

УДК: 504.75

DOI: 10.53816/23061456_2022_11-12_145

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЦЕНАРИИ ПЕРЕРАБОТКИ
ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ
НА ОБЪЕКТАХ ВОЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**TECHNOLOGICAL SCENARIOS FOR THE PROCESSING
OF MUNICIPAL SOLID WASTE
AT MILITARY INFRASTRUCTURE FACILITIES ANNOTATION**

*Канд. техн. наук Р.Л. Кащеев, д-р техн. наук С.В. Саркисов, д-р экон. наук Н.П. Казаков,
д-р техн. наук В.А. Бондарев*

Ph.D. R.L. Kashcheev, D.Sc. S.V. Sarkisov, D.Sc. N.P. Kazakov, D.Sc. V.A. Bondarev

Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО им. А.В. Хрулева

В статье рассматривается актуальная проблема — обоснование технологических решений по глубокой переработке твердых коммунальных отходов (ТКО) с извлечением вторичных материальных ресурсов, компостированию, производству RDF-топлива, генерации энергии и размещению отходов. Изложены три варианта утилизации твердых коммунальных отходов с целевыми показателями на захоронение не более 50 % от исходной массы отходов. Описанные сценарии применимы для отдельных гарнизонов (объектов военной инфраструктуры), которые не задействованы в схемы региональных операторов в связи с режимом или удаленностью от коммуникаций оператора, а также для гарнизонов, входящих в территориальные схемы региональных операторов. **Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы, технологические сценарии, утилизация отходов, вторичные материальные ресурсы, энергетическая утилизация.

The article deals with an actual problem — the substantiation of technological solutions for deep processing of solid municipal waste (MSW) with the extraction of secondary material resources, composting, production of RDF-fuel, energy generation and waste disposal. Three options for the disposal of solid municipal waste with landfill targets of no more than 50 % of the initial mass of waste are outlined. The described scenarios are applicable for individual garrisons (military infrastructure facilities) that are not involved in the scheme of regional operators due to the mode or distance from the operator's communications, as well as for garrisons of regional operators included in the territorial schemes. The choice of a particular scenario by the rear structures of the

Keywords: solid municipal waste, technological scenarios, waste disposal, secondary material resources, energy utilization.

Ресурсосбережение, обеспечение экологической безопасности, рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды в настоящее время являются приоритетными направлениями в рамках реализа-

ции курса на устойчивое развитие Российского государства.

Одной из нерешенных задач на федеральном и региональном уровнях является создание инновационной технико-экономической системы,

позволяющей минимизировать количество захораниваемых отходов, максимально обеспечив при этом ресурсосбережение, повторное вовлечение в хозяйственный оборот утилизируемых компонентов отходов в качестве сырья, материалов, изделий, превращение отходов во вторичное сырье для изготовления новой продукции и получения энергии [1].

В Минобороны России (МО РФ) также важна потребность развития и внедрения рациональных процессов в области обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) по линии материально-технического обеспечения в сфере эксплуатации объектов военной инфраструктуры.

Коммунально-эксплуатационное обеспечение представляет особый интерес с экономических позиций. Это обусловлено тем, что этот вид обеспечения до настоящего времени не использует строго регламентированных норм индивидуального потребления, как это имеет место, например, в продовольственном и вещевом обеспечении. В то же время удельный вес затрат на обращение с ТКО в системе коммунально-эксплуатационного обеспечения довольно высок [2].

Перспективным направлением снижения этих затрат является отдельный сбор, переработка отходов, а также потенциальная коммерческая реализация отсортированных вторичных материальных ресурсов. Кроме этого, есть технические возможности по утилизации ТКО с получением значительного объема электрической и тепловой энергии [14–16].

В данном контексте ключевым вопросом построения системы обращения с ТКО в Минобороны России является обоснование технологических решений по глубокой переработке ТКО с извлечением вторичных материальных ресурсов (ВМР), компостированию, производству RDF-топлива, генерации энергии и размещению отходов.

С этой целью авторами предлагается несколько разработанных технологических сценариев обращения с ТКО.

При разработке сценариев были использованы и учтены требования различных нормативно-правовых актов в сфере обращения с отходами [1, 4–9].

