

Моделирование влияния окислов азота, поступающих в атмосферу от выбросов гальванических цехов машиностроительного производства, на растительность

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

Проведено моделирование влияния окислов азота на растительность. Данные модельные расчеты показывают, что концентрация окислов азота вследствие выбросов гальванических цехов машиностроительных предприятий при неблагоприятных условиях может превышать безопасные для растений значения на значительных расстояниях от выбросов. Для обеспечения сохранности растительности в окрестностях машиностроительных предприятий в ряде случаев необходимо проведение воздухоочистительных мероприятий.

Ключевые слова: растительность, предельно допустимая концентрация, опасная скорость ветра, атмосфера.

В настоящее время нормирование выбросов веществ в атмосферу в Украине не учитывает влияния вредных веществ на растительность. Нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) устанавливают для предприятий исходя из предельно допустимых концентраций (ПДК), определенных по критерию воздействия на здоровье человека. В то же время эти концентрации могут оказываться губительными для растительности. ПДК для растений в Украине в настоящее время не установлены. В бывшем СССР были установлены только специальные временные нормативы для одного из природоохранных объектов. ПДК для растений согласно данным нормативам по ряду показателей значительно ниже, чем ПДК для человека. В США и странах Европейского Экономического Сообщества используют стандарты, которые также являются более жесткими, чем ПДК для человека, что позволяет обезопасить растительность от повреждений.

Оценку воздействия загрязнителей производили в гальваническом цехе Харьковского Государственного авиационного производственного предприятия, расположенного вблизи лесного массива. Основные выбрасываемые ингредиенты при работе гальванического цеха: окислы азота, ацетон, бутилацетат, толуол, ксилол и др. Наибольшая величина фактического годового объема выбросов среди данных ингредиентов характерна для окислов азота и составляет величину порядка 30 тонн в год. Максимальные концентрации окислов азота в выбросах гальванического цеха достигают величин порядка 10 мг/м^3 при расходе газовой смеси около $6 \text{ м}^3/\text{с}$. Объемы выбросов остальных ингредиентов на порядок меньше, поэтому в первую очередь представляет интерес оценка влияния на растительность выбросов окислов азота.

Для моделирования влияния окислов азота, выбрасываемых в атмосферу при работе гальванического цеха, использовали модель турбулентной диффузии. Для выполнения расчетов нами была использована 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)

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

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 σ_y (горизонтальная) и σ_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. Значения пространственных дисперсий при различных расстояниях для различных классов устойчивости атмосферы определяли согласно формулам Бриггса

$$y_y = \frac{\sigma_y x}{\sqrt{1+10^{-4}x}}, \quad y_z = \frac{\sigma_z x}{s_z(x)}, \quad (2)$$

где коэффициенты α_y, α_z и функция $s_z(x)$ зависят от класса устойчивости атмосферы (табл. 1).

Таблица 1. Значения коэффициентов α_y, α_z и функции $s_z(x)$

Класс устойчивости атмосферы	α_y	α_z	$s_z(x)$
1	0,22	0,20	1
2	0,16	0,12	1
3	0,11	0,08	$\sqrt{1+24 \cdot 10^{-4}x}$
4	0,08	0,06	$\sqrt{1+1,54 \cdot 10^{-4}x}$
5	0,06	0,03	$1+34 \cdot 10^{-4}x$
6	0,04	0,02	$1+34 \cdot 10^{-4}x$

В табл. 1 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 (составляет 6 м), 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

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

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

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

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

Моделирование пространственного распределения приземной концентрации окислов азота в окрестностях источника выброса производили для максимального расхода выбрасываемых веществ. Расчеты выполняли для двух классов атмосферы: устойчивой и безразличной. Полученные в результате расчетов значения приземной концентрации окислов азота сопоставляли со значениями ПДК для растений. Отметим, что максимальная разовая ПДК для окислов азота ($0,04 \text{ мг/м}^3$) согласно данным нормативам более чем в два раза, меньше максимальной разовой ПДК для человека ($0,085 \text{ мг/м}^3$). Результаты расчетов при различных классах устойчивости атмосферы показаны на рис. 1 – 4.

