

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Ю.А. Шакирова¹, Е.В. Графский², Я.Д. Холов³

^{1,2} Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт управления, экономики и финансов, кафедра географии и картографии

³ Бухарский государственный университет, факультет естественных наук, кафедра экологии и географии

¹ Доц., канд. геогр. наук; e-mail: JAShakirova@kpfu.ru

² Магистрант; e-mail: grafskiy.zhenya@mail.ru

³ Зав. кафедрой, канд. геогр. наук; e-mail: y.d.xolov@buxdu.uz

В статье рассматривается проблема оценки пространственной организации хранения коммунальных отходов. Авторами проводится исследование территориальной структуры размещения объектов твердых коммунальных отходов (ТКО) в Республике Татарстан. Анализируются особенности функционирования действующих полигонов ТКО, исследуется динамика их заполнения. На основе метода дешифрирования космоснимков демонстрируется скорость заполнения карт полигона твердых коммунальных отходов в г. Альметьевске. Средствами многомерного кластерного анализа решается задача сравнения уровня развития сферы обращения с ТКО в муниципальных районах республики. На основе данных о количестве полигонов, массе вывезенных отходов, обеспеченности контейнерными площадками, массе образованных и неучтенных отходов осуществлена группировка муниципальных районов Татарстана в три кластера с благоприятной, удовлетворительной и напряженной ситуацией в сфере обращения с отходами. Оценена оптимальность функционирования системы размещения отходов в регионе. В качестве оптимальных выявлены территории, характеризующиеся высокой концентрацией отходов на ограниченном пространстве, расположенные в зоне влияния крупных городов республики и являющиеся наиболее перспективными с точки зрения развития технологий по глубокой переработке отходов и производства биогаза. С помощью геоинформационных технологий в работе проводится оценка территории региона с точки зрения возможного размещения полигонов твердых коммунальных отходов. На основе данных об особенностях землепользования, почвенном составе и природоохранных требований построена карта, демонстрирующая неприемлемые и потенциально пригодные для строительства полигонов ТКО территории. В качестве ограничивающих факторов были использованы населенные пункты, земли сельскохозяйственного назначения, дачи, территории размещения промышленных, военных объектов, гаражей, лесные массивы, природоохранные территории, водные объекты, дороги. Анализ карты позволил сделать вывод о наличии пригодных для размещения полигонов ТКО территорий в центральной и восточной частях республики и практически полном отсутствии вариантов для их обустройства в западной части, особенно в зоне Казанской агломерации.

Ключевые слова: сфера обращения с отходами, переработка отходов, пространственный анализ, геоинформационная система

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.3.3

ВВЕДЕНИЕ

В условиях роста народонаселения и городов все большее беспокойство вызывает проблема накопления и утилизации отходов. Растущие объемы потребления приводят к ежегодному образованию миллионов тонн бытового мусора. Несовершенное законодательство в области размещения и утилизации отходов, исчерпанные резервы действующих полигонов, отсутствие экологического сознания и культуры приводит к росту несанкционированных свалок и негативному воздействию на окружающую среду и здоровье населения.

Решение проблемы требует комплексного подхода и согласованных действий, в том числе в части

реформирования природоохранного законодательства. На сегодняшний день в российском правовом поле наблюдается ужесточение требований в области обращения с отходами, а также усиление ответственности за их нарушение. Так, с 2016 г. разрешено вывозить отходы только на полигоны, входящие в Государственный реестр объектов размещения отходов (ГРОРО). В 2019 г. введен запрет на размещение отходов, которые могут быть переработаны вторично. В большинстве российских регионов запущены проекты по созданию пунктов накопления и сортировки бытовых отходов.

Для снижения негативного воздействия на экосистему необходимо обеспечить контроль макси-

мального использования рабочего объема полигонов ТКО, учет состава поступающих отходов, осуществлять мониторинг состояния территорий, прилегающих к объектам захоронения бытового мусора.

Особое внимание должно уделяться организации санитарно-защитных зон (СЗЗ), благодаря которым происходит снижение негативного влияния полигонов на прилегающую территорию за счет уменьшения воздействия до гигиенических нормативов при условии эксплуатации объектов в штатном режиме. Размеры СЗЗ регламентируются санитарными нормами и правилами (СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления»).

При планировании строительства новых полигонов ТКО важно обеспечить соблюдение условий санитарных правил СП 2.1.7.1038.01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов твердых бытовых отходов», согласно которым не допускается размещение полигонов на территории зон санитарной охраны водоисточников и минеральных источников; во всех зонах охраны курортов; в местах выхода на поверхность трещиноватых пород; в местах выклинивания водоносных горизонтов, а также в местах массового отдыха населения и оздоровительных учреждений.

К числу основных источников воздействия полигонов на окружающую среду можно отнести фильтрат и свалочный газ.

Токсичный фильтрат, образующийся при взаимодействии твердых коммунальных отходов с атмосферными осадками, просачиваясь сквозь свалочную толщу, представляет угрозу загрязнения грунтовых вод биорезистентными примесями и патогенными микроорганизмами.

Свалочный газ, выделяющийся при анаэробном разложении органических отходов, загрязняет приземный воздух и атмосферу соединениями серы и углерода.

Многочисленными научными исследованиями доказано воздействие полигонов ТКО на литогенную основу ландшафтов, поверхностный сток и растительный покров.

Так, в работе [Попутникова, 2010] установлена острая токсичность в твердых объектах импактной зоны полигона (насыпной грунт, затопляемая фильтратом почва), доказано воздействие полигона ТКО на структурно-функциональные особенности почвенной микробиоты. В исследовании [Салие-

ва, 2005] показаны характер и степень загрязнения поверхностных вод в результате поступления фильтрата в условиях активного бокового стока. Автором отмечены тенденции повышения уровня минерализации, подвижных форм азота, сульфат- и хлорид-ионов в речной воде.

Помимо вопросов негативного влияния полигонов ТКО на окружающую среду в современных научных исследованиях затрагиваются и другие аспекты проблемы захоронения бытового мусора, в том числе особенности пространственной организации сферы обращения с твердыми коммунальными отходами в регионах.

В работе [Латыпова, 2018] оценивается текущее состояние системы обращения с твердыми коммунальными отходами в России. Автор на основе результатов кластерного анализа и интегрального показателя развития системы обращения с отходами определяет положение России среди стран мира.

Исследование [Христуло и др., 2020] затрагивает вопросы оптимизации территориальной схемы обращения с отходами на основе комплексирования маршрутов перевозки мусора. Авторами на основе предложенного алгоритма разработан пакет скриптов, с помощью которых проведены анализ и моделирование потоков транспортирования отходов.

В работе [Юганова, 2019] проблема выбора участков для размещения объектов обращения с отходами решается с помощью методов многокритериального принятия решений, в том числе анализа иерархий (АНР) и анализа сетей (АНР).

В статье [Сергиенко и др., 2018] поднимается тема оценки текущего уровня циркулярности потоков ресурсов и восстановительного характера обращения с отходами производства и потребления на примере Новгородской области. Для определения уровня циркулярности региона, т. е. определения того, насколько эффективно потоки отходов возвращаются в начало цепочки создания продукции, авторами рекомендуется дополнить традиционный учет данными о получении вторичных материальных ресурсов и энергии из отходов по их видам и источникам образования, о возврате в цепочку создания продукции, в том числе к исходному производителю, и о возникающих при этом потерях ресурсов.

