



Мироненко О.В.^{1,2}, Ломтев А.Ю.³, Федорова Е.А.², Сопрун Л.А.¹, Фролова Н.М.⁴,
Копытенкова О.И.^{1,3,5}, Леванчук А.В.^{2,5}, Обухов Д.А.²

Применение технологий геоинформационных систем для создания региональных систем обращения с медицинскими отходами

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Санкт-Петербург, Россия;

³ОО «Институт проектирования, экологии и гигиены», 197022, Санкт-Петербург, Россия;

⁴ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

⁵ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 191037, Санкт-Петербург, Россия

Введение. Ежегодный рост образования отходов медицинских организаций (МО) обуславливает необходимость комплексного подхода к решению вопроса обращения с медицинскими эпидемически значимыми отходами в регионе. Необходимо разработать единые методические подходы комплексного решения данной проблемы на территориях субъектов Российской Федерации с целью создания единой региональной системы на основе оптимальных транспортных путей доставки, экономической эффективности системы с учётом перспективы развития системы здравоохранения, что возможно при применении геоинформационных технологий (ГИС-технологий).

Цель исследования — обоснование гигиенической эффективности системы термического обезвреживания медицинских отходов классов Б и В на основе применения ГИС-технологий на территории Красноярского края с перспективой на 5 лет.

Материалы и методы. МО трёх макрорайонов Красноярского края изучены как источники образования отходов классов Б и В. На первом этапе определён состав отходов по классам и их объёмы, выполнена идентификация имеющихся в МО локальных технологий термического обезвреживания. Полученная информация подвергнута статистической обработке, послойно нанесена на электронные карты с целью дальнейшего применения ГИС-технологий.

Результаты. На основании статистической обработки данных образования медицинских отходов классов Б и В в отдельно взятых МО, анализа мощности действующих технологий за 2014–2015 гг., выполненного на основе ГИС-технологий пространственного анализа, построения оптимальных транспортных путей доставки отходов, картографирования территории в трёх районах Красноярского края были обоснованы предложения по оптимизации системы обращения с медицинскими отходами с перспективой на 5 лет.

Заключение. В регионе для функционирования безопасной в экологическом и эпидемиологическом плане системы обращения с отходами классов Б и В должен применяться единый комплексный подход к созданию функциональной модели на основе ГИС-технологий с учётом оптимального сочетания децентрализованного и централизованного принципа организации системы, региональных особенностей транспортной сети и перспектив развития системы здравоохранения.

Ключевые слова: эпидемиологическая безопасность; ГИС-технологии; медицинские отходы классов Б и В; обезвреживание отходов; технологии термического обезвреживания; картирование; картографирование; оптимальные транспортные пути доставки; региональная централизованная система

Для цитирования: Мироненко О.В., Ломтев А.Ю., Федорова Е.А., Сопрун Л.А., Фролова Н.М., Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Обухов Д.А. Применение технологий геоинформационных систем для создания региональных систем обращения с медицинскими отходами. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(11): 1209-1217. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1209-1217>

Для корреспонденции: Мироненко Ольга Васильевна, доктор мед. наук, профессор, зав. кафедрой коммунальной гигиены, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург. E-mail: katerina.fedo@gmail.com

Участие авторов: Мироненко О.В. — научное руководство, концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Ломтев А.Ю. — работа с ГИС-технологиями, картографирование; Федорова Е.А. — сбор и статистическая обработка материала, написание текста; Сопрун Л.А. — гигиеническая оценка технологий, статистическая обработка результатов; Фролова Н.М., Леванчук А.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Копытенкова О.И. — концепция и дизайн исследования, корректировка и редактирование; Обухов Д.А. — статистическая обработка, редактирование.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Работа выполнена на основании договора ООО «Институт проектирования, экологии и гигиены» по Государственному контракту № 326/13 от 06.03.2014 г.

Поступила: 01.07.2021 / Принята к печати: 28.09.2021 / Опубликована: 30.11.2021

Olga V. Mironenko^{1,2}, Andrey Yu. Lomtev³, Ekaterina A. Fedorova², Lidiya A. Soprun¹,
Nina M. Frolova⁴, Olga I. Kopytenkova^{1,3,5}, Aleksandr V. Levanchuk^{2,5}, Denis A. Obukhov²

The use of Geographic Information Systems Technologies for creation of regional medical waste management systems

¹St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034, Russian Federation;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation;

³The Institute for Territory Development, Saint Petersburg, 197022, Russian Federation;

⁴North-West Public Health Research Centre, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation;

⁵St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, Saint Petersburg, 191037, Russian Federation;

Introduction. The annual growth of medical waste due necessitates a comprehensive approach to solving the issue of medical waste management. It is necessary to develop unified methodical strategies for the complex solution.

The objective of the study. To substantiate the hygienic efficiency of the thermal decontamination of class B and C medical waste based on geo-informational system (GIS) technologies in the Krasnoyarsk region for five consecutive years.

Materials and methods. Medical institutions (MI) of the Krasnoyarsk region's three macro districts were studied as class B and C waste sources. At the first stage, the composition of wastes by classes and their volumes were determined, and local technologies of thermal deactivation available in medical organizations were identified. The received information was subjected to statistical processing, stratified on electronic maps to apply GIS technologies further.

