

УДК 002.6+004.3

А. С. Ладик, А. В. Маслобоев

## Разработка автоматизированной информационной системы управления логистикой бытовых отходов (на примере г. Апатиты)

A. S. Ladik, A. V. Masloboev

### Development of automated information system for domestic waste logistics management (by the example of Apatity town)

**Аннотация.** Разработана программная система информационной поддержки управления логистикой бытовых отходов (на примере г. Апатиты) для повышения эффективности информационного обеспечения управления процессами сбора и транспортировки бытовых отходов в городских системах с учетом санитарно-гигиенических норм и стандартов. Система реализована в виде интерактивного многофункционального веб-сервиса. По сравнению с существующими аналогами система обеспечивает реализацию процедур расчета финансовых затрат и экологического ущерба окружающей среде в результате сбора и перевозки бытовых отходов и минимизацию экологических рисков на основе алгоритмов автоматизированного формирования адаптивных маршрутов транспортировки.

**Abstract.** A software system for management information support of domestic waste logistics (by the example of Apatity town) has been developed for management information support efficiency enhancement of domestic waste collection and transportation processes in the municipal systems subject to hygiene and sanitary norms and standards. The system is implemented as an interactive multilogic web-service. The system provides computational procedure execution of financial expenditure and ecological damage in the issue of domestic waste collection and transportation and environmental risk minimization on the basis of proposed algorithms for automated synthesis of adaptive journey routes in comparison with existing prototypes.

**Ключевые слова:** автоматизированная информационная система, управление, логистика, бытовые отходы, экологический риск, информационная поддержка.

**Key words:** automated information system, management, logistics, domestic waste, ecological risk assessment, information support.

#### Введение

Развитие промышленности неизбежно приводит к ухудшению экологической обстановки, особенно в моногородах, где значительная часть населения и производство сосредоточены на ограниченной территории. Ежедневно образуются большие объемы твердых бытовых отходов, несвоевременный вывоз которых, их неправильная утилизация и нарушение правил транспортировки которых грозят большой экологической катастрофой. Для минимизации рисков возникновения глобальных экологических проблем, непосредственно влияющих на качество жизни населения, экологическую и социальную безопасность развития городских систем, необходимо создание новых и совершенствование существующих методов и средств управления логистикой твердых бытовых отходов, в том числе и на основе современных информационных технологий.

Согласно исследованиям [1–3] использование современных информационных технологий и соответствующих программных решений позволяет эффективно и своевременно использовать имеющиеся ресурсы для транспортировки бытовых отходов, снижая уровень наносимого ущерба окружающей среде.

Логистика отходов или экологистика – наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании процессов сбора и транспортировки отходов с целью повышения эффективности мероприятий, направленных на защиту окружающей среды и минимизацию связанных с этими процессами расходов [4]. Актуальной задачей для этой области является совершенствование существующей и формирование адаптивной системы организационного управления твердыми бытовыми отходами [5]. Эффективным подходом к решению данной задачи является организация адекватной информационно-аналитической поддержки процессов управления логистикой бытовых отходов. Средства информационно-аналитической поддержки обеспечат базу для интеграции разноплановой информации о всех аспектах деятельности по обращению с отходами, возможность обмена данными и упорядочивание информационных потоков между структурами, участвующими на всех этапах жизненного цикла обращения с отходами – от сбора и транспортировки до утилизации и переработки.

К основным задачам информационной поддержки управления логистикой отходов относятся:

- информационное сопровождение процессов сбора и транспортировки отходов;
- диспетчерское управление процессом транспортировки (контроль и мониторинг);
- автоматизация формирования маршрутов транспортировки и планирование рабочего расписания;
- расчет финансовых затрат и оценка экологического ущерба.

Для решения этих задач разработана автоматизированная информационная система управления логистикой бытовых отходов (АИС УЛО) на примере города Апатиты Мурманской области. Система обеспечивает повышение эффективности информационного обеспечения управления процессами сбора и транспортировки бытовых отходов с учетом санитарно-гигиенических норм и стандартов.

### Общая характеристика АИС УЛО. Анализ прототипов

Основное назначение АИС УЛО – автоматизированное формирование маршрутных схем сбора и транспортировки бытовых отходов в городских системах, оптимизация планирования процессов транспортировки бытовых отходов с учетом данных мониторинга и оценки возможного экологического ущерба и финансовых затрат вследствие осуществления процессов сбора и транспортировки.

Применение АИС УЛО предполагает достижение следующих эколого-экономических эффектов:

- сокращение финансовых затрат городского бюджета и внебюджетных средств частных компаний на перевозку отходов от места сброса к местам утилизации и/или захоронения, в частности за счет оптимизации транспортных маршрутов;
- динамическое планирование временных затрат на процессы сбора и транспортировки бытовых отходов;
- уменьшение негативного влияния процесса транспортировки на окружающую среду и здоровье городского населения на основе мониторинга и оценки показателей экологического ущерба.

