

УДК 338.1

Перспективы развития системы обращения с твёрдыми промышленными отходами*Канд. техн. наук* **Сергиенко О.И.** oisergienko@corp.ifmo.ru**Иванова А.И.** ecolog.vn@mail.ru**Смазнова Е.С.** smaznova_94@mail.ru*Университет ИТМО*

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Канд. филос. наук **Елистратова И.А.** tigr-62@yandex.ru*Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого*
173003, Россия, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41

В статье рассматривается текущая ситуация в сфере обращения с твердыми промышленными отходами, источники образования которых сосредоточены в крупных промышленных центрах, а размещение происходит на прилегающих территориях соседних муниципальных образований. Приводится анализ недавних изменений законодательной базы в сфере регулирования обращения с отходами, который актуален в свете перечня поручений Президента по результатам проверки исполнения законодательства. В качестве перспективных мер, обеспечивающих замыкание потоков отходов, получение вторичных материальных ресурсов и постепенный переход от линейной модели экономического развития к циркулярной, предлагаются развитие схемы обращения с промышленными отходами за счёт создания производственно-технических комплексов по переработке отходов (экотехнопарков), а также сегмента продукции глубокой переработки отходов.

Ключевые слова: твердые промышленные отходы, схема обращения, экотехнопарк, вторичные материальные ресурсы, наилучшие доступные технологии, циркулярная экономика.

DOI: 10.17586/2310-1172-2017-10-4-135-148

Prospects for the development of a system for handling solid industrial waste*Ph.D.* **Sergienko O.I.** oisergienko@corp.ifmo.ru**Ivanova A.I.** ecolog.vn@mail.ru**Smaznova E.S.** smaznova_94@mail.ru*ITMO University*

197101, Russia, St. Petersburg, Kronverksky Ave., 49

Ph.D. **Elistratova I.A.** sciences.tigr-62@yandex.ru*Novgorod state university of Yaroslav the Wise*

173003, Russia, Veliky Novgorod, Bolshaya Sankt-Peterburgskaya St., 41

The article considers the current situation in the sphere of handling solid industrial wastes, which sources of forming are concentrated in large industrial centers, and the placement takes place at landfills in the adjacent territories of neighboring municipalities. The analysis of recent changes in the legislative framework in the field of waste management regulation, which is relevant in the light of the list of instructions of the President on the results of checking the implementation of legislation is given. As promising measures that ensure closed looping of waste streams, obtaining secondary material resources and the gradual transition from a linear model of economic development to a circular one, the authors argue for regional schemes for industrial waste management based on creation of industrial technical waste processing complexes (eco-technological parks), as well as the segment of deep processing of waste.

Keywords: solid industrial waste, circulation scheme, eco-technical park, secondary material resources, best available techniques, circular economy.

Введение

В настоящее время состояние окружающей среды в Российской Федерации рассматривается как неблагоприятное на 15 % территории страны, занятой промышленно развитыми центрами, где проживает

большая часть населения. Накоплено св. 30 млрд. т отходов производства и потребления; выявлено 340 объектов накопленного вреда окружающей среде. Ежегодно образуется примерно 4 млрд. т отходов производства и потребления, из которых ТКО составляют только 55-60 млн. т, остальное приходится на промышленные отходы. Ущерб от опасных гидрометеорологических явлений (наводнения, засухи, осадки), которые могут усиливать негативное влияние на окружающую среду полигонов и свалок, по экспертным оценкам может достигать до 1% ВВП. В условиях проведения в отношении РФ политики сдерживания формируется угроза ограничения доступа к иностранным экологически чистым инновационным технологиям, материалам и оборудованию¹.

Вопрос по обращению с твёрдыми промышленными отходами остаётся напряжённым во всех субъектах Российской Федерации. Стремительно развивающееся экологическое законодательство с массой вновь изданных нормативно-правовых актов, а также растущие потребительский потенциал и объёмы производства влекут за собой целый ряд нерешённых или на данный момент незавершённых задач по обращению с отходами, которые достигают критических масштабов.

