

На правах рукописи



Иорданова Анастасия Владимировна

ЛОКАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ
СРЕДЫ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫМИ ОБЪЕКТАМИ РАЗМЕЩЕНИЯ
ОТХОДОВ

Специальность 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды,
веществ, материалов и изделий

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Курск – 2021

Работа выполнена на кафедре биомедицинской инженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Научный руководитель: **Филист Сергей Алексеевич**,
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Попов Николай Сергеевич**,
доктор технических наук, профессор
Тамбовский государственный технический университет, кафедра природопользования и защиты окружающей среды, профессор
(г. Тамбов)

Мясоедова Марина Анатольевна,
кандидат технических наук,
Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, кафедра электротехники и электроэнергетики,
старший преподаватель (г. Курск)

Ведущая организация: **Воронежский государственный технический университет**, г. Воронеж

Защита диссертации состоится «02» июля 2021 года в 12⁰⁰ часов на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.099.03, созданного на базе Юго-Западного государственного университета, Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева, Белгородского государственного национального исследовательского университета, по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного государственного университета и на сайте [https://swsu.ru/upload/iblock/324/g3ombx9m6qf7no32qhdlyp589sf2v7k/Dissertat siya-Iordanova-A.V.pdf](https://swsu.ru/upload/iblock/324/g3ombx9m6qf7no32qhdlyp589sf2v7k/Dissertat%20siya-Iordanova-A.V.pdf)

Автореферат разослан « ___ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного
Д 999.099.03

совета



Милостная Наталья Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Во всем мире увеличивается количество отходов производства и потребления, в том числе твердых коммунальных отходов (ТКО). При этом в большинстве развитых стран осознана необходимость повышения эффективности системы управления отходами, предусматривающей раздельный сбор отходов в источнике образования, утилизацию отходов и их повторное использование.

Исследования, посвященные разработке и совершенствованию методов утилизации отходов, обеспечению снижения их негативного воздействия на природную среду, проводятся и в нашей стране. Однако существующая на сегодняшний день в Российской Федерации система обращения с отходами в основном предполагает их захоронение на объектах размещения отходов (санкционированных полигонах и несанкционированных свалках), которые оказывают существенное негативное воздействие на окружающую природную среду и здоровье населения.

Недостатки существующей системы обращения с отходами (высокая стоимость размещения отходов на санкционированных объектах размещения отходов (ОРО), недостаточность контейнеров, несвоевременный вывоз отходов и т.п.) приводят к росту стихийных несанкционированных свалок, возникающих на городских территориях и в пригороде. Данные свалки зачастую расположены вблизи мест жизнедеятельности человека, водных объектов, особо охраняемых природных территорий, что в значительной степени повышает их опасность для природной среды и здоровья человека.

В связи с этим актуальной является проблема оперативного обнаружения стихийных несанкционированных свалок, оценка их экологической опасности и ликвидация с учетом приоритетов экологической политики.

Результаты анализа представленных решений рассматриваемой проблемы свидетельствуют о необходимости использования современных информационных технологий, поэтому актуальным является создание на их основе локальной информационно-аналитической системы контроля загрязнения окружающей природной среды. Кроме того, перспективным инструментом, который возможно использовать в данном случае, является интеграция современных информационных технологий: машинного моделирования, ГИС и WEB-технологий.

Степень разработанности проблемы.

Теоретическую и методологическую основу работы составили труды отечественных и зарубежных учёных в области мониторинга земель: Богданов В.Л., Ветошкина Л.П., Семенова М.В., Слюсарь Н.Н., Braimoh A. и др. В области геопространственного анализа и геоинформационных технологий – работы Badeley A., ALZaghrini N., Smith M.J., Ниязгулова У.Д., Петрова С.А. и др.

Среди немногочисленных работ, посвящённых конкретно несанкционированным свалкам, выделяются исследования Madon I., Tasaki T. и Singh A.

Для контроля и оценки воздействия санкционированных объектов размещения отходов на окружающую природную среду применяются утвержденные методики, базирующиеся на метрологических величинах и требующие серьезных математических расчетов, что подтверждают работы Кирильчук И.О., Демидова А.Л., Титовой А.Г. Применение данных методик к несанкционированным ОРО является малоэффективным в виду их повсеместного и стихийного образования в природной среде, в отличие от полигонов, включенных в государственный реестр. В связи с этим целесообразным является создание специфического способа оценки экологической опасности несанкционированных ОРО. При этом для реализации подобного рода методик оптимальным является использование информационных технологий, что отмечено в работах Рябова Ю.В.

Согласно исследованиям Я.И. Вайсмана, Ю.В. Куликовой, О.А. Тагиловой, В.В. Мохнаткина, В.В. Петухова использование современных информационных технологий и соответствующих программных решений позволяет эффективно и своевременно использовать имеющиеся ресурсы для оперативного контроля за образованием и ликвидацией несанкционированных ОРО, снижая уровень наносимого ущерба окружающей среде.

Проведенный анализ позволяет сформулировать научно-техническую задачу, на решение которой направлено данное исследование: развитие информационных технологий с целью создания локальной информационно-аналитической системы контроля загрязнения окружающей природной среды, позволяющей осуществлять оперативный контроль и ликвидацию несанкционированных ОРО.

Работа выполнялась при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № 075-15-2019-386 по теме «Разработка моделей, алгоритмов и методов информационно-аналитической системы для совершенствования управления объектами размещения отходов».

Цель диссертационной работы состоит в улучшении качества окружающей природной среды и санитарного благополучия населения за счет разработки информационного и методического обеспечения локальной информационно-аналитической системы контроля загрязнения природной среды несанкционированными объектами размещения отходов.

Для достижения цели в диссертационной работе были решены **следующие задачи:**

1 Проведен анализ современного состояния системы контроля загрязнения природной среды объектами размещения отходов.

2 Предложен способ оценки экологической опасности стихийных несанкционированных объектов размещения отходов.

3 Разработано программное и инструментальное обеспечение краудсорсингового интернет-портала, использующего геоинформационные технологии и предназначенного для оперативного контроля и обнаружения стихийных несанкционированных ОРО.

4 Разработаны структурно-функциональная организация и базовые элементы локальной информационно-аналитической системы контроля загрязнения окружающей природной среды стихийными несанкционированными объектами размещения отходов.

5. Разработан модифицированный алгоритм для составления маршрутов ликвидации стихийных несанкционированных ОРО.

6. Экспериментальным путем проверена эффективность разработанных способа и алгоритмов с помощью интернет-портала для оперативного обнаружения стихийных несанкционированных ОРО как основного элемента локальной информационно-аналитической системы контроля загрязнения природной среды на городской территории.

