

УДК 551.509.54

Режимные характеристики условий ограниченной видимости на аэродромах азиатской части России и ближнего зарубежья

Н.П. Шакина, Е.Н. Скриптунова

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия
chakina@mecom.ru*

Рассчитаны режимные характеристики горизонтальной дальности видимости на 41 аэродроме азиатской части России и ближнего зарубежья по данным аэродромных наблюдений. Получены распределения повторяемости дальности видимости по градациям ≤ 300 м и ≤ 800 м в среднем за год, по сезонам и месяцам, а также в зависимости от других характеристик погоды. Указанные результаты получены для данной территории впервые. Использованы ряды данных аэродромных наблюдений за 2001–2014 гг.

Ухудшенная видимость на аэродромах рассмотренной территории представляет собой редкое явление, продолжительность непрерывного существования которого в 60–90 % случаев не превышает 2 ч. Как правило, метеорологическая дальность видимости (МДВ) в градациях ≤ 50 м и 50–100 м сопровождается высотой нижней границы облаков (ВНГО) < 90 м (что может означать и вертикальную видимость в случаях, когда неба не видно и невозможно определить балл облачности). Однако даже при этих градациях ВНГО повторяемость низких МДВ оказывается невысокой.

Для большинства аэродромов можно указать пороговые значения относительной влажности, ниже которых ухудшенная видимость не наблюдается. Так, для МДВ ≤ 300 м пороговыми значениями являются чаще всего 70–80 %. Более чем в 50 % случаев ухудшенная видимость ассоциируется со штилями, слабыми ветрами переменных направлений или со скоростями ветра 2–6 м/с.

Ключевые слова: видимость, аэродромные наблюдения, повторяемость плохой видимости, высота нижней границы облаков, относительная влажность, явления погоды

Mean characteristics of limited visibility conditions at the aerodromes in the Asian part of Russia and in the neighboring countries

N.P. Shakina, E.N. Skriptunova

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia
chakina@mecom.ru*

Mean characteristics of horizontal visibility are computed for 41 aerodromes located in the Asian part of Russia and in the republics of the former USSR based on the aerodrome observations. Occurrence frequency distributions for visibility of ≤ 300 m and ≤ 800 m are presented as annual, seasonal, and monthly averages and depending

on weather characteristics observed at the aerodromes. The presented results are obtained for the analyzed territory for the first time. The 2001-2014 series of aerodrome observations are used.

The low visibility at the aerodromes in the area under consideration is a rare event, its continuous duration is ≤ 2 h in 60-90 % of the cases. As a rule, visibility of ≤ 50 m and 50-100 m is accompanied by the ceiling of < 90 m (which can also mean vertical visibility when the sky cannot be seen and the cloud amount cannot be determined). However, even under low ceiling heights, the occurrence frequency of low visibility is still low.

For most aerodromes, threshold values of relative humidity can be indicated below which low visibility does not occur. For example, if visibility is ≤ 300 m, threshold values are mainly equal to 70-80 %. In more than 50 % of cases, low visibility is associated with calm weather or light variable winds as well as with wind speeds of 2-6 m/s.

Keywords: visibility, aerodrome observations, low visibility occurrence frequency, ceiling height, relative humidity, weather phenomena

Введение

Режим горизонтальной дальности видимости на аэродромах азиатской части России остается практически неизученным. В литературе имеются отдельные указания на те или иные его особенности на конкретных аэродромах, но систематических исследований не существует. Между тем горизонтальная дальность видимости (далее – видимость), или метеорологическая дальность видимости (МДВ), является одним из наиболее значимых погодных факторов, влияющих на деятельность авиации.

Наиболее регулярные и детальные наблюдения за видимостью выполняются на аэродромах. Эта информация вместе с синхронными данными о температуре, влажности, ветре, облачности и высоте ее нижней границы, явлениях погоды включается в телеграммы в коде METAR, которые на аэродромах с достаточно интенсивным воздушным движением составляются каждые 30 мин, на прочих аэродромах – каждый час или только в период полетов. Получаемые в Гидрометцентре России с российских аэродромов и аэродромов ближнего зарубежья телеграммы в коде METAR начиная с 2001 года включаются в базу данных, пригодную для компьютерной обработки и разработанную и оперативно пополняемую сотрудниками отдела авиационной метеорологии Гидрометцентра России. Указанная база данных, совместно с архивами выходных данных численных прогностических моделей, оперативно используемых в Гидрометцентре России, в течение последних лет используется для разработки методов прогноза условий взлета и посадки воздушных судов [1–4]. В качестве первого этапа таких разработок на материале аэродромных наблюдений исследовались режимные характеристики погодных условий, влияющих на деятельность авиации [3, 4]. Настоящая статья также содержит результаты начального этапа работ по развитию методов прогноза условий ухудшенной видимости. В статье использована указанная база данных за период 2001–2016 гг. для 41 аэродрома азиатской части России и ближнего зарубежья.

С точки зрения метеорологического обеспечения авиации наибольшее значение имеют условия ограниченной видимости, которая может серьезно осложнить условия взлета и посадки воздушных судов, и наибольший интерес представляет повторяемость определенных значений дальности видимости, влияющих на условия взлета и посадки. Это прежде всего значения $MДВ \leq 300$ м, а также $MДВ \leq 800$ м и значения $MДВ \leq 2000$ м, включаемые в телеграммы.

На большинстве аэродромов азиатской части России повторяемость $MДВ \leq 300$ м в среднем за год составляет менее 1 % (табл. 1). Существенно выше эта повторяемость в Норильске (4,8 %), а также в Алма-Ате (2,9 %), Тикси и Усть-Каменогорске (2,2 %). В годовом ходе, однако, эта величина на отдельных аэродромах в конкретные месяцы сильно увеличивается.

При всей неоднородности и разнообразии метеорологических условий на обширной территории азиатской части России, в целом можно отметить, что повторяемость ухудшенной видимости чаще всего увеличена в зимнее время, в меньшей степени – в конце лета и осенью. Этот вывод иллюстрируется рис. 1, на котором по оси ординат отложено число аэродромов, на которых повторяемость видимости ≤ 300 м превосходит среднегодовую в каждый из месяцев.

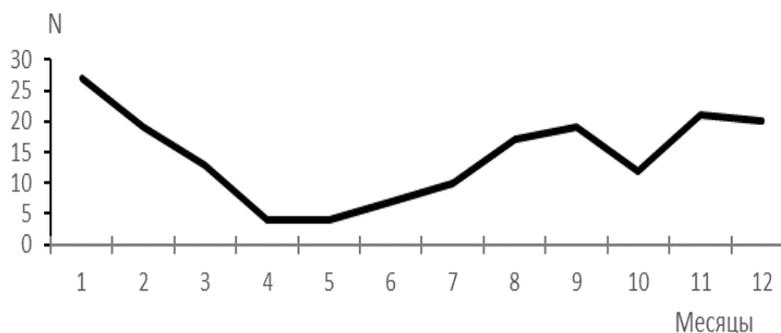


Рис. 1. Количество аэродромов, на которых среднемесячная повторяемость видимости ≤ 300 м превышает среднегодовую.

Fig. 1. Number of aerodromes where month-mean occurrence frequency of visibility ≤ 300 m exceeds the annual mean.

На севере территории (Норильск, Тикси, Якутск) сильно выражен зимний максимум повторяемости видимости ≤ 300 м (до 17,7 % в Якутске в январе). Зимний максимум, хотя и не столь высокий, отмечается и в Екатеринбурге, Кустанае, Братске, Абакане, Чите, Астане, Караганде, Павлодаре, Усть-Каменогорске, Алма-Ате, Бишкеке, Худжанде, Оше, Душанбе.

С другой стороны, выделяется группа аэродромов с повышенной повторяемостью указанной градации видимости летом (Красноярск, Новосибирск, Новокузнецк, Иркутск, Благовещенск, Хабаровск, Владивосток).

Таблица 1. Повторяемость (%) горизонтальной дальности видимости ≤ 300 м по месяцам и в среднем за год по данным телеграмм METAR за период 2001-2016 гг.