Сценарии, которые могут реализовать систему обращения с ТКО в Минобороны России,

разрабатывались исходя из следующих принципов:

- система должна выйти на показатели, позволяющие выполнить требования Указа Президента от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»: обеспечить сортировку 100 % ТКО и снизить объем отходов, направляемых на полигоны, в два раза;

- при разработке системы обращения с отходами необходимо ориентироваться на технологии, рекомендованные к применению по итогам анализа отечественного и зарубежного опыта [10–13];

- ни одна из существующих технологий по отдельности не обеспечивает полного решения проблемы переработки ТКО. Решением для Минобороны России может стать только комплексное использование технологий: сортировка с извлечением ВМР, обезвреживание биоразлагаемой фракции компостированием, энергетическая утилизация части «хвостов»;

- создание комплексов большой производительности является важным условием для внедрения ресурсоэффективных, экономичных и экологически безопасных решений. Консолидация нескольких технологических линий в рамках одного комплекса позволит более экономно использовать ресурсы вспомогательных служб, котельных, очистных сооружений, снижает время простоев комплекса, дает возможность планировать этапный переход комплекса на переработку отдельно собранных отходов по мере внедрения этой технологии. При этом в переходный период должны соблюдаться требования Постановления Правительства Российской Федерации от 12.10.2020 № 1657 «О Единых требованиях к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов» о недопущении смешения отдельно собираемых ТКО со смешанными на одной и той же сортировочной линии;

- продукты компостирования смешанно собираемых ТКО являются обезвреженными отходами, подготовленными к безопасному захоронению;

- подрешетная фракция грохочения ТКО не имеет перспективы коммерческой реализации, рассчитывать на нее для достижения целей утилизации нельзя. Фактически применение такого

материала ограничено изоляцией отходов при захоронении на полигоне. Причем после внедрения стопроцентной переработки отношение изолирующий материал / изолируемые отходы примет такие пропорции, что укрытие превратится в захоронение — и технически, и юридически;

– при планировании производства топлива RDF необходимо учесть, что рынок для этого продукта в настоящий момент находится в стадии формирования, выпускаемое топливо, возможно, не будет сразу востребовано в течение определенного периода времени;

– в рамках системы рекомендуется строительство высоконагружаемых полигонов с длительным сроком эксплуатации.

Для реализации системы обращения с ТКО МО РФ выработаны три технологических сценария, каждый из которых соответствует действующим программно-нормативным документам и способен обеспечить требования к захоронению отходов в количестве не более 50 % от первоначального.

Первый сценарий предназначен, отдельных гарнизонов (объектов военной инфраструктуры), которые не задействованы в схемы региональных операторов в связи с режимом или удаленностью от коммуникаций оператора. Его описание приведено в табл. 1.

Второй и третий сценарии (табл. 2 и 3) применимы для гарнизонов, входящих в территориальные схемы региональных операторов, и их отличие заключается в целевой установке по продуктам переработки ТКО. Так, второй сценарий ориентирован на более высокий выход ВМР, в то время как для третьего основным фактором является генерация энергии из ТКО. Во многом это определяется фракционно-морфологическим составом ТКО.

Предложенные сценарии включают в себя создание набора объектов по переработке ТКО и принципиальные технологические схемы. При этом технологические схемы комплексных предприятий по переработке отходов (рис. 1–3) отражают наиболее значимые технологические потоки.

В процессе проектирования объектов обращения с отходами в МО РФ технологические схемы должны быть уточнены с использованием данных исследования фракционно-морфологического состава ТКО и с учетом характеристик

конкретного выбираемого оборудования. Показатели утилизации и захоронения должны быть рассчитаны в соответствии с приказом Минприроды России от 29.12.2020 № 1119 «Об утверждении Методики расчета показателя «Сводный индекс обработки (сортировки), утилизации и захоронения твердых коммунальных отходов».

Далее будут рассмотрены более подробно все сценарии применительно к объектам военной инфраструктуры.

Сценарий системы обращения с ТКО для отдельных гарнизонов

Описание данного сценария (Сценарий 1) приведено в табл. 1, а его технологическая схема представлена на рис. 1.

Сценарий 1 требует наименьших капиталовложений и наиболее прост в реализации. Количество извлекаемого вторичного сырья установлено на уровне — 15 %. Такая доля извлечения может быть достигнута при значительной степени автоматизации операций отбора ВМР. Однако в условиях отдельного гарнизона это трудно реализовать и надо ориентироваться на ручную сортировку.

Большая часть ТКО, до 60–70 %, направляется на компостирование, а оставшаяся часть на сжигание (рис. 1).

