

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.477.6:691

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-3-119-131

*А.А. МУРАТОВА, Ю.Н. КАРТУШИНА,
Волгоградский государственный технический университет*

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ МЕТОДОВ СОРТИРОВКИ

Рассмотрен вопрос усовершенствования технологического процесса извлечения из твердых коммунальных отходов (ТКО) качественных утильных компонентов, используемых для изготовления теплоизоляционных изделий.

Актуальность темы обусловливается назревшей необходимостью нового подхода к переработке отходов с извлечением из них утильных компонентов, а для теплоизоляционных изделий в настоящее время идет поиск новых материалов.

Целью настоящей работы является подбор оптимального метода сортировки ТКО, который будет применимым для морфологического состава отходов, для получения более чистого вторичного сырья. Основными проблемами сортировки отходов являются: высокое содержание органических отходов, загрязняющих утильные компоненты и аппаратуру, низкий коэффициент автоматизации, невысокий коэффициент извлечения утильных компонентов из-за однократного прогона массы отходов.

Основные методы исследования аналитические: выполнен сравнительный анализ технологических и экологических критериев, трудозатрат различных методов сортировки ТКО, предлагаемых за рубежом и в России.

Результатом исследования является предложенный новый метод сортировки ТКО.

Вывод: в изменяющихся условиях жизни необходимо находить новые подходы к использованию отходов для производства материалов, отвечающих современным требованиям. Проблема сортировки и подготовки ТКО к дальнейшей утилизации только начинает решаться. В строительстве продолжается поиск новых материалов для теплоизоляции, отвечающих требованиям экологичности, безопасности, экономической целесообразности использования. Предлагаемый способ сортировки ТКО позволит повысить коэффициент извлечения утильных фракций и увеличить производительность в единицу времени.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы; сортировка отходов; теплоизоляционные изделия; методы сортировки отходов; сепарация; грохочение; утильные компоненты.

Для цитирования: Муратова А.А., Картушина Ю.Н. Получение компонентов для изготовления теплоизоляционных изделий из твердых коммунальных отходов

с применением новых методов сортировки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 3. С. 119–131.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-3-119-131

*A.A. MURATOVA, Yu.N. KARTUSHINA,
Volgograd State Technical University*

MANUFACTURE OF HEAT-INSULATING PRODUCTS FROM SOLID MUNICIPAL WASTE USING NEW WASTE SEGREGATION

The paper considers the improvement of the process conditions for the extraction of high-quality components from solid municipal waste (MSW) for the manufacture of heat-insulating products. A new approach to waste processing with the component extraction is required, and new materials are being sought for heat-insulating products.

The purpose of this work is to select the optimum method of MSW segregation, which will be applicable to the morphological composition of wastes in Russia to obtain cleaner raw materials. The main problems of waste segregation are high content of organic waste polluting the components and equipment, low automation and recovery coefficient of waste components due to a single run of waste.

The main research methods include a comparative analysis of technological and environmental criteria and labor costs of MSW segregation differing in Russia and abroad.

The proposed new method of MSW segregation requires new approaches to the waste use for the production of modern materials. The first problem to be solved is MSW segregation and preparation for further utilization. A search for new, eco-friendly, safe and economically feasible heat-insulating materials is important in the construction field. The proposed method will increase the recovery rate of waste fractions and productivity per unit time.

Keywords: solid municipal waste; waste sorting; heat-insulating products; separation; waste fractions.

For citation: Muratova A.A., Kartushina Yu.N. Poluchenie komponentov dlya izgotovleniya teploizolyatsionnykh izdelii iz tverdykh kommunal'nykh otkhodov s primeneniem novoi sortirovki [Manufacture of heat-insulating products from solid municipal waste using new waste segregation]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 3. Pp. 119–131.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-3-119-131

Введение

В современном мире строительство, характеризующееся значительным потреблением сырьевых и энергетических ресурсов, занимает большую нишу проводимых в благоустройстве работ. Данный фактор приводит к истощению природных компонентов и образованию значительного объема загрязняющих веществ. Актуальность темы обуславливается тем, что в целях экономии вкладываемых средств и количества сырьевых ресурсов возникает необходимость применения новых материалов, и решение можно найти, рассматривая остро стоящий вопрос постоянно накапливающихся отходов. Новые теплоизоляционные материалы изготавливаются на основе компонентов, которые в значительном количестве выбрасываются в составе твердых коммунальных отходов

