



**ЭКОЛОГИЧЕСКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
СИСТЕМЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА И ОБРАБОТКИ РЕСУРСНЫХ
КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**
ENVIRONMENTALLY AND FIRE-SAFE TECHNOLOGIES AND SYSTEMS
FOR THE SEPARATE COLLECTION AND PROCESSING OF RESOURCE
COMPONENTS OF POLYMER-CONTAINING WASTE

Цховребов Эдуард Станиславович, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (ВНИИ ГОЧС (ФЦ)), Москва, Россия

Tshovrebov Eduard S., PhD (Economic Sc.), Assistant Professor, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Senior Researcher; Moscow, Russia; rebrovstanislav@rambler.ru

Аннотация

В представленной читателям статье рассматриваются проблемы предупреждения экологической опасности и чрезвычайных ситуаций, вызванных негативным воздействием токсичных полимерсодержащих отходов. Целью настоящей работы является системный анализ и разработка подходов и предложений по формированию системы экологически и пожаробезопасных технологии и мероприятий по разделному сбору и обработке ресурсных компонентов полимерсодержащих отходов для последующего повторного

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

применения в качестве вторичных энергетических и материальных ресурсов. Акцентируется внимание на процессах обоснования мер повышения эффективности и экологической безопасности энергетической утилизации горючих отходов, необходимости применения методов высокотемпературного сжигания для предупреждения проявления опасных для природных ресурсов и жизнедеятельности свойств полимерсодержащих отходов в процессе обращения, включая термическое обезвреживание на специализированных объектах.

Abstract

The article presented to readers examines the problems of preventing environmental hazards and emergencies caused by the negative effects of toxic polymer-containing waste. The purpose of this work is a systematic analysis and development of approaches and proposals for the formation of a system of environmentally and fire-safe technologies and measures for the separate collection and processing of resource components of polymer-containing waste for subsequent reuse as secondary energy and material resources. Attention is focused on the processes of substantiating measures to improve the efficiency and environmental safety of energy utilization of combustible waste, the need to use high-temperature combustion methods to prevent the manifestation of properties of polymer-containing waste hazardous to natural resources and vital activity in the process of treatment, including thermal neutralization at specialized facilities.

Ключевые слова: *экологическая безопасность, энергетическая утилизация, отходы, пожароопасность, вторичные энергетические ресурсы.*

Keywords: *environmental safety, energy utilization, waste, fire hazard, secondary energy resources.*

Введение

Актуальные проблемы предотвращения загрязнения территорий отходами производства и потребления определяют поиск новых методов, организационно-технических систем, технологий, обеспечивающих

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

предупреждение, снижению, минимизацию негативного воздействия этих техногенных объектов на окружающую среду и здоровье населения.

По результатам проведенного анализа одним из проблемных факторов определено отсутствие единого подхода к квалификации и оценке образующихся ресурсных составляющих отходов. Это касается как их ресурсной ценности при решении вопросов вовлечения в хозяйственный оборот, так и анализа комплексной опасности. В комплексе составляющих такой опасности следует рассматривать: экологическую, санитарно-токсикологическую, пожарную виды опасности для окружающей среды, населения и объектов экономики.

Проведенное исследование показало, что пригодные, исходя из экологической допустимости и экономической целесообразности, только для высокотемпературной энергетической утилизации древесно-, минерально-, бумажно-полимерные отходы (остатки утеплителя, ДСП, ДВП, фанеры, обоев, древесины и бумаги с токсичной пропиткой и покрытиями, рулонных кровельных материалов, монтажной пены, канцтоваров, предметов обихода, игрушек из поролона, пенополистирола, линолеума, полиамида, резинотехнических изделий, обрезки стеклоткани, проводов и ряд других смешанного содержания) фиксируются в различных системах учета как в составе древесных, полимерных или бумажно-картонных отходов, подлежащих переработке во вторичное сырьё, так и не утилизируемого смешанного строительного, бытового мусора, смёта. Идентификация, квалификация, типологизация и классификация этих техногенных объектов в формате комплексной опасности до сих пор не разработана. Это не позволяет отнести их к отдельно выделенной группе источников комплексной (экологической, санитарно-токсикологической и пожарной опасности) и, соответственно, полноценно и обоснованно разрабатывать мероприятия и технологии, организационно-технические и управленческие решения по её предупреждению, включая предотвращения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, их неблагоприятных последствий.