Современный этап развития компьютерных технологий обеспечивает основу для широкого применения автоматизированных информационных систем и различных средств информационной поддержки для решения задач транспортной логистики [6]. Существующие программные решения достаточно эффективно используются для автоматизации и моделирования логистических бизнес-процессов, а также диспетчерского управления грузоперевозками [1]. Приведем некоторые примеры аналогов предлагаемой в настоящей работе разработки, удовлетворяющих в той или иной степени функциональным требованиям, предъявляемым к средствам информационной поддержки логистики отходов согласно сформулированным выше задачам информационной поддержки.

Наиболее близкими аналогами АИС УЛО в приложении к задачам управления логистикой бытовых отходов являются:

- ANTOR LogisticsMaster™ [7] – программный комплекс для транспортной логистики;
- TopLogistic [8] – программная система планирования и управления грузоперевозками;
- Magenta Systems [9] – мультиагентные системы для моделирования и планирования логистики, обеспечивающих бизнес-процессов;
- системы поддержки принятия решений (СППР) для управления транспортной системой города, основанные на геоинформационных технологиях [10];
- системы контроля мобильных объектов (СКМО) [11].

В таблице представлен сравнительный анализ функциональных возможностей существующих аналогов и разработанной системы.

Таблица

Сравнительный анализ прототипа разработанной системы и потенциальных аналогов

Программные средства	ANTOR Logistics Master	Top Logistic	Magenta Systems	СППР на базе ГИС	СКМО	АИС УЛО
Функциональные возможности						
Планирование оптимальных маршрутов	+	+	+	+	+	+
Учет дорожной обстановки	+	+	–	+	+	–
Оценка экологического ущерба	–	–	–	–	–	+
Планирование необходимых ресурсов для осуществления грузоперевозки	+	+	+	+	–	+
Формирование отчетности	+	+	+	+	+	+
Мониторинг движения автотранспорта в режиме реального времени	+	+	+	–	+	+
Накопление статистики	+	–	+	+	+	+
Расчет экономических затрат на сбор и транспортировку	–	+	+	+	–	+

Из приведенной таблицы видно, что ни одна из вышеуказанных программных систем поддержки управления транспортной логистикой не удовлетворяет в полной степени всем требованиям, предъявляемым к средствам информационной поддержки, ориентированным на решения задач управления логистикой отходов.

Тем не менее предлагаемый в работе прототип АИС УЛО обладает достаточным функционалом, адекватным задачам информационной поддержки управления логистикой отходов, включая функциональные возможности, обеспечивающие оптимизацию финансовых затрат на процесс транспортировки, расчет наносимого окружающей среде экологического ущерба, мониторинг перемещения мобильных объектов, формирование оптимальных маршрутов, ведение отчетности и т. д.

Отличительной особенностью разработки по сравнению с рассмотренными аналогами является реализация в рамках системы процедур расчета экологического ущерба окружающей среде в результате сбора и перевозки бытовых отходов на основе общепринятых методик [12; 13] и его минимизации в соответствии с разработанными алгоритмами автоматизированного формирования адаптивных маршрутов транспортировки [14].

### **Функциональная структура и особенности реализации АИС УЛО**

Прототип АИС УЛО разработан в виде интерактивного веб-сервиса, реализующего средства визуализации и мониторинга процессов транспортировки бытовых отходов, процедуры расчета и автоматизированного формирования маршрутов транспортировки с учетом дорожной обстановки в городе, расположения пунктов сбора и технических характеристик мусоровозов.

Система оперирует набором исходных параметров:

1. Координаты месторасположения пунктов сбора бытовых отходов.
2. Количество пунктов сбора бытовых отходов.
3. Количество контейнеров на каждом пункте сбора бытовых отходов.
4. Объем одного контейнера для сбора бытовых отходов.
5. Количество пунктов приема/отгрузки бытовых отходов.
6. Координаты месторасположения пунктов приема/отгрузки бытовых отходов.
7. Координаты месторасположения пунктов содержания мусоровозов, выходящих на маршрут.
8. Количество транспортных средств (мусоровозов).
9. Тип транспортного средства (мусоровоза).
10. Объем кузова одного транспортного средства (мусоровоза).
11. Примерный расход топлива одним транспортным средством.

Перечисленные данные хранятся в базе данных системы.

Кроме того, АИС УЛО использует в своей работе карты городов, загружаемые с сервиса Яндекс.Карты, а также схемы расположения пунктов сбора и приема бытовых отходов, действующие маршруты транспортировки, количество используемых транспортных средств (мусоровозов и погрузчиков) и их технические характеристики. Последние предоставляются органами государственного муниципального управления и предприятиями, занимающимися сбором и транспортировкой бытовых отходов.

Интерактивные карты городских систем с отображенными на них точками сбора бытовых отходов и транспортных средств, а также процедуры автоматизированного формирования маршрутов транспортировки, процедуры расчета финансовых затрат на процессы сбора и транспортировки и экологического ущерба окружающей среде, наносимого в результате транспортировки, составляют технологическую основу (ядро) системы.