(ТКО). Согласно данным в год образуется 1,3 млрд т ТКО, или 1,2 кг ТКО в сутки на человека. При этом 15 лет назад эти показатели были на уровне 0,68 млрд т/г., или 0,64 кг/сут ТКО на человека, а по прогнозам к 2025 г. их количество от населения и предприятий увеличится до 2,2 млрд т в год, или из расчета 1,42 кг/сут на человека [1, 2]. Основная часть отходов вывозится на объекты захоронения, в России она составляет до 90 % от всего объема образовавшихся ТКО. Вопросы утилизации изделий из пластмасс и бумаги, потерявших свои потребительские свойства и попадающих в ТКО, на данный момент являются проблемой мирового масштаба [3, 4]. Кроме того, в целях ресурсосбережения и экологической безопасности регионов в почву через фильтрат полигонов и свалок не должны попадать ионы металлов и другие загрязнители. Однако прежде чем фракции ТКО в качестве вторичных материальных ресурсов направить на утилизацию, в том числе в производство теплоизоляционных изделий, встает вопрос их разделения. В России чаще всего практикуется однопоточная схема сбора отходов, и в массе ТКО находится смесь всех фракций, в том числе органических и неутильных. Основными проблемами сортировки отходов являются:

- высокое содержание органических отходов, загрязняющих утильные компоненты и аппаратуру, повышающих влажность массы ТКО и микробиологическое обсеменение, т. к. создаются благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов;
- низкий коэффициент автоматизации сортировки;
- невысокий коэффициент извлечения утильных компонентов из-за однократного прогона массы сортируемых отходов;
- утеря части цветных металлов.

Проблемы сортировки отходов с целью их дальнейшей утилизации пытаются решить крупнейшие мировые державы, например: США, Япония, Германия, Голландия и другие. На рис. 1 показаны методы обращения с ТКО в некоторых странах Европы [5].

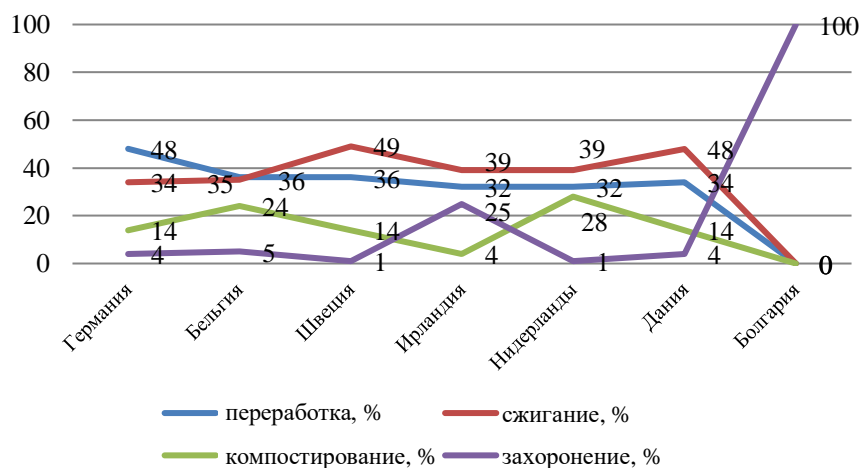


Рис. 1. Методы обращения с ТКО в некоторых странах Европы [5]

Выбор метода обращения с ТКО напрямую влияет на состояние окружающей среды каждой из этих стран [3, 6, 7].

Россия также включается в процесс разработки новых схем сортировки отходов, однако для их внедрения на территории нашей страны требуются новые подходы, а не заимствование имеющихся в мире. Это обусловлено различным морфологическим составом ТКО в России и в других странах. Диаграмма на рис. 2 наглядно показывает, что соотношение компонентов ТКО в странах разного благосостояния неодинаково [8].

