



УДК 004.896, 504.064

## ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ СХЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

### ELECTRONIC MODEL OF THE SCHEME OF THE ADDRESS WITH WASTE

**О.А. Иващук, А.В. Землякова, Н.В. Щербинина, С.П. Петров, Ж.А. Буряк,  
В.И. Федоров, Д.В. Богат**  
**O.A. Ivashuk, A.V. Zemlyakova, N.V. Shcherbinina, S.P. Petrov, Zh.A. Buryak,  
V.I. Fedorov, D.V. Bogat**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*e-mail: ivashuk@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* Авторами разработана электронная модель схемы обращения с отходами для территории Белгородской области, позволяющая проводить комплексный визуализированный пространственный анализ, оценку и прогнозирование образования, размещения и движения отходов различного вида на территории региона. Разработка подобной модели отвечает требованиям Федерального закона «Об отходах производства и потребления», является составным элементом территориальной схемы обращения с отходами и информационным базисом для формирования управленческих решений по предотвращению и снижению негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду.

*Resume.* Authors developed the electronic model of the scheme of the address with waste for the territory of the Belgorod region allowing to carry out the complex visualized spatial analysis, an assessment and forecasting of education, placement and the movement of waste of various view of territories of the region. Development of similar model meets the requirements of the Federal law «About production wastes and consumption», is a component of the territorial scheme of the address with waste and information basis for formation of administrative decisions on prevention and decrease in negative impact of waste on health of the person and environment.

*Ключевые слова:* электронная модель, база данных, электронные карты, геоинформационные системы, схема обращения с отходами, твердые коммунальные отходы.

*Keywords:* electronic model, databases, electronic cards, geographic information systems, the scheme of the address with waste, solid municipal waste.

## Введение

В соответствии с требованиями Федерального Закона «Об отходах производства и потребления» [1], в каждом субъекте Российской Федерации должна быть разработана территориальная схема обращения с отходами, в том числе твердыми коммунальными отходами (ТКО). Цели разработки подобной схемы:

- предотвращение/снижение негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду;
- обеспечение обращения с отходами в соответствии с требованиями действующего законодательства.

Одной из важнейших составляющих вышеуказанной территориальной схемы является электронная модель схемы обращения с отходами, которая (согласно требованиям [2]) включает алгоритмы организации и осуществления деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов, в том числе твердых коммунальных отходов; соответствующие базы данных (БД); обеспечивает процедуры ввода, обработки, анализа и представления данных, комплексный визуализированный анализ данных; обеспечивает возможность оценки выполнения сценариев перспективного развития системы обращения с отходами.

Основные принципы разработки электронной модели и территориальной схемы [3]:

- соблюдение прав человека на благоприятную окружающую среду;
- рациональное использование природных и иных материальных ресурсов, содержащихся в потребляемой товарах (продукции);



- предотвращение и снижение образования отходов, уменьшение количества размещаемых отходов;
- предотвращение образования объектов несанкционированного размещения отходов;
- совершенствование схемы движения отходов;
- обеспечение достоверности и доступности информации в сфере обращения с отходами.

### Основная часть

Авторами была поставлена задача разработки электронной модели схемы обращения с отходами на территории Белгородской области. Учеными научно-исследовательской лаборатории интеллектуальных автоматизированных систем управления и Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов НИУ «БелГУ» совместно с сотрудниками департамента ЖКХ Белгородской области был проведен комплексный анализ:

- характеристик источников отходов (месторасположение, виды отходов, класс опасности, количество);
- объектов сбора, транспортирования, обработки, утилизации, обезвреживания, захоронения отходов;
- схемы движения отходов от источников образования к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, захоронения отходов;
- баланса количественных характеристик отходов;
- выявление основных проблем существующей системы обращения с отходами.

По результатам проведенного анализа разработаны БД, содержащие накопленный массив статистических данных по обращению с отходами; проведено научное обоснование и предложена перспективная схема движения отходов на рассматриваемой территории; сформированы рекомендации по эффективному развитию системы обращения с отходами с определением возможных целевых показателей.

Разработка электронных карт и создание модели схемы обращения с отходами были выполнены на платформе ArcGIS 10.1, позволяющей управлять базами пространственных данных растровых и векторных форматов, формировать выборку из баз геоданных на основе SQL-запросов с их графической визуализацией. Благодаря имеющемуся модулю Python возможно создавать дополнительные инструменты для решения специализированных задач.

