

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ ТУМАНОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ И ИХ ПРИЧИНЫ

Рассмотрены пространственно-временные колебания числа дней с туманами на территории Беларуси за период с 1975 по 2008 г. по данным 46 метеостанций. С помощью картографических методов исследовалась пространственная структура распределения числа дней в году по территории Беларуси, а использование стандартных статистических методов позволило установить временные закономерности в формировании туманов.

Туман – скопление продуктов конденсации (капель или кристаллов или тех и других вместе), взвешенных в воздухе, непосредственно над поверхностью земли. Туман имеет место, когда горизонтальная видимость менее 1 км, в противном случае помутнение называется дымкой [4]. Если видимость 50 м и меньше продолжительностью не менее 6 ч, туман считается опасным стихийным метеорологическим явлением [3].

Для туманов характерна большая изменчивость в пространстве и во времени. Она обусловлена не только общими циркуляционными и радиационными факторами, но и местными условиями конкретного района (высота места, форма рельефа, экспозиция склонов по отношению к влагонесущим потокам, наличие крупных водоемов – озер, рек и т. д.), влияние которых при образовании туманов зачастую бывает доминирующим.

Различают радиационный, адвективно-радиационный, адвективный, орографический, фронтальный туман и туман при сильных морозах, туман испарения. Наиболее типичными для территории Беларуси являются адвективные туманы, которые формируются при перемещении воздуха с более теплой подстилающей поверхности на более холодную. Широко распространены также радиационные (местные) туманы, которые возникают вследствие охлаждения воздуха на холодной подстилающей поверхности радиационным путем. Адвективные туманы более густые и продолжительные по времени, чем туманы местного образования. Местные туманы обычно рассеиваются с восходом солнца.

Туманы оказывают заметное влияние на состояние здоровья человека. В городе туманы в сочетании с повышенным уровнем загрязнения воздуха способны оказывать отрицательное воздействие на самочувствие людей, поскольку вредное влияние дымовых и газовых примесей при туманах проявляется более остро, чем при иных погодных условиях. Негативное влияние туманы оказывают и на организацию движения транспорта, особенно автомобильного, ухудшая видимость на дорогах. В то же время в сельском хозяйстве туманы могут играть позитивную роль,

ослабляя интенсивность весенних или осенних заморозков.

Несмотря на влияние туманов на различные сферы деятельности человека, пространственно-временные колебания данного явления изучены недостаточно. Со времени исследования туманов, приведенного в фундаментальной работе «Климат Беларуси» [2], прошло около 20 лет, и в ней рассмотрены только первые годы современного потепления климата.

Задача настоящего исследования – анализ статистической структуры пространственно-временных изменений количества дней с туманами на территории Беларуси с учетом современного потепления климата.

Основными исходными материалами при исследовании пространственно-временной структуры числа дней с туманами на территории Беларуси послужили среднемесячные данные Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по 46 метеостанциям за период с 1975 по 2008 г.

Пространственная изменчивость числа дней с туманами на территории Беларуси оценивалась путем их картирования. Временные ряды количества дней в году с туманами исследовались с помощью стандартных статистических методов. Тенденции в изменениях дней с туманами оценивались с помощью линейных и криволинейных трендов.

Факторы, влияющие на формирование числа дней с туманами, можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся региональные факторы, ко второй – локальные. Тогда число дней с туманом можно представить как:

$$N(t) = N_p(t) \pm \Delta N_r(t), \quad (1)$$

где $N(t)$ – количество дней с туманом в расчетном календарном году; $N_p(t)$ – число дней с туманом, вызванном региональными факторами, в том же году; $\pm \Delta N_r(t)$ – число дней с туманом, вызванном локальными факторами.

Влияние региональных факторов на формирование числа дней с туманом с достаточной для практических расчетов точностью можно описать с помощью линейных или полиномиальных трендов:

$$N_p(t) = N_p(0) \pm \Delta N \cdot t; \quad (2)$$

$$N_p(t) = \alpha \cdot t^2 + \beta \cdot t + \gamma, \quad (3)$$

где $N_p(0)$ – число дней с туманом на начало расчетного периода; ΔN – скорость изменения числа дней с туманом, дн/год; α, β, γ – эмпирические коэффициенты; t – календарный год.

Скорость изменения количества дней с туманом определяется как первая производная функции изменения числа дней с туманом. Для уравнения (2) скорость изменения числа дней с туманом является величиной постоянной и равна коэффициенту регрессии. При описании динамики колебаний числа дней с туманом уравнениями, отличными от линейных, скорость изменения количества дней с туманом является величиной переменной и в нашем случае имеет вид:

$$\Delta N(t) = 2 \cdot \alpha \cdot t + \beta. \quad (4)$$

Уравнения (2, 3) описывают фоновую составляющую формирования числа дней с туманом, а разность между фактическим количеством таких дней и фоновой составит отклонения, которые определяются в основном колебаниями погодных условий и изменением локальных факторов.

Динамика локальной составляющей формирования числа дней с туманом может быть представлена в виде аддитивной функции:

$$\Delta N_u(t) = N_u(t) \pm N_\eta(t), \quad (5)$$

где $N_u(t)$ – детерминированная функция; $N_\eta(t)$ – случайная составляющая.

Функцию $N_u(t)$ часто удается подобрать так, что процесс $N_\eta(t)$ оказывается значительно более простым, чем $\Delta N_u(t)$, и тогда решение задач, связанных с этими процессами, существенно упрощается.