Основными функциональными возможностями разработанного прототипа АИС УЛО являются:

- 1) ввод, редактирование и визуализация информации (емкость одного транспортного средства, емкость одного бака для сбора бытовых отходов и др.);
- 2) редактирование таблиц в базе данных, необходимых для формирования оптимальных маршрутов;
- 3) автоматизированное формирование оптимальных маршрутов для осуществления процессов сбора и транспортировки бытовых отходов на территории городского хозяйства с учетом дорожной обстановки;
- 4) мониторинг и диспетчерское управление подвижными объектами (мусоровозами), участвующими в процессе сбора и транспортировки бытовых отходов, в реальном масштабе времени;
- 5) расчет финансовых и временных затрат на сбор, транспортировку отходов с учетом амортизации транспортных средств и топливных расходов;
- 6) расчет экологического ущерба окружающей среде (содержания CO, NO, CH в выхлопных газах при сжигании топлива);
- 7) планирование рабочего расписания;
- 8) ведение статистики по произведенным затратам на процессы сбора и транспортировки отходов, выброса вредных веществ при сжигании топлива.

Для решения задачи формирования маршрутов использован алгоритм Дейкстры [15]. Данный алгоритм оптимизирован для формирования маршрутов в несколько потоков (многопоточный алгоритм). Модифицированный алгоритм Дейкстры и процедуры автоматизированного формирования адаптивных маршрутов транспортировки описаны в [14].

Система имеет клиент-серверную архитектуру (рис. 1). Серверная часть системы включает в себя компоненты: приложение, реализующее бизнес-логику системы, пользовательский интерфейс (GUI) и базу данных.

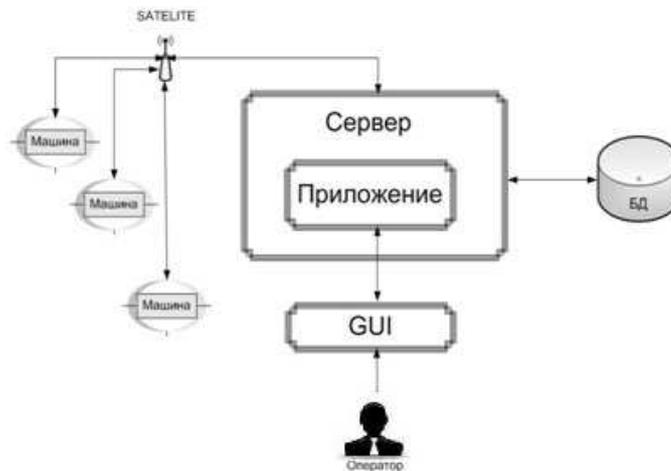


Рис. 1. Архитектура АИС УЛО

Алгоритм работы системы:

1. На сервере рассчитывается и формируется оптимальный маршрут, необходимый для осуществления процессов сбора и транспортировки отходов.
2. Полученная информация посредством спутниковой связи передается на бортовой компьютер клиентской части системы, размещенной на стороне транспортного средства (мусоровоза). Мусоровозы оснащены необходимым оборудованием для взаимодействия с сервером и датчиками.
3. Мусоровозы осуществляют сбор отходов. При заполнении бака датчик объема посылает сигнал об этом серверу, а последний запрашивает данные о местоположении автотранспорта.
4. Получив сигнал о заполнении бака и координаты местоположения, серверное приложение рассчитывает оптимальный маршрут до точки выгрузки отходов и передает координаты движения на бортовой компьютер клиента.
5. Осуществив выгрузку, клиент оповещает сервер. Далее – переход на первый шаг и т. д.

В состав программной системы входят следующие функциональные компоненты (рис. 2):

- блок формирования маршрута;
- блок расчета экономических затрат;
- блок расчета экологического ущерба;
- блок работы с базой данных;
- графическое представление результатов.

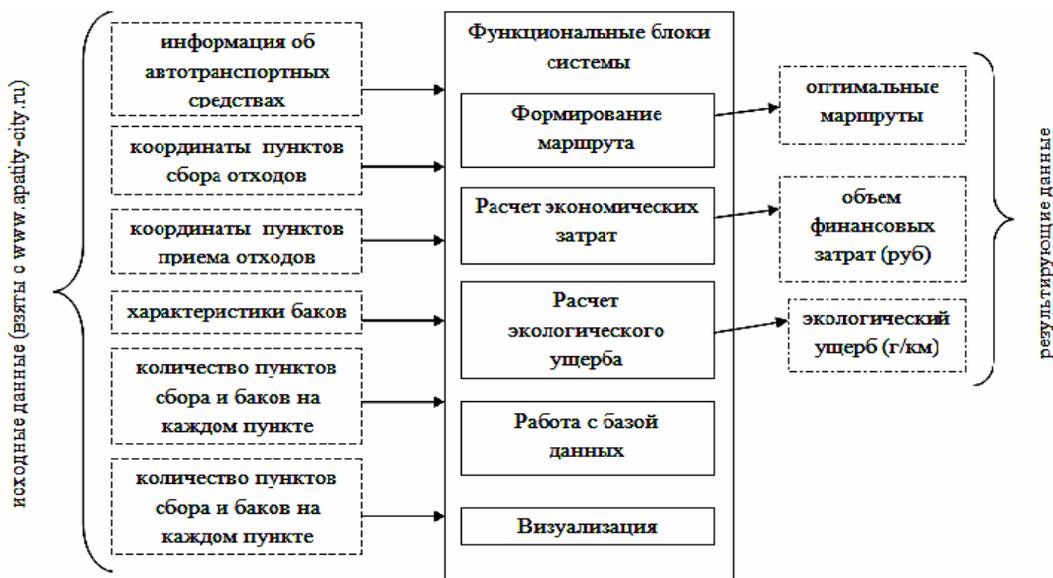


Рис. 2. Функциональная структура и логика работы АИС УЛО

Блок формирования маршрута обеспечивает расчет и прорисовку оптимального маршрута на интерактивной карте.