В ряде научных работ вопросы пространственного анализа сферы обращения с ТКО решаются на основе современных геоинформационных технологий.

С использованием ГИС реализуется задача размещения полигонов коммунальных отходов как в зарубежных странах [Alanbari et al., 2014; Chang et al., 2008; Eskandari et al., 2015; Kaoutar, Lahcen, 2012; Lotfi et al., 2007; Yanga et al., 2008; Zamorano et al., 2008], так и в российских регионах.

В работе [Голубев и др., 2023] рассматриваются возможности применения геоинформационных технологий и метода анализа иерархий для выбора земельного участка под полигон захоронения муниципальных отходов в Комсомольском кластере Хабаровского края. На основе анализа 11 факторов авторами определены наиболее оптимальные участки для строительства.

А.В. Атерековой и С.Б. Сиваевым на основе инструментов геоинформационной системы и многофакторного анализа разработана методика к выбору мест под объекты обращения с отходами на примере Нижегородской области, позволяющая обеспечить баланс между устойчивостью экосистемы и экономической эффективностью при создании инфраструктуры сбора, обработки, утилизации, обезвреживания и размещения твердых коммунальных отходов [Атерекова, Сиваев, 2016].

Особого внимания вопросы хранения и утилизации отходов приобретают в регионах с максимальной плотностью населения и высоким уровнем социально-экономического развития, к числу которых относится и Республика Татарстан.

На сегодняшний день в Татарстане сфера обращения с коммунальными отходами регулируется федеральным законодательством в соответствии с ФЗ-№89 «Об отходах производства и потребления» [Об отходах производства..., 2022]. В числе положительных аспектов реализации политики по обращению с отходами можно отметить обновление парка мусоровозов, внедрение технологий раздельного сбора твердых коммунальных отходов, модернизацию контейнерного парка, в том числе переход на пластиковые евроконтейнеры.

Однако до сих остается не решенным вопрос с внедрением единой информационной системы учета и контроля движения ТКО, а также разработкой механизма обеспечения государственной поддержки и льгот для мусороперерабатывающих предприятий. Важной проблемой остается наличие территорий, не охваченных централизованным вывозом отходов, а также переполнение действующих полигонов, решение которых может быть связано со строительством мусоросжигательного завода под Казанью в поселке Осиново. Запуск предприятия позволил бы существенно сократить объем вывозимых на полигоны отходов, создать новые рабочие места, наладить выработку электроэнергии из мусора, непригодного для переработки. Согласно проектной документации, строящийся завод рассчитан на прием 550 тыс. тонн отходов и выработку 55 МВт электрической энергии.

На сегодняшний день в Татарстане функционируют шесть сортировочных производств, в том числе три – в Казани, два – в Набережных Челнах

и один – в Альметьевске. Их совокупная мощность составляет более 700 тыс. тонн ТКО ежегодно. Согласно Схеме территориального планирования Республики Татарстан, к 2025 г. планируется увеличить количество мусоросортировочных станций в два раза, а также модернизировать имеющиеся линии, оснастив их оптическими и сенсорными датчиками для распознавания типа материала [Схема территориального..., 2021].

Однако, несмотря на позитивные тенденции, доля перерабатываемых отходов в регионе остается низкой и не превышает 10% от общего количества образованного коммунального мусора, что говорит о назревшей проблеме размещения ТКО. На сегодняшний день с учетом санкционированных и несанкционированных мест складирования отходов на территории региона скопилось порядка 75 млн тонн ТКО. По данным Территориальной схемы в области обращения с отходами Республики Татарстан, 16 из 49 полигонов уже полностью заполнены, 23 полигона исчерпают проектную мощность уже в ближайший год [Об утверждении..., 2018], поэтому вопросы поиска новых путей решения проблемы хранения и утилизации ТКО приобретают особую актуальность.

Корректировка основных направлений региональной политики в области обращения с ТКО может быть реализована, в том числе на основе положительного опыта других регионов. На сегодняшний день признанными лидерами в сфере решения проблемы утилизации коммунальных отходов являются европейские страны, где внедрены передовые инновационные технологии хранения и переработки бытового мусора. Однако в свете новых геополитических реалий наиболее возможным представляется сотрудничество со странами ближнего зарубежья. В этой связи показателен опыт Республики Узбекистан. В настоящее время на территории Узбекистана функционируют 183 предприятия по переработке ТКО общей мощностью переработки 894 тыс. тонн в год, в том числе полиэтиленовой пленки и пластмассы – 72, бумаги и картонных изделий – 65, шин и резинотехнических изделий – 17, металла – 10, стекла – 6, масла и текстиля – 2, прочих отходов – 11 [Стратегия по обращению..., 2019].

В 14 городах Узбекистана созданы кластеры комплексного управления твердыми бытовыми отходами с внедрением технологий их утилизации и переработки.

Особый интерес представляет завод по переработке и сортировке мусора в Каганском районе вблизи Бухары, введенный в эксплуатацию в 2017 г. Современное оборудование и автоматизированные линии позволяют сортировать до 450 тонн отходов

в сутки, включая металл, стекло, резину, строительные отходы, пластик и ветошь.

Большого внимания заслуживает совместный с Объединенными Арабскими Эмиратами проект «Отходы в энергию», планируемый к реализации в Навоийской, Бухарской областях и Ферганской долине. Концепция проекта помимо организации системы сбора и сортировки отходов предполагает производство свалочного газа для выработки электрической и тепловой энергии. По оценкам экспертов внедрение инновационных технологий в сферу обращения с отходами позволит снизить объем выбросов парниковых газов на 15–20% и достичь существенных экологических и экономических выгод.

Целью настоящего исследования является анализ текущей ситуации в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами в Республике Татарстан, выявление наиболее острых проблем на муниципальном уровне, а также поиск путей их решения, в том числе за счет практических предложений по определению территорий для строительства новых полигонов ТКО.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках настоящего исследования был использован спектр традиционных методов анализа географической информации, в том числе описательный, сравнительный, графический, картографический, статистический.

Кроме этого, в работе применялись новейшие геоинформационные методы исследований, в числе которых дешифрирование космоснимков. Данные дистанционного зондирования Земли из системы Google Earth Pro легли в основу оценки скорости наполнения полигона ТКО в Альметьевском районе Татарстана с 2003–2022 гг. с временным лагом 8 лет.

Алгоритм оценки оптимальности функционирования системы размещения отходов в регионе был заимствован из научных исследований А.И. Третьякова [Третьяков, 2004].

В качестве диагностических показателей для анализа уровня развития сферы обращения с отходами в муниципальных районах Республики Татарстан были выбраны:

- количество полигонов ТКО в ГРОРО, ед.;
- масса вывезенных ТКО, тыс. т;
- обеспеченность контейнерными площадками на 1000 чел.;
- масса потенциального образования ТКО, тыс. т;
- доля неучтенных отходов, %.

Для обработки количественной информации применялись инструменты математической статистики, а именно метод кластерного анализа, реализуемый в программе STATISTICA. На сегодняшний день кластерный анализ является широко использу-

емым в решении географических задач статистическим инструментом, позволяющим анализировать и визуализировать большой объем разнородных данных, понимать их структуру, выявлять скрытые тенденции.

Задача оценки территорий на основе системы индикаторов решалась на основе агломеративно-иерархического метода. В качестве меры сходства использовалось Евклидово расстояние, способом кластеризации был выбран метод Варда.