Сценарий 1 несет наибольший риск недостижения показателя «не более 50 % захоронения». Данная схема не является оптимальной с точки зрения выполнения нормативных требований, так как значительная часть продуктов компостирования идет на захоронение.

Практика показывает, что работая по этому сценарию, региональный оператор идет по пути обустройства отдельных объектов захоронения отходов. Собственно такие полигоны в отдаленных гарнизонах уже есть. Дополнением к этому можно осуществлять рекультивацию карьерных выемок путем засыпки отходами с плотностью менее 1 т/м³. Нормативной предпосылкой, позволяющей судить о возможности использования такого пути, является положение СанПиН 2.1.7.722-98, которое звучит следующим образом: «Допускается засыпка карьеров и других искусственно созданных полостей с использованием инертных отходов, ТБО и промышленных III–IV классов опасности...». Основание

под размещение отходов должно удовлетворять требованиям «Инструкции по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов [3].

Возможность изыскать иные направления применения продукта компостирования не

подтверждена технической, экономической и конъюнктурной целесообразностью. Об этом также свидетельствует опыт стран Европейского союза, которые вынужденно пришли к захоронению продукта компостирования смешанных ТКО. Без детальной проработки дополни-

Таблица 1

Сценарий системы обращения ТКО для отдельных гарнизонов (Сценарий 1)

Описание сценария	Продукты переработки, % от массы входящих в систему ТКО. Доля захоронения и утилизации	Преимущества	Недостатки
Сокращение захоронения за счет максимального использования продукта компостирования. Технологии: 1. Ручная (автоматизированная) сортировка; 2. Компостирование; 3. Сжигание калорийной фракции; 4. Захоронение хвостов сортировки и отходов отделения компостирования	Вторичное сырье — 15% (реализация сторонним потребителям).	Наиболее простой и дешевый для реализации сценарий	Большая доля утилизации приходится на невостребованный продукт компостирования. Показатель «не более 50% захоронения» не будет выполнен. Сжигание ограниченного количества калорийной фракции

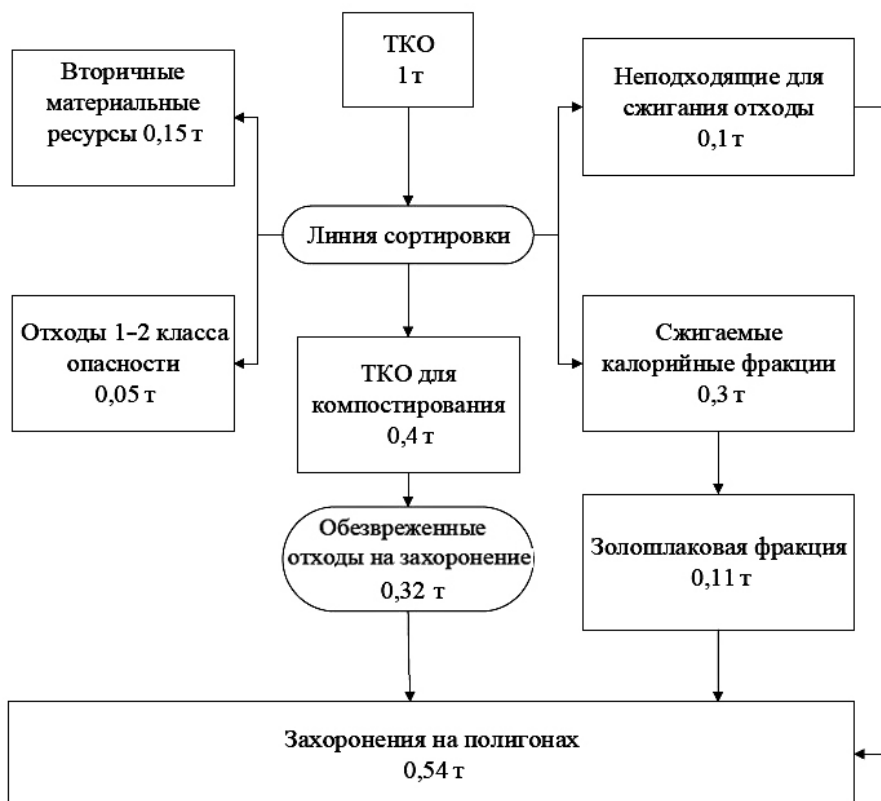


Рис. 1. Технологическая схема Сценария 1

тельных возможностей ежегодной реализации продукта компостирования невозможно утверждать, что сценарий обеспечит не более 50 % захоронения. Сценарий 1 может быть рекомендован, как промежуточное решение, которое будет надстраиваться и модифицироваться с целью достижения уровня захоронения, установленного Указом Президента РФ № 474 от 21.07.2020.

