата	13,4	22,4	32,8	23,9	20,9

Интересно, что по данным климатического Справочника 1967 г. [11] среднее годовое число дней с сильным ветром (15 м/с и выше) на станции Рыбачье (озерная) составляет 58, а наибольшее в году – 127. Более поздний справочник 1989 г. [12] для станции Рыбачье дает более высокое среднее годовое число таких дней – 83. Эти данные получены по срочным наблюдениям и в целом согласуются с таблицей 1, так как число дней с уланом должно быть больше числа случаев улана, часть из которых может длиться более суток.

Длительность уланов. Среднее значение длительности уланов в Рыбачьем по данным наблюдений за бурным ветром (таблица 3), против ожидания, оказалось относительно небольшой и равной 7,3 ч.

При этом наибольшую повторяемость (27 %) имеет градация длительности от 6,1 до 12 ч, а отдельные уланы могут длиться более суток (4,3 %). В Чолпон-Ате, где улан наблюдается редко, длительность бурных ветров почти в два раза меньше и равна 4,2 ч, наибольшую повторяемость (28 %) имеет градация 1,1–3 ч, а максимальная длительность не превышает суток. Заметим, что по [10] средняя длительность гроз в Чолпон-Ате равна только 1,7 ч. Поэтому возможный вклад грозовых бурь в значение средней длительности не мог повысить среднюю длительность уланов. Все это означает, что западные (улан) и северо-западные (горняк) бури имеют в Чолпон-Ате повышенную длительность, характерную для улана. Это подтверждается также тем, что типичные средние значения длительности бурных ветров для станций котловины, где улан не наблюдается, составляет около 1 ч.

Максимальные скорости ветра при уланах. Наиболее важным вопросом для энергетиков является вопрос о максимальных скоростях ветра 10-минутного осреднения на высоте 10 м, наблю-

даемых с вероятностью 1 раз в 5, 10, 15 и 25 лет. Согласно “Правил устройства электроустановок (ПУЭ)” и “Строительных норм и правил (СНиП)”, эти значения скоростей являются нормативными для расчета ветровых нагрузок на ЛЭП и другие сооружения [2]. Для более обстоятельного решения этого вопроса КиргНИОэнергетики [2] в зимний период 1968–1969 гг. с использованием анемомурбографов М-12 были организованы специальные анемосъемки в двух районах: 1) крайней восточной оконечности Киргизского хребта на высоте 2,3 км (стык с хребтом Кунгей), там, где возникает улан; 2) в северной части Боомского ущелья (гидропост), чтобы уточнить вопрос – возможен ли улан в ущелье.

Статистическая обработка полученных данных анемосъемок, а также многолетних наблюдений метеостанций котловины дала следующие результаты:

Район	$V_{10\text{ лет}} (м/с)$	$V_{1\text{ год}} (м/с)$
Западная часть горной перемычки	43	34
МС Балыкчы/Рыбачье	36	29
МС Перевал Санташ	30	25
МС Пржевальск	25	22
МС Центральной части котловины	20–25	18–22

Как видно, в районе горной перемычки на высоте 2,3 км (где зарождается улан) скорости ветра 10-минутного осреднения, вероятные 1 раз в 10 лет (V_{10}), очень высоки и составляют 43 м/с. Однако, против ожидания, оказалось, что они имеют преимущественно юго-западное направление, т.е. соответствуют синоптическим ситуациям, когда в свободной атмосфере над горами имеют место очень сильные западные потоки и, скорее всего, улан в котловине в эти периоды не наблюдается (к сожалению, точно этот вопрос тогда не был установлен).