Объект исследования: локальная информационно-аналитическая система контроля загрязнения окружающей природной среды несанкционированными объектами размещения отходов.

Предмет исследования: модели, методы и алгоритмы локальной информационно-аналитической системы контроля загрязнения окружающей природной среды несанкционированными объектами размещения отходов.

Методы исследования.

При решении сформулированных в работе задач использовались методы структурно-функционального моделирования и системного анализа, методы экспертных оценок и визуальные исследования, теории прикладной информатики. При обработке экспериментальных данных применялись методы математической статистики. Разработка программных модулей осуществлялась с использованием методов объектно-ориентированного программирования и геоинформационного анализа в программной среде Visual Studio. Кроме того, использован диалектический метод как общий научный метод познания, приемы статистического, сравнительного, экономического и финансового анализа, а также методы индукции и дедукции.

Научная новизна:

1 Способ оценки экологической опасности несанкционированных свалок, основанный на сравнении фактических характеристик свалок (расстояние до мест жизнедеятельности человека, водоемов и особо охраняемых природных территорий, площадь свалки, морфологический состав отходов, время существования свалки), полученных при натурных обследованиях городских территорий, с определенными табличными значениями, отличающийся уточненным алгоритмом расчета класса экологической опасности стихийных несанкционированных свалок, исключая возникновение аномалий расчета, связанных с определением класса опасности только по одному параметру, а также учетом стоимостной оценки экологического ущерба, нанесенного поверхности земли несанкционированными свалками, позволяющий

оперативно оценить степень воздействия обнаруженной стихийной свалки на окружающую природную среду.

2 Интернет-портал учета несанкционированных свалок, включающий модуль пользователя, модуль администратора, основное ядро и базу данных, отличающийся возможностью автоматизированного расчета класса экологической опасности несанкционированных свалок, позволяющий обозначать обнаруженные несанкционированные свалки на интерактивной карте городской территории и проводить ранжирование несанкционированных ОРО по степени их экологической опасности для последующего составления плана санитарной уборки города.

3 Алгоритм формирования оптимального маршрута ликвидации несанкционированных свалок, отличительной особенностью которого является учет экологической опасности несанкционированных ОРО и составление плана санитарной уборки города, основываясь на приоритетах природоохранной политики и обеспечения экологической безопасности населения.

4 Локальная информационно-аналитическая система контроля загрязнения природной среды стихийными несанкционированными ОРО, содержащая блок расчетных модулей: блок расчета экологического ущерба, блок расчета класса экологической опасности, передающие информацию в блок формирования маршрута; блок баз данных: база данных несанкционированных свалок, осуществляющая информационный обмен с базой данных логистической компоненты; блок визуализации, отличающаяся тем, что блок формирования маршрута включает авторский алгоритм построения маршрута, базирующийся на теории графов и использующий в основе цикл Гамильтона, что способствует оперативному построению оптимального маршрута ликвидации несанкционированных свалок, а также осуществление оперативного контроля и ликвидации несанкционированных ОРО.

Практическая значимость работы:

1 Разработана и экспериментальным путем проверена локальная информационно-аналитическая система контроля загрязнения природной среды стихийными несанкционированными объектами размещения отходов, которая может использоваться в качестве инструмента для оперативного обнаружения и ликвидации стихийных несанкционированных свалок на территории муниципальных образований.

2 Создан способ оценки экологической опасности стихийных несанкционированных ОРО (несанкционированных свалок), позволяющий оперативно оценить степень воздействия обнаруженной стихийной свалки на окружающую природную среду.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Способ оценки экологической опасности стихийных несанкционированных ОРО позволяет оперативно оценить степень воздействия обнаруженной стихийной свалки на окружающую природную среду.

2. Интернет-портал учета несанкционированных свалок позволяет обозначать обнаруженные несанкционированные свалки на интерактивной карте

городской территории и проводить ранжирование несанкционированных ОРО по степени их экологической опасности для последующего составления плана санитарной уборки города.

3. Алгоритм формирования оптимального маршрута ликвидации несанкционированных ОРО, который позволяет учитывать экологическую опасность несанкционированных ОРО и составлять маршрут санитарной уборки города, основываясь на приоритетах природоохранной политики и обеспечения экологической безопасности населения.

4. Информационно-аналитическая система контроля загрязнения природной среды стихийными несанкционированными объектами размещения отходов является инструментом для оперативного контроля, обнаружения и ликвидации стихийных несанкционированных ОРО на территории населенных пунктов.

Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности.

Соответствует пункту 4 «Разработка методического, технического, приборного и информационного обеспечения для локальных, региональных и глобальных систем экологического мониторинга природных и техногенных объектов» паспорта научной специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Достоверность результатов исследований.

Достоверность научных положений, теоретических выводов и практических результатов диссертационной работы подтверждается:

- корректным использованием математического аппарата, соответствием результатов вычислительных экспериментов, выдвигаемых в диссертации, положениям и выводам качественного характера;
- использованием разработанных способа и алгоритмов для решения реальных прикладных задач;
- практической реализацией информационно-аналитической системы и отдельных ее элементов, подтвержденной свидетельствами об официальной регистрации программ для ЭВМ, патентом на изобретение, а также актами о внедрении.

Апробация работы.

Результаты работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути инновационного развития» (Курск 2017, 2018), международной молодежной научной конференции «Молодежь и XXI век – 2017» (Курск 2017), международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда» (Курск 2018, 2019, 2020), международной научной конференции молодых ученых «Исторические, философские, методологические проблемы современной науки» (Курск 2019), международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт-Петербург 2019, 2020), всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции моло-

дых исследователей «Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и технологической безопасности» (Волгоград 2019), международной научно-технической конференции «Медико-экологические информационные технологии» (Курск 2019, 2020), международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых – будущее России» (Курск 2019, 2020), всероссийской научно-практической конференции «Техносферная безопасность в XXI веке» (Иркутск 2019, 2020), международной научно-практической конференции «Проблемы обеспечения безопасности» (Уфа 2020).

Публикации.

По теме диссертации опубликованы 24 научные работы, в том числе 1 монография, 4 статьи, индексируемые в международной наукометрической базе Scopus, 6 статей в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных перечнем ВАК Минобрнауки РФ, в том числе 4 по специальности диссертации и 13 статей, включенных в российский индекс научного цитирования РИНЦ. Получен 1 патент на изобретение и 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад автора.