Results. Based on statistical processing of data on medical class B and C waste generation in separate MO, the analysis of operating technologies capacity in 2014–2015 based on GIS-technology of spatial analysis, construction of optimal transport ways of waste delivery, area mapping in the three districts in the Krasnoyarsk region have been substantiated proposals to optimize medical waste management for five years.

Conclusion. To have an environmentally and epidemiologically safe system of handling class B and C waste in the region, it is necessary to create a comprehensive functional model based on GIS technology, taking into account the optimal combination of decentralized and centralized systems, regional features of the transport network, and the prospects of health care system development.

Keywords: GIS technologies; in flectional medical waste; waste disposal; thermal disposal technologies; mapping and mapping; centralized regional system

For citation: Mironenko O.V., Lomtev A.Yu., Fedorova E.A., Soprun L.A., Frolova N.M., Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V., Obukhov D.A. The use of Geographic Information Systems Technologies for creation of regional medical waste management systems. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(11): 1209–1217. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1209-1217> (In Russ.)

For correspondence: Olga V. Mironenko, MD, PhD, DSci., Professor, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation. E-mail: katerina.fedo@gmail.com

Information about authors:

Mironenko O.V., <https://orcid.org/0000-0002-1484-8251> Fedorova E.A., <https://orcid.org/0000-0002-9233-7203> Soprun L.A., <https://orcid.org/0000-0001-8396-0418> Kopytenkova O.I., <https://orcid.org/0000-0001-8412-5457> Levanchuk A.V., <https://orcid.org/0000-0003-2062-7401> Frolova N.M., <https://orcid.org/0000-0001-6973-6479>

Contribution: Mironenko O.V. – scientific guidance, concept and design of the study, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Lomtev A.Yu. – work with GIS technologies, mapping; Fedorova E.A. – collection and processing of material, statistical processing, writing text; Soprun L.A. – hygienic technology assessment, statistical processing; Frolova N.M., Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V. – concept and design of the study, editing; Obukhov D.A. – statistical processing, editing.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The work was carried out on the basis of the contract of LLC "Institute of Design, Ecology and Hygiene" under the State contract No. 326/13 dated 06.03.2014.

Received: July 1, 2021 / Accepted: September 28, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение

Ежегодный рост образования отходов медицинских учреждений, обусловленный увеличением объёма медицинской помощи населению, внедрением новых методов клинических исследований, использованием одноразовых медицинских изделий, а также хаотичное использование действующих центров термического обезвреживания как в отдельно взятых медицинских учреждениях, так и на многочисленных централизованных предприятиях, зачастую действующих нелегально при отсутствии разрешительных документов в сфере обращения с отходами, обуславливает необходимость комплексного подхода к решению вопроса управления медицинскими эпидемически значимыми отходами в регионе, особенно в условиях распространения коронавирусной инфекции. Необходимо разработать единые методические подходы комплексного решения данной проблемы на территориях субъектов Российской Федерации, основанные на рациональном использовании имеющихся мощностей технологий термического обезвреживания, обоснования необходимости введения дополнительных мощностей с целью создания единой региональной системы с оптимальными транспортными путями доставки, экономической эффективностью системы и с учётом перспективы развития системы

здравоохранения, что возможно при применении геоинформационных технологий (ГИС-технологий) с преимуществами полноценной визуализации, пространственного анализа и построения оптимальных маршрутов на основе данных о состоянии дорожной сети и их пропускной способности и выборе способов их безопасного обезвреживания, что и определило актуальность и новизну нашего исследования [1–3].

Полноценное обезвреживание может быть достигнуто только термическими методами с обеспечением утраты инфекционных свойств и явного морфологического состава отходов* [4–6]. Для этого может быть применён децентрализованный или централизованный путь, причём в отношении отходов класса В это только децентрализованный путь (установка термического обезвреживания размещается на территории МО). Для отходов класса Б возможна реализация централизованного пути, а именно: в базовых МО или на

* Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». М.: Министерство здравоохранения РФ. 2021. 56 с.

отдельных участках (на специально выделенных площадках под эгидой управляющих компаний) или за счёт строительства крупных мусоросжигательных центров* [6].

Технологический цикл сбора, транспортировки, хранения и обезвреживания отходов класса Б должен быть представлен в технологическом регламенте, прошедшем санитарно-эпидемиологическую экспертизу в органах Роспотребнадзора, согласно коду отхода 7 47 800 00 00 «Отходы при обезвреживании биологических и медицинских отходов» от 22.05.2017 г. № 242 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов». Должны быть проведены исследования отходов после обезвреживания на конкретной установке и разработан паспорт, согласованный с территориальными управлениями Росприроднадзора.

В настоящее время наиболее перспективным направлением организации полноценной системы обращения с медицинскими отходами класса Б в регионах является первоначальная идентификация имеющихся локальных мощностей технологий термического обезвреживания и дополнение данных услуг для МО, где локальные установки отсутствуют, специализированными центрами термического обезвреживания, размещёнными именно на той части территории, которая установлена на основе картографирования территории региона и обеспечит оптимальные мощности, пути доставки отходов, чего можно достичь с использованием ГИС-технологий. На примере Санкт-Петербурга в виде Генеральной схемы очистки территории впервые в 2013 году нами была обоснована данная система [3, 7], и как продолжение применения данного современного направления электронных пространственных технологий в различных сферах организации здравоохранения была выполнена работа в Красноярском крае.

