

ЭНЕРГЕТИКА, ТЕПЛО- И МАССООБМЕН

УДК 504.06:51–74

С. А. ЛАПТЁНОК¹, А. МЕХДИЗАДЕХ МУЖДЕХИ¹, В. П. БУБНОВ²**ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДСТВАМИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ**¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, e-mail: 267413@mail.ru,²Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров
в области газоснабжения «ГАЗ-ИНСТИТУТ», Минск, Беларусь, e-mail: vladilen3224@yandex.ru

Изложена методика применения технологии географических информационных систем для объемного моделирования процесса распространения поллютантов в атмосферном воздухе. Представлена объемная пространственная модель процесса промышленного загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух; промышленное загрязнение; географические информационные системы; трехмерное пространственное моделирование.

S. A. LAPTYONOK¹, A. MEHDIZADEH MUZHDEHI¹, V. P. BUBNOV²**3D MODELLING BY MEANS OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
FOR INCREASE OF ECOLOGICAL-ECONOMIC EFFICIENCY OF POWER OBJECTS**¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: 267413@mail.ru,²Gas-Institute, the state Institute of Retraining and Professional Development of gas-service staff,
Minsk, Belarus, e-mail: vladilen3224@yandex.ru

A method of application of GIS-technology for space 3D-modelling of process atmosphere pollution was proposed. A space 3D-modell of process of industrial pollution of air was presented.

Keywords: atmosphere; industrial pollution; geographic information systems; 3D spatial modelling.

Эффективность работы объектов энергетики оценивается рядом показателей, из которых наиболее важным можно считать себестоимость единицы вырабатываемой энергии. Данный показатель зависит от многих факторов, в том числе и от суммарного объема «экологических» платежей, обусловленных уровнем негативного воздействия объекта на окружающую среду.

Изменения окружающей среды под воздействием антропогенных и, в частности, техногенных факторов приобретают масштабы, реально угрожающие необратимыми последствиями как для биосферы в целом, так и для цивилизации, обусловившей возникновение и постоянный рост масштабов негативных воздействий.

Рост общей численности населения в комбинации с повышением интенсивности техногенной нагрузки на окружающую среду приводит к значительным изменениям в характере протекания процессов в атмосфере, гидросфере, литосфере, и, как следствие, в биосфере и ноосфере Земли. Уже в последней четверти 20 в. некоторые процессы антропогенного характера достигли масштабов, сопоставимых с масштабами естественных процессов в плане высвобождения энергии и воздействия на глобальные объекты. Сохраняется и тенденция к увеличению мощности антропогенного воздействия на биосферу [1]. Преобладающим фактором такого влияния является за-

грязнение окружающей среды различного рода физико-химическими агентами: веществами, оказывающими воздействие физического либо химического характера, негативно отражающееся на нормальной жизнедеятельности организмов (людей, животных, растений), часто с жизнедеятельностью несовместимое. Человечеством в разных видах деятельности используется свыше 10 000 000 наименований химических веществ и соединений, ежегодно синтезируется приблизительно 250 000 новых соединений. Многие из них являются химически опасными или обладают радиоактивностью.

В Республике Беларусь имеются запасы химически опасных веществ 107 наименований, 34 из которых активно используются. В производстве, здравоохранении и других областях деятельности находят достаточно широкое применение и радиоактивные материалы. Таким образом, очевидно существование определенного риска содержания опасных физико-химических агентов в атмосферном воздухе и последующего загрязнения ими территорий и водных объектов.

Природоохранное законодательство Республики Беларусь регламентирует деятельность государственных органов и субъектов хозяйствования по снижению техногенной нагрузки на окружающую природную среду, в том числе направленную на сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу. Законодательно регламентированы также мероприятия, связанные с мониторингом качества воздуха рабочей зоны предприятия. Таким образом, юридически обеспечен как контроль ситуации внутри предприятия, так и на внешних объектах.