Геоинформационный анализ территории с точки зрения ее пригодности для размещения полигонов ТКО осуществлялся на основе модифицированной авторами методики А.В. Атерековой, С.Б. Сиваева [Атерекова, Сиваев, 2016].

Разработка картографических материалов осуществлялась в программном продукте ArcGIS.

Информационную базу исследования составили данные государственного доклада о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан [Государственный доклад..., 2023], сведения из Схемы территориального планирования Республики Татарстан [Схема территориального..., 2021].

Источником данных о количестве полигонов, контейнерных площадок и массе вывезенных отходов явились материалы Территориальной схемы в области обращения с отходами Республики Татарстан [Об утверждении..., 2018]. Масса потенциального образования отходов была рассчитана в соответствии с действующими нормативами накопления ТКО [Об утверждении нормативов..., 2016]. Доля неучтенных отходов рассчитывалась как разность между массой потенциально образованных и вывезенных отходов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Республика Татарстан входит в топ-10 регионов России по накоплению коммунальных отходов, количество которых достигает 1,7 млн тонн в год, в том числе около 700 тыс. тонн – в Казани [Об утверждении..., 2018].

На сегодняшний день регулирование и управление сферой обращения с коммунальными отходами в Республике Татарстан осуществляется на основе Территориальной схемы обращения с отходами, предусматривающей деятельность двух региональных операторов в пределах Западной и Восточной зон.

В состав Восточной зоны входят 23 объекта размещения ТКО, расположенные на территории 22 муниципальных районов республики и города Набережные Челны. К Западной зоне отнесены 22 полигона, локализованные в пределах 21 муниципального района и Казани.

По состоянию на 2023 г. в Государственный реестр объектов размещения отходов внесено 76 объектов, в том числе 49 полигонов ТКО (включая четыре законсервированных), шламоотвалы, шламонакопители, поля фильтрации, иловые карты, а также песковые площадки очистных сооружений [Об утверждении..., 2018].

Максимальная концентрация полигонов ТКО отмечается вблизи крупных городов республики, для которых характерны самые высокие показатели накопления коммунальных отходов.

При сооружении инфраструктурных объектов в области обращения с отходами в Республике Татарстан учитывается комплекс физико-географических и экономико-географических факторов.

На выбор земельного участка под строительство полигона оказывают влияние как критерии по обеспечению защиты окружающей среды от возможного негативного влияния объекта (выделение в атмосферу окислов азота, метана, сероводорода, загрязнение фильтратом подземных и грунтовых вод), так и критерии по обеспечению защиты объекта от негативного влияния внешних факторов (геологические разломы, карстовые процессы, оползни, выход грунтовых вод, паводки).

В основе экономико-географического обоснования строительства лежит учет таких критериев, как дефицит земельных ресурсов вблизи крупных городов, оптимизация операций накопления, сбора и транспортирования ТКО, получение товарной продукции (изделий, энергии) в результате утилизации и обезвреживания ТКО, укрупнение объектов обезвреживания и размещения ТКО для снижения удельных затрат, размещение объектов с учетом расположения источников образования ТКО, организация рациональной системы транспортирования ТКО для снижения удельных транспортных расходов, использование территорий действующих объектов по обращению с ТКО для размещения мусороперегрузочных станций и новых объектов по утилизации ТКО [Об утверждении..., 2018].

В рамках первого этапа исследования была поставлена задача оценить динамику размещения коммунальных отходов на примере Альметьевского полигона ТКО, расположенного на землях совхоза имени Н.Е. Токарликова Альметьевского района Республики Татарстан и введенного в эксплуатацию в 1996 г.

Исследуемый объект занимает площадь 15,3684 га и состоит из 6 карт, проектной мощностью 250 тыс. м³.

На космоснимке по состоянию на 2003 г. (через 7 лет после начала эксплуатации) отмечено заполнение первой и второй карт полигона (рис. 1). На космоснимке 2011 г. фиксируется начало заполнения третьей карты. На следующем временном отрезке

наблюдается заполнение 4 и 5 карт. По состоянию на 2022 г. визуализируется полное заполнение пяти карт и заполнение шестой карты на 50%. Таким образом, на сегодняшний день можно говорить о заполнении Альметьевского полигона ТКО на 93,8%.



Рис. 1. Динамика заполнения полигона ТКО г. Альметьевска за период с 2003 по 2022 г.: А – 2003 г.; Б – 2011 г.; В – 2019 г.; Г – 2022 г.; 1 – первая карта полигона; 2 – вторая карта полигона; 3 – третья карта полигона; 4 – четвертая карта полигона; 5 – пятая карта полигона; 6 – шестая карта полигона. *Источник:* составлено авторами по данным космоснимков Google Earth Pro

Fig. 1. Dynamics of filling of the municipal solid waste landfill in Almetyevsk from 2003 to 2022: А – 2003; Б – 2011; В – 2019; Г – 2022; 1 – first polygon plot; 2 – second polygon plot; 3 – third polygon plot; 4 – fourth polygon plot; 5 – fifth polygon plot; 6 – sixth polygon plot. *Source:* compiled by the authors based on Google Earth Pro satellite images

Следующий этап исследования предполагал анализ уровня развития сферы обращения с отходами в муниципальных районах Республики Татарстан на основе кластеризации регионов.

На сегодняшний день полигоны ТКО, включенные в ГРОРО, размещены практически во всех муниципальных районах Татарстана. Объекты захоронения коммунальных отходов отсутствуют лишь в трех районах республики (Мамадышском, Мензелинском и Новошешминском). В семи регионах республики (Азнакаевский, Альметьевский, Лаишевский, Нижнекамский, Сабинский, Сармановский

районы, г. Казань) функционируют по два полигона ТКО. Общая площадь полигонов ТКО в Республике Татарстан составляет 426,68 га.

Результаты выполненного кластерного анализа представлены на дендрограмме (рис. 2), где отчетливо различимы три кластера, образованные муниципальными районами и городами республики по степени их сходства в сфере обращения с ТКО. Вертикальные линии, соответствующие величине таксономического расстояния между объектами, позволяют проанализировать процесс выделения кластеров на разных этапах объединения.

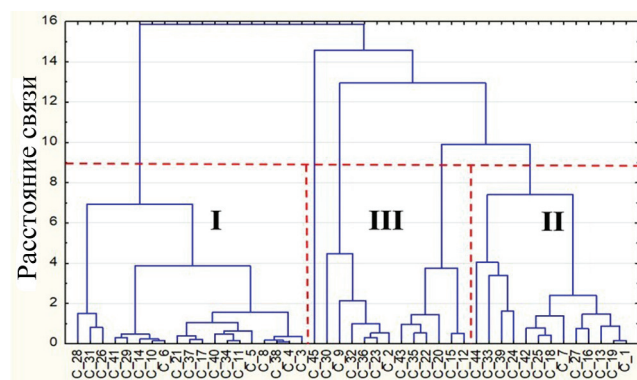


Рис. 2. Схема кластеризации регионов Республики Татарстан по уровню развития сферы обращения с ТКО: I–III – кластеры, образованные муниципальными районами и городами республики. *Источник:* составлено авторами по результатам обработки данных в программе STATISTICA

Fig. 2. Scheme of clustering the regions of the Republic of Tatarstan according to the development level in the sphere of municipal solid waste management: I–III – clusters formed by municipal districts and cities of the Republic. *Source:* compiled by the authors based on the results of data processing in the STATISTICA program

В первый кластер вошли 19 районов республики, расположенных в Предволжье, Предкамье и Закамье. Это преимущественно малонаселенные сельскохозяйственные регионы с незначительной долей промышленного производства. Для них ха-

рактерны небольшие объемы образования отходов и, как следствие, малое количество полигонов и контейнерных площадок.