Сценарий системы обращения с ТКО, ориентированный на вторичные материальные ресурсы

Описание данного сценария (Сценарий 2) приведено в табл. 2, а его технологическая схема представлена на рис. 2.

Главное преимущество Сценария 2 (табл. 2) перед Сценарием 1 (табл. 1) в том, что достижение показателя «не более 50 % захоронения» не зависит от реализации невостребованного технического грунта. Сокращение захоронения достигается за счет увеличения выхода потенциально пригодных к реализации продуктов: ВМР и RDF. За счет глубокого извлечения ВМР увеличивает-

ся доходная часть переработки ТКО; это является важным экономическим преимуществом.

На базе предложенного сценария может быть создан комплекс по переработке пластиков в гранулы, что при проектировании синергично улучшит финансовые показатели системы в целом.

Количество извлекаемого вторичного сырья установлено на уровне — 20 % (рис. 2). Такая доля извлечения может быть достигнута при высокой степени автоматизации операций отбора ВМР. При ручной сортировке данный показатель достичь невозможно. Требуется уделить особое внимание выбору технологических решений при проектировании мусоросортировочных мощностей.

При реализации Сценария 2 может образоваться излишек количества RDF-топлива, предназначенного для цементных заводов региона. Потребуется поиск потребителей из других регионов, которые потенциально уже обеспечены RDF-топливом в своем регионе. Выход из этой ситуации видится во введении дополнительной операции в технологический процесс. Речь идет

Таблица 2

Сценарий системы обращения ТКО, ориентированный на вторичные материальные ресурсы (Сценарий 2)

Описание сценария	Продукты переработки, % от массы входящих в систему ТКО. Доля захоронения и утилизации	Преимущества	Недостатки
Сокращение захоронения за счет максимального извлечения вторичного сырья и RDF. Возможна переработка пластиков в гранулы товарного качества. Технологии: 1. Автоматизированная сортировка (высокая степень автоматизации); 2. Производство топлива RDF; 3. Компостирование; 4. Захоронение хвостов сортировки и обезвреженных компостированием отходов	1. Вторичное сырье — 20 % (реализация сторонним потребителям). 2. Топливо RDF — 18 % (передача цементным заводам). 3. Сжигание излишков топлива RDF (тепловая энергия). 4. Инертные и обезвреженные отходы на захоронение — 49 %	1. Увеличивается доход за счет глубокого извлечения ВМР. 2. Показатель «не более 50 % захоронения» будет выполнен.	1. Увеличение капиталовложений в сортировочные мощности по сравнению со сценарием 1. 2. Количество RDF может превысить максимальную возможность цементных заводов региона принять такое топливо. Требуется внедрение дополнительных технологий утилизации.