Материалы и методы

Для решения проблемы создания и обоснования эффективной и эпидемически безопасной системы обращения с медицинскими отходами классов Б и В в трёх макрорайонах Красноярского края были применены ГИС-технологии. Для достижения поставленной цели на первом этапе были определены состав отходов по классам, объёмы образования на основе ориентировочных нормативов их образования [7], выполнена их статистическая обработка, идентифицированы имеющиеся в медицинских организациях локальные технологии термического обезвреживания, определена их эффективность. Второй этап работы включал нанесение полученной информации послойно на электронные карты с целью дальнейшего применения ГИС-технологий для гигиенического обоснования единой концепции и экономически эффективной системы управления отходами классов Б и В от МО с преимуществами полноценной визуализации, пространственного анализа и построения оптимальных маршрутов на основе данных о состоянии дорожной сети и их пропускной способности.

ГИС — это современная компьютерная технология для картирования, картографирования и анализа объектов реального мира, а также событий, происходящих на нашей планете. Эта технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. В области транспорта ГИС давно уже показали свою эффективность благодаря возможности построения оптимальных маршрутов как для отдельных перевозок, так и для целых транспортных систем в масштабе отдельного города, региона или целой страны. При этом возможность использования наиболее актуальной информации о состоянии дорожной сети и пропускной способности позволяет строить действительно оптимальные маршруты. Работающая ГИС включает в себя пять ключевых составляющих: аппаратные средства (это компьютер, на ко-

тором запущена ГИС), программное обеспечение (содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической (пространственной) информации), данные, исполнители и методы. В нашей работе применялась ГИС из семейства ArcGIS. Это семейство программных продуктов американской компании ESRI. ArcGIS построена на основе технологий COM, NET, Java, XML, SOAP. Новейшая версия — ArcGIS 10,1. ArcGIS позволяет визуализировать (представить в виде цифровой карты) большие объёмы статистической информации, имеющей географическую привязку. Для разработки карт необходимы следующие исходные данные:

- перечень МО макрорайонов Красноярского края с указанием мощности, расчётные коэффициенты количественного обоснования отходов классов Б и В;
- паспорт МО, лицензия на медицинскую деятельность;
- данные о технологиях, применяемых в МО или на изучаемой территории (пакет технической и разрешительной документации);
- учётно-отчётная документация в МО, на участке обезвреживания отходов;
- нормативные документы в сфере деятельности МО и обращения с медицинскими отходами;
- проект участка размещения установки, проект образования отходов;
- данные о полигонах и других предприятиях по обращению с отходами на предметной территории.

Ожидаемые результаты:

- обоснование мест размещения технологий с учётом объёма образующихся отходов в трёх макрорайонах, транспортных путей, в том числе до полигонов;
- обоснование требуемого количества установок оптимальной производительности и эффективности;
- обоснование количества и вида автомобилей для транспортировки отходов;
- оценка возможности комплексного решения региональной проблемы с учётом предыдущего опыта и финансирования;
- единая система учёта данных производственного и экологического контроля.

Для использования ГИС-технологий необходимо проанализировать полученную информацию и сделать предварительные выводы для дальнейшего применения ГИС-технологий:

- МО объединяются по территориальному расположению с целью поиска оптимальных решений инсталляции технологий;
- все МО классифицируются по количественному признаку, а именно по количеству образующихся в них медицинских отходов классов Б и В;
- функционирующие технологии различной производительности классифицируются по признаку мощности;
- во всех МО определяется количество отходов, которое необходимо подвергнуть термическому обеззараживанию;
- определяются места фактической инсталляции установок термического обеззараживания медицинских отходов классов Б и В как непосредственно для децентрализованной системы обеззараживания отходов в самих МО, так и для возможности решения централизованным путём системы обращения с отходами в отдельных крупных зонах;
- отдельно рассчитываются и выделяются потоки отходов класса В, поскольку необходимо размещение технологии термического обезвреживания на базе МО без возможности транспортировки для централизованной обработки.

Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического анализа. Накопление, корректировку, систематизацию исходной информации и визуализацию полученных результатов осуществляли в электронных таблицах Microsoft Excel 2016. Статистический анализ проводили с использованием программы Statistica 13.3 (разработчик — StatSoft.Inc).

В случае описания количественных показателей, имеющих нормальное распределение, полученные данные объединяли в вариационные ряды, в которых проводили расчёт средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95%-го доверительного интервала (95% ДИ).

Цель исследования — обосновать гигиеническую эффективность системы термического обезвреживания медицинских отходов классов Б и В на основе применения ГИС-технологий на территории Красноярского края с перспективой на 5 лет.

Результаты

В настоящее время основой эффективной системы обращения с отходами классов Б и В является применение оптимальных безопасных технологий термического обезвреживания и соответствующая система сбора, хранения и транспортировки отходов*. Данная система должна полностью покрывать потребности региона с учётом перспектив развития учреждений здравоохранения [6–8].