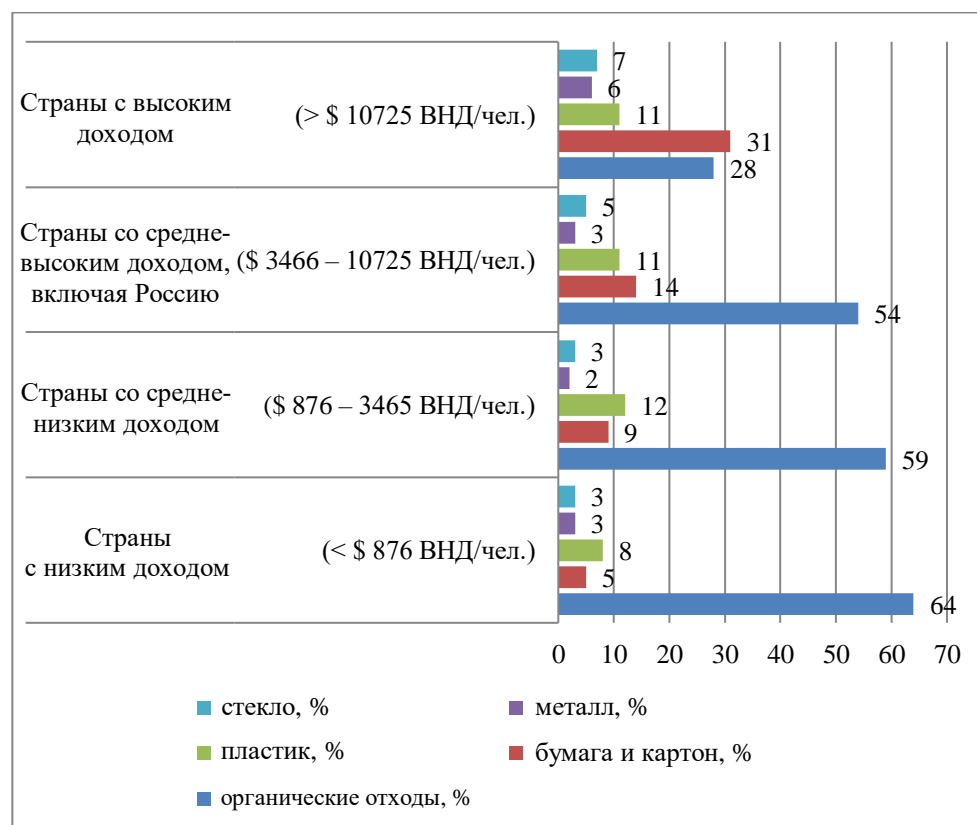


Рис. 2. Соотношение количества основных компонентов ТКО в зависимости от внутренней нормы доходности (ВНД) на душу населения [8]

В России и странах с более низким экономическим развитием характерно преобладание органических отходов, а для стран с высоким доходом характерно другое соотношение компонентов ТКО, процент содержания органики в них гораздо меньше. Различные исследователи изучают вопросы обращения с ТКО, актуальные для регионов России [9].

Во многих странах применяется другая система сбора отходов – двухпоточная, которая включает в себя локальную переработку органических отходов в домах, поэтому загрязнение потока ТКО органическими отходами минимальное. Например, в США широко применяются измельчители органических

отходов, оборудованные на кухнях, – диспозеры. Измельченные отходы попадают в бытовые стоки и удаляются. Данные устройства безопасны, т. к. их изготавливают с соблюдением норм защиты, учитывая особенности использования. В Германии наряду с измельчением применяют сита, улавливающие отходы. Такими системами оборудованы целые жилые кварталы, которые становятся частично автономными. Они имеют свои биогазовые установки, перерабатывающие отходы в биогаз, сжигая который получают электроэнергию на собственные нужды, в частности на нагрев воды [5].

Целью настоящей работы является подбор оптимального метода сортировки ТКО для получения более чистых утильных компонентов, в том числе для изготовления теплоизоляционных изделий, который будет применимым для морфологического состава российских ТКО. Для достижения этой цели необходимо поставить ряд задач:

- проанализировать существующие схемы сортировки отходов;
- выбрать прототип, подходящий для реализации изменений;
- обосновать изменения в схеме сортировки отходов для улучшения разделения компонентов и производительности по отходам в единицу времени.

Аналитический обзор способов сортировки ТКО

Рассмотрен опыт специалистов из стран ближнего зарубежья, где благосостояние населения и уклад жизни во многом схожи с российскими, поэтому схожим является и соотношение компонентов ТКО.

Казахские разработчики, двигаясь по пути сокращения количества захораниваемых отходов, предлагают разделять отходы для выделения фракций, в переработке которых предприятия страны заинтересованы. На начальной стадии сортировки применяется ручной отбор, после которого масса оставшихся отходов взрыхляется ворошителем, который также выполняет функцию разрывателя упаковки (пакетов, коробок и прочего). Далее из потока извлекаются железосодержащие включения посредством транспортирования отходов в наклонном шнеке, оборудованном магнитом. Прошедшие эти этапы отходы направляются на измельчение и попадают в зону действия воздушного сепаратора. Целью воздушного сепарирования является классификация оставшихся ТКО на легковесные фракции (пластиковые изделия, бумага, картон и пр.) и тяжеловесные фракции (бой стекла и пр.), которые направляются на полигон [10].