Эффективный контроль состояния атмосферного воздуха не представляется возможным без информации о количестве или концентрации того или иного поллютанта в любой выбранной точке пространства в любой выбранный момент времени. Поскольку физический мониторинг в реальном времени неэффективен в экономическом плане, и, более того, невозможен физически, для решения такого рода задач целесообразно применение дискретного трехмерного моделирования средствами географических информационных систем (ГИС) с последующим использованием методов интерполяции и экстраполяции пространственно распределенных данных. Моделирование объемных процессов, протекающих в воздушной среде, является достаточно трудоемким и не может эффективно осуществляться без применения средств вычислительной техники и соответствующего программного обеспечения [2–6].

Цель данного исследования – оценка эффективности использования технологии ГИС при решении задач объемного пространственного моделирования. Объект исследования – процессы распространения в воздухе поллютантов, выбрасываемых объектами энергетики.

В качестве программного обеспечения выбрана среда ArcView GIS 3.2a с модулями расширения Spatial Analyst 2.0a и 3D Analyst 1.0 [6–9]. ArcView представляет собой набор программных средств, который предназначен для создания различных картографических моделей, добавления в готовые модели локальных табличных данных различных форматов (dBASE, Paradox, Microsoft Access, Oracle и др.) и данных, хранящихся на удаленных серверах для их отображения, выполнения запросов и расчетов и осуществления географического (пространственного) представления результатов. Модуль ArcView Spatial Analyst позволяет раскрыть и лучше понять пространственные взаимосвязи различных блоков информации от просмотра и запросов к данным до создания интегрированного пользовательского приложения, ориентированного на решение соответствующих задач. В этом модуле реализован спектр методов построения и анализа как растровых, так и векторных пространственных моделей. Модуль ArcView 3D Analyst дает возможность расчета и визуализации высоты точек, профилей, изолиний, отмычки рельефа, линий наибольших уклонов и ряда других трехмерных (3D) характеристик. Полученная при помощи встроенных функций анализа поверхностей информация может использоваться как сама по себе, так и в комплексе с различными пространственными данными и функциями.

Эффективность метода трехмерного пространственного моделирования оценивалась в ходе анализа процессов распространения условного поллютанта, источником выброса которого является котельная, расположенная вблизи жилого микрорайона ул. Харьковской в г. Минске (район кинотеатра «Современник»). Средствами ArcView на основе космического снимка территории г. Минска [10] создана двумерная векторная пространственная модель фрагмента территории с нанесенными природными объектами и зданиями различного назначения (рис. 1). Затем в нее