Вынесенные на защиту положения разработаны соискателем лично. Все разработанные программные продукты по проведенным в данной работе исследованиям разработаны соискателем лично. Написанные с соавторами опубликованные работы базируются на полученных соискателем расчетных и экспериментальных результатах.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, приложения и списка литературы, включающего 84 отечественных и 19 зарубежных наименований. Работа изложена на 150 страницах машинописного текста, содержит 55 рисунков и 33 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, методы исследования, представлены научная новизна и практическая значимость работы, а также основные защищаемые положения.

В первой главе проведен анализ современного состояния системы контроля загрязнения природной среды объектами размещения отходов. Рассмотрено законодательное регулирование обращения с ТКО и направления его совершенствования, закономерности развития системы обращения с ТКО на территории Российской Федерации.

На основе анализа территориальной схемы управления отходами Курской области выявлены основные ее недостатки и несоответствия требованиям, предъявляемыми к территориальным схемам. Данный анализ показал, что ответственность за ликвидацию несанкционированных ОРО возлагается на

регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами. Для выявления направлений модернизации и совершенствования деятельности регионального оператора по обращения с ТКО как ключевого лица в системе обращения с отходами, в деятельность которого входит организация практических всех процессов (в том числе и ликвидация стихийных несанкционированных ОРО), была разработана структурно–функциональная модель регионального оператора по обращению с ТКО. Разработанная структурно–функциональная модель позволила выявить направления реформирования деятельности регионального оператора, а следовательно, направления совершенствования системы контроля за образованием и утилизацией отходов.

Одно из главных направлений модернизации состоит в оперативном учете и контроле стихийно возникающих мест несанкционированного размещения отходов с целью их своевременной ликвидации. Эффективным подходом к решению данной проблемы является разработка и внедрение информационно-аналитической системы, обеспечивающей контроль и оценку экологической опасности стихийных несанкционированных свалок, а также составление на этой основе планов уборки городской территории.

Во второй главе разработано методическое обеспечение системы контроля негативного воздействия объектов размещения отходов (ОРО).

Особенность стихийных несанкционированных свалок состоит в сложности контроля за их образованием и проблематичностью оценки их воздействия на окружающую среду и здоровье населения. С этой целью был разработан способ оценки экологической опасности несанкционированных свалок, основанный на сравнении фактических характеристик свалок, полученных при натурных обследованиях городских территорий, с определенными табличными значениями.

Определение класса опасности стихийных несанкционированных свалок осуществляется с помощью авторского алгоритма, основанного на анализе определенных параметров:

$$K=K(S,C,L,V_{\phi},T,UЩ_{отх}),$$

где K – класс опасности стихийной несанкционированной свалки;

L – расстояние до мест жизнедеятельности человека, водоемов и особо охраняемых природных территорий, м;

S – площадь свалки, м²;

C – морфологический состав отходов;

T – время существования свалки, лет;

V_{ϕ} – количество фильтрата, м³/год;

$UЩ_{отх}$ – размер вреда почвам, как объекту окружающей среды, тыс. руб.

В таблице 1 представлено соответствие рассмотренных параметров определенному классу экологической опасности стихийных несанкционированных ОРО.

Таблица 1 – Соответствие параметров классу опасности свалки

К	S, м ²	C, %	L, м	T, лет	V _ф , м ³ /год	УЩ _{отх} , тыс руб
I – чрезвычайно опасные	>20	Пищевые отходы, резина, полимерная продукция	<50	>2	>15	УЩ _{отх} >10
II – высокоопасные	15<S<20	Бумага, металл	50 < L<100	1,5<T<2	10<V _ф <15	5<УЩ _{отх} <10
III – умеренно опасные	10<S<15	Текстиль, шерсть	100 < L<200	1,5<T<2	10<V _ф <15	2<УЩ _{отх} <5
IV – малоопасные	5<S<10	Дерево, кожаные изделия	200 < L<300	1<T<1,5	5<V _ф <10	1<УЩ _{отх} <2
V – практически неопасные	S<5	Кирпич/камень	L>300	T<1	V _ф <5	УЩ _{отх} <1

Граничные значения учитываемых параметров определены с помощью метода экспертных оценок Дельфи.

Определение класса экологической опасности стихийной несанкционированной свалки осуществляется следующим образом: фактические параметры обнаруженной стихийной несанкционированной свалки по очереди сравниваются с табличными значениями. В том случае, если обнаруживается совпадение по трем и более характеристикам первой строки, свалке присваивается первый класс опасности. Если в первой строке совпадений не обнаруживается, происходит сравнение уже со второй и последующими строками. При наличии двух и более совпадений во второй строке и одного-двух в первой, свалке присваивается второй класс опасности. Аналогичным образом осуществляется сравнение по всем другим строкам.

Алгоритм определения класса экологической опасности стихийной несанкционированной свалки по предлагаемому способу представлен на рисунке 1.

Таким образом, разработанный способ позволяет провести экспресс-оценку экологической и социальной опасности свалок без проведения лабораторных замеров, т.к. все необходимые данные для определения класса экологической опасности несанкционированных ОРО получают на основе данных натурных обследований территории города.