Для стационарных процессов практический интерес представляет выявление закономерностей в динамике формирования числа дней с туманом: плавного возрастания или убывания (монотонный тренд), периодических изменений (циклический тренд), постоянства в течение каких-то периодов времени и резкого изменения при переходе от одного отрезка к другому (ступенчатый тренд). Все эти ситуации могут быть описаны полиномиальной аппроксимацией тренда вида [4]:

$$N_u(t) = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \cdot \varphi_i(t), \quad (6)$$

где $\varphi_i(t) \dots \varphi_k(t)$ – заданные функции времени;

$a_0 \dots a_k$ – коэффициенты регрессии.

Функции времени могут быть либо линейными, степенными, показательными или логарифмическими при монотонном тренде, либо тригонометрическими при циклическом и кусочно-постоянными при ступенчатом тренде. Во всех этих случаях параметры $a_0 \dots a_k$ оцениваются по имеющемуся ряду наблюдений $N_1 \dots N_n$.

Вклад случайной составляющей в динамику формирования числа дней с туманом можно определить как:

$$N_\eta(P\%) = \bar{N}_\eta (\Phi_{P\%} \cdot C_v + 1), \quad (7)$$

где \bar{N}_η – среднее значение случайной составляющей испарения с водной поверхности, мм; $\Phi_{P\%}$ – число Фостера расчетной обеспеченности $P\%$; C_v – коэффициент вариации.

Используя стандартные статистические методы, находят значения средней величины случайной составляющей (\bar{N}_η), коэффициенты вариации (C_v) и асимметрии (C_s). По найденным параметрам строят теоретическую кривую обеспеченности. По таблице случайных чисел путем розыгрыша моделируются значения обеспеченности (P_i). Таким образом, имея некоторый ограниченный объем информации, можно получить при принятом законе распределения временной ряд числа дней с туманом практически неограниченной длины.

При статистическом анализе временных рядов для оценки различий в статистических параметрах использовался критерий Стьюдента и критерий Фишера:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{n_x \cdot \hat{\sigma}_x^2 + n_y \cdot \hat{\sigma}_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_x \cdot n_y \cdot (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}; \quad (8)$$

$$F = \frac{\hat{\sigma}_x^2}{\hat{\sigma}_y^2}; \quad (9)$$

где \bar{x}, \bar{y} – выборочные средние; $\hat{\sigma}_x^2$ и $\hat{\sigma}_y^2$ – выборочные дисперсии; n_x и n_y – объемы выборок.

Полученное значение t – критерия Стьюдента и F – критерия Фишера сравнивалось с их критическим значением при заданном уровне значимости $\alpha = 5\%$. Если $t > t_\alpha$, принимается гипотеза статистического различия двух выборочных средних, а при $F > F_\alpha$ принимается гипотеза статистического различия в колебаниях рассматриваемых рядов.

Туманы возникают как при положительных, так и при отрицательных температурах воздуха. Примерно в 80% случаев туманы наблюдаются

при малых скоростях ветра (0,2 м/с) и только в 10 % – при более высоких. Причем радиационным туманам сопутствуют слабые ветры и штили, адвективным – ветры большей силы [4].

Количество дней с туманом, приходящихся на одну метеостанцию на территории Беларуси, обусловленное региональными факторами аппроксимировано уравнением

$$N_p(t) = 0,0576 \cdot t^2 - 2,4616 \cdot t + 63,078; \quad (r = 0,68), \quad (10)$$

где t – номер календарного года начиная с 1975, т. е. $t_{1975} = 1$.

Скорость изменения количества дней с туманом определяется уравнением:

$$\Delta N(t) = 0,1152 \cdot t - 2,5. \quad (11)$$

Локальная составляющая количества дней с туманом, приходящихся на одну метеостанцию, определялась как

$$\Delta N_{\text{л}}(t) = N(t) - N_{\text{с}}(t). \quad (12)$$

Среднее число дней с туманом за год на территории Беларуси составляет около 40 и колеблется от 30 до 75, возрастая от низин к возвышенностям в результате подъема влажных воздушных масс по наветренным склонам и их трансформации; кроме того, отмечается увеличение количества дней с туманами вблизи водных объектов (рис. 1).

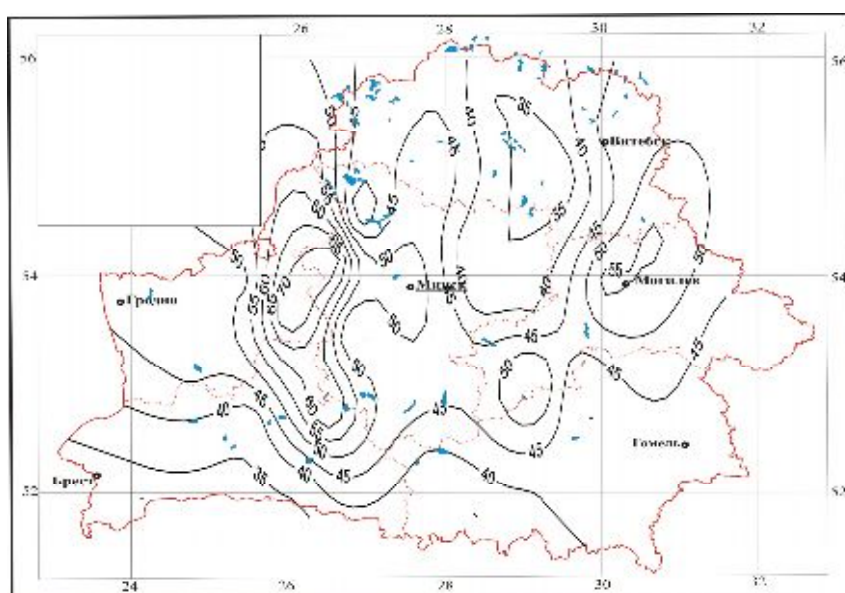


Рис. 1. Пространственное распределение среднегодового количества дней с туманами на территории Беларуси

Минимальное количество дней с туманами формируется на юго-западе (Брестском Полесье) и северо-востоке (Полоцкая низменность) и колеблется от 30 до 40 дней. Наибольшее число дней с туманами наблюдается на северо-западе страны на Ошмянской, Новогрудской и Минской возвышенностях и достигает 60–75 дней.