Недостатками сортировки ТКО по предложенному казахскими специалистами методу являются:

- высокий коэффициент использования ручного труда рабочих;
- потеря тяжелых фракций (стекла и прочего), которые можно перерабатывать;
- недостаточно хорошее разделение фракций, особенно легких;
- сложность обслуживания технологической линии, обусловленная конструкцией линии сортировки ТКО;
- необходимость дополнительного разделения, т. к. этого требует дальнейшее вовлечение компонентов в утилизацию, и отсутствие чистых фракций, кроме железосодержащей.

Рассмотрим решение проблем сортировки ТКО, предлагаемое другими казахскими разработчиками. Предложено организовать отдельный сбор органических отходов в специальных пунктах приема, туда же сдаются другие компоненты ТКО, но уже совместно, т. е. осуществляется двухпоточная система сбора отходов. Ввиду того что органические отходы повышают микробиологическое обсеменение потока ТКО, создают антисанитарные условия и портят качество утильных компонентов, их из массы отходов необходимо удалять на первых этапах сортировки.

Далее предлагается использовать глубокую ручную сортировку, подразумевающую детальный разбор поступающих отходов по утильным фракциям. Из аппаратного оформления можно выделить установку измельчения крупногабаритных отходов, а также прессы, которые будут завершать подготовку утильных фракций перед отправкой их на перерабатывающие предприятия. Кроме того, предлагается ввиду глубокого ручного отбора извлекать также опасные компоненты, попадающие в общий поток ТКО, которые необходимо передавать специальным организациям (ртутные лампы, термометры и пр.) [11].

Таким образом, решается ряд проблем утилизации, компоненты, получаемые на выходе сортировки, являются чистыми и хорошо разделенными по фракциям. Однако есть ряд существенных недостатков:

- необходимость большого числа рабочих;
- полное отсутствие автоматизации сортировки;
- трудоемкость реализации предлагаемого глубокого ручного отбора.

Для сравнения и возможности сделать выводы рассмотрим некоторые предложения логистики сортировки от российских авторов. Один из предлагаемых способов сортировки отходов включает в себя две линии цепных питающих и сортировочных конвейеров, посты ручной сортировки отходов и измельчитель для подготовки отходов к последующим стадиям переработки. Далее происходит прессование отобранных компонентов ТКО для дальнейшей утилизации. Одной из особенностей данного метода является применение герметизации остаточных органических отходов в капсулы, которые затем используются в пиролизной установке. Также при сортировке используются устройства озонирования воздуха в целях обезвреживания потока ТКО [12]. Затем специализированным датчиком определяется содержание органики в полученных после герметизации капсулах. Если её содержание значительно, то капсулы отправляют на пиролизную установку, это повышает эффективность работы по выработке электроэнергии и качественного жидкого топлива [Там же].

Исходя из вышеописанного следует, что авторы данного способа сортировки ТКО решают проблему извлечения и утилизации органических включений коммунальных отходов.

К недостаткам рассматриваемого метода сортировки ТКО можно отнести:

- не вполне эффективная ручная сортировка, а также отсутствие автоматизации на этапах извлечения утильных фракций (например, стекла, пластика, металлов и пр.);
- низкая экономическая эффективность и малое внедрение некоторых предложенных решений.

Другим интересным для исследования методом является нижеследующий. Метод включает в себя сортировку ТКО на круговом транспортном конвейере, причем отходы проходят по нему несколько раз. Рабочие отбирают каждый свою заданную фракцию из ТКО, после чего сбрасывают отходы через отверстия в рабочей площадке в передвижные бункеры. После завершения отбора заданных компонентов из потока отходов с каждого рабочего места подают специальный сигнал. После получения сигналов опускают сбрасывающее устройство. Остатки ТКО попадают с транспортного кругового конвейера на ленточный выводящий конвейер. Через определенный расчетный промежуток времени сбрасывающее устройство поднимают и цикл повторяют.

Таким образом решаются проблемы сокращения времени простоя оборудования, повышается эффективность сортировки ТКО, однако она происходит автоматизированно, но без использования автоматических методов сортировки ТКО, которые являются более безопасными и снижают трудозатраты [13]. В основном сортировка ТКО в России в настоящее время становится частично автоматизированной. Некоторые вспомогательные операции (например, грохочение по фракциям крупности, измельчение, подвод и отвод массы отходов) выполняются машинами и аппаратами, но распознавание визуально и отбор утильных фракций вручную выполняют рабочие. Только ручная сортировка, без использования техники, отходит на второй план. Скорость ручного отбора утильных фракций относительно низкая. Даже применение нескольких циклов отбора, что встречается не слишком часто в реальных условиях, не дает значительного повышения эффективности извлечения компонентов, т. к. в реалиях нашей страны и стран ближнего зарубежья происходит значительное загрязнение отходов органикой, что существенно усложняет разделение компонентов. Также к недостаткам автоматизированного и ручного методов сортировки ТКО относятся более высокие требования к технике безопасности и охране труда [14].

