

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Анализ случаев возникновения туманов на аэродроме «Гагарин» в  
холодные периоды 2019-2021 гг.**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 411 группы

направления (специальности) 05.03.05 Прикладная гидрометеорология  
географического факультета

Марданшиной Эльвиры Робертовны

Научный руководитель,

ассистент

А.В. Русанова

Зав. кафедрой,

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Саратов 2023

**Введение.** Основной целью метеорологического обеспечения международных полётов является содействие их безопасности, регулярности и эффективности. Это достигается путём обеспечения метеорологической информацией авиакомпаний, членов лётного экипажа, органов обслуживания воздушного движения, администрации аэропортов и ряда других органов, связанных с осуществлением международных авиационных полётов.

При производстве полетов необходимо иметь сведения о погоде и должным образом учитывать метеорологические условия как в данный момент, так и во времени прибытия самолета на соответствующий участок маршрута полета, особенно на аэродром посадки.

Туманы принадлежат к числу явлений погоды, неблагоприятных для всех видов транспорта. Особенно неблагоприятен туман для авиации. Безопасность полетов зависит от многих факторов, в том числе и от факторов внешней среды, среди которых значительную роль играет ограниченная видимость. Ее воздействие в наибольшей степени сказывается на последнем, наиболее ответственном этапе полета – посадке воздушного судна, когда пилоту необходимо иметь визуальный контакт с ориентирами взлетно-посадочной полосы или посадочной площадки. Возникновение туманов зачастую приводит к закрытию аэропортов по погодным условиям.

Цель работы – проанализировать случаи возникновения туманов на аэродроме «Гагарин» в холодные периоды 2019-2021 гг.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: изучить понятие ограниченной видимости, а именно тумана, его виды и влияние на авиацию; сделать выписку всех случаев тумана из регулярных и специальных сводок по аэродрому «Гагарин»; провести анализ повторяемости времени возникновения и продолжительности туманов; проанализировать синоптические условия, наблюдающиеся при туманах; сделать выводы.

**Основное содержание работы.** Туман – явление конденсации водяного пара в непосредственной близости к земной поверхности, при котором образуются взвешенные в воздухе мельчайшие капельки воды или ледяные кристаллы, ухудшающие горизонтальную видимость. Если видимость уменьшается до значений менее 1 км, то такое явление называется туманом. При положительной температуре туман состоит из капелек размером 1-2 мк, при отрицательной – из переохлажденных капель или ледяных кристаллов.

Одним из основных условий образования тумана в приземном слое является увеличение влагосодержания и понижение температуры влажного воздуха до температуры конденсации, точки росы. Для авиации основная опасность туманов заключается в значительном ухудшении видимости в них.

**Классификация туманов.** В зависимости от того, какие условия оказали влияние на процесс образования тумана, выделяются несколько типов туманов.

По интенсивности туманы подразделяются на очень сильные (видимость мене 50 м), сильные (видимость от 50 до 200 м), умеренные (видимость от 200 до 500 м), слабые (видимость от 500 до 1000 м).

По синоптическим условиям образования туманы подразделяются на внутримассовые и фронтальные.

Внутримассовые туманы, в зависимости от процесса, приводящего к насыщению воздуха водяным паром, делятся на туманы охлаждения и туманы испарения.

Туманы охлаждения возникают в следствие понижения температуры воздуха. К ним относятся радиационные, адвективные и адвективно-радиационные.

**Синоптические условия образования туманов.** Образование туманов на различной территории происходит при похожих синоптических положениях, но в связи с физико-географическими особенностями отдельных районов есть и некоторые различия.

Адвективные туманы чаще наблюдаются вблизи морского побережья, преимущественно в западной части антициклона, в восточной части и теплом секторе циклона, где барический градиент имеет достаточную величину для адвекции влажного теплого воздуха при ветрах южной четверти.

Радиационные туманы образуются вследствие радиационного выхолаживания земной поверхности и прилегающего к ней слоя воздуха при антициклонической погоде (отсутствии облаков и слабом ветре). Такие туманы формируются в центре антициклона, на оси барического гребня, в седловине.

Адвективно-радиационный туман образуется преимущественно в западной и северной частях антициклонов при умеренной адвекции влажного воздуха с юга и запада.

Фронтальные туманы наблюдаются преимущественно в восточной и северной части циклона, где часто в ложбине лежат теплые фронты окклюзии, а также на западной периферии антициклона перед приближающимися теплыми фронтами, фронтами окклюзии по типу теплого и малоподвижными холодными фронтами. В гребнях и отрогах образование тумана особенно радиационного, часто отмечается вблизи их оси.

**Прогнозирование туманов.** Прогнозирование туманов осуществляется с учетом зависимости их образования от температуры, влажности, скорости ветра, степени покрытия неба облаками разных ярусов, зависимости от местных условий.

Рас рассеяние радиационных туманов над почвой чаще всего наблюдается через 2 ч, а при наличии снежного покрова – через 2–4 ч, после восхода солнца.

Приближение адвективных и фронтальных туманов заблаговременно предусмотреть по информации пунктов штормового оповещения, которые обычно располагаются в радиусе до 200 км от аэропорта и присылают информацию о начале и конце наблюдаемых опасных явлений погоды.

**Минимум погоды.** Минимум погоды – это минимальные значения высоты нижней границы облаков и горизонтальной видимости, при которых возможно выполнение взлётов, посадок и полётов по маршруту. Минимум устанавливается для аэродрома, для типа воздушного судна, видов авиационных работ и для пилотов.

Для упрощения формулировок требований к оборудованию самолётов и аэродромов ИКАО определила несколько категории минимумов при инструментальном заходе на посадку (категории обозначаются римскими цифрами и буквами латинского алфавита). В 2020 году аэродром «Гагарин» сертифицирован как аэропорт II категории ИКАО. То есть, допускается посадка при дальности видимости на ВПП не менее 300 метров и высоте принятия решения не менее 30 метров.

**Итоги исследования случаев возникновения туманов в холодные периоды 2019-2021 гг.** В данной работе для анализа случаев туманов на аэродроме «Гагарин» были использованные данные регулярных и специальных сводок по аэродрому за холодные периоды 2019 – 2021 годов. Для анализа случаев туманов на аэродроме «Гагарин» была составлена таблица числа случаев возникновения туманов за холодные периоды 2019–2021 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Число случаев возникновения туманов за холодные периоды 2019 – 2021 гг. (составлено автором)

День	Месяцы								Всего
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
1				1					1
2	2			1	5				8
3	1		1		2		1		5
4					4	1			5
5		2			1				3
6				1					1
7				2				1	3
8				9				3	12
9									

10			5						5
11			3		1				4
12		1			2			2	5
13									
14		1							1
15				1					1
16			3						3
17									
18			1			1			2
19									
20									
21							2		2
22				1	3	1	1		6
23					1	2	2		5
24							1		1
25	2	1		3					6
26	2	1	3	1					7
27									
28									
29				6					6
30				1					1
31									
Всего	7	6	16	27	19	5	7	6	93

За исследуемые периоды на аэродроме «Гагарин» наблюдалось в общем 93 случая с туманами. Наибольшее количество случаев туманов отмечалось в зимние месяцы, максимальное в январе – 27 случаев. Наименьшее количество случаев приходится на март – 5 случаев.

Для определения времени, в которое наиболее часто наблюдались туманы, была составлена таблица средней повторяемости туманов по времени возникновения за холодные периоды 2019 – 2021 гг. (таблица 2).

Таблица 2 – Средняя повторяемость туманов по времени возникновения за холодные периоды 2019 –2021 гг. (в %) (составлено автором)

Время UTC, ч	Месяцы								Всего
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
0			1,83	1,63	1,17		2,13	0,81	5,58
1	0,91		2,75	1,98	1,42		2,83	0,91	6,39
2	1,83		2,75	1,87	1,42	0,91	1,42	1,83	6,95
3	2,75		2,75	1,52	2,83	0,71	1,42	0,91	7,21
4	3,70	0,71	1,83	1,98	2,13	0,71			6,52
5	1,27	0,81	0,91	1,52	0,71	0,71			4,77
6	0,81	0,91	1,83	0,81					2,99
7	0,81	0,91	1,83		1,83				3,10
8		7,33	0,91	0,71	1,83				5,39
9			0,91	1,42	1,83	0,91			2,54
10			0,91	0,71	0,91	0,91			1,72
11			0,91		0,91				1,82
12			1,17	0,71	1,42				2,23
13			0,81		2,13				1,88
14			0,91	0,91	2,13				1,98
15			0,91	0,81	2,13				2,33
16			1,27	2,44	1,42	0,71			4,78
17		1,42	1,83	1,17	1,42	0,71			3,86
18		1,42	2,80	1,98	1,42	0,71			5,16
19		0,71	3,70	2,59	1,42		0,71	0,71	6,19
20			0,91	2,33	1,42		0,71	1,42	4,56
21			1,83	1,17	2,13		2,13	1,27	5,48
22				2,13	1,42		1,42	0,71	5,68
23			0,91	1,99	2,13		1,42	0,71	4,57
Среднее значение	1,36	1,87	1,36	1,66	1,60	0,86	1,57	1,11	

Наибольшая повторяемость туманов наблюдалась в 2 (6,95%), 3 (7,21%) и 4 (6,52%) часов утра. Наименьшая повторяемость в дневные часы, а именно в 10 (1,72%), 11 (1,82%), 13 (1,88%) часов.

Для оценки общей, средней и максимальной продолжительности туманов на аэродроме «Гагарин» за холодные периоды 2019 – 2021 годы была составлена таблица средней продолжительности туманов (таблица 3).

Таблица 3 – Средняя продолжительность туманов за холодные периоды 2019 – 2020 и 2020 – 2021 гг. (составлено автором)

Ме- сяцы	Продолжительность, ч					Всего слу- чаев	Общая продолж.	Средняя продолж .	Максим. продолж.
	≤1	1-3	3-6	6-12	12-18				
X	9,75	2,195	2,43		1,96	14,63	11ч 39мин	1ч 42мин	5ч
XI	2,43	4,15	2,43		5,88	7,31	10ч 18мин	1ч 45мин	3ч 15мин
XII	10,25	9,75	4,87		4,15	29,26	30ч 57мин	1ч 19мин	15ч42мин
I	16,89	7,33		4,39	35,3	21,95	51ч 8мин	1ч 58мин	9ч 19мин
II	9,3	8,32	3,92		29,42	9,75	30ч 11мин	1ч1мин	5ч 32мин
III	7,31	3,92			3,92	7,31	5ч 29мин	1ч 15мин	2ч 6мин
IV	5,88	5,88		1,96	13,72		13ч 25мин	57мин	6ч 24мин
V	7,31	2,19	1,96		3,92	9,79	9ч 29мин	1ч 31мин	4ч 21мин
Всего	52,78	33,97	7,80	5,37	51,21	100	162ч36м ин	1ч 26мин	15ч42мин

Общая продолжительность туманов в холодные периоды 2019 – 2021 гг. составила 162 часа 36 минуты. Максимальная продолжительность тумана – 15 часов 42 минуты. Чаще наблюдались небольшие по продолжительности туманы ( $\leq 1$  час). На январь приходятся самые большие значения общей (21 ч 8 мин), средней (1 ч 58 мин) и максимальной (9 ч 19 мин) продолжительности.

Для оценки средней повторяемости тумана при различном направлении ветра за холодные периоды 2019–2021 гг. была составлена таблица 4.

Таблица 4 – Средняя повторяемость туманов при различном направлении ветра за холодные периоды 2019 – 2021 гг. (в %) (составлено автором)

Направление ветра, °	Скорость ветра, м/с				Всего
	0-2	3-4	5-6	7-8	
350-010	14,23				14,23
020-040			2,40		2,40
050-070	5,89	9,80	1,96	2,4	10,03



080-100	5,12	7,08			12,20
110-130	5,30	10,90	8,07	7,1	27,81
140-160	2,18	4,15	3,92		8,29
170-190	7,10	9,50	1,96		9,28
200-220	2,40				2,40
230-250	7,10				7,10
260-280	3,33	7,10			6,88
290-310	2,18	1,96			3,16
320-340					
переменное	2,18				2,18
Всего	45,76	36,31	13,19	9,5	100

Наиболее часто туманы за 2019-2021 гг. повторялись при направлениях ветра 110-130° (27,81%). Наименее часто туманы повторялись при направлениях 020-040° (2,40%), 200-200° (2,40%) и переменном (2,18%). Также туманы чаще отмечались при слабом ветре 0-2 м/с (45,76%), реже всего при скоростях 7-8 м/с. При направлениях 320-340° и при скорости ветра более 8 м/с туманы не возникали.

Для оценки горизонтальной видимости при туманах на аэродроме «Гагарин» была составлена таблица средней повторяемости горизонтальной видимости в тумане за холодные периоды 2019 – 2021 гг. (таблица 5).

Таблица 5 – Средняя повторяемость горизонтальной видимости в тумане за холодные периоды 2019 – 2021 гг. (составлено автором)

Месяцы	Видимость, м			
	<300	<400	<800	<1000
X	6,25		6,25	3,92
XI			9,38	5,89
XII	3,13		18,72	7,64
I	1,96	6,25	12,13	11,37
II		1,96	12,54	11,76
III			1,96	2,55
IV		1,96	1,96	9,80
V			12,50	3,92
Всего	5,67	5,09	50,05	39,20

Наибольшая средняя повторяемость горизонтальной видимости в тумане за 2019-2021 гг. приходится на 400-800 м и составляет 50,05 %, а также от 800 до 1000 м – 39,20 %. Наименьшая повторяемость у туманов с видимостью от 300 до 400 м и на ее долю приходится всего 5,06 %.

**Заключение.** За исследуемые холодные периоды с 2019 по 2021 г. в районе аэродрома «Гагарин» наблюдалось 93 случая с туманами.

Максимум случаев возникновения туманов наблюдается в зимние месяцы, минимум повторяемости туманов приходится на весенние месяцы.

Максимум повторяемости в суточном ходе туманов приходится на ночное время – с 19 часов до 8 часов. Чаще всего наблюдаются туманы продолжительностью менее чуть больше 1 часа, максимальная продолжительность отмечалась в декабре и январе.

Преобладающими направлениями ветра при образовании туманов в 2019-2021 гг. являются восточные-юго-восточные при скоростях ветра 0-8 м/с. При направлении ветра 320-340° туманы за исследуемый период не возникали. Преобладающей скоростью при возникновении тумана была скорость 0-4 м/с – 82 % случаев. При скоростях ветра более 8 м/с туманы не отмечались.

Чаще всего горизонтальная видимость в тумане составляла более 400 м (89 % случаев). На долю туманов с горизонтальной видимостью менее 400 м приходится всего 11 % случаев.

Из анализа синоптических положений можно сделать вывод, что за холодные периоды 2019-2021 гг. отмечались в основном адвективные (21 случай) и фронтальные туманы (на теплом фронте, 17 случаев), реже радиационные (14 случаев) и туманы испарения (1 случай).

Так как туман наблюдается в основном в ночные и утренние часы, на которые приходятся полеты воздушных судов, то они могут мешают регулярности полетов. Планирование рейсов следует производить с учетом климатических особенностей данного района. Чтобы избежать ухода воздушных судов на запасной аэродром, целесообразно планировать прилет

на аэродром «Гагарин» на время, когда суточная продолжительность тумана минимальна.