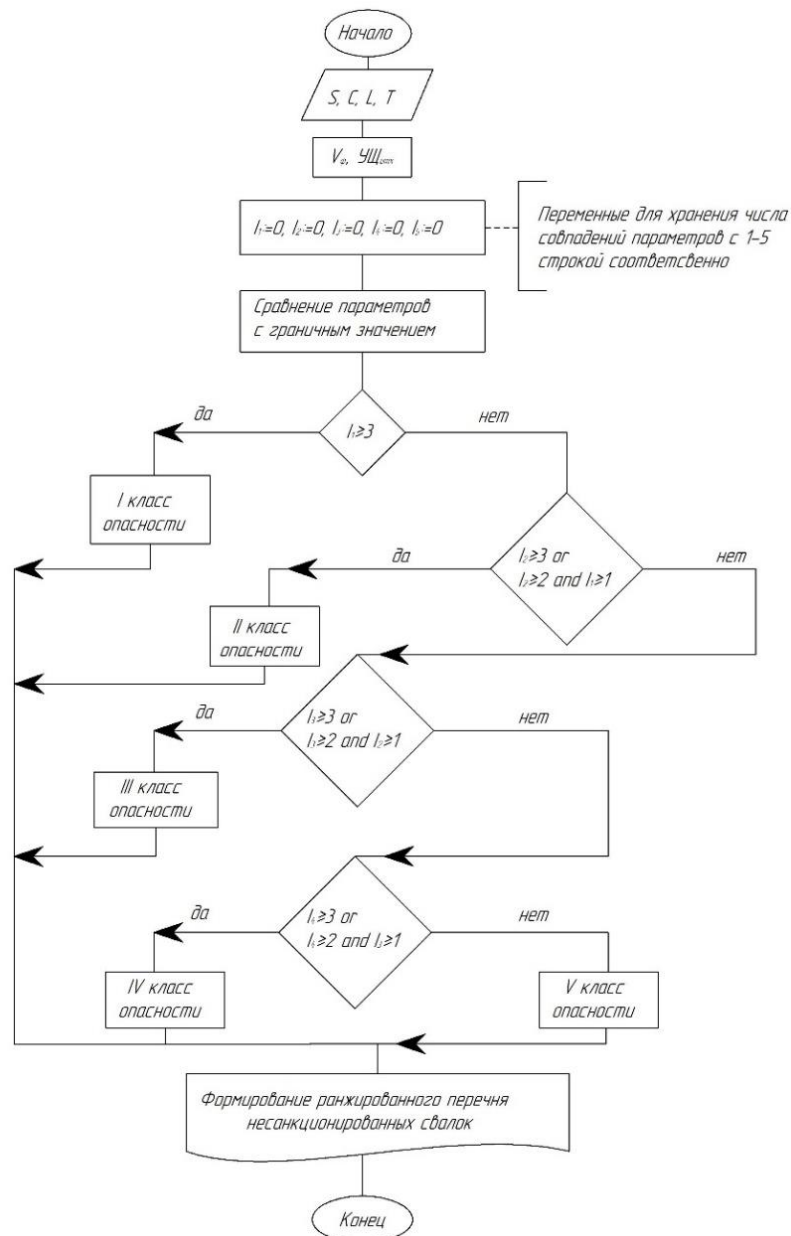


Рисунок 1. Алгоритм определения класса экологической опасности стихийной несанкционированной свалки

Полученные результаты предназначены для классификации стихийных свалок в целях разработки планов их ликвидации с учетом приоритетов экологической политики.

В третьей главе разработан геоинформационный интернет-портал по учету стихийных несанкционированных свалок являющийся ядром информационно-аналитической системы контроля негативного воздействия ОРО на природную среду.

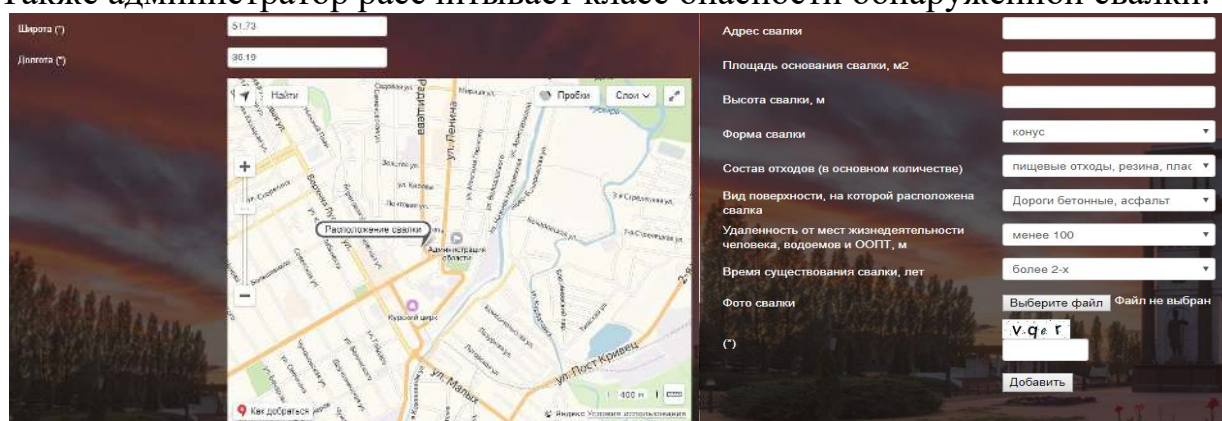
Разработка интернет-портала осуществлялась с использованием метода CMS Joomla. Разработанный интернет-портал состоит из основного ядра, модулей пользователя и администратора и базы данных.

У портала есть два варианта взаимодействия с пользователем:

1. Режим пользователя без авторизации. В данном режиме пользователь может просматривать интерактивную карту с отметками о свалках (ри-

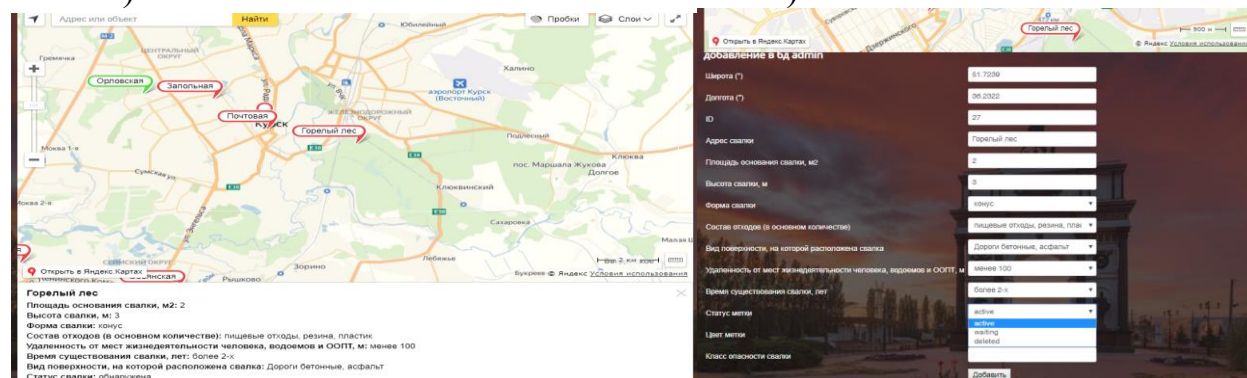
сунок 2а) и получать информацию о конкретной свалке путем нажатия на ее отметку (рисунок 2в). Также пользователь может внести на рассмотрение администратором проекта отметку, содержащую сведения о новой несанкционированной свалке. Пользователь на дополнительной карте перетаскивает отметку, определяя координаты свалки, далее необходимо ввести данные о форме, размерах свалки и расстоянии до жилых домов в соответствующие поля, расположенные ниже карты. Данное взаимодействие проиллюстрировано на рисунке 2б.

2. Режим администратора с авторизацией. Администратор имеет возможность редактирования информации о свалках посредством нажатия на соответствующие метки. Также администратор выбирает одно из действий с меткой: «опубликовать», «ожидание» и «удалить», что проиллюстрировано на рисунке 2г. После выбора статуса «опубликовать» метка становится доступна для просмотра всеми пользователями на карте главной страницы. Также администратор рассчитывает класс опасности обнаруженной свалки.