Материалы и методы исследования

Материалами для проведения данного исследования явились опубликованные результаты научных работ ученых и специалистов в области оценке угроз и рисков, вызванных негативным воздействием опасных отходов на природную среду [1-3], ресурсосберегающих систем [4,5], технологий и методов сбора, утилизации, обезвреживания отходов [6-10].

Методы проводимого исследования опираются на применении системного анализа взаимосвязей различных явлений, факторов, событий, условий, причинно-следственных связей в области изучения предмета, объекта и контекста научного исследования.

Результаты исследований

По результатам проведенного сопоставительного анализа и обобщения Международных норм воздействия диоксинов (Директива 2010/75/ЕС), отечественных информационных ресурсов (ИТС 9-2015 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)»), приведенных в отечественных и зарубежных источниках методов, технологий термического обезвреживания смешанных отходов, выделены факторы, влияющие на экологическую опасность для населения и окружающей среды. Эти факторы могут послужить количественными и качественными критериями возможности и допустимости экологически безопасного применения методов энергетической утилизации (термической обработки) отходов строительства, коммунального хозяйства и им подобных по составу, в контексте использования энергетической ценности вторичных ресурсов таких отходов для получения тепловой энергии:

- основным лимитирующим фактором экологической опасности процессов термического сжигания является наличие в выбросах диоксинов и диоксиноподобных токсикантов (дибензофуранов и пр.);
- источником образования подобных соединений являются процессы термического разложения полимерных, древесно-полимерных, минерально-полимерных соединений, содержащихся в обезвреживаемых отходах;

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- полное разложение диоксинов, а также цианидов, фенола, формальдегида на малоопасные ингредиенты достигается внедрением технологических процессов высокотемпературной утилизации с установками, обеспечивающими минимальную температуру сжигания 1300°C за определенный технологическими регламентами промежутков времени и при наличии многоступенчатых систем пыле-, газоочистки;
- термическая обработка незагрязненных бумажно-картонных, древесных, текстильных из натуральных тканей отходов в целях уменьшения их количества и получения энергии может обеспечиваться применением котлоагрегатов среднетемпературного сжигания с $T=600-900^{\circ}\text{C}$, использующих твердое топливо с очисткой отходящих газов от твердых загрязняющих примесей (зола, сажа).

В работе анализируется использование опасного свойства значительной группы твердых коммунальных, строительных и подобных им отходов: **пожароопасности** при его преобразовании в полезную характеристику вторичных энергетических ресурсов - **горючесть** и **теплотворную способность** для выработки тепловой энергии, используемой для нужд городского хозяйства и предприятий муниципального образования.

Для этого разработана принципиально новая классификация отходов по наличию ресурсной составляющих различного морфологического состава образующихся отходов в процессах жизнеобеспечения и жизнедеятельности муниципальных образований, функционирования хозяйствующих субъектов, а также примерным направлениям их утилизации (зеленым - в виде вторичных материальных ресурсов (ВМР), красным (высокотемпературное сжигание) и розовым цветом (среднетемпературное сжигание) – в виде вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) (рисунок 1).