При подборе технологии для региона необходимо определиться с типом организации системы обращения с большими отходами — децентрализованная или централизованная система. Выбор зависит от профиля и видов медицинской деятельности МО, характеристики территории, от количества образующихся отходов по классам, результатов картографирования территории региона, особенностей транспортных путей [2, 9, 10].

Согласно действовавшим до 01.03.2021 г. СанПиН и СанПиН 2.1.7.3684-21, предполагается активное внедрение систем управления медицинскими отходами в регионах, основанных на децентрализованном, централизованном или смешанном принципах термического обеззараживания отходов классов Б и В. В этом случае отходы класса Б должны собираться и транспортироваться в герметичных условиях, без химической дезинфекции, к месту их термического обеззараживания, при условии, что накопление отходов будет происходить не более 24 ч. При большем времени нахождения медицинских отходов в МО необходимо наличие холодильного или морозильного оборудования. Эти основные положения санитарных правил и зарубежный опыт были взяты за основу разработки мероприятий по обоснованию системы управления отходами МО в Красноярском крае.

Известно, что единые российские нормативы образования медицинских отходов в зависимости от мощности и профиля МО отсутствуют. Анализ зарубежных материалов показывает, что в разных странах норма накопления медицинских отходов колеблется от 1,3 до 10 кг/день на койку, что зависит от уровня развития здравоохранения.

Выполненные в Санкт-Петербурге исследования в рамках разработки ГСО в 2013 году позволили установить современный морфологический и фракционный состав отходов МО и уточнить ориентировочные нормативы образования отходов класса Б для стационаров и амбулаторно-поликлинических учреждений. В настоящее время эти нормативы могут носить универсальный характер для расчёта объёмов образования отходов классов Б и В в МО. Ориентировочные нормативы образования отходов класса Б составили в 2013 году: для стационарных МО общего профиля — 68 кг (или 0,68 м³) на койку/год, что составляет 0,18 кг на койку/сутки; для амбулаторно-поликлинических учреждений — 0,02 кг (или 0,22 л) на одно посещение [3].

В связи с тем, что оказание медицинской помощи осуществляется на основе единых федеральных стандартов (ст. 37 Федерального закона от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»), данные нормативы могут быть применимы на территории Красноярского края.

Согласно результатам экспериментальных исследований, выполненных в ряде МО Красноярского края, предложены следующие ориентировочные нормативы образования отходов класса Б для МО Красноярского края с целью по-

следующего расчёта образования отходов по классам в зависимости от мощности МО: для стационарных МО общего профиля — 0,16 кг на койку/сутки; для амбулаторно-поликлинических учреждений — 0,02 кг (или 0,22 л) на одно посещение. Ориентировочный норматив образования отходов категории опасности класса В составил: для стационарных противотуберкулёзных МО — 0,91 кг на койку/сутки; для противотуберкулёзных МО диспансерного типа — 0,107 кг (или 1 л) на одно посещение.

Ориентировочные нормативы образования отходов в МО не являются постоянными величинами. Они изменяются в зависимости от ряда факторов: профиля (в инфекционных, противотуберкулёзных и микологических медицинских организациях реальный объём отходов существенно превышает ориентировочный норматив для стационаров общего профиля); структуры (при наличии в составе специализированных подразделений отмечается увеличение объёма отдельных компонентов отходов, например, отходы отделения гемодиализа, станции переливания крови и экстракорпоральной гемокоррекции характеризуются исключительно высоким содержанием полимерных составляющих); технических и финансовых возможностей; благоустройства здания [7].

Одной из важнейших составляющих фракционного состава медицинских отходов являются медицинские полимеры. Ранее при выполнении экспериментальных исследований в Санкт-Петербурге установлено, что за период 2012–2014 гг. для МО в составе отходов классов Б и В общее количество пластика в среднем составляет 32,4% [5, 11]. В ряде МО содержание ПВХ-пластика может достигать 6,11%, средняя его величина в составе отходов классов Б и В — 1,65%, это необходимо учитывать при выборе технологии термического обезвреживания: высокое содержание ПВХ-пластика требует детального подхода к выбору технологии сжигания, связанному с эффективностью системы очистки отходящих газов.

Результаты расчётов объёмов образования медицинских отходов класса Б МО Западного, Центрального и Восточного макрорайонов Красноярского края (по муниципальным образованиям) по состоянию на 2013–2015 гг. представлены в табл. 1 и 2. Расчёт количества образующихся отходов классов Б и В проведён с учётом ориентировочных нормативов образования на основании данных о мощности медицинских учреждений, представленных Минздравом (МЗ) Красноярского края. Дополнительно учитывались данные о МО федерального подчинения системы ФМБА и системы ГУ ФСИН.

В настоящее время в Красноярском крае размещены как достаточно мощные, так и малые технологии, производительность которых следует учитывать при разработке схемы обращения с медицинскими отходами по районам города. Использование ГИС-технологий позволяет с учётом мощностей установок произвести картографирование районов города для дальнейшего определения оптимальных транспортных путей подвоза отходов и количества необходимого транспорта на функционирующие установки и установления месторасположения новых с учётом оптимальных экономических затрат.

