

UDC 612

Model and Computing Experiment for Research and Aerosols Usage Management

Daler K. Sharipov

Center for Development of Software Programs and Hardware and Software Systems at Tashkent
University of Informational Technologies, Uzbekistan
Durmon yuli 29, Tashkent, Uzbekistan, 100125
Junior researcher
E-mail: Qushqor@mail.ru

Abstract. The article deals with a math model for research and management of aerosols released into the atmosphere as well as numerical algorithm used as hardware and software systems for conducting computing experiment.

Keywords: hazardous substances; object; ecology; sanitary norms; adjoin problem.

Введение. Современные темпы развития экономики региона требуют строительства все более мощных индустриальных и промышленных объектов (заводов, фабрик, транспортных средств, добычи и переработки энергоносителей и т.д.), в результате чего накапливаются и рассредоточиваются трудовые ресурсы вблизи этих объектов, которые прямым образом воздействуют на экологическое состояние территории, где расположены социальные густо населенные районы, зоны отдыха и экологически значимые пункты. В результате увеличения промышленных объектов увеличивается выброс в атмосферу вредных веществ и аэрозоли примесей в окружающую среду, а также в указанные выше зоны, что прямым образом воздействует на экологическое состояние этих территорий [3-6].

Строительство и запуск промышленных объектов без учета санитарной нормы атмосферного бассейна нарушает дисбаланс региона и прилегающей к ней территории, вследствие чего увеличивается загазованность атмосферы и снижается урожайность садовых деревьев и бахчевых продуктов в результате выпадения аэрозольных примесей в виде «кислотных дождей».

Материалы и методы. Задача об оценке загрязнения атмосферы и подстилающей поверхности пассивными и активными аэрозольными выбросами и примесями, размещения промышленных предприятий с соблюдением санитарных норм, определения количества взвешенных частиц над регионом, выпавших частиц на подстилающую поверхность и прогнозирования их распространения в окружающую среду и приземный слой атмосферы является актуальной в проблеме охраны окружающей среды.

Обсуждение. Из практики видно, что при анализе функционирования и прогнозирования процесса распространения вредных веществ в атмосфере необходимо учитывать: во-первых, изменение скоростей перемещения аэрозольных выбросов в атмосфере по трем направлениям, т.е. по вертикали, по направлению скорости потока и отклоняющей от них во времени; во-вторых, изменение коэффициента диффузии и коэффициента турбулентного перемешивания по вертикали при устойчивой и неустойчивой стратификации; в-третьих, изменение розы ветров со временем и в зависимости от топографии местности; в-четвертых, фазовый переход субстанции за счет изменения температурного режима в слоях атмосферы и местонахождения аэрозольных источников.

С целью учета указанных выше факторов для прогнозирования и предотвращения нежелательных экологических последствий рассматриваемого региона создан эффективный инструмент – математическая модель (ММ) и численный алгоритм, реализуемый в виде программно-инструментального комплекса для проведения вычислительного эксперимента на ЭВМ, описываемых уравнением переноса и диффузии, основанным на законе сохранения массы, количества движения [1-2, 7]:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \varphi}{\partial t} + u \frac{\partial \varphi}{\partial x} + v \frac{\partial \varphi}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \sigma \varphi = \\ & = \mu \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + Q(x, y, z, t) \end{aligned} \quad (1)$$

с начальными и краевыми условиями:

$$\varphi(x, y, z, 0) = \varphi_0(x, y, z), \quad (2)$$

$$\varphi|_{x=0, x=a} = \varphi|_{y=0, y=b} = 0, \quad (3)$$

$$k_z \frac{\partial \varphi}{\partial n} = -\omega_g \sin \alpha \varphi + \beta \varphi - f_0 \quad \text{ïðè } z = 0, \quad (4)$$

$$k_z \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0 \quad \text{ïðè } z = H, \quad (5)$$

которое решается в области $D = (0 < x < a, 0 < y < b, 0 < z < H, t > 0)$.