Помимо естественных условий существенное влияние на формирование туманов оказывают урбанизированные территории, особенно большие города. Дело в том, что туман возникает тогда, когда у земной поверхности создаются благоприятные условия для конденсации водяного пара. Нужные для этого ядра конденсации существуют в воздухе всегда. В больших промышленных центрах содержание в воздухе ядер конденсации, притом крупных, резко повышено, что должно увеличивать повторяемость и плотность туманов в больших городах. Однако в большом городе число туманов может уменьшаться по

сравнению с окрестными населенными пунктами, поскольку в городе температура выше и для достижения состояния влагонасыщения и образования тумана требуется больше водяного пара. Число же ядер конденсации в атмосфере урбанизированных территорий всегда достаточное. Повышение температуры в большом городе даже на 0,5 °С по сравнению с окрестностями будет приводить к рассеиванию туманов.

Влияние широты на распределение туманов незначительно, более заметны долготные особенности. Как правило, туманы простираются вдоль возвышенных форм рельефа на западе – Ошмянская, Новогрудская возвышенности; в центре Минская возвышенность, на востоке – Оршанская, Витебская, Горецко-Мстиславская возвышенности.

Как известно, на территории Беларуси, начиная с 1988 г., наблюдается рост среднегодовой температуры воздуха. Для оценки влияния потепления на количество дней с

туманом исходный временной ряд разбит на два периода: с 1975 по 1987 г. и с 1988 по 2008 г. Для этих периодов определялись средние значения числа дней в году с туманом и сравнивалось их различие с помощью t -критерия Стьюдента. Как показал анализ, среднее количество дней с туманом, приходящее на одну метеостанцию до 1988 г., составило 51,3, что статистически значительно различается по сравнению со вторым периодом, где эта величина составила 41,7. Анализ различий в числе дней с туманом выявил, что для большинства метеостанций произошло су-

щественное уменьшение для рассматриваемых периодов (табл. 1). Значительные изменения в уменьшении количества дней с туманами наблюдаются по метеостанциям Вилейка, Ошмяны, Новогрудок, Могилев, Жлобин. Так, на метеостанции Ошмяны за период 1975–1987 гг. отмечалось 71,7 дня с туманом, а в 1988–2008 гг. – 48,1 дня, на метеостанции Новогрудок – 88,6 и 66,0 дней соответственно, на метеостанции Могилев – 69,6 и 49,1 дня, на метеостанции Вилейка за период 1975–1987 гг. – 42,9 дня, а с 1988 по 2008 г. – 20,4 дня.

Таблица 1. Среднее количество дней с туманом на территории Беларуси приходящихся на одну метеостанцию для различных периодов осреднения

Метеостанции	Период осреднения								
	1975–2008 гг.			1975–1987 гг.			1988–2008 гг.		
	ср. за год	апрель–сентябрь	октябрь–март	ср. за год	апрель–сентябрь	октябрь–март	ср. за год	апрель–сентябрь	октябрь–март
Верхнедвинск	42,6	18,0	24,6	51,6	20,8	30,8	37,1	16,2	20,9
Езерище	40,7	20,1	20,6	38,5	15,8	22,7	42,1	22,8	19,3
Полоцк	35,0	14,7	20,3	41,2	18,1	23,1	31,2	12,6	18,6
Шарковщина	37,1	13,2	23,9	48,9	18,0	30,9	29,7	10,2	19,5
Витебск	44,0	13,8	30,2	55,1	19,5	35,6	37,2	10,3	26,9
Лынтупы	54,3	18,6	35,6	61,7	23,2	38,5	49,7	15,8	33,9
Лепель	34,8	11,5	23,4	39,6	13,4	26,2	31,9	10,3	21,6
Докшицы	53,3	24,8	28,5	53,5	21,2	32,3	53,2	27,1	26,1
Сенно	28,9	10,8	18,1	34,8	12,9	21,9	25,2	9,5	15,7
Березинский заповедник	37,6	18,6	19,0	35,2	17,2	17,9	39,2	19,5	19,7
Орша	42,0	15,1	26,9	50,7	18,8	31,8	36,7	12,8	23,9
Вилейка	29,0	10,2	18,9	42,9	14,9	28,0	20,4	7,2	13,2
Борисов	37,8	10,3	27,5	42,8	12,8	29,9	34,7	8,7	26,0
Воложин	75,3	23,3	52,0	85,2	30,7	54,5	69,1	18,7	50,4
Минск	51,9	14,7	37,2	59,8	17,1	42,7	47,0	13,2	33,8
Березино	32,3	11,3	21,1	39,3	11,8	27,5	28,0	10,9	17,1
Марьина Горка	45,1	14,6	30,5	53,4	18,5	34,9	40,0	12,3	27,8
Столбцы	40,1	10,4	29,7	53,0	14,5	38,5	32,1	7,9	24,2
Слуцк	47,6	14,6	33,0	54,8	17,1	37,8	43,0	13,0	30,0
Ошмяны	57,1	19,0	38,1	71,7	23,7	48,0	48,1	16,0	32,0
Лида	46,4	13,8	32,6	55,2	17,4	37,8	40,9	11,6	29,3
Гродно	46,4	16,5	29,9	50,8	20,4	30,5	43,7	14,1	29,6
Новогрудок	74,6	19,8	54,8	88,6	26,1	62,5	66,0	16,0	50,0
Волковыск	47,2	14,1	33,2	48,7	16,1	32,6	46,3	12,8	33,5
Горки	57,1	19,1	37,9	47,0	15,8	31,2	63,3	21,2	42,0
Могилев	56,9	19,3	37,7	69,6	23,2	46,4	49,1	16,8	32,3
Кличев	36,5	12,2	24,3	47,4	16,3	31,1	29,8	9,7	20,0
Бобруйск	56,7	31,6	25,1	53,8	23,1	30,8	58,5	36,9	21,6
Барановичи	59,6	18,4	41,3	66,5	19,6	46,9	55,3	17,6	37,8
Ганцевичи	64,9	29,9	35,0	54,9	20,3	34,6	71,1	35,8	35,3
Ивацевичи	36,3	11,2	25,1	40,9	12,8	28,2	33,5	10,2	23,3
Пружаны	53,1	16,1	37,0	58,2	18,0	40,2	50,0	15,0	35,0
Высокое	67,2	33,7	33,5	60,2	20,0	40,2	71,6	42,2	29,4
Полесская	60,4	31,2	29,2	59,7	33,7	26,0	60,9	29,7	31,2
Пинск	36,1	10,5	25,6	46,4	15,4	31,0	29,7	7,5	22,2

