

## Программная реализация математической модели аэрогенного переноса загрязняющих веществ при пожаре в программе «Пожар-ЭКО»

В настоящее время существуют программные продукты, позволяющие моделировать ситуацию возникновения и распространения пожара в природной среде. Однако отсутствует не только геоинформационная система (программа), но и модель, позволяющая оценить последствия возникновения пожара и количества переноса загрязняющих веществ [1]. Программа «Пожар-ЭКО» спроектирована для того, чтобы восполнить пробел в данной области.

Как известно, помимо температуры окружающей среды на возникновение и распространение очага горения в природных экосистемах оказывают воздействие скорость и направление ветра, влажность и тепловые свойства горючего материала, действенность системы противопожарной защиты территории, если такая система защиты имеется [8]. Перечисленные факторы учитываются в описанной ниже модели.

Разработанное ПО служит для решения следующих задач:

1) осуществление первичной обработки данных, введенной через графический интерфейс, для проведения дальнейших расчетов полей концентраций выбросов;

2) визуальный контроль особенностей получаемых изолиний и уточнения фоновой концентрации, шага концентрации и шага изолиний;

3) анализ полученных числовых значений и изображений и принятие решения о состоянии окружающей среды в рассматриваемой зоне.

Теоретической основой программного обеспечения «Пожар-ЭКО» является модель аэрогенного переноса загрязняющих веществ (ЗВ) при пожаре, учитывающая:

1) объемы выброса ЗВ (постоянны); 2) горизонтальное и вертикальное рассеивание ЗВ в атмосфере (смена параметров - функция от расстояния); 3) распределение параметров описывается приближенными формулами и выводится из экспериментов [3].

Модель распространения примесей в атмосфере, созданная Парскуиллом и Гиффордом, является эмпирической моделью. В ее основе лежит представление концентрации примеси, выбрасываемой непрерывным точечным источником в атмосфере, как струи с гауссовыми распределениями по вертикали и в поперечном к ветру направлении. Основным содержанием модели являются обобщенные экспериментальные данные [9]:

$$q(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y(x)\sigma_z(x)u} \cdot f_F f_W \cdot \exp - \frac{y^2}{2\sigma_y^2(x)} \cdot \left( \exp - \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2(x)} \right) + \left( \exp - \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2(x)} \right),$$

где  $x, y, z$  - декартовы координаты, ось  $z$  - вертикальное направление, ось  $x$  - по ветру;  $h$  - эффективная высота источника;  $Q$  - мощность источника выброса;  $q$  - концентрация примеси в данной точке пространства;  $u$  - скорость ветра, усредненная по слою перемешивания;  $\sigma_y(x)$  и  $\sigma_z(x)$  - вер-

тикальная и поперечная дисперсии облака примеси;  $f_F$  и  $f_W$  - поправки на обеднение облака за счет сухого осаждения примеси и ее вымывания осадками [4].

Программное обеспечение реализовано в среде разработки Borland Delphi, требует предустановки баз данных, находящихся в дистрибутиве. ПО «Пожар-ЭКО» возможно установить как в операционную систему (ОС) Windows, так и в ОС семейства Linux, с предварительной установкой программы Wine в ОС Linux. «Пожар-ЭКО» служит для решения следующих основных задач:

1) осуществление первичной обработки введенной через графический интерфейс информации для проведения дальнейших расчетов полей концентраций выбросов; 2) визуальный контроль особенностей получаемых изолиний и уточнения фоновой концентрации, шага концентрации и шага изолиний; 3) анализ полученных числовых значений и изображений, что способствует выработке решения о состоянии окружающей среды.

**МЕТЕЛКИН Иван Иванович** - старший преподаватель  
ФГОУ ВПО «Воронежский институт государственной  
противопожарной службы МЧС России».

Адрес: 394052, г. Воронеж, ул. Красноказарменная, 231  
e-mail: iw.metelckin@yandex.ru

**АСТАНИН Иван Константинович** -  
кандидат географических наук, доцент  
ФГОУ ВПО «Воронежский государственный университет».

Адрес: 394006, г. Воронеж, Университетская площадь, 1  
e-mail: astanin@vsu.ru

**МАКАРОВ Роман Юрьевич** - заместитель директора  
по компьютеризации Зональной научной библиотеки  
ФГОУ ВПО «Воронежский государственный университет».

