

Научная статья

УДК 004.032.26+519.63:517.951

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.25.88.005

Моделирование опасного для населения воздействия торфяного пожара

Владимир Николаевич Ложкин

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия,

<https://orcid.org/0000-0003-0965-3000>

Автор, ответственный за переписку: Владимир Николаевич Ложкин, vnlojkin@yandex.ru.

Аннотация. Рассматривается физический процесс диффузии угарного газа (СО) от торфяного пожара в стратифицированной атмосфере. Торфяной пожар стилизуется моделью локального источника выброса СО с «холодным» (отсутствие открытого пламенного горения) дымовым смогом в пределах его мезомасштабного территориального распространения. Модель, с помощью унифицированной цифровой программы, позволяет рассчитывать загрязнение воздушной среды СО в долях превышения максимальной разовой ПДК при экстремальных метеорологических условиях.

Ключевые слова: торфяной пожар, дымовой смог, угарный газ, атмосфера, модель диффузии, население, прогноз опасного загрязнения

Для цитирования: Ложкин В.Н. Моделирование опасного для населения воздействия торфяного пожара // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 3 (26). С. 16-19 [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.25.88.005](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.25.88.005)

Original article

MODELING THE IMPACT OF A PEAT FIRE THAT IS DANGEROUS FOR THE POPULATION

Vladimir N. Lozhkin

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia,

<https://orcid.org/0000-0003-0965-3000>

Corresponding author: Vladimir N. Lozhkin, vnlojkin@yandex.ru

Abstract. The physical process of carbon monoxide (CO) diffusion from a peat fire in a stratified atmosphere is considered. Peat fire is stylized by the model of a local source of CO emission with "cold" (absence of open flame gorenje) smoke smog within its mesoscale territorial distribution. The model, with the help of a unified digital program, allows you to calculate the air pollution of CO in fractions of exceeding the maximum one-time MPC under extreme meteorological conditions.

Key words: peat fire, smoke smog, carbon monoxide, atmosphere, diffusion model, population, forecast of dangerous pollution

For citation: Lozhkin V.N. Modeling the impact of a peat fire that is dangerous for the population //Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 3 (26). С. 16-19. (In Russ.) [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.25.88.005](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.25.88.005)

В Российской Федерации лесные, в том числе, торфяные пожары наносят колоссальный ущерб обществу. Болотный торф горит в режиме тления под землей, как правило, без открытого пламени. При недостатке воздуха выделяется смог, насыщенный угарным газом (СО) и частицами золы опасных для человека размеров $PM_{2.5}$ и PM_{10} , содержащих канцерогенные смолы и соединения свинца [1]. При чрезвычайных метеорологических условиях, характеризующихся приземными инверсиями и безветрием, вредные вещества накапливаются в окрестности торфяного пожара на уровне дыхания человека, создавая ситуации, несовместимые с нормальной жизнедеятельностью проживающего населения.

Цель исследования состояла в обосновании модели диффузии угарного газа и методики расчета его концентрации в окрестности локального торфяного пожара для оценки санитарной значимости негативного воздействия на проживающее население, выражаемой в долях превышения расчетных значений концентраций предельно допустимой в РФ численной нормы ПДК_{МР} (предельно допустимого значения максимальной разовой концентрации СО для населенных пунктов).

В основу методологии положен метод Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (Санкт-Петербург) численного решения дифференциального уравнения (1), используемого в климатологии при расчетах движения поллютантов вместе с воздушными массами в стратифицированной тропосфере [2].

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 (u_i + w_g k_{ji}) \frac{\partial q}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} K_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - \alpha q + S, \quad (1)$$

где q – содержание СО; u_i и K_i – средние значения скорости воздушного потока и константы его турбулентности по осям Декарта x_i ; w_g – значение скорости падения частиц золы в воздухе; k_{ji} – Кронекера постоянная, принимается 1-цей при совпадении индексных значений, или 0-лю, - в случае несовпадения; α – значение параметра, характеризующего возможные химические превращения исследуемых поллютантов; S – слагаемое, величина которого учитывает влияние вероятных атмосферных метаболических процессов.