Автоматическая сортировка представляет собой новый путь обращения с отходами, в том числе с ТКО, здесь сепарация фракций происходит с помощью различных аппаратов и машин, разделяющих поток отходов по различиям в тех или иных свойствах материалов [Там же].

В результате применения рассмотренного метода после завершения отбора остаются только органические и балластные отходы при почти полном отсутствии посторонних включений утильных материалов, что позволяет использовать их для дальнейшей утилизации с получением, например, компоста. Решается проблема редукции площадей полигонов захоронения ТКО, что значительно уменьшает вредное влияние на окружающую среду [13].

Новизна метода состоит также в том, что корпус установки для сортировки отходов выполнен в виде многогранника, в центре корпуса находится механический привод, который соединен с круговым транспортером. В конструкции рабочей зоны предусмотрены зонды принудительной вытяжной вентиляции, которые обеспечивают циркуляцию воздуха в верхней части корпуса сортировки отходов. Это сделано в целях обеспечения рабочим нормативных трудовых условий, регламентированных законодательством [13].

Недостатками метода является высокая стоимость реализации проекта, ввиду необходимости внедрения принципиально новой конструкции сортиро-

вочной зоны, а кроме того, нет применения современных сепарационных технологий, и производительность сортировки отходов в единицу времени весьма низкая из-за закливания одного и того же объема поступивших отходов.

Важно отметить, что из-за значительных (до нескольких миллионов тонн различного потенциально вторичного сырья) потерь утильных компонентов, содержащихся в ТКО и захораниваемых на полигонах, сейчас всерьез рассматривается вопрос так называемой расконсервации заполненных полигонов захоронения и отбора из этих ТКО утильных фракций. Крупнейшими свалками и полигонами ТКО в России, по данным ЧОО «Южно-Уральское Общественное Волонтерское Эко-Движение «Время Че», являются:

- Игумновский полигон площадью 111,5 га (год основания 1983), Нижний Новгород;
- Тимоховский полигон площадью 108,3 га (год основания 1984), Московская область;
- городская свалка г. Челябинска 80–100 га (год основания 1949);
- Красный Бор площадью 73 га (год основания 1969), Ленинградская область;
- Дмитровский полигон площадью 64 га (год основания 1983), Московская область.

Следовательно, на данных огромных площадях действительно захоронены миллионы тонн отходов.

Ввиду вышеизложенного можно резюмировать, что формирование новой логистики сортировки, наиболее удачно реализуемой в современных условиях обращения с отходами в России, является важным этапом в комплексе мер, направленных на минимизацию захоронения ТКО, а также в целях ресурсосбережения [14].

Результаты исследования

Для решения поставленных проблем сортировки ТКО за основу можно взять один из имеющихся способов сепарации отходов, такой, который имеет поле для внедрения новых технологических решений без затратных капиталовложений по предварительной редукции имеющейся логистики.

В способе сортировки ТКО, который был выбран авторами статьи за базовый, предлагается использовать современные контейнеры, отвечающие всем требованиям безопасности и обращения с отходами, крытые контейнерные площадки в целях защиты от влаги осадков; площадки временного накопления ТКО на сортировочной станции; ленточный конвейер с прерывистым движением для разгрузки контейнеров с нераздельно собранными ТКО; горизонтальный ленточный конвейер для сортировки отходов вручную по утильным фракциям, а также устройство для извлечения железосодержащих металлов [15].

К недостаткам этого способа в первую очередь можно отнести утерю части цветных металлов из-за ручной сортировки, а это важная экономически и в целях ресурсосбережения фракция, а также извлечение основных видов утильных компонентов вручную рабочими. Кроме того, необходимо решить проблему измельчения подготавливаемого к реализации утильного сырья в целях повышения его себестоимости и снижения затрат на обращение с ним в целом.

Для устранения указанных недостатков предлагается включить в процесс сортировки несколько этапов. ТКО после однопоточного сбора поступают на сортировочную станцию, их транспортировка осуществляется на специализированном автотранспорте, где исключено протекание фильтрата из ТКО по дороге к станции. Фильтрат является опасным для окружающей среды концентратом [16].

