

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОНЫ ЗАГАЗОВАННОСТИ ПРОДУКТАМИ ГОРЕНИЯ И ЧИСЛА ПОСТРАДАВШИХ ПРИ ТОРФЯНОМ ПОЖАРЕ НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Грицков С.Н.

В 2016 году население некоторых районов Уральского Федерального округа оказалось в ситуации, когда рядом с их местом проживания происходило горение торфяников. При этом у жителей наблюдались недомогания, головные боли, усталость, что свидетельствует о воздействии опасных факторов пожара.

Отсюда возникает необходимость определить зону загрязнения продуктами горения торфа на участников тушения торфяных пожаров и население с целью определения риска для здоровья и предложения мероприятий по защите личного состава и населения.

Для решения поставленной цели использовали методику по расчету зон загазованности продуктами горения крупных пожаров, разработанную и утвержденную в установленном порядке ФГУ ВНИИПО МЧС России Москва в 2004 году [4]. Данная методика разработана для определения зон загазованности при крупных пожарах. При определенных усредненных показателях, торфяной пожар, возможно, рассматривать как крупный.

Участок тушения торфяного пожара сотрудниками пожаротушения рассматриваем как отдельный пожар. Пожарная нагрузка торфа глубиной от 0,7 до 2 м. Площадь пожара составила – 520 га или 5.2 км² или 5200 м². Величина пожарной нагрузки $P = 5460000 \text{ кг} = 5460 \text{ т}$. Это если глубина залежи торфа 2.5 м и масса торфа при влажности 20.7 % равняется 420 кг/м³. Площадь горения равна половине площади торфоразработки $S_{\text{п}} = 2600 \text{ м}^2$. Средняя температура воздуха 21.9 °С (лето), с учетом ночных температур. Сила ветра $U_0 = 2 \text{ м/с}$. Направление ветра Ю-В. Класс устойчивости атмосферы В. В 600 м от торфоразработки находится населенный пункт поселок Рязановский.

Производим оценку времени активного горения пожарной нагрузки по формуле.

$$t_{\text{гор}} = \frac{P}{V_m \cdot S_{\text{п}} \cdot k_{\text{поверх}}} = \frac{5460000}{0.0053 \cdot 2600 \cdot 1} = 396227 \text{ с} = 6604 \text{ мин (110ч)}; \quad (1)$$

V_m – массовая скорость выгорания кг/м² с ;

$k_{\text{поверх}}$ – коэффициент поверхности горения;

С учетом времени охвата и времени догорания, принимаем время пожара $T_{\text{пож}} = 150 \text{ ч (568800с)}$

Оцениваем интенсивность тепловыделения горения торфа по формуле.

$$q_n = \eta \cdot V_m \cdot Q_n^p = 0.8 \cdot 0.0053 \cdot 1.13 \cdot 10^7 = 0.47 \cdot 10^5 \text{ Вт} \quad (2)$$

η – коэффициент химического недожога;

Q_n^p – низшая теплота сгорания кДж/кг ;

Оцениваем мощность пожара по формуле 3

$$W = q_n \cdot S_n = 0.47 \cdot 10^5 \cdot 2600 = 12 \text{ МВт}, \quad (3)$$

Производим оценку эффективной высоты подъема продуктов горения (высота конвективной колонки) $H_{ст}$ (м) по формуле 5

Первоначально определяю высоту факела пожара по формуле 4.

$$H_{\phi} = 0,025 \cdot (Q_n^p \cdot V_m \cdot D)^{2/3} = 0.025 \cdot (11300 \cdot 0.0053 \cdot 58)^{2/3} = 5.5 \text{ м} \quad (4)$$

D - характерный размер очага пожара (для пожара круговой формы это диаметр круга).

$$\begin{aligned} S_{\pi} &= 2600 \text{ м}^2 \\ \pi R^2 &= 2600 \\ 3.14 R^2 &= 2600 \\ R^2 &= \frac{2600}{3.14} \\ R^2 &= 828 \\ R &= \sqrt{828} \end{aligned}$$

$$R = 29 \text{ м}$$

$$D = 2R = 29 \cdot 2 = 58 \text{ м}$$

$$H_{ст} = 2,53 \cdot \sqrt[3]{\frac{t_n \cdot V_m \cdot S_n}{U_0 |1 - \gamma|}} + H_{\phi} = 2,53 \cdot \sqrt[3]{\frac{1000 \cdot 0.0053 \cdot 2600}{2 |1 - (-1.7)|}} + 5.5 = 35 \text{ м} \quad (5)$$

t_n – температура пламени (для торфа до 1000 °С);

U_0 – скорость ветра, м/с;

γ – градиент температуры воздуха, °С/100 м.