а)

б)



в)

г)

а, б, в – работа портала в режиме пользователя; г – работа портала в режиме администратора

Рисунок 2. Интерфейс разработанного интернет-портала и основные режимы его работы

Разработанный интернет-портал нацелен на усиление инструментальных возможностей сервисов сети Интернет, позволяющих использовать портал не только в качестве информационного ресурса, но и в качестве инструментария для решения природоохранных задач, связанных со стихийными

несанкционированными свалками. Разработанный интернет-ресурс доступен в пользовательском режиме по адресу <http://dev.swsu.ru/>.

В четвертой главе проведена апробация работы локальной системы контроля загрязнения природной среды несанкционированными ОРО на территории города Курска.

Локальная информационно-аналитическая система контроля загрязнения природной среды несанкционированными объектами размещения отходов (ИАС КЗПСНОРО) разработана в виде интерактивного интернет-сервиса, реализующего средства визуализации и мониторинга процессов ликвидации стихийных несанкционированных свалок.

Для работы ИАС КЗПСНОРО используются электронные карты населенных пунктов, подгружающиеся с сервиса Яндекс Карты и местоположение объектов размещения и захоронения коммунальных отходов, местоположение несанкционированных свалок, действующие маршруты транспортировки, число используемых автотранспортных средств (мусоровозов) и их характеристики.

Научно-техническую основу системы составляют:

- интерактивные карты населенных пунктов с отмеченными точками санкционированных объектов размещения отходов (полигонов ТКО) и несанкционированных ОРО (стихийных несанкционированных свалок);
- авторский алгоритм автоматизированного формирования маршрутов ликвидации стихийных несанкционированных ОРО;
- процедуры расчета класса экологической опасности обнаруженных свалок, а также расчета, исчисленного в стоимостной форме размера вреда в результате несанкционированного размещения отходов.

Полная структурно-функциональная организация информационно-аналитической системы представлена на рисунке 3.

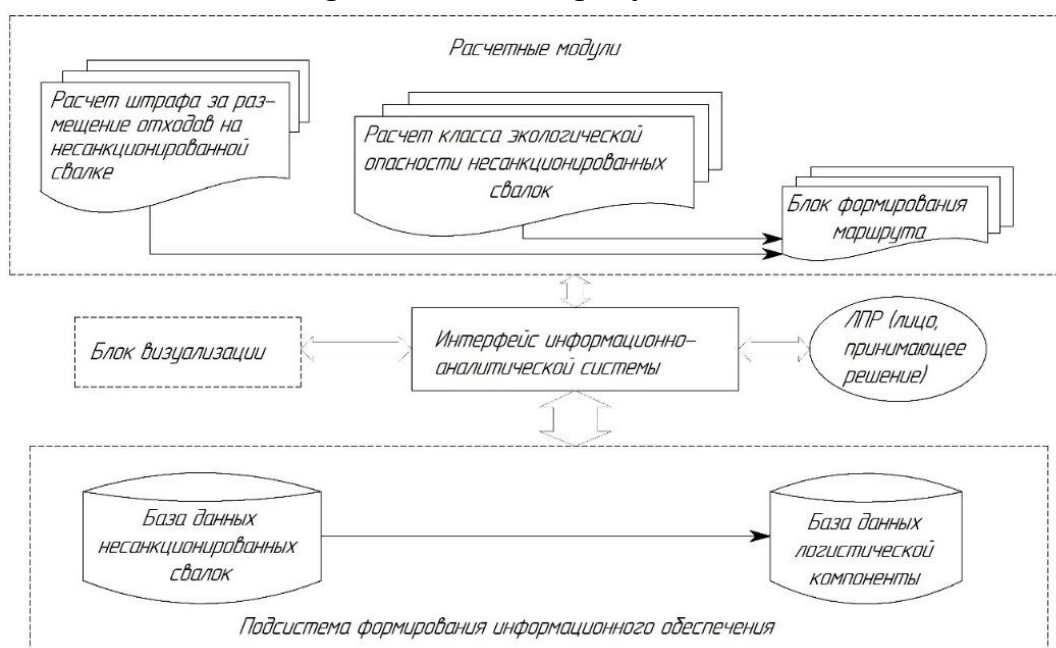


Рисунок 3. Структурно-функциональная организация ИАС КЗПСНОРО

Алгоритм функционирования информационно–аналитической системы представлен на рисунке 4.