Блок расчета экономических затрат позволяет рассчитать затраты на процессы сбора и транспортировки бытовых отходов.

Блок расчета экологического ущерба обеспечивает возможность расчета на основе маршрута и экономических затрат количество вредных веществ, получаемых при сжигании топлива.

Блок визуализации обеспечивает "дружественное" интерактивное взаимодействие пользователя с системой. Функции пользовательского интерфейса используются на всех этапах работы программной системы, связанных с обменом информацией между компьютером и пользователем. Кроме того, этот блок используется для приведения полученных в процессе решения поставленной задачи результатов в удобной и понятной для восприятия пользователем форме – графической, табличной или текстовой.

Логiku функционирования АИС УЛО обеспечивают три основных комплекса программных процедур (рис. 3):

- заполнение параметров модели;
- решение задач;
- представление результатов.



Рис. 3. Функциональная схема АИС УЛО

Первый комплекс "Заполнение параметров" предоставляет пользователю ввод управляющих параметров: количество транспортных средств, объем кузова, объем топливного бака, расход топлива автотранспортом, объем бака, координаты расположения пунктов сбора и приема отходов и обеспечивает проверку их корректности.

Второй комплекс "Решение задач" реализует вычисление распространения мутности в водоеме на основе параметров (введенных пользователем) и данных, вычисляемых математической моделью.

Третий комплекс "Представление результатов" обеспечивает формирование и представление результатов решения поставленных задач в графической форме.

Данные, необходимые для расчетов маршрутов, хранятся в базе данных, которая состоит из нескольких таблиц, содержащих данные о мусоровозах, баках, приемных пунктах, необходимые для прокладывания маршрутов. На рис. 4 представлена схема базы данных системы.

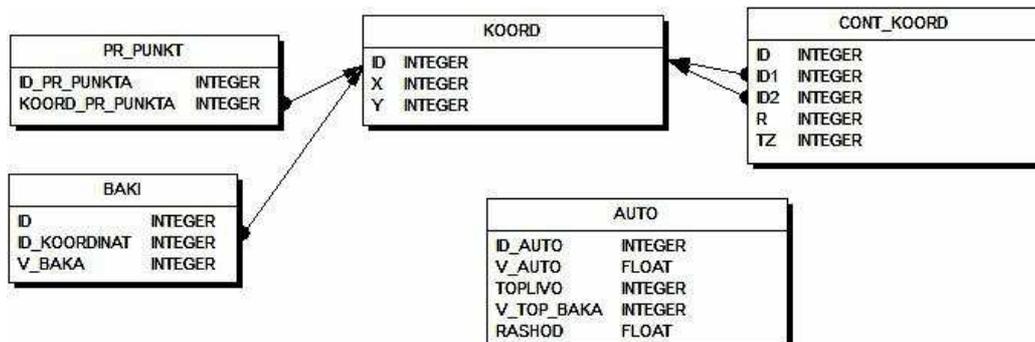


Рис. 4. Схема базы данных АИС УЛО

Таблица AUTO хранит информацию об автомобилях, используемых для транспортировки отходов. Данные о топливе используются для расчета финансовых затрат, а также вычисления объемов выброса CO<sub>2</sub>.

Таблица PR\_PUNKT содержит информацию о местоположении пунктов сбора бытовых отходов.

Таблица KOORD – основная таблица базы данных. В ней хранится пространственная информация: координаты баков, пунктов сбора, развилок (на дорогах) и др.

В таблице CONT\_KOORD хранятся связи между координатами развилок (поворотов) и баков. Эти данные необходимы для расчета оптимальных маршрутов. Коэффициент рекомендуемости указывает на рекомендуемость прохождения данного участка дороги. Чем больше коэффициент, тем выше рекомендуемость.

Таблица BAKI содержит информацию о расположении баков для твердых бытовых отходов, а также их объемах.

Таблицы PR\_PUNKT, CONT\_KOORD, BAKI связаны с таблицей KOORD. Таблица AUTO используется как вспомогательная таблица для хранения данных в расчетных процедурах.

Исходные данные для решения поставленной задачи: оцифрованная карта г. Апатиты, схемы расположения пунктов сбора и приема бытовых отходов, действующие маршруты транспортировки, количество используемых транспортных средств и их технические характеристики и т. д. были получены из источников, представленных на официальном сайте администрации г. Апатиты Мурманской области в сети Интернет ([www.apatity-city.ru](http://www.apatity-city.ru)).

Основные экранные формы пользовательского интерфейса АИС УЛО представлены на рис. 5–7.

Пользователь может изменять и добавлять точки сбора бытовых отходов на карте (создание метки). Для этого необходимо ввести данные о расположении баков, их количестве и объеме (рис. 5).