Согласно данным, представленным МЗ Красноярского края, в Восточном макрорайоне функционируют 3 установки термического обеззараживания отходов, в Западном макрорайоне — 2, в Центральном — 1. Все имеющиеся установки размещаются локально на базе противотуберкулёзных учреждений. С учётом требований санитарного законодательства все противотуберкулёзные учреждения должны обеззараживать отходы класса В на собственной территории, отсюда следует, что первым этапом реализации схемы очистки территории трёх макрорайонов Красноярского края является дополнительное оснащение всех противотуберкулёзных учреждений локальными установками, производительность которых должна быть обусловлена мощностью учреждения.

Таблица 1 / Table 1

Объёмы образования отходов класса Б в медицинских организациях в Западном, Центральном и Восточном макрорайонах Красноярского края за 2013–2015 гг. (тонн/год)
Volumes of class B waste generation in medical organizations in the Western, Central and Eastern macro-regions of the Krasnoyarsk Territory in 2013–2015 (tons/year)

Муниципальный район Municipal district	Класс Б, т/год Class B, t/year
<i>Западный макрорайон West macro district</i>	
Ачинский	Achinsk 1798
Бирюлюсский	Birilyusky 12,440
Боготольский	Bogotolsky 3940
Большеулуйский	Bolsheuluyky 5321
Козульский	Kozulsky 10,553
Назаровский	Nazarovsky 9138
Новоселовский	Novoselovsky 8767
Тюхтетский	Tyukhtetsky 5247
Ужурский	Uzhursky 14,905
Шарыповский	Sharypovsky 3183
<i>Центральный макрорайон Central macro district</i>	
Балахтинский	Balakhta 11,472
Берёзовский	Berezovsky 20,259
Большемуртинский	Bolshemurtinsky 7306
Емельяновский	Emelyanovskiy 11,824
Манский	Mansky 14,510
Сухобузимский	Sukhobuzimsky 26,399
<i>Восточный макрорайон Eastern macro district</i>	
Абанский	Abanskiy 7505
Дзержинский	Dzerzhinsky 7363
Иланский	Ilansky 14,864
Ирбейский	Irbeyky 9090
Канский	Kansk 6951
Нижнеингашский	Nizhneingashsky 17,788
Партизанский	Partisansky 7060
Рыбинский	Rybinsky 44,174
Саянский	Sayansky 7496
Тасеевский	Taseevsky 6993
Уярский	Uyarsky 11,784
Итого	Total 308,129
<i>M</i>	11,411.22
<i>Me</i>	9090
σ	8511.93
<i>Cv</i> , %	74.59
<i>m</i>	1669.33
95% CI	8043.24–14,779.2

Примечание. Здесь и в табл. 2: *M* – средняя арифметическая; *Me* – медиана; σ – стандартное квадратичное отклонение; *Cv* – коэффициент вариации; *m* – средняя ошибка средней арифметической; 95% CI – доверительный интервал.

Note. Here and in Table 2: *M* – arithmetic mean; *Me* – median; σ – standard square deviation; *Cv* – coefficient of variation; *m* – mean error of the arithmetic mean; 95% CI – confidence interval.

Таблица 2 / Table 2

Количественные характеристики образования отходов классов Б и В по макрорайонам Красноярского края в медицинских организациях различной подчинённости за 2013–2015 гг. (кг/год)

Numerical characteristics of the waste generation of classes B and C by macro-districts in medical organizations of the Krasnoyarsk Territory of various subordination for 2013–2015 (kg/year)

Медицинские организации системы Medical institutions of the system	Отходы класса Б Class B waste	Отходы класса В Class C waste
Министерства здравоохранения Красноярского края Ministry of Health of the Krasnoyarsk Territory		
Восточный макрорайон Eastern macrodistrict	200,709	106,423
Западный макрорайон Western macrodistrict	278,749	63,834
Центральный макрорайон Central macrodistrict	1,217,700	488,092
Итого / Total	1,697,158	658,49
ФМБА / FMBA	43,800	–
ГУ ФСИН Main Department of the Federal Penitentiary Service	–	403,600
Всего / In total	1,740 958	661,940
<i>M</i>	162,739.50	265,487.25
<i>Me</i>	164,204.5	255,011.5
σ	100,456.06	211,812.40
<i>Cv</i> , %	61.73	79.78
<i>m</i>	57,998.33	122,289.94
95% CI	2,913.91–322,565.09	4,448.3–3,35 422.53

В настоящее время на территории г. Красноярска и в пределах 60 км принята централизованная система сбора и термического обезвреживания медицинских отходов классов опасности Б и В на базе технологии сжигания ИН-50.7 ВМ, которую осуществляет частная компания, имеющая соответствующую лицензию на обезвреживание отходов 1–5-го классов опасности, то есть может в полном объёме также принимать и токсичные отходы, в том числе класса Г. В результате анализа системы документации и протоколов производственного контроля было установлено, что установка ИН-50.7 ВМ имеет недостаточную систему очистки отходящих газов, разрешительные документы на её эксплуатацию отсутствуют, не определена СЗЗ, проект ПДВ не разработан. Однако за 2013 г. данная частная компания приняла на термическое обезвреживание 357,36 т медицинских отходов классов опасности Б и В Красноярского края.