Здесь φ - количество распространяющегося вещества, t - время, x, y, z - координаты, u, v, w - составляющие скорости ветра по направлениям x, y, z соответственно, w_g - скорость осаждения частицы, k - коэффициент турбулентного перемешивания, μ - коэффициент диффузии, σ - коэффициент поглощения, α - угол наклона поверхности, β - коэффициент взаимодействия с подстилающей поверхностью, $Q(x, y, z, t)$ - мощность источников, $f_0(x, y, z)$ - количество аэрозольных частиц, отрывающихся от шероховатости земной поверхности земли.[8-10]

Для учета скорости направления ветра в разработанной математической модели процесса введем вспомогательные функции $V_n = v(z_2)/v(z), v(z) = \sqrt{u(z)^2 + v(z)^2}$ и, умножая обе части уравнения (1) на $v(z_2)/v(z)$, получаем

$$\begin{aligned} & \frac{v(z_2)}{v(z)} \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{v(z_2)}{v(z)} u \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{v(z_2)}{v(z)} v \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{v(z_2)}{v(z)} (w - w_g) \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{v(z_2)}{v(z)} \sigma \varphi = \\ & = \frac{v(z_2)}{v(z)} \mu \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right) + \frac{v(z_2)}{v(z)} \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + \frac{v(z_2)}{v(z)} Q(x, y, z, t) \end{aligned} \quad (6)$$

или

$$\begin{aligned} & V_n \frac{\partial \varphi}{\partial t} + v(z_2) \cos \alpha(z) \frac{\partial \varphi}{\partial x} + v(z_2) \sin \alpha(z) \frac{\partial \varphi}{\partial y} + V_n (w - w_g) \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \\ & + V_n \sigma \varphi = V(z_2) \mu \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right) + V_n \frac{\partial}{\partial z} \left(k(z) \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + V_n Q(x, y, z, t). \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь

$$\begin{aligned} & u(z) = v(z) \cos \alpha(z), \quad v(z) = v(z_2) \sin \alpha(z); \\ & u(z) \frac{v(z_2)}{v(z)} = v(z) \cos \alpha(z) \frac{v(z_2)}{v(z)} = v(z_2) \cos \alpha(z); \\ & v(z) \frac{v(z_2)}{v(z)} = v(z_2) \sin \alpha(z). \end{aligned}$$

Таким образом, разработан эффективный инструмент - математическая модель для проведения вычислительного эксперимента на ЭВМ.

Результаты. Для проведения вычислительных экспериментов на ЭВМ разработаны численный алгоритм и программный комплекс с управляющим рабочим интерфейсом для ввода данных, карты местности, расчета полей прогноза распределения аэрозольных примесей и интерпретации результатов в виде графических и анимационных объектов.

Ввод начальных полей данных и параметров модели объекта осуществляется с помощью специальной формы (рис. 1), используя которую, можно занести карту местности, область исследования, название аэрозольных веществ, выбрасываемых в атмосферу прилегающей местности, высоту уровня от поверхности земли, скорость и направления ветра, номер и мощность источника и др. параметры математической модели процесса.

Занесение данных

Название карты местности: Карта Ахангаранского далини

Имя файла - карта местности: c:\alm16.bmp

Область исследования (км) по x: 300 км по y: 300 км по z: 300 м

Разделение на отрезки по x: 21 по y: 21 по z: 6

Активная область по x: 1 до 21 по y: от 1 до 21 по z: от 1 до 6

Название вещества: 1. азот окись

Высота по уровням, 1- 0.05 2- 16 3- 50 4- 100 5- 150 6- 250

Скорость ветра (м/с): 0.5

Направление ветра: 45

Период времени (час): 0.5

Деление время для показ: 1

Данные по источнику

Количество источников: 1

Номер источника: 1

Разположение по X: 12

Разположение по Y: 11

Разположение по Z: 4

Мощность источника: 100

Рис. 1. Форма для ввода начальных полей данных и параметров модели объекта

Результаты проведенных численных расчетов на ЭВМ приведены на рис. 2-7.