Алгоритм создания электронной модели схемы обращения с отходами представлен на рисунке 1:

1. Получение исходных материалов. На данном этапе производится сбор статистической информации об объектах (количество жителей и организаций по населенным пунктам, объемы ТКО, объемы отходов по промышленным, медицинским, сельскохозяйственным предприятиям) и векторных данных, отображающих географические объекты.

2. Анализ полученных данных. На данном этапе проводится анализ статистической информации, выделяются объекты модели, определяются существенные атрибуты данных объектов, определяются слои, описывающие данные объекты.

Далее формируется решение о достаточности объема данных.

3. Разработка структуры атрибутивных таблиц. В рамках данного этапа разрабатывается структура таблиц, описывающих объекты модели, определяются поля таблиц и их типы.

4. Формирование и редактирование слоев создаваемой карты и таблиц к ним. Слои – это ресурсы карты. Слои определяют внешний вид и поведение данных на карте, например, вид символов и информацию во всплывающих окнах, могут содержать данные или ссылку на данные. Каждый слой определяет, как отображаются в нем географические данные и место их хранения в БД. База данных содержит исходные тематические слои с информацией об административных границах, населенных пунктах, объектах инфраструктуры и промышленности, природных объектах.

5. Ввод табличных и текстовых данных с характеристиками объектов, а именно: осуществляется заполнение атрибутивных таблиц статистическими данными, характеризующими объекты. Ввод данных может осуществляться как вручную, так и импортироваться из текстовых файлов и таблиц, например, Excel. Указанные данные позволяют на их основе различным образом визуализировать объекты, строить диаграммы, выполнять пространственный анализ и пространственные запросы. Например, можно изучить распределение объектов с определенными атрибутами.

6. Разработка знаковой системы – элементов компоновки карты: заголовков, легенды (то есть условных обозначений, которые составляют содержание карты).

7. Совмещение слоев, формирование картографического изображения тематических карт и его редактирование, включающее прорисовку слоев карты и проверку их наложения друг на друга, проверку их компоновки, а в случае наложения или образования промежутков между слоями – их редактирование.

При построении электронной модели схемы обращения с отходами на территории Белгородской области предварительная обработка данных проводилась в среде Excel: расчет объема отходов по отдельным населенным пунктам, предприятиям и учреждениям. Разработана структура атрибутивных таблиц для векторных данных; использованы инструменты «соединение таблиц» и «калькулятор поля» для внесения статистических данных из таблиц Excel в атрибутивные таблицы ArcGIS. В определенных случаях выполнялся геопространственный анализ данных, например, для расчета объемов образования ТКО в разрезе муниципальных образований. Для этого был использован инструмент «Пространственное соединение» модуля ArcGIS «Анализ», позволивший рассчитать суммы объемов образования ТКО по населенным пунктам, относящимся к одному поселению.

Следующий этап включает в себя работы по оформлению карт. На основании точечных объектов (населенных пунктов) были построены необходимые диаграммы, для чего общий объем образования отходов ранжирован по классам (в разных муниципальных образованиях они могут отличаться), которым в атрибутивной таблице заданы свои значения. Затем в «свойствах слоя» выбраны необходимые поля и задан размер, зависящий от класса, установлены параметры для надписей значений. Для исключения перекрытия надписей проведена ручная обработка данных с использованием алгоритма «градуированные цвета» и установлены классы объемов отходов по поселениям. Также настроено отображение объектов в слоях «автомобильные дороги», «реки», «водоемы» и границы в слоях «поселения», «муниципальные образования». Разработана структура соответствующей легенды. Проведена окончательная подготовка векторных слоев к формированию электронной модели.



Рис. 1. Алгоритм создания электронной модели схемы обращения с отходами  
Fig. 1. Algorithm for the creation of electronic model of waste management scheme

Созданные БД позволяют с использованием инструментов пространственного анализа создавать необходимые электронные картографические материалы для представления анализа следующего вида:

- распределение объемов ТКО по Белгородской области в разрезе муниципальных образований и по видам источников (население, бюджетные организации и пр. источники);
- распределение промышленных отходов по территории Белгородской области;
- объемы и распределение основных групп органических отходов;
- объемы и распределение классов медицинских отходов;
- размещение отходов на территории Белгородской области;
- распределение мест сбора, обработки, утилизации, обезвреживания отходов;
- существующая схема движения отходов по территории Белгородской области;
- перспективная схема размещения и движения отходов по территории Белгородской области.

На последнем этапе разработки электронной модели схемы обращения с отходами была сформирована группа карт, наглядно отображающих процессы производства, транспортировки и обращения с отходами.