Исходя из производительности установки ИН-50.7 ВМ – 2000 кг/час, или 17 520 000 кг/год, из которых 30% собственник предприятия предполагает оставить для обезвреживания медицинских отходов, а именно 5 256 000 кг/год, и с учётом полученных нами расчётных данных три макрорайона образуют 1 697 158 кг/год, также от МО можно отправить на сжигание 773 778 кг/год отходов класса Г. Количество отходов класса Б от МО ФМБА и системы ГУ ФСИН составляет 43 800 кг/год.

Таким образом, отходы классов Б и Г, которые могут быть отправлены на термическое обезвреживание частной компании из МО, подведомственных МЗ, составляют 2 514 736 кг/год после коррекции состояния дел с разрешительной документацией и результатов мониторинга

выбросов. Условно можно отправить на сжигание отходы класса В до полного внедрения в туберкулёзных учреждениях локальных установок в количестве 1 720 298 кг/год. Итоговая цифра всех отходов классов Б, В и Г от МО, подведомственных МЗ, системы ФМБА и ГУ ФСИН, составит 4 235 034 кг/год. Следовательно, для непрерывной и экономически эффективной работы установки 24 ч в сутки необходима дозагрузка установки почти на 20%.

При предоставлении необходимой документации и данных лабораторных исследований, подтверждающих эффективность очистки отходящих газов при сжигании реальной партии отходов класса Б, а также при экономически выгодных путях транспортировки, установка ИН-50.7 ВМ компании может быть рассмотрена как единый центр для термического обеззараживания медицинских отходов (рис. 1). В этом случае максимальное расстояние от медицинской организации до центра обеззараживания компании в Центральном районе составляет 329 км.

Более экономически выгодным является вариант, в котором, кроме частного предприятия, для Центрального макрорайона будут организованы два центра обезвреживания на базе крупных МО в Западном и Восточном макрорайонах. Такой вариант позволит снизить стоимость обезвреживания медицинских отходов класса Б за счёт оптимизации путей транспортировки – расстояние до трёх макрорайонов от центра обезвреживания варьирует от 135 до 183 км, что фактически в два раза меньше, чем в первом варианте (рис. 2).

На рис. 2 максимальное расстояние от МО до центра обеззараживания в Западном районе составляет 183 км; максимальное расстояние от МО до центра обеззараживания в Восточном районе – 140 км и максимальное расстояние от МО до центра обеззараживания в Центральном районе (сжигание в установке ИН-50.7 ВМ) – 135 км. При этом отходы класса Г со всех макрорайонов предлагается обезвреживать на действующем предприятии с использованием установки ИН-50.7 ВМ, что позволит выполнить полную загрузку установки на работу 24 ч в сутки.

С учётом количества образующихся медицинских отходов класса Б, подлежащих обезвреживанию (в Западном макрорайоне – 278 749 кг/год, в Восточном макрорайоне – 200 709 кг/год), могут быть рекомендованы установки производительностью не менее 50 кг/ч, например, «Ньюстер-50» или DGM.

Формирование двух центров по обезвреживанию отходов класса Б на специально отведённых участках для обслуживания МО двух макрорайонов – Западного и Восточного – позволит учесть перспективу развития учреждений здравоохранения на 5 лет, когда прогнозируется увеличение объёмов образования отходов классов Б и В на 10%, а также всегда иметь резервные мощности для края в целом, сократит расходы на транспортировку, тем самым позволит снизить стоимость обезвреживания медицинских отходов.

Обобщение зарубежного опыта эксплуатации установок сжигания [5, 12–22] и оценка данной ситуации в Красноярском крае позволили сформулировать требования и разработать алгоритм оценки внедрения технологий сжигания медицинских отходов в регионах. Тем не менее, кроме оценки модели действующей децентрализованной системы, предложены корректирующие мероприятия на основе ГИС-технологий с целью улучшения функционирования центров сжигания.

Таким образом, на заключительном этапе для моделирования централизованных систем обращения с отходами классов Б и В в системе ГИС-технологий на карты районов Красноярского края послойно были нанесены все МО Красноярского края, функционирующие установки и их производительность, определены количественные характеристики отходов классов Б и В по медико-административным зонам, затем на карте были показаны маршруты действующей в настоящее время системы транспортиров-

ки медицинских отходов. Итогом представленной работы явилось создание единой электронной базы данных по макрорайонам по объёму образующихся отходов в соответствии с классами, технологическим журналам, схеме, принятой для каждой МО, ответственным лицам, инструкциям.

Обсуждение

Гигиеническая эффективность предлагаемой нами системы обращения с медицинскими отходами классов Б и В в трёх макрорайонах Красноярского края – Центральном, Западном и Восточном – заключается в выработке единых методических подходов к созданию функциональной модели на основании учёта объёмов образования в МО отходов, требующих термического обезвреживания, в том числе на 5-летнюю перспективу, включения в систему функционирующих установок и обоснования применения новых технологий в зависимости от фракционного состава отходов и кратчайших путей их транспортировки. Дополнительным эффектом применения ГИС-технологий явилось создание единой электронной базы данных по макрорайонам по объёму образующихся отходов в соответствии с классами, технологическим журналам, схеме, принятой для каждой МО, ответственным лицам, инструкциям. Это позволяет обмениваться информацией всем заинтересованным сторонам – от экологических и административных структур до контролирующих органов системы Роспотребнадзора и Росприроднадзора. Достигаемая в данной системе полная санация эпидемически значимых отходов позволяет добиться существенного улучшения в сфере профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в Красноярском крае.