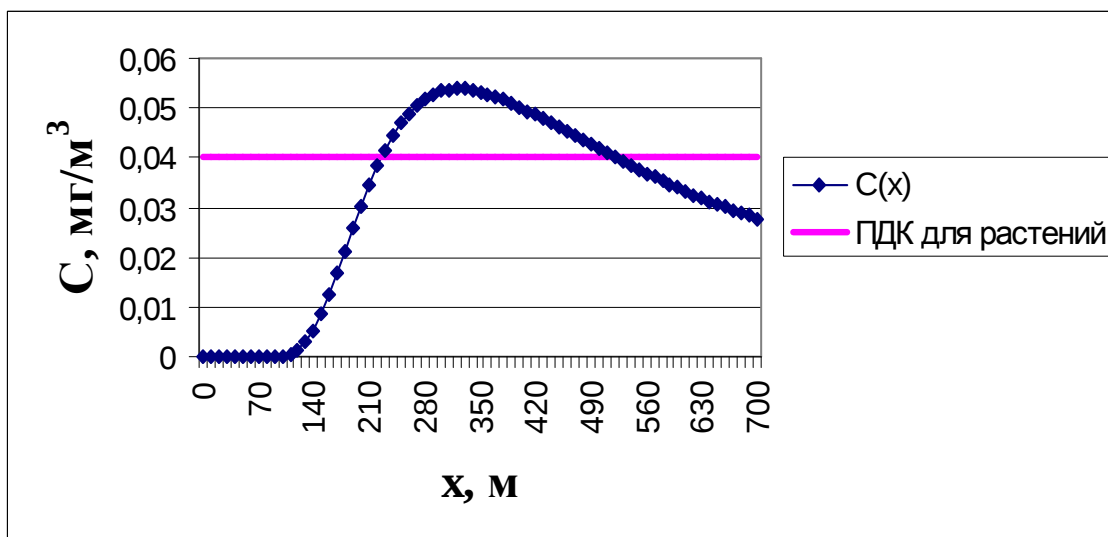


Рис. 1. Зависимость приземной концентрации окислов азота $C(x)$ от расстояния от источника выброса x для устойчивой атмосферы в зимний период

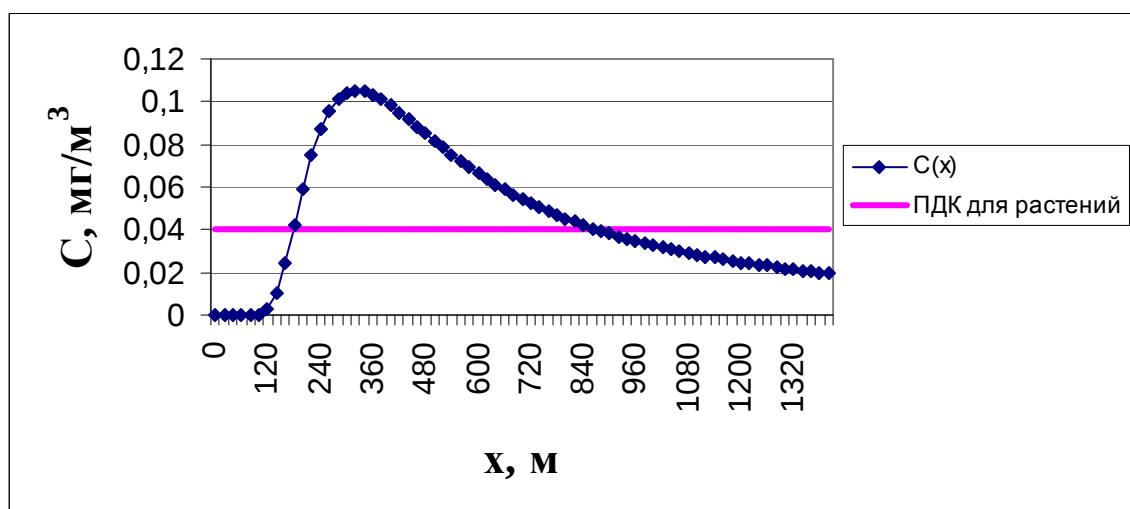


Рис. 2. Зависимость приземной концентрации окислов азота $C(x)$ от расстояния от источника выброса x для устойчивой атмосферы в летний период