Использование данного фундаментального подхода моделирования приземного распространения «холодных» беспламенных продуктов горения углеводородов было положительно апробировано автором настоящей статьи в многочисленных исследованиях диффузии отработавших газов автотранспорта применительно к аналогичным метеорологическим условиям [3].

Практически расчет миграции СО при горении в режиме тления торфа и последующего санитарно-опасного его накопления в местах проживания населения на территории распространения дымового смога осуществляется применением унифицированной цифровой программы «Эколог 4» ООО «Фирма «Интеграл-Софт» (Санкт-Петербург). Программа реализует вышеупомянутый теоретический подход [2] в нормативном документе [4].

Таким образом, в соответствии с принятой моделью торфяного пожара, как наземного локального «холодного» источника выброса (разница температур дымовых газов и воздуха менее 50-60 °С [4]), – степень загрязнения воздуха СО от пожара торфяного определяется, в соответствии с документом [4], по наибольшим рассчитанным значениям разовой приземной концентрации (C'_M), которая устанавливается на некотором расстоянии (X_M) от места расположения пожара торфяного, как локального источника выброса, для стандартных нормально неблагоприятных метеорологических условий (ННМУ - когда скорость ветра достигает опасного значения ($v'_M < 2$ м/с) и в приземном слое наблюдаются температурные инверсии [4].

Разработанная модель была настроена (обучена) и протестирована по результатам экспериментов на реальной физической модели тлеющего горения брикетированного торфа [5]. В таблице представлены результаты оценки сходимости данных расчета и эксперимента.

Таблица. Расхождение между результатами расчета и измерений СО по условно «холодному» модельному источнику-рецептору для зимы

КТИ	Координаты			C ₁ , мг/м ³	C ₂ , мг/м ³	C ₃ , мг/м ³	$\bar{C} \pm \Delta C$, мг/м ³	C _{рас-т} , мг/м ³	D, %
	КТИ, м								
	X	Y	Z						
2	0	1	1,5	128	129	134	130,33±11,92	142,5	9
1	0	0	1,5	121	123	120	121,33±2,43	134,5	10
3	0	2	1,5	122	121	111	118,10±15,38	122,5	4
4	0	5	1,5	79	75	76	76,83±5,13	84,8	10
5	0	10	1,5	41	45	41	42,65±6,07	39,2	8
6	0	20	1,5	40	43	38	38,33±3,55	27,9	27
7	0	25	1,5	38	36	34	29,33±3,79	20,7	29
8	0	30	1,5	33	37	33	23,00±2,48	15,8	31
9	0	35	1,5	28	27	27	15,67±3,79	12,3	21
10	0	40	1,5	20	20	20	10,67±3,79	8,1	24
11	0	50	1,5	13	13	13	8,67±2,87	6,8	22
12	0	55	1,5	10	10	10	7,00±2,48	5,8	17
13	0	60	1,5	10	9	9	5,33±1,43	4,4	18

Примечания к Табл. 1: КТИ – контрольная точка измерения; C₁, C₂, C₃ – концентрации СО по 3-м циклам измерений, мг/м³; $\bar{C}$ – среднее арифметическое значение концентрации СО; ΔC – расхождение в абсолютных единицах; C_{рас-т} – концентрация СО по расчету; D – приведенная погрешность расчета относительно измерений; X, Y, Z – координаты КТИ в системе Декарта.

Практическое применение разработанной модели проиллюстрировано на рис. 1, на котором представлены результаты прогноза опасного загрязнения воздуха СО в окрестности гипотетически вероятного торфяного пожара, который может развиваться при горении торфяников в режиме тления рядом с федеральным шоссе Р-255 «Сибирь» в Иркутской области на общей площади более 25 га [6].