Table 1. Monthly and annual mean occurrence frequency (%) of visibility ≤ 300 m, from the METAR telegrams, 2001-2016

Аэродромы	Месяцы													Кол. случ. с вид. ≤ 300м	Общее колич. случ.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.		
Тикси	7.2	4.3	2.4	0.4	0.8	0.6	0.7	0.4	0.1	0.5	3.3	6.3	2.2	2943	136262
Норильск	9.0	6.1	4.8	4.3	5.5	3.7	1.2	2.5	5.3	3.8	2.9	8.4	4.8	7988	166759
Новый Уренгой	0.3	0.1	0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	347	150267
Сургут	0.9	0.8	0.4	0.4	0.3	0.0	0.0	0.2	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	1138	270612
Нижневартовск	1.0	0.4	0.4	0.4	0.3	0.1	0.4	0.6	0.9	0.7	0.3	0.6	0.5	1001	195450
Полярный	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.5	1.1	0.7	0.1	0.0	0.0	0.3	422	142215
Мирный	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.6	0.2	0.1	0.0	0.2	0.2	289	177007
Якутск	17.7	13.9	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.3	1.9	12.7	3.9	9212	234053
Магадан	0.5	0.2	0.4	0.8	1.1	2.2	2.0	1.5	1.7	0.2	0.4	0.1	0.9	1584	171018
Тюмень	0.0	0.1	0.3	0.5	0.2	0.2	0.3	0.7	0.6	0.6	0.2	0.1	0.3	933	269730
Екатеринбург	1.0	1.8	1.1	0.6	0.6	0.5	0.7	1.4	2.2	0.9	0.7	0.7	1.0	2746	275430
Челябинск	1.2	0.6	0.7	1.0	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.5	0.6	0.7	1672	241966
Омск	0.4	0.4	0.9	0.3	0.2	0.2	0.1	0.4	0.6	0.9	0.6	0.2	0.4	1150	276329
Кустанай	0.8	1.1	1.9	0.5	0.1	0.1	0.0	0.2	0.3	0.6	0.4	1.0	0.6	1167	200070
Красноярск	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.9	0.9	0.5	0.5	0.2	0.4	967	273881
Новосибирск	0.4	0.4	0.8	0.5	0.1	0.2	0.8	1.2	1.1	0.7	0.6	0.2	0.6	1619	272703
Кемерово	0.8	0.6	0.3	0.6	0.1	0.5	0.8	1.7	0.8	0.7	0.9	0.7	0.7	1896	269651
Барнаул	0.7	0.6	0.7	0.5	0.1	0.1	0.4	0.5	0.6	0.5	1.4	1.1	0.6	1646	274392
Новокузнецк	0.7	0.8	0.6	0.6	0.2	1.0	1.2	2.2	2.5	1.4	2.1	0.7	1.2	3040	261907
Абакан	3.4	1.2	1.2	0.3	0.2	0.0	0.1	0.3	0.5	0.9	4.1	3.9	1.3	3702	275659
Братск	3.1	2.4	1.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.4	0.6	0.5	0.7	1.6	0.9	2608	275079
Нерюнгри	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	91	185934
Иркутск	0.7	0.3	0.2	0.3	0.7	1.4	2.4	2.5	1.9	0.8	1.1	1.5	1.2	3175	275187
Чита	1.3	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.6	0.3	558	194735
Улан-Удэ	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.5	0.5	0.0	0.2	457	257720
Николаевск	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.7	0.2	0.2	0.3	0.2	399	179769
Благовещенск	0.0	0.0	0.2	0.3	0.6	1.0	1.3	1.5	1.0	0.1	0.0	0.0	0.5	1031	202403
Хабаровск	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	0.6	0.3	0.3	0.4	1136	277282
Владивосток	0.2	0.7	0.9	1.4	1.4	1.3	0.8	1.4	1.5	1.7	1.5	0.3	1.1	2475	221654
Южно-Сахалинск	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3	0.6	0.8	1778	212479
Петропавловск	0.7	0.7	0.7	0.2	0.7	0.6	1.1	0.6	0.2	0.2	0.1	0.4	0.5	812	160257
Астана	1.1	2.5	2.3	1.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	1.1	1.7	0.9	2113	238422
Караганда	0.6	1.3	0.9	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.8	0.4	902	208209
Павлодар	0.4	0.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.8	0.3	439	130418
Усть-Каменогорск	5.5	2.5	2.8	1.2	0.1	0.1	0.3	0.4	0.9	1.5	3.6	7.7	2.2	3711	167849
Алма-Ата	10.7	6.1	1.9	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	5.4	9.5	2.9	7170	248262
Кзыл-Орда	0.7	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	2.3	0.4	378	101449
Бишкек	5.9	3.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.9	4.8	1.6	3084	197771
Худжанд	2.6	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.2	0.7	1220	186583
Ош	3.5	2.2	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.6	4.4	1.1	1819	172647
Душанбе	2.8	1.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	2.0	0.6	1204	217499

Можно выделить также аэродромы, на которых среднемесячная повторяемость МДВ ≤ 300 м не достигает 1 % в течение всего года (Новый Уренгой, Сургут, Нижневартовск, Полярный, Мирный, Тюмень, Омск, Красноярск, Нерюнгри, Улан-Удэ, Николаевск, Хабаровск).

На рис. 2 приведены графики годового хода повторяемости двух градаций МДВ, показывающие существенные локальные различия условий видимости на аэродромах, расположенных в различных физико-географических условиях. Повторяемость видимости ≤ 800 м всюду заметно выше, чем повторяемость более низких градаций, но все же и эта градация дальности видимости должна быть отнесена к редким явлениям.

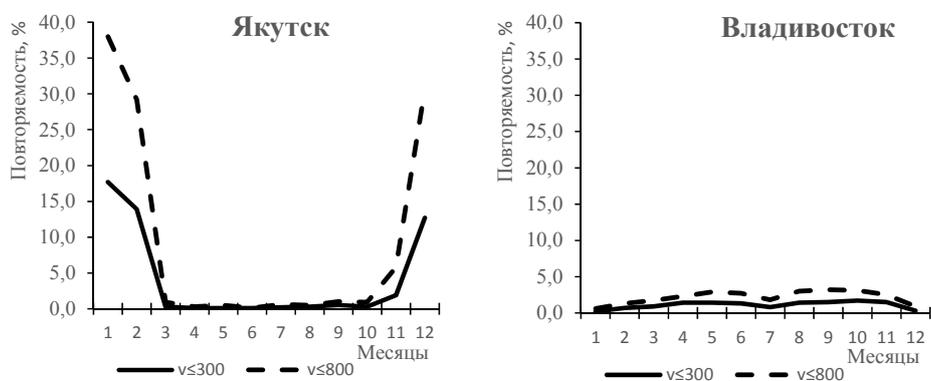


Рис. 2. Годовой ход повторяемости видимости ≤ 300 и ≤ 800 м за период 2001–2016 гг. в Якутске и Владивостоке.

Fig. 2. Annual cycle of occurrence frequency (%) of visibility ≤ 300 and ≤ 800 m in Yakutsk and Vladivostok, 2001-2016.

Суточный ход МДВ характеризуется повсеместно ухудшением видимости в темное время суток, в особенности в диапазоне МДВ ≤ 150 м.

В табл. 2 и 3 представлены распределения повторяемости МДВ ≤ 300 и ≤ 800 м соответственно при разных явлениях погоды по коду КН-01. (Этот код является более привычным и удобным для анализа, чем код METAR, используемый в телеграммах; в отделе авиационной метеорологии, в рамках работ по созданию базы аэродромных наблюдений, была составлена специальная программа перевода данных о погодных явлениях из кода METAR в код КН-01.) Анализ этих распределений позволяет выделить следующие явления погоды, приводящие к ухудшению видимости: 1) явления, связанные с конденсацией или сублимацией водяного пара вблизи поверхности Земли; 2) выпадение осадков; 3) помутнение атмосферы в результате поступления в нее поднимаемых ветром мельчайших частиц пыли или песка (с поверхности почвы) и снега (с поверхности снежного покрова).

Таблица 2. Повторяемость (%) видимости ≤ 300 м при разных явлениях погоды по коду КН-01 по данным телеграмм METAR за 2001-2016 гг.
Table 2. Occurrence frequency (%) of visibility ≤ 300 m under different weather phenomena (KN-01 code), from the METAR telegrams, 2001-2016

Аэродромы	Явления по коду КН-01										Колич. случ. с видим. ≤ 300м	Общее число случаев
	10-12	13-19	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	Сред.		
Тикси	0.0	0.0	9.9	18.6	2.4	0.1	1.1	0.0	0.0	2.2	2942	135884
Норильск	1.0	0.0	11.0	56.9	26.9	3.5	2.7	1.9	0.0	5.0	7965	158430
Новый Уренгой	0.0	0.0	0.0	16.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	294	147316
Сургут	0.0	0.0	0.8	39.9	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	1138	269172
Нижневартовск	0.5	0.0	0.4	39.5	0.6	0.1	0.1	0.2	0.0	0.5	1000	193534
Полярный	0.0	0.0	0.0	32.5	5.9	2.2	0.0	0.1	0.0	0.3	422	141592
Мирный	0.0	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	263	175667
Якутск	0.0	0.0	0.5	42.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	4.0	9206	231282
Магадан	0.5	0.0	5.3	40.4	1.5	0.0	0.2	1.6	0.0	0.9	1583	170332
Тюмень	0.0	0.0	0.0	51.3	2.9	0.4	0.2	0.2	0.0	0.3	931	266901
Екатеринбург	0.1	0.1	0.1	61.6	0.3	0.0	0.2	0.2	0.3	1.0	2746	273910
Челябинск	0.2	0.0	0.0	52.0	9.5	1.1	0.4	0.6	0.0	0.7	1632	226278
Омск	0.0	0.0	0.3	46.3	5.4	0.3	0.4	0.1	0.2	0.4	1126	262625
Кустанай	1.0	0.0	0.6	52.0	2.0	0.1	0.5	1.1	0.0	0.6	1167	198795
Красноярск	0.1	0.0	0.2	23.1	2.0	0.6	0.1	0.1	0.0	0.4	966	269438
Новосибирск	0.2	0.0	0.6	53.6	0.5	0.0	0.1	0.2	0.0	0.6	1610	268637
Кемерово	0.1	0.0	0.1	59.2	2.6	3.0	0.1	0.2	0.0	0.7	1770	261505
Барнаул	0.2	0.0	0.7	55.5	5.9	0.4	0.5	1.1	0.0	0.6	1643	271237
Новокузнецк	0.0	0.1	1.4	47.3	11.1	1.7	0.1	0.1	0.0	1.2	3036	256931
Абакан	0.1	0.0	0.0	53.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.4	3701	267262
Братск	1.5	0.0	0.2	63.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.9	2570	271002
Нерюнгри	0.0	0.1	0.0	1.8	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91	184763
Иркутск	0.1	0.0	1.7	66.6	0.0	0.8	0.0	0.3	0.0	1.2	3158	264728
Чита	0.0	0.0	0.0	37.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	554	192961
Улан-Удэ	0.0	0.0	1.8	40.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	457	252020
Николаевск	0.0	0.0	2.0	18.1	0.3	0.0	0.5	0.2	0.0	0.2	399	179343
Благовещенск	0.1	0.0	0.0	53.7	2.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	1031	200773
Хабаровск	0.0	0.1	1.9	55.3	0.3	1.1	0.2	0.2	0.0	0.4	1073	270695
Владивосток	0.2	0.4	1.2	44.5	1.6	0.2	0.0	0.1	0.3	1.2	2475	207676
Южно-Сахалинск	0.0	0.0	19.8	34.4	4.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.8	1777	210038
Петропавловск	0.0	0.0	1.9	36.7	3.2	0.4	1.9	1.2	0.0	0.5	812	159604
Астана	0.4	0.0	4.0	57.1	1.1	0.1	2.1	0.8	0.7	0.9	2112	237205
Караганда	0.7	0.0	2.2	49.7	4.1	0.1	1.2	0.8	0.0	0.4	902	208038
Павлодар	0.5	0.0	0.9	48.2	9.2	0.0	0.9	0.6	0.0	0.3	423	128790
Усть-Каменогорск	0.1	0.0	0.0	62.2	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	2.2	3710	167463
Алма-Ата	3.1	0.0	66.7	47.0	6.4	1.5	0.8	0.1	0.0	3.1	6752	219480
Кзыл-Орда	0.0	0.0	0.0	36.9	4.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	376	101047
Бишкек	0.0	0.0	0.0	52.7	4.0	1.0	1.1	0.1	0.0	1.6	3073	191885
Худжанд	0.1	0.0	0.0	51.8	3.4	0.1	1.0	0.0	0.0	0.7	1220	185722
Ош	0.1	0.0	33.3	40.6	23.6	3.8	6.0	2.1	0.0	1.1	1815	170305
Душанбе	0.1	0.0	0.0	43.6	1.8	0.3	7.3	0.3	0.0	0.6	1204	207909

Таблица 3. Повторяемость (%) видимости ≤ 800 м при разных явлениях погоды по данным METAR за 2001-2016 гг.

Table 3. Occurrence frequency (%) of visibility ≤ 800 m under different weather phenomena (KN-01 code), from the METAR telegrams, 2001-2016

Аэродромы	Явления по коду КН-01										Колич. случ. с видим. ≤ 300 м	Общее число случаев
	10-12	13-19	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	Сред.		
Тикси	0.0	0.1	15.1	78.5	10.4	0.2	3.3	0.4	0.0	4.2	5759	135884
Норильск	3.7	0.0	24.2	92.6	39.8	6.5	12.3	11.1	0.0	11.2	17674	158430
Новый Уренгой	0.0	0.0	0.1	89.4	7.0	0.9	1.3	0.7	0.0	1.2	1723	147316
Сургут	0.1	0.0	7.2	75.6	2.1	0.1	1.1	1.3	0.8	1.1	2940	269172
Нижневартовск	1.6	0.2	1.7	88.1	0.9	0.4	1.2	1.4	0.6	1.4	2695	193534
Полярный	0.1	0.0	1.0	94.4	20.1	8.0	0.3	2.0	0.0	1.0	1426	141592
Мирный	0.1	0.0	0.1	82.0	1.6	0.0	0.0	0.4	0.0	0.8	1425	175667
Якутск	0.1	0.6	5.2	93.1	3.6	0.4	1.1	1.0	1.7	9.0	20708	231282
Магадан	1.2	0.0	7.6	74.8	3.3	0.0	1.5	7.8	0.0	2.1	3577	170332
Тюмень	0.1	0.2	0.1	90.0	6.4	0.5	2.6	2.0	1.6	0.9	2312	266901
Екатеринбург	0.3	0.2	0.6	88.9	3.6	0.3	1.0	1.9	0.9	1.7	4631	273910
Челябинск	0.6	0.4	0.4	81.9	23.4	3.5	4.2	3.0	0.9	1.6	3623	226278
Омск	0.0	0.1	1.3	85.9	24.1	1.2	3.2	1.7	1.4	1.2	3215	262625
Кустанай	1.6	0.0	2.1	92.1	11.8	0.8	2.2	4.2	0.4	1.3	2503	198795
Красноярск	0.2	0.2	2.0	55.7	9.8	4.1	0.6	1.6	0.2	1.1	3048	269438
Новосибирск	0.8	0.1	2.2	84.0	3.4	0.2	0.8	1.7	0.0	1.1	3054	268637
Кемерово	0.1	0.0	1.0	89.1	4.3	5.4	3.5	1.8	0.0	1.4	3647	261505
Барнаул	0.3	0.0	3.1	82.0	8.3	0.6	3.6	6.7	0.6	1.3	3619	271237
Новокузнецк	0.2	0.1	4.2	73.8	14.8	3.4	2.0	1.6	0.5	2.2	5588	256931
Абакан	0.1	0.0	0.0	85.8	22.2	1.6	2.7	1.1	0.1	2.3	6192	267262
Братск	4.0	0.0	0.9	93.2	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0	1.6	4366	271002
Нерюнгри	0.0	0.2	0.5	27.0	20.0	14.3	0.0	3.1	0.0	1.0	1925	184763
Иркутск	0.4	0.0	7.5	91.2	0.0	0.8	0.1	2.5	1.1	1.9	4969	264728
Чита	0.0	0.0	0.0	74.0	0.0	3.2	0.9	1.2	0.8	0.6	1200	192961
Улан-Удэ	0.2	0.0	7.5	89.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1144	252020
Николаевск	2.4	0.0	13.2	77.7	1.6	0.0	4.5	6.4	0.6	2.0	3520	179343
Благовещенск	0.6	0.1	0.4	93.4	5.1	2.9	0.7	2.3	0.9	1.0	2068	200773
Хабаровск	0.2	0.1	5.2	87.7	1.3	2.2	1.4	1.7	0.2	0.8	2214	270695
Владивосток	0.8	1.7	6.5	77.7	6.0	1.0	0.0	1.6	1.2	2.3	4780	207676
Южно-Сахалинск	0.1	1.0	40.8	77.1	12.7	0.0	2.7	2.4	0.0	2.2	4517	210038
Петропавловск	0.1	0.0	4.1	87.7	7.5	1.0	14.0	5.5	0.0	1.6	2557	159604
Астана	1.0	0.0	6.2	94.6	6.0	0.7	7.0	3.4	0.7	1.9	4530	237205
Караганда	1.2	0.0	7.0	93.5	12.2	0.4	3.7	3.1	1.2	1.1	2190	208038
Павлодар	1.4	0.0	2.8	93.6	23.1	0.0	2.9	3.1	0.0	0.8	1079	128790
Усть-Каменогорск	0.1	0.0	0.7	85.3	3.2	0.4	1.4	1.9	0.0	3.2	5420	167463
Алма-Ата	20.0	0.1	66.7	93.8	14.7	6.8	9.5	0.7	5.1	9.4	20612	219480
Кзыл-Орда	0.0	0.0	0.0	88.5	16.5	0.0	2.2	0.2	0.0	0.9	954	101047
Бишкек	0.3	0.2	0.0	90.0	13.1	2.5	6.5	0.4	0.0	2.9	5651	191885
Худжанд	0.4	0.0	6.5	90.0	6.8	0.9	2.1	0.8	0.0	1.2	2297	185722
Ош	0.5	0.0	66.7	85.2	41.4	9.4	25.7	5.7	1.9	2.6	4380	170305
Душанбе	0.2	0.0	0.0	89.3	4.8	3.0	24.8	1.6	0.1	1.5	3133	207909

Для обеих градаций дальности видимости максимальная доля случаев ассоциируется с туманами (группа 40–49) – до 98,0 и 99,3 % (Якутск). Только в Тикси эта группа имеет невысокую повторяемость (до 20 %), а плохая видимость чаще всего (74,3 и 58,8 %) наблюдается при низовых метелях и поземке (группа 30–39). Эта группа явлений имеет повышенную повторяемость (до 30–35 %, а в Норильске 47 %) и на ряде других аэродромов: Южно-Сахалинск, Караганда, Николаевск, Астана, Петропавловск, Павлодар, Кустанай, Магадан, Сургут. Отметим еще повышенную повторяемость плохой видимости при поземном тумане в Алма-Ате. Из других погодных явлений на многих аэродромах отмечаются обложные снегопады как причина ухудшенной видимости (группа 70–79) и ливневые осадки в виде дождя, снега, крупы или града (группа 80–89). Сюда относятся Душанбе, Астана, Караганда, Тикси, Челябинск, Петропавловск, Ош, а также Николаевск, Нерюнгри, Кустанай, Магадан. Повторяемость ухудшенной видимости указанных градаций при мороси (группа 50–59) превышает 10 % только по данным аэродрома Полярный.

Не столь однозначно влияние низкой облачности на видимость. При низкой облачности с выраженной подоблачной дымкой прозрачность атмосферы должна быть меньшей, чем при отсутствии низких облаков. Однако такая дымка не всегда сопутствует низкой облачности, и в результате значимой статистической связи между ВНГО и видимостью не обнаруживается [5, 6]. Рассматривая распределение случаев плохой видимости в зависимости от ВНГО, убеждаемся, что, как правило, МДВ в градациях ≤ 50 и 50–100 м сопровождается ВНГО ≤ 90 м (что может означать и вертикальную видимость в случаях, когда неба не видно из-за снегопада и невозможно определить балл облачности). Однако при той же градации ВНГО наблюдаются, хотя и реже, все другие градации видимости. На рис. 3 приведены графики повторяемости различных значений МДВ при облачности > 0 и > 5 окт для двух аэродромов. Видно, что низкие значения МДВ в большинстве случаев ассоциируются с ВНГО ≤ 90 м.

Хотя большинство случаев плохой видимости ассоциируются с низкой ВНГО, однако их повторяемость даже при ВНГО < 90 м хотя и максимальна в сравнении с другими градациями ВНГО, но все же не столь велика (так, при видимости ≤ 300 м эта повторяемость составляет 65,9 и 65,4 % в Усть-Каменогорске и Якутске соответственно, а на большинстве аэродромов – 30–40 %).

В то же время при ВНГО ≤ 300 м видимость менее 300 м наблюдается крайне редко. Значительно чаще при такой облачности отмечается видимость ≤ 800 м. В особенности это заметно при ВНГО ≤ 1500 м, т. е. при отсутствии низких облаков: в Якутске этой градации облачности соответствует повторяемость видимости ≤ 800 м, равная 28,7 %, а Норильске и Тикси – 10,3 и 7,2 % соответственно. Повторяемость этой градации повышена также в Алма-Ате (13,0 %).

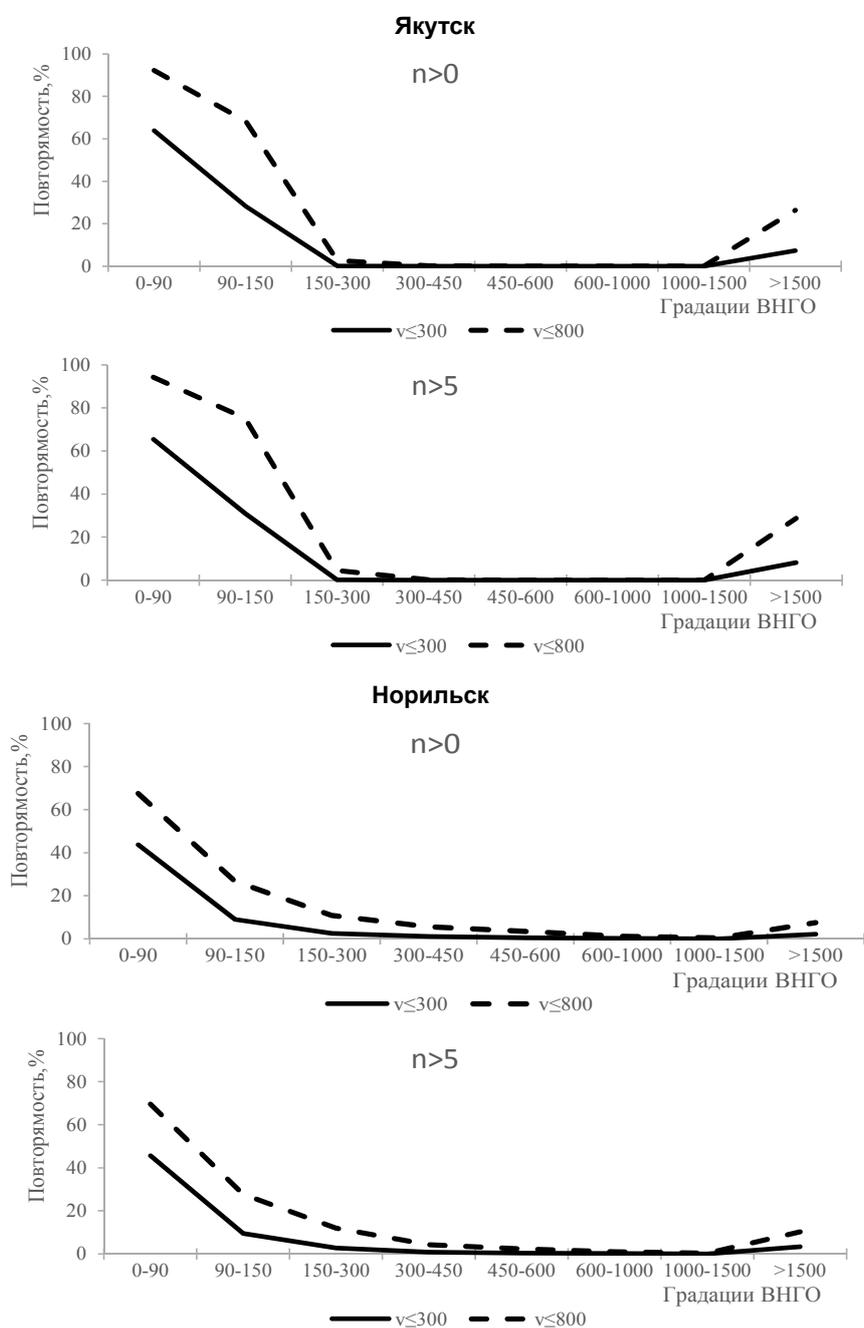


Рис. 3. Распределение повторяемости видимости ≤ 300 и ≤ 800 м при облачности $n > 0$ и $n > 5$ окт в Якутске и в Норильске.
Fig. 3. Occurrence frequency (%) of visibility ≤ 300 and ≤ 800 m as dependent on cloud amount $n > 0$ and $n > 5$ oct in Yakutsk and Norilsk.

В принципе, в рамках определенных ограничений можно сформулировать статистические зависимости между метеорологической дальностью видимости и высотой нижней границы облаков. Практическое применение таких результатов, однако, затруднено тем обстоятельством, что малые высоты нижней границы облаков так же с трудом поддаются прогнозированию, как и ухудшенная видимость.

Распределения повторяемостей МДВ ≤ 300 и ≤ 800 м в зависимости от относительной влажности у земли даны в табл. 4 и 5 соответственно, а графики этих распределений для двух аэродромов – на рис. 4.

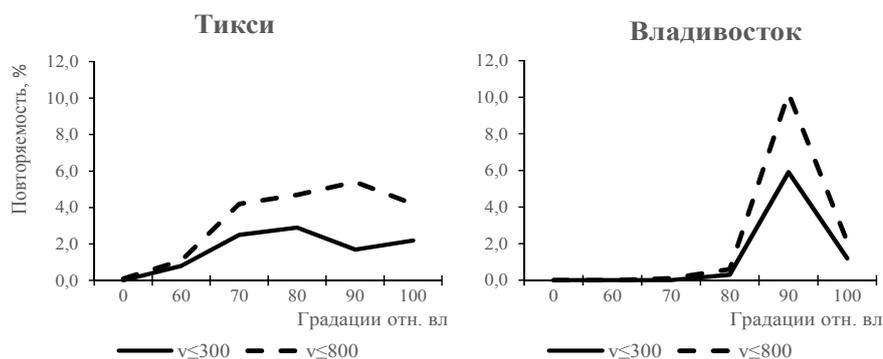


Рис. 4. Распределение повторяемости видимости ≤ 300 и ≤ 800 м в зависимости от относительной влажности в Тикси и Владивостоке.

Fig. 4. Occurrence frequency of visibility ≤ 300 m and ≤ 800 m as dependent on relative humidity in Tiksi and Vladivostok.

Из приведенных данных видно, что при низкой относительной влажности ухудшенная видимость маловероятна. Так, повторяемость этой градации превышает среднюю на большинстве аэродромов только при $RH \geq 90\%$. Только в Якутске повторяемости, превышающие среднюю, получены при $RH < 70\%$, причем это наблюдается при очень низкой температуре. На трех аэродромах (Тикси, Братск, Усть-Каменогорск) повторяемости выше средних получены при $RH > 70\%$, на четырех других (Норильск, Абакан, Чита, Алма-Ата) – при $RH > 80\%$. Для некоторых аэродромов можно указать значения относительной влажности, ниже которых видимость ниже 300 м не наблюдается (Полярный, Магадан, Тюмень, Кемерово, Нерюнгри, Николаевск, Благовещенск, Хабаровск, Владивосток, Южно-Сахалинск, Петропавловск, Кзыл-Орда, Худжанд, Душанбе).

При наличии порогового значения относительной влажности, ниже которого МДВ ≤ 300 м не наблюдается, и при надежном прогнозе относительной влажности при ее значениях ниже пороговых ухудшения видимости ≤ 300 м ожидать не следует. Это не значит, однако, что при ожидаемом превышении порогового значения относительной влажности следует ожидать МДВ ≤ 300 м.

Таблица 4. Повторяемость (%) видимости ≤ 300 м при разных значениях относительной влажности по данным METAR за 2001-2016 гг.

Table 4. Occurrence frequency (%) of visibility ≤ 300 m as dependent on relative humidity, from the METAR telegrams, 2001-2016

Аэродромы	Относительная влажность (%)						Колич. случ. с видим. ≤ 300 м	Общее колич. случаев
	<60	60-70	70-80	80-90	90-100	Сред.		
Тикси	0.0	0.8	2.5	2.9	1.7	2.2	2884	134055
Норильск	0.3	1.6	3.9	5.5	9.9	4.8	7969	165962
Новый Уренгой	0.2	0.1	0.1	0.2	0.6	0.2	347	150052
Сургут	0.0	0.3	0.3	0.3	1.0	0.4	1131	268883
Нижневартовск	0.1	0.1	0.3	0.4	1.1	0.5	1001	194564
Полярный	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.3	418	141750
Мирный	0.0	0.2	0.1	0.1	0.4	0.2	286	175033
Якутск	5.6	6.0	2.9	0.6	1.6	4.0	9206	231633
Магадан	0.0	0.0	0.0	0.3	4.3	0.9	1574	168655
Тюмень	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.3	930	269390
Екатеринбург	0.0	0.4	0.6	0.6	3.0	1.0	2735	275232
Челябинск	0.1	0.2	0.3	0.5	2.9	0.7	1651	235959
Омск	0.0	0.0	0.1	0.2	2.1	0.4	1148	276240
Кустанай	0.0	0.1	0.4	0.6	2.4	0.6	1160	197611
Красноярск	0.0	0.0	0.1	0.2	2.3	0.4	962	273650
Новосибирск	0.0	0.0	0.2	0.2	3.4	0.6	1617	272605
Кемерово	0.0	0.0	0.0	0.2	2.6	0.7	1894	269377
Барнаул	0.0	0.0	0.1	0.4	3.0	0.6	1644	274170
Новокузнецк	0.0	0.0	0.1	0.3	4.5	1.2	3039	261448
Абакан	0.0	0.1	1.0	1.8	5.7	1.3	3698	275488
Братск	0.0	0.1	1.0	1.5	2.2	0.9	2567	274227
Нерюнгри	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	90	184218
Иркутск	0.0	0.0	0.2	0.6	4.7	1.2	3173	275130
Чита	0.1	0.2	0.3	0.4	1.8	0.3	546	194279
Улан-Удэ	0.0	0.0	0.0	0.1	2.2	0.2	457	257567
Николаевск	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.2	399	178980
Благовещенск	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.5	1031	201958
Хабаровск	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	0.4	1136	277272
Владивосток	0.0	0.0	0.0	0.3	5.9	1.2	2461	207740
Южно-Сахалинск	0.0	0.0	0.0	0.2	2.3	0.9	1777	205116
Петропавловск	0.0	0.0	0.0	0.4	2.6	0.5	809	159001
Астана	0.0	0.0	0.4	0.9	3.1	0.9	2111	238124
Караганда	0.0	0.0	0.2	0.3	1.8	0.4	895	208123
Павлодар	0.1	0.1	0.2	0.5	2.2	0.3	436	129521
Усть-Каменогорск	0.2	0.9	2.5	3.0	6.3	2.2	3697	166647
Алма-Ата	0.0	0.2	1.3	3.2	12.0	2.9	7160	247378
Кзыл-Орда	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.4	377	101347
Бишкек	0.0	0.0	0.3	1.5	10.2	1.6	3083	197635
Худжанд	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.7	1218	185056
Ош	0.0	0.0	0.0	0.1	8.8	1.1	1817	172253
Душанбе	0.0	0.0	0.0	0.4	5.0	0.6	1204	215353

Таблица 5. Повторяемость (%) видимости ≤ 800 м при разных значениях относительной влажности по данным METAR за 2001-2016 гг.
Table 5. Occurrence frequency (%) of visibility ≤ 800 m as dependent on relative humidity, from the METAR telegrams, 2001-2016

Аэродромы	Относительная влажность (%)						Колич. случ. с видим. ≤800м	Общее колич. случаев
	<60	60-70	70-80	80-90	90-100	Сред.		
Тикси	0.1	1.1	4.2	4.7	5.4	4.2	5647	134055
Норильск	1.2	4.1	9.6	13.0	19.9	10.7	17786	165962
Новый Уренгой	1.6	0.7	0.7	0.9	3.4	1.5	2192	150052
Сургут	0.1	0.7	0.6	0.8	2.9	1.1	2920	268883
Нижневартовск	0.4	0.4	1.0	1.2	2.8	1.4	2718	194564
Полярный	0.0	0.0	0.1	0.2	4.9	1.0	1438	141750
Мирный	0.4	1.0	1.0	0.7	1.4	0.9	1507	175033
Якутск	10.8	14.5	7.6	1.8	3.4	9.0	20767	231633
Магадан	0.0	0.1	0.1	0.6	9.5	2.1	3556	168655
Тюмень	0.0	0.0	0.1	0.2	2.7	0.9	2310	269390
Екатеринбург	0.1	0.7	1.1	1.3	4.7	1.7	4616	275232
Челябинск	0.2	0.5	0.7	1.3	6.1	1.6	3676	235959
Омск	0.1	0.3	0.4	0.9	5.4	1.2	3400	276240
Кустанай	0.0	0.1	0.6	1.2	5.6	1.2	2469	197611
Красноярск	0.0	0.2	0.8	1.0	5.4	1.1	3009	273650
Новосибирск	0.2	0.2	0.4	0.6	5.9	1.1	3088	272605
Кемерово	0.0	0.1	0.4	1.0	5.0	1.5	4105	269377
Барнаул	0.0	0.1	0.4	1.0	5.9	1.3	3600	274170
Новокузнецк	0.0	0.1	0.5	1.1	7.4	2.2	5682	261448
Абакан	0.1	0.4	2.0	3.2	8.7	2.3	6205	275488
Братск	0.1	0.4	1.9	2.2	4.0	1.6	4505	274227
Нерюнгри	0.0	0.0	0.0	0.1	4.0	1.0	1910	184218
Иркутск	0.1	0.1	0.4	1.1	7.2	1.8	5069	275130
Чита	0.3	0.6	0.7	0.9	3.6	0.7	1361	194279
Улан-Удэ	0.1	0.1	0.2	0.3	4.4	0.5	1196	257567
Николаевск	0.0	0.1	0.3	1.1	6.1	2.0	3495	178980
Благовещенск	0.0	0.0	0.0	0.1	5.0	1.0	2071	201958
Хабаровск	0.0	0.0	0.2	0.4	3.3	0.9	2384	277272
Владивосток	0.0	0.0	0.1	0.6	10.2	2.1	4355	207740
Южно-Сахалинск	0.0	0.0	0.1	0.6	5.7	2.2	4475	205116
Петропавловск	0.0	0.1	0.3	1.5	7.5	1.6	2538	159001
Астана	0.0	0.1	0.7	1.7	6.9	1.9	4529	238124
Караганда	0.0	0.0	0.4	0.9	4.2	1.0	2180	208123
Павлодар	0.2	0.2	0.6	1.2	5.6	0.8	1100	129521
Усть-Каменогорск	0.3	1.3	3.2	4.4	9.8	3.2	5392	166647
Алма-Ата	0.4	3.3	10.1	16.2	27.9	9.8	24188	247378
Кзыл-Орда	0.0	0.0	0.0	0.2	6.5	0.9	955	101347
Бишкек	0.0	0.2	1.8	4.0	16.4	2.9	5694	197635
Худжанд	0.0	0.0	0.0	0.2	13.1	1.2	2285	185056
Ош	0.0	0.1	0.4	0.8	20.1	2.5	4387	172253
Душанбе	0.0	0.1	0.2	1.9	12.0	1.5	3199	215353

Как видно из табл. 4, даже при относительной влажности 95–100 % повторяемость МДВ ≤ 300 м составляет на большинстве аэродромов несколько процентов (в ряде случаев на порядок превышая среднюю повторяемость), а ее максимальные значения составляют 12,0 % (Алма-Ата), 10,2 % (Бишкек), 9,9 % (Норильск).

МДВ ≤ 800 м наблюдается не только гораздо чаще, но и на многих аэродромах практически при всех RH > 60 %. Повторяемость, превышающая среднюю, снова на большинстве аэродромов наблюдается при RH ≥ 90 %, а в Якутске при RH < 70 %. В Братске и Алма-Ате повторяемость превышает среднюю при RH ≥ 70 %, а в Тикси, Норильске, Чите, Павлодаре, Усть-Каменогорске, Бишкеке и Душанбе – при RH ≥ 80 %. Пороговые значения относительной влажности, ниже которых видимость менее 800 м не наблюдается, снова можно выделить на ряде аэродромов. Однако повторяемость явления даже при относительной влажности ≥ 90 % остается невысокой (с максимумом, равным 27,9 % в Алма-Ате, где часто указывается наличие дыма как причины ухудшенной видимости, и с относительно высокими значениями в Норильске – 19,9 %, Оше – 20,1 %, Бишкеке – 16,4 %, Худжанде – 13,1 %, Душанбе – 12,0 % и Владивостоке – 10,2%).

Ухудшенная видимость ассоциируется преимущественно со штилями, слабыми ветрами переменных направлений или ветрами со скоростями 2–6 м/с. Средневыборочное значение повторяемости видимости ≤ 300 и ≤ 800 м при скоростях ветра ≤ 2 м/с превышено на всех аэродромах, кроме Тикси и Норильска. Одновременно наблюдается на некоторых аэродромах повышенная повторяемость ухудшенной видимости при больших (> 8 м/с) скоростях ветра: на трех аэродромах (Тикси, Норильск, Магадан) она превышает 10 %, а на 17 аэродромах превышает среднее значение, иногда – на порядок.

Анализ «роз ветров» при ухудшенной видимости подтверждает представление о том, что явления, вызывающие ухудшенную видимость, характерны для слабых ветров. Действительно, изучаемое явление более часто наблюдается при слабых ветрах переменных направлений и при штилях, чем при более сильных ветрах (рис. 5). Это особенно сильно выражено в Новом Уренгое, Сургуте, Нижневартовске, Тюмени, Екатеринбурге, Челябинске, Омске, Кустанае, Новосибирске, Барнауле, Новокузнецке, Абакане, Алма-Ате, Бишкеке.

На некоторых аэродромах хорошо заметно увеличение повторяемости ухудшенной видимости при определенных направлениях ветра: в Тикси – при юго-западных ветрах, Норильске – южных, юго-западных и западных; Челябинске и Братске – восточных; Иркутске и Владивостоке – северо-восточных. Эти направления преимущественной адвекции условий ухудшенной видимости особенно сильно выражены в Норильске.

Сравнивая распределения повторяемости видимости ≤ 300 м с аналогичными распределениями для видимости ≤ 800 м, обнаруживаем, при в целом аналогичном характере распределений и более высокой повторяемости явления во втором случае, также аналогичный эффект скорости и направления ветра. На тех же аэродромах, на которых были отмечены максимумы повторяемости видимости ≤ 300 м при ветрах определенного румба, находим максимумы (близкие по величине) и повторяемости видимости ≤ 800 м.