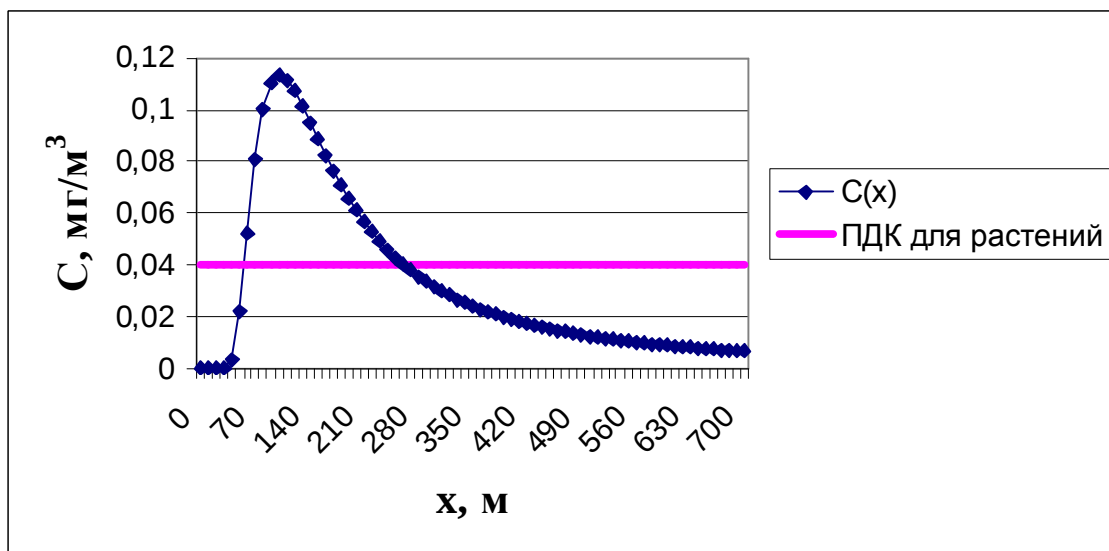


Рис. 3. Зависимость приземной концентрации окислов азота $C(x)$ от расстояния от источника выброса x для безразличной атмосферы в зимний период