Ко второму кластеру были отнесены 12 районов республики, расположенных в границах Казанской, Камской и Альметьевской агломераций, а также г. Набережные Челны. Данные территории характеризуются более высокой плотностью населения и концентрацией промышленных объектов по сравнению с регионами первого кластера. Для них отмечается средний объем образованных ТКО и максимальная доля неучтенных отходов. В состав третьего кластера вошли 12 районов, расположенных на северо-западе и юго-востоке региона, а также крупные индустриальные центры республики (Нижнекамский и Зеленодольский районы и г. Казань). Объединяя густонаселенные территории с развитой промышленностью, данный кластер лидирует по количеству образованных отходов и действующих полигонов ТКО (табл. 1).

Далее была проведена оценка оптимальности функционирования системы размещения отходов [Третьяков, 2004], которая определялась исходя из предположения, что наиболее эффективным является размещение максимальных объемов отходов на минимальной площади. При таком размещении становится возможным «локализовать» систему защиты природной среды от влияния твердых бытовых отходов и упростить систему обслуживания свалок. Для каждого муниципального района республики, а также для городов Казань и Набережные Челны был рассчитан показатель оптимальности функционирования системы размещения отходов, представляющий собой отношение объема накопленных отходов к площади полигонов. На основе полученных значений показателя осуществлялась группировка регионов в соответствии с 10-балльной шкалой: 1–2 балла, 3–4 балла, более 5 баллов, где минимальный балл соответствовал региону с неэффективной организацией сферы обращения с ТКО (рис. 3).

Таблица 1

Средние значения диагностических показателей внутри кластеров

Номер кластера	Количество территорий	Количество полигонов, ед.	Масса вывезенных ТКО, тыс. т	Обеспеченность контейнерными площадками, на 1000 чел.	Масса потенциального образования ТКО, тыс. т	Доля неучтенных отходов, %
Кластер №1	19	0,84	10,55	6,98	11,27	6,26
Кластер №2	13	1	40,25	8,13	53,83	23,35
Кластер №3	13	1,62	68,40	12,65	79,17	11,61

Источник: рассчитано авторами на основе данных Территориальной схемы в области обращения с отходами Республики Татарстан, Нормативов накопления твердых коммунальных отходов в Республике Татарстан.

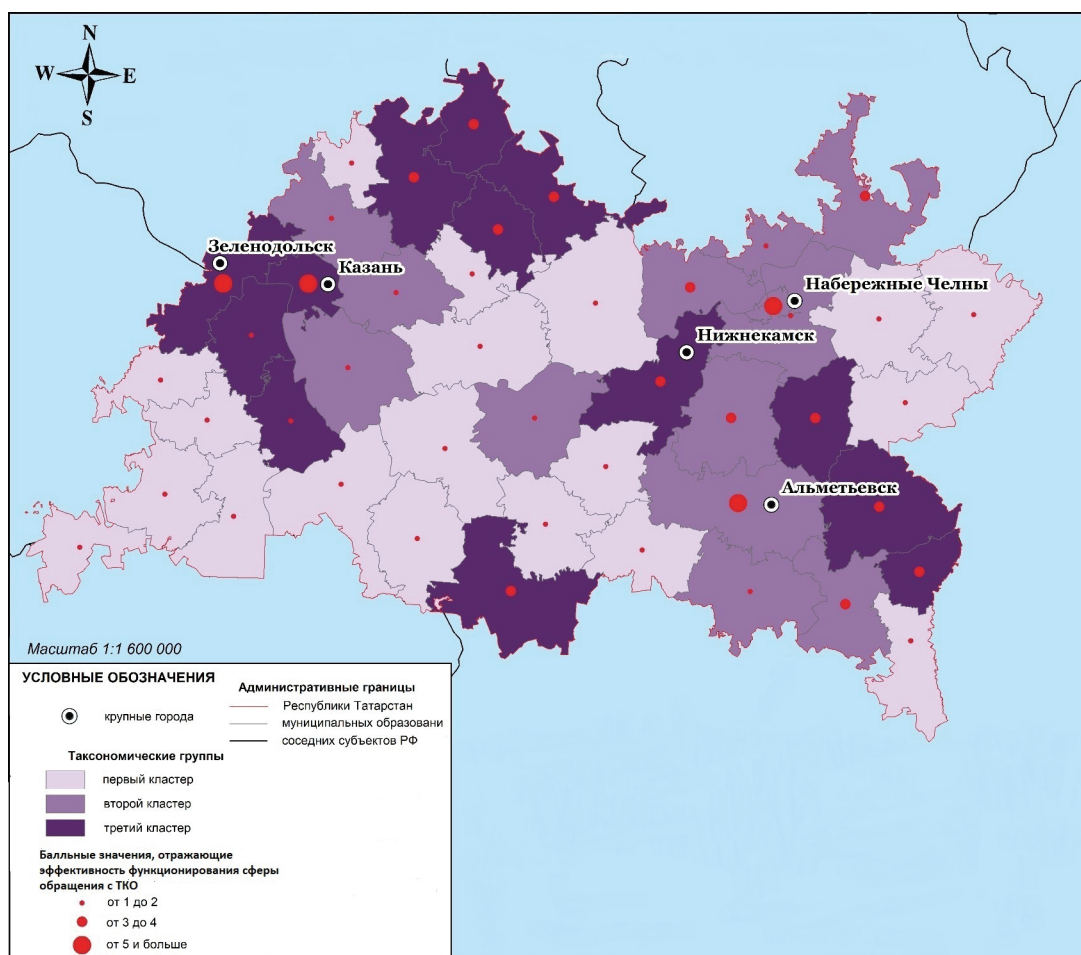


Рис. 3. Уровень развития сферы обращения с ТКО в Республике Татарстан.

Источник: разработано авторами в программе ArcGIS

Fig. 3. Development level of municipal solid waste management in the Republic of Tatarstan.

Source: produced by the authors in ArcGIS

Согласно полученным результатам, оптимальная система обращения с ТКО наблюдается в Казани, а также в муниципальных районах, центрами которых являются крупные города республики: Набережные Челны, Альметьевск, Зеленодольск. Для данных территорий отмечается концентрированное размещение больших объемов отходов, что делает их перспективными для развития технологий глубокой переработки бытового мусора и производства биогаза.

На третьем этапе с помощью ГИС-технологий осуществлялась оценка территории республики с точки зрения возможности размещения новых полигонов ТКО.

Согласно действующим природоохранным требованиям для строительства полигонов ТКО запрещается использовать участки природно-заповедного фонда, земли в пределах городской черты, водоохранные зоны водных объектов, земли сельскохозяйственного и историко-культурного назначения, а также территории, занятые лесами, лесопарками, используемые в качестве рекреации [Об отходах производства..., 1998].

В соответствии с п. 2, ст. 51 ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» [Федеральный закон..., 2002] допустимыми для расположения полигона считаются участки без присутствия опасных геологических процессов (склоновых процессов, оползней и др.), хорошо проветриваемые, открытые, неподтапливаемые, с развитым региональным водоупором, размещенные с подветренной стороны по отношению к населенным пунктам и расположенные ниже мест водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения и рыбоводных хозяйств.

В соответствии с Правилами проектирования, эксплуатации, реконструкции и ликвидации полигонов ТКО [Полигоны для твердых коммунальных..., 2022] для их строительства рекомендуется выбирать участки со слабофильтрующими подстилающими грунтами (глины, суглинки), исключая болотистые и подтапливаемые водами участки.

Согласно действующим природоохранным требованиям для строительства полигонов ТКО запрещается использовать участки природно-заповедного фонда, земли в пределах городской черты, водоохранные зоны водных объектов, земли сельскохозяйственного и историко-культурного назначения, а также территории, занятые лесами, лесопарками, используемые в качестве рекреации [Об отходах производства..., 1998].

Как правило, еще на стадии разработки все проекты строительства будущих объектов размещения ТКО проходят серьезную экологическую экспертизу, учитывающую в том числе физико-географические особенности местности.

Республика Татарстан, расположенная на стыке Центральной России и Урало-Поволжья у слияния рек Волги и Камы, в геоморфологическом отношении представляет собой возвышенную ступенчатую равнину, расчлененную густой сетью речных долин. Основная часть территории расположена ниже 200 м над уровнем моря.

Для региона отмечается низкое залегание уровня как грунтовых вод, так и нижележащих гидрогеологических подразделений.

Рельеф республики характеризуется наличием водно-эрозионных форм, таких как овраги и балки. Наибольшее количество оврагов наблюдается на северо-востоке региона, где густота овражной сети достигает местами 1–2 км на 1 км² площади. В Предволжье и в восточных районах имеют место карстовые провалы.

Почвенный покров характеризуется преобладанием глинистых и тяжелосуглинистых почв (более 80%). Песчаные участки встречаются лишь в северной и северо-восточной частях республики.

По правобережью Куйбышевского и левобережью Нижнекамского водохранилища в пределах региона существует вероятность оползневых процессов. Воздействию боковой речной эрозии

подвергаются отдельные населенные пункты в Дрожжановском, Мамадышском, Кукморском, Актанышском, Камско-Устьинском, Бавлинском, Азнакаевском, Ютазинском районах.

Многолетние наблюдения за сейсмической активностью доказывают возможность возникновения колебаний земной поверхности 2–3 балла на юго-востоке республики, вследствие увеличения антропогенной нагрузки (добыча нефти).

Выбор участков под строительство полигонов ТКО предусматривает необходимость оценки их воздействия на окружающую среду и учет санитарно-защитных зон (СЗЗ), отделяющих территории жилой застройки, дач и садоводческих товариществ, коттеджной застройки, рекреационных зон от строящихся коммунальных объектов.

В рамках настоящего исследования в качестве непригодных для строительства полигонов ТКО участков были рассмотрены земли сельскохозяйственного назначения, дачи, территории размещения промышленных и военных объектов, гаражей, населенные пункты, лесные массивы, природоохранные территории, водные объекты, дороги, а также территории занятые действующими полигонами ТКО.

Кроме этого, учитывались буферные зоны указанных объектов, размер которых устанавливался в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 (табл. 2). Были проанализированы области распространения почв, неблагоприятных для строительства полигонов (песчаные и супесчаные).

Таблица 2

ГИС-слои для определения территорий возможного размещения полигонов ТКО

№ п/п	Тип территории	Минимальная буферная зона, м
1	Населенные пункты	1000
2	Территории с/х назначения, дачи	1000
3	Территории размещения промышленных, военных объектов, гаражей	500
4	Лесные массивы	1000
5	Природоохранные территории	1000
6	Водные объекты	1000
7	Дороги	100

Источник: составлено авторами по данным *СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

Рассмотренные объекты легли в основу построения геоинформационной карты, созданной на основе наложения ГИС-слоев и отображающей потенциально пригодные и неприемлемые для размещения полигонов ТКО территории региона (рис. 4). Источником данных для формирования ГИС-слоев явился открытый веб-картографический сервис OpenStreetMap (OSM) и фондовые картографические материалы о типах почв Республики Татарстан

кафедры почвоведения Казанского федерального университета.

В результате было установлено, что основная часть пригодных для строительства полигонов участков сосредоточена в центре и на востоке республики. В то время как на западе региона такие территории практически отсутствуют.

На заключительном этапе исследования был проведен сравнительный анализ полученных ре-

зультатов с действующей Территориальной схемой обращения с отходами в Республике Татарстан.

В соответствии с Территориальной схемой к 2035 г. в республике запланировано строительство 5 новых межмуниципальных полигонов ТКО, в том числе на территории Куркульского сельского поселения (Алексеевский район), проектная мощность 70 тыс. т/год, Старокырлайского сельского поселения (Арский район), проектная мощность 110 тыс. т/год, Макуловского сельского поселения (Верхнеуслонский район), проектная мощность 150 тыс. т/год, Поспеловского сельского поселения (Елабужский район), проектная мощность 300 тыс. т/год, Письмянского сельского поселения (Лениногорский район), проектная мощность 400 тыс. т/год. Согласно разработанной в рамках

настоящего исследования геоинформационной карте три из пяти будущих полигонов (в Елабужский, Лениногорском и Алексеевском районах) по координатам попадают в зону приемлемую для строительства объектов размещения ТКО. Проектируемые полигоны в Верхнеуслонском и Арском районах на северо-западе Татарстана входят в зону с низкой долей приемлемых для строительства территорий. Для них отмечается незначительное расхождение координат с выделенными допустимыми ареалами. Решение инициировать строительство полигонов в границах данных районов связано с большой нагрузкой на уже действующие объекты размещения ТКО, обусловленной расположением районов в непосредственной близости от Казанской агломерации.