Вначале производится отбор крупногабаритных отходов, также для относительной гомогенизации ТКО имеется валок, захват отходов производится скребковым конвейером. Цех имеет два яруса, на втором происходит ручная автоматизированная конвейером сортировка по привычной схеме с уводом потоков на первый этаж в накопительные емкости, однако отбор производится не утильных фракций, а органической загрязняющей, требующей как можно более скорого удаления, и прочих неутильных фракций. Объем отходов, направляемых на дальнейшую сортировку в автоматическом режиме, значительно сокращается.

ТКО поступают на специализированный грохот в целях отбора легчайшей фракции (картон, бумага); она поступит по ленточному конвейеру на пресс. Спрессованные брикеты являются товарным продуктом, готовым к реализации заинтересованным в их переработке организациям. Фракция бумаги и картона востребована в производстве теплоизоляционных материалов, например таких как эковата. Эти материалы экологически безопасны и решают проблему утилизации целлюлозного вторсырья.

Затем поток поступает на дробилку, после чего следует этап электромагнитной сепарации. В магнитном вихретоковом сепараторе происходит разделение поступающего потока ТКО на три: немагнитная фракция, железосодержащие металлы и цветные металлы. Далее отобранные металлы подаются на пресс, брикеты являются товарным продуктом.

По классам крупности отходы после магнитной сепарации делятся на грохоте барабанного типа. Воздушный сепаратор будет работать в нескольких режимах для классов грохочения. Стекло и пластики являются товарными продуктами. Пластиковые отходы также применяются при изготовлении строительных материалов. В ряд органических теплоизоляционных материалов добавляются отходы различных пластмасс. Данные материалы в обширном ассортименте в настоящее время занимают большую нишу на рынке теплоизоляции. Они применяются в качестве среднего слоя многослойных конструкций – в штукатурных фасадах, при облицовке стен, в панелях и т. п. [17].

Затем фракции, поставляемые для изготовления теплоизоляционных изделий (например, бумага, картон, различные пластмассы), контролируются на выходе, после чего отправляются по классам крупности на переработку.

Предлагаемый способ сортировки ТКО позволит повысить коэффициент извлечения утильных фракций ввиду автоматизации их изъятия из общего потока, а также увеличить производительность в единицу времени.

Новизной предлагаемой схемы сортировки ТКО является: отбор вручную органических отходов, значительное уменьшение количества измельчаемых ТКО, работа аэросепаратора в различных режимах, определенных для каждого класса крупности смеси.

В таблице приведен сравнительный анализ показателей сортировки ТКО по существующим и предлагаемой схемам (из расчета на 1 т отходов).

Показатели сортировки по предлагаемой усовершенствованной схеме и другим ранее внедренным схемам

Показатели сортировки	Сортировка ТКО по предлагаемой схеме	Сортировка ТКО по существующим схемам
Степень извлечения утильных компонентов, %	От 50 до 75	От 10 до 45
Количество отходов на захоронение, т/т	При компостировании органических отходов – не более 0,2 При захоронении органических компонентов – около 0,6	Только захоронение отходов – 0,75
Электроемкая техника	Валок Конвейеры (не менее 10) Грохот (2 шт.) Измельчитель Магнитный сепаратор Компрессор воздуха Прессы (не менее 3) Освещение Вентиляция	Валок Конвейеры (не менее 2) Освещение Вентиляция
Количество рабочих мест, чел./смена	17 (из них 15 рабочих) при числе смен: 2	25 (из них 23 рабочих) при числе смен: 2