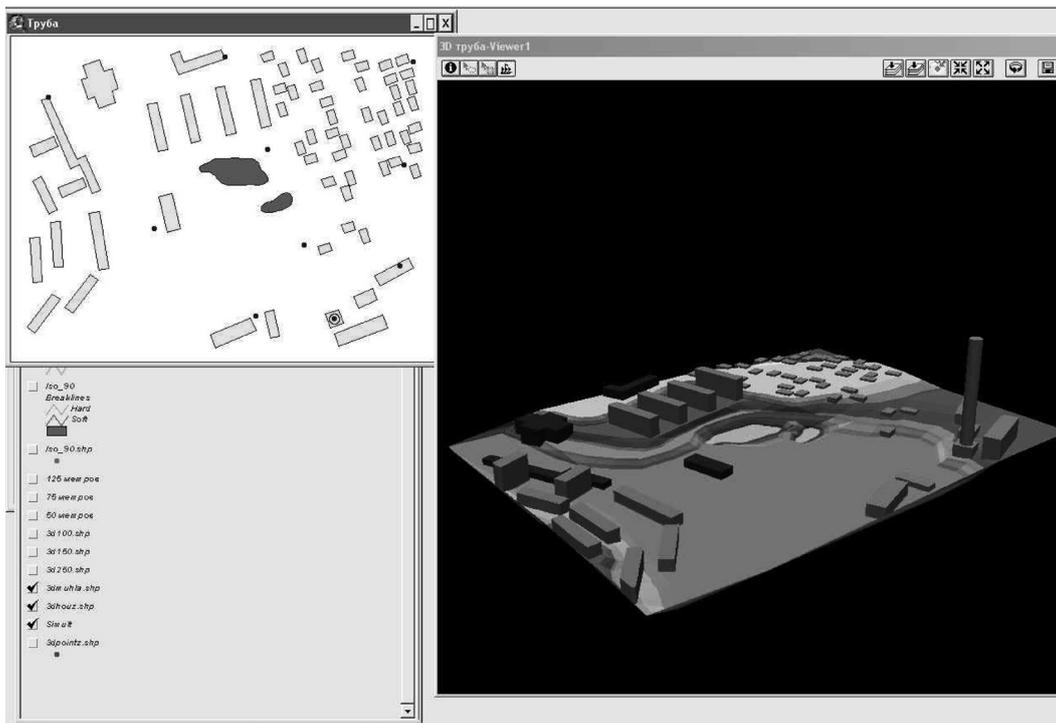


Рис. 1. Двумерная и объемная модели участка

добавлены проекции реперных точек замеров концентрации поллютанта на различных высотах. Средствами модуля 3D Analyst создана триангуляционная модель земной поверхности с особенностями рельефа и нанесены расположенные на ней объекты. Средствами модуля Spatial Analyst по значениям в реперных точках проводилась интерполяция регулярных поверхностей, представляющих собой непрерывные пространственные модели распределения концентраций условного поллютанта в воздухе на высотах 125, 75 и 50 м. Затем средствами 3D Analyst данные поверхности были интегрированы в объемную модель объекта (рис. 2).

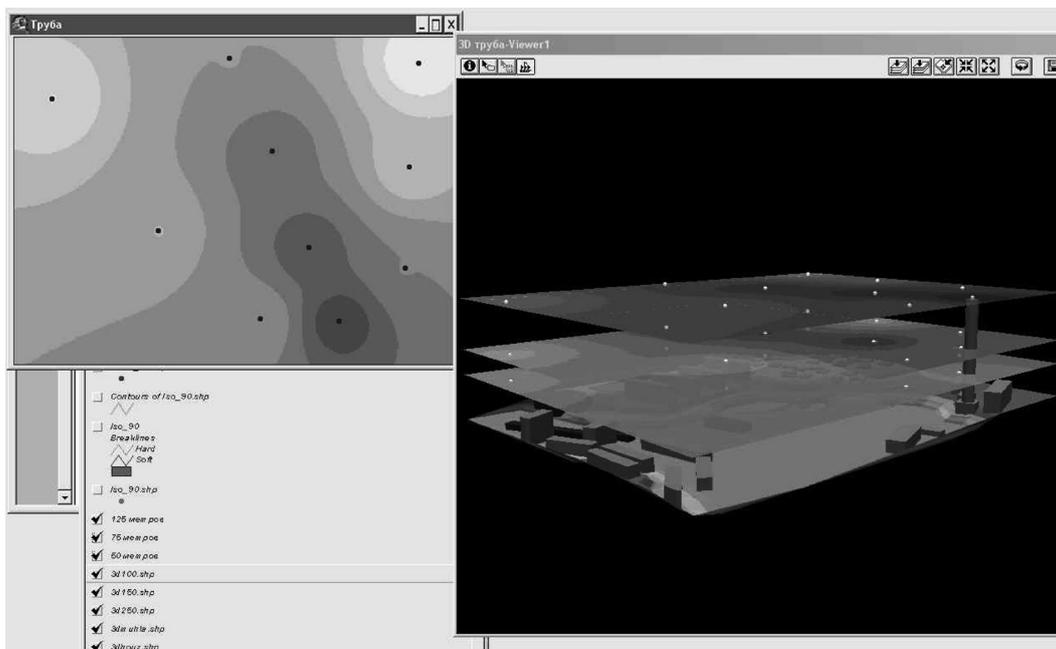


Рис. 2. Совокупная трехмерная пространственная модель распределения концентраций условного поллютанта в воздухе на высотах 125, 75 и 50 м (район ул. Харьковская – Берута, г. Минск)