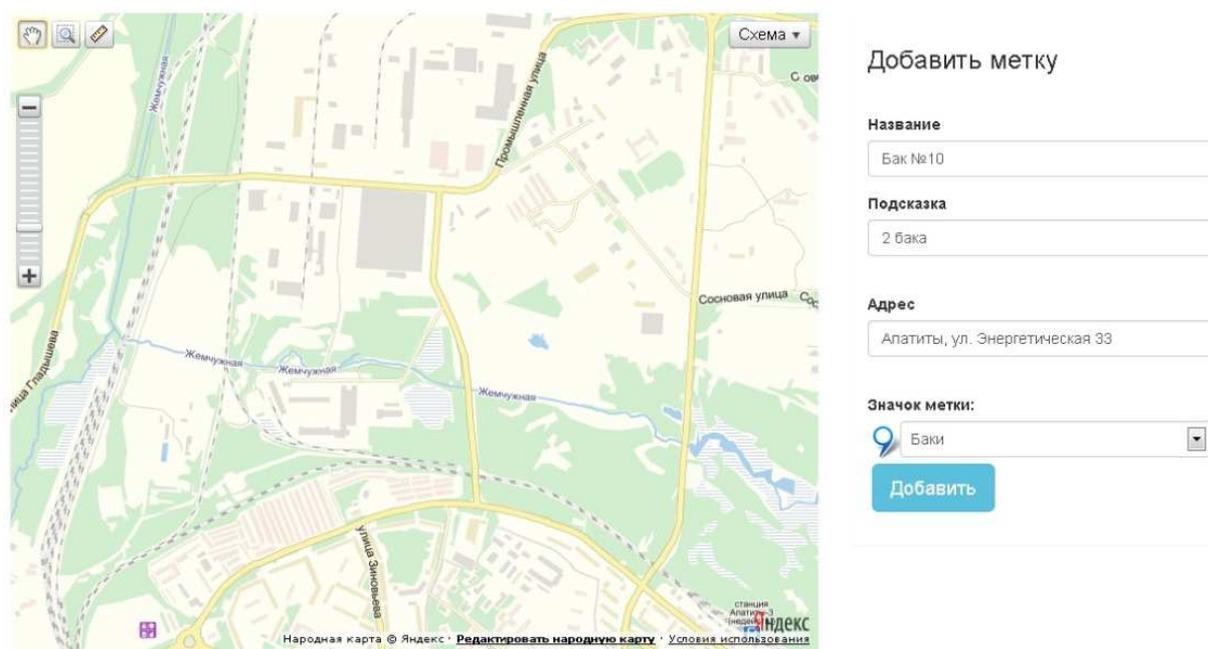


Рис. 5. Добавление меток на карту (расположение пунктов сбора отходов) и задание атрибутов

В результате работы программной системы на карте прокладывается оптимальный маршрут для осуществления процесса сбора и транспортировки отходов, следование которому позволяет сократить финансовые затраты и уменьшить ущерб окружающей среде. Пример построения такого маршрута приведен на рис. 6. Вычислительные процедуры оценки экологического ущерба и расчета затрат на транспортировку подробно рассматриваются в работе [14].

В системе существует возможность ручной прокладки маршрута. Эта функция может быть возложена на оператора (диспетчера). Оператор, используя приложение, получает информацию после автоматического формирования системой маршрута, необходимую для принятия решений о дальнейшем ходе реализации процесса управления транспортировкой. Оператор при необходимости имеет также возможность вносить изменения в базу данных координат развилок и расположения баков, просматривать статистику выполненных работ по расписанию и т. д.