КАТЕГОРИИ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ							
Минеральные "М"	Бумажно-картонные "Б"	Текстильные натуральные "Т"	Древесные "Д"	Синтетические полимеры на органической основе "ОСП"	Полимерные "П"	Металлические "МЕТ"	Смешанные загрязненные "С"
Отходы строительства, реконструкции, ремонта, ликвидации (сноса), содержания объектов недвижимости							
Бетона, железобетона (минеральная составляющая)	Упаковочной бумаги незагрязненные	Веревочно-канатных изделий из натуральных волокон незагрязненных	Древесные кусковые, обрезь натуральной чистой древесины	Линолеума ПВХ на тканевой основе, ковровина	Резиносодержащие, линолеума на резиновой основе (релина)	Черных металлов (кусковые, опилки, стружка)	Мусор мелкий строительный несортированный
Лом, бой кирпича, кирпичной кладки	Упаковочного картона незагрязненные	Спецодежда из натуральных волокон использованная незагрязненная	Пыль древесная от шлифовки, стружка, опилки натуральной чистой древесины	ДСП, ДВП, МДФ, ОСП, клеёной древесины, фанеры, ламината	Полиэтилена, полипропилена, полистирола, ПВХ, поликарбоната	Цветных металлов (кусковые, опилки, стружка)	Кровельных и изоляционных остатков и обрезков материалов в смеси
Асфальта, асфальтобетона	Упаковочного гофрокартона незагрязненные	Использованная спецодежда из натуральных волокон, пригодная для изготовления ветоши	Древесные при демонтаже временных дорожных покрытий	Плёнко-синтетического картона	Твердые и жидкие остатки клеев, растворителей, ЛКМ на полимерной основе	Фольги из алюминия	Смет с территории предприятия
Затвердевшего раствора, цемента	Обойной, пачечной, др. видов бумаги	Изделий из натуральных волокон, пригодных для изготовления ветоши	Опалубки деревянной Тары деревянной	Рубероида, пергамина, толи	Пенопласта. Жесткого пенополиуретана. Полиуретановой пленки, пены	Лом алюминиевых банок из-под напитков	Мусор и смет производственных помещений
Песка, гравия, щебня незагрязненных	Использованные учетные книги, каталоги, прочая печатная продукция	Обрезки, обрывки льняных, х/б, шерстяных и прочих смешанных натуральных тканей	Древесные от сноса и разборки зданий	Бумажно-древесно-слоистого пластика	ОЭЭО (полимерная часть) ПЭТФ АБС-пластика	ОЭЭО (металлическая составляющая)	Синтетическая спецодежда, защитные средства, ветошь загрязненные
Керамики	Использованные мешки бумажные без пропитки и покрытий	Использованные матрасы, одеяла, подушки из натуральных волокон	Корчевания пней, щепы, коры	Асбокартона, асбестовой бумаги	Стекловолокна, стеклопластика, стеклоизола, оргстекла	Стальной сварочной проволоки и электродов	Тара, упаковка, инструменты отработанные загрязненные
Известе-, мелосодержащие	Бумаги и картона от делопроизводства	Обрезь валяльно-войлочной продукции	Сучьев, ветвей, зелень древесная	Клеевой ленты, бумажных мешков, обоев с пропиткой и покрытиями	Битумно-полимерных материалов и изделий	Железобетона (арматура стальная)	Мусор от офисных и бытовых помещений организаций
Строительного грунта незагрязненного							
Асбесто-содержащие							
Гипсо-содержащие							
Стекланный бой							

Рисунок 1 – Классификация отходов по наличию ресурсной составляющей

В ходе сравнительного анализа рынка вторичного сырья, а также используемых технологий утилизации выявлены виды отходов строительства, ремонта, сноса, потребления (подобных коммунальным), не представляющие ресурсной ценности в качестве вторичных материальных ресурсов в силу экономической нецелесообразности переработки в ВМР:

- кровельных материалов (рубероида, толя, пергамина, изола, стеклоизола);
- тепло- и гидроизоляционных изделий (минеральной, стекло-, шлаковаты, стеклопластика, асбестовой бумаги, ткани, жесткого пенопласта, пропитанных битумом и битумной мастикой изделий, битумно-полимерной изоляции, стеклоткани и стекловолокна);

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- отделочных материалов (обоев как с покрытиями, так и без таковых, линолеума, ковровина, древесно-полимерных, древесно-стружечных, древесноволокнистых изделий, ламината, фанеры, бумажно-слоистого пластика, пленки ПВХ, гипсо- и плёнкосинтетического картона, пенополиуретана, пенопласта, разнородных пластмасс, затвердевших клеевых, лакокрасочных (твердые и жидкие остатки, инструменты, упаковка, тара, ветошь, загрязненные ЛКМ защитные средства));
- смешанного строительного с примесью офисного и бытового мусора (мелкие обрезки, остатки, пыль, сор, потерявшие потребительские свойства мелкий инструмент, тару, фурнитуру, упаковку, канцтовары, ветошь, спецодежду, обувь, перчатки, рукавицы, одноразовую посуду, средства гигиены, загрязненные или в стадии деструкции древесину, картон, бумагу).

При этом установлено, что для перечисленных видов не утилизируемых отходов, обладающих свойством **горючести**, существует техническая возможность их повторного применения в качестве ВЭР для получения тепловой энергии.

Основные условия их эффективного использования в виде ВЭР:

раздельный сбор и изолированное накопление в соответствии с противопожарными, санитарно-гигиеническими, экологическими, техническими требованиями, правилами, нормами;

разделение ресурсных элементов на потенциально используемые в качестве ВМР либо в виде ВЭР;

отделение горючей ресурсной составляющей от негорючей;

разделение ВЭР по направлениям энергетической утилизации:
а) среднетемпературная (не содержащие полимерных примесей бумага, картон, дерево, текстиль из натуральных волокон); б) высокотемпературная (полимерные и органические отходы на синтетической полимерной основе).

