

## Моделирование влияния вредных выбросов, поступающих в атмосферу при плазменной переработке медицинских отходов, на окружающую среду

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Проведено моделирование влияния вредных выбросов на окружающую среду. Модельные расчеты показывают, что концентрация вредных веществ в выбросах, поступающих в атмосферу при плазменной переработке медицинских отходов, может превышать безопасные значения на больших расстояниях от места выбросов. Для обеспечения сохранности благоприятной экологической обстановки при утилизации медицинских отходов плазменным методом в ряде случаев необходимо проведение воздухоочистительных мероприятий.

**Ключевые слова:** плазматрон, предельно допустимая концентрация, медицинские отходы, атмосфера.

Проблема загрязнения окружающей среды, связанная с образованием, накоплением, транспортировкой и хранением отходов, привела к формированию новой отрасли промышленности — переработки отходов. Разрабатывают и исследуют новые технологии, основанные на использовании низкотемпературной плазмы. Их отличие от традиционных термических технологий выражено в существенном повышении температуры процесса, обеспечении глубокой деструкции, уменьшении объема отходящих газов и возможности размещения установок в непосредственной близости к местам образования отходов.

Для моделирования влияния вредных выбросов, поступающих в атмосферу при плазменной переработке медицинских отходов, использовали модель турбулентной диффузии. Для выполнения расчетов нами была применена одна из распространенных модификаций модели турбулентной диффузии – модель гауссовой струи. В модели гауссовой струи пространственное распределение концентрации веществ, выбрасываемых в атмосферу, в случае достаточно высоких труб описывается зависимостью, которая с точностью до коэффициента перед экспоненциальным множителем совпадает с двумерным распределением Гаусса (формула Сеттона)

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u y_z} \exp\left(-\left(\frac{y^2}{y_y^2} + \frac{(z-h)^2}{y_z^2}\right)\right), \quad (1)$$

где  $u$  – скорость ветра;  $Q$  – расход загрязняющего вещества (масса вещества, выбрасываемая из трубы за единицу времени),  $C$  – концентрация вещества,  $x, y, z$  – пространственные координаты,  $h$  – высота источника выброса над уровнем земли. Предполагается, что ось  $x$  направлена по оси шлейфа, ось  $y$  – перпендикулярна оси шлейфа,  $z$  – вертикальная координата. Пространственные дисперсии концентрации  $\sigma_y$  (горизонтальная) и  $\sigma_z$  (вертикальная) в формуле (1) возрастают с увеличением расстояния от источника загрязнения  $x$ , причем зависимости пространственных дисперсий от расстояния являются нелинейными.

Характер зависимостей пространственных дисперсий концентрации от  $x$

определяется классом устойчивости атмосферы. С возрастанием неустойчивости атмосферы значения дисперсий увеличиваются. Увеличивается также и скорость возрастания дисперсий по мере удаления от источника загрязнения. Значения пространственных дисперсий при различных расстояниях для различных классов устойчивости атмосферы определяли согласно формулам Бриггса

$$y_y = \frac{\bar{\sigma}_{y,x}}{\sqrt{1+10^{-4}x}}, y_z = \frac{\bar{\sigma}_{z,x}}{s_z(x)}, \quad (2)$$

где коэффициенты  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$  и функция  $s_z(x)$  зависят от класса устойчивости атмосферы (таблица).

Значения коэффициентов  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$  и функции  $s_z(x)$

Класс устойчивости атмосферы	$\alpha_y$	$\alpha_z$	$s_z(x)$
1	0,22	0,20	1
2	0,16	0,12	1
3	0,11	0,08	$\sqrt{1+2410^{-4}x}$
4	0,08	0,06	$\sqrt{1+1,5410^{-4}x}$
5	0,06	0,03	$1+3410^{-4}x$
6	0,04	0,02	$1+3410^{-4}x$

В таблице класс 1 соответствует наибольшей неустойчивости; класс 6 – наибольшей устойчивости атмосферы; класс 4 – безразличной атмосфере.

Так как высота трубы, через которую происходит выброс газов в атмосферу, небольшая, то при расчете пространственного распределения концентраций учитывали эффект отражения распространяющихся в атмосфере газов от земной поверхности. Для учета эффекта отражения применяли метод виртуального источника загрязнения. Согласно данному методу концентрация в некоторой точке определяется суммой двух концентраций, одна из которых получается при рассмотрении реального источника в предположении отсутствия эффекта отражения, а другая – в случае виртуального источника, расположенного на высоте  $(-h)$ . В итоге выражение для концентрации с учетом эффекта отражения принимает вид

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u_y y_z} \left[ \exp\left(-\left(\frac{y^2}{y_y^2} + \frac{(z-h)^2}{y_z^2}\right)\right) + \exp\left(-\left(\frac{y^2}{y_y^2} + \frac{(z+h)^2}{y_z^2}\right)\right) \right]. \quad (3)$$