Заключение

Вопрос обращения с твердыми коммунальными отходами в Российской Федерации имеет перспективу развития ввиду большой социальной, экономической и экологической значимости. Важно отметить, что отходы оказывают негативное воздействие на состояние окружающей среды и ее обитателей [3, 18]. В изменяющихся условиях жизни необходимо находить новые подходы к использованию отходов для производства материалов, отвечающих современным требованиям. Проблема сортировки и подготовки ТКО к дальнейшей утилизации только начинает решаться. В строительстве продолжается поиск новых материалов для теплоизоляции, отвечающих требованиям экологичности, безопасности, экономической целесообразности использования. В статье предлагается новая логистика сортировки ТКО в целях выделения утильных компонентов, в том числе для изготовления теплоизоляционных изделий. Предлагаемый способ сортировки ТКО позволит повысить коэффициент извлечения утильных фракций, их качество и увеличить производительность в единицу времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Daniel Hoornweg, Perinaz Bhada-Tata.* What a waste. A Global Review of Solid Waste Management // Urban Development & Local Government Unit. World Bank. Washington, USA. March 2012. № 15. 116 p.
2. *Джамалова Г.А.* Антропогенная эпоха твердых коммунальных отходов // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2013. № 19 (45). С. 93–97.
3. *Коростелева М.В., Коростелева Н.В.* Обращение с твердыми коммунальными отходами как фактор обеспечения экологической безопасности: анализ зарубежного и российского опыта // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 3 (76). С. 124–133.
4. *Geoffrey Hamer.* Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety // Biotechnology Advances. December 2003. V. 22. Iss. 1–2. P. 71–79.
5. *Сопилко Н.Ю.* Переработка отходов – анализ мировых тенденций // Твердые бытовые отходы. 2011. № 11 (65). С. 42–44.
6. *Magdalena D.V., Jakub Elbl et al.* Environmental risk assessment and consequences of municipal solid waste disposal // Chemosphere. October 2018. V. 208. P. 569–578.
7. *Ying-Chu Chen.* Effects of urbanization on municipal solid waste composition // Waste Management. September 2018. V. 79. P. 828–836.
8. *Соломин И.А., Афанасьева В.И.* Состав и свойства твердых коммунальных отходов, учитываемые при выборе технических методов обращения с отходами // Природообустройство. 2017. № 3. С. 82–90.
9. *Уланова О.В., Шевела М.А.* Ситуационный анализ перехода на новую систему в области обращения с отходами в Иркутской области // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 2. С. 5–20.
10. *Пат. 31585* Республика Казахстан, МПК В03В9/06. Технологическая линия предварительной сортировки твердых бытовых отходов / М.К. Сайлаубаев, Ж.К. Саменова, К.К. Каскирбаев, Ж.А. Арыстангулова ; заявитель и патентообладатель Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова. № 2015/0421.1 ; заявл. 26.03.2015 ; опубл. 30.09.2016, Бюл. № 12.
11. *Пат. 26418* Республика Казахстан, МПК В03В9/06. Способ сортировки бытовых отходов / М.Х. Елеусизов ; заявитель и патентообладатель ЧУ «Экологический союз Ассоциаций и предприятий Казахстана «Табигат». № 2012/0668.1 ; заявл. 08.06.2012 ; опубл. 14.12.2012 ; Бюл. № 12.
12. *Пат. 2408443* Российская Федерация, МПК В09В3/00. Комплекс сортировки и утилизации твердых бытовых отходов / Н.П. Векслер, М.А. Федяшин, С.А. Кучеренков, Г.М. Золотарев, О.М. Кодолов ; заявитель и патентообладатель ООО «Энергетика и технология». № 2009101672/21 ; заявл. 21.01.09 ; опубл. 10.01.11, Бюл. № 1.
13. *Пат. 2389565* Российская Федерация, МПК В09В3/00. Способ сортировки твердых бытовых отходов и установка для его осуществления / С.П. Черепанов, М.С. Черепанов, Е.Г. Ситников, С.М. Гречухин ; заявитель и патентообладатель С.П. Черепанов. № 2009105813/03 ; заявл. 27.02.09 ; опубл. 20.05.10, Бюл. № 14.
14. *Ламзина И.В., Желтобрюхов В.Ф., Шайхиев И.Г.* Анализ методов сортировки твердых бытовых отходов // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 244–247.
15. *Пат. 2282507* Российская Федерация, МПК В09В3/00. Способ сортировки твердых отходов и комплекс для его осуществления / Ф.Б. Ананьев, Д.Н. Аскаров, Е.Н. Семиохина, М.Л. Кузнецов ; заявители и патентообладатели Ф.Б. Ананьев, Д.Н. Аскаров, Е.Н. Семиохина, М.Л. Кузнецов. № 2005104709/03 ; заявл. 21.02.05 ; опубл. 27.08.06.
16. *Джамалова Г.А.* Антропогенный пресс ТКО на водный режим полигона // Известия российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2014. № 165. С. 112–120.

17. Щербак А.С. Исследование свойств современных теплоизоляционных материалов // Наука и прогресс транспорта ; Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2013. Вып. 2 (44). С. 136–143.
18. Alec Liu, Fei Ren et al. A review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues // International Journal of Sustainable Built Environment. 2015. V. 4. Iss. 2. P. 165–188.