Научная новизна исследования заключается в выполненной объективной оценке эффективности применения ГИС-технологий с преимуществами полноценной визуализации, пространственного анализа и построения оптимальных маршрутов на основе данных о состоянии дорожной сети и их пропускной способности и выборе мест размещения, способе безопасного обезвреживания отходов классов Б и В на региональном уровне.

Выводы

1. На современном этапе количество пластика в отходах классов Б и В достигает 32,4% (производителем заявлено не более 15%), причём из них ПВХ – до 6,11%, что требует коррекции использования технологии ИН-50.7 ВМ в части системы очистки отходящих газов и мониторинга выбросов, установления СЗЗ.

2. Оптимальная модель функционирующей системы в трёх макрорайонах Красноярского края с учётом полученных результатов исследования предполагает функционирование локальных установок в туберкулёзных учреждениях и трёх дополнительных центров: 1 – частное предприятие на основе сжигания ИН-50.7 ВМ для Центрального макрорайона (приём отходов класса Б из Центрального макрорайона и отходов класса Г от всех МО трёх макрорайонов); 2 – центры обезвреживания медицинских отходов в Восточном и Западном макрорайонах, оба на основе технологии DGM, либо «Ньюстер-50», как оптимальных по производительности и принципу действия – низкотемпературного (155 °С) обезвреживания и измельчения.

3. Расстояние транспортной доставки отходов рекомендуемого варианта составляет от 135 до 183 км.

4. Возможен вариант выделения из состава отходов класса Б одноразового пластика для его изолированного обезвреживания и измельчения и получения сырья для дальнейшего использования. Эта мера позволит снизить выбросы в атмосферу диоксинов при сжигании отходов класса Б.

Заключение

Таким образом, применение ГИС-технологий позволяет создать единую систему управления медицинскими отходами в регионе, обосновать оптимальность выбора и сочетания децентрализованного и централизованного типов организации системы для конкретного региона с учётом как имеющихся локальных мощностей термического обезвреживания, так и внедрения новых технологий с учётом видов оказываемой медицинской помощи, обоснования оптимальных логистических путей, что позволит минимизировать экономические затраты, а также вести единую электронную базу данных по системе обращения с медицинскими отходами классов Б и В

в отдельной МО и в регионе в целом для принятия своевременных управленческих решений.

Рекомендации

В регионе для функционирования безопасной в экологическом и эпидемиологическом плане системы обращения с отходами классов Б и В должен применяться единый комплексный подход к созданию функциональной модели системы с учётом региональных медико-географических данных на основе ГИС-технологий и единой электронной базы данных обращения с медицинскими отходами классов Б и В, что обеспечит оптимальную санитарную и экологическую обстановку.

Литература

(п.п. 2, 3, 8, 10, 11, 14–20 см. References)

1. Мозжухина Н.А., Никонов В.А., Ялда К.Д., Еремин Г.Б. Экологические и гигиенические аспекты обращения с медицинскими отходами. *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблема и пути их решения*. 2017; 12(2): 518–26.
4. МIRONENKO O.B., RUSAKOV N.V., SHCHERBO A.P. Обращение с медицинскими отходами: идеология, гигиена и экология. *Экология человека*. 2018; (7): 4–10. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-7-4-10>
5. МIRONENKO O.B., SOPRUN L.A., LOMTEV A.YU., PANKIN A.V. ГИС-технологии для обоснования региональных систем обращения с медицинскими отходами. *Вестник Санкт-Петербургского университета*. 2015; 11(4): 185–99.
6. МIRONENKO O.B., SHCHERBO A.P., SUSHCHYI K.K., KOZYRIN K.I., SOPRUN L.A. Эколого-гигиенические предпосылки и инженерные подходы к управлению медицинскими отходами. *Экология человека*. 2013; (6): 19–24.
7. ШЕРБО А.П., МИРОНЕНКО О.В. *Гигиена управления больничными отходами*. СПб.: МАПО; 2007.
9. Янин В.С., Юшина В.В. Снижение рисков при обращении с медицинскими отходами. *Образование и наука в современном мире. Инновации*. 2017; (1): 376–86.
12. МIRONENKO O.B., SOPRUN L.A., LOMTEV A.YU., OZEROVA E.M., PANKIN A.V. Применение ГИС-технологий для создания системы обращения с медицинскими отходами классов Б и В в Санкт-Петербурге. *Поликлиника*. 2013; (6): 60–6.
13. Ганичев П.А., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б. Анализ российской и зарубежной практики обращения с медицинскими отходами. *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2019; 14(1): 242–52.
21. ВОЗ. *Безопасное управление отходами медико-санитарной деятельности. Краткая информация*. Женева; 2017.
22. Юсипова И.В., Мальцев С.А., Дрозд Е.Д. Проблемы правового регулирования утилизации медицинских отходов. В кн.: *Сборник статей XVI Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации»*. Пенза; 2018: 97–100.