В ходе изучения целесообразности их применения в качестве ВЭР с использованием технологий высокотемпературной энергетической утилизации (высокотемпературное сжигание, пиролиз, плазменные методы) установлено, что большинство означенных отходов обладают низшей теплотой сгорания

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

(МДж/кг), находящейся в интервале значений: бурый уголь и природный газ (рис.2). При этом теплотворная способность ряда полимерных отходов (полистирола, битума затвердевшего, битумно-полимерной изоляции, плитки полистирольной, полипропилена, пенополистирола, полиэтилена, каучука) даже превышает аналогичный показатель по применяемым природным видам твердого, жидкого, газообразного топлива (рис.3). Данные показатели обуславливают широкие возможности по термической обработке означенных вторичных энергетических ресурсов для получения тепловой энергии.

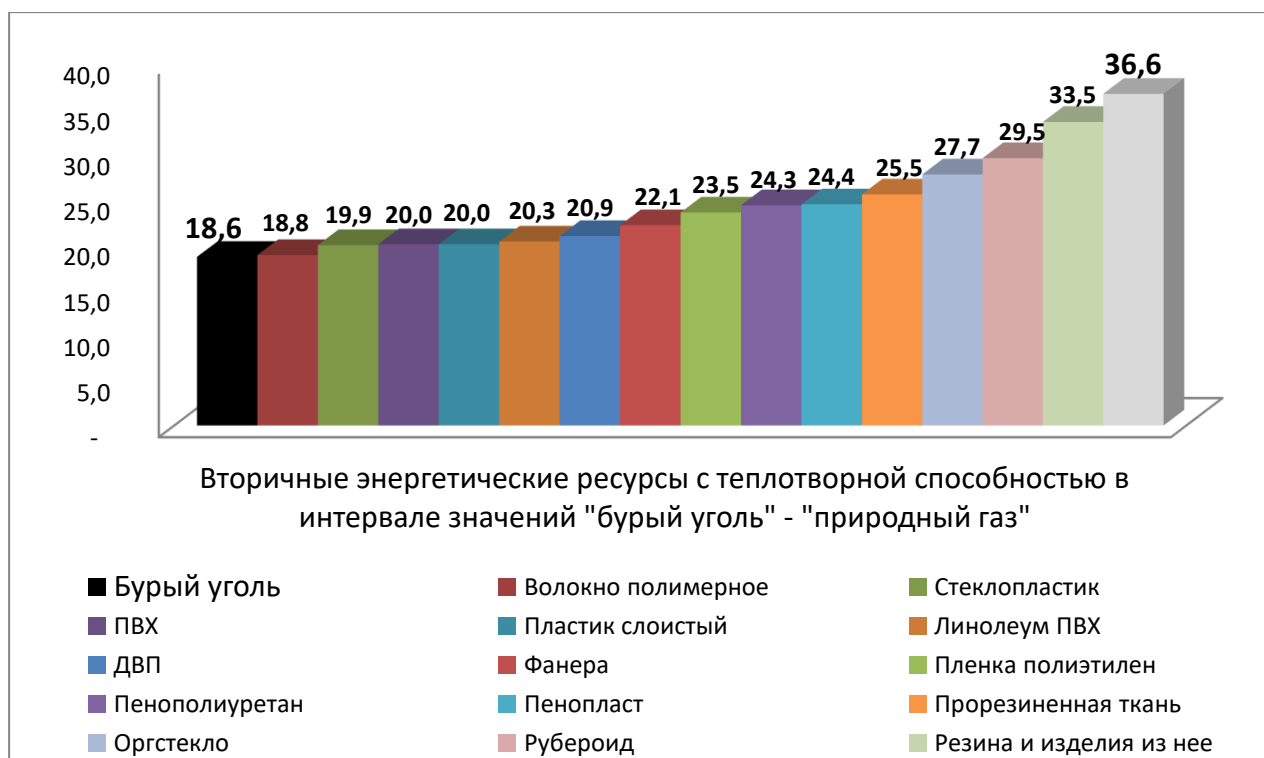


Рисунок 2 - Сравнительные характеристики повторного использования энергетической ресурсной составляющей отходов по показателю выделяемой теплоты при сгорании (в интервале «бурый уголь» - «природный газ»)