Интенсивность выделения оксида углерода CO по формуле.

$$Q_{co} = K \cdot S_n \cdot V_m \cdot A_{co} = 35 \cdot 2600 \cdot 0.0053 \cdot 0.205 = 98.8 \text{ кг/с} \quad (6)$$

K – коэффициент приведения ;

A_{co} – весовая доля CO .

Оценка границ возможной зоны по формуле.

$$\sigma_{zmax} = \frac{H_{ef}}{2^{0,5}} \approx \frac{H_{ef}}{1,41} = \frac{35}{2^{0,5}} \approx 25 \quad (7)$$

По приложению оцениваю расстояние x_{max} , при котором концентрация продуктов горения в направлении ветра достигнет максимума $x_{max} = 600$ м.

Производим оценку глубины возможной зоны опасных концентраций по формуле.

$$L_n = 3 \cdot x_{max} = 3 \cdot 600 = 1800 \text{ м} \quad (8)$$

В зоне опасных концентраций окажется п. Рязанский с населением в 16 человек.

Определяем среднюю скорость ветра по формуле.

$$U_{cp} = (H_{ef}/z_1)^m \cdot U_0 / (1 + m) = (35/10) \cdot 2 / (1 + 0.11) = 7.77 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (9)$$

Z_1 – высота флюра, м.

Выбранная точка № 1 в которой необходимо определить концентрации CO :

$$X_1 = 700 \text{ м}$$

$$Y_1 = 100 \text{ м}$$

Определяю время подхода облака продуктов горения к точке № 1 (X_1 ; Y_1) по формуле.

$$t_{\text{под}} = k_B \cdot \frac{x}{U_0} = 0.23 \cdot \frac{700}{2} = 80.5 \text{ с} = 1.4 \text{ мин} \quad (10)$$

Определяю концентрацию СО в точки № 1 (X_1 ; Y_1) на уровне земли ($z = 0$) по формуле.

$$C_i(x_1; y_1) = \frac{Q_i}{\pi U_{\text{cp}} \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp - \left[\frac{H_{\text{ef}}^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\} = \frac{99}{3.14 \cdot 7.7 \cdot 95 \cdot 90} \left\{ \exp - \left[\frac{100^2}{2 \cdot 95^2} + \frac{35^2}{2 \cdot 90^2} \right] \right\} =$$

$$0.0034 \cdot \{ \exp - [0.55 + 0.075] \} = 0.0034 \cdot (\exp - 0.625) = 1.77 \cdot \frac{10^{-3} \text{ кг}}{\text{м}^3} \quad (11)$$

σ_y, σ_z – значения коэффициентов дисперсии.

Выбираю также точку № 2 в которой также определим концентрацию СО :

$$X_2 = 100 \text{ м};$$

$$Y_2 = 100 \text{ м}.$$

$$t_{\text{под}} = k_B \cdot \frac{x}{U_0} = 0.23 \cdot \frac{100}{2} = 11.5 \text{ с} = 0.2 \text{ мин}$$

$$C_i(x_2; y_2) = \frac{Q_i}{\pi U_{\text{cp}} \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp - \left[\frac{H_{\text{ef}}^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\} = \frac{99}{3.14 \cdot 7.7 \cdot 130 \cdot 125} \left\{ \exp - \left[\frac{100^2}{2 \cdot 130^2} + \frac{35^2}{2 \cdot 125^2} \right] \right\} =$$

$$= 1.22 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

Выбираю также точку № 3 в которой также определим концентрацию СО :

$$X_3 = 1800 \text{ м};$$

$$Y_3 = 100 \text{ м}.$$

$$C_i(x_3; y_3) = \frac{Q_i}{\pi U_{\text{cp}} \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp - \left[\frac{H_{\text{ef}}^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\} = \frac{99}{3.14 \cdot 7.7 \cdot 200 \cdot 180} \left\{ \exp - \left[\frac{100^2}{2 \cdot 200^2} + \frac{35^2}{2 \cdot 180^2} \right] \right\} =$$

$$0.7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

Точка № 1 (x_1 ; y_1) (700;100)

$$D = 265 \text{ кг} \cdot \text{с/ м}^3$$

Точка № 2 (x_2 ; y_2) (100;100)

$$D = 188 \text{ кг} \cdot \text{с/ м}^3$$

Точка № 3 (x_3 ; y_3) (1800;100)

$$D = 105 \text{ кг} \cdot \text{с/ м}^3$$

Основные данные по расчетам занесены в таблицу 1.