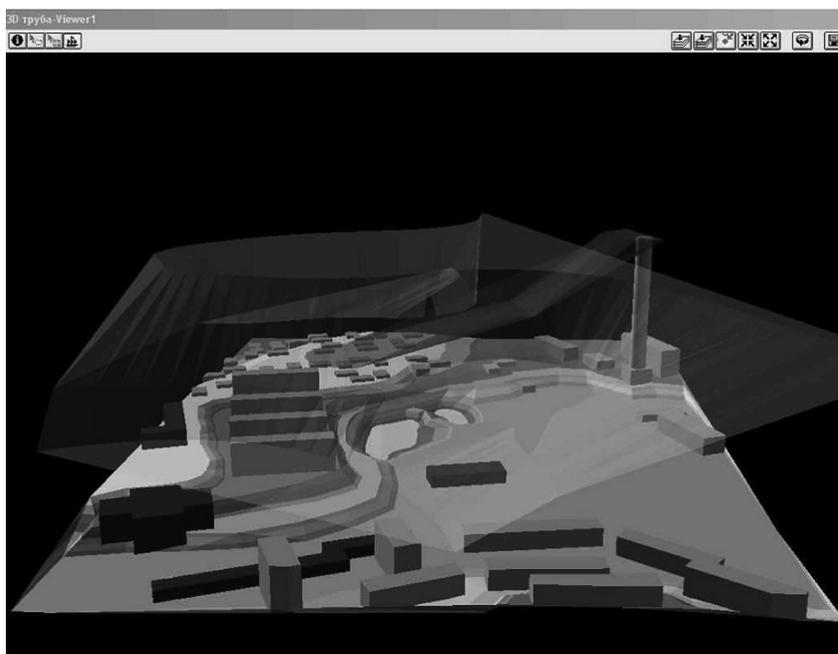


Рис. 3. Трехмерная пространственная модель поверхностей распределения концентраций поллютанта с уровнем 90 и 60 усл. ед. (район ул. Харьковская – Берута, г. Минск)

Средствами комплекса выделены точки и построены поверхности с равными значениями расчетной концентрации условного поллютанта. На рис. 3 представлены поверхности распределения концентраций поллютанта с уровнем 90 и 60 усл. ед. Сервисный инструментарий системы позволяет добиться максимальной информативности моделей.

Следует отметить, что ограниченное количество реперных точек и высот, а также значительный разброс величин обусловили известную приближенность, условность моделей. Очевидно, что при соответствующей коррекции исходных данных точность моделирования будет увеличиваться.

Использование предлагаемого метода моделирования и результатов анализа представляется достаточно перспективным не только при изучении процессов, протекающих в атмосферном воздухе, но и при прогнозировании их воздействия на загрязнение территорий. На базе средств

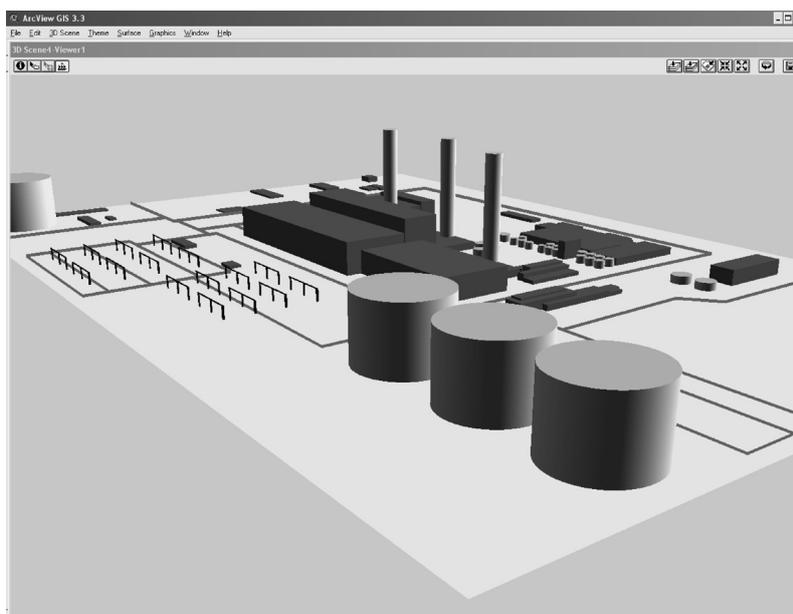


Рис. 4. Трехмерная пространственная модель фрагмента территории с источниками выбросов в атмосферу различных поллютантов (ТЭЦ-4, г. Минск)