Пример отображения атрибутивных данных и векторных объектов представлен на рисунках 2 и 3. Круговыми диаграммами показано распределение отходов по типам образующих их объектов (частный жилищный фонд, благоустроенный жилой фонд, бюджетные организации, прочие организации) в границах населенных пунктов. Диаметр круговых диаграмм отображает общий объем ТКО, образуемый в населенном пункте. Цвет поселений муниципального образования показывает общий объем ТКО, образуемый на территории поселения.

С помощью данной модели имеется возможность создавать необходимый SQL-запрос для выборки из БД. В данном случае запрос имел вид: `SELECT * FROM Ровеньки_поселения_Spatialjo WHERE = "Vsego_chel">1000 AND "Vsego_TBO">200`. В итоге, была получена выборка населенных пунктов с численностью населения свыше 1000 чел., объемы отходов которых больше 200 м<sup>3</sup>.

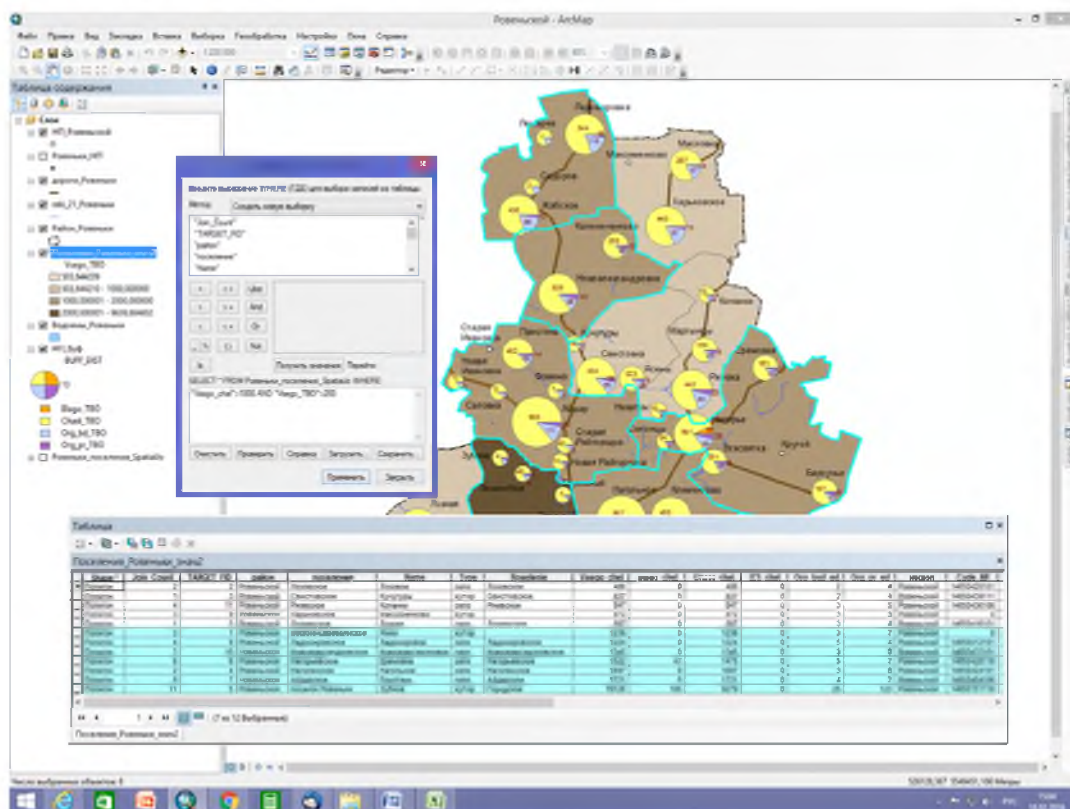


Рис. 2. Фрагмент отображения атрибутивных данных и векторных объектов в ArcGIS (Объемы образования ТКО в Ровеньском районе)

Fig. 2. Fragment of display of attributive data and vector objects in ArcGIS (Education volumes in the Rovensky area)

SQL-запрос для БД промышленных отходов представлен в следующем виде: `SELECT * FROM Export_Output_2 WHERE = "IV_klass" >=10 AND "Othod_vseg" > 50000`. Цветом на карте показан объем промышленных отходов в границах муниципальных образований. Столбчатыми диаграммами отображается распределение отходов по классам опасности.