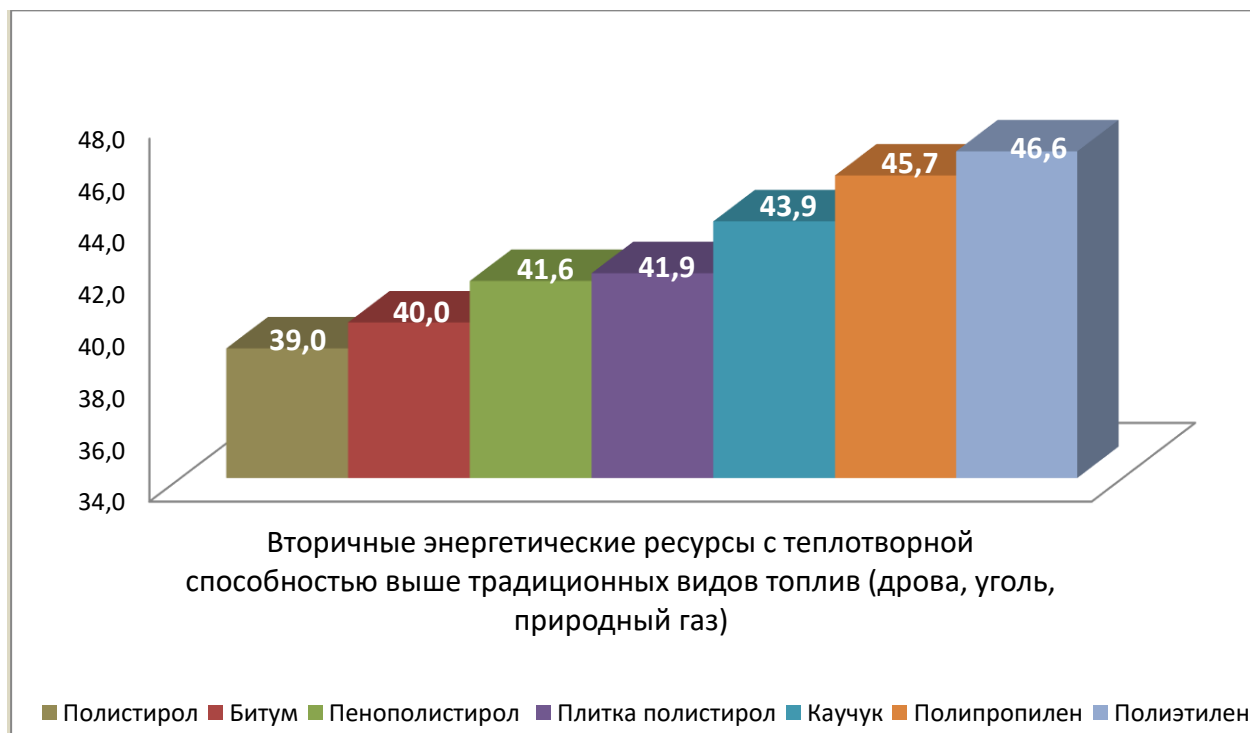


Рисунок 3 – Сравнительные характеристики повторного использования энергетической ресурсной составляющей отходов с показателями выделяемой теплоты при сгорании выше, чем у природных видов топлив

По результатам проведенного анализа, основными преимуществами технологии термической обработки вторичных энергетических ресурсов из отдельно собранных и предварительно обработанных в источниках образования твердых коммунальных и строительных отходов определены:

- высокая производительность термической утилизации, уничтожение максимального количества отходов в единицу времени (масса золы составляет около трети первоначального веса сжигаемых отходов при потере 90% его объема) и получение товарной продукции в виде энергии;
- отсутствие необходимости в обработке поступающих вторичных ресурсов;
- минимальное образование остаточных шлама и шлака после термообработки;
- значительно более низкие годовые текущие эксплуатационные затраты по сравнению с иными технологиями обезвреживания, уничтожения отходов;
- экономия природных топливных ресурсов (газа, угля, жидкого топлива) в результате выработки тепловой и электрической энергии.