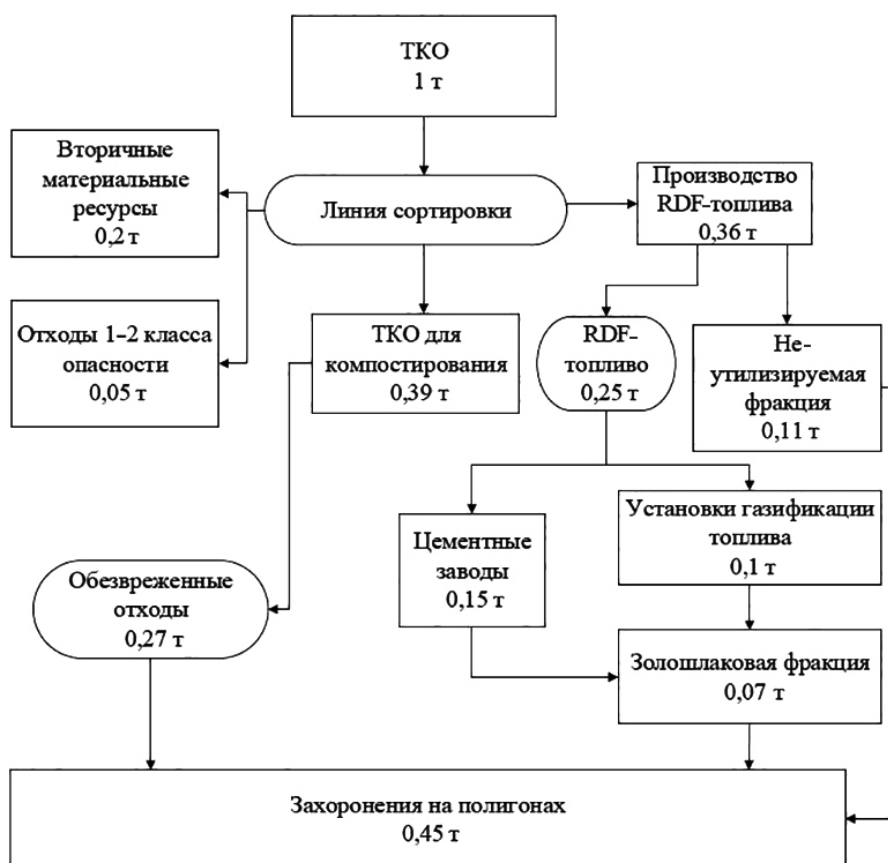


Рис. 2. Технологическая схема Сценария 2

о газификации продуктов отходов за счет излишков топлива RDF [14]. В этом случае можно получить двойной выигрыш — тепловую энергию (горячая вода, пар) для нужд казарменно-жилищного фонда и утилизация ТКО в пределах установленного норматива (захоронение ТКО не более 50 %).

Сценарий системы обращения с ТКО, ориентированный на энергетическую утилизацию

Описание данного сценария (Сценарий 3) приведено в табл. 3, а его технологическая схема представлена на рис. 3.

Сценарий 3 наименее рискован с точки зрения достижения заявленных показателей. Для его реализации в состав комплекса необходимо включить технические устройства (линии) по энергетической утилизации ТКО.

В отличие от подготовки RDF-топлива для цементных заводов, такой комплекс не предъ-

являет жестких требований к подготовке топлива. Поэтому на энергетическую утилизацию направляется большее количество отходов — 37 % (рис. 3) Соответственно, значительно сокращается захоронение. Достижение цели по захоронению гарантировано и выполняется с запасом (на полигон направляется 40 %). Нет необходимости снижать захоронение за счет производства продукции с высокими рисками реализации (RDF и тех. грунтов).

Производство энергии из отходов может комбинироваться с производством RDF-топлива (Сценарий 2). В этом случае сортировочные заводы направляют калорийную фракцию на комплексы по энергетической утилизации и производству топлива RDF.

Количество извлекаемого вторичного сырья для данного сценария установлено на уровне — 17 %. Такая доля извлечения может быть достигнута при значительной степени автоматизации операций отбора ВМР. Существует риск недостижения показателя в случае ручной

Сценарий энергетической утилизации ТКО (Сценарий 3)

Описание	Продукты переработки, % от массы входящих в систему ТКО. Доля захоронения и утилизации	Преимущества	Недостатки
<p>Сокращение захоронения за счет переработки отходов в энергию</p> <p>Технологии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Автоматизированная сортировка; 2. Извлечение калорийной фракции — топлива для предприятия по энергетической утилизации; 3. Переработка калорийной фракции в энергию (сжигание на подвижной колосниковой решетке, генерация электричества в турбине, газификация топлива); 4. Компостирование; 5. Захоронение обезвреженных компостированием отходов, нежелательных для сжигания отходов, иммобилизованной золы и отходов газоочистки, шлака 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вторичное сырье — 15 % (реализация сторонним потребителям). 2. Электроэнергия — 8,8 МВт электричества на каждые 100 000 т/год сжигаемых отходов. 3. Тепловая энергия. 4. Хвосты сортировки и обезвреженные отходы на захоронение — до 40 %. Полезное использование до 60 % от массы ТКО 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Достижение цели по захоронению — не более 50 % от исходных ТКО гарантировано, и выполняется с запасом. 2. Может комбинироваться со сценарием. 	<p>Строительство предприятий по энергетической утилизации отходов затратно и может негативно восприниматься населением</p>