Полигоны для размещения твёрдых промышленных и коммунальных отходов (ТКО), построенные и открытые ещё в 80-90-х годах были запроектированы и рассчитаны на более низкие объёмы отходов. В России, при спаде промышленного производства в начале 90-х годов на 30-40 %, наблюдалось существенное снижение объёмов образования отходов, и, начиная, с 1996 г. наблюдался непрерывный рост количества отходов при относительно медленном развитии производства, что подтверждает линейную модель экономического развития.

Если в 2005 году в России образовалось 3 млрд. тонн отходов производства и потребления, то в 2014 году - уже более 55 млрд. тонн. Доля отходов промышленности составляет свыше 97 % общего количества отходов, в частности – добывающей промышленности – 93 % общего количества отходов; 62 % отходов образуется при добыче топливно-энергетических полезных ископаемых, и 31 % – при добыче прочих полезных ископаемых [1].

На фоне снижения темпов роста производства стала интенсивно развиваться коммерческая деятельность, и объёмы потребления возросли. В свете возрастающего потребительского потенциала населения страны полигоны стали стремительно заполняться отходами.

В увеличение количества промышленных отходов свой вклад внесли как морально устаревшее оборудование ряда отраслей, так и увеличение парка автотранспорта в городах. Недостаточное внедрение безотходных и экологически безопасных технологий производства лишь усугубляют ситуацию.

В данной ситуации нагрузка на окружающую среду возрастает вследствие двух причин – с одной стороны, за счет воздействия при размещении отходов, с другой стороны, вследствие растущих потребностей в сырье и развитии добывающей промышленности, что приводит к истощению запасов природных ресурсов планеты.

Актуальность темы обращения с отходами определяется в первую очередь ее комплексным характером, то есть необходимостью решать, как задачи охраны окружающей среды и ресурсосбережения, так и задачи разработки технологий утилизации и повторного использования отходов. Немаловажным фактором является развитие спроса на вторичные материальные ресурсы (ВМР).

Внимание руководства страны к теме обращения с отходами подтверждает и недавний перечень поручений Президента по результатам проверки исполнения законодательства по регулированию обращения с отходами².

Долгосрочной основой политики европейских стран в этом направлении является планомерное, сжатое по срокам, ограничение на захоронение отходов с постепенной реализацией принципа zero – waste [2]. Главный акцент делается на предотвращение образования отходов; далее выделяются следующие приоритеты в порядке значимости: подготовка отходов к вторичному использованию, ремануфэктуринг и рециклинг, повторное использование ВМР, энергетическая утилизация, захоронение отходов (рис. 1) [3, 4]. Благодаря проведению такой политики, по отдельным видам отходов ряд европейских стран добился значительных результатов, сведя количество отходов, подлежащих захоронению, до минимума [5–8].

¹ Стратегия Экологической безопасности РФ до 2025 г. Утверждена Приказом Президента 19 апреля 2017 № 176.

² Перечень поручений по результатам проверки исполнения законодательства и решений Президента в сфере регулирования обращения с отходами от 15 ноября 2017 г. (см. <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/56138>)



*Рис. 1. Иерархия обращения с отходами и ее современные инструменты
(Цитируется по [2] с дополнениями авторов)*

По сравнению с развитыми европейскими странами, обстановка в части обращения с отходами в Российской Федерации обстоит гораздо хуже. Следуя лучшей зарубежной практике, Россия стремится к уменьшению объемов захоронения отходов и снижению нагрузки на окружающую среду, создавая необходимую институциональную базу для регулирования в сфере обращения с отходами и реализации соответствующей системы применительно к разным видам отходов.

Институциональные основы развития системы обращения с твердыми и промышленными отходами

Накопление слабо разлагающихся отходов на территории Российской Федерации, требует постоянного отведения новых мест для их захоронения и, как следствие, выделения всё новых земельных участков. Подходящие для организации полигонов захоронения отходов производства и потребления земельные участки со временем становятся все менее и менее доступны. Данная проблема особенно ощутима вблизи крупных городов в небольшом числе субъектов Российской Федерации, где происходит концентрация основной массы отходов - в местах добычи полезных ископаемых, а также в районах размещения металлургических, химических, нефтехимических, деревообрабатывающих, целлюлозно-бумажных и некоторых других производств. При этом на территории субъектов Российской Федерации также имеет место чрезвычайно неравномерное распределение образования и размещения отходов, что обусловлено особенностями расположения основных производств субъекта. Например, многие их виды образуются преимущественно в городах, но вывозятся и накапливаются на окраинах поселений или прилегающих территориях.