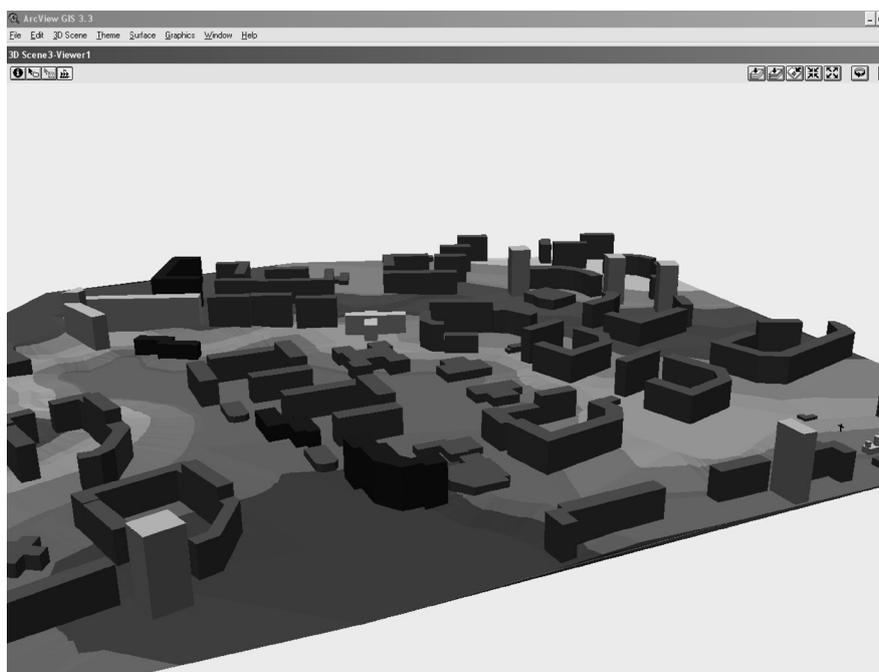


Рис. 5. Трехмерная пространственная модель фрагмента территории микрорайона «Сухарево» Фрунзенского района г. Минска, созданная с учетом рельефа земной поверхности

ArcView GIS, Spatial Analyst и 3D Analyst создан информационно-аналитический комплекс для построения и анализа трехмерных пространственных моделей промышленных источников загрязнения (рис. 2, 4) и территорий, подвергающихся их воздействию при незначительном (рис. 2–4), среднем (рис. 3, 4) и значительном удалении (рис. 5) от источника.

Таким образом, метод трехмерного пространственного моделирования обеспечивает достаточно эффективное и адекватное представление объемных процессов в атмосферном воздухе и оценку их влияния на состояние окружающей среды (как непосредственно воздуха, так и других ее составляющих). Привнесение в данный подход динамической (временной) компоненты позволит использовать его в качестве концептуальной основы для информационно-аналитических систем, осуществляющих непрерывный мониторинг окружающей среды в индустриальных зонах. Такие системы, ориентированные на задачи ситуационного моделирования, могут эффективно использоваться при проведении мероприятий по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) проектируемых и строящихся индустриальных объектов.

Список использованной литературы

1. Сердюцкая, Л. Ф. Техногенная экология. Математико-картографическое моделирование / Л. Ф. Сердюцкая, А. В. Яцишин. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 232 с.
2. Алгоритмы: построение и анализ / Х. Томас [и др.] – 2-е изд. – М.: «Вильямс», 2006. – С. 1296.
3. Хаксхолд, В. Ё. Введение в городские географические информационные системы / В. Ё. Хаксхолд / пер. с англ. – New York: Oxford University Press, 1991. – 317 с.
4. Кошкарев, А. В. Геоинформатика / А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов; под ред. Д. В. Лисицкого. – М.: Геодиздат, 1993.
5. GIS Teoria i praktyka / P. A. Longley [et. al.]. – Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2006. – 519 s.
6. Бубнов, В. П. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа: монография / В. П. Бубнов, С. В. Дорожко, С. А. Лаптёнок. – Минск: БНТУ, 2009. – 266 с.
7. Морзак, Г. И. Пространственный анализ в промышленной и социальной экологии: монография / Г. И. Морзак, С. А. Лаптёнок. – Минск: БГАТУ, 2011. – 210 с.
8. Ресурсы web-сайта www.esri.com
9. Ресурсы web-сайта www.dataplus.ru
10. Ресурсы web-сайта www.yahoo.com

Поступила в редакцию 26.05.2014