

Научная статья

УДК 502.504; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-146-156

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И УГРОЗ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ, ВЫЗВАННОЙ ОБРАЗОВАНИЕМ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ДЕМОНТАЖЕ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

✉ Цховребов Эдуард Станиславович.

Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия

✉ rebrovstanislav@rambler.ru

Аннотация. В связи с увеличивающимися темпами реновации возрастают объемы работ по сносу объектов недвижимости. В процессе демонтажа сооружений возникают угрозы и риски экологической опасности, вызванные техногенным воздействием процессов демонтажных работ. Значительную техносферную опасность несет образование токсичных отходов. На основе системного анализа методов, технологий сноса в работе предложена организационно-техническая схема раздельного сбора и накопления отходов от демонтируемых объектов, основанная на принципах ресурсосбережения, повторного применения ресурсных компонентов отходов, обеспечивающая предотвращение экологической опасности в источниках ее образования.

Ключевые слова: экологическая безопасность, угрозы, риски, техносфера, отходы, демонтаж объектов, вторичные ресурсы, ресурсосбережение

Для цитирования: Цховребов Э.С. Снижение рисков и угроз техногенной опасности, вызванной образованием опасных отходов при демонтаже объектов недвижимости // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 1 (69). С. 146–156. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-146-156.

Scientific article

REDUCING THE RISKS AND THREATS OF MAN-MADE HAZARDS CAUSED BY THE FORMATION OF HAZARDOUS WASTE DURING THE DISMANTLING OF REAL ESTATE

✉ Tshovrebov Eduard S.

All-Russian research institute for civil defense and emergency situations of EMERCOM of Russia (Federal center for science and high technologies), Moscow, Russia

✉ rebrovstanislav@rambler.ru

Abstract. Due to the increasing pace of renovation, the volume of work on the demolition of real estate objects is increasing. In the process of dismantling structures, there are threats and risks of environmental hazards caused by the man-made impact of the dismantling processes. A significant technospheric danger is the formation of toxic waste. Based on a systematic analysis of demolition methods and technologies, the paper proposes an organizational and technical scheme for the separate collection and accumulation of waste from dismantled objects, based on the principles of resource conservation, reuse of waste resource components, ensuring the prevention of environmental hazards in the sources of its formation.

Keywords: environmental safety, threats, risks, technosphere, waste, dismantling of facilities, secondary resources, resource conservation

For citation: Tshovrebov E.S. Reducing the risks and threats of man-made hazards caused by the formation of hazardous waste during the dismantling of real estate // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 1 (69). P. 146–156. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-146-156.

Введение

При высоких во всем мире темпах роста производства строительных материалов, конструкций, изделий значительно увеличивается потребность в материальных ресурсах для их производства. Это, в свою очередь, существенно повышает техногенную нагрузку на окружающую среду при добыче, транспортировании, переработке, использовании таких ресурсов в процессе строительства, ремонта, эксплуатации различного рода строений, сооружений. Одновременно растут угрозы негативного воздействия на природную среду, безопасности, благоприятности жизнедеятельности населения. При непринятии должных мер защиты возникает риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера с опасными экологическими последствиями [1, 2].

Вместе с тем для снижения уровня техносферной опасности и одновременной экономии невозобновляемых природных ресурсов применяются процессы ресурсосбережения, повторного использования ресурсной составляющей отходов строительства, реконструкции, ремонта, демонтажа (сноса) объектов недвижимости. Таким образом, отдельно собранные и переработанные в соответствии с экологическими, противопожарными, санитарными правилами, требованиями отходы сноса зданий и сооружений становятся не только резервом экономического развития, но и служат заменой ценных природных ресурсов, предотвращая развитие угроз техносферной опасности [2, 3].

Расширение таких возможностей продиктовано тенденцией роста объемов отходов сноса в процессе реновации объектов недвижимости. Так при сроке службы зданий, сооружений в среднем 70 лет (в жилищном строительстве от 80 до 100 лет и в дорожном строительстве от 50 до 60 лет) ежегодно сносится и разбирается около 1,5 % от их количества. Материальный состав данных отходов, прежде всего, зависит от метода и периода строительства, типа конструкций, а также принадлежности к той или иной сфере экономики. К примеру, для зоны Европейского союза действуют следующие примерные показатели состава получаемых материалов от разборки панельных, блочных, кирпичных зданий и сооружений: каменная, кирпичная кладка – 57 %, бетон и железобетон – 37 %, дерево – 2 %, черный металл – 0,3 %, стекло – 0,5 %, полимеры – до 3 % [4–8].

Уровень экологической опасности таких отходов колеблется от умеренно опасного до практически не опасного. Пожароопасными являются отходы древесины, бумаги и картона, полимеров, битума, органических материалов на синтетической основе. Проведенный ранее автором анализ влияния крупности отхода на степень его экологической опасности (рассчитанной как обратная величина числа класса опасности по Федеральному классификационному каталогу отходов), по различным группам отходов демонтажа объектов недвижимости представлен на диаграмме (рис. 1).