В свете складывающейся ситуации в Российской Федерации стали появляются новые технологии на основании собственных разработок, а также по опыту развитых стран, по утилизации, обезвреживанию отходов и, как следствие, происходит уменьшение объемов захораниваемых отходов. Однако, применение новых современных технологий по обращению с отходами в соотношении с объемом отходов, передаваемых на захоронение, на практике практически не ощущается. Количество твердых промышленных отходов, подлежащих захоронению, по-прежнему огромное.

В последние годы произошли существенные изменения в экологическом законодательстве Российской Федерации, как следствие поручений Президента Российской Федерации 2010 г. и 2017 гг. в сфере регулирования обращения с отходами. В список последних поручений вошли такие задачи, как выделение отдельной программы по созданию отрасли обращения с твердыми коммунальными отходами замкнутого цикла (раздельный сбор, транспортирование, обработка, утилизация и размещение); разработка проекта федерального закона, предусматривающего регулирование обращения вторичных материальных ресурсов; развитие экотехнопарков в сфере обращения с отходами и типовых требований к ним, что позволит расширить производство продукции из ВМР; введение территориальных схем обращения с отходами, что обеспечит регулирование межрегиональных потоков отходов, учёт и использование имеющихся технологических мощностей, а также подтверждение необходимости создания новых объектов по утилизации отходов [9].

С целью выполнения поручений Президента Российской Федерации, а также облегчения нагрузки на окружающую среду, законодательством Российской Федерации был внесён ряд изменений в правилах и нормах в обращении с отходами, в частности было опубликовано Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 июля 2017 года N 1589-р, содержащее перечень видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых на полигонах запрещается³. В данный перечень включены такие отходы, как лом и изделия из чёрных и цветных металлов, включая электрические провода, отходы, содержащие тяжёлые металлы (в том числе ртуть), отходы бумажных изделий, резиновых изделий, изделий из различных видов пластика, изделия из стекла, все виды компьютерной техники, офисной техники, бытовой техники, приборов и устройств контроля и учёта, различные отходы аккумуляторов и батареек, электроинструмент и электроприборы. Распоряжение вступает в силу с 1 января 2018 года. С учётом того, что на данный момент сектор промышленности Российской Федерации по переработке отходов не имеет мощностей для реализации данного распоряжения в полной мере, правительством создана поэтапная схема ограничений по видам отходов, запрещённых к захоронению. С начала 2018 года запрещается размещение на полигонах отходов лома черных и цветных металлов, с 2019 года будет запрещено размещение отходов бумаги, полимерных материалов, резинотехнических изделий, стекла, с 2021 года - все отходы оргтехники, электрических приборов, инструментов и проводов.

Однако реализация данного распоряжения вызывает немалые трудности, поскольку в настоящее время в Российской Федерации отсутствует необходимая технологическая база. Масштабы проблемы требуют срочной реализации проектов по переработке промышленных отходов.

Основополагающим нормативным правовым актом, регулирующим обращение с отходами на всей территории Российской Федерации, является Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»⁴. Предполагается, что изменения к Федеральному закону № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» в свете выполнения поручений Президента Российской Федерации, в части применения и разработки схемы по обращению с отходами на территории субъектов Российской Федерации, изменят ситуацию в корне. Ожидается, что за счёт введения в действие схемы по обращению с отходами и, как следствие, строительства экотехнопарков в субъектах Российской Федерации, снизится нагрузка на полигоны и окружающую среду, уменьшится образование промышленных отходов. Применение технологий повторного использования компонентов изделий в качестве сырья для производства позволит снизить нагрузку и на добывающую промышленность.

Кратко рассмотрим основные понятия и определения сформированной нормативно-правовой базы Российской Федерации в сфере регулирования обращения с отходами применительно к твёрдым промышленным отходам.

Отходы производства и потребления (далее отходы) - вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с Федеральным законодательством.

Обращение с отходами – деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов.

Вторичные материальные ресурсы – отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для которых существует возможность повторного использования непосредственно или после дополнительной