Метеостанции	Период осреднения								
	1975–2008 г.			1975–1987 г.			1988–2008 г.		
	ср. за год	апрель–сентябрь	октябрь–март	ср. за год	апрель–сентябрь	октябрь–март	ср. за год	апрель–сентябрь	октябрь–март
Брест	33,1	8,6	24,6	42,2	11,8	30,5	27,5	6,6	21,0
Жлобин	37,3	11,6	25,7	49,7	17,1	32,6	29,6	8,1	21,5
Октябрь	39,8	13,6	26,3	45,6	16,5	29,1	36,2	11,8	24,5
Гомель	42,1	13,4	28,8	49,7	18,0	31,7	37,4	10,5	27,0
Василевичи	39,5	12,9	26,7	46,1	14,6	31,5	35,4	11,8	23,7
Житковичи	36,0	11,3	24,7	46,2	16,1	30,1	29,8	8,4	21,4
Мозырь	38,7	10,9	27,8	47,9	15,2	32,7	33,0	8,3	24,8
Лельчицы	31,2	9,0	22,1	38,3	11,9	26,4	26,8	7,2	19,5
Брагин	41,6	15,5	26,0	43,0	13,9	29,1	40,7	16,5	24,1
Среднее	45,4	16,0	29,4	51,3	17,8	33,5	41,7	14,9	26,8

Примечание. Выделены статистически различимые величины среднего количества дней с туманами.

Пространственная структура распространения числа дней с туманами, представленная на рис. 1, имеет некоторое различие с аналогичной схемой, опубликованной в работе [3], как в части пространственного формирования, так и в изменении количества дней с туманом. Это обусловлено происходящими в последнее время климатическими изменениями.

В то же время на отдельных метеостанциях (Езерище, Березинский заповедник, Горки, Бобруйск, Полесская, Ганцевичи, Высокое) отмечается незначительное увеличение количества дней с туманом.

Рассмотрим пространственное распределение среднего количества дней с туманами для теплого и холодного периодов. На рис. 2 отражены пространственное распределение числа дней с туманами в холодный (а) и теплый (б) периоды. Из рис. 2 а следует, что число дней с адвективными туманами велико на Новогрудской и Минской возвышенностях. Несколько меньшая повторяемость туманов отмечается на Оршанской и Смоленской возвышенностях.

В теплое время года (рис. 2 б), когда доминируют радиационные туманы, в Полесской низменности наблюдаются два ядра их повторяемости: пинско-ганцевичское и октябрьское.

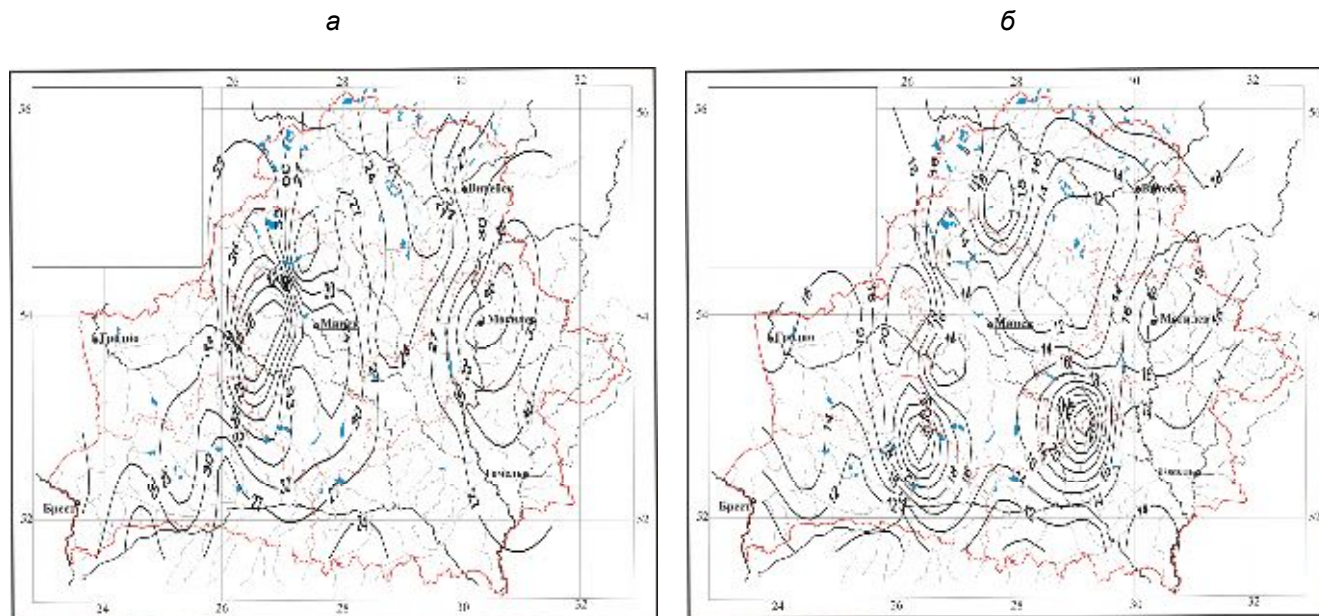


Рис. 2. Пространственное распределение среднего количества дней с туманами по территории Беларуси (а – за холодный период, б – за теплый период)

Адвективные туманы в холодное время года чаще формируются при поступлении теплого, влажного воздуха на холодную подстилающую поверхность. 60–80 % всех дней с адвективными туманами отмечаются в холодный период на возвышенностях республики.