Рис. 1. Интервалы варьирования опасности отхода в зависимости от типоразмеров

На основании представленных результатов следует констатировать: методы регулирования и предотвращения мелкодисперсных потерь материалов на всех стадиях ликвидационных, демонтажных работ (аспирация, пылеулавливание, герметизация) и отдельного сбора ресурсной части отходов – вторичных ресурсов (ВР) в изолированных контейнерах рассматриваются как приоритетная группа превентивных организационно-технических мероприятий, исключающих или уменьшающих риск попадания пылевидных отходов высокого уровня экологической опасности в окружающую среду.

Таким образом, одним из основных направлений предотвращения, смягчения, снижения таких угроз и рисков служит прогнозирование и предупреждение экологической опасности в источнике возникновения – в процессе непосредственно демонтажа объекта. Достигается это посредством минимизации образования токсичных отходов и выбросов твердых аэрозолей в атмосферный воздух на площадке сноса сооружений, зданий, строений. Этим актуальным вопросам и посвящена представленная работа.

Методика исследования

Материалами для проведения настоящего исследования послужили результаты исследований отечественных и зарубежных авторов в области применения современных технологий сноса (демонтажа) объектов [4–8], техносферной, экологической безопасности [9, 10], снижения рисков чрезвычайных ситуаций [11–15], экономики замкнутого цикла и концепции «ноль отходов» [16–20].

Методы исследования включают в себя: сбор, обобщение, систематизацию, группировку, композицию исходной информации и результатов исследований, классификацию, сравнительный и сопоставительный анализ, численные методы обработки полученных данных.

Результаты исследования и их обработка

Как показало исследование организационно-технических схем, технологий реновации, доминантным нормативным ограничением механизированной обработки сносимых строительных конструкций в источнике образования выделено соблюдение допустимых норм выбросов, сбросов, физических воздействий, к которым предъявляются жесткие санитарно-гигиенические, экологические требования на территории населенных пунктов. С другой стороны, экономическим ограничением выступает затратность перевозок значительных масс крупнотоннажных ВР. В этом процессе потенциально возникают также технические ограничения по мощности и времени, связанные с неравномерностью образования, поступления грузопотоков на обрабатывающие производственные комплексы с учетом их месторасположения, производительности, параметров складского хозяйства, системы логистики, состояния дорожно-транспортной инфраструктуры.

Анализ эколого-экономических аспектов, факторов и ограничений показал, что, в первом случае, разрешению проблемной ситуации подлежат технико-экономические ограничения, во-втором – нормативные. В процессе поиска путей их преодоления учитывались: варианты повторного применения ВР; технико-экономические показатели: затраты на обработку, спрос и цены на вторсырье, расстояния перевозки, возможность реализации напрямую потребителям, наличие складских площадей, удаленность объектов обработки; платежи за размещение в качестве отходов.

Акцентировалось внимание и на иных немаловажных факторах: дробление представляет собой один из самых затратных процессов сферы строительства (высокий уровень расхода энергии, топлива, износа оборудования, запасных частей), так и мощный источник механического, физического, химического воздействия на природную среду и человека; в условиях населенного пункта ограничена техническая возможность применения мощного стационарного оборудования, позволяющего обеспечить необходимые

технико-эксплуатационные характеристики конечного продукта в качестве вторичного сырья; в процессе дробления однородных по составу и размерам остатков образуется наименьшее количество мелкодисперсной пыли, опасной в санитарно-гигиеническом и экологическом отношении.

Принято во внимание, что при планировании дальнейших действий с демонтированными частями объектов могут применяться две организационно-технические схемы. Первая включает разрушение конструкций с задействованием сборно-разборных, мобильных передвижных и самоходных дробильных установок до типоразмеров, позволяющих реализовать вывоз таких грузов на объекты промышленной обработки без организации системы отдельного сбора, обработки ВР. Вторая схема дополнительно предполагает дробление минеральных остатков конструкций до размеров заполнителей, отдельный сбор, полуавтоматическую и/или ручную обработку (разборку, очистку, резку, измельчение, сортировку) ресурсной части.

В целях оптимизации состава технологических операций, обеспечивающих максимальное использование ресурсной части, предложена система сбора ВР, позволяющая обеспечивать экологические принципы, требования, предъявляемые к этому процессу (рис. 2). Базовой аналитической платформой механизма ее формирования послужили результаты исследования ресурсной части отходов, разработанные требования по экологически безопасному обращению с ними.