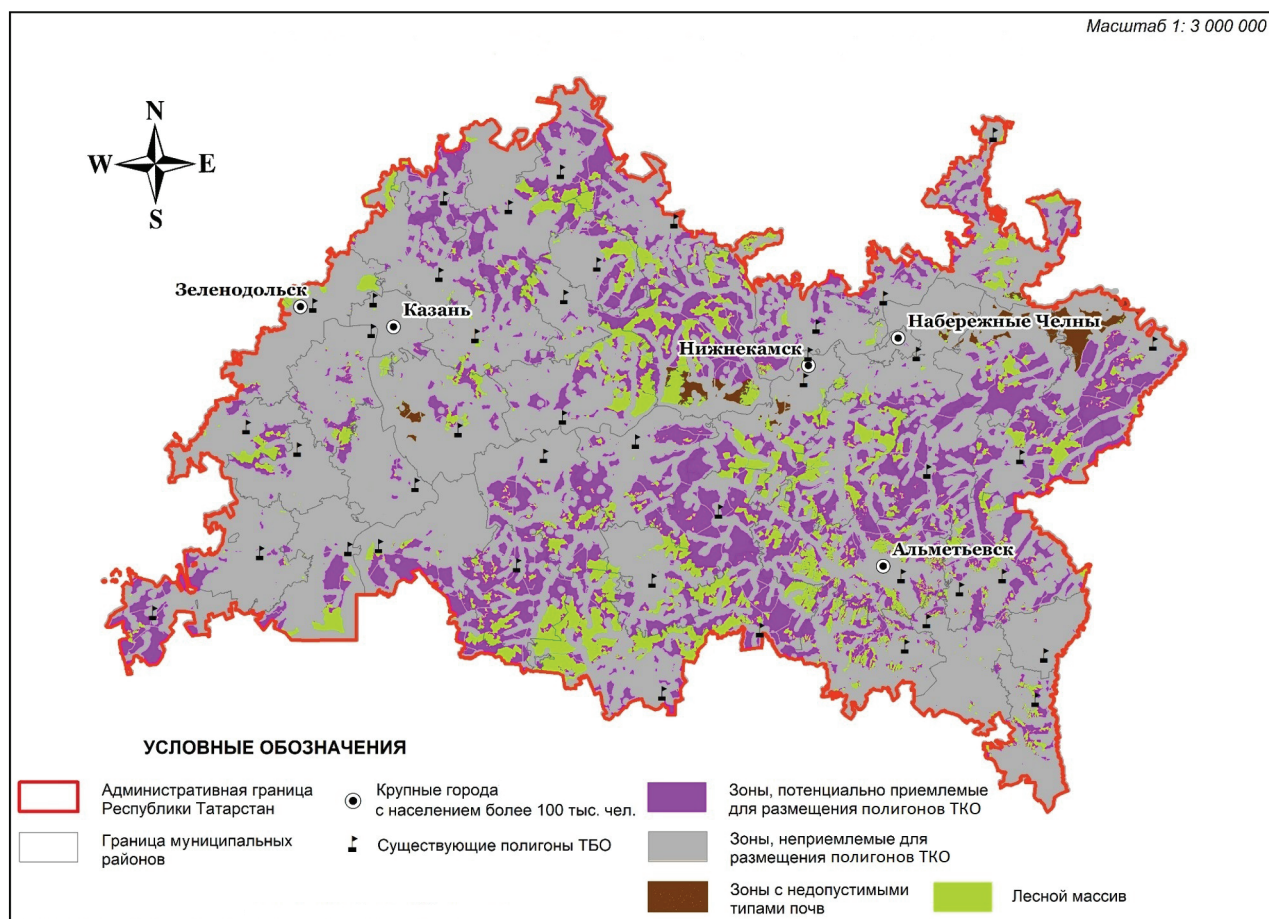


Рис. 4. Оценка территории Республики Татарстан с точки зрения возможности размещения полигонов ТКО.

Источник: создано авторами в программе ArcGIS

Fig. 4. Assessment of the territory of the Republic of Tatarstan in terms of the possibility of locating landfills for municipal solid waste. Source: produced by the authors in ArcGIS

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день ситуация в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами в Республике Татарстан характеризуется наличием проблемы интенсивного заполнения действующих

полигонов. Почти половина из них исчерпают свою проектную мощность уже через несколько лет.

Анализ пространственной организации системы обращения с ТКО в разрезе муниципальных районов республики показал наличие территориальных

особенностей, выраженных как в объеме накопления и вывозе отходов, так и в количестве неучтенного мусора.

Наиболее оптимальная система обращения с ТКО выстроена в крупных городах республики, для которых отмечается концентрированное размещение больших объемов отходов, открывая возможности для развития технологий глубокой переработки бытового мусора и производства биогаза.

Оценка территории республики с точки зрения пригодности для размещения полигонов ТКО выявила, что лишь небольшая ее часть (центральные и восточные районы) удовлетворяет существующим требованиям и может быть использована для строительства новых объектов. Наиболее выраженный дефицит подходящих земельных участков наблюдается на западе региона.

В Республике Татарстан сохраняется напряженная ситуация в сфере обращения с ТКО, крайне низкой остается доля переработки бытового мусора (8–10% при рекомендуемых 20–23%). Одним из вариантов решения проблемы может стать реализа-

ция проекта по строительству межмуниципальных отраслевых коммунальных комплексов. Согласно Территориальной схеме обращения с отходами в Республике Татарстан данные объекты будут представлять собой совокупность связанных в единую функциональную сеть элементов инфраструктуры, размещенных на территории нескольких муниципальных районов и включать все этапы технологического цикла обращения с отходами, в том числе накопление, сбор, транспортирование, сортировка, утилизация, обезвреживание и захоронение.

Сопоставление выявленных в рамках настоящего исследования потенциально пригодных для строительства полигонов территорий с координатами будущих межмуниципальных отраслевых коммунальных комплексов продемонстрировало высокую степень их совпадения. Так, три из пяти планируемых полигонов, которые будут располагаться на востоке (Елабужский, Лениногорский районы) и в центральной части (Алексеевский район) республики по координатам попадают в зону, приемлемую для строительства объектов размещения ТКО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атерекова А.В., Сиваев С.Б.* Выбор участков под объекты обращения с твердыми коммунальными отходами на основе пространственного анализа и многофакторной оценки // Городские исследования и практики. 2016. № 1. С. 70–85.
- Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2022 году. Казань: Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан, 2023. 398 с.
- Латыпова М.В.* Анализ развития системы обращения с твердыми коммунальными отходами в России: проблемы и перспективы с учетом европейского опыта // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14. № 4. С. 741–758.
- Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация, реконструкция и ликвидация: СП 320.1325800.2017. М., 2022. 29 с.
- Попутникова Т.О.* Экологическая оценка почв и отдельных компонентов окружающей среды в зоне размещения полигона твердых бытовых отходов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2010. 24 с.
- СП 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов твердых бытовых отходов». М.: Минздрав России, 2021. 12 с.
- СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 16 с. URL: <https://sled35.ru/upload/doc/1322.pdf>.
- Салиева А.Н.* Обоснование экогеохимической системы критериев оценки опасности мест размещения отходов на примере Тогаевского полигона отходов (Республика Татарстан): дисс. ... канд. хим. наук. Казань, 2005. 130 с.
- Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. 51 с.
- СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», М.: ФГУП ЦПП, 2007. 56 с.
- Сергиенко О.И., Смазнова Е.С., Разумова Д.В.* Определение базовых индикаторов для разработки территориальной схемы обращения с отходами // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 4. С. 80–92.
- Схема территориального планирования Республики Татарстан (ред. от 13.08.2021) // Кабинет министров Республики Татарстан. Проектируемые положения. Казань: Гипрогор, 2021. 300 с.
- Третьяков А.С.* Статистические методы в прикладных географических исследованиях: учебно-метод. пособие. Харьков: Шрифт, 2004. 96 с.
- Христовуло О.И., Абдуллин А.Х., Багаманишина Г.Ф.* Алгоритм комплексирования маршрутов для разработки электронной модели территориальной схемы обращения с отходами // Программные продукты и системы. 2020. № 1. С. 76–83.
- Юганова Т.И.* Выбор участков для размещения объектов обращения с отходами на основе методов многокритериального принятия решений // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2019. № 4. С. 79–93.