Анализ изменчивости числа дней с туманом показал, что за 30-летний период наблюдений имело место уменьшение количества дней с туманом в году вплоть до середины 90-х годов прошлого столетия с последующей стабилизацией повторяемости туманов в последнее десятилетие (рис. 3). Если в конце 70-х годов XX в. наблюдалось в среднем более 70 дней с туманами (Новогрудок – 112 дней, Воложин – 108 дней, Ошмяны – 104 дня в 1977 г.), то в 90-х – начале XXI в. составило около 37 дней в году (Вилейка – 16 дней, Березино – 19 дней, Пинск – 20 дней, Витебск – 26 дней в 1995 г.).

В отдельные годы число дней с туманами значительно отклоняется от средней величины. Коэффициент вариации составляет $C_v = 0,5$ и колеблется от $C_v = 0,6$ – метеостанция Вилейка до $C_v = 0,2$ – Гродно, Лынтупы, Новогрудок, Барановичи, Пружаны.

Представление о внутригодовом ходе числа дней с туманом в месяце дает рис. 4. Максимум туманов наблюдается в осенне-зимние месяцы (в основном в ноябре – декабре) и составляет в среднем 4–6 дней. Минимум дней с туманом приходится на весну – лето, особенно май, когда этот показатель составляет около 1 дня. Наибольшие различия в месячном ходе числа дней с туманом за рассматриваемые периоды приходятся на февраль и ноябрь, в летние месяцы различия незначительны. Кроме того, туманы имеют хорошо выраженный суточный ход, особенно в теплый период года, когда преобладают радиационные туманы.

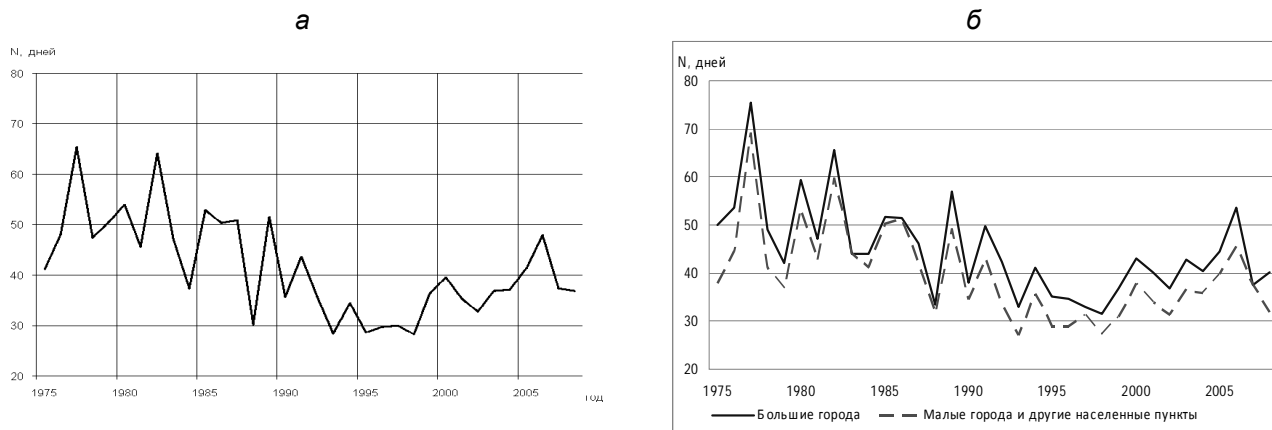


Рис. 3. Изменение среднегодового количества дней с туманами в году, приходящихся на одну метеостанцию Беларуси (а – по всей республике, б – по большим и малым городам и другим населенным пунктам)

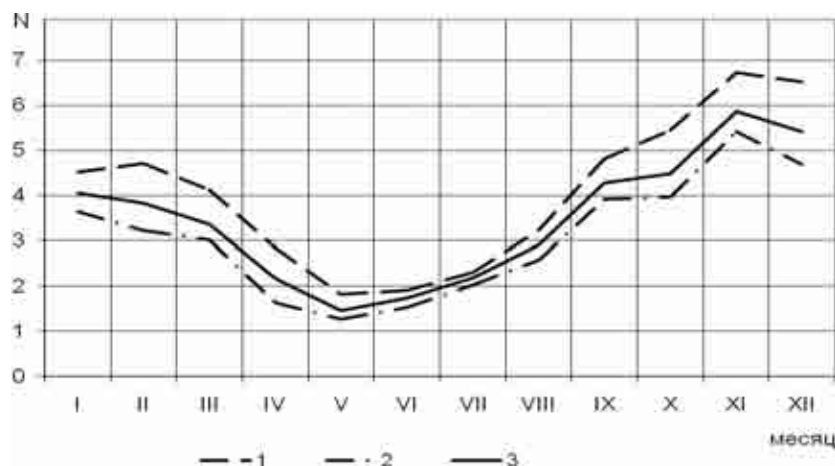


Рис. 4. Годовой ход среднемесячного числа дней с туманами, приходящихся на одну метеостанцию Беларуси для периодов: 1 – 1975–1987 гг., 2 – 1988–2008 гг., 3 – 1975–2008 гг.