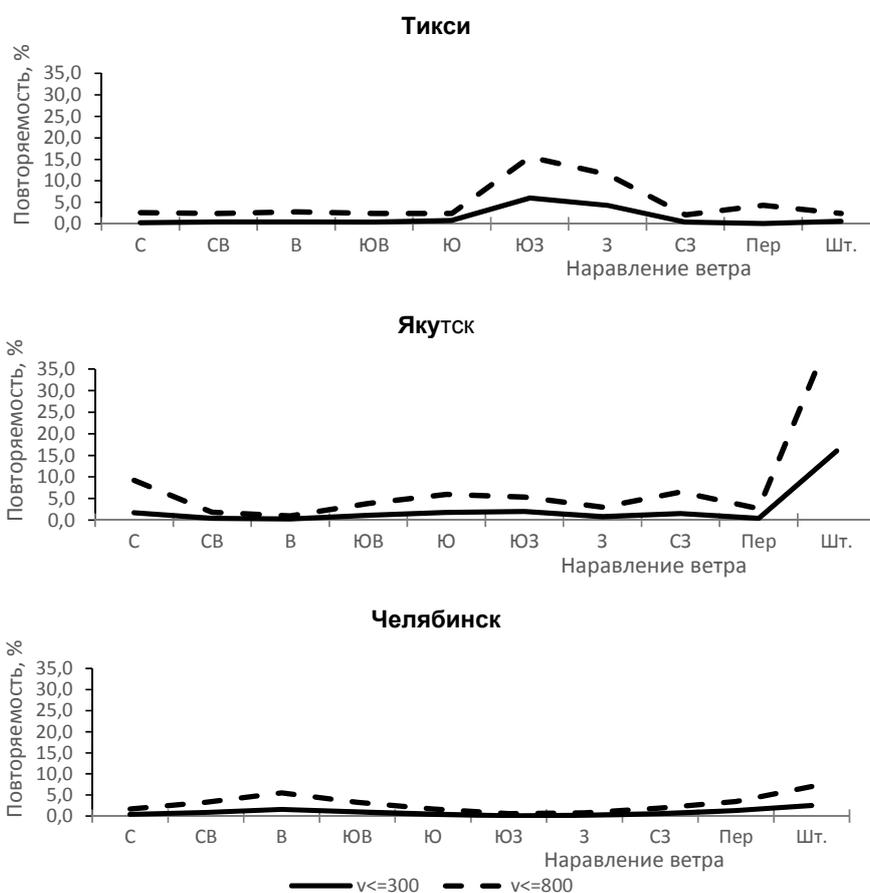


Рис. 5. Повторяемость видимости ≤ 300 и ≤ 800 м в Тикси, Якутске и Челябинске в зависимости от направления ветра («Розы ветров») в среднем за 2001-2016 гг., а также при слабых ветрах переменных направлений («Пер.») и штилях («Шт.»).

Fig. 5. Occurrence frequency of visibility ≤ 300 and ≤ 800 m in Tiksi, Yakutsk and Chelyabinsk as dependent on wind direction (“wind roses”) along with weak winds of varying directions (Пер.) and calms (Шт.) as averaged over 2001-2016.

Как правило, наличие видимости ≤ 300 м и ≤ 800 м отмечается в телеграммах METAR в один срок или в последовательные два-четыре срока. Таким образом, это явление чаще всего бывает кратковременным, что, очевидно, затрудняет его краткосрочное прогнозирование с помощью численных моделей. Имеются, впрочем, аэродромы, на которых это явление может наблюдаться в несколько последовательных сроков более часто, чем на других.

В табл. 6 и 7 приводятся подробные данные о продолжительности двух градаций ухудшенной видимости на каждом из 41 аэродромов. Так, из табл. 6 видно, что наиболее продолжительные эпизоды ухудшенной видимости отмечены в Норильске, Тикси, Худжанде, Кзыл-Орде, Бишкеке, затем в Абакане, Душанбе, Сургуте. Соответственно, для этих аэродромов характерны пониженные, в сравнении с другими, повторяемости кратковременных эпизодов. Вообще же повторяемость эпизодов продолжительностью не более 2 ч варьирует от 59,6 % (Абакан) до 92,9 % (Нижевартовск). На 11 аэродромах из 41 эпизоды продолжительностью более 12 ч вообще не наблюдались в течение рассмотренного периода.

Продолжительность эпизодов наличия видимости ≤ 800 м (табл. 7) намного (иногда в несколько раз) превышает соответствующую повторяемость для видимости ≤ 300 м. Так, повторяемость эпизодов продолжительностью более 12 ч в Якутске достигает 16,5 %. На всех аэродромах, кроме Новосибирска, эпизоды продолжительностью более 12 ч хотя и редко, но наблюдаются. При этом повторяемость эпизодов продолжительностью не более 2 ч остается высокой (от 47,0 % в Якутске и 58,6 % в Абакане до 92,9 % в Нижневартовске), превышая 70 % на половине рассмотренных аэродромов.

Нами представлены, таким образом, полученные на большом материале наблюдений режимные характеристики ухудшенной видимости в зависимости от измеряемых на аэродроме характеристик погоды. То, что ухудшенная видимость – явление редкое (и тем более редкое, чем хуже видимость), что оно кратковременное и условия его существования сильно варьируют от одного аэродрома к другому (тем более – на столь обширной территории) – эти утверждения не отличаются новизной. Действительно ценной и полезной в проведенном анализе является количественная сторона – распределения повторяемости, представленные в таблицах и полученные на 16-летних рядах наблюдений с дискретностью 30 мин (на некоторых аэродромах – 1 ч). Они существенно пополняют наши знания (до настоящего времени далеко не достаточные) о климатических характеристиках аэродромов азиатской части страны и ближнего зарубежья, характеристиках, которые, как известно, являются необходимой составной частью информации, используемой при метеорологическом обеспечении авиации.

Таблица 6. Повторяемость (%) различной продолжительности эпизодов наличия видимости ≤ 300 м на аэродромах по данным METAR за 2001–2016 гг.

Table 6. Occurrence frequency (%) of visibility ≤ 300 m episodes duration (h) at the aerodromes, from the METAR telegrams, 2001–2016

Аэродромы	Продолжительность эпизодов, ч											
	≤ 1	1-2	2-3	3-6	6-12	12-18	18-24	24-36	36-48	48-96	≤ 2	>12
Тикси	50.9	19.1	8.0	10.0	6.8	1.9	1.5	1.0	0.4	0.4	70.0	5.1
Норильск	47.3	17.0	9.6	12.7	7.8	3.3	1.1	0.9	0.2	0.1	64.3	5.5
Новый Уренгой	57.8	17.2	8.6	8.6	6.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	75.0	1.7
Сургут	64.4	18.8	6.7	7.5	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.2	0.0
Нижневартовск	87.1	5.8	3.1	2.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.9	0.0
Полярный	47.0	26.1	9.0	11.2	6.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	73.1	0.7
Мирный	47.6	27.2	13.6	10.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.8	0.0
Якутск	41.8	19.1	9.4	15.8	9.0	3.2	1.2	0.5	0.1	0.1	60.9	5.0
Магадан	42.2	22.1	12.8	18.1	4.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	64.3	0.5
Тюмень	62.9	17.1	7.3	7.8	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	0.0
Екатеринбург	70.3	15.6	6.2	5.4	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	75.9	0.2
Челябинск	79.9	8.5	4.9	4.8	1.5	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	88.4	0.4
Омск	69.7	13.4	7.4	7.4	1.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	83.1	0.2
Кустанай	61.8	13.8	10.6	10.1	3.2	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	75.6	0.6
Красноярск	76.9	12.6	5.3	4.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.5	0.0
Новосибирск	61.6	19.0	9.8	7.1	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.6	0.0
Кемерово	54.3	18.2	8.4	14.5	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.5	0.0
Барнаул	70.0	13.1	8.4	6.1	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	83.1	0.3
Новокузнецк	53.1	15.4	11.1	12.5	7.3	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	68.5	0.6
Абакан	39.6	20.0	11.0	17.8	9.8	1.5	0.2	0.2	0.0	0.0	59.6	1.8
Братск	62.1	16.0	8.3	8.5	4.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	78.1	0.1
Нерюнгри	48.6	22.9	8.6	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.5	0.0
Иркутск	65.5	15.7	6.7	9.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.2	0.0
Чита	70.5	17.8	6.4	4.0	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	88.3	0.3
Улан-Удэ	50.4	19.8	13.2	12.4	4.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	70.2	0.0
Николаевск	56.9	20.9	13.1	6.5	3.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	77.8	0.7
Благовещенск	45.7	23.0	11.7	15.8	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.7	0.0
Хабаровск	58.1	16.9	9.7	10.9	4.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0	0.3
Владивосток	47.8	21.2	12.6	13.4	4.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	69.0	0.5
Южно-Сахалинск	46.1	22.5	10.4	15.4	4.1	0.9	0.4	0.2	0.0	0.0	68.6	1.5
Петропавловск	49.5	19.9	11.5	15.0	3.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	69.4	0.7
Астана	62.0	17.8	7.4	8.2	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	79.8	0.9
Караганда	61.9	19.5	7.1	8.4	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.4	0.0
Павлодар	65.6	15.0	7.8	6.7	4.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	80.6	0.6
Усть-Каменогорск	57.5	17.7	8.7	10.4	4.7	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	75.2	1.0
Алма-Ата	57.3	17.3	8.7	10.9	4.7	1.0	0.1	0.0	0.1	0.0	74.6	1.2
Кзыл-Орда	55.7	11.4	10.2	12.5	6.8	2.3	1.1	0.0	0.0	0.0	67.1	3.4
Бишкек	49.7	19.1	8.6	11.3	7.8	2.7	0.5	0.2	0.0	0.0	68.8	3.4
Худжанд	41.5	19.7	13.7	12.4	8.5	3.8	0.4	0.0	0.0	0.0	61.2	4.3
Ош	53.9	19.6	12.0	10.8	2.7	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	73.5	1.0
Душанбе	58.3	12.7	10.0	12.0	5.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	71.0	1.7

Таблица 7. Повторяемость (%) различной продолжительности эпизодов наличия видимости ≤ 800 м на аэродромах по данным METAR за 2001–2016 гг.