References

1. Mozzhukhina N.A., Nikonov V.A., Yalda K.D., Eremin G.B. Environmental hygienic aspects of medical waste management. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problema i puti ikh resheniya*. 2017; 12(2): 518–26. (in Russian)
2. Birpınar M.E., Bilgili M.S., Erdoğan T. Epub medical waste management in Turkey: a case study of Istanbul. *Waste Manag.* 2009; 29(1): 445–8. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.03.015>
3. Karagiannidis A., Papageorgiou A., Perkoulidis G., Sanida G., Samaras P. A multi-criteria assessment of scenarios on thermal processing of infectious hospital wastes: a case study for Central Macedonia. *Waste Manag.* 2010; 30(2): 251–62. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.08.015>
4. Mironenko O.V., Rusakov N.V., Shcherbo A.P. Medical waste management: ideology, hygiene and the environment. *Ekologiya cheloveka*. 2018; (7): 4–10. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-7-4-10> (in Russian)
5. Mironenko O.V., Soprun L.A., Lomtev A.Yu., Pan'kin A.V. Gis-technologies for substantiation of regional systems for the treatment of medical waste. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*. 2015; 11(4): 185–99. (in Russian)
6. Mironenko O.V., Shcherbo A.P., Sushchiy K.K., Kozyrin K.I., Soprun L.A. Ecologo-hygienic preconditions and engineering approaches to medical waste management. *Ekologiya cheloveka*. 2013; (6): 19–24. (in Russian)
7. Shcherbo A.P., Mironenko O.V. *Hygiene Management of Medical Waste [Gigiena upravleniya bol'nichnymi otkhodami]*. St. Petersburg; 2007. (in Russian)
8. Omrani Q., Etabi F., Sadeghi M., Banaei B. The comparison of technical, environmental and economical aspects of autoclaving, incineration and landfilling in medical wastes disposal. *Environ. Sci. Technol.* 2007; (2): 47–58.
9. Yanin V.S., Yushina V.V. Reducing risks in handling medical waste. *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovatsii*. 2017; (1): 376–86. (in Russian)
10. Mostafa G.M., Shazly M.M., Sherief W.I. Development of a waste management protocol based on assessment of knowledge and practice of healthcare personnel in surgical departments. *Waste Manag.* 2009; 29(1): 430–9. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.12.009>
11. Hossain M.S., Balakrishnan V., Rahman N.N., Sarker M.Z., Kadir M.O. Treatment of clinical solid waste using a steam autoclave as a possible alternative technology to incineration. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2012; 9(3): 855–67. <https://doi.org/10.3390/ijerph9030855>
12. Mironenko O.V., Soprun L.A., Lomtev A.Yu., Ozerova E.M., Pankin A.V. Application of Gis technology to solve the problem of medical waste management classes B and C in the example of the city of St. Petersburg. *Poliklinika*. 2013; (6): 60–6. (in Russian)
13. Ganichev P.A., Mozzhukhina N.A., Eremin G.B. Analysis of Russian and foreign practice of medical waste management. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problema i puti ikh resheniya*. 2019; 14(1): 242–52. (in Russian)
14. Ferdowsi A., Ferdosi M., Mehrani Z., Narenjkar P. Certain hospital waste management practices in Isfahan, Iran. *Int. J. Prev. Med.* 2012; 3(Suppl. 1): S176–85.
15. Ananth A.P., Prashanthini V., Visvanathan C. Healthcare waste management in Asia. *Waste Manag.* 2010; 30(1): 154–61. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.07.018>
16. Gautam V., Thapar R., Sharma M. Biomedical waste management: incineration vs. environmental safety. *Indian J. Med. Microbiol.* 2010; 28(3): 191–2. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.66465>
17. Cesaro A., Belgioirno V. Sustainability of medical waste management in different sized health care facilities. *Waste Biomass Valor.* 2017; (8): 1819–27.
18. Oliveira E.A., Nogueira N.G., Innocentini M.D., Pisani R. Microwave inactivation of *Bacillus atrophaeus* spores in healthcare waste. *Waste Manag.* 2010; 30(11): 2327–35. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.05.002>
19. Shi H., Liu H.C., Li P., Xu X.G. An integrated decision making approach for assessing healthcare waste treatment technologies from a multiple stakeholder. *Waste Manag.* 2017; 59: 508–17. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.016>
20. Maamari O., Mouaffak L., Kamel R., Brandam C., Lteif R., Salameh D. Comparison of steam sterilization conditions efficiency in the treatment of infectious health care waste. *Waste Manag.* 2016; 49: 462–8. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.014>
21. WHO. *Safe management of health-care waste. Brief information*. Geneva; 2017.
22. Yusipova I.V., Mal'tsev S.A., Drozd E.D. Problems of legal regulation of the disposal of medical waste. In: *Collection of Articles of the XVI International Scientific and Practical Conference «Fundamental and Applied Scientific Research: Current Issues, Achievements and Innovations» [Sbornik statey XVI Mezhduнародnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii»]*. Penza; 2018: 97–100. (in Russian)