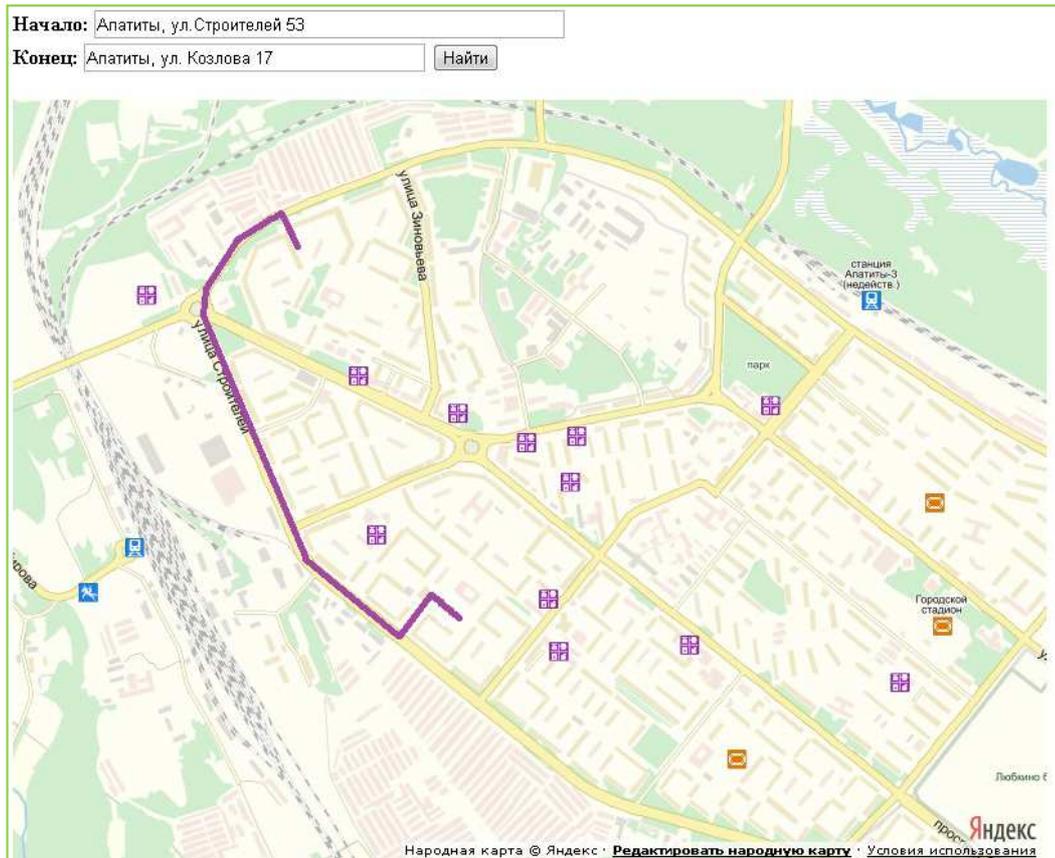


Рис. 6. Экранная форма отображения проложенного маршрута

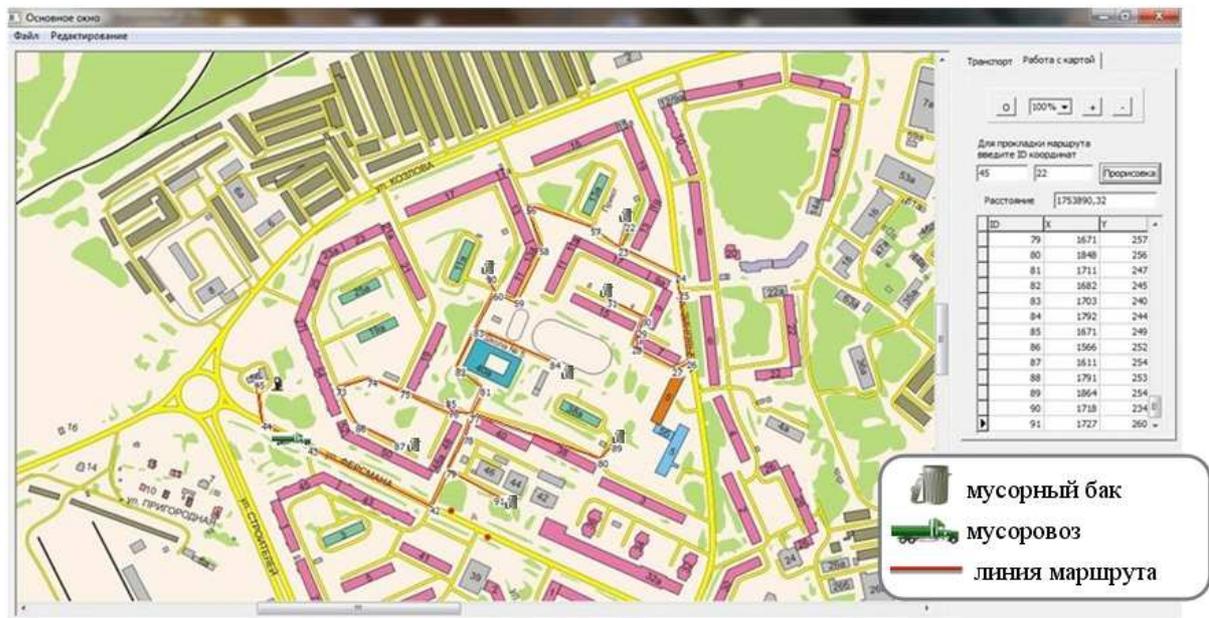


Рис. 7. Экранная форма серверной компоненты АИС УЛО

### Средства реализации АИС УЛО

Ядро системы реализовано средствами Embarcadero RAD Studio XE3 на языке программирования C++. Для разработки веб-компонентов системы использованы средства Denwer и Adobe Dreamweaver CS 5.5, сценарный язык программирования JavaScript и скриптового языка программирования общего назначения PHP. Для создания и использования серверной базы данных использована СУБД MySQL Server. Использован текстовый формат обмена данными JSON, основанный на JavaScript.

Бизнес-логика системы при необходимости может быть расширена за счет совместного использования дополнительных скриптов или приложений, реализованных в инструментальной среде Denwer, либо инструментария веб-ориентированных геоинформационных сервисов.

### Области применения АИС УЛО

Система представляет собой средство поддержки принятия решений в сфере управления логистикой бытовых отходов и предназначена для использования в практической деятельности органов муниципального управления, а также частных компаний, занимающихся транспортировкой бытовых отходов.