- Alanbari M.A., Al-Ansari N., Jasim H.K. GIS and multicriteria decision analysis for landfill site selection in Al-Hashimiyah Qadaa, *Natural Science*, 2014, vol. 6, p. 282–304.
- Chang N.-B., Parvathinathan G., Breeden J.B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region, *J. of Environmental Management*, 2008, vol. 87, no. 1, p. 139–153.
- Eskandari M., Homae M., Mahmoodi S. et al. Optimizing landfill site selection by using land classification maps, *Environmental Science & Pollution Research*, 2015, vol. 22, no. 10, p. 7754–7765.
- Kaoutar B., Lahcen B. A decision support approach for optimized siting of municipal solid waste landfill case study Tangier Morocco, *International Journal of Engineering Research & Applications (IJERA)*, 2012, vol. 2, no. 6, p. 1676–1684.
- Lotfi S., Habibi K., Koohsari M.J. Integrating GIS and fuzzy logic for urban solid waste management (A case study of Sanandaj City, Iran), *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2007, vol. 10, no. 22, p. 4000–4007.
- Yanga K., Zhou X.-N., Yana W.-A. et al. Landfills in Jiangsu province, China, and potential threats for public health: Leachate appraisal and spatial analysis using geographic information system and remote sensing, *Waste Management*, 2008, vol. 28, no. 12, p. 2750–2757.
- Zamorano M., Molero E., Hurtado A. et al. Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology, *Journal of Hazardous Materials*, 2008, vol. 160, no. 30, p. 473–481.
- Электронные ресурсы*
- Голубев Д.А., Гладун И.В., Егоришин И.Н. Применение географической информационной системы и метода анализа иерархий для оценки мест строительства полигонов захоронения коммунальных отходов в Хабаровском крае // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 3. URL: <https://esj.today/PDF/81NZVN323.pdf> (дата обращения 21.11.2023).
- Об отходах производства и потребления [Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 19.12.2022)] // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/ (дата обращения 18.12.2022).
- Об утверждении нормативов накопления твердых коммунальных отходов в Республике Татарстан [Постановление Кабинета министров Республики Татарстан от 12 декабря 2016 года № 922] // Гарант. URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/tatarstan/1565083/?ysclid=lps8rdtz65776441862> (дата обращения 20.11.2022).
- Об утверждении Территориальной схемы в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Республики Татарстан. Федеральный закон от 13 марта 2018 года № 149 (редакция от 09.07.2022) / Кабинет министров РТ. URL: <https://greenta.su/uploads/Content/Documents/regionalnoe-zakonodatelstvo/postanovlenie-149-ot-13-marta-2018.pdf> (дата обращения 24.08.2022).
- Стратегия по обращению с твердыми бытовыми отходами в Республике Узбекистан на период 2019–2028 годов (Приложение № 1 к Постановлению Президента Республики Узбекистан от 17.04.2019. № ПП-4291) // Справочно-правовая система «Бухгалтер.uz». URL: https://buxgalter.uz/ru/doc?id=586951_&prodid=1_vse_zakonodatelstvo_uzbekistana&ysclid=lps82ay_yar856262415#f4b6e67c453d1be3b77b4c/ (дата обращения 21.12.2022).
- Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об охране окружающей среды» / Информационно-правовой портал «Консультант Плюс». URL: https://rpn.gov.ru/upload/iblock/abd/bur4cx-wx76yqdmrslcjdv724rloaiyv/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7_FZ-_red.-ot-25.12.2023_.pdf (дата обращения 24.08.2022).

Поступила в редакцию 24.06.2024

После доработки 10.12.2024

Принята к публикации 12.03.2025

TERRITORIAL PATTERN OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Yu.A. Shakirova¹, E.V. Grafsky², Y.D. Holov³

^{1,2} Kazan (Volga Region) Federal University, Institute of Management, Economics and Finance,
Department of Geography and Cartography

³ Bukhara State University, Faculty of Natural Sciences, Department of Ecology and Geography

¹ Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: JAShakirova@kpfu.ru

² Master's student; e-mail: grafskiy.zhenya@mail.ru

³ Head of the Department, Ph.D. in Geography; e-mail: y.d.xolov@buxdu.uz

The article discusses the problem of assessing the spatial organization of household waste storage. The authors analyze the territorial structure of municipal solid waste (MSW) facilities in the Republic of Tatarstan. Specific features of the functioning of existing MSW landfills are analyzed, and the dynamics of their filling is studied. Based on the method of interpreting satellite images, the rate of filling the plots of the solid municipal waste landfill in the city of Almetyevsk is demonstrated. Using the multidimensional cluster analysis,

the development levels of the sphere of solid waste management in the municipal districts of the republic are compared. Based on the data on the number of landfills, the mass of removed waste, the provision of container sites, the mass of generated and unaccounted waste, the municipal districts of Tatarstan were grouped into 3 clusters with favorable, satisfactory and tense situation in the sphere of waste management. The functioning of the waste disposal system in the region was assessed. Territories with high concentration of waste in a limited space, located in the zone of influence of large cities of the republic and being the most promising from the point of view of the development of technologies for deep waste processing and biogas production, have been identified as optimally functioning. Using geographic information technologies, the authors assess the territory of the region from the point of view of possible solid waste landfills location. Based on the data on land use characteristics, soil composition and environmental requirements, a map was compiled showing the areas unacceptable and potentially suitable for the construction of MSW landfills. Settlements, agricultural lands, summer cottages, areas of industrial and military facilities, garages, forests, environmental areas, water bodies, and roads were all considered as limiting factors. Analysis of the map allowed a conclusion that there are territories suitable for locating of MSW landfills in the central and eastern parts of the republic, but there are practically no options in its western part, especially in the Kazan agglomeration zone.

Keywords: waste management, waste processing, spatial analysis, geographic information system

REFERENCES

- Alanbari M.A., Al-Ansari N., Jasim H.K. GIS and multicriteria decision analysis for landfill site selection in Al-Hashimiyah Qadaa, *Natural Science*, 2014, vol. 6, p. 282–304.
- Aterekova A.V., Sivaev S.B. Vybor uchastkov pod ob'ekty obrashheniya s tverdymi kommunal'nymi othodami na osnove prostranstvennogo analiza i mnogofaktornoj ocenki [Selection of sites for municipal solid waste management facilities based on spatial analysis and multifactor assessment], *Gorodskie issledovaniya i praktiki*, 2016, no. 1, p. 70–85. (In Russian)
- Chang N.-B., Parvathinathan G., Breeden J.B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region, *J. of Environmental Management*, 2008, vol. 87, no. 1, p. 139–153.
- Eskandari M., Homaei M., Mahmoodi S. et al. Optimizing landfill site selection by using land classification maps, *Environmental Science & Pollution Research*, 2015, vol. 22, no. 10, p. 7754–7765.
- Gosudarstvennyj doklad o sostojanii prirodnyh resursov i ob ohrane okruzhajushhej sredy Respubliki Tatarstan v 2022 godu [State report on the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2022], Kazan, Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan Publ., 2023, 398 p. (In Russian)
- Hristodulo O.I., Abdullin A.H., Bagamanshina G.F. Algoritmi kompleksirovaniya marshrutov dlja razrabotki jelektronnoj modeli territorial'noj shemy obrashheniya s othodami [Algorithm for integrating routes for developing an electronic model of a territorial waste management scheme], *Programmye produkty i sistemy*, 2020, no. 1, p. 76–83. (In Russian)
- Juganova T.I. Vybor uchastkov dlja razmeshheniya ob'ektov obrashheniya s othodami na osnove metodov mnogokriterial'nogo prinjatija reshenij [Selection of sites for location of waste management facilities based on multi-criteria decision-making methods], *Geojekologij. Inzhenernaja geologija, Gidrogeologija, Geokriologij*, 2019, no. 4, p. 79–93. (In Russian)
- Kaoutar B., Lahcen B. A decision support approach for optimized siting of municipal solid waste landfill case study Tangier Morocco, *International Journal of Engineering Research & Applications (IJERA)*, 2012, vol. 2, no. 6, p. 1676–1684.
- Latypova M.V. Analiz razvitiya sistemy obrashheniya s tverdymi kommunal'nymi othodami v Rossii: problemy i perspektivy s uchetom evropejskogo opyta [Analysis of the development of the municipal solid waste management system in Russia: problems and prospects taking into account European experience], *Natsional'nye interesy: prioriteti i bezopasnost'*, 2018, vol. 14, no. 4, p. 741–758. (In Russian)
- Lotfi S., Habibi K., Koohsari M.J. Integrating GIS and fuzzy logic for urban solid waste management (A case study of Sanandaj City, Iran), *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2007, vol. 10, no. 22, p. 4000–4007.
- Poligony dlja tverdych kommunal'nyh othodov. Proektirovanie, jekspluatacija, rekonstrukcija i likvidacija: SP 320.1325800.2017 [Sanitary rules 320.1325800. Landfills for municipal solid waste. Design, operation, reconstruction and liquidation], Moscow, 2022, 29 p. (In Russian).
- Poputnikova T.O. *Ekologicheskaja ocenka pochv i otdel'nyh komponentov okruzhajushhej sredy v zone razmeshheniya poligona tverdych bytovyh othodov* [Environmental assessment of soils and individual components of the environment in the area of the municipal solid waste landfill], Extended Abstract of Ph.D. Thesis in Biology, Moscow, 2010, 24 p.
- SP 2.1.7.1038-01 "Gigienicheskie trebovaniya k ustrojstvu i soderzhaniju poligonov tverdych bytovyh othodov" [Sanitary Rules 2.1.7.1038.01 "Hygienic requirements for the construction and maintenance of polygons of solid bypass laboratories"], Moscow, Ministry of Health of Russia, 2021, 12 p. (In Russian)
- SanPiN 2.1.7.1322-03 "Gigienicheskie trebovaniya k razmeshheniju i obezvezhivaniyu othodov proizvodstva i potreblenija" [Sanitary-hygienic rules and regulations 2.1.7.1322-03 "Hygienic requirements for the placement and protection of medical devices of production and consumption"], Moscow, Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia, 2004. 16 p. URL: <https://sled35.ru/upload/doc/1322.pdf>. (In Russian)
- Salieva A.N. *Obosnovanie ekogeohimicheskij sistemy kriteriev ocenki opasnosti mest razmeshheniya othodov na primere Togaevskogo poligona othodov (Respublika Tatarstan)* [Justification of the ecogeochemical system of criteria for assessing the hazard of waste disposal sites