Рассматривая альтернативные варианты энергетической утилизации отходов, которые экономически нецелесообразно, экологически недопустимо или технически невозможно использовать в качестве вторичного сырья для производства продукции и работ, предлагается поток не утилизируемой в качестве ВМР ресурсной составляющей горючих ТКО и строительных отходов разделять по направлениям использования: среднетемпературную (температура сжигания в пределах 800-1100°C) и высокотемпературную утилизацию (с безопасной для природной среды и человека температурой сжигания более 1300°C).

Разработанная схема (рисунок 4) предполагает разделение горючих фракций ВЭР категорий Б, Д, Т, П, ОСП, С (согласно классификации рисунка 1) на двух стадиях: отдельного сбора, предварительной обработки в источниках образования и промышленной обработки на мусоросортировочных комплексах.

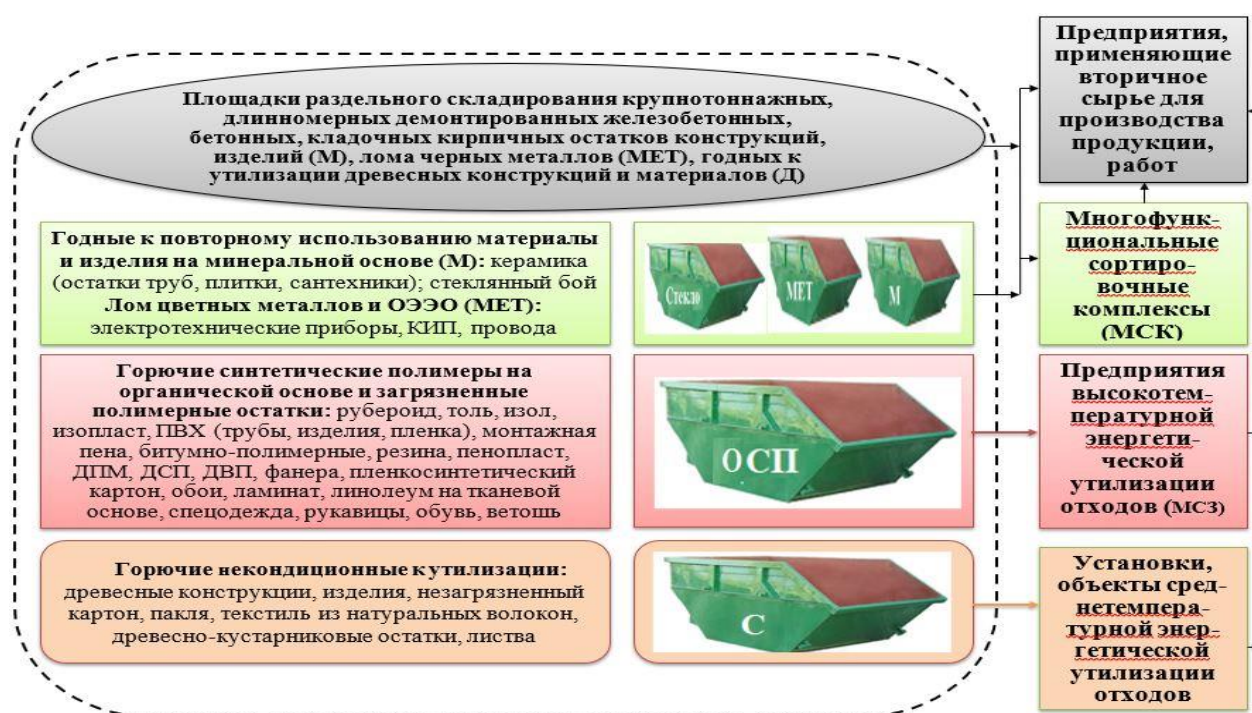


Рисунок 4 – Ресурсосберегающая схема раздельного сбора, обработки ресурсной составляющей отходов (для процессов строительства и демонтажа объектов)

Заключение

Предложенный новый авторский подход и разработанные схемы предупреждения опасности отходов в источнике их образования позволят

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

выделить и разграничить потоки горючих, нецелесообразных для утилизации в качестве ВМР, вторичных энергетических ресурсов в качестве альтернативных источников энергии на дорогостоящие мусоросжигательные заводы высокотемпературной энергетической утилизации и более дешевые на четыре порядка установки среднетемпературной энергетической утилизации, предотвращая значительные затраты на обработку смешанных несортированных отходов различного уровня токсичности и опасности на мусороперегрузочных станциях и сортировочных объектах, нерациональные транспортные потоки ВМР, ВЭР, вторичного сырья, обеспечивая существенное снижение количеств поступления не содержащих полимеры ВЭР на высокотемпературную утилизацию, сокращение соответствующих транспортных и эксплуатационных расходов.