Таблица 1

Основные результаты расчетов

Расстояние x по направлению ветра, м	σ_y	σ_z	Концентрация СО кг/м ³	Токсодоза кг · с/ м ³
100	130	125	$1.22 \cdot 10^{-3}$	188
700	95	90	$1.77 \cdot 10^{-3}$	265
1800	200	180	$0.7 \cdot 10^{-3}$	105

Для оксида углерода СО:

1. летальная токсодоза $38 \text{ кг} \cdot \text{с/ м}^3$;

2. поражающая токсодоза, вызывающая потерю трудоспособности и необходимость лечения $10 \text{ кг} \cdot \text{с/ м}^3$;

3. пороговая токсодоза, вызывающая начальные симптомы поражения $6 \text{ кг} \cdot \text{с/ м}^3$.

Рекомендуется эвакуация населения из населенного пункта п. Рязановский в соответствии с доводимой об эвакуации информацией в течении 3 часов (тогда токсодоза не будет превышать пороговую и будет равна $5.31 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{м}^3$).

Что касается работы пожарных подразделений в данной зоне загазованности, то следует менять личный состав также каждые 3 часа (максимум 3.5 часа года токсодоза будет равна $6.1 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{м}^3$).

$$Q_{\text{сажа}} = K \cdot S_n \cdot V_m \cdot A_{\text{сажа}} = 35 \cdot 2600 \cdot 0.0053 \cdot 0.011 = 6 \text{ кг/с}$$

Концентрация сажи в точке № 1 (700;100) по формуле.

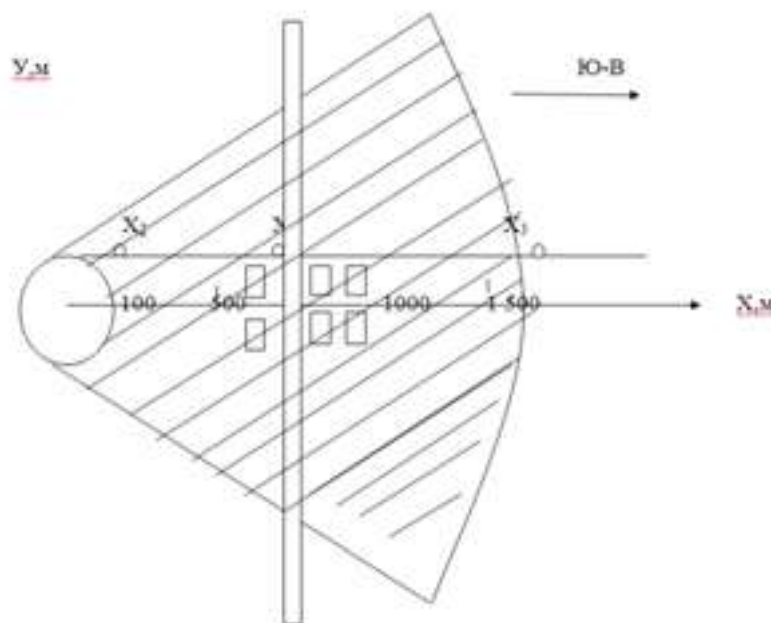
$$C_{\text{сажа}} = C_i(x_n, y_n) \cdot \frac{Q_j}{Q_i} = 1.77 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{6}{98.8} = 0.01 \text{ кг/м}^3 \quad (12)$$

Концентрация сажи в точке № 2 (100;100)

$$C_{\text{сажа}} = C_i(x_n, y_n) \cdot \frac{Q_j}{Q_i} = 1.22 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{6}{98.8} = 0.07 \text{ кг/м}^3$$

Концентрация сажи в точке № 3 (1800;100)

$$C_{\text{сажа}} = C_i(x_n, y_n) \cdot \frac{Q_j}{Q_i} = 0.7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{6}{98.8} = 0.04 \text{ кг/м}^3$$



Литература.

1. Грицков С.Н., Исаков Г.Н. «Влияние торфяных пожаров на экологическую обстановку в Уральском федеральном округе»// Научный симпозиум «Биотические компоненты экосистем» Пятого международного экологического конгресса «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2015» Том 2, С. 2015;

2. Справочник по торфу / Под ред. А.В. Лазарева и С.С. Корчунова. – М.: Недр, 1982. – 760 с.

3. Волокитина А.В. Экспериментальное изучение интенсивности горения напочвенного покрова // – М.: Лесная промышленность, 1984. – С. 91-93.

4. Исаева Л.К., Власов А.Г., Соловьев С.В. Исследование свойств торфа при разработке профилактических мер и способов тушения торфяных пожаров. // Вестник Академии Государственной противопожарной службы МЧС России. № 2. 2004. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. - С. 52-60.