На данный момент разработанный прототип программной системы информационной поддержки управления логистикой бытовых отходов используется для научно-исследовательских целей как тренажерно-моделирующий комплекс Институтом проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН.

Система прошла апробацию в ходе серии тестовых экспериментов на примере решения задач логистического менеджмента бытовых отходов для муниципального образования город Апатиты Мурманской области.

В перспективе разработанный прототип программной системы сможет также найти применение для решения практических задач управления экологической безопасностью монопрофильных муниципальных образований региона в рамках реализации "Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года".

### Заключение

В ходе исследований получены следующие основные результаты:

1. Проведен системный анализ проблематики информационной поддержки управления логистикой бытовых отходов в городских системах.
2. Определены требования к средствам автоматизации управления логистикой бытовых отходов в городских системах.
3. Разработан экспериментальный прототип автоматизированной информационной системы управления логистикой бытовых отходов. Система обеспечивает снижение финансовых затрат и экологических рисков при реализации процессов сбора и транспортировки бытовых отходов за счет адекватной информационной поддержки организационного управления этими процессами.

Разработка зарегистрирована в Объединенном фонде электронных ресурсов "Наука и образование" (рег. № 20237 от 24.06.2014 г.) и в Объединенном фонде алгоритмов и программ для ЭВМ ФГАНУ "ЦИТИС" (гос. рег. № 50201450620 от 16.07.2014 г.).

### Библиографический список

1. Основные направления использования информационных технологий в сфере управления движением твердых бытовых отходов / Я. И. Вайсман, Ю. В. Куликова, О. А. Тагилова, Я. С. Хохрякова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2013. № 1 (9). С. 147–164.
2. Мохнаткин В. В., Белякова Е. В. Рациональное обращение с бытовыми отходами как составляющая городской логистики: отечественный и зарубежный опыт // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2013. Т. 2, № 9. С. 194–195.
3. Петухов В. В., Кулибаба В. В. Региональная информационно-аналитическая система мониторинга оборота твердых бытовых отходов // Труды СПИИРАН. 2013. № 2 (25). С. 338–349.
4. Эльяшевич И. П., Эльяшевич Е. Р. Перспективы развития экологической логистики в России // Логистика и управление цепями поставок. 2011. № 43. С. 19–27.
5. Шарапов А. Р., Гилязова А. А., Кадеева З. К. Совершенствование процессов организации управления твердыми бытовыми отходами // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 4. С. 308–312.
6. Кирильчук И. О., Барков А. Н. Информационно-аналитические системы управления отходами. Курск : Изд-во ЗАО "Университетская книга", 2015. 112 с.
7. Мустафина Г. Г., Сабирова Э. Ф., Калязин М. К. Автоматизация планирования грузоперевозок и доставки продукции на примере применения Бизнес-Решения ANTOR LOGISTICS MASTER // Управление инновациями: теория, методология, практика. 2013. № 4. С. 96–100.

8. Бочкарев А. А. Анализ программных продуктов оптимальной маршрутизации перевозок грузов // Логистика и управление цепями поставок. 2005. № 5 (10). С. 16–20.
9. Мультиагентное моделирование и планирование в логистике / К. А. Аксенов, А. Л. Неволина, О. П. Аксенова, Е. Ф. Смолий // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. С. 42–43.
10. Макарова И. В., Хабибуллин Р. Г., Шубенкова К. А. Система поддержки принятия решений как средство управления транспортной системой города // Транспорт: наука, техника, управление : научный информационный сборник. М. : ВНИТИ, 2011. № 9. С. 57–60.
11. Лунева С. К. Задачи мониторинга процесса перевозки твердых бытовых отходов // Техно-технологические проблемы сервиса. 2013. № 2 (24). С. 83–87.
12. Оценка экологических рисков в процессе утилизации твердых бытовых отходов / М. В. Кравцова, А. В. Васильев, Д. А. Волков, Ю. Ю. Башкиров // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 1 (7). С. 1849–1857.
13. Ильиных Г. В., Коротаев В. Н., Вайсман Я. И. Алгоритм оценки экологической нагрузки на объекты окружающей среды при обращении с твердыми бытовыми отходами с учетом их состава и свойств // Вестник МГСУ. 2014. № 2. С. 131–139.
14. Ладик А. С., Маслобоев А. В., Маслобоев В. А. Программная система информационной поддержки управления логистикой бытовых отходов в городских системах // Рекламно-техническое описание программы для ЭВМ. Апатиты : ИППЭС КНЦ РАН, 2014. 15 с.
15. Сазонов А. М., Соколов А. В., Старков С. А. Реализация параллельных алгоритмов решения некоторых оптимизационных задач на графах // Эвристические алгоритмы и распределенные вычисления. 2014. Т. 1, № 6. С. 76–92.