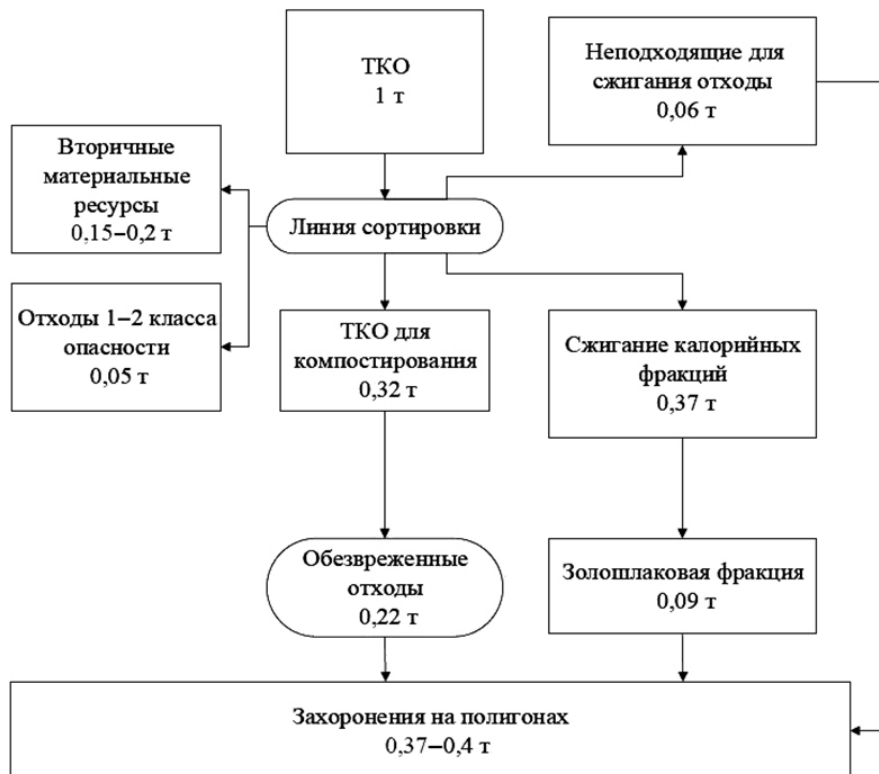


Рис. 3. Технологическая схема Сценария 3

сортировки. Но недостижение цели по извлечению ВМР не критично для достижения требования «не более 50 % захоронения».

Капитальные затраты на реализацию Сценария 3 достаточно высоки, но в будущем компенсируются экономией на захоронение. Экологичность данного сценария — наивысшая, что достигается применением современных технологий предотвращения и очистки газовых выбросов, цементацией зольных отходов, максимальным снижением массы захораниваемых отходов.

Проблемный момент для Сценария 3 — возможное негативное восприятие населением идеи строительства предприятия по энергетической утилизации.

В целом разработанные технологические сценарии представляется целесообразным использовать при создании комплексной системы обращения с ТКО на объектах военной инфраструктуры Минобороны России. В случае их реализации снижение объема захоронения твердых коммунальных отходов на войсковых полигонах составит 30–35 %.

Литература

1. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 января 2018 года № 84-р. Москва. 59 с.
2. Приказ Минприроды России от 29.12.2020 № 1119 «Об утверждении методики расчета показателя «Сводный индекс обработки (сортировки), утилизации и захоронения твердых коммунальных отходов».
3. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».
4. Комплексная стратегия обращения с твердыми коммунальными отходами в РФ, приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 14.08.2013 № 298.
5. Федеральный проект «Формирование комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами» национального проекта «Экология», 2018.
6. Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
7. Постановление Правительства РФ от 12.10.2020 № 1657 «О Единых требованиях к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов».
8. Руководство по войсковому (корабельному) хозяйству в Вооруженных Силах Российской Федерации. Приказ МО РФ от 03.06.2014 № 333. 114 с.
9. Приказ МО РФ от 3 августа 2020 года № 360 «Об организации деятельности по созданию и внедрению на объектах Вооруженных Сил Российской Федерации универсальной цифровой платформы инвентаризации, учета и контроля оказания коммунальных услуг, состояния всех видов энергоресурсов и имущественного комплекса Министерства обороны Российской Федерации».
10. ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами» (Приказ Росстандарта от 23.12.2020 № 2181).
11. ИТС 15-2016 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов))» (Приказ Росстандарта от 15.12.2016 № 1887).
12. ИТС 17-2016 «Размещение отходов производства и потребления» (Приказ Росстандарта от 15.12.2016 № 1885).
13. Зинкевич М.Ю., Прокофьев В.Г., Янович К.В. и др. К вопросу оценки эффективности программ обращения с твердыми коммунальными отходами // Сб. научных трудов «Актуальные проблемы военно-научных исследований». 2020. Вып. 7 (8). — СПб.: Изд-во Политех. ун-та. С. 39–48.
14. Бондарев А.В., Тучков В.К., Лопатин Н.В. и др. Перспективы газификации твердых коммунальных отходов в составе топливных смесей // Сб. научных трудов «Актуальные проблемы военно-научных исследований». 2020. Вып. 11 (12). — СПб.: Изд-во Политех. ун-та. С. 251–264.
15. Бондарев А.В., Кащеев Р.Л., Чепкин А.М., Тучков В.К. Технико-экономические аспекты применения топлив из твердых коммунальных отходов на котельных объектах коммунальной инфраструктуры // Сб. научных трудов «Актуальные проблемы военно-научных исследований». — СПб.: Изд-во Политехнического университета. 2022. Выпуск 1 (19). С. 239–247.
16. Кащеев Р.Л., Саркисов С.В., Шкуренко А.П. и др. Котлоагрегат для сжигания твердых

