

1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
1.6. Науки о земле и окружающей среде

1.6.18 НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ
УДК 551.524.3:551.524.36 (ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ)
DOI: 10.37493/2308-4758.2023.2.6

Смерек Ю. Л.,
Волкова В. И.,
Баркова М. В.,
Бадахова Г. Х.

Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь, Россия;
Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик, Россия;
Ставропольский центр по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды, г. Ставрополь, Россия

КЛИМАТОЛОГИЯ ТУМАНОВ В ЦЕНТРАЛЬНОМ
ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Введение. Туман является одним из опасных явлений погоды, поскольку он оказывает негативное влияние на работу всех видов транспорта, ухудшает экологическое состояние воздушного бассейна городов, приводит к ухудшению самочувствия людей при целом ряде заболеваний и т.д. Поэтому исследование режима туманов и его динамики является важной задачей, особенно в эпоху быстрого и значительного изменения климата. Работа посвящена исследованию режима туманов в различных ландшафтах Центрального Предкавказья. Рассчитываются основные характеристики режима туманов в условиях современного климата. Для определения изменения режима туманов данные нового века сравниваются с данными за два многолетних периода XX века. Особое внимание уделено современному режиму туманов на курорте Кисловодск и в районах аэропортов Минеральные Воды и Ставрополь, а также изменению указанных характеристик в XX и XXI веках.

Материалы и методы исследований. Информационной базой для анализа режима туманов явились данные наблюдений 16 метеостанций Ставропольского края за 2001–2020 гг., данные Справочника по климату СССР [24] и монографии «Ставропольский край: современные климатические условия» [5]. Исследования проводились методами физико-статистического и регрессионного анализа.

Результаты исследований и их обсуждение. Для всех метеорологических станций Центрального Предкавказья рассчитаны осредненные основные характеристики режима туманов за первые два полных 10-летия нового века: годовое, сезонное и месячное число дней с туманом и их суммарная продолжительность в указанные периоды. Определены экстремальные значения указанных характеристик. Проведен анализ годового хода основных характеристик туманов. По результатам сравнительного анализа полученных данных с данными за два многолетних периода XX века дана характеристика доминирующей тенденции в многолетних изменениях повторяемости и продолжительности туманов.

Выводы. Показано, что распределение туманов по территории Ставропольского края имеет сложный характер, четкой связи с ландшафтной структурой не наблюдается. На большей части края прослеживается определенное сходство в тенденциях изменения режима туманов: уменьшение годового числа дней с туманом; уменьшение суммарной годовой продолжительности туманов; снижение доли туманов холодного периода в годовом числе дней с туманом; снижение доли туманов холодного периода в суммарной годовой продолжительности туманов; уменьшение длительности одного тумана как в среднем за год, так и в течение холодного периода.

Ключевые слова: ландшафт, повторяемость туманов, продолжительность туманов, атмосферная циркуляция, температура воздуха, теплый период, холодный период

Smerek Yu. L., North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia
Volkova V. I., North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia
Barekova M. V., High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia
Badakhova G. Kh. Stavropol center on Hydrometeorology and Environmental monitoring, Stavropol, Russia

Fogs Climatology in Central Ciscaucasia

- Introduction.** Fog is one of the dangerous weather phenomena, since it has a negative impact on the operation of all types of transport, worsens the ecological state of the air basin of cities, leads to deterioration in the well-being of people with a number of diseases, etc. Therefore, the study of the fog regime and its dynamics is an important task, especially in the era of rapid and significant climate change. The work is devoted to the study of the regime of fogs in various landscapes of the Central Ciscaucasia. The main characteristics of the fog regime in the current climate are calculated. To determine the change in the fog regime, the new century data are compared with data for two multi-year periods of the 20th century. Particular attention is paid to the modern regime of fogs in the resort of Kislovodsk and in airport areas in Mineralnye Vody and Stavropol.
- Materials and research methods.** The information base for the analysis of the fog regime was the observation data of 16 meteorological stations of the Stavropol Krai for 2001–2020, data from the USSR Climate Reference Book [24] and the monograph “Stavropol Territory: modern climatic conditions” [5]. The studies were carried out by methods of physical-statistical and regression analysis.
- Research results and their discussion.** For all meteorological stations of the Central Ciscaucasia, the averaged main characteristics of the fog regime for the first two full 10 years of the new century are calculated: the annual, seasonal and monthly number of days with fog and their total duration in the indicated periods. The extreme values of the specified characteristics are determined. The analysis of the annual course of the main characteristics of fogs has been carried out. Based on the results of a comparative analysis of the obtained data with data over two long-term periods of the 20th century, the characteristic of the dominant trend in long-term changes in the frequency and duration of fogs is given.
- Conclusion.** It is shown that the distribution of fogs over the territory of the Stavropol Krai has a complex character; there is no clear connection with the landscape structure. For most of the region, there is a certain similarity in the trends in changing the fog regime: decrease in the annual number of days with fog; reduction of the total annual duration of fogs; decrease in the proportion of fogs of the cold period in the annual number of days with fog; reduction in the share of fogs of the cold period in the total annual duration of fogs; decrease in the duration of one fog both on average per year and during the cold period.
- Key words:** landscape, fog frequency, fog duration, atmospheric circulation, air temperature, warm period, cold period

Введение

Туманы относятся к неблагоприятным явлениям погоды, так как представляют серьезную угрозу для многих отраслей народного хозяйства. Наиболее опасен туман для всех видов транспорта, особенно для авиации. Аккумулируя в нижнем слое атмосферы примеси, содержащиеся в воздухе, туманы серьезным образом влияют на экологическое состояние воздушных бассейнов городов [4]. Обильные туманы могут влиять на оползневые процессы [19]. Помимо этого, туманы обладают метеопатогенными свойствами, значительно ухудшая самочувствие метеозависимых людей, людей с сердечно-сосудистыми и другими заболеваниями. Кроме того, туманная погода провоцирует развитие депрессивных состояний [1, 11]. Таким образом, исследование климатического характера туманов является важным аспектом при организации различных сфер жизнедеятельности человека.

Материалы и методы исследования

Основной информационной базой для исследования режима туманов в различных ландшафтах Центрального Предкавказья явились эксклюзивные данные наблюдений метеорологических станций Ставропольского ЦГМС за 1951–2022 годы, материалы «Справочника по климату СССР» [24], содержащего осредненные данные до 1960-х годов, и материалы монографии «Ставропольский край: современные климатические условия» [5], написанной на основе данных метеостанций Ставропольского края за 1961–2000 годы. Первичная обработка данных метеорологических наблюдений осуществлялась при помощи специальной программы PERSONA-MISS, дальнейшая обработка проводилась посредством программы CLICOM. Климатологический анализ обработанных данных проводился стандартными методами математической статистики, принятыми в климатологии.

Результаты исследования и их обсуждение

Центральную часть Предкавказья занимает Ставропольский край. Благодаря значительной расчлененности рельефа и большому перепаду высот на территории края сформировались самые разнообразные ландшафты, от равнинных полупустынь