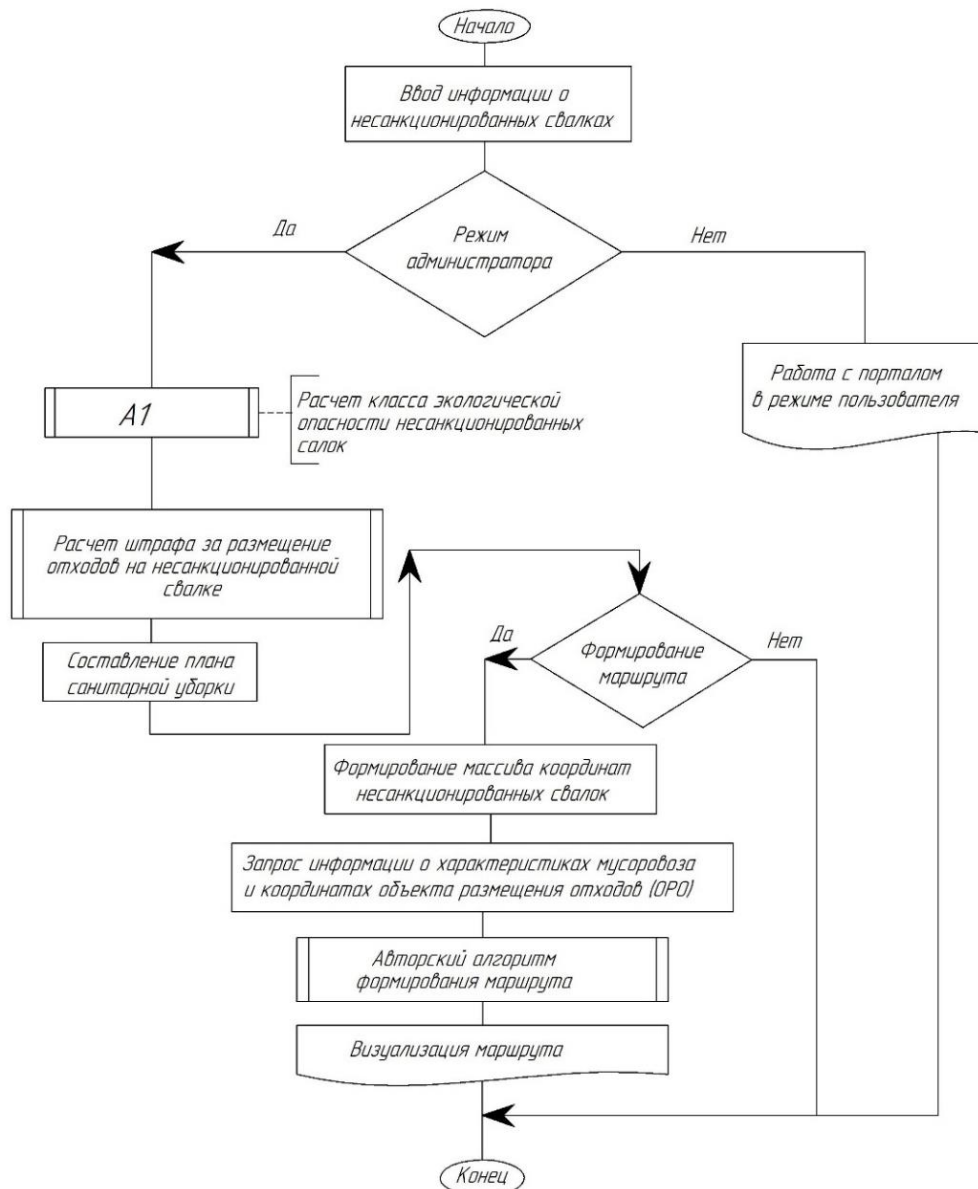


Рисунок 4. Алгоритм функционирования ИАС КЗПС НОРО

Ядром системы является разработанный интернет-портал, принцип работы которого был описан ранее. После заполнения пользователем всех необходимых сведений об обнаруженной свалке и проверке введенных данных администратором портала, свалка отображается на интерактивной карте со статусом «обнаружена». В случае уборки обнаруженной несанкционированной свалки администратору портала предоставлена возможность изменить ее статус на «ликвидирована».

Статус стихийных несанкционированных свалок, обнаруженных с использованием краудсорсингового интернет-портала, может быть уточнен с использованием малых летательных аппаратов, а также стационарно установленных камер видеонаблюдения, позволяющих осуществлять регулярный мониторинг исследуемой территории.

Следующим шагом в работе ИАС КЗПСНОРО является определение класса экологической опасности обнаруженных стихийных несанкционированных ОРО с помощью описанного ранее способа.

Исходя из результатов расчета показателей, характеризующих обнаруженные стихийные несанкционированные свалки, формируется ранжированный перечень свалок, который может быть передан в природоохранные организации и на основании которого разрабатываются планы санитарной уборки города, а также определяется необходимость специализированного оборудования для уборки обнаруженных свалок.

Следующая ступень работы системы – формирование маршрута ликвидации свалок в соответствии с планом санитарной уборки. Маршрут формируется с использованием авторского алгоритма выбора несанкционированных свалок, подлежащих ликвидации.

В условиях ограниченных финансовых ресурсов возникает необходимость разработки приоритетов экологической политики. Применительно к рассматриваемой нами цели построения маршрута для устранения несанкционированных свалок, это означает, что при ограничениях, которыми являются максимальное расстояние, которое может без дозаправки проехать мусоровоз, и объем кузова мусоровоза, первоочередной ликвидации должны быть подвергнуты наиболее опасные с экологической точки зрения несанкционированные свалки. На основе данных, предоставляемых интернет-порталом по учету стихийных несанкционированных свалок (<http://dev.swsu.ru/>) формируются двумерные массивы стихийных несанкционированных свалок, содержащие расстояния между ними и основные характеристики свалок, которые будут учитываться при составлении маршрута (класс экологической опасности свалки и ее объем). Задача сводится к выбору тех несанкционированных свалок из обнаруженных, которые будут приняты в качестве вершин графа, между которыми необходимо построить маршрут. Авторский подход к формированию набора вершин графа представлен в виде алгоритма на рисунке 5, где R_{\max} – максимальное расстояние, которое может без дозаправки проехать мусоровоз, V_{\max} – объем кузова мусоровоза, V_1 – объем свалки, K_1 – класс опасности свалки.

Отобранные с помощью авторского подхода несанкционированные свалки в дальнейшем встраиваются в уже утвержденные маршруты санитарной уборки города.

Результат работы информационно-аналитической системы в виде построенных маршрутов представлен на рисунке 6.

Далее необходимо оценить эффективность предложенной информационно-аналитической системы. Для оценки эффективности разработанной системы был определен интегральный показатель.

Расчеты нормированных коэффициентов эффективности относительно значимости выбранных показателей и сформированные на их основе единые интегральные показатели оценки эффективности по каждому из этапов работы системы представлены в таблице 3.