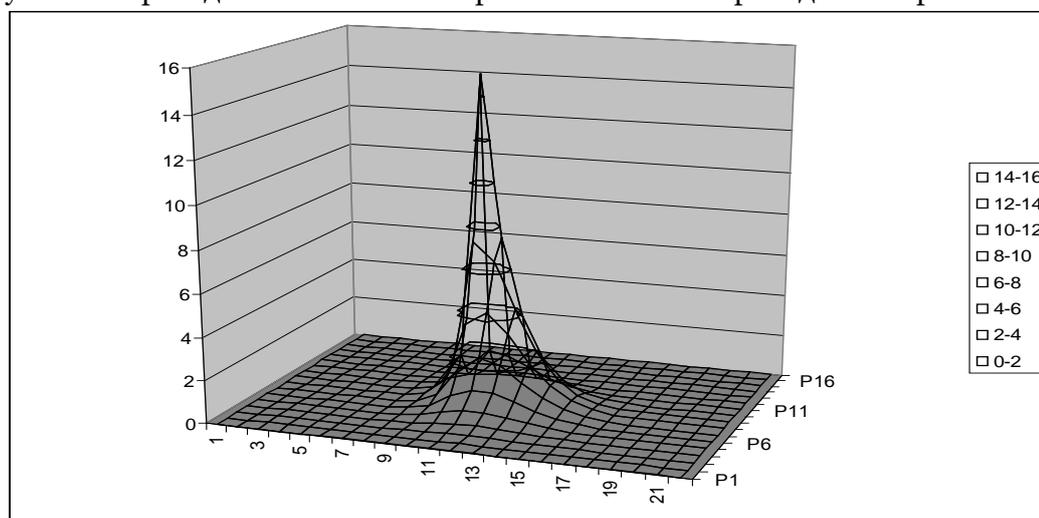


Рис. 2. Изменение концентрации аэрозольных

выбросов в атмосферу, когда действует один источник загрязнения

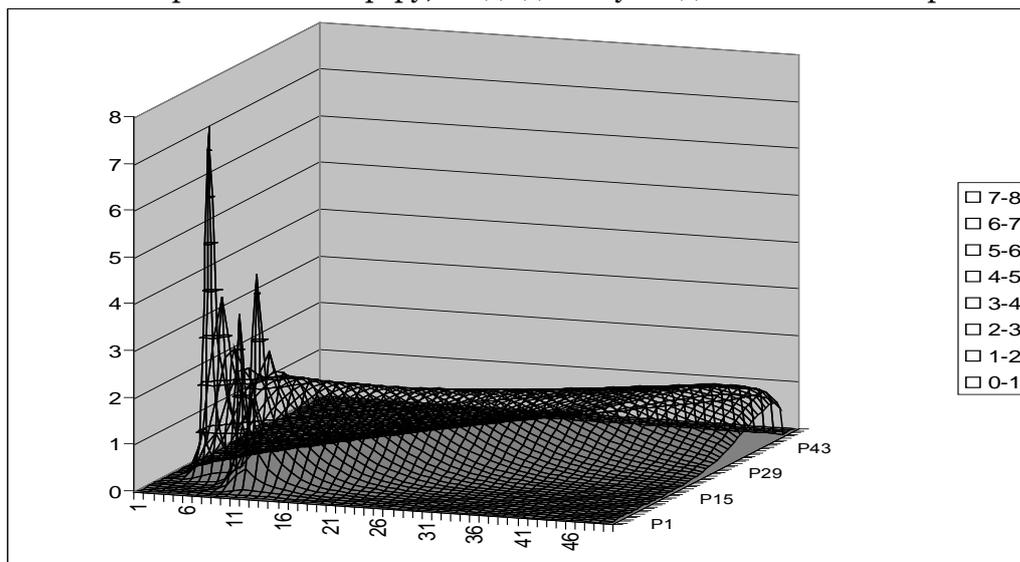


Рис. 3. Изменение концентрации аэрозольных выбросов в атмосферу, когда действуют два источника загрязнения

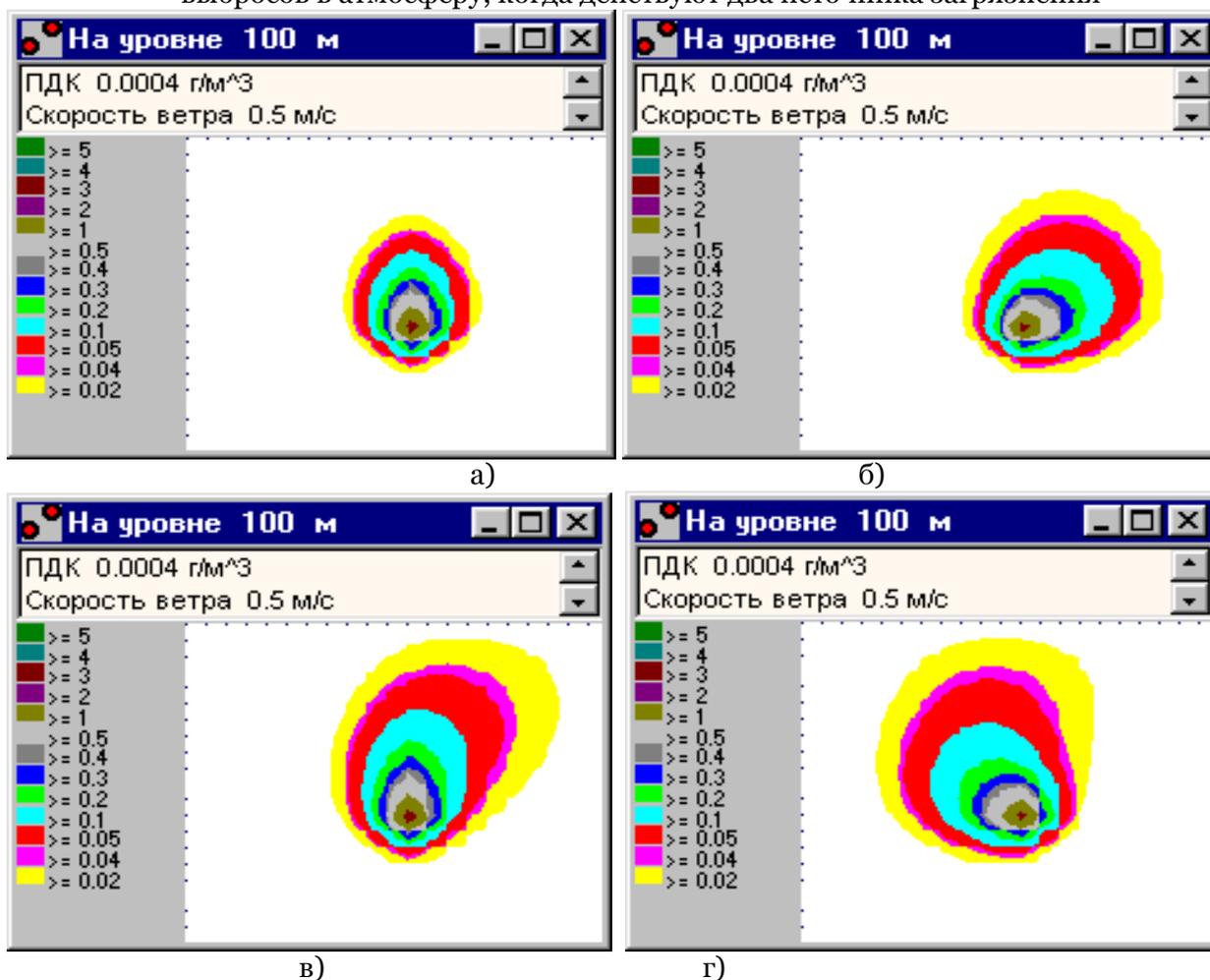


Рис. 4. Распространение вредных веществ в атмосфере в зависимости от скорости и направления ветра

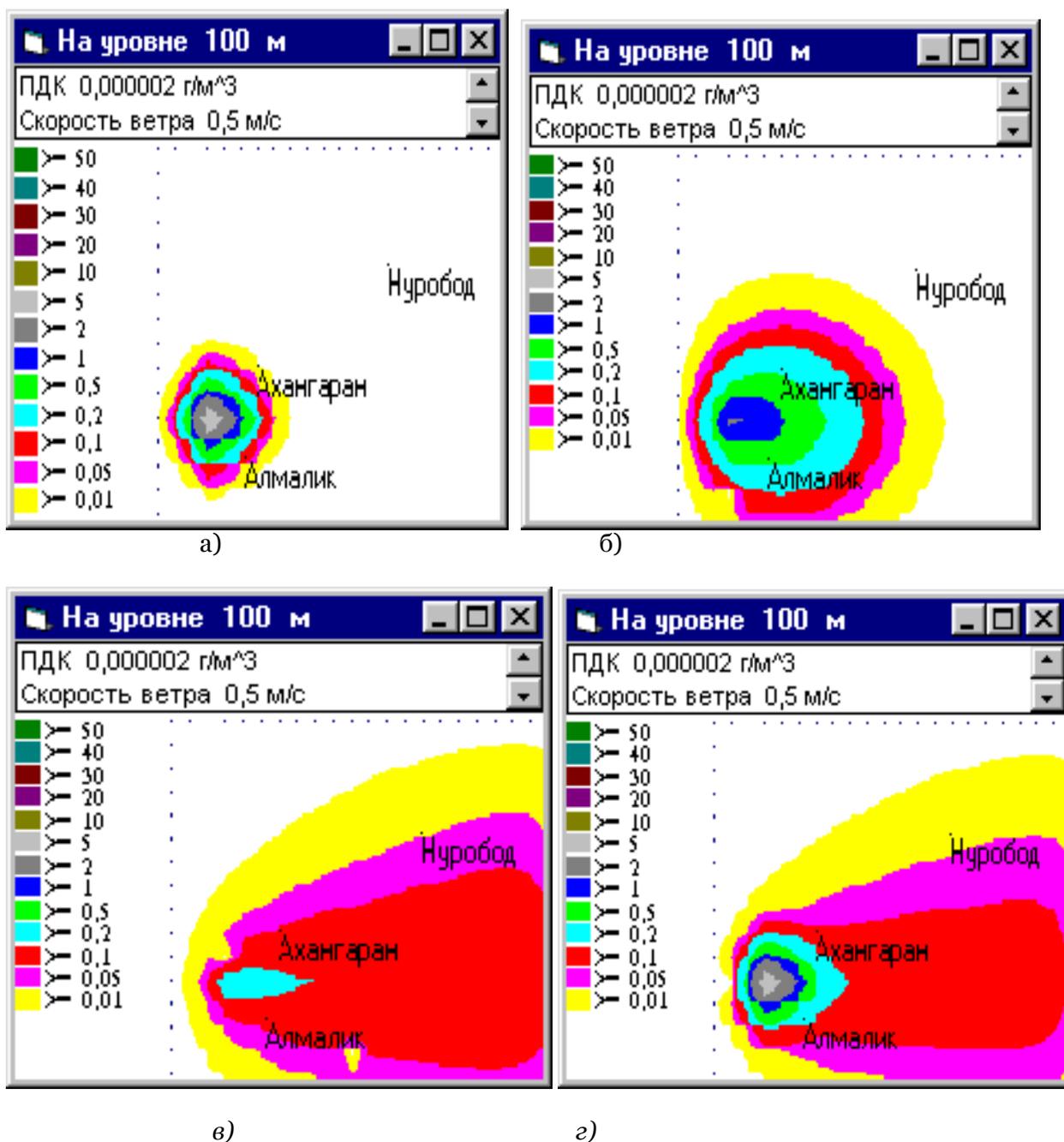


Рис. 5. Распространение вредных веществ в атмосфере со временем при:
а) $t = 0,5$ ч.; б) $t = 1$ ч.; в) $t = 3$ ч.; г) $t = 5$ ч.

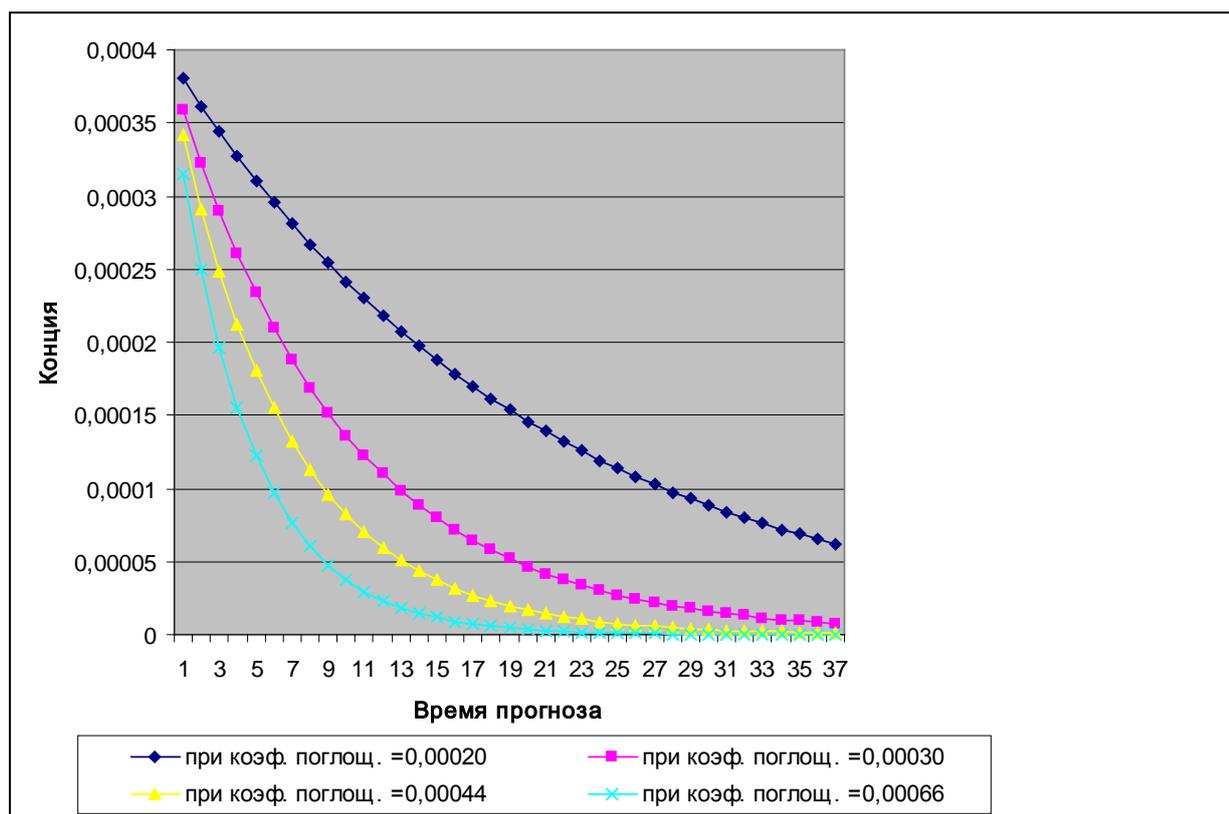


Рис. 6. Изменение концентрации аэрозольных выбросов в атмосфере

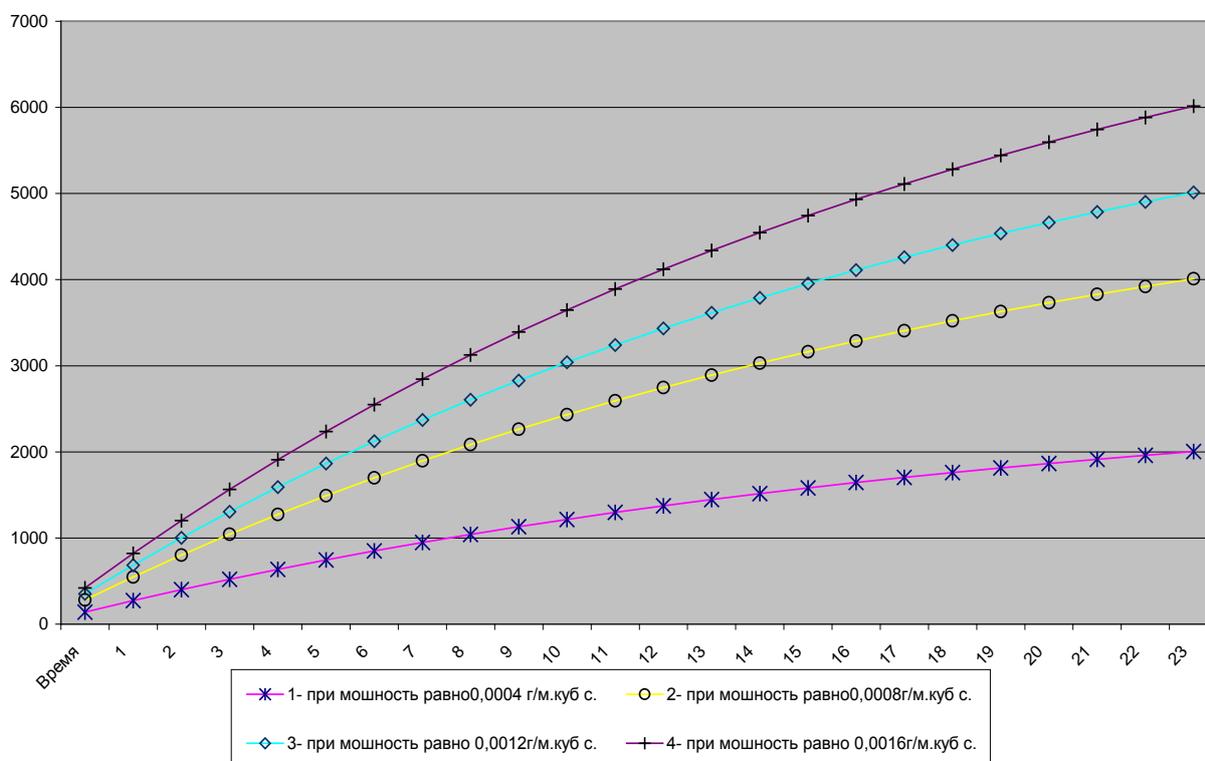


Рис. 7. Изменение концентрации аэрозольных выбросов в атмосфере в зависимости от мощности источника

Выводы. Из результатов проведенных численных расчетов следует, что изменение концентрации аэрозолей в атмосфере зависит в основном от коэффициента поглощения

частиц, который изменяется в зависимости от метеорологических показателей погоды и местности региона.

Численные расчеты (рис. 4) показали, что скорости изменения концентрации аэрозольных выбросов зависят от направления и скорости воздушного потока в атмосфере их масс.

В прогнозировании загрязнения атмосферы особую роль играет учет коэффициента взаимодействия β с подстилающей поверхностью, поскольку $\beta(x, y)$ изменяется в пределах $0 < \beta(x, y) < 1$, где $\beta = 1$ - водная поверхность, $\beta = 0$ - твердая стенка. Считается, что если $\beta = 1$, водная поверхность полностью поглощает вредные вещества, попадающие на водную поверхность, а при $\beta = 0$ загрязняющие вещества попадают в атмосферу.

Примечания:

1. Abutaliev F.B., Karimberdieva S., Sharipov D.K., Mathematical model for optimal siting of the industrial plants // Proceeding of World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, Tashkent (June 4–5, 2002). –Kaufering: b–Quadrat Verlag, 2002. P. 201–206.
2. O'Connor J. Fractal Representation of Heterogeneous Systems Structure. New-York: FDA, 1997. 200 p.
3. Opsomer J., Speckman P., Kaiser M., Jones J. Statistical models for limiting factors in ecology, J. Amer. Statist. Assoc., 1994, Vol 89. pp. 410–423.
4. Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С., Шарипов Д.К., Программно-инструментальная система для прогнозирования и управления распространения аэрозолей в атмосфере // Материалы меж. начной конф. «Актуальные проблемы математики и ее приложения». Худжанд, 2003. С. 18–19.
5. Абуталиев Ф.Б., Каримбердиева С., Шарипов Д.К., Распространение солепылевых частиц от осушенной зоны Аральского моря // Тезисы докладов международной конференций «Математическое моделирование экологических систем», Алматы 2003 г. С. 73.
6. Каримбердиева С. Численные решения дифференциально-разностных уравнений в параллелепипеде, шаре и цилиндре. Ташкент: Фан, 1983. 112 с.
7. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме охраны окружающей среды. М.: Наука, 1982. 320 с.
8. Равшанов Н., Шарипов Д.К., Джапарова Р.К.. Сопряженная модель нестационарного процесса переноса и диффузии аэрозольных выбросов в атмосфере // В мире научных открытий. 2010. № 6. С. 67–70.
9. Фаддеева В.Н. Метод прямых в применении к некоторым краевым задачам // Труды Математического института АН СССР им. В.А. Стеклова. Т. XXVIII (28). М., 1989.
10. Шарипов Д.К. Численное решение уравнения переноса и диффузии // Алгоритмы. Т., 2002, Вып. 88. С. 146-158.

УДК 612

Модель и вычислительный эксперимент для исследования и управления процесса распространения аэрозолей в атмосфере

Далер Кучкарович Шарипов

Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при Ташкентском университете информационных технологий, Узбекистан
Дурмон йули 29, г. Ташкент, Узбекистан, 100125
Младший научный сотрудник
E-mail: Qushqor@mail.ru

Аннотация. В статье приводится математическая модель для исследования и управления процесса распространения аэрозолей в атмосфере, а также численный алгоритм, реализуемый в виде программно-инструментального комплекса для проведения вычислительного эксперимента на ЭВМ.

Ключевые слова: вредные вещества; объект; модель; экология; санитарные нормы; сопряженная задача.