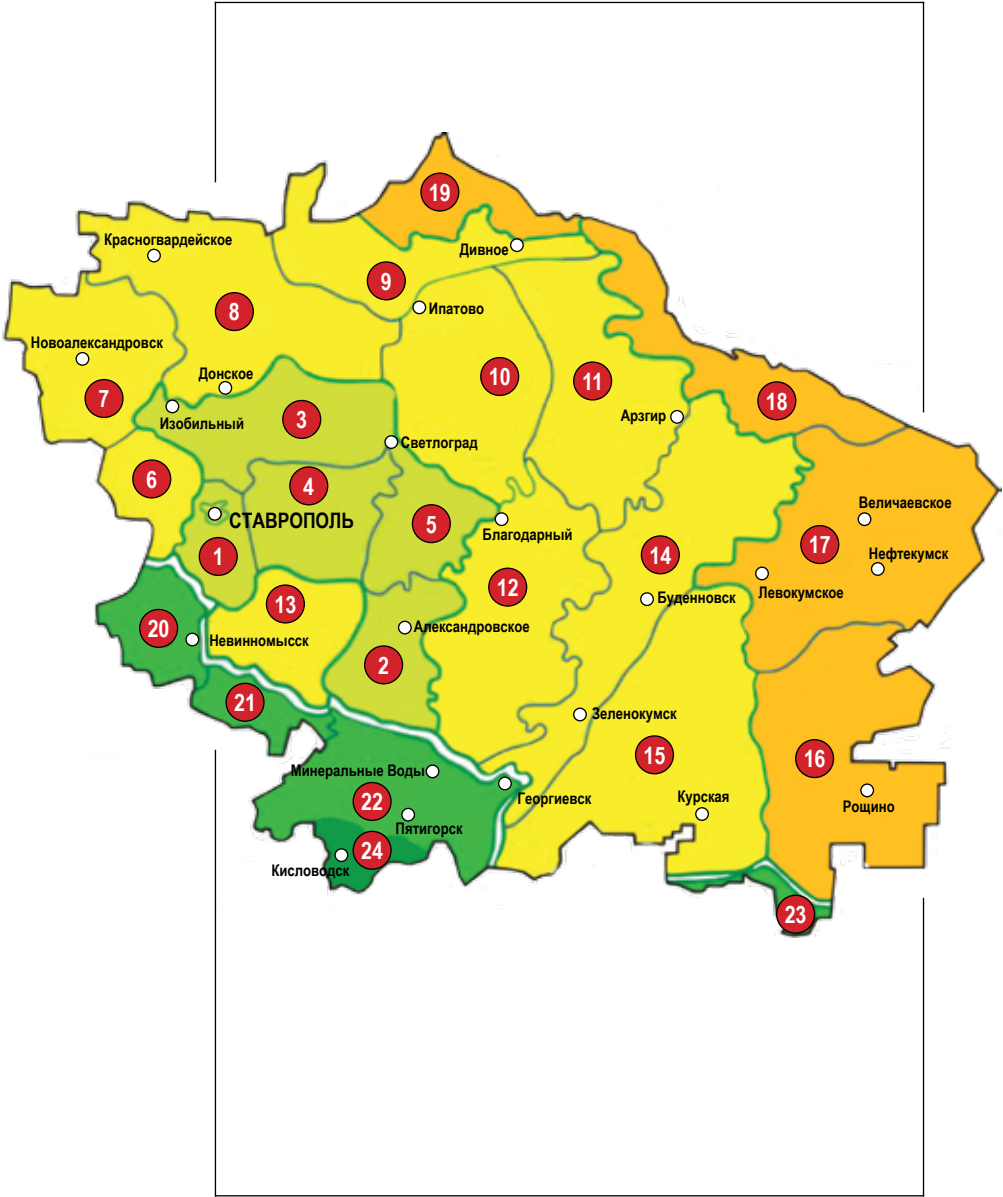


Рис. 1. Ландшафтная структура Ставропольского края [13]:

- 1–5 — Провинция лесостепных ландшафтов;
- 6–15 — Провинция степных ландшафтов;
- 16–19 — Провинция полупустынных ландшафтов;
- 20–24 — Провинции ландшафтов Большого Кавказа.

Fig. 1. The landscape structure of the Stavropol region:
1–5 — Forest steppe province;
6–15 — Steppe province;
16–19 — Semiarid province;
20–24 — Caucasus province.

до среднегорных альпийских лугов. В настоящее время на территории края выделяется 24 индивидуальных ландшафта. 19 ландшафтов равнин Предкавказья – это четыре полупустынных ландшафта, 10 степных и 5 лесостепных. 5 ландшафтов Большого Кавказа представляют предгорные и среднегорные степи и лесостепи [28] (рис. 1).

Полупустынные ландшафты расположены на крайнем северо-востоке и востоке Ставрополья на равнинах с абсолютными высотами от 5 до 200 м. Район характеризуется в целом спокойным рельефом, это степная равнина, изрезанная балками и оврагами. Степные ландшафты занимают более половины территории края, широким кольцом охватывая Ставропольскую возвышенность с запада, севера и востока. Средние высоты – 200–350 м. Лесостепные ландшафты занимают примерно 20% территории края, компактно расположившись на наиболее приподнятых частях Ставропольской возвышенности с высотами 450–800 м. Предгорные ландшафты в южных районах края представлены в основном террасированными равнинами с высотами от 250 м на севере до 1400 м на юге.

Климатические характеристики разных ландшафтов Центрального Предкавказья также существенно разнятся. В работе проведен анализ характеристик режима туманов различных ландшафтных зон Центрального Предкавказья по данным наблюдений, полученных на 16 метеорологических станциях сети Ставропольского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Как следует из рисунка 1, сеть метеостанций охватывает не все индивидуальные ландшафты, тем не менее, имеющиеся данные позволяют с некоторым приближением создать целостную картину режима туманов в Центральном Предкавказье.

В среднем по территории края среднее годовое число дней с туманом относительно невелико – около 30 дней, но фактические данные по разным районам очень разнятся: от 6 в Светлограде до 63 в Ставрополе. Так же сильно разнится и средняя суммарная годовая продолжительность туманов: от 18 часов в Светлограде до 394 часов в Ставрополе.

Зона полупустынь

В этой зоне расположены три метеостанции: Дивное, Арзгир и Рощино. В реестре метеостанций Росгидромета полупустынной числится только Рощино. В.А. Шальнев [28] помещает Дивное на границе полупустынного Западно-Манычского и сухостепного Бурукшунского ландшафтов, а Арзгир – на территории Чограйско-Рагулинского ландшафта злаковых степей. Однако более поздние исследования З.В. Атаева, В.В. Браткова и др. [2, 13] уверенно определяют все эти три станции как полупустынные.

Метеостанция Дивное расположена на высоте 86 м над у.м. В среднем за год здесь фиксируется 33 дня с туманом, 28 (85 %) из них – в холодный период. Наибольшее за 20 лет число дней с туманом – 58 – отмечено в 2009 г., наименьшее – 21 – в 2016 г. Средняя годовая продолжительность туманов – 224 часа, из них 206 часов (92 %) приходится на холодный период. Наибольшая за 20 лет продолжительность туманов – 475 часов – отмечена в 2018 г., наименьшая – 82 час – в 2001 г. Годовой ход достаточно ярко выражен (табл. 1). Однако анализ по отдельным годам показывает, что ежегодно туманы были только в декабре и ноябре. В январе не было туманов в 2006 г., в феврале – в 2011 и 2017, в октябре – в 2001 и 2014. Совсем не было туманов в июне, по одному дню было в июле и августе, а 18 летних периодов были без туманов.

Метеостанция Арзгир расположена на высоте 102 м над у.м., на границе со степными ландшафтами. За год здесь бывает в среднем 29 дней с туманом, из них 22 дня (76 %) – с ноября по март (см. табл. 1). Минимальное число дней с туманом в течение холодного периода – 10 (2016, 2017 гг.). Наибольшее за 20 лет нового века число дней с туманом – 43 – отмечено в 2009 г., наименьшее – 11 – в 2017 г. Средняя годовая продолжительность туманов – 135 часов, из них 119 часов (88 %) приходится на холодный период. Наибольшая годовая продолжительность туманов – 281 час – зафиксирована в 2010 г., с рекордной продолжительностью и для

Таблица 1.

СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМА ТУМАНОВ
В ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТАХ

Table 1. Average monthly characteristics of the fog regime in semiarid
landscapes

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднее месячное число дней с туманом												
Дивное	7	5	3	1	*	0	*	*	1	3	5	8
Арзгир	6	4	2	1	1	0	*	*	1	3	4	6
Роцино	11	8	6	3	2	*	*	2	3	7	9	11
Наибольшее месячное число дней с туманом												
Дивное	20	14	10	5	3	0	1	1	2	9	11	14
Арзгир	14	11	7	3	2	0	1	1	5	8	10	15
Роцино	16	13	12	6	4	4	2	8	9	14	14	22
Средняя месячная продолжительность туманов (час)												
Дивное	57	31	13	2	1	0	*	*	2	13	37	68
Арзгир	33	17	8	2	2	0	*	*	3	9	18	43
Роцино	86	51	29	9	5	*	1	4	9	36	58	88
Наибольшая месячная продолжительность туманов (час)												
Дивное	191	99	54	16	8	0	3	1	9	38	108	155
Арзгир	95	62	30	7	5	0	3	2	15	28	59	156
Роцино	163	115	64	17	21	8	3	22	40	71	113	237

холодного периода – 250 часов. Наименьшая годовая продолжительность туманов – 11 часов – отмечена в 2017 г.

Годовой ход средних значений повторяемости и продолжительности туманов явно выражен, но нестабилен от года к году. Так, ежегодно туманы отмечались лишь в январе, в декабре и ноябре они отсутствовали в одном году из 20, в октябре – в двух, в марте – в трех, в феврале – в четырех. За 20 летних периодов отмечено лишь 3 дня с туманом в июле и 1 день в августе.

Метеостанция Рощино расположена на юго-востоке региона, в Курско-Прикаспийском полупустынном ландшафте [28], на высоте 89 м над у.м. Уникальное географическое положение (относительная близость к Каспийскому морю и к предгорьям Кавказа) обусловило очень высокую для полупустынь повторяемость туманов: 63 дня в год, в том числе 45 дней (71 %) в холодный период (см. табл. 1).

Средняя годовая продолжительность туманов – 376 часов, из них 312 часов (83 %) приходится на холодный период. Наиболее туманным в новом веке был 2010 год: 97 дней с туманом общей продолжительностью 655 часов. Наименее туманным был 2011 г.: 46 дней и 286 часов. Годовой ход повторяемости и продолжительности туманов выражен менее резко, чем в Дивном и Арзгире. В период с октября по январь и в марте туманы отмечаются ежегодно. В феврале не было туманов в 2011 году, как и во всей восточной половине края. Нет ни одного месяца, в котором за 20 лет не было туманов.

Зона степей.

В северо-западной части степной зоны метеонаблюдения проводят метеостанции Красногвардейское и Новоалександровск, в центральной части – Светлоград и Благодарный, в восточной – Буденновск и Зеленокумск.

В целом в степной зоне туманы наблюдаются реже, чем в других ландшафтных зонах Ставрополя. Годовой ход выражен очень резко: на теплый период приходится лишь около 20 % годового числа дней с туманом

Метеостанция Красногвардейское представляет Среднеегорлыкский ландшафт разнотравно-злаковых степей [28], расположена на высоте 59 м над у.м. Туманы здесь бывают хотя и ежегодно, но очень редко. В среднем за год – 12 дней с туманом, 9 – в холодный период. Средняя годовая продолжительность туманов – 41 час, из них 34 часа (83 %) приходится на холодный период. Самым туманным в новом веке был 2019 г.: 23 дня с туманами суммарной продолжительностью 133 часа. Наименее туманным был 2003 г.: 4 дня и 6 часов, соответственно.

Годовой ход выражен резко, но крайне нестабилен (табл. 2). Нет ни одного месяца, в котором туманы бы отмечались ежегодно. В декабре не было туманов в двух годах, в ноябре – в четырех, в январе, феврале и марте – в шести. В 2020 году не было туманов в течение всего теплого периода. Летних туманов не было в 15 годах из 20. В августе за 20 лет туманов не зафиксировано.

Метеостанция Новоалександровск – самая западная метеостанция Ставропольского края, представляет Расшеватско-Егорлыкский ландшафт разнотравно-злаковых степей [28], расположена на высоте 110 м над у.м. Туманы здесь бывают крайне редко: 9 дней в году, 7 из них – в холодный период. Средняя годовая продолжительность туманов – 28 часов, из них 34 часа (83 %) приходится на холодный период. Самым туманным, как и в Красногвардейском, был 2019 г., только с меньшим размахом: 15 дней с туманами общей продолжительностью 51 час. Наименее туманным был 2017 г.: 4 дня и 7 часов соответственно. 4 дня с туманом было также в 2003 г., но они длились 19 часов.

Годовой ход резко выражен (см. табл. 2). Следует отметить, что летние туманы были зафиксированы лишь в трех годах из 20 (2 дня в июне, 1 день в июле). Примечателен также 2020 год отсутствием туманов с февраля по октябрь включительно.

Метеостанция Светлоград на карте ландшафтов расположена на границе лесостепи и степи, но по условиям увлажнения последних 22 лет Светлоград явно относится к степной зоне [4, 9, 13]. Метеостанция расположена на

Таблица 2. СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМА ТУМАНОВ
В СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ
Table 2. Average monthly characteristics of the fog regime in steppe
landscapes

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднее месячное число дней с туманом												
Красногвардейское	2	1	1	1	*	*	*	0	*	2	3	2
Новоалександровск	1	1	1	1	*	*	*	0	*	2	5	2
Светлоград	1	1	1	*	*	*	0	0	*	1	2	1
Благодарный	9	8	5	2	1	*	*	*	1	6	8	10
Буденновск	11	8	6	3	1	*	*	*	2	7	9	12
Зеленокумск	6	4	3	1	1	*	*	*	1	4	5	6
Наибольшее месячное число дней с туманом												
Красногвардейское	5	3	3	2	2	1	1	0	1	5	7	7
Новоалександровск	3	2	2	2	1	1	1	0	1	7	6	7
Светлоград	2	3	2	1	1	1	0	0	1	3	6	4
Благодарный	24	18	10	4	2	1	1	1	4	11	17	20
Буденновск	21	17	12	6	5	2	1	3	6	15	15	23
Зеленокумск	10	11	5	4	3	1	1	1	4	11	9	10
Средняя месячная продолжительность туманов (час)												
Красногвардейское	5	5	3	1	1	*	*	0	*	5	11	10
Новоалександровск	4	3	1	1	*	*	*	0	*	4	6	8
Светлоград	3	3	1	*	*	*	0	0	1	1	7	2
Благодарный	52	43	17	4	2	*	*	*	3	25	49	65+
Буденновск	84	52	25	6	3	*	*	1	5	31	61	87
Зеленокумск	29	20	9	3	2	*	*	*	2	17	32	29
Наибольшая месячная продолжительность туманов (час)												
Красногвардейское	16	31	15	10	4	2	7	0	3	28	33	59
Новоалександровск	20	21	5	4	2	1	1	0	2	17	14	38
Светлоград	22	38	7	3	3	5	0	0	4	9	30	11
Благодарный	134	105	42	12	13	3	3	3	10	59	102	180
Буденновск	190	127	52	14	16	3	2	6	13	71	122	157
Зеленокумск	60	65	21	10	17	3	2	1	7	39	78	64

высоте 142 м над у.м. Туманы здесь бывают реже, чем где бы то ни было в крае: 7 дней в году, причем почти исключительно (6 дней) в холодный период. Средняя годовая продолжительность туманов – 18 часов, из них 16 часов (89 %) приходится на холодный период. Самым туманным в новом веке, как и во многих других районах Центрального Предкавказья, был 2019 г.: 12 дней и 35 часов. Абсолютный минимум зафиксирован в 2020 г.: 1 день, 1 час (в ноябре).

Годовой ход, как и везде в регионе, выражен резко (см. табл. 2). Нет ни одного месяца, в котором туманы отмечались бы ежегодно. Не было туманов в течение всего теплого периода в 5 годах из рассматриваемого периода. За 20 летних периодов был зафиксирован лишь 1 день с туманом, который, однако, продолжался 5 часов (июнь 2008 г.).

Метеостанция Благодарный расположена в Карамык-Томузловском ландшафте злаковых степей [28], на высоте 158 м над у.м. В среднем за год здесь отмечается 50 дней с туманом, 40 (80 %) – в холодный период. Средняя годовая продолжительность туманов – 260 часов, из них 226 часов (87 %) приходится на холодный период. Наибольшее число дней и часов с туманом зафиксировано в 2010 г.: 65 дней, 481 час. Меньше всего туманов было в 2016 г.: 32 дня, 140 часов.

Годовой ход, как и везде, ярко выражен (см. табл. 2). На три зимних месяца приходится более половины годового числа дней с туманами и около 70 % их годовой продолжительности. На три летних месяца приходятся доли процента этих показателей. Но в отличие от многих степных станций, туманы были зафиксированы во все летние месяцы.

Метеостанция Буденновск находится в центре Левокумского ландшафта сухих степей [28]. Высота – 134 м. Орография местности обусловила высокую повторяемость туманов (60 дней в году) и их долгую продолжительность (355 часов). При этом 46 дней (77 %) и 309 часов (87 %) с туманами приходится на холодный период. Самым туманным в Левокумском ланд-

шафте в новом веке был 2010 г.: 76 дня с туманами суммарной продолжительностью 549 часов. Меньше всего дней с туманом было в 2015 г. – 48 дней, а минимальная их продолжительность пришлась на 2016 год – 225 часов.

Годовой ход выражен очень четко (табл. 2). С октября по январь и в марте туманы отмечались ежегодно. В феврале не было туманов лишь в 2011 г., в апреле – в 2015. В мае не было туманов лишь в четырех годах. Даже в летние месяцы туманы были отмечены в трех годах в июне и в июле, в 6 годах в августе, хотя в 10 годах летних туманов не было.

Наибольшее число дней с туманом в холодном периоде было в 2018 г. – 63 дня, наименьшее – 33 дня – в 2002. Для теплого периода эти показатели равны соответственно 25 (2019) и 7 (2015).

Метеостанция Зеленокумск находится почти на границе Левокумского и Правокумско-Терского сухостепных ландшафтов [28], высота – 147 м над у.м. Благодаря значительно менее пересеченной местности туманы здесь бывают вдвое реже, чем в Буденновске: в среднем 31 день в году, из них 24 (77%) в холодный период. Средняя годовая продолжительность туманов составляет лишь 40% от показателя Буденновска: 143 часа, из которых 119 часов (83%) приходится на холодный период. Наибольшее годовое число дней с туманом было в 2019 г. – 50, а наибольшая общая продолжительность – 232 часа – в 2014 г. (когда было 36 дней с туманом). 2007 г. дал минимальные показатели: 18 дней с туманами суммарной продолжительностью 59 часов.

Годовой ход хорошо выражен (табл. 2). Ежегодно отмечались туманы в марте, ноябре и декабре. В январе не было туманов в 2006 г., в октябре – в 2015. В феврале отсутствовали туманы в четырех годах, в апреле – в шести. Летних туманов не было в 16 годах из 20.

Лесостепные ландшафты. В лесостепной зоне региона наблюдения осуществляют три метеостанции: Александровское, Изобильный и Ставрополь.

Метеостанция Изобильный расположена на высоте 204 м над у.м., на границе со степными ландшафтами и туманы здесь бывают редко, но ежегодно. В среднем за год здесь фиксируется 12 дней с туманом, 9 из них – в холодный период. Наибольшее за 20 лет число дней с туманом – 20 – отмечено в 2002 г., наименьшее – 6 – в 2010 и 2019 гг. Средняя годовая продолжительность туманов – 49 часов, из них 43 часа (88 %) приходится на холодный период. Наибольшая за 20 лет продолжительность туманов (102 часа) зафиксирована в 2005 г., наименьшая (20 часов) – в 2020 г. Годовой ход ярко выражен (табл. 3). На ноябрь и три зимних месяца приходится почти 70 % годового числа дней и более 80 % годовой продолжительности туманов. На три летних месяца приходится 2,5 % числа дней и 1,5 % их продолжительности.

Метеостанция Александровское расположена на высоте 308 м над у.м., на Прикалаусских высотах, в центре Прикалаусско-Саблинского ландшафта типичных лесостепей [28]. Рельеф благоприятен для образования туманов, которые здесь отмечаются ежегодно. В среднем за год здесь фиксируется 60 дней с туманом, 49 (82 %) из них – в холодный период. Наибольшее за 20 лет число дней с туманом – 97 – отмечено в 2009 и 2018 гг., наименьшее – 43 – в 2001 г. Средняя годовая продолжительность туманов – 386 часов, из них 346 часов (90 %) приходится на холодный период. Наибольшая за 20 лет продолжительность туманов – 597 часов – зафиксирована в 2018 г., наименьшая – 243 часа – в 2012 г. Годовой ход ярко выражен. На зиму приходится почти 52 % годового числа дней и 61 % годовой продолжительности туманов. Летом туманов практически не бывает: за 20 лет зафиксировано лишь 2 дня с туманом в июне и 1 день в июле.

Метеостанция Ставрополь расположена в Верхнегорлыкском ландшафте типичных лесостепей [28], на высоте 451 м над у.м. Метеостанция находится на территории аэропорта. Сложность орографии прилегающей местности

Таблица 3. СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМА ТУМАНОВ
В ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ
Table 3. Average monthly characteristics of the fog regime in forest steppe
landscapes

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднее месячное число дней с туманом												
Изобильный	2	1	1	*	*	*	*	*	*	1	2	3
Александровское	10	9	7	2	1	*	*	0	1	7	11	12
Ставрополь	11	9	8	3	2	*	*	*	3	8	12	12
Наибольшее месячное число дней с туманом												
Изобильный	9	3	4	2	2	1	1	1	2	3	6	9
Александровское	21	17	12	4	4	2	1	0	4	11	17	18
Ставрополь	16	18	15	6	4	2	3	1	5	14	20	20
Средняя месячная продолжительность туманов (час)												
Изобильный	10	6	3	1	1	*	*	*	1	3	11	13
Александровское	81	60	35	7	1	*	*	0	3	29	74	96
Ставрополь	68	51	43	9	5	1	1	1	8	38	83	86
Наибольшая месячная продолжительность туманов (час)												
Изобильный	45	20	11	5	5	3	3	4	5	12	43	44
Александровское	206	208	121	18	11	2	*	0	17	60	155	220
Ставрополь	136	121	107	23	16	9	4	8	33	106	182	202

заметно сказывается на погодных условиях аэропорта. Здесь отмечаются метеорологические явления, неблагоприятные или даже опасные для осуществления полета, взлета и посадки воздушных судов, либо затрудняющие деятельность аэродрома [20, 21]. Чаще всего штатной деятельности ставропольского аэропорта мешает туман.

В среднем за год здесь фиксируется 69 дней с туманом, 52 (75 %) из них – в холодный период. Наибольшее за 20 лет число дней с туманом – 97 – отмечено в 2018 г., наименьшее – 51 – в 2020 г. Средняя годовая продолжительность туманов – 394 часа, из них 331 час (84 %) приходится на холодный период. Наибольшая продолжительность туманов (641 час) зафиксирована в 2018 г., наименьшая (261 час) в 2012 г. Годовой ход числа дней с туманом неравномерный (см. табл. 3). В среднем наиболее туманными являются ноябрь и декабрь, наиболее ясным – август [26]. На зиму приходится 46 % годового числа дней и 52 % годовой продолжительности туманов. В новом веке наибольшее месячное число дней с туманом – 21 – в Ставрополе отмечено в ноябре 2005 г. Самая большая средняя месячная продолжительность туманов приходится на декабрь, в декабре же зафиксирована наибольшая месячная продолжительность туманов: 202 часа в 2007 г. В Ставрополе это единственный за последние 30 лет случай превышения 200 часов туманов за месяц [12].

Летом туманов значительно меньше: за 20 лет зафиксировано по 11 дней с туманом в июне и в июле, а в августе – лишь 4 дня, 3 из которых – в первом 10-летию нового века.

Средняя за год продолжительность тумана (в день с туманом) 5,7 часа. В холодный период года туманы более долгие – 6,4 часа. В теплый период средняя продолжительность одного тумана – 3,7 часа. Наибольшая непрерывная продолжительность одного тумана за 20 лет – 46 часов [26].

Предгорные и среднегорные ландшафты

Метеостанция Невинномысск расположена на высоте 341 м над у.м., на территории Прикубанского ландшафта луговидных степей. В Невинномыске повторяемость

Таблица 4. СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМА ТУМАНОВ
В ЛАНДШАФТАХ БОЛЬШОГО КАВКАЗА
Table 4. Average monthly characteristics of the fog regime in Caucasus
landscapes

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднее месячное число дней с туманом												
Невинномысск	2	1	1	*	*	0	*	*	*	1	2	2
Георгиевск	10	9	7	3	1	*	*	*	2	7	9	11
Мин. Воды	6	6	4	2	1	1	*	*	1	5	7	8
Кисловодск	4	4	4	2	2	1	1	*	2	4	5	5
Наибольшее месячное число дней с туманом												
Невинномысск	6	3	2	1	1	0	2	1	1	5	6	5
Георгиевск	18	16	12	5	3	1	1	1	7	12	14	16
Мин. Воды	16	15	10	5	3	4	1	1	6	11	12	18
Кисловодск	9	14	7	11	4	4	3	3	7	13	10	10
Средняя месячная продолжительность туманов (час)												
Невинномысск	5	3	3	*	*	0	*	*	*	3	7	7
Георгиевск	61	49	31	9	2	*	*	*	5	30	59	88
Мин. Воды	32	30	16	4	3	2	1	*	3	21	43	44
Кисловодск	18	16	14	8	6	4	2	1	8	21	23	19
Наибольшая месячная продолжительность туманов (час)												
Невинномысск	18	8	8	4	2	0	3	1	3	12	27	31
Георгиевск	129	115	65	24	8	3	2	1	20	53	112	165
Мин. Воды	100	84	50	12	8	10	6	1	16	71	79	113
Кисловодск	53	65	40	39	22	15	12	7	31	77	57	63

и продолжительность туманов существенно меньше, чем в остальных ландшафтах Большого Кавказа, на территории Ставропольского края, поскольку он находится в так называемом Армавирском ветровом коридоре. В среднем за год здесь фиксируется всего лишь 10 дней с туманом, 8 из них – в холодный период. Средняя годовая продолжительность туманов – 28 часов, из них 25 часов (89%) приходится на холодный период. Самым туманным был 2010 г.: 16 дней с туманами, общая продолжительность которых составила 67 часов. Наименее туманным был 2020 г.: 2 дня и 6 часов соответственно. Годовой ход выражен очень резко (табл. 4).

Метеостанция Георгиевск расположена на высоте 286 м над у.м., на крайнем северо-востоке Подкумско-Золкинского ландшафта лесостепей [28]. В среднем за год здесь фиксируется 59 дней с туманом, 46 (78%) из них – в холодный период. Наибольшее за 20 лет число дней с туманом – 87 – отмечено в 2014 г., наименьшее – 45 – в 2002 г. Средняя годовая продолжительность туманов – 334 часа, из них 288 часов (86%) приходится на холодный период. Наибольшая за 20 лет продолжительность туманов – 560 часов – зафиксирована в 2014 г., наименьшая – 173 часа – в 2008 г. Годовой ход выражен резко (табл. 4).

Метеостанция Минеральные Воды расположена на высоте 315 м над у.м., в северной части Подкумско-Золкинского ландшафта лесостепей, в непосредственной близости от международного аэропорта Минеральные Воды [28].

В среднем за год здесь фиксируется 41 день с туманом, 31 из них – в холодный период. Средняя годовая продолжительность туманов – 199 часов, из них 165 часов (83%) приходится на холодный период. Самым туманным был 2010 г.: зафиксировано 63 дня с туманами, общая продолжительность которых составила 358 часов. Наименьшее число дней с туманом – 18 – было в 2012 г., а наименьшая продолжительность – 79 часов – в 2020 г. Самым туманным месяцем является декабрь, самым ясным – август (2 дня и 2 часа с туманом за 20 лет).

В новом веке самый длительный непрерывный туман в Минеральных Водах – 41 час 50 минут – отмечен 6–7 января 2012 г. (с 02 ч 20 мин 6 января до 20 ч 10 мин 7 января) [3]. Анализ 832 случаев тумана за 2001–2020 гг. показал, что здесь наиболее часты туманы продолжительностью от 1 до 3 часов, на их долю пришлось 37% всех туманов. Далее по повторяемости следуют туманы продолжительностью от 3 до 5 часов (16%), более 10 часов (15%) и 5–7 часов (12%). 10% приходится на туманы продолжительностью от 7 до 9 часов, 6% – на туманы продолжительностью менее часа и 4% – на туманы продолжительностью от 9 до 10 часов. В целом доля относительно непродолжительных туманов (до 5 часов) составляет 59%.

В среднем за год 35% туманов начинают развиваться в предутренние часы (0–6 ч мск), 34% – в утренние (6–12 ч), 9% – в дневные (12–18 ч) и 22% – в вечерние и ночные (18–24 ч). В теплый период года 60% туманов начинают формироваться в первой половине дня, в холодный период – 48%. При этом туманы продолжительностью менее часа в основном отмечаются либо с 6 до 12 ч (41%), либо с 18 до 24 ч (30%). Туманы продолжительностью от 1 до 2 часов чаще всего начинают формироваться в период с 6 до 12 ч (44%), так же, как и туманы продолжительностью 2–4 часа. Начало образования туманов продолжительностью 4–6 часов приходится в основном на 18–24 и 0–6 ч (32 и 35% соответственно). Туманы продолжительностью более 6 часов обычно начинают формироваться в 12–18 (32%) или в 18–24 ч (47%) [3, 17].

Метеостанция Кисловодск представляет Кубано-Малкинский ландшафт лесостепей [28]. Особенностью этого ландшафта является его расположение в предгорьях северных склонов Главного Кавказского хребта. Поверхность района представляет собой наклонную плоскость, понижающуюся с юга на север. Южная часть района разрезана глубокими ущельями и балками. Метеостанция расположена в курортной зоне города Кисловодска, на горе Пикет, на высоте 943 м над у.м. Севернее и восточнее Кисловодска возвышаются Боргустанский и Джинальский хребты, окружая Кисловодскую долину и обуславливая наличие горно-до-

линной циркуляции в ней. Благодаря своему мягкому климату Кисловодск является круглогодичным курортом и считается одним из наиболее солнечных городов России. Тем не менее, такое неблагоприятное для здравницы метеорологическое явление как туман отмечается на курорте часто. В среднем за год здесь фиксируется 34 дня с туманом, 22 (65 %) из них – в холодный период. Средняя годовая продолжительность туманов – 140 часов, из них 90 часов (64 %) приходится на холодный период. Средняя продолжительность одного тумана – 4.1 часа. Наибольшее за 20 лет число дней и часов с туманом отмечено в 2010 г.: 52 дня, 257 часов. Дней с туманом меньше всего было в 2020 г. – 17, а суммарная продолжительность туманов была минимальной в 2019 году – 64 часа. Наибольшая месячная продолжительность туманов отмечена в 2010 году: 77 часов в октябре [25].

Годовой ход характеристик туманов в Кисловодске отличается от хода соответствующих параметров в других ландшафтах (табл. 4). Он значительно более сглажен, на холодный период приходится немногим более половины годовой повторяемости и продолжительности туманов. При этом в отличие от всей остальной территории региона в Кисловодске доли повторяемости туманов холодного и теплого периодов равны долям их продолжительности в годовом показателе. На всех остальных метеостанциях доля продолжительности превышает долю повторяемости в среднем на 10 %.

Средняя продолжительность тумана в течение одних суток – около 4 ч, хотя иногда туман залегает на 8–12 часов [25]. Наиболее часты туманы продолжительностью от 1 до 4 часов, на их долю пришлось 45 % всех туманов за 20 лет. Далее следуют туманы длительностью менее часа (17,5 %) и 4–6 часов (15,2 %). В целом доля относительно непродолжительных туманов (до 6 часов) составляет 78 %. Туманы продолжительностью 12 часов и более отмечены в 4,6 % случаев. При этом в июле не было туманов, длящихся более часа, в августе – более 2 часов [3, 25].

Синоптические условия возникновения туманов

Известно, что в зависимости от физических причин образования тумана различают два основных вида: туман охлажде-

ния и туман испарения. Туман охлаждения, в свою очередь, разделяется на адвективный, радиационный и туман склонов. При адвективном охлаждении теплой воздушной массы ночью одновременно имеет место радиационное выхолаживание. В связи с этим выделяют тип адвективно-радиационного тумана.

В чистом виде радиационные туманы, для формирования которых необходимо наличие области повышенного давления, от поверхности земли до уровня 1.5-3.0 км, безоблачного или малооблачного неба, достаточной влажности и штиля или слабого ветра в приземном слое [15, 18], в Центральном Предкавказье наблюдаются относительно редко: в конце сентября – октябре и в марте 3–4 раза в месяц продолжительностью 2–5 часов, с ноября по февраль 2–3 раза в месяц продолжительностью 3–8 часов. Их пространственное распределение носит «пятнистый» характер, хотя чаще всего радиационные туманы отмечаются на равнинной части территории. Преимущественное время появления – ночные и предутренние часы [23].

Адвективный туман возникает вследствие охлаждения воздушной массы при перемещении ее над более холодной подстилающей поверхностью, особенно при перемещении воздуха с теплой водной поверхности на выхоленную землю. В отличие от радиационного, он возникает при более значительных скоростях ветра, до 4–8 м/с. Адвективный туман может образовываться в любое время суток и сохраняться в течение длительного времени. Такой туман формируется на расстоянии 20–100 км от берега Каспия. При устойчивом юго-восточном ветре в слое до 1,5 км воздушная масса с адвективным туманом с территории Дагестана перемещается на юго-восточные районы Ставрополя. Этим объясняются высокая повторяемость и продолжительность туманов в полупустынных ландшафтах Центрального Предкавказья, особенно заметное по данным метеостанции Рожино, которая первой на рассматриваемой территории встает на пути адвективного переноса. Воздушная масса должна быть достаточно увлажнена: дефициты точки росы не более 1–4 °С. Видимость в таком тумане – 200–500 м. Рассеивание тумана происходит при изменении скорости и направления ветра. Для случаев Каспийского циклона условием для

рассеивания является возникновения ветра западных румбов со скоростью 10-12 м/с.

Наиболее распространен на территории Центрального Предкавказья адвективно-радиационный туман. Благоприятными для образования такого тумана являются обширный теплый сектор циклона и юго-западная периферия антициклона, сформированного в воздушной массе умеренных широт. В средней тропосфере над Северо-Кавказским регионом располагается высотный гребень и на уровне 1,0–1,5 км – хорошо выраженный термический гребень. По юго-западной периферии антициклона в пограничном слое осуществляется устойчивый вынос с Каспия относительно теплой и влажной воздушной массы на выхоленную подстилающую поверхность. Ночью вследствие радиационного охлаждения приземного слоя воздуха при слабом турбулентном обмене туман уплотняется, приобретает характер адвективно-радиационного, и с юго-восточным потоком воздуха по долинам правобережных притоков реки Кумы он распространяется до Прикалаусских высот и Сычевых гор. При вынужденном подъеме по склонам возвышенности воздух дополнительно охлаждается – туман усиливается. Именно в этой местности – юго-восточной и восточной частях Ставропольского плато – видимость в тумане ухудшается до 100 м и менее. Непрерывная продолжительность адвективно-радиационного тумана с видимостью 500 м и менее в ноябре-феврале может достигать 12–16 часов [12].

Продолжительность тумана заметно возрастает, если в описанной выше синоптической ситуации произойдет перестройка, характерная именно для Ставропольского края: активизация Черноморской депрессии при сохранении влияния на Северный Кавказ юго-западной периферии антициклона приводит к образованию на границе двух воздушных масс теплого участка фронта [7]. Обычно он стационарирует над Краснодарским краем и юго-западными районами Ставропольского края. Перед теплым фронтом образуются туманы. Наиболее благоприятные условия для образования предфронтального тумана, когда температура выпадающего дождя значительно выше температуры холодного воздуха, располагающегося вблизи поверхности земли. Предфронтальные туманы возникают на наветренных склонах Ставропольской возвышенности.

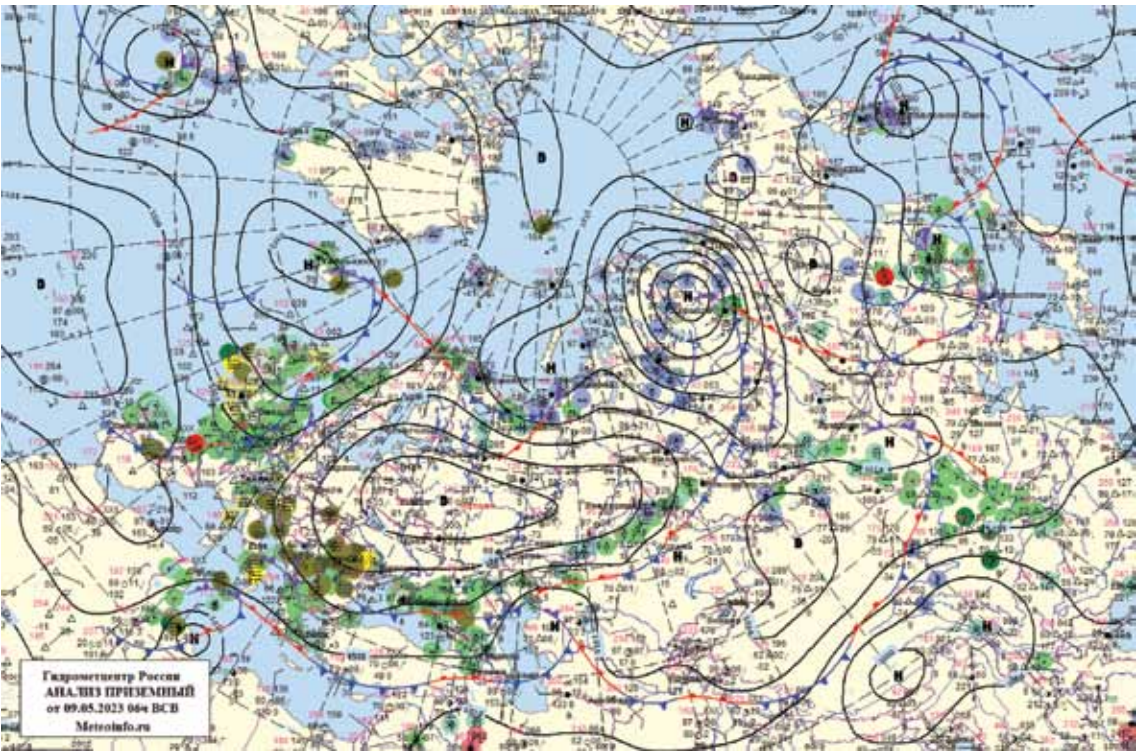


Рис. 2. Синоптическая карта приземного анализа. 09.05.2023. Фронтальный туман над Центральным Предкавказьем.
Fig. 2. Surface analysis map. 09.05.2023. Frontal fog above the Central Ciscaucasia.

В центральной части Ставропольской возвышенности и в юго-восточной части края туманы могут наблюдаться более 20–25 часов подряд с видимостью 300–800 м. В течение 2–7 часов, чаще всего в ночные и утренние часы, видимость может ухудшиться до 100 м и менее. Непосредственно после прохождения теплого фронта или теплой окклюзии здесь же часто образуется зафронтальный туман.

При вторжении на Ставрополье холодного воздуха с северо-запада или северо-востока в тылу медленно смещающегося холодного фронта образуется фронтальный туман, волнами накрывающий аэропорт и город Ставрополь, некоторые центральные и южные районы края. Однако часто при такой ситуации над южными районами Центрального Предкавказья развивается барический гребень, ось которого направлена с запада параллельно Главному Кавказскому хребту, при этом в предгорьях туман быстро рассеивается и устанавливается малооблачная холодная погода [16].

В центральной и южной частях Ставропольской возвышенности к двум основным условиям формирования туманов добавляется охлаждение воздуха при вынужденном подъеме по склонам. Поднимаясь по склонам Бешпагирских и Ставропольских высот, туман уплотняется, и на подъеме к Ставрополю видимость в тумане кратковременно ухудшается до 200–300 м. Далее, спускаясь вслед за холодным фронтом по Янкульской котловине, холодный увлажненный воздух упирается в Сычевы горы, высота которых 1000 м и выше. Проходящая в этой местности федеральная трасса М-29 Невинномысск – Минеральные Воды при данной синоптической ситуации может закрываться туманом с видимостью менее 100 м на 3–6 часов. При этом в Невинномыске тумана может не быть. Невинномысск находится в зоне так называемого Армавирского ветрового коридора, расположенного в теснине между Ставропольским плато и Кавказскими предгорьями и охватывающего территорию юго-восточных районов Краснодарского края и юго-западную часть Ставропольского края. Армавирский ветер возникает на юго-западной периферии континентального антициклона при наличии циклона на Черном море [22]. Скорости ветра при этом зачастую превышают 10 м/с. Известно, что радиационные и радиационно-адвективные туманы формируются либо при штилевой погоде, либо при очень ма-

лых скоростях ветра, а уже сформировавшиеся туманы рассеиваются при скорости ветра порядка 10 м/с. Именно нахождение в зоне Армавирского ветрового коридора является причиной того, что в Невинномысске повторяемость и продолжительность туманов существенно меньше, чем можно было бы ожидать.

Изменение режима туманов

Непрекращающиеся исследования климата, флоры, фауны и других характеристик региона позволяют уточнять его ландшафтную структуру с учетом происходящих природных изменений. Так, еще в 2000 году на территории края выделялось 23 индивидуальных ландшафта, 17 из которых относились к ландшафтам равнин Предкавказья. По шесть ландшафтов было отнесено к полупустынной и степной зонам, пять ландшафтов считались лесостепными. Фиксировалось также шесть ландшафтов Большого Кавказа [27].

Произошедшие климатические изменения повлияли и на режим туманов в регионе. В табл. 5 для самой общей оценки динамики изменения режима туманов приведены значения среднего годового числа дней с туманом (N) и средней годовой продолжительности туманов (P) за три многолетних периода XX и XXI веков.

Из таблицы видно, что лишь на трех метеостанциях зафиксировано незначительное увеличение числа дней с туманом по сравнению с периодом 1961–2000 гг., но эти значения меньше, чем были в первой половине XX века.

В районе по периметру Александровское – Буденновск – Зеленокумск незначительно удлинилась суммарная продолжительность туманов. В Дивном при практически неизменном числе дней с туманом увеличилась их продолжительность. На остальной территории Центрального Предкавказья произошло снижение повторяемости и продолжительности туманов, причем в некоторых районах довольно значительное. Так, в Арзгире повторяемость туманов снизилась на 27 %, а продолжительность – более чем вдвое. Примерно такого же порядка изменения в Изобильном, Невинномысске, Светлограде. Даже в Кисловодске, где климат наиболее стабилен, и повторяемость туманов, и их длительность сократи-

Таблица 5. СРЕДНЯЯ ГОДОВАЯ ПОВТОРЯЕМОСТЬ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ТУМАНОВ В РАЗЛИЧНЫЕ МНОГОЛЕТНИЕ ПЕРИОДЫ
Table 5. Average annual frequency and duration of fogs in various multi-year periods

Метеостанция	1921–1960		1961–2000		2001–2020	
	N	P	N	P	N	P
Александровское	62	—	53	384	60	386
Арзгир	39	—	40	278	29	135
Благодарный	54	—	50	282	50	260
Буденновск	67	446	59	347	59	355
Георгиевск	89	—	63	389	59	334
Дивное	36	180	32	190	33	224
Зеленокумск	44	—	27	136	31	143
Изобильный	—	—	22	88	12	49
Кисловодск	41	178	42	169	34	140
Красногвардейское	24	—	11	55	12	41
Минеральные Воды	66	365	65	272	41	199
Невинномысск	22	—	13	42	10	28
Новоалександровск	22	-	9	29	9	28
Рощино	67	—	59	422	63	376
Светлоград	15	—	7	31	7	18
Ставрополь	65	423	70	406	69	394

• Прочерк означает отсутствие данных в справочнике.

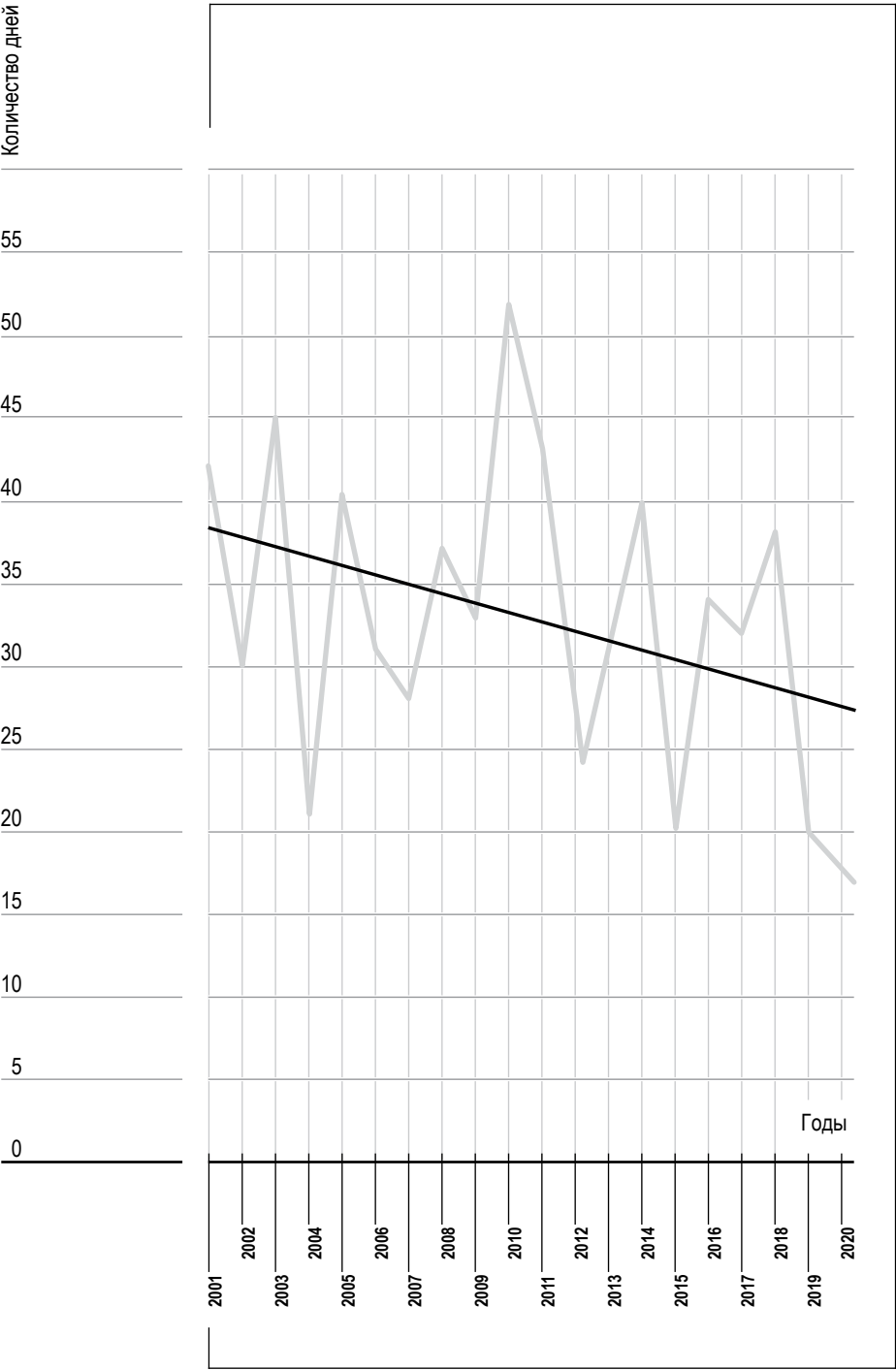


Рис. 3. 20-летний ход числа дней с туманом. Кисловодск.
Fig. 3. 20-years variation of the annual fog days number. Kislovodsk.

лись почти на 20 % по сравнению с периодом 1961–2000 гг. [14]. Пока что тенденция снижения «активности» режима туманов продолжается и в настоящее время (рис. 3). Среднее за 2021–2022 гг. число дней с туманом и продолжительность туманов по всем станциям (даже в Дивном) ниже средних значений этих показателей за 2001–2020 гг.

Выводы

Для всех метеорологических станций Центрального Предкавказья рассчитаны осредненные основные характеристики режима туманов за первые два полных 10-летия нового века: годовое, сезонное и месячное число дней с туманом и их суммарная продолжительность в указанные периоды. Определены экстремальные значения указанных характеристик. Проведен анализ годового хода основных характеристик туманов.

Проведенный анализ характеристик режима туманов показал, что распределение туманов по территории Ставропольского края имеет сложный характер. Это объясняется разнообразием физико-географических условий и особенностями атмосферной циркуляции. Несмотря на то, что некоторые рассмотренные метеостанции находятся в одной ландшафтной зоне, их показатели по количеству дней с туманами и их продолжительности имеют значительный разброс значений. На данное расхождение значений могут влиять орографические особенности их местоположения, а также особенности мезо- и мелкомасштабной циркуляции атмосферы.

Динамика режима туманов была оценена посредством анализа за значений основных характеристик режима туманов за три многолетних периода: 1921–1961 [24], 1961–2000 [5] и 2001–2020 гг. [3, 12, 13, 14, 23, 25, 26].

По результатам сравнительного анализа полученных данных с данными за два многолетних периода XX века дана характеристика доминирующей тенденции в многолетних изменениях повторяемости и продолжительности туманов.

Несмотря на то, что рассмотренные данные наблюдений были получены на метеостанциях, находящихся в разных ландшафтных зонах, прослеживается определенное сходство в тенденциях изме-

нения режима туманов на большей части территории края: уменьшение годового числа дней с туманом; уменьшение суммарной годовой продолжительности туманов; снижение доли туманов холодного периода в годовом числе дней с туманом; снижение доли туманов холодного периода в суммарной годовой продолжительности туманов; уменьшение длительности одного тумана как в среднем за год, так и в течение холодного периода.

Причиной зафиксированных изменений режима туманов является, видимо, изменение ряда метеорологических факторов, влияющих на образование и рассеяние туманов: изменение режима атмосферной циркуляции [6, 8, 22], повышение температуры воздуха, увеличение числа дней с жидкими осадками, способствующими вымыванию тумана [5, 9, 10, 14, 23].

Библиографический список

1. Ассман Д. Чувствительность человека к погоде. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 248 с.
2. Атаев З.В., Братков В.В. Современные климатические изменения полупустынных ландшафтов Северного Кавказа // Юг России: экология, развитие. № 3, 2010. С. 16–20.
3. Бадахова Г.Х. Климатология туманов на курортах Кавказских Минеральных Вод // Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы, гидрометеорологии, экологии и изменения климата: материалы II Международной научной конференции. Ставрополь, 2015. С. 146–149.
4. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л., Кравченко Н.А. Экологические последствия современных изменений климата на примере Ставропольского края // Охрана атмосферного воздуха. Атмосфера. 2011. № 4. С. 51–55.
5. Бадахова Г.Х., Кнутас А.В. Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: Краевые сети связи, 2007. 274 с.
6. Бакулина Е.А., Угрюмов А.И. Весенние перестройки циркуляции в стратосфере в 1958-2003 гг. // Ученые записки РГГМУ. 2008. № 6. С. 38–44.
7. Вительс Л.А. Характеристики барико-циркуляционного режима. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 128 с.

8. Волкова В.И., Бадахова Г.Х., Барекова М.В., Каплан Г.Л. Особенности атмосферной циркуляции переходного периода и колебания дат начала весны в Центральном Предкавказье // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 4. С. 125–138.
9. Волкова В.И., Бадахова Г.Х., Кравченко Н.А., Каплан Г.Л. Динамика и современный температурный режим календарного лета на Ставропольской возвышенности // Наука. Инновации. Технологии. 2020. № 4. С. 149–160.
10. Дробышев А.Д. Потепление климата и отклики на него природы и общества. Туапсе, 2010. С. 123–127.
11. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 456 с.
12. Каплан Г.Л. Неблагоприятные и опасные погодные явления в зимний период и их влияние на отрасли экономики Ставропольского края // Проблемы экологической безопасности и сохранения природно-ресурсного потенциала: материалы V Международной конференции. Ставрополь, 2008. С. 156–160.
13. Каплан Г.Л. Исследование современных изменений регионального климата и их влияния на ландшафты Ставропольского края: дис. ... канд. геогр. наук. Высокогорный геофизический институт. Нальчик, 2010. 165 с.
14. Каплан Г.Л., Бадахова Г.Х. Динамика изменения климата Кавказских Минеральных Вод в XX веке // Проблемы экологической безопасности и сохранения природно-ресурсного потенциала: материалы II Международной конференции. Ставрополь, 2005. С. 161–163.
15. Кац А.Л. Циркуляция в стратосфере и мезосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 204 с.
16. Комаревцев А.М., Каплан Л.Г., Эмба Я.А. Происхождение, классификация, ветровой режим и прозрачность туманов в аэропорту Минеральные Воды // Тр. СФ ВГИ. Вып. 1. СПб: Гидрометеиздат, 1993. С. 84–93.
17. Комаревцев А.М., Каплан Л.Г., Эмба Я.А. Временные и термодинамические характеристики туманов в аэропорту Минеральные Воды // Тр. СФ ВГИ. Вып. 1. СПб: Гидрометеиздат, 1993. С. 94–100.
18. Ляхов М.Е. Метеорологические условия возникновения и распространения туманов и их предотвращение. М.: АН СССР, 1960. 75 с.