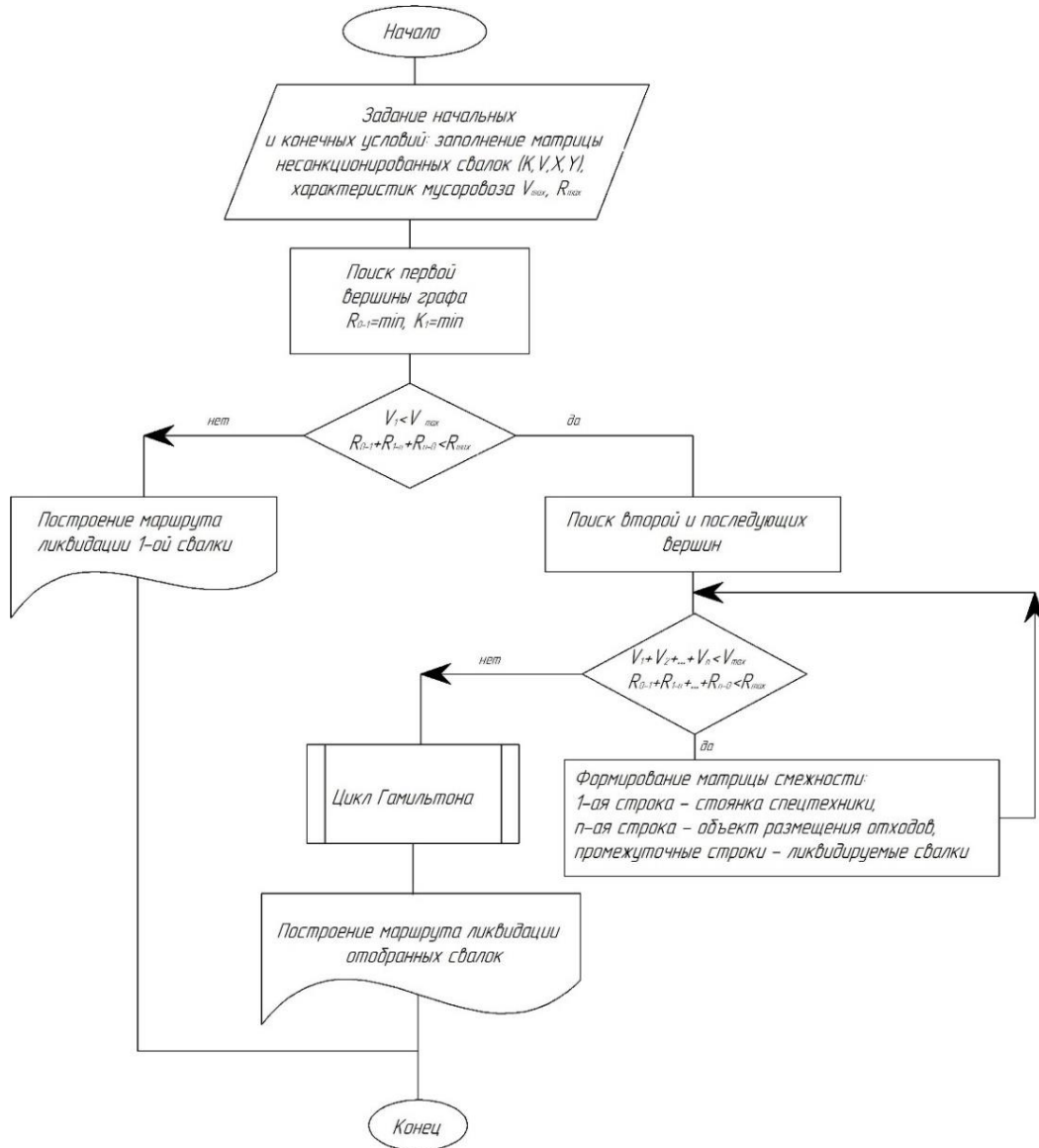


Рисунок 5. Алгоритм формирования вершин графа

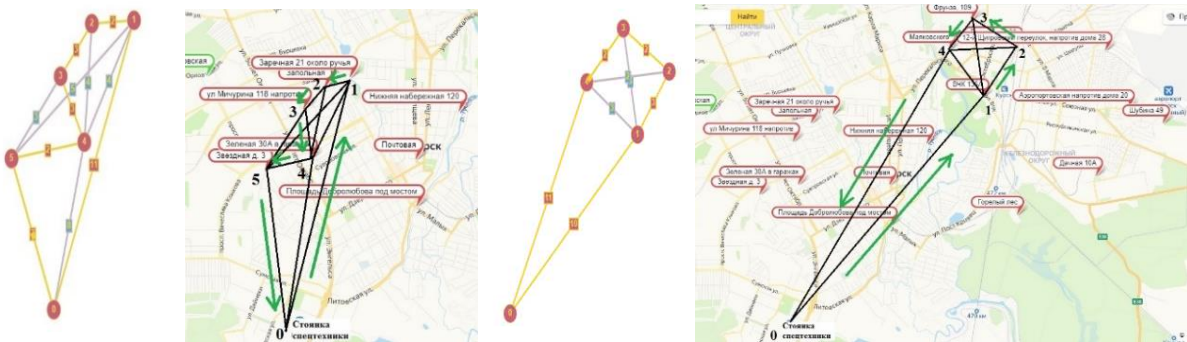


Рисунок 6. План маршрута санитарной уборки несанкционированных свалок в г. Курск

Таблица 3 – Определение интегрального показателя оценки эффективности разработанной системы

№	Наименование критерия	Вес	Значимость	Нормированный коэффициент эффективности относительно значимости выбранных показателей	
				До внедрения системы	Спустя 2 года после внедрения
X ₁	Кол-во обнаруженных свалок, K ₁ , шт	8	0,195	0,036	0,159
X ₂	Кол-во ликвидированных свалок, K ₂ , шт	10	0,244	0,043	0,201
X ₃	Площадь ликвидированных свалок, K ₃ , м ²	9	0,219	0,04	0,179
X ₄	Время, затрачиваемое на построение маршрута ликвидации, T, сек	5	0,122	0,001	0,12
X ₅	Кол-во используемых человеческих ресурсов, Ч, ед	5	0,122	0,073	0,049
X ₆	Кол-во используемых единиц спецтехники в среднем на одну свалку, С шт	5	0,122	0,087	0,035
X ₇	Усредненное значение предотвращенного экологического ущерба при ликвидации одной свалки, У, тыс.руб	7	0,171	0,057	0,114
	Интегральный показатель эффективности, Э _{int}			0,56	3,17

Комплексная оценка эффективности системы представлена в виде диаграммы на рисунке 7.

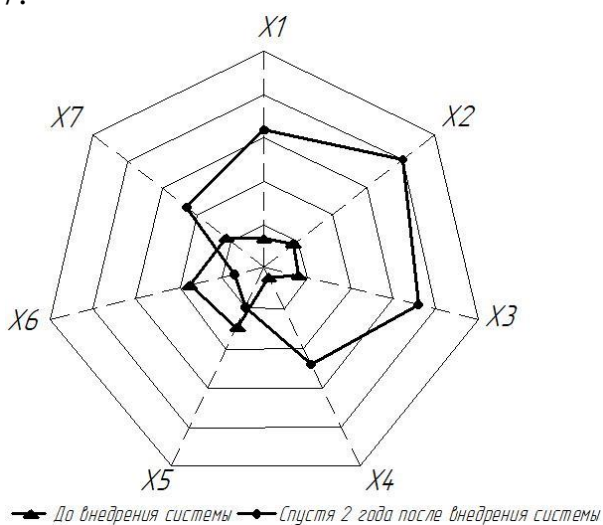


Рисунок 7. Диаграмма комплексной оценки эффективности системы

Таким образом, по результатам оценки выделенных критериев, можно сделать вывод об эффективности функционирования разработанной системы,

что подтверждается высокими показателями ее результативности, оперативности, ресурсоемкости, обоснованностью принимаемых решений, а также иными качественными критериям, отражающими эффективность разработанной системы.

Разработанная информационно-аналитическая система позволяет решить проблему несвоевременной и неэффективной санитарной уборки городской системы с учетом ликвидации стихийных несанкционированных свалок. Разработанный программный «каркас» является универсальным и подходит для любого города России.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В результате проведенных в диссертационной работе исследований получены следующие основные результаты:

1 Проведен анализ современного состояния системы контроля загрязнения природной среды объектами размещения отходов, в результате которого были выявлены основные недостатки существующей системы.