коммунальных отходов. Патент на полезную модель № 208091 от 01.12.2021.

References

1. Strategy for the development of industry for the treatment, utilization and neutralization of production and consumption waste for the period up to 2030. Order of the Government of the Russian Federation dated January 25, 2018 No. 84-r. Moscow. 59 p.

2. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 29.12.2020 No. 1119 «On Approval of the Methodology for Calculating the Indicator «Consolidated Index of Processing (Sorting), Utilization and Disposal of Solid Municipal Waste». Federal Law of 24.06.1998 No. 89-FZ «On Production and Consumption Waste».

4. Comprehensive strategy for solid municipal waste management in the Russian Federation, Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 14.08.2013 No. 298.

5. Federal project «Formation of an integrated system of solid municipal waste management» of the national project «Ecology», 2018.

6. Decree of the President of the Russian Federation dated 21.07.2020 No. 474 «On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030».

7. Resolution of the Government of the Russian Federation dated 12.10.2020 No. 1657 «On Uniform Requirements for Facilities for Treatment, Utilization, Neutralization, Placement of Solid Municipal Waste».

8. Guidelines for military (ship) economy in the Armed Forces of the Russian Federation. Order of the Ministry of Defense of the Russian Federation dated 3.06. 2014 No 333. 144 p.

9. Order of the Ministry of Defense of the Russian Federation dated August 3, 2020 No. 360

«On the organization of activities for the creation and implementation at the facilities of the Armed Forces of the Russian Federation of a universal digital platform for inventory, accounting and control of the provision of utilities, the state of all types of energy resources and the property complex of the Ministry of Defense of the Russian Federation.

10. ITS 9-2020 «Utilization and neutralization of waste by thermal methods» (Order of Rosstandart dated 23.12.2020 No. 2181).

11. ITS 15-2016 «Disposal and neutralization of waste (except for neutralization by thermal method (waste incineration))» (Order of Rosstandart dated 15.12.2016 No. 1887).

12. ITS 17-2016 «Disposal of production and consumption waste» (Order of Rosstandart dated 15.12.2016 No. 1885).

13. Zinkevich M.Yu., Prokofiev V.G., Yanovich K.V. et al. On the issue of assessing the effectiveness of solid municipal waste management programs // Sat. scientific works «Actual problems of military-scientific research». — SPb.: Izd-vo Polytech. un-ta. 2020. Issue 7 (8). Pp. 39–48.

14. Bondarev A.V., Tuchkov V.K., Lopatin N.V. et al. Prospects for gasification of solid municipal waste in the composition of fuel mixtures // Sat. scientific works «Actual problems of military-scientific research». — SPb.: Izd-vo Polytech. un-ta. 2020. Issue 11 (12). Pp. 251–264.

15. Bondarev A.V., Chepkin A.M. et al. Technical and economic aspects of the use of fuels from solid municipal waste at boiler facilities of communal infrastructure // Collection of scientific works «Actual problems of military-scientific research». — SPb.: Publishing house of the Polytechnic University. 2022. Issue 1 (19). Pp. 239–247.

16. Kashcheev R.L., Sarkisov S.V., Shkurenko A.P. et al. Boiler unit for incineration of solid municipal waste. Patent for a utility model No 208091 dated 01.12.2021.