19. Мамучиев И.М., Калов Х.М. Влияние туманов на оползневые процессы // Метеорология и гидрология. 2007. № 9. С. 42–54.
20. Маховер З.М., Пеньков А.П. Методические рекомендации для АМСГ по выявлению местных климатических особенностей аэродромов. М.: Гидрометеиздат, 1981. 29 с.
21. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России. М.: Гидрометеиздат, 1995. 156 с.
22. Педь Д.А. Смена типов циркуляции циркумполярного вихря в стратосфере // Тр. ГМЦ. Вып. 15. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 26–35.
23. Смерек Ю.Л., Стрелкова А.В., Бадахова Г.Х. Особенности распределения и динамики режима туманов на территории Ставропольского края // Проблемы физики атмосферы, климатологии и мониторинга окружающей среды: доклады IV Международной научной конференции. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2022. С. 67–80.
24. Справочник по климату СССР. Вып. 13. Ч. 5. Облачность и атмосферные явления. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 363 с.
25. Суюнчева М.Р. Неблагоприятные погодные условия на курорте Кисловодск // Наука и образование сегодня. Естественные и технические науки. 2020. № 8 (55) . С. 55–59.
26. Турсунов Х.Т., Волкова В.И., Бадахова Г.Х. Туманы в зоне аэропорта Ставрополь в условиях современного климата // Евразийское Научное Объединение, 2021. № 5 (75). С. 490–492.
27. Физическая география Ставропольского края / Н.И. Бутенко, В.В. Савельева, В.А. Шальнев. Ставрополь: Ставрополь-сервис-школа, 2000. С. 100.
28. Шальнев В.А. Эволюция ландшафтов Северного Кавказа. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2007. 310 с.

References

1. Assman D. Man sensitivity to weather. Gidrometeoizdat, Leningrad (1966). 248 p.
2. Ataev Z.V., Bratkov V.V. Modern climatic changes in the semi-desert landscapes of the North Caucasus // South of Russia: ecology, development. No. 3, 2010. P. 16–20. (In Russ.)
3. Badakhova G.Kh. Climatology of fogs at the resorts of the

- Caucasian Mineralnye Vody // Proceedings of II int. scientific conf. «Innovative methods and means of research in the field of atmospheric physics, hydrometeorology, ecology and climate change». Stavropol, 2015. P. 146–149. (In Russ.)
4. Badakhova G.Kh., Kaplan G.L. Kravchenko N.A. Ecological consequences of modern climate change on the example of the Stavropol Krai // Protection of atmospheric air. Atmosphere. 2011. No. 4. P. 51–55. (In Russ.)
 5. Badakhova G. Kh., Knutas A.V. Stavropol Krai: modern climatic conditions. Stavropol: Regional communications network publishers, 2007. 274 p. (In Russ.)
 6. Bakulina E.A., Ugrumov A.I. Spring reconstruction circulation in the stratosphere in 1958–2003 // Memoirs of RGGMU. 2008. No. 6. P. 38–44. (In Russ.)
 7. Vitels L.A. Characteristics of the baric-circulation regime. L.: Gidrometeoizdat, 1965. 128 p. (In Russ.)
 8. Volkova V.I., Badakhova G.Kh., Barekova M.V., Kaplan G.L. Atmospheric circulation features of the transition period and variations of spring onset dates in the Central Precaucasus. Science. Innovations. Technologies. 2021. No. 4. P. 125–138. (In Russ.)
 9. Volkova V.I., Badakhova G.Kh., Kravchenko N.A., Kaplan G.L. Dynamics and modern temperature regime of calendar summer over Stavropol Height // Science. Innovations. Technologies. 2020. No. 4. P. 149–160. (In Russ.)
 10. Drobyshev A.D. Climate warming and the responses of nature and society to it. Tuapse, 2010. P. 123–127. (In Russ.)
 11. Isaev A.A. Ecological climatology. M.: Scientific world, 2001. 456 p. (In Russ.)
 12. Kaplan G.L.: Adverse and dangerous weather phenomena in winter and their impact on the economy of the Stavropol Krai // Problems of environmental safety and conservation of natural resource potential. Proc. of the V Int. conf. Stavropol, 2008. P. 156–160. (In Russ.)
 13. Kaplan G. L. Research of modern changes of a regional climate and their influence on landscapes of Stavropol Krai: the dissertation on a rank of the candidate of geographical sciences, High-mountainous geophysical institute. Nalchik, 2010. 165 p. (In Russ.)
 14. Kaplan G.L., Badakhova G.Kh. Dynamics of climate change in

- the Caucasian Mineralnye Vody in the XX century // Problems of Environmental Security and Conservation of Natural Resource Potential. Proceedings of the II International Conference. Stavropol, 2005. P. 161–163. (In Russ.)
15. Katz A.L. Circulation in the stratosphere and mesosphere. L.: Gidrometeoizdat, 1967. 204 p. (In Russ.)
 16. Komarevtsev A.M., Kaplan L.G., Ekba Ya.A. Origin, classification, wind regime and transparency of fogs at the Mineralnye Vody airport // Proceedings of the SF VGI. Issue. 1. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993. P. 84–93. (In Russ.)
 17. Komarevtsev A.M., Kaplan L.G., Ekba Ya.A. Temporal and thermodynamic characteristics of fogs at the airport Mineralnye Vody // Proceedings of the SF VGI. Issue. 1. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993. P. 94–100. (In Russ.)
 18. Lyakhov M.E. Meteorological conditions for the occurrence and spread of fogs and their prevention. M.: AN USSR, 1960. 75 p. (In Russ.)
 19. Mamuchiev I.M., Kalov H.M. Influence of fogs on landslide processes // Meteorology and hydrology. 2007. No. 9. P. 42–54. (In Russ.)
 20. Mahover Z.M., Penkov A.P. Guidelines for AMSG on identifying local climatic features of aerodromes. Moscow: Gidrometeoizdat, 1981. 29 p. (In Russ.)
 21. Manual on the meteorological support of civil aviation in Russia. Moscow: Gidrometeoizdat, 1995. 156 p. (In Russ.)
 22. Ped D.A. Change of circulation types of the circumpolar vortex in the stratosphere // GMC, Vol. 15. L.: Gidrometeoizdat, 1973. P. 26–35. (In Russ.)
 23. Smerek Yu.L., Strelkova A.V., Badakhova G.Kh. Features of the distribution and dynamics of the fog regime in the Stavropol Krai // Problems of atmospheric physics, climatology and environmental monitoring: Dokl. IV int. scientific conf. Stavropol: publishing house of NCFU, 2022. P. 67–80. (In Russ.)
 24. Handbook on the Climate of the USSR. Vol. 13. Part 5. Cloudiness and Atmospheric Phenomena. L.: Gidrometeoizdat, 1968. 363 p. (In Russ.)
 25. Suyuncheva M.R. Unfavorable weather conditions at the Kislovodsk resort // Science and education today. Natural and technical sciences. 2020. No. 8 (55). P. 55–59. (In Russ.)
 26. Tursunov Kh.T., Volkova V.I., Badakhova G.Kh. Fogs in the

- Stavropol airport area in the current climate // Eurasian Scientific Association, 2021. No. 5 (75). P. 490–492. (In Russ.)
27. Physical geography of the Stavropol Territory/Butenko N.I., Savelyeva V.V., Shalnev V.A. Stavropol: Stavropol'servisshkola, 2000. P. 100. (In Russ.)
28. Shalnev V.A. Evolution of the landscapes of the North Caucasus. Stavropol: SSU Publishing House, 2007. (In Russ.)

Поступило в редакцию 10.03.2023,
принята к публикации 20.05.2023.

Информация об авторах

Смерек Юлия Леонтьевна – кандидат физико-математических наук, доцент, Северо-Кавказский федеральный университет.
E-mail: smerek@mail.ru

Волкова Валентина Ивановна – кандидат физико-математических наук, доцент, декан физико-технического факультета, Северо-Кавказский федеральный университет.
E-mail: stav.volkova@yandex.ru

Барекова Мариника Викторовна – кандидат физико-математических наук, ученый секретарь, Высокогорный геофизический институт.
E-mail: mbarekova@mail.ru

Бадахова Галина Хамзатовна – ведущий метеоролог, Ставропольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.
E-mail: badahovag@mail.ru

Information about the authors

Yulia L. Smerek – PhD in Physics and Mathematics, Associate professor, North-Caucasus Federal University.
E-mail: smerek@mail.ru

Valentina I. Volkova – PhD in Physics and Mathematics, Associate professor, Head of physical-technical department. North-Caucasus Federal University.

E-mail: stav.volkova@yandex.ru

Marinika V. Barekova – PhD in Physics and Mathematics, Science secretary. High-Mountain Geophysical Institute.

E-mail: mbarekova@mail.ru

Galina K. Badakhova – Main meteorologist, Stavropol Center on Hydrometeorology and Environmental Monitoring.

E-mail: badahovag@mail.ru