Для концентрации на уровне земли (приземной концентрации) при подстановке в (3)  $z=0$  получаем

$$C(x,y,0) = \frac{Q}{\pi u_y y_z} \exp\left(-\left(\frac{y^2}{y_y^2} + \frac{h^2}{y_z^2}\right)\right). \quad (4)$$

Расчеты выполняли для опасной скорости ветра  $u_m$ . Величина  $u_m$  зависит от параметра  $v_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{h}}$ , где  $h$  – высота источника над уровнем земли,  $\Delta T$  – разность температур атмосферного воздуха и выбрасываемого газа,  $V_1$  – расход газовой смеси. При температурах газовой смеси, характерных для выбросов от плазменных установок по переработке медицинских отходов, параметр  $v_M$  лежит в интервале  $0,5 < v_M < 2$ . В этом случае  $u_m = v_M$ .

Моделирование пространственного распределения приземной концентрации HCl, NO, CO, SO<sub>2</sub> в окрестностях источника выброса проводили для максимального расхода выбрасываемых веществ.

Полученные в результате расчетов значения приземной концентрации HCl, NO, CO, SO<sub>2</sub> сопоставляли со значениями предельной допустимой концентрации (ПДК). Результаты расчетов при различных классах устойчивости атмосферы показаны на рис. 1-4.

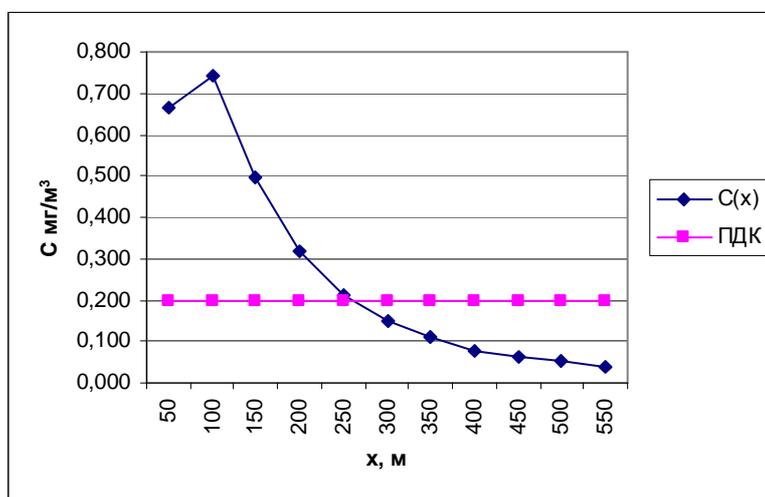


Рис. 1. Зависимость приземной концентрации HCl  $C(x)$  от расстояния от источника выброса  $x$

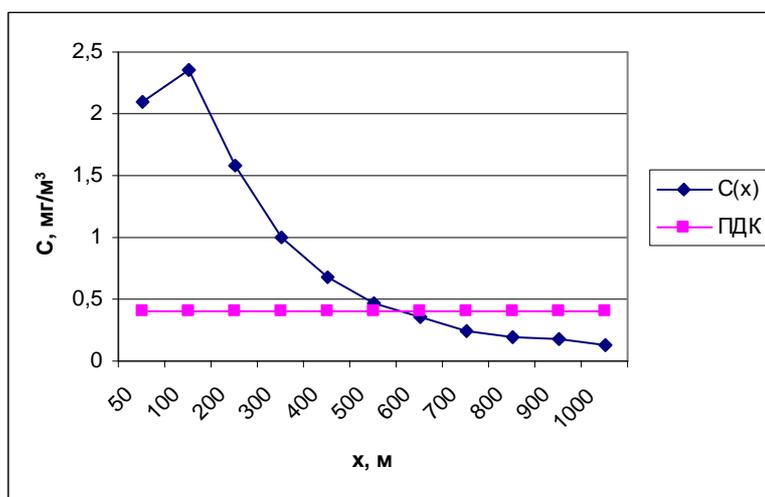


Рис. 2. Зависимость приземной концентрации NO  $C(x)$  от расстояния от источника выброса  $x$

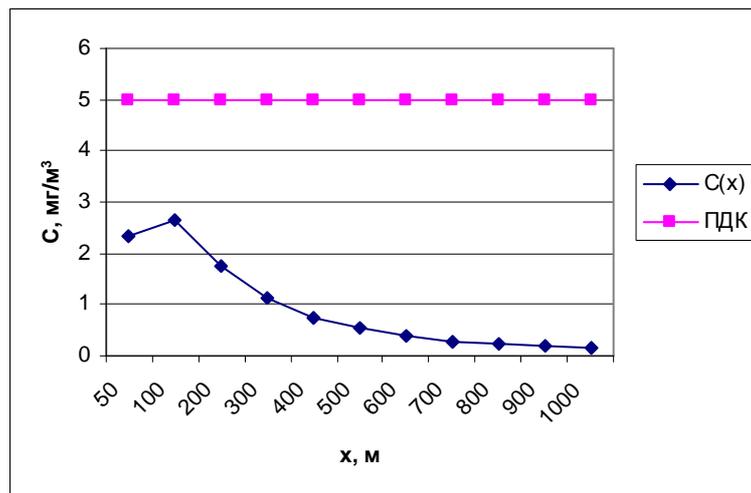


Рис. 3. Зависимость приземной концентрации CO  $C(x)$  от расстояния от источника выброса  $x$