2 Разработан способ оценки экологической опасности стихийных несанкционированных свалок, позволяющий оперативно оценить степень воздействия обнаруженной стихийной свалки на окружающую природную среду.

3 Разработаны алгоритмы и реализующие их программные продукты для автоматизированного расчета класса экологической опасности несанкционированных свалок и ущерба от размещения отходов.

4 Разработан геоинформационный интернет-портал для оперативного обнаружения несанкционированных свалок и формирования эколого-ориентированного мировоззрения общества.

5 Разработан алгоритм формирования маршрута ликвидации несанкционированных ОРО, позволяющий учитывать экологическую опасность обнаруженных свалок и составлять планы санитарной уборки города, основываясь на приоритетах природоохранной политики и обеспечения экологической безопасности населения.

6 Экспериментальным путем проверена эффективность разработанных способа и алгоритмов, которая подтверждается высокими показателями результативности, оперативности, ресурсоемкости, обоснованностью принимаемых решений, а также иными качественными критериям, отражающими эффективность разработанной информационно-аналитической системы контроля загрязнения природной среды несанкционированными ОРО.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в научных рецензируемых журналах из перечня ВАК:

1 Разработка элементов информационно-аналитической системы учета несанкционированных свалок / Юшин В.В., Попов В.М., Кирильчук И.О., Гнездилова А.В. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2018. – Т. 8. – № 3 (28). – С. 68-80.

2 Разработка структурно-функциональной модели регионального оператора по обращению с ТКО / И.О. Кирильчук, А.В. Иорданова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 2. – С. 20-27.

3 Разработка авторского метода построения маршрутов ликвидации стихийных несанкционированных свалок / Кирильчук И.О., Иорданова А.В., Юшин В.В., Попов В.М // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2020. – Т. 24. – № 2. – С. 153-169.

4 Разработка интернет-портала по учету стихийных несанкционированных свалок / Кирильчук И.О., Юшин В.В., Иорданова А.В., Грибов Е.А. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 8-23.

5 Комплекс дистанционного обнаружения загрязнений поверхности земли несанкционированными объектами размещения отходов / А.В. Иорданова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2021. – Т. 1. – № 2. – С. 76-88.

6 Совершенствование методов оценки негативного воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду и здоровье населения / Кирильчук И.О., Иорданова А.В., Филист С.А. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2021. – Т. 1. – № 1. – С. 82-97.

Публикации, индексируемые в международной наукометрической базе Scopus:

7 Development of typification method of unauthorized landfills / Kirilchuk I., Barkov A., Iordanova A., Kotkina M. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – 2019. – Т. 19. – № 5.1. – С. 165-171.

8 Special aspects of assessing hazard to public health while monitoring the negative impact of solid municipal waste landfills / I.O. Kirilchuk, A.V. Besedin, G.P. Timofeev and A.V. Iordanova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, ESHCIP-2019. – 2019. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/350/1/012033>

9 Information technologies for risk assessment to public health from emissions of municipal solid waste landfill / Kirilchuk I., Yushin V., Barkov A., Iordanova A. // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. – 2020. – С. 455-462.

10 Modeling and analysis of geo-ecological systems of the Kursk region determining operational features of waste disposal facilities / Kirilchuk I., Barkov A., Iordanova A., Novitskaya S. // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. – 2020. – С. 529-536.

Патент на изобретение:

11 Способ оценки экологической опасности стихийных несанкционированных свалок / Кирильчук И.О., Иорданова А.В., Юшин В.В. // Пат. № 2731662 заявл. 12.11.2019; опубл. 07.09.2020, Бюл. № 25.

Монографии:

12 Информационно-аналитическая система управления ликвидацией несанкционированных свалок / Кирильчук И.О., Иорданова А.В. – Курск, – 2019. – 136 с.

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ:

13 Программа для интернет-портала геоинформационного учета стихийных несанкционированных свалок со встроенным модулем расчета класса экологической опасности / Кирильчук И.О., Иорданова А.В. // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020613799, 23.03.2020. Заявка № 2020612463 от 11.03.2020.

14 Программа для расчета класса опасности несанкционированных свалок / Кирильчук И.О., Иорданова А.В. // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019661683, 05.09.2019. Заявка № 2019660528 от 28.08.2019.

Статьи в сборниках научных трудов:

15 Разработка автоматизированной информационной системы управления логистикой коммунальных отходов / Кирильчук И.О., Гнездилова А.В. // В сборнике научных трудов 6-й Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути инновационного развития». – Курск, 2017. – С. 63-67.

16 Направление совершенствования системы геоинформационного учета стихийных несанкционированных свалок / Кирильчук И.О., Гнездилова А.В. // В сборнике статей X Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда». – Курск, 2018. – С. 142-149.

17 Разработка структурно-функциональной организации информационно-аналитической системы управления логистикой коммунальных отходов / Кирильчук И.О., Иорданова А.В. // В сборнике научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». – Санкт-Петербург, 2019. – С. 199-206.

18 Исследование вклада междисциплинарных научных подходов в решение экологических проблем, связанных с утилизацией коммунальных отходов / Иорданова А.В. // В сборнике статей 2-й Международной научной конференции молодых ученых «Исторические, философские, методологические проблемы современной науки». – Курск, 2019. – С. 238-242.

19 Анализ территориальной схемы управления отходами Курской области / Иорданова А.В. // В сборнике VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей «Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности». – Волгоград, 2019. – С. 193-194.

20 Использование Web-технологий в решении экологических и природоохранных задач / Иорданова А.В. // В сборнике научных статей по материалам XXII Международной научно-технической конференции, посвящается 55-летию Юго-Западного государственного университета «Медико-экологические информационные технологии – 2019». – Курск, 2019. – С. 100-105.

21 Информационные системы управления логистикой твердых коммунальных отходов города / Соколовская К.Е., Иорданова А.В. // В сборнике научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых - будущее России». – Курск, 2019. С. 89-91.

22 Анализ программных и технических средств для структурно-функционального моделирования в природоохранной деятельности / Рыбкина Ю.В., Иорданова А.В., Кирильчук И.О. // В сборнике научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых - будущее России». – Курск, 2019. – С. 78-81.

23 Составление оценочной шкалы опасности стихийных несанкционированных свалок с использованием метода Дельфи / Филист С.А., Кирильчук И.О., Иорданова А.В. // В сборнике X Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Техносферная безопасность в XXI веке». – Уфа, 2020. – С. 364-369.

24 Разработка направлений совершенствования системы государственного управления обращением с твердыми коммунальными отходами города / Кирильчук И.О., Иорданова А.В. // В сборнике материалов II Международной научно-практической конференции «Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020)». – 2020. – С. 46-50.