Table 7. Occurrence frequency (%) of visibility ≤ 800 m episodes duration (h) at the aerodromes, from the METAR telegrams, 2001–2016

Аэродромы	Продолжительность эпизодов, ч											
	≤ 1	1-2	2-3	3-6	6-12	12-18	18-24	24-36	36-48	48-96	≤ 2	>12
Тикси	45.7	17.2	9.1	14.6	8.0	2.2	1.0	1.1	0.5	0.5	62.9	5.4
Норильск	45.1	17.3	9.2	12.2	9.2	3.4	1.6	1.3	0.3	0.5	62.4	7.1
Новый Уренгой	46.7	22.1	9.3	14.3	6.0	1.2	0.1	0.0	0.3	0.0	68.8	1.6
Сургут	67.9	16.4	6.3	6.1	3.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	84.3	0.3
Нижневартовск	87.1	5.8	3.1	2.5	1.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	92.9	0.4
Полярный	44.2	20.1	11.9	15.0	8.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	64.3	0.7
Мирный	46.9	21.5	9.3	14.3	7.3	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	68.4	0.7
Якутск	33.3	13.7	8.4	14.5	13.6	6.6	4.1	3.0	1.7	1.1	47.0	16.5
Магадан	43.7	19.0	10.6	17.5	8.5	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	62.7	0.8
Тюмень	65.5	15.7	7.6	7.9	2.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	81.2	0.5
Екатеринбург	73.2	13.2	5.6	5.8	2.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	86.4	0.1
Челябинск	81.4	8.2	4.0	4.6	1.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	89.6	0.4
Омск	68.9	14.3	6.5	7.4	2.4	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	83.2	0.4
Кустанай	61.1	16.7	9.5	8.5	3.7	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	77.8	0.5
Красноярск	77.8	11.0	4.8	4.8	1.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	88.8	0.2
Новосибирск	66.5	13.9	6.9	9.1	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.4	0.0
Кемерово	58.9	18.8	7.7	9.6	4.3	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	77.7	0.7
Барнаул	67.9	15.5	7.1	6.4	2.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	83.4	0.5
Новокузнецк	54.6	14.9	8.2	13.5	7.9	0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	69.5	0.8
Абакан	41.8	16.8	11.0	14.6	11.2	3.4	1.0	0.3	0.0	0.0	58.6	4.7
Братск	65.0	15.6	6.5	7.7	4.2	0.8	0.1	0.0	0.0	0.1	80.6	1.0
Нерюнгри	52.5	18.3	9.8	12.6	6.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	70.8	0.3
Иркутск	67.6	14.1	5.4	9.0	3.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	81.7	0.4
Чита	59.4	16.7	9.9	9.7	2.7	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	76.1	1.6
Улан-Удэ	49.8	17.6	9.0	17.6	5.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	67.4	0.7
Николаевск	45.0	19.8	10.4	14.7	7.0	1.9	1.0	0.2	0.0	0.0	64.8	3.1
Благовещенск	48.6	17.8	10.3	18.6	4.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	66.4	0.2
Хабаровск	51.8	17.7	10.7	11.8	6.6	1.1	0.0	0.2	0.0	0.0	69.5	1.3
Владивосток	49.8	16.1	9.2	17.2	7.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	65.9	0.6
Южно-Сахалинск	47.0	18.5	11.7	14.7	5.7	1.5	0.5	0.2	0.2	0.0	65.5	2.4
Петропавловск	50.4	18.4	10.7	13.9	5.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	68.8	0.8
Астана	58.4	16.8	6.5	10.9	5.1	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	75.2	2.2
Караганда	62.9	14.9	8.8	7.5	4.6	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	77.8	1.2
Павлодар	58.5	15.4	8.7	11.5	4.2	1.1	0.3	0.3	0.0	0.0	73.9	1.7
Усть-Каменогорск	54.2	17.4	8.3	11.7	6.9	1.4	0.1	0.1	0.0	0.0	71.6	1.5
Алма-Ата	46.1	15.4	9.2	13.4	11.7	3.6	0.5	0.1	0.0	0.0	61.5	4.2
Кзыл-Орда	55.6	14.5	9.8	10.7	6.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.0	70.1	2.8
Бишкек	48.6	18.6	9.0	12.5	7.7	2.7	0.7	0.1	0.0	0.0	67.2	3.5
Худжанд	51.7	15.6	10.6	10.4	7.9	3.1	0.6	0.0	0.0	0.0	67.3	3.8
Ош	47.9	19.6	8.5	14.9	6.8	1.4	0.7	0.2	0.0	0.0	67.5	2.3
Душанбе	53.4	17.8	8.2	13.0	5.6	1.8	0.3	0.0	0.0	0.0	71.2	2.0

Список литературы

1. *Отчет* о НИР по теме 1.4.1. Совершенствование методов и технологий авиационных прогнозов (заключительный). № гос. регистрации 01200850847. М., 2010. 144 с.
2. *Отчет* о НИР по теме 1.1.4.1. Развитие методов и технологий авиационных прогнозов для нижних эшелонов полета (заключительный). № гос. регистрации 01201166561. М., 2013. 107 с.
3. *Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р., Ветрова Е.И.* Возможности прогнозирования высоты нижней границы облаков нижнего яруса на аэродромах европейской части бывшего СССР по данным численных моделей // Труды Гидрометцентра России. 2012. Вып. 348. С. 5-30.
4. *Ветрова Е.И., Скриптунова Е.Н., Шакина Н.П.* Режим низкой облачности и ее прогноз на аэродромах европейской территории бывшего СССР // Метеорология и гидрология. 2013. № 1. С. 12-31.
5. *Roquelaure S., Tardif R., Remy S., Bergot T.* Skill of a ceiling and visibility local ensemble prediction system (LEPS) according to fog-type prediction at Paris-Charles de Gaulle airport // *Weather and Forecasting*. 2009. Vol. 24, no. 6. P. 1511-1523.
6. *Leyton S.M., Fritch J.M.* The impact of high-frequency weather observations on short-term probabilistic forecasts of ceiling and visibility // *Weather and Forecasting*. 2004. Vol. 19, no. 1. P. 145-157.

References

1. *Отчет* о НИР по теме 1.4.1. Совершенствование методов и технологий авиационных прогнозов (заключительный). No. gos. registracii 01200850847. Moscow, 2010, 144 p. [in Russ.].
2. *Отчет* о НИР по теме 1.1.4.1. Развитие методов и технологий авиационных прогнозов для нижних эшелонов полета (заключительный). No. gos. registracii 01201166561. Moscow, 2013, 107 p. [in Russ.].
3. *Shakina N.P., Skriptunova E.N., Ivanova A.R., Vetrova E.I.* Occurrence frequency of low clouds in the former European USSR from the aerodrome observation data. *Trudy Gidromettsentra Rossii [Proceedings of the Hydrometcentre of Russia]*, 2012, vol. 347, pp. 41-55 [in Russ.].
4. *Vetrova E. I., Skriptunova E.N., Shakina N.P.* Low clouds and their forecast at the airports of the European part of the former USSR. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2013, vol. 38, no. 1, pp. 6-19, DOI: 10.3103/S1068373913010020.
5. *Roquelaure S., Tardif R., Remy S., Bergot T.* Skill of a ceiling and visibility local ensemble prediction system (LEPS) according to fog-type prediction at Paris-Charles de Gaulle airport. *Weather and Forecasting*, 2009, vol. 24, no. 6, pp. 1511-1523.
6. *Leyton S.M., Fritch J.M.* The impact of high-frequency weather observations on short-term probabilistic forecasts of ceiling and visibility. *Weather and Forecasting*, 2004, vol. 19, no. 1, pp. 145-157.

*Поступила в редакцию 25.06.2018 г.
Received by the editor 25.06.2018.*