## References

1. Osnovnye napravleniya ispolzovaniya informatsionnyh tehnologiy v sfere upravleniya dvizheniem tverdyh bytovykh othodov [Main application directions of information technologies in the field of solid domestic waste transportation management] / Ya. I. Vaysman, Yu. V. Kulikova, O. A. Tagilova, Ya. S. Hohryakova // Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika. 2013. N 1 (9). P. 147–164.
2. Mohnatkin V. V., Belyakova E. V. Ratsionalnoe obraschenie s bytovymi othodami kak sostavlyayuschaya gorodskoy logistiki: otechestvennyi i zarubezhnyi opyt [Rational domestic waste handling as a component of municipal logistics: domestic and foreign experience] // Aktualnye problemy aviatsii i kosmonavtiki. 2013. V. 2, N 9. P. 194–195.
3. Petuhov V. V., Kulibaba V. V. Regionalnaya informatsionno-analiticheskaya sistema monitoringa oborota tverdyh bytovykh othodov [Regional information and analytical system for monitoring of solid domestic waste overturn] // Trudy SPIIRAN. 2013. V. 2 (25). P. 338–349.
4. El'yashevich I. P., El'yashevich E. R. Perspektivy razvitiya ekologicheskoy logistiki v Rossii [Perspectives of ecological logistics development in Russia] // Logistika i upravlenie tsepyami postavok. 2011. N 43. P. 19–27.
5. Sharapov A. R., Gilyazova A. A., Kadeeva Z. K. Sovershenstvovanie protsessov organizatsii upravleniya tverdyimi bytovymi othodami [Organizational management process improvement of solid domestic waste] // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2013. V. 16, N 4. P. 308–312.
6. Kiril'chuk I. O., Barkov A. N. Informatsionno-analiticheskie sistemy upravleniya othodami [Information and analytical system for waste management]. Kursk : Izd-vo ZAO "Universitetskaya kniga", 2015. 112 p.
7. Mustafina G. G., Sabirova E. F., Kalyazin M. K. Avtomatizatsiya planirovaniya gruzoperevozok i dostavki produktsii na primere primeneniya Biznes-Resheniya ANTOR LOGISTICS MASTER [Cargo transportation and product delivery planning automation by the example of Business-Solution ANTOR LOGISTICS MASTER application] // Upravlenie innovatsiyami: teoriya, metodologiya, praktika. 2013. N 4. P. 96–100.
8. Bochkarev A. A. Analiz programmnykh produktov optimalnoy marshrutizatsii perevozok gruzov [Software system analysis for cargo transportation optimal routing] // Logistika i upravlenie tsepyami postavok. 2005. N 5 (10). P. 16–20.
9. Multiagentnoe modelirovanie i planirovanie v logistike [Multi-agent modeling and planning in logistics] / K. A. Akse nov, A. L. Nevolina, O. P. Akse nova, E. F. Smoliy // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. N 4. P. 42–43.
10. Makarova I. V., Habibullin R. G., Shubenkova K. A. Sistema podderzhki prinyatiya resheniy kak sredstvo upravleniya transportnoy sistemoy goroda [Decision support system as a tool for municipal transport system control] // Transport: nauka, tehnika, upravlenie : nauchnyi informatsionnyi sbornik. M. : VNITI, 2011. N 9. P. 57–60.
11. Luneva S. K. Zadachi monitoringa protsessa perevozki tverdykh bytovykh othodov [Monitoring problems of solid domestic waste transportation process] // Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa. 2013. N 2 (24). P. 83–87.

12. Otsenka ekologicheskikh riskov v protsesse utilizatsii tverdyh bytovykh othodov [Ecological risk assessment within the solid domestic waste utilization] / M. V. Kravtsova, A. V. Vasilev, D. A. Volkov, Yu. Yu. Bashkirov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2014. V. 16, N 1 (7). P. 1849–1857.

13. Il'inyh G. V., Korotaev V. N., Vaysman Ya. I. Algoritm otsenki ekologicheskoy nagruzki na ob'ekty okruzhayushey sredy pri obraschenii s tverdymi bytovymi othodami s uchetom ih sostava i svoystv [An algorithm for ecological load assessment on the environment objects within the solid domestic waste handling subject to its composition and properties] // Vestnik MGSU. 2014. N 2. P. 131–139.

14. Ladik A. S., Masloboev A. V., Masloboev V. A. Programmnyaya sistema informatsionnoy podderzhki upravleniya logistikoy bytovykh othodov v gorodskikh sistemah [Software system for information support of domestic waste logistics management in the cities] // Reklamno-technicheskoe opisanie programmy dlya EVM. Apatity : IPPES KNTs RAN, 2014. 15 p.

15. Sazonov A. M., Sokolov A. V., Starkov S. A. Realizatsiya paralelnykh algoritmov resheniya nekotorykh optimizatsionnykh zadach na grafah [Parallel algorithm implementation for certain optimization problem solving with graphs] // Evristicheskie algoritmy i raspredelennye vychisleniya. 2014. V. 1, N 6. P. 76–92.

#### **Сведения об авторах**

**Ладик Анна Сергеевна** – Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, аспирант; e-mail: ladik@iimm.ru

**Ladik A. S.** – Institute for Informatics and Mathematical Modeling of Technological Processes KSC RAS, PhD Student; e-mail: ladik@iimm.ru

**Маслобоев Андрей Владимирович** – Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник; e-mail: masloboev@iimm.ru

**Masloboev A. V.** – Institute for Informatics and Mathematical Modeling of Technological Processes KSC RAS, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, Senior Research Fellow; e-mail: masloboev@iimm.ru