- using the example of the Togaevsky waste landfill (Republic of Tatarstan)], Ph.D. Thesis in Chemistry, Kazan, 2005, 130 p. (In Russian)
- Sanitarno-zashhitnye zony i sanitarnaja klassifikacija predpriyatij, sooruzhenij i inyh ob'ektov: Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy* [Sanitary rules and regulations 2.2.1/2.1.1.1200-03. [Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects: Sanitary and epidemiological rules and regulations], Moscow, Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Russian Ministry of Health Publ., 2001, 51 p. (In Russian)
- Sergienko O.I., Smaznova E.S., Razumova D.V. Opredelenie bazovykh indikatorov dlja razrabotki territorial'noj shemy obrashhenija s othodami [Determination of basic indicators for the development of a territorial waste management scheme], *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta, Prikladnaja jekologija, Urbanistika*, 2018, no. 4, p. 80–92. (In Russian)
- Shema territorial'nogo planirovanija Respubliki Tatarstan (red. ot 13.08.2021)* [Territorial planning scheme of the Republic of Tatarstan (as amended on 08/13/2021)], Kazan, Giprogor Publ., 2021, 300 p. (In Russian)
- SNiP 2.07.01-89 “Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih poselenij” [Sanitary and epidemiological rules and regulations 2.07.01-89 “Urban development. Planning and development of urban and rural settlements”], Moscow, Center for design production in construction Publ., 2007, 56 p. (In Russian)
- Tret'jakov A.S. *Statisticheskie metody v prikladnyh geografičeskikh issledovanijah* [Statistical methods in applied geographical research], Kharkiv, Shrift Publ., 2004, 96 p. (In Russian)
- Yanga K., Zhou X.-N., Yana W.-A. et al. Landfills in Jiangsu province, China, and potential threats for public health: Leachate appraisal and spatial analysis using geographic information system and remote sensing, *Waste Management*, 2008, vol. 28, no. 12, p. 2750–2757.
- Zamorano M., Molero E., Hurtado A. et al. Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology, *Journal of Hazardous Materials*, 2008, vol. 160, no. 30, p. 473–481.
- Web sources*
- Federal'nyj zakon ot 10.01.2002 No 7-FZ (red. ot 25.12.2023) “Ob ohrane okruzhayushchej sredy”, Konsul'tant Plyus, URL: https://rpn.gov.ru/upload/iblock/abd/bur4cx-wx76yqdmrslcjd724rloaiyvvh/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7_FZ-_red.-ot-25.12.2023_.pdf (access date 24.08.2022). (In Russian)
- Golubev D.A., Gladun I.V., Egorshin I.N. Primenenie geograficheskoy informacionnoj sistemy i metoda analiza ierarhij dlja ocenki mest stroitel'stva poligonov zahoroneniya kommunal'nyh othodov v Khabarovskom krae [Application of a geographic information system and hierarchy analysis method to assess construction sites for municipal waste disposal sites in the Khabarovsk Territory], *Vestnik evrazijskoj nauki*, 2023, vol. 15, no. 3, URL: <https://esj.today/PDF/81NZVN323.pdf> (access date 22.11.2023). (In Russian)
- Ob othodah proizvodstva i potreblenija [Federal'nyj zakon ot 24.06.1998 No 89-FZ (red. ot 19.12.2022)] [The Federal Law no 89 of June 24, 1998 About production and consumption waste], URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/ (access date 18.12.2022). (In Russian)
- Ob utverzhdenii normativov nakoplenija tverdyh kommunal'nyh othodov v Respublike Tatarstan. Postanovlenie Kabineta Ministrov Respubliki Tatarstan ot 12 dekabrya 2016 goda no. 922 [Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan dated December 12, 2016 On approval of standards for the accumulation of municipal solid waste in the Republic of Tatarstan], URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/tatarstan/1565083/?ysclid=lps8r dtz65776441862> (access date 20.11.2022). (In Russian)
- Ob utverzhdenii Territorial'noj shemy v oblasti obrashhenija s othodami, v tom chisle s tverdymi kommunal'nymi othodami, Respubliki Tatarstan: feder. zakon ot 13 marta 2018 goda No 149 (red. ot 09.07.2022) [Federal. Law no. 149 of March 13, 2018 (as amended on July 9, 2022) On approval of the Territorial Scheme in the field of waste management, including municipal solid waste of the Republic of Tatarstan], URL: <https://greenta.su/uploads/Content/Documents/regionalnoe-zakonodatelstvo/postanovlenie-149-ot-13-marta-2018.pdf> (access date 24.08.2022). (In Russian)
- Strategija po obrashheniju s tverdymi bytovymi othodami v Respublike Uzbekistan na period 2019–2028 godov (Prilozhenie No. 1 k Postanovleniju Prezidenta Respubliki Uzbekistan ot 17.04.2019 g. No. PP-4291) [Strategy for the management of solid household waste in the Republic of Uzbekistan for the period 2019–2028. Appendix no. 1 to the Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan dated April 17, 2019 no. PP-4291], URL: https://buxgalter.uz/ru/doc?id=586951_&prodid=1_vse_zakonodatelstvo_uzbekistana&ysclid=lps82ayyar856262415#f4b6e67c453d1be3b77b4c/ (access date 21.12.2022). (In Russian)

Received 24.06.2024

Revised 10.12.2024

Accepted 12.03.2025