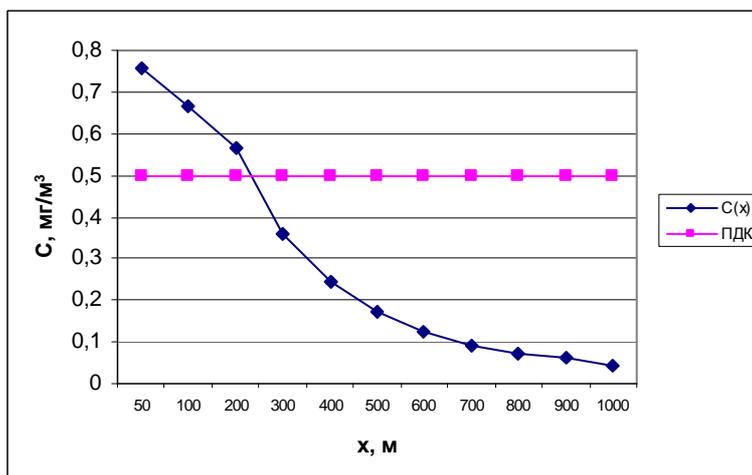


Рис. 4. Зависимость приземной концентрации  $SO_2$   $C(x)$  от расстояния от источника выброса  $x$

Как видно из приведенных графиков, максимально разовая приземная концентрация HCl, NO,  $SO_2$  при опасной скорости ветра может превышать ПДК в непосредственной близости от источника выбросов. Следовательно, для обеспечения благоприятной экологической обстановки необходимо предусмотреть ряд воздухоочистительных мероприятий.

### Выводы

Проведенные модельные расчеты показали, что концентрация HCl, NO,  $SO_2$  поступающих в атмосферу после плазменной переработки медицинских отходов при неблагоприятных условиях может превышать ПДК. Для обеспечения благоприятной экологической обстановки в ряде случаев необходимо проведение воздухоочистительных мероприятий. На основе вышеизложенного

представляется целесообразным дальнейшая разработка аппаратов системы охлаждения и очистки дымовых газов.

### Список литературы

1. Пархоменко В.Д./ В.Д. Пархоменко, П.Н. Цыбулев, Ю.И. Краснокутский. - Технология плазмо-химических производств, – К.: Луч, 1991. – С. 156-164.
2. Мухленов И.П., Расчеты химико-технологических процессов/ И.П. Мухленов. – М.: Химия, 1989. - С. 44-71.
3. Уорк К., Загрязнение воздуха: источники и контроль / К. Уорк, С. Уорнер. – М.: Мир, 1980. – 539 с.
4. Об усовершенствовании методов расчета загрязнения атмосферы, М.Е. Берлянд, Е.Л. Генихович, И.Г. Грачева и др.//Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха: тр. ГГО. – 1997. - Вып. 511. - С. 3-23.

**Рецензент:** канд. техн. наук, доц. И.Н. Берешко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцію. 16.06.10

### **Моделювання впливу шкідливих викидів, які надходять до атмосфери при плазмовій переробці медичних відходів, на навколишнє середовище**

Проведено моделювання впливу шкідливих викидів на навколишнє середовище. Модельні розрахунки показують, що концентрація шкідливих речовин у викидах, які надходять до атмосфери при плазмовому переробленні медичних відходів, може перевищувати безпечні значення на великих відстанях від місця викидів. Для забезпечення сприятливого екологічного стану при утилізації медичних відходів плазмовим методом у деяких випадках потрібне проведення повітроочисних заходів.

**Ключові слова:** плазмотрон, гранично допустима концентрація, медичні відходи, атмосфера.

### **Simulation of deleterious emission influence entering into the atmosphere during the plasma recycling of medical waste on the environment**

Simulation of deleterious emission influence was conducted. Model calculation points out that concentration of deleterious materials in emissions entering into the atmosphere during the plasma recycling of medical waste may exceed the safe values at large distances from the release point. To ensure the safety of favorable ecological conditions during the recovery of medical waste plasma method it is necessary to provide air-cleaning activities in quite a number of cases

**Keywords:** plasmatron, maximum allowable concentration, medical waste, the atmosphere.