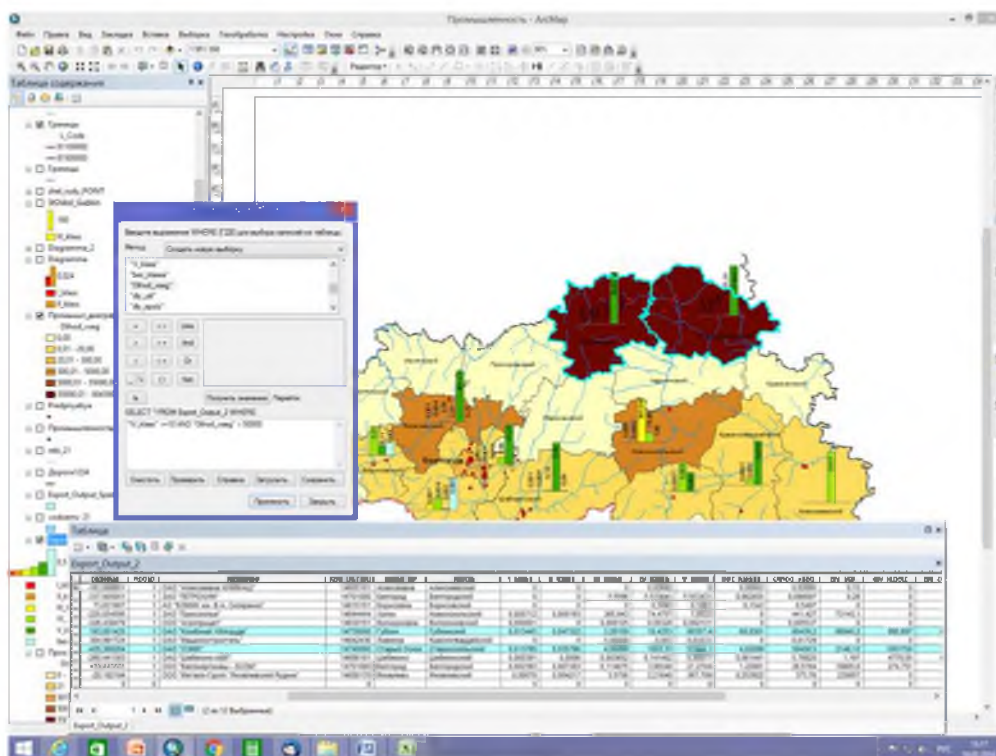


Рис. 3. Фрагмент отображения атрибутивных и векторных данных в ArcGIS  
(Распределение промышленных отходов по муниципальным образованиям Белгородской области)  
Fig. 3. Fragment of display of attributive and vector data in ArcGIS  
(Distribution of industrial wastes on municipalities of the Belgorod region)

Структура БД промышленных отходов имеет следующие поля: «Название предприятия», «Код ОКТМО», «Название населенного пункта», «Название района», «Район», I-V классы опасности, «Без класса», «Отходы всего», «Для утилизации», «Для использования», «Для обезвреживания», «Для захоронения», «Для размещения», «Продажа населению», «Использование внутри», «Хранение внутри», «Захоронение внутри», «Переработка».

### Заключение

Разработанная электронная модель схемы обращения с отходами на территории Белгородской области представляет собой информационную систему, включающую БД, электронные карты и инструментарий для ввода, хранения, актуализации, обработки, анализа, представления, визуализации данных. Система позволяет проводить оперативный анализ ситуации в режиме реального времени, осуществлять прогнозирование развития процессов при изменении различных техногенных и антропогенных факторов и формировать оптимальные варианты решений для улучшения экологической ситуации региона.

### Список литературы References

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 29.06.2015) «Об отходах производства и потребления».  
Federal'nyy zakon ot 24.06.1998 № 89 -FZ ( ot red . 29.06.2015 ) «Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya».
2. Постановление Правительства РФ «О требованиях к составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами, в том числе твердыми коммунальными отходами».  
Postanovleniye Pravitel'stva RF «O trebovaniyakh k sostavu i soderzhaniiyuterritorial'nykhskhem obrashcheniya s otkhodami , v tomchisletverdymikomunal'nymi otkhodami».
3. О.А. Иващук, О.Д. Иващук. Модели интеллектуального анализа данных в информационных системах экологической безопасности. Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика, 2013. № 15 (158) 2013, Выпуск 27/1.  
O.A. Ivashchuk , O.D. Ivashchuk . Modeli intellektual'nogo analiza dannykh v informatsionnykh sistemakh ekologicheskoy bezopasnosti . Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. 2013. № 15 ( 158 ) 2013 , Vypusk 27/1 .