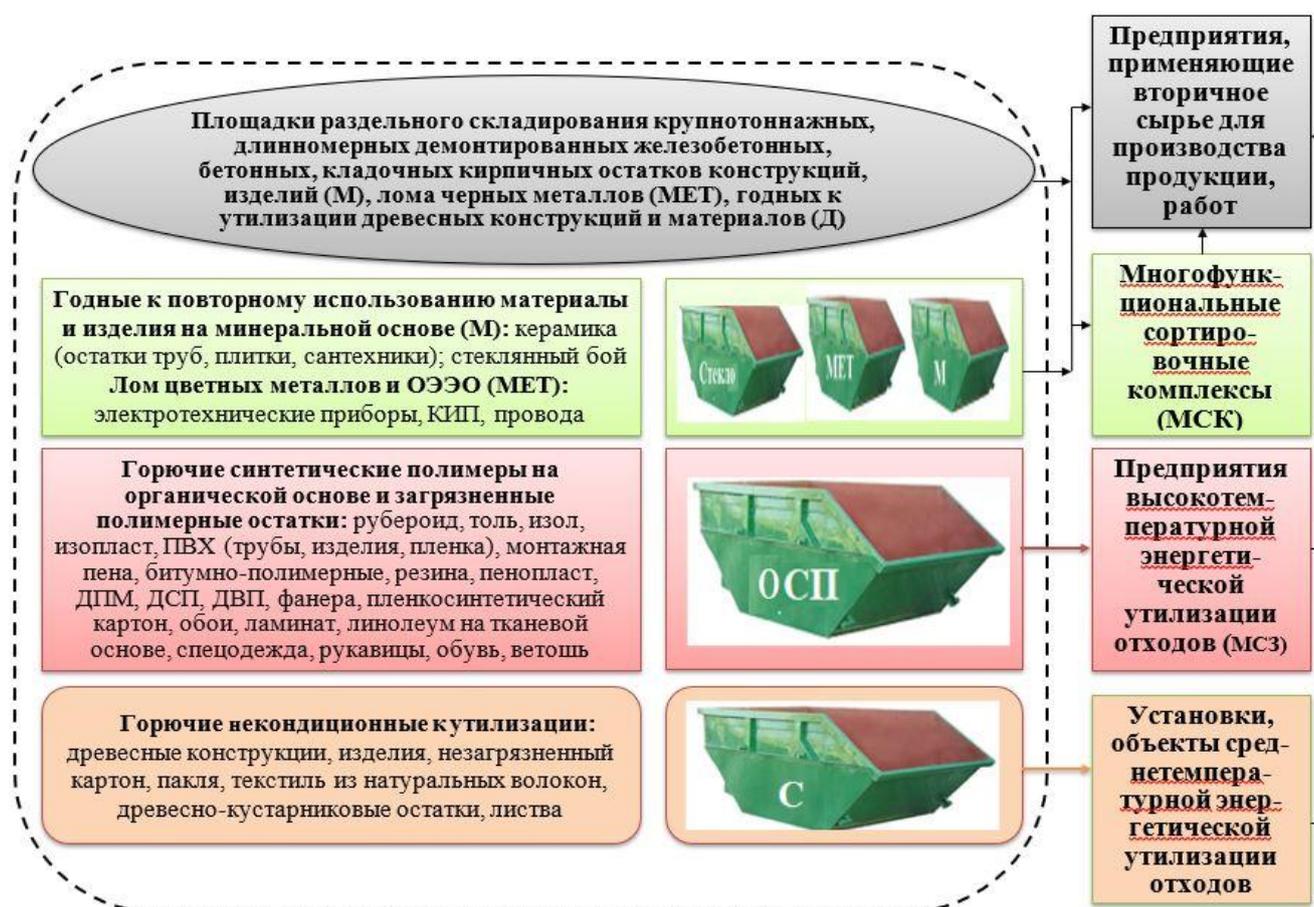


Рис. 2. Аналоговая схема организации ресурсосберегающей системы раздельного сбора, обработки ресурсной части отходов сноса:

КИП – контрольно-измерительные приборы; ПВХ – поливинилхлорид;
 ДМП – древесно-полимерные материалы; ДСП – древесно-стружечная плита;
 ДВП – древесноволокнистая плита

При символьном отображении модели приняты условные обозначения:

1. Бункеров-накопителей объемом 6–8 м³ для сбора крупногабаритных отходов, расположенных на ровной площадке с твердым покрытием и навесом, изолированной от воздействия атмосферных осадков:

А. Б – бумага и картон, упаковка, незагрязненные, без полимерных покрытий.

Б. П – пленка, упаковка, тара, предметы (игрушки, посуда, емкости, фурнитура, обрезки труб, коврики) из полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, полистирола, АБС-пластика, резины без органоминеральных составляющих.

В. Д – древесно-кустарниковые и незагрязненные кусковые древесные остатки, обрезки материалов, части предметов без полимерных покрытий.

Г. МЕТ – черный и цветной металлолом, включая вышедшие из употребления крупногабаритные приборы, устройства, оборудование.

Д. М – керамические изделия, сантехника, посуда, плитки, бой бетона, кирпича, затвердевшего цемента, изделий из них при ремонте квартир, зданий.