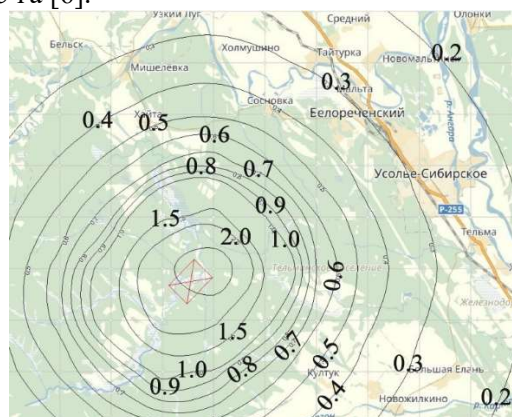


Рис. 1. ГИС-карта вероятного загрязнения воздуха СО вблизи торфяного пожара по характеристике превышения прогнозируемых расчетных значений превышения ПДК_{МР} для ННМУ [6]

Сравнительный анализ расчетных данных продемонстрировал высокое приближение оценок концентраций СО по разработанной модели с данными контрольных замеров концентраций угарного газа территориальными органами Росгидромета [6].

Список источников

1. Rawluk, A. Public values for integration in natural disaster management and planning: A case study from Victoria, Australia / A. Rawluk, R. M. Ford, F. L. Neolaka, K. J. Williams // J. Environ. Manage. – 2017. – V. 185. – P. 11-20.
2. Берлянд М. Е., Генихович Е. Л., Оникул Р. И. Моделирование загрязнения атмосферы выбросами из низких и холодных источников. - Метеорология и гидрология. - 1990. - № 5. - С. 5-16.

3. Lozhkina O. V., Lozhkin V. N. Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models / Journal Contents lists available at ScienceDirect «Transportation Research Part D», № 36, 2015. – p. 178–189. DOI: 10.1016/j.trd.2015.02.013.

4. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе / Утверждены приказом Минприроды России N 273 от 06.06.2017 г. // Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 10 августа 2017 года, регистрационный N 47734 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456074826>.

5. Ложкин В.Н. Развитие информационной технологии прогноза воздействия оксида углерода горящего торфа на огнеборца / Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2021. – № 1. – С. 117-124. DOI: 10.24412/2218-130X-2021-1-100-108.

6. Ложкин В.Н., Буланцев Д.С. Модель диффузии угарного газа в условиях возникновения чрезвычайной ситуации на автомагистрали вблизи горящего торфяника / Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2020. № 1. С. 10-15.

List of sources

1. Rawluk, A. Public values for integration in natural disaster management and planning: A case study from Victoria, Australia / A. Rawluk, R. M. Ford, F. L. Neolaka, K. J. Williams // J. Environ. Manage. – 2017. – V. 185. – P. 11-20.

2. Berlyand M. E., Genikhovich E. L., Onikul R. I. Modeling of atmospheric pollution by emissions from low and cold sources. - Meteorology and hydrology. - 1990. - No. 5. - pp. 5-16.

3. Lozhkina O. V., Lozhkin V. N. Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models / Journal Contents lists available at ScienceDirect «Transportation Research Part D», № 36, 2015. – p. 178–189. DOI: 10.1016/j.trd.2015.02.013.

4. Methods for calculating the dispersion of emissions of harmful (polluting) substances in the atmospheric air / Approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No. 273 dated 06.06.2017 // Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on August 10, 2017, registration No. 47734 [electronic resource]: <http://docs.cntd.ru/document/456074826>.

5. Lozhkin V.N. Development of information technology for predicting the impact of carbon monoxide of burning peat on a firefighter / Scientific and Analytical journal Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. – 2021. – No. 1. – pp. 117-124. DOI: 10.24412/2218-130X-2021-1-100-108.

6. Lozhkin V.N., Bulantsev D.S. Model of carbon monoxide diffusion in an emergency on a highway near a burning peat bog / Scientific and Analytical journal Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2020. No. 1. pp. 10-15.

Информация об авторе

В.Н. Ложкин – доктор технических наук, профессор

Information about the author

V.N. Lozhkin - Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences,
Full Professor

Статья поступила в редакцию 11.05.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 29.09.2022.

The article was submitted 11.05.2022, approved after reviewing 01.06.2022, accepted for publication 29.09.2022.