Выводы могут быть использованы в оперативной работе синоптиков в аэропорту и в составлении климатического описания аэродрома.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 Саратов-Центральный (аэропорт) / [Электронный ресурс]: [сайт] – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Саратов-Центральный\\_\(аэропорт\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Саратов-Центральный_(аэропорт)) (дата обращения 30.04.2022)
- 2 Аэропорт Гагарин. / [Электронный ресурс]: [сайт] – URL: <https://gsv.aero/> (дата обращения 30.04.2022).
- 3 Аэропорт Гагарин в Саратове. / [Электронный ресурс]: [сайт] – URL: <https://aeroportman.com/drugie-aeroporty/gagarin-saratov.html> (дата обращения 30.04.2022)
- 4 Хромов, С.П. Метеорологический словарь / С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова. – Л. : Гидрометиздат, 1974. – 568 с.
- 5 Богаткин, О.Г. Основы авиационной метеорологии / О.Г. Богаткин. – СПб. : Изд. РГГМУ, 2009. – 339 с.
- 6 Ермакова, А.И. Особенности метеорологического обеспечения полетов на международных воздушных линиях / А.И. Ермакова. – М. : Зенит, 1993. – 227 с.
- 7 Лещенко, Г.П. Метеорологическое обеспечение полетов: учебное пособие / Г.П. Лещенко, Г.В. Перцель, Е.Г. Лещенко. - 3-е изд., перераб. и доп. – Кировоград : ГЛАУ, 2010. – 184 с.
- 8 Берлянд, М.Е. Туманы / М.Е. Берлянд, П.А. Воронцов, П.Н. Красиков, В.Я. Никандров, Н.В. Петренко. – Л. : Гидрометеиздат, 1961. – 396 с.
- 9 Ермакова, А.И. Метеорологическое обеспечение международных полетов / А.И. Ермакова. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. - 152 с.

- 10 Сафонова Т.В. Авиационная метеорология: учеб. пособие / Т.В. Сафонова. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2005. – 215с.
- 11 Астапенко, П.Д. Авиационная метеорология: Учебное пособие / П.Д. Астапенко, А.М. Баранов, И.М. Шварев и др. – М. : Транспорт, 1979. – 263 с.
- 12 Баранов, А.М. Авиационная метеорология / А.М. Баранов, С.В. Солонин. – Л. : Гидрометиздат, 1981. – 383 с.
- 13 Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология / В.И. Воробьев. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. - 616 с.
- 14 Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья. Выпуск 2 / под ред.: В.Л. Архангельского. – Саратов : Изд-во Саратовского университета, 1966. – 156 с.
- 15 Богаткин, О.Г. Авиационные прогнозы погоды: учебное пособие / О.Г. Богаткин, Г.Г. Тараканов. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2003. – 164 с.
- 16 Зверев, А.С. Синоптическая метеорология и основы предвычисления погоды / А.С. Зверев. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. - 774 с.
- 17 Эксплуатационный минимум / [Электронный ресурс]: [сайт] – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Эксплуатационный\\_минимум](https://ru.wikipedia.org/wiki/Эксплуатационный_минимум) (дата обращения 9.05.2022)
- 18 Лещенко, Г.П. Авиационная метеорология. Учебник / Г.П. Лещенко. – Кировград : ГЛАУ, 2009. – 288 с.
- 19 Система Автоматической Верификации Авиационных Прогнозов. / [Электронный ресурс]: [сайт] – URL: <https://sv.meteocenter.ru/> (дата обращения 19.12.2022). – Загл. с экрана. – Русс.яз.
- 20 Гидрометцентр России. \ [Электронный ресурс]: [сайт] – URL: <https://meteoinfo.ru/> (дата обращения 10.04.2023).