Литература

1. Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В., Гришакова О.В., Трещев Д.В. Разработка математической модели прогноза загрязнения окружающей среды промышленно-развитых регионов // Экологические системы и приборы. 2023. № 1. С. 17-24.
2. Алборов И.Д., Бурдзиева О.Г., Тедеева Ф.Г., Глазов А.П. Экологический риск в природно-технической системе // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. № 71. С. 100-103.
3. Шадрюнова И.В., Зелинская Е.В., Орехова Н.Н. Технологическая трансформация как ключевой драйвер развития сферы переработки вторичного сырья // в сборнике: современные проблемы комплексной и глубокой переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения (Плаксинские чтения – 2022). Материалы международной конференции. 2022. С. 63-69.
4. Цховребов Э.С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 4 (127). С. 450-463.
5. Цховребов Э.С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке,

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- утилизации, обезвреживанию отходов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 11 (122). С. 1326-1340.
6. Чертеc К.Л., Шестаков Н.И. Современные биопозитивные технологии переработки отходов коммунально-строительного сектора // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 8. С. 1135–1146.
 7. Лыкова Л.В., Зелинская Е.В. Раздельно собранные отходы это не мусор, а вторичное сырье // В сборнике: Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 97-101.
 8. Чантурия В.А., Шадрунова И.В., Горлова О.Е. Инновационные процессы глубокой и экологически безопасной переработки техногенного сырья в условиях новых экономических вызовов // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т. 13. № 2 (48). С. 224-237.
 9. Velichko E., Tshovrebov E., Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019.2020. P. 08031.
 10. Hart J., Adams K. and others. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. Procedia CIRP. 2019. No. 80.Pp. 619–624.

Literature

1. Panarin V.M., Maslova A.A., Grishakov K.V., Grishakova O.V., Treshchev D.V. Development of a mathematical model for forecasting environmental pollution in industrialized regions // Ecological systems and devices. 2023. No. 1. Pp. 17-24.
2. Alborov I.D., Burdzieva O.G., Tedeeva F.G., Glazov A.P. Ecological risk in the natural-technical system // Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2017. No. 71. Pp. 100-103.
3. Shadrunova I.V., Zelinskaya E.V., Orekhova N.N. Technological transformation as a key driver of the development of the sphere of recycling of secondary raw materials // in the collection: modern problems of complex and deep processing of mineral raw materials of natural and man-made

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- origin (Plaksin readings - 2022). Materials of the international conference. 2022. Pp. 63-69.
3. Tskhovrebov E.S. Formation of regional strategies for managing the management of secondary resources. Vestnik MGSU. 2019. Vol. 14. No. 4 (127). Pp. 450-463.
 4. Tshovrebov E.S. Ecological and economic aspects of planning the placement and design of industrial facilities for processing, utilization, and neutralization of waste. Vestnik MGSU. 2018. Vol. 13. No. 11 (122). Pp. 1326-1340.
 5. Chertes K.L., Shestakov N.I. Modern biopositive technologies for waste processing in the municipal construction sector // Bulletin of the MGSU. 2020. Vol. 15. Issue 8. Pp. 1135-1146.
 6. Lykova L.V., Zelinskaya E.V. Separately collected waste is not garbage, but secondary raw materials // In the collection: Natural resource potential, ecology and sustainable development of the regions of Russia. Collection of articles of the XVII International Scientific and Practical Conference. 2019. Pp. 97-101.
 7. Chanturia V.A., Shadrinova I.V., Gorlova O.E. Innovative processes of deep and environmentally safe processing of man-made raw materials in conditions of new economic challenges // Sustainable development of mountain territories. 2021. Vol. 13. No. 2 (48). Pp. 224-237.
 8. Velichko E., Tshovrebov E., Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019.2020. P. 08031.
 9. Hart J., Adams K. and others. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. Procedia CIRP. 2019. No. 80. Pp. 619–624.

© Цховребов Э.С., 2024 *Международный журнал прикладных наук и технологий «Интеграл»*, № 2/2024

Для цитирования: Цховребов Э.С. ЭКОЛОГИЧЕСКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА И ОБРАБОТКИ РЕСУРСНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ // *Международный журнал прикладных наук и технологий «Интеграл»*, № 2/2024