Изменение среднего количества дней с туманами по месяцам представлено на рис. 5. В годовом ходе наблюдается падение числа дней с туманами на территории Республики Беларусь. В зимние месяцы отмечается в среднем от 4 до 6 дней с туманом в месяц. В весенне-летние месяцы регистрируется 2,2–2,5 дня в месяц: с марта по апрель – около 2,5 дня (в марте – 4,0, в

апреле – 2,1, в мае – 1,5), летом – около 2,2 дня с туманами. В осенние месяцы отмечается 5,1 дня в месяц с туманом.

Наличие определенных изменений в среднегодовом количестве дней с туманом подтверждает и наличие статистически значимых трендов. Так, градиент изменения числа дней в году с туманами составляет 6,2 дня/10 лет.

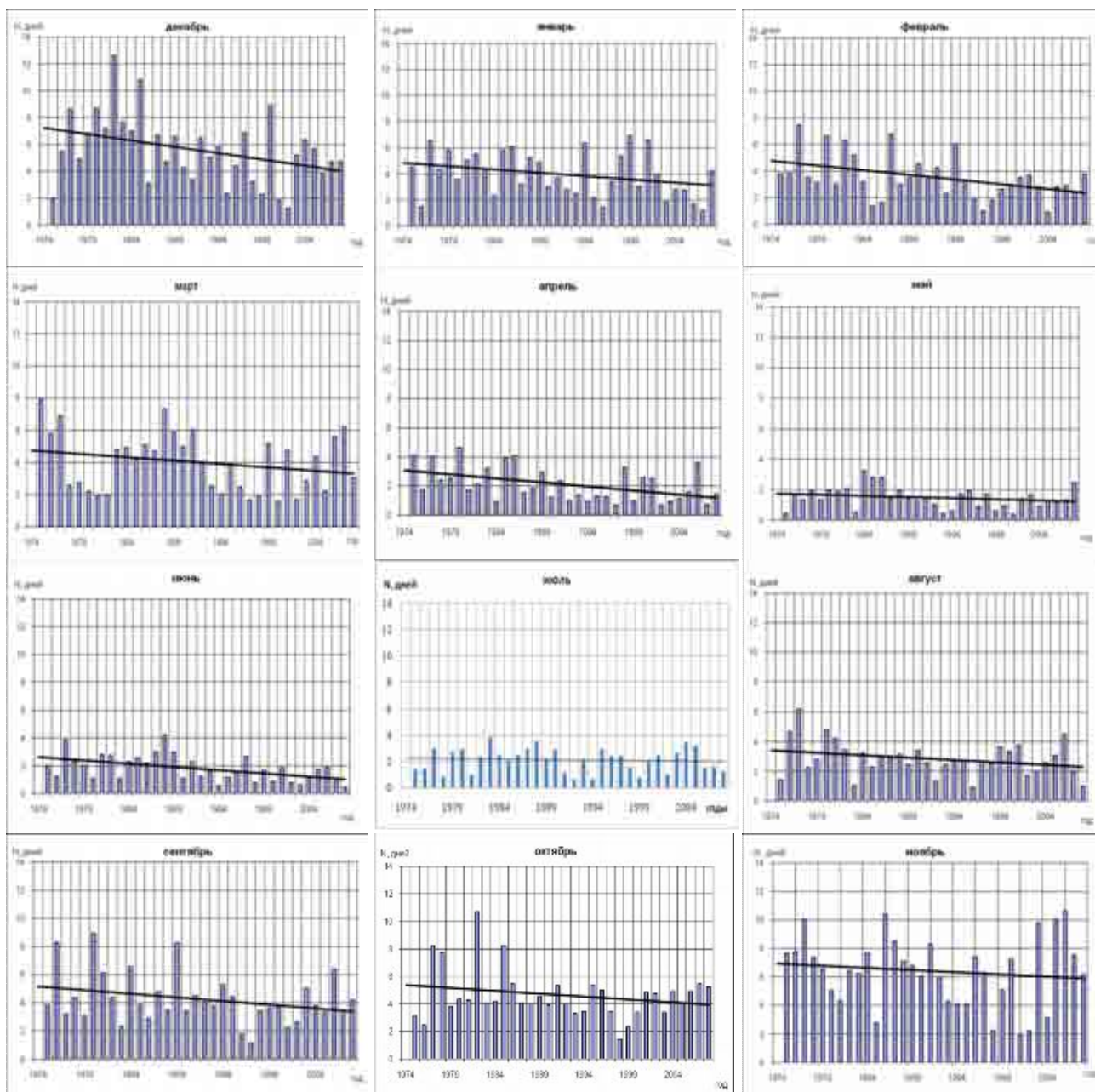


Рис. 5. Изменение среднего количества дней с туманами в разные месяцы года за период с 1975 по 2008 г.

В республике около 70 % населения проживает в городах, поэтому климатические особенности урбанизированных территорий по сравнению со слабо урбанизированными представляют значительный интерес. Город является мощным источником загрязнения воздуха аэрозолем, газообразными примесями,

твердыми частицами (пыль). Все они уменьшают прозрачность атмосферы и приход солнечной радиации. Городская застройка создает «шероховатость», в результате чего скорость и направление ветра трансформируются. Асфальтовое покрытие, здания и сооружения усиливают конвективный поток и турбулентность над горо-

дом. В больших городах туманы отмечаются чаще, чем в малых городах и других населенных пунктах (45,2 и 39,9 дня с туманом в году соответственно). Это может быть связано с тем, что в городах уменьшается скорость ветра.

Туманы неравномерно распределены в течение года. На холодную пору приходится 60–80 % всех туманов в году; максимум бывает в осенние месяцы – октябре–ноябре и в начале зимы – декабре (5–9 дней в месяц на низменностях и 11–20 дней на возвышенностях). Минимум дней с туманами отмечается летом, особенно в июне (0,5–1 день с туманом). За теплый период (апрель–сентябрь) наблюдается 16,0 дня с туманами, а за холодный (октябрь – март) – 29,4 дня (табл. 3).

Анализ повторяемости туманов в различные месяцы года для первого (1975–1988 гг.) и второго (1989–2008 гг.) периодов показал, что во второй период число туманов уменьшилось на одну и ту же величину как в крупных городах, так и в других населенных пунктах (табл. 3). На-

большее уменьшение повторяемости туманов характерно для X–IV месяцев как в больших городах, так и в других населенных пунктах. Собственно, в большинстве месяцев холодного времени года потепление климата было более значительным. В зависимости от месяца года снижение повторяемости туманов составило 10–40 %. Причиной такого снижения может быть рост температуры во второй период (1989–2008 гг.). При повышении температуры для достижения состояния насыщения атмосферного воздуха и последующего образования туманов требовалось большее влагосодержание атмосферного воздуха.

Среднегодовая разность повторяемости туманов несколько выше в больших городах по сравнению с другими населенными пунктами как в первый, так и во второй период. Это может быть связано со снижением скорости ветра в больших городах по сравнению с другими населенными пунктами.

Таблица 3. Повторяемость туманов в городах и других населенных пунктах с различной численностью населения за период с 1975 по 2008 г.

Повторяемость туманов	Период осреднения												средн.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Города с численностью населения более 300 тыс. чел.													
Средняя за весь период наблюдений	4,8	4,6	4,2	2,8	2	2	2,2	3,1	4,4	5,0	6,5	6,1	4,0
Средняя за 1975–1988 гг.	5,9	5,4	6,1	3,1	2,4	3,3	3,3	3,7	4,6	5,5	6,6	6,3	4,7
Средняя за 1989–2008 гг.	4,4	4,5	3,5	2,1	1,7	1,6	1,7	2,7	3,9	4,5	6,3	5,8	3,6
Разность за периоды 1975–1988 гг. и 1989–2008 гг.	1,5	0,9	2,6	1,0	0,7	1,7	1,6	1,0	0,7	1,0	0,3	0,5	1,1
Города и другие населенные пункты с численностью населения менее 300 тыс. чел.													
Средняя за весь период наблюдений	3,9	3,8	3,3	2,1	1,4	1,8	2,2	2,9	4	4,3	5,3	5,2	3,4
Средняя за 1975–1988 гг.	4,7	4,3	5,5	2,4	1,8	3,1	2,9	3,2	4,3	5,0	6,0	5,4	4,0
Средняя за 1989–2008 гг.	3,4	3,4	2,7	1,6	1,2	1,4	2	2,5	3,8	4	5	4,3	2,9
Разность за периоды 1975–1988 гг. и 1989–2008 гг.	1,3	0,9	2,8	0,8	0,6	1,7	0,9	0,7	0,7	1,0	1,0	1,1	1,1

Рассмотрим влияние рельефа местности на количество дней с туманами по территории Беларуси. На возвышенностях количество дней с туманом значительно больше, чем в пониженных местах. Особенно это заметно в холодный период года. С апреля по сентябрь на равнинной территории отмечается 14,3 дня с туманами, на возвышенной – 21,1, на Полесье – 17,1; в период с октября по март – 25,6, 38,7, 28,3 соответственно.

В зимнее время при подъеме на каждые 100 м число дней с туманом примерно удваивается; летом влияние высоты менее заметно. По-

видимому, это связано с тем, что зимой преобладают адвективные туманы, а летом – радиационные и смешанные (рис. 6).

Математическая зависимость количества дней с туманом от высоты местности для холодного периода (октябрь–март) имеет следующий вид:

$$N = 0,170 \cdot H + 3,34, \quad (r = 0,80), \quad (13)$$

где N – количество дней с туманом; H – высота местности, м.

Для теплого периода такой зависимости не наблюдается.

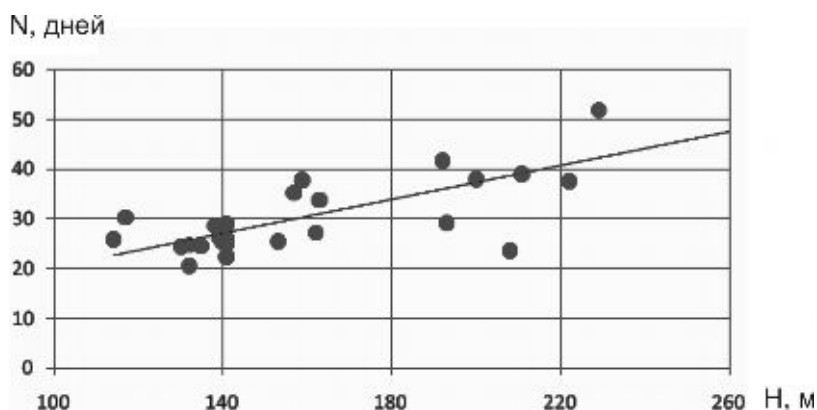


Рис. 6. Зависимость количества дней с туманом от высоты местности

Таким образом, на возвышенной части территории Беларуси отмечается значительно большее количество дней с туманами, чем на равнинной. В северной возвышенной части республики регистрируется в среднем 52,4 дня с туманами в год, в северной равнинной части – 31,7 дня, на Полесье – 45,9 дня.

Заключение

Выполненный комплексный анализ формирования туманов на территории Беларуси позволил установить пространственно-временные закономерности формирования числа дней с туманом.