Адрес: 394006, г. Воронеж, Университетская площадь, 1  
e-mail: makarov@lib.vsu.ru

Компоненты программы:

- 1) Графический интерфейс.
- 2) Модуль расчета изолиний концентраций одного источника - расчет начинается с вычисления промежуточных коэффициентов, результатом работы данного алгоритма является файл с именем, введенным в начале расчета.
- 3) Модуль построения точной суперпозиции - построение начинается с нанесения на карту изолиний от разных источников. Файлы отличаются друг от друга не более чем на шаг концентрации. При нанесении на карту фигуры заливаются одним равномерным цветом. Далее производится оконтуривание полученной фигуры, составленной из изолиний одной концентрации от многих источников. Оставшийся в результате контур наносится на карту.
- 4) Модуль построения сглаженной суперпозиции - результатом работы алгоритма является изображение карты с нанесенными на нее сглаженными изолиниями одной концентрации от выбранных источников. Полученное изображение можно сохранить в файл с расширением «.bmp» для дальнейшего анализа (рис. 1).

Преимуществом программы «Пожар-ЭКО» является возможность эксплуатации в различных операционных средах. Модель, на базе которой реализована программа, удобна для расчета аэрогенного переноса ЗВ на персональном компьютере. В рамках тестирования также реализован запуск серверной версии программы на предустановленной операционной системе Ubuntu 13.04 (серверная версия), а также Wine версия 1.6. Запуск расчетов на сервере дает возможность использовать более одного оператора для ввода в единую базу данных, что значительно упрощает эксплуатацию данного программного обеспечения в организации или группе организаций.

Остается открытым вопрос о применении программы в оценке загрязняющих веществ, сконцентрированных в выбросах крупных промышленных предприятий.

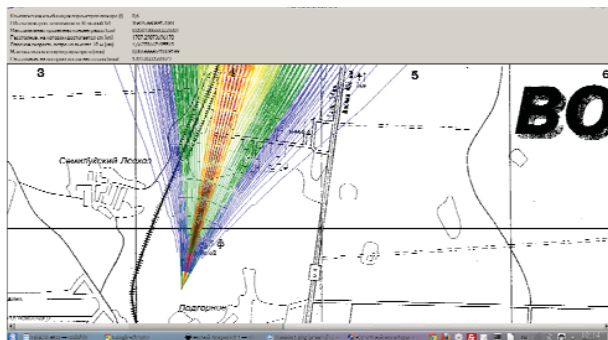


Рис. 1. Построение суперпозиции файлов

Вопрос требует более детальной проработки и сбора эмпирических данных.

#### Выводы

1) С помощью турбулентных характеристик меандрирующей струи, реализованной в программе «Пожар-ЭКО», возможно оценить степень загрязнения исследуемой территории в периодах от получаса до суток.

2) Возможность определения суперпозиции ореола загрязнения позволяет графически выделить зоны по уровню загрязнения.

3) Программное обеспечение «Пожар-ЭКО» позволяет обрабатывать цифровые данные, собранные на потенциально пожароопасных объектах.

#### Литература:

1. Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха. - М.: Изд-во «Иностранная литература», 1962. - 512 с.
2. Допустимые выбросы радиоактивных и химических веществ в атмосферу / Е.Н. Теворовский, Н.Е. Артемов, А.А. Бондарев и др. Под ред. Е.Н. Теворовского, И.А. Теворовского. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 216 с.
3. Математическая модель аэрогенного переноса загрязняющих веществ при пожаре / И.К. Астанин, И.И. Метелкин. *Естественные и технические науки*. - 2011. - № 3. - С. 413-416.
4. Pasquill F. *Atmospheric diffusion*. Van Nostr. Co. Ltd. L., 1962.
5. Пранов Б.М. Методы мно-

- гомерных статистических исследований в проблемах техносферной безопасности / Б.М. Пранов // *Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности»*. - *Электрон. журн.* - 2012. - № 6. - URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
6. Горюнкова А.А. О методологии мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы при аварийных выбросах опасных химических веществ / А.А. Горюнкова // *Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности»*. - *Электрон. журн.* - 2012. - № 4. - URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
7. Козлачков В.И. Экспресс-оценка концентрации продуктов горения в воздухе при пожарах / В.И. Козлачков, Д.А. Вечтомов // *Интернет-журнал «Технологии*

- техносферной безопасности»*. - *Электрон. журн.* - 2012. - № 5. - URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. Гоман П.Н. Экспериментально-численное моделирование процесса горения и распространения огня в условиях лесного низового пожара / П.Н. Гоман, В.П. Соболев, Д.В. Баровик и др. // *«Технологии техносферной безопасности»*. - *Электрон. журн.* - 2011. - № 3. - URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
9. Замай С.С., Якубайлик О.Э. Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города: Учеб. пособие / Краснояр. гос. ун-т. - Красноярск, 1998. - 109 с.