REFERENCES

1. Daniel Hoornweg, Perinaz Bhada-Tata. What a waste. A global review of solid waste management. In: Urban Development & Local Government Unit. World Bank. Washington, USA. 2012. No. 15. 116 p.
2. Dzhmalova G.A. Antropogennaya epokha tverdykh kommunal'nykh otkhodov [Anthropogenic age of municipal solid waste]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta*. 2013. No. 19 (45). Pp. 93–97. (rus)
3. Korosteleva M.V., Korosteleva N.V. Obrashchenie s tverdymi kommunal'nymi otkhodami kak faktor obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti: analiz zarubezhnogo i rossiiskogo opyta [Treatment of solid municipal waste as a factor of environmental safety: analysis of foreign and Russian experiences]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2019. No. 3 (76). Pp. 124–133. (rus)
4. Geoffrey Hamer. Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety. *Biotechnology Advances*. 2003. V. 22. No. 1–2. Pp. 71–79.
5. Sopilko N.Yu. Pererabotka otkhodov analiz mirovykh tendentsii [Recycling as a global trend analysis]. *Tverdye bytovye otkhody*. 2011. No. 11 (65). Pp. 42–44. (rus)
6. Magdalena D.V., Elbl J., et al. Environmental risk assessment and consequences of municipal solid waste disposal. *Chemosphere*. 2018. V. 208. Pp. 569–578.
7. Ying-Chu Chen. Effects of urbanization on municipal solid waste composition. *Waste Management*. 2018. V. 79. Pp. 828–836.
8. Solomin I.A., Afanas'eva V.I. Sostav i svoistva tverdykh kommunal'nykh otkhodov, uchityvaemye pri vybore tekhnicheskikh metodov obrashcheniya s otkhodami [Composition and properties of municipal solid waste for selecting water treatment methods]. *Prirodoobustvoistvo*. 2017. No. 3. Pp. 82–90. (rus)
9. Ulanova O.V., Shevela M.A. Situatsionnyi analiz perekhoda na novuyu sistemu v oblasti obrashcheniya s otkhodami v Irkutskoi oblasti [Situational analysis of transition to a new waste management system in the Irkutsk region]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*. 2018. No. 2. Pp. 5–20. (rus)
10. Sailaubayev M.K., Samenova Zh.K., Kaskirbaev K.K., Arystangulova Zh.A. Tekhnologicheskaya liniya predvaritel'noi sortirovki tverdykh bytovykh otkhodov [Municipal solid waste presorting production line]. KZ Patent N 31585. 2016. 3 p. (rus)
11. Eleusizov M.Kh. Sposob sortirovki bytovykh otkhodov [Household waste sorting method]. KZ Patent N 26418. 2012. 3 p. (rus)
12. Veksler N.P., Fedyashin M.A., Kucherenkov S.A., Zolotarev G.M., Kodolov O.M. Kompleks sortirovki i utilizatsii tverdykh bytovykh otkhodov [Municipal solid waste management complex]. RF Patent N 2408443. 2011. 8 p. (rus)
13. Cherepanov S.P., Cherepanov M.S., Sitnikov E.G., Grechukhin S.M. Sposob sortirovki tverdykh bytovykh otkhodov i ustanovka dlya ego osushchestvleniya [Waste segregation method and equipment]. RF Patent N 2389565. 2010. 9 p. (rus)
14. Lamzina I.V., Zheltobryukhov V.F., Shaikhiev I.G. Analiz metodov sortirovki tverdykh bytovykh otkhodov [Analysis of solid waste segregation methods]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015. V. 18. No. 5. Pp. 244–247. (rus)
15. Anan'ev F.B., Askarov D.N., Semiokhina E.N., Kuznetsov M.L. Sposob sortirovki tverdykh otkhodov i kompleks dlya ego osushchestvleniya [Solid waste classification and equipment]. RF Patent N 2282507. 2006. 8 p. (rus)
16. Dzhmalova G.A. Antropogennyi press TKO na vodnyi rezhim poligona [Anthropogenic MSW press on water regime of landfill]. *Izvestiya rossiiskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena*. 2014. No. 165. Pp. 112–120. (rus)

17. Shcherbak A.S. Issledovanie svoistv sovremennykh teploizolyatsionnykh materialov [Properties of modern heat-insulation materials]. Nauka i progress transporta. *Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta*. 2013. No. 2 (44). Pp. 136–143. (rus)
18. Alec Liu, Fei Ren, et al. A review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2015. V. 4. No. 2. Pp. 165–188.

Сведения об авторах

Муратова Анна Александровна, магистрант, Волгоградский государственный технический университет, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28, anna190297@hotmail.com

Картушина Юлия Николаевна, канд. геол.-мин. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28, kartysina@rambler.ru

Authors Details

Anna A. Muratova, Undergraduate Student, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., 400005, Volgograd, Russia, anna190297@hotmail.com

Yuliya N. Kartushina, PhD, A/Professor, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., 400005, Volgograd, Russia, kartysina@rambler.ru