Среднее число дней с туманом за год на территории Беларуси составляет около 40 дней и колеблется от 30 до 75, возрастая от низин к возвышенностям. Минимальное количество дней с туманами формируется на юго-западе (Брестском Полесье) и на северо-востоке (Полоцкая низменность) и колеблется от 30 до 40 дней. Наибольшее количество дней с туманами наблюдается на северо-западе страны на Ошмянской, Новогрудской и Минской возвышенностях и достигает 60–75 дней. За 30-летний период наблюдений отмечается уменьшение числа дней с туманами: с 1975 по 1987 г. – 51,3 дня, что статистически значимо различается по сравнению со вторым периодом (1988–2008 гг.), где эта величина составила 41,7 дня, что связано с увеличением температуры в последний период и,

как следствие, образование туманов требовало большего влагонасыщения атмосферы.

В больших городах туманы отмечаются чаще, чем в малых (45,2 и 39,9 дня с туманом в год соответственно). Это может быть связано с большим аэрозольным загрязнением и снижением скорости ветра в больших городах.

Анализ пространственного распределения среднего количества дней с туманами для теплого и холодного периодов показал, что число дней с адвективными туманами велико на Новогрудской и Минской возвышенностях, несколько меньшая повторяемость туманов отмечается на Оршанской и Смоленской возвышенностях. В теплое время года, когда доминируют радиационные туманы, в Полесской низменности наблюдаются два ядра повторяемости туманов: пинско-ганцевичское и октябрьское.

География распространения туманов находится в зависимости от микрорельефа, скорости ветра, распределения растительности, наличия водоемов и крупных населенных пунктов. На возвышенностях дней с туманом значительно больше, чем в пониженных местах. Особенно это заметно в холодный период года. С апреля по сентябрь на равнинной территории отмечается 14,3 дня с туманами, на возвышенной – 21,1, на Полесье – 17,1; с октября по март – 25,6, 38,7, 28,3 дня соответственно.

Литература

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М., 1974. Вып. 1.
2. Климат Беларуси / Под ред. В. Ф. Логинова. Мн., 1996.
3. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: Справ. / Под общ. ред. М. А. Гольберга / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Мн., 2002.
4. Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь. Л., 1974.

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ ТУМАНОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ И ИХ ПРИЧИНЫ

Рассмотрены туманы как опасное метеорологическое явление. Дана оценка пространственной и временной изменчивости количества дней с туманами на территории Беларуси за период с 1975 по 2008 г.

Материалами для исследования послужили данные Департамента гидрометеорологии Беларуси по 46 метеостанциям в месячном разрезе. В результате были построены карты, характеризующие пространственную и временную изменчивость количества дней с туманами. Использование стандартных статистических методов позволило установить временные закономерности в формировании туманов.

Выполненные исследования изменения числа дней с туманами на территории Беларуси показали, что статистическая структура количества туманов имеет существенную как временную, так и пространственную изменчивость. Среднее число дней с туманом за год на территории Беларуси составляет около 40 дней и колеблется от 30 до 75, возрастая от низин к возвышенностям. Минимальное количество дней с туманами формируется на юго-западе (Брестском Полесье) и на северо-востоке (Полоцкая низменность) и колеблется от 30 до 40 дней. Наибольшее количество дней с туманами наблюдается на северо-западе страны на Ошмянской, Новогрудской и Минской возвышенностях и достигает 60–75 дней. Среднее количество дней с туманами, приходящихся на одну метеостанцию, с 1975 по 1987 г. составило 51,3 дня, что статистически значимо различается по сравнению со вторым периодом (1988–2008 гг.), где эта величина составила 41,7 дня. В больших городах туманы отмечаются чаще, чем в малых (45,2 и 39,9 дня с туманом в год соответственно). Коэффициент вариации составляет $C_v = 0,5$ и колеблется по территории от $C_v = 0,6$ – метеостанция Вилейка до $C_v = 0,2$ – Гродно, Лынтупы, Новогрудок, Барановичи, Пружаны.

V. F. Loginov, A. A. Volchek, I. N. Shpoka

SPATIAL-TEMPORARY VARIABILITY OF FOGS FREQUENCY IN THE TERRITORY OF BELARUS AND THEIR REASONS

In work fogs as the dangerous meteorological phenomenon are considered, the estimation of spatial and time variability of quantity of days with fogs in territory of Belarus from 1975 on 2008.

As materials for research on 46 meteorological stations data of the Department of hydrometeorology of Belarus have served in a monthly aspect. The cards of characteristics of spatial and time variability of quantity of days with fogs have been constructed as a result. Use of standard statistical methods has allowed establishing time laws in the formation of fogs.

The executed researches of change of number of days with fogs in territory of Belarus have shown, that the statistical structure of quantity of fogs has essential both time, and spatial variability. The average of days with a fog for a year in territory of Belarus makes about 40 days and fluctuates from 30 to 75, increasing from lowlands to heights. The minimum quantity of days with fogs is formed in the southwest (Brest Polesye) and in the northeast (Polotsk lowland), fluctuates from 30 till 40 days. The greatest quantity of days with fogs is observed in the country northwest on Oshmjansky, Novogrudsky and Minsk heights and reaches from 60 till 75 days. The average quantity of days with a fog from 1975 to 1987 has made for 1 meteorological station 51,3 days, that statistically significantly differs in comparison with the second period (1988–2008) where this size has made 41,7. In big cities fogs occur more often, than in small cities (45,2 and 39,9 days with a fog in a year accordingly). The variation factor makes $C_v = 0,5$ which fluctuates on territory from $C_v = 0,6$ – meteorological station Vileika to $C_v = 0,2$ – Grodno, Lyntupy, Novogrudok, Baranovichy, Pruzhany.