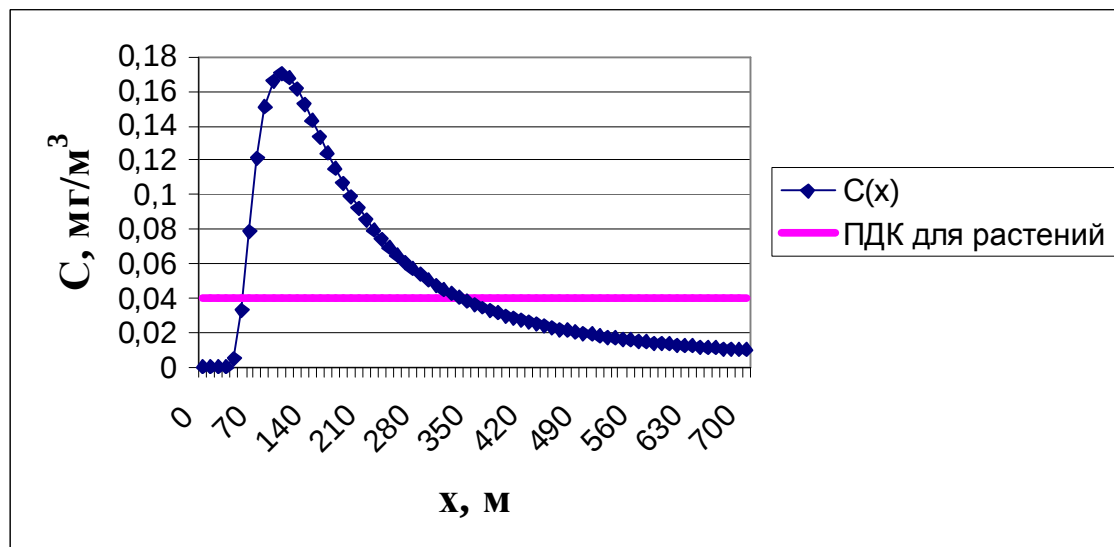


Рис. 4. Зависимость приземной концентрации окислов азота $C(x)$ от расстояния от источника выброса x для безразличной атмосферы в летний период

Как видно из приведенных графиков, максимально разовая приземная концентрация окислов азота при опасной скорости ветра может существенно превышать ПДК для растений. В случае безразличной атмосферы для зимнего периода безопасная для растений концентрация достигается на расстоянии 250 м, а в летний период – 350 м, т. е. зона загрязнения атмосферы ограничена пределами предприятия. В случае устойчивой атмосферы для зимнего периода безопасные для растений значения концентрации достигаются на расстоянии порядка 550 м, а в летний период – 900 м. Таким образом, в случае устойчивой атмосферы в летний период опасные для растений концентрации могут достигать лесного массива. Следовательно, для обеспечения нормального роста и развития растительности лесного массива необходимо предусмотреть воздухоочистные мероприятия. Наиболее распространенным методом в нашей стране является очистка газов от окислов азота путем поглощения их растворами Na_2CO_3 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, сравнительно реже – NaOH и KOH .

Выводы

Проведенные модельные расчеты показали, что концентрация окислов азота вследствие выбросов гальванических цехов машиностроительных предприятий при неблагоприятных условиях может превышать безопасные для растений значения на значительных расстояниях от выбросов, в том числе и на территории близлежащих лесных массивов. Для обеспечения сохранности растительности в окрестностях машиностроительных предприятий в ряде случаев необходимо проведение воздухоочистительных мероприятий. На основе вышеизложенного представляется целесообразным внесение дополнений в существующие нормативные документы в целях обеспечения безопасности растений.

Список литературы

1. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – 200 с.
2. Временные нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, оказывающих вредное воздействие на лесные насаждения в районе музея-усадьбы «Ясная Поляна». – М.: Мир, 1984. – 12 с.
3. Уорк К., Загрязнение воздуха: источники и контроль / К. Уорк, С. Уорнер. – М.: Мир, 1980. – 539 с.
4. Об усовершенствовании методов расчета загрязнения атмосферы, Берлянд М.Е., Генихович Е.Л., Грачева И.Г. и др. // Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха. Труды ГГО. – 1997. - Вып. 511. - С. 3-23.

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В.Ю. Колосков, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 25.03.10

Моделювання впливу оксидів азоту, які надходять до атмосфери від викидів гальванічних цехів машинобудівного виробництва, на рослинність

Проведено моделювання впливу оксидів азоту на рослинність. Ці модельні розрахунки показують, що концентрація оксидів азоту внаслідок викидів гальванічних цехів машинобудівних підприємств за несприятливих умов може перевищувати безпечні для рослин значення на значних відстанях від викидів. Для забезпечення збереження рослинності в околицях машинобудівних підприємств у деяких випадках потрібне проведення повітроочисних заходів.

Ключові слова: рослинність, гранично допустима концентрація, небезпечна швидкість вітру, атмосфера.

Model of nitrogen oxides influence, which are emitted to atmosphere from galvanic workshops of machine-building production, on plants

In this article the model of nitrogen oxides influence on plants is performed. The model computations have shown that the concentration of nitrogen oxides because of emissions of galvanic workshops of machine-building enterprises under unfavorable conditions may exceed safe values for plants arranged at considerable distances from places of emissions. To keep plants in areas close to machine-building enterprises in some cases it is necessary to take measures on cleaning air.

Keywords: plants, maximum permissible concentration, dangerous speed of wind, atmosphere.