Е. ОСП – горючие, нецелесообразные для переработки во вторичное сырье синтетические полимеры, в том числе на органической основе: предметы, остатки.

Ж. С – горючие несортируемые смешанные: смет с территории, в основном органического происхождения, травяные остатки, опавшая листва, ветошь, пыль, сор, мелкие бумажные, полимерные, тканевые отходы с урн, канцтовары.

2. Контейнеров объемом 1,1 м³ для раздельного сбора малогабаритных отходов, расположенных на контейнерной площадке, оборудованной в соответствии с санитарными, техническими и экологическими требованиями:

А. ОЭЭО – отходы электронного и электротехнического оборудования, размеры которых позволяют сбор и накопление в контейнерах данного объема.

Б. Стекло – бутылки, банки, емкости, битое листовое.

В. П – бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТФ), мелкая пластиковая тара, емкости из-под пищевых продуктов, малотоксичных жидкостей.

Г. МЕТ – алюминиевые бутылки из-под напитков, использованные столовые приборы, фольга, фурнитура, расходный материал (гвозди, болты, сверла, пр.).

Д, Т – текстильные изделия, спальные принадлежности из натуральных волокон.

Комбинация полученных результатов в ходе построения диаграмм разрешения проблемной ситуации и перехода к достигаемому состоянию системы позволила выделить новые подходы к формированию организационно-технических схем обращения с ВР в процессе демонтажа (сноса) объектов:

– на территории населенных пунктов: отделение, удаление, ручная очистка, селективный сбор и раздельное накопление ВР категорий: МЕТ (арматуры, деталей, труб, проволоки), Д (деревянных конструкций), не утилизируемых П, ОСП, М (стекло, керамика) в контейнерах-бункерах; разрушение, дробление каркаса, фундамента до состояния и типоразмеров, обеспечивающих возможности автотранспортной перевозки; отсев мелкодисперсной фракции; при необходимости сортировка по фракциям ВР категории М (бетон, кирпич); вывоз на сортировочный комплекс (использующий высокопроизводительные дробильно-сортировочные установки, технологии глубокой и качественной переработки с отбором всех посторонних включений) или напрямую потребителю для дальнейшего применения в качестве вторсырья (бетонные, кирпичные, щебеночные заводы);

– вне населенных пунктов: установка стационарного сборно-разборного или мобильного технологического оборудования на месте разборки объектов с организацией переработки бетонного, кирпичного лома в заполнитель и иные продукты, древесных остатков в полезную продукцию или сырье; отделение, очистка, селективный сбор ВР категорий П, ОСП; отсев мелкой фракции категории С; вывоз ВР, вторсырья на предприятия обработки и использования.

Экономическое обоснование и описание применяемых технологий при производстве демонтажных работ представлены в работах С.П. Олейника, Г.Г. Лунева, В.О. Чулкова, А.В. Александрова [4, 7, 8] и не служат предметом исследования.

Разработанная модель организационно-технической схемы обеспечивает единую логистическую систему раздельного сбора, селективного накопления и последующего транспортирования раздельных изолированных потоков ресурсных элементов: «зеленая» зона – вторичные материальные ресурсы (ВМР) из твердых коммунальных отходов и строительных отходов; «красная» зона – вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) в качестве альтернативных источников энергии.

Предложенные подходы позволят выделить и разграничить потоки горючих, нецелесообразных для утилизации в качестве вторичного сырья, альтернативных источников энергии на дорогостоящие мусоросжигательные заводы высокотемпературной энергетической утилизации (с безопасной для природной среды и человека температурой сжигания более 1300 °С) и более дешевые на четыре порядка установки среднетемпературной энергетической утилизации (температура сжигания в пределах 800–1100 °С), 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.

Сравнительные показатели уровня использования ресурсной составляющей ряда отходов сноса при наличии/отсутствии системы раздельного сбора и обработки (%) приведены на диаграмме (рис. 3).