В районе станции Рыбачье при уланах значение $V_{10} = 36$ м/с, а ежегодно здесь отмечаются скорости 29 м/с. В центральной части котловины, где улана и санташа нет, $V_{10} = 20–25$ м/с, т.е. такая же, как в Чуйской долине и большинстве других районов Средней Азии. В Боомском ущелье, вследствие его извилистости и узости, скорости ветра не

Таблица 3 – Повторяемости градаций длительности (%) уланов в Рыбачьем и бурных ветров в Чолпон-Ате

Станция	Градации длительности бурь в часах							Среднее значение, час
	до 0,5	0,6–1	1,1–3	3,1–6	6,1–12	12,1–24	> 24	
Рыбачье	2,8	13,5	19,9	19,3	26,7	13,5	4,3	7,3
Чолпон-Ата	3,7	20,2	28,4	23,8	17,9	6,0		4,2

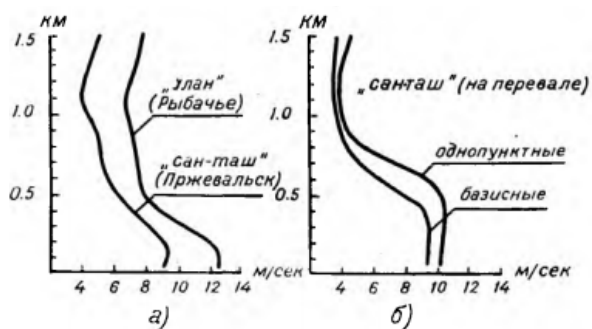


Рисунок 3 – Вертикальные профили скорости ветра [2] при улане и санташе по данным шаров-пилотов на трех метеостанциях:
 а – Рыбачье и Пржевальск; б – перевал Санташ

превышают 10–15 м/с. В порывах 10-секундного осреднения скорости ветра могут быть выше приведенных на 20 %, а в порывах 2–3 секундного осреднения – на 30 %. По данным Справочника 1989 г. [12] в период с 1936 по 1980 г. максимальная скорость ветра достигала по флюгеру 40 м/с (осреднение две мин), а по анеморумбометру М-63М, который работал с 1965 г. – 33 м/с (осреднение 10 мин).

Как и любой другой местный ветер, улан (а также санташ) захватывает определенный нижний слой, выше которого сохраняются потоки общей циркуляции атмосферы. Это значит, что он имеет вид приземной струи, с верхней границей в пределах примерно до 1–2 км, и максимальной скоростью в нижней зоне ветра или у земной поверхности. На рисунке 3 приведены вертикальные профили скорости при улане и санташе, полученные по шаро-пилотным наблюдениям на трех станциях: Рыбачье (улан), Пржевальск (санташ) и перевал Санташ (санташ).

Зоны минимума скоростей могут служить оценкой верхней границы улана и санташа. Рост скорости выше верхних границ бор объясняется обычным ее увеличением с высотой в пограничном слое при переходе к потокам общей циркуляции атмосферы.

Такие наблюдения проводятся при скоростях менее 10–15 м/с и поэтому были использованы те выпуски шаров-пилотов, которые были сделаны на пределе технических возможностей при скоростях ≥ 10 м/с при улане и ≥ 8 м/с при санташе. Хорошо видно, что действительно боры улан и санташ – это приземные струи с максимальной скоростью в своем нижнем слое. По полученным данным средняя толщина слоя улана в Рыбачьем составляет 0,74 км, но может колебаться в пределах 0,25–1,9 км. В 90 % случаев максимум скорости при улане находится в нижнем 300-метровом слое.

Важно, что базисные наблюдения на перевале Санташ, которые более точны, чем однопунктные, хорошо подтверждают эти выводы.

Характеристики погодных условий при уланах. Специальные исследования показали, что улан (и санташ) возникает почти внезапно. В полусуточном интервале перед началом явления скорости ветра малы (1–4 м/с) и резко возрастают до $14 \geq$ м/с в течение 3-часового промежутка, когда возникают собственно боры улана. Весь период с уланом, установившиеся высокие средние скорости меняются мало при большой порывистости ветра. Затем, к концу явления, средние скорости резко ослабевают до значений 1–5 м/с.

Температура воздуха перед началом улана сначала несколько повышается (на 1–2 °С), а затем следует ее резкое понижение, в среднем на 4–5 °С. В дальнейшем температура медленно понижается вплоть до окончания боры еще на 1–2 °С.

Ход относительной влажности зеркально отражает ход температуры: влажность понижается в 6-часовой промежуток перед уланом на 5–7 %, а потом в такой же степени возрастает и далее мало меняется, совершая небольшие колебания.

Давление воздуха перед началом улана имеет ровный ход. С его возникновением происходит закономерный рост давления, так что к окончанию боры общий рост давления в среднем составляет около 5 гПа (котловина полностью заполнилась холодным воздухом). Далее наблюдается ровный ход давления в течение не менее чем полусуток.

Перед началом улана нижняя облачность в Рыбачьем составляет 4–5 баллов (полуясная погода) и может только несколько увеличиваться при боре, до 6–7 баллов, т. е. остается в градации полуюсной погоды (3–7 баллов).

По многолетним данным [12] в Рыбачьем в год выпадает в среднем 127 мм осадков. Из них осадки в теплое полугодие составляют 122 мм и имеют ливневой характер (при грозах), а в холодное полугодие выпадает только 5 мм. Оказалось [2], что в 62 % случаев осадков при улане вообще не наблюдается, в 10 % – имели место следы осадков и в 28 % они выпадали в пределах до 1–1,2 мм. Средние суммы осадков по периодам таковы: за 12 ч до улана – 0,02 мм; при улане – 0,15 мм; за 12 ч после улана – 0,21 мм. Таким образом, улан характеризуется полуюсной (слабо пасмурной) погодой, осадки практически отсутствуют или наблюдаются в виде следов и очень слабых осадков во время и после окончания боры.

3. Климатическая характеристика улана по данным наблюдений за 2006–2012 гг.

Представляется важным получить климатические характеристики улана по современным

Таблица 4 – Годовая частота (число случаев) и сезонный ход (%) уланов в Балыкчы

Характеристика частоты	Годовая частота	Сезонный ход, %			
		зима	весна	лето	осень
Число дней с уланом	110,4	28,4	28,1	13,6	29,9
Число уланов	60,3	26,5	30,2	17,0	26,3
Число сроков с уланом	258,1	32,5	26,6	10,4	30,6

Таблица 5 – Распределения скоростей ветра (число случаев (ч.с.) и повторяемость, %) при улане в Балыкчы

Градации V, м/с	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	ч.с.	%	ч.с.	%	ч.с.	%	ч.с.	%	ч.с.	%
14,0–16	738	65,6	228	66,8	194	64,7	94	76,6	222	62,5
16,1–18	114	13,2	24	6,9	37	14,5	19	21,3	34	15,7
18,1–20	189	14,9	78	17,7	38	12,3	4	2,1	69	17,7
20,1–24	84	6	35	8,2	29	8	0	0	20	4
24,1–28	4	0,2	2	0,4	2	0,4	0	0	0	0
Сумма	1129		367		300		117		345	

данным, и сравнить их с приведенными выше результатами, соответствующими 1936–1968 гг. Это выполнено в работе [1], для которой с сайта <https://gr5.ru> взяты данные 8-срочных наблюдений за погодой на МС Балыкчы в 7-летний период 2006–2012 гг. При этом наблюдения за ветром проводились по флюгеру с тяжелой доской. За критерий боры улана, как и выше, принималось усиление западного ветра в Балыкчах до 14 м/с и выше.

Частота и сезонный ход улана. Было рассчитано 3 различных характеристики месячной и годовой частоты уланов: число дней с уланом, число уланов как отдельных бор и число сроков наблюдений улана (таблица 4).

Как видно, среднее годовое число уланов оказалось равным 60, что близко совпадает с данными, полученными за период 1936–1968 гг. (56 уланов). Число дней с уланом в году составило 110, а число сроков, в которые наблюдался улан, было 258 (из 2922 в году). Число дней с уланом в году оказалось больше в 1,5–2 раза по сравнению данными справочников [11, 12], которые дают 83 и 58 дней. Уланы наблюдались почти одинаково часто зимой, весной и осенью (26–30 %) и реже летом (10–17 %). Такой ход нам кажется качественно более правильным, чем полученный по данным наблюдений за бурным ветром, когда минимум соответствовал зиме – 16,4 % (таблица 4), хотя абсолютные различия и не очень велики – типичным остается сравнительно ровный ход по сезонам.

Длительность уланов. По имеющимся срочным данным длительность улана можно оценить только косвенно, например, полагая, что если

улан наблюдался в один срок, то его длительность равна 3 ч, если в два срока подряд, то – 6 ч и т. д. При таком подходе средние длительности уланов в году и по сезонам оказались следующими:

Сезон	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
Длительность, час	20,2	24,1	18,6	10,6	25,2

Как видно, средняя в году длительность составила около 20,2 ч (в отдельные годы она менялась от 14,3 до 30 ч), максимальная средняя длительность наблюдалась зимой (24,1 ч) и осенью (25,2 ч), а минимальная летом (10,6 ч). Наибольший случай длительности составил 135 ч или 5,6 суток, а в градацию 1,5–5,6 суток попало 15,5 % уланов. Таким образом, использованные косвенные расчеты дали примерно в три раза более высокие оценки длительности, чем полученные по бурным ветрам (таблица 3). Причин может быть три: 1) завышение длительностей вследствие принятой косвенной методики расчетов, 2) занижения средней длительности, полученной по бурным ветрам за счет включения значительного числа скоротечных бурь не связанных с уланом (грозы и др.), 3) произошедшее увеличение длительности уланов от периода 1936–1968 гг. (выборка бурных ветров) к 2006–2012 гг. Скорее всего, имеет место действие всех трех причин, вес каждой из которых, к сожалению, по имеющимся данным оценить нельзя.

Максимальные скорости ветра при уланах. В таблице 5 приведены полученные эмпирические распределения скоростей ветра в году и по сезонам, представленные в частотах (число случаев)

Таблица 6 – Эмпирическое и рассчитанное по закону Пуассона распределение частот (числа случаев) градаций скоростей ветра при уланах в Балыкчы

Градации скоростей, м/с	14–19	19–24	24–29	29–34	34–39	39–44
Частота (эмпирическая)	852	231	46	0	0	0
Частота (Пуассон, расчет)	848,10	242,64	34,71	3,31	0,24	0,01

и процентах. За 7 лет в 1129 случаях (сроках наблюдений) скорость ветра достигала 14 м/с и более на высоте наблюдений 10 м (осреднении 2 мин). Максимальное зарегистрированное значение равнялось 28 м/с, из 4 таких случаев, два наблюдались зимой и два весной. Летом скорость не превышала 20 м/с, а осенью 24 м/с. Наибольшую повторяемость во все сезоны имела градация скорости 14–16 м/с (63–77 %), а выше повторяемости резко убывали, следуя экспоненциальному закону.

По годовой выборке с использованием экспоненциального закона редких событий Пуассона были рассчитаны скорости ветра, вероятные 1 раз в год, 5, 10, 15, 20 и 25 лет, которые используются в качестве нормативных для расчета ветровых нагрузок на сооружения. Для этого годовая выборка из таблицы 5 была переформатирована в градации скоростей одинаковой ширины, что необходимо для расчетов (вторая строчка таблицы 6), по которой определен параметр распределения Пуассона и затем проведены расчеты теоретических частот градаций скоростей, приведенные в третьей строчке таблицы 6. На уровне доверительной вероятности 0,95 по критерию хи-квадрат Пирсона эмпирическое распределение частот согласуется с теоретическим распределением. По теоретическим пуассоновским частотам были получены следующие нормативные скорости ветра (осреднение 2 мин) в Балыкчы, которые рекомендуются к практическому использованию: $V_{1 \text{ год}} = 26,3 \text{ м/с}$, $V_{5 \text{ лет}} = 29,6 \text{ м/с}$, $V_{10 \text{ лет}} = 30,5 \text{ м/с}$, $V_{15 \text{ лет}} = 31,4 \text{ м/с}$, $V_{20 \text{ лет}} = 32,3 \text{ м/с}$ и $V_{25 \text{ лет}} = 33,2 \text{ м/с}$.

Эти значения скоростей, рассчитанные по короткой 7-летней выборке, достаточно хорошо соответствуют приведенным выше оценкам, полученным как результат обобщения различных данных, согласно которым, например, значение $V_{10 \text{ лет}} = 36 \text{ м/с}$.

Кроме того, был оценен коэффициент порывистости ветра k , равный среднему значению отношения $k = V_{\text{порыв}} / V_{\text{сред 2 мин}}$. Его значение для Балыкчы оказалось равным $k = 1,3$. Это значит, что скорость ветра при улане в порывах в среднем превышает осредненную за две минуты скорость в 1,3 раза или на 30 %.

В настоящее время примерно в 40 км западнее Балыкчы открыт аэропорт Тамчи, который сертифицирован как международный, с ВВП, расположенной ниже и параллельно подошве хребта Кун-

гей. Режим сильных ветров в этом районе является не исследованным и, скорее всего, таящим существенные сложности: 1) здесь возможна еще достаточно высокая повторяемость обычных уланов западных направлений; 2) одновременно, возможны сильные северные ветры, имеющие неизученную пока природу – типа горняка в Чолпон-Ате; 3) наконец, здесь будут наблюдаться шквалистые ветры различных направлений, связанные с повышенной грозовой деятельностью [10]. Поэтому для обеспечения безопасности взлета и посадки самолетов крайне желательны специальные дополнительные ветровые исследования в этом районе.

Выводы

1. Бора улан (сильный и холодный западный ветер со скоростями 14 м/с и более), наблюдаемый в западной части Иссык-Кульской котловины, захватывает район от выхода из Боомского ущелья до меридиана поселка Чырпыкты, расположенного примерно в 35 км восточнее г. Балыкчы и редко достигает г. Чолпон-Аты. Улан имеет чисто западное направление, что объясняется широтной ориентацией горного прохода западнее Балыкчы, в котором развивается его приземная струя.
2. Возникает улан при вторжениях холода в Чуйскую долину, когда холодный воздух, накапливаясь и увеличиваясь по мощности, начинает обваливаться через пониженную горную перемычку над Боомским ущельем (высота 2–2,5 км) в более теплую Иссык-Кульскую котловину с незамерзающим зимой озером. Воздухообменом через само ущелье можно пренебречь, и здесь не возникает скоростей ветра более 10–15 м/с, из-за его извилистости и узости. Детальные исследования аэросиноптических условий возникновения улана и зон его распространения все еще отсутствуют.
3. Улан имеет вид приземной струи сильного ветра, в которой максимальная скорость в 90 % случаев наблюдается в нижних 100–300 м, а далее она убывает в среднем до высоты 0,74 км, которая является его верхней границей (отдельные уланы могут захватывать слой до 2 км). Выше этого минимума имеет место обычный рост скорости с высотой при переходе к потокам свободной атмосферы.

4. Средняя многолетняя годовая частота улана (климатическая норма) составляет около 50–60 случаев бор, а максимальная в отдельные годы может достигать 100–150 бор. Примерно одинаково часто он наблюдается зимой, весной и осенью (25–30 % в каждом сезоне), а реже летом (около 15 %).
5. Средняя длительность улана по разным оценкам колеблется от 7,5 до 20 часов. В большинстве случаев (90 %) он длится не более двух суток, а максимальная длительность с возможными краткосрочными ослаблениями может достигать 4–6 суток.
6. Расчетные максимальные скорости ветра при улане (2-минутное осреднение, высота 10 м над земной поверхностью) в районе Балыкчы, где улан имеет максимальное развитие, составляют: ежегодно – 24–26 м/с, 1 раз в 10 лет – 30–32 м/с и 1 раз в 25 лет – 33–35 м/с. При этом отдельные порывы скорости в среднем на 30 % выше этих осредненных 2-минутных значений. За пределами зоны улана, в центральной части котловины, максимальные скорости, вероятные 1 раз в 10 лет, имеют порядок 20–25 м/с.
7. Погодные условия при развитии улана характеризуются следующим.
Улан возникает почти внезапно, когда в течение 1–1,5 часов скорости ветра увеличиваются от 1–3 м/с до штормовых (≥ 14 м/с). Высокий уровень средних скоростей с сильными порывами сохраняется до конца боры, а затем скорости резко уменьшаются до слабых значений. Давление воздуха от начала к концу улана растет на 4–5 гПа, после чего сменяется ровным ходом, когда вся котловина заполняется холодным воздухом. Температура воздуха от начала к концу боры понижается на 4–6 °С, а относительная влажность, напротив, увеличивается на 5–7 %, зеркально отражая ход температуры. Нижняя облачность перед уланом составляет 3–5 балла, что климатически соответствует полуюсной погоде, с развитием улана она может увеличиваться до 5–7 баллов, оставаясь в градации полуюсной погоды. Осадков при улане практически не выпадает, возможны лишь их следы и очень слабые осадки менее 1 мм.
8. Необходимы дальнейшие исследования улана, например, для развития рекреации и туризма, обслуживания международного аэропорта Тамчи и др. Они требуют решения таких практических вопросов, как детальное исследование аэросиноптических условий возникновения и развития улана и методов прогноза его различных характеристик: 1) времени

начала и окончания боры, 2) зоны ее распространения на северном и южном побережьях, 3) максимальной скорости ветра, 4) особых случаев северных бор на северном побережье. Для решения этих вопросов нужно, прежде всего, создать достаточно густую сеть автоматических метеостанций на северном и южном побережьях западной части котловины, оснащенных современным ветровым и другим метеорологическим оборудованием.

Литература

1. Омурбекова А.О. Местный штормовой ветер улан по данным метеостанции Балыкчы / А.О. Омурбекова // Выпускн. квалиф. работа бакалавра. Бишкек: каф. МЭО КРСУ (рукопись), 2017. 41 с.
2. Подрезов О.А. Опасные скорости ветра и гололедные отложения в горных районах / О.А. Подрезов. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 223 с.
3. Новороссийская бора / под ред. А.М. Гусева // Труды МГИ АН СССР. Т. 14. М., 1959. 139 с.
4. Рягузов В.Н. Штормы озера Иссык-Куль / В.Н. Рягузов // Метеорология и гидрология в Узбекистане. Ташкент: Изд. АН Узб. ССР, 1955. С. 65–72.
5. Листровой А.А. К прогнозу сильных западных ветров в районе г. Рыбачье / А.А. Листровой // Труды САНИГМИ. 1965. Вып. 31 (65). С. 41–47.
6. Султанбаев М.С. О прогнозе сильных ветров улан на озере Иссык-Куль / М.С. Султанбаев // Труды САНИГМИ. Вып. 1 (16). Л.: Гидрометеоиздат, 1959. С. 31–36.
7. Жуков Н.Н. Зона ураганных ветров на западном побережье озера Иссык-Куль / Н.Н. Жуков // Сборник работ Фрунзенск. ГМО. Вып. 1. Бишкек, 1964. С. 67–42.
8. Климат Киргизской ССР / под ред. З.А. Рязанцевой. Фрунзе: Илим, 1965. 279 с.
9. Подрезов О.А. Горная климатология и высотная климатическая зональность Кыргызстана / О.А. Подрезов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014. 170 с.
10. Подрезова Ю.А. Климатическая характеристика гроз на территории Кыргызстана / Ю.А. Подрезова, О.А. Подрезов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2011. 136 с.
11. Справочник по климату СССР. Вып. 32. Киргизская ССР. Часть 3. Ветер. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 387 с.
12. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 32. Киргизская ССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 375 с.