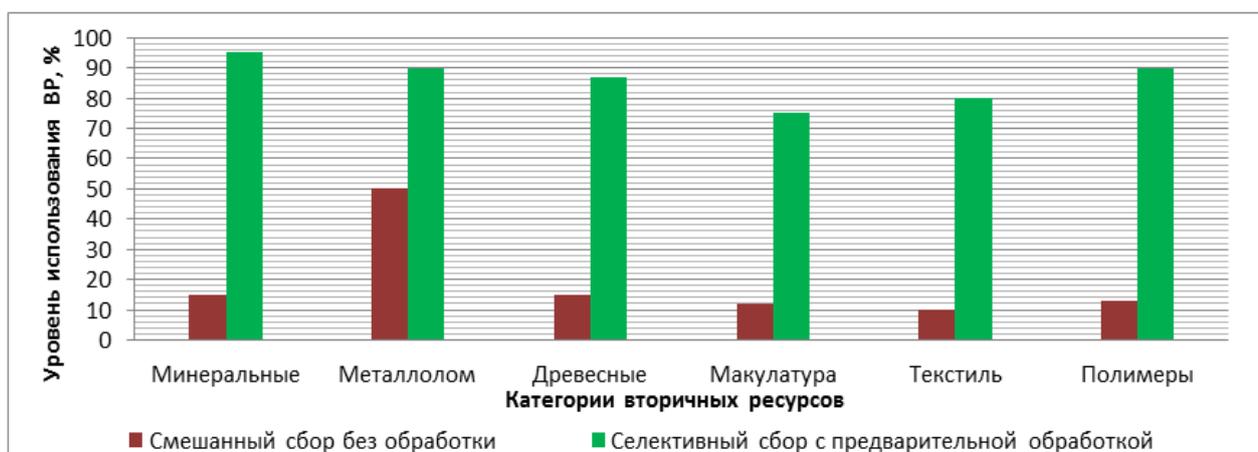


Рис. 3. Сравнительные показатели уровня использования ресурсной составляющей ряда отходов сноса при наличии/отсутствии системы раздельного сбора и обработки, %

Представленные показатели базируются на адаптированной методике расчета образования отходов сноса объектов нормативным методом на основе утвержденных норм их образования; информационных данных о технико-эксплуатационных характеристиках процессов обработки, утилизации, обезвреживания, количеств, состава выходных продуктов переработки.

Для достижения оптимального формирования ресурсосберегающей системы жизнеобеспечения городов на базе предложенной организационно-технической схемы даны следующие рекомендации:

– применять организационно-технические решения в последовательности, при которой внедренные технологические процессы, введенные объекты на более ранних этапах

не препятствовали расширению, модернизации, техническому перевооружению инфраструктуры на последующих стадиях реализации схемы;

– осуществлять поэтапный ввод участков выпуска продукции с применением ВР, чтобы эти объекты функционировали с обеспечением самокупаемости, экономической эффективности до пуска следующих очередей;

– предусматривать в целях бесперебойной цикличной работы производственной схемы различные источники получения требуемых объемов поставок вторичного сырья как в пределах города, региона, так и за их пределами;

– обоснованно прогнозировать потребительский спрос, предложение на работы, продукцию, оптимальные объемы поставок вторсырья, раздельных потоков ВЭР на объекты высоко- и среднетемпературной энергетической утилизации;

– организовывать территориальную систему стационарной и передвижной схемы раздельного сбора и предварительной обработки ресурсной составляющей отходов, принимая во внимание, что полноценное выполнение данных операций дает возможность в 5–8 раз снизить расходы на промышленную обработку ВР до уровня востребованного в экономическом цикле вторичного сырья, компенсируя затраты на соблюдение всех требований по размещению, строительству, эксплуатации перерабатывающих объектов;

– на начальных этапах развития инфраструктуры внедрять организационно-технические мероприятия, наилучших доступных технологий (НДТ) с минимальными затратами, реализуя переработку наиболее ценной, рентабельной ресурсной части ряда отходов сноса и, уже после достижения окупаемости, заданного уровня прибыльности, применять затратные технологии, схемы охвата всех обращающихся отходов;

– обеспечивать соблюдение экологических, санитарных, иных норм, требований в целях предотвращения различных рисков, непредвиденных затрат, штрафных санкций с учетом предложенной методики оценки экологической опасности.

Рекомендации предназначены для использования при разработке, актуализации: концепций, стратегий, прогнозов, программ развития строительного и коммунального комплексов; территориальных схем и региональных программ в области обращения с отходами; документов территориального планирования, градостроительства, схем развития дорожно-транспортной инфраструктуры; технико-экономического обоснования размещения объектов; инвестиционных проектов, бизнес-планов, проектно-сметной документации.

В целях научно-практического обеспечения создания и эффективной работы организационно-технических систем автором на платформе Exel-2007 разработаны программно-аналитические комплексы оценки ресурсного потенциала отходов сноса. Основная задача создания программного обеспечения состоит в оптимизации и автоматизации процесса экологического обоснования деятельности по ресурсосбережению, максимизации вовлечения этих ресурсных отходов в хозяйственный оборот.

Количественная оценка образования отходов, детализированная по всем технологическим процессам сноса объектов, базируется на удельных нормах, приведенных в действующих нормативно-методических документах. Комплекс позволяет осуществить не только количественную оценку образования отходов в процессах демонтажа объектов по классам опасности, но и автоматически выделить состав, количество потенциально извлекаемой ресурсной части, сгруппировать по направлениям дальнейшего использования (рис. 4). Прогнозируется количество тепловой энергии при высокотемпературной обработке ВЭР. Дается прогноз количества вторичного сырья, получаемого из нормируемой массы образования ВР отходов демонтажа (рис. 5).

Материалы зданий (сн 445-77. Строительные нормы. Нормы расхода материалов и изделий на 1000 м2 приведенной общей площади жилых зданий)

Тип здания	Сталь	Щебень	Песок	Цемент	Бетон	Ж/бет	Асбоцемент	Древесина	ДСП	Фанера	Паркет	ДВП тверд	ДВП мягк	Стекло окон	Стекло зеркал	Линолеум	Плитка керам. (пол)	Плитка керам. стенов	Трубы сталь	Трубы чугун	Трубы керам 200мм	Трубы муфты асбест	Трубы ПВХ	Битум нефт.	Рулонная изоляция	Полимерные матер.	Плиты арболит, фибролит
Ед.измерения	тонн	м3	м3	тонн	м3	м3	тулл.	м3	м3	м2	кв м	кв м	кв м	кв м	кв м	кв м	кв м	кв м	тонн	тонн	пог.м	пог.м	тонн	тонн	пог. м	тонн	куб м
Панельные:																											
1-2-этажные	33,41	832	368	231	189	531		137				726	41	250		426	58		4,49	3,46	19	10		14	4920		32
3-4-этажные	35,05	465	535	225	81	717		68	1,95	1,53		1728	18	311	1	934	78		4,38	4,56	20	18	0,06	14,1	3080		
5-этажные	35,75	752	527	257	51	716	0,11	72	3,04	1,24	79	987	54	318	16	864	176		2,95	3,41	20	55	0,06	7,92	1730	0,014	
9-этажные	36,52	718	583	257	88	724	0,44	62	2,26	1,85	297	749	126	262	22	647	176	207	3,58	2,96	27	63	0,07	5,03	1570	0,016	1
12-этажные	43,72	775	670	274	91	729		68	0,74		477	472	162	338	22	468	176	148	4,46	3,39	27	92	0,05	3,72	1260	0,035	1
14-16-этажные	55,24	730	594	294	101	745	1,57	60	6,61	0,84	43	522	152	313	22	914	176	199	3,88	1,69	27	49		4,04	780		1
От 16 этажей	68,09	882	734	337	146	1033	1,97	56	3,53	0,25	34	1366	1063	295	22	914	134	223	4,04	1,9	27	57		8,11	850		59
Блочные:																											
2-этажные	30,43	1023	563	239	239	597	1,42	116		0,32		514	28	312	1	309	77		3,24	4,71	19	10	0,001	12,5	4930		
4-этажные	34,55	791	503	235	139	631	1,42	64				488	22	319	1	936	163		3,48	3,29	20	11	0,001	8,24	2650		
5-этажные	39,25	857	551	236	441	416	0,84	71	0,43	2,82		524	80	328	1	943	91		3,91	1,87	20	51	0,05	13,5	2290		
9-этажные	43,42	920	664	262	511	470		85		3,94	786	1242	270	358	22	157	91	162	5,00	1,9	27	67	0,05	10,1	2070		1
Кирпичные:																											
1-этажные	14,44	268	665	145	100	86	23,4	351				695	45	294		4	53		5,3	5,66	19	20		5,95	1420		
2-этажные	21,84	534	763	159	264	277	10,1	175	3,37			144	157	265	1	156	77		3,33	2,52	19	10		9,18	1880		
3-4-этажные	23,18	557	519	163	234	291		56		1,63		112	18	288	1	945	77		3,38	3,72	25	18		12,6	1550		
5-этажные	24,68	527	562	169	121	386		72	1,83	0,33	315	715	24	275	1	622	78		3,06	3,23	20	75	0,32	9,98	3410	0,018	4
9-этажные	27,92	373	588	176	112	385	0,1	76	4,97	0,11	684	876	48	253	22	261	176	204	3,77	3,76	27	74	0,26	8,28	2410	0,02	11

Рис. 4. Расчетно-аналитический комплекс: модуль оценки образования ресурсной составляющей отходов сноса зданий, сооружений

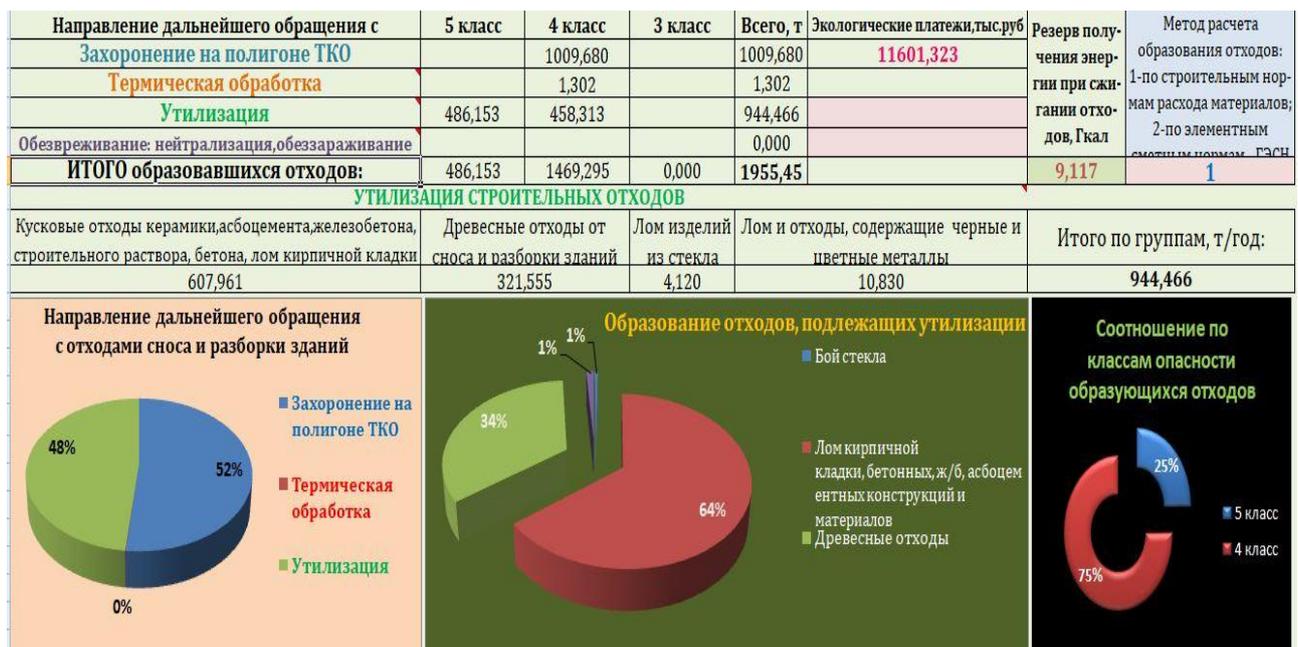


Рис. 5. Расчетно-аналитический комплекс: модуль оценки и анализа направлений повторного использования ресурсной части отходов демонтажа объектов

Программно-аналитический комплекс может быть успешно использован при планировании, проектировании демонтажных работ, формировании территориальных схем и региональных программ в области обращения с отходами, разработке экологических разделов проектов ликвидации объектов недвижимости, оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), проектов нормативов образования и лимитов размещения отходов в процессе сноса объектов. Программный комплекс находится в стадии апробации для технико-экономических расчетов оценки мер и действий по предупреждению угроз и рисков техногенных чрезвычайных ситуаций и их экологических последствий.

Заключение

Предложенные автором научные подходы к снижению уровня опасности отходов демонтажа объектов недвижимости, основанные на методах, системах, технологиях, предупреждению возникновения опасности в источниках ее зарождения, направлены на обеспечение защищенности населения, природной среды и территорий от угроз чрезвычайных ситуаций техногенного характера, сопутствующих им неблагоприятных экологических и связанных с ними социально-экономических последствий.

Представленные результаты работы обладают научной новизной в части научного обоснования принципиально новой организационно-технической схемы раздельного сбора и накопления отходов от демонтируемых объектов, базирующейся на принципах ресурсосбережения, повторного применения ресурсных компонентов отходов и реализуемой на основе принципа предотвращения экологической опасности в источниках ее образования, предупреждения возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Список источников

1. Цховребов Э.С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов // Вестник МГСУ. 2018. № 11 (122). С. 1326–1340.
2. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning measures for environmentally safe handling with extremely and highly hazardous wastes in industrial, building and transport complex // Materials Science Forum. 2019. Т. 945. Р. 988–994.
3. Цховребов Э.С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 4 (127). С. 450–463.
4. Александров А.В. Снос зданий и переработка строительного мусора // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 1. С. 5–10.
5. Григорьева Л.С. Перспективы переработки строительных отходов // Естественные и технические науки. 2015. № 6. С. 590–592.
6. Владимиров С.Н. Проблемы переработки отходов строительной индустрии // Системные технологии. 2016. № 19. С. 101–105.
7. Лунев Г.Г. Развитие методологии комплексного использования вторичных строительных ресурсов. М.: ООО «Научтехиздат», 2019. 284 с.
8. Олейник С.П., Чулков В.О. Управление обращением с отходами строительства и сноса // Отходы и ресурсы. 2016. Т. 3. № 1.
9. Волынкина Е.П. Анализ состояния и проблем переработки техногенных отходов в России // Вестник Сибирского государственного университета. 2017. № 2 (20). С. 45–58.
10. Графкина М.В., Потапов А.Д. Оценка экологической безопасности строительных систем как природно-техногенных комплексов // Вестник МГСУ. 2008. № 1. С. 23–28.
11. Совершенствование средств коллективной защиты населения в современных условиях / Г.П. Тонких [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2016. Т. 13. № 4 (50). С. 69.
12. Оценка ущерба чрезвычайных ситуаций / М.И. Ломакин [и др.] // Теория и практика гражданской защиты на страже безопасности жизнедеятельности современного общества: сб. М., 2022. С. 32–36.
13. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика. СПб.: РГГМУ, 2011. 448 с.
14. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Финансовый издательский дом «Деловой экспресс», 2004. 352 с.
15. Башкин В.Н. Экологические риски. Расчет, управление, страхование. М.: Высш. шк., 2007. 352 с.

16. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States // *Ecological Economics*. 2019. Vol. 155. P. 7–19.
17. Elgizawy S., El-Haggar S., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 145. P. 1306–1313.
18. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions // *Resources, Conservation & Recycling*. 2017. № 127. P. 9.
19. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment / J. Hart [et al.] // *Procedia CIRP*. 2019. № 80. P. 619–624.
20. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment. Life Cycle Assessment // *Theory and Practice*. 2018. Ch. 28. P. 695–720.

References

1. Ckhovrebov E.S. Ekologo-ekonomicheskie aspekty planirovaniya razmeshcheniya i proektirovaniya promyshlennykh ob"ektov po obrabotke, utilizacii, obezvrezhivaniyu othodov // *Vestnik MGSU*. 2018. № 11 (122). S. 1326–1340.
2. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning measures for environmentally safe handling with extremely and highly hazardous wastes in industrial, building and transport complex // *Materials Science Forum*. 2019. T. 945. P. 988–994.
3. Ckhovrebov E.S. Formirovanie regional'nykh strategij upravleniya obrashcheniem s vtorichnymi resursami // *Vestnik MGSU*. 2019. T. 14. № 4 (127). S. 450–463.
4. Aleksandrov A.B. Snos zdaniy i pererabotka stroitel'nogo musora // *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii HKHI veka*. 2013. № 1. S. 5–10.
5. Grigor'eva L.S. Perspektivy pererabotki stroitel'nykh othodov // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2015. № 6. S. 590–592.
6. Vladimirov S.N. Problemy pererabotki othodov stroitel'noj industrii // *Sistemnye tekhnologii*. 2016. № 19. S. 101–105.
7. Lunev G.G. Razvitie metodologii kompleksnogo ispol'zovaniya vtorichnykh stroitel'nykh resursov. M.: OOO «Nauchtekhizdat», 2019. 284 s.
8. Olejnik S.P., Chulkov V.O. Upravlenie obrashcheniem s othodami stroitel'stva i snosa // *Othody i resursy*. 2016. T. 3. № 1.
9. Volynkina E.P. Analiz sostoyaniya i problem pererabotki tekhnogennykh othodov v Rossii // *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017. № 2 (20). S. 45–58.
10. Grafkina M.V., Potapov A.D. Ocenka ekologicheskoy bezopasnosti stroitel'nykh sistem kak prirodno-tekhnogennykh kompleksov // *Vestnik MGSU*. 2008. № 1. S. 23–28.
11. Sovershenstvovanie sredstv kollektivnoj zashchity naseleniya v sovremennykh usloviyah / G.P. Tonkih [i dr.] // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2016. T. 13. № 4 (50). S. 69.
12. Ocenka ushcherba chrezvychajnykh situacij / M.I. Lomakin [i dr.] // *Teoriya i praktika grazhdanskoj zashchity na strazhe bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti sovremennogo obshchestva: sb. M., 2022. S. 32–36.*
13. Muzalevskij A.A., Karlin L.N. *Ekologicheskie riski: teoriya i praktika*. SPb.: RGGMU, 2011. 448 s.
14. Akimov V.A., Lesnyh V.V., Radaev N.N. *Osnovy analiza i upravleniya riskom v prirodnoj i tekhnogennoj sferah*. M.: Finansovyy izdatel'skij dom «Delovoy ekspres», 2004. 352 s.
15. Bashkin V.N. *Ekologicheskie riski. Raschet, upravlenie, strahovanie*. M.: Vyssh. shk., 2007. 352 s.
16. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States // *Ecological Economics*. 2019. Vol. 155. P. 7–19.
17. Elgizawy S., El-Haggar S., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 145. P. 1306–1313.

18. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions // *Resources, Conservation & Recycling*. 2017. № 127. P. 9.
19. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment / J. Hart [et al.] // *Procedia CIRP*. 2019. № 80. P. 619–624.
20. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment. Life Cycle Assessment // *Theory and Practice*. 2018. Sh. 28. P. 695–720.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 21.11.2023; одобрена после рецензирования: 13.02.2024;
принята к публикации: 16.02.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 21.11.2023; approved after review: 13.02.2024;
accepted for publication: 16.02.2024

Информация об авторах:

Цховребов Эдуард Станиславович, старший научный сотрудник Федерального центра науки и высоких технологий Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (121352, Москва, ул. Давыдовская, д. 7), кандидат экономических наук, доцент, e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru

Information about the authors:

Tshovrebov Eduard S., senior researcher at the Federal center for science and high technologies of All-Russian research institute for civil defense and emergency situations of EMERCOM of Russia (121352, Moscow, Davydkovskaya str., 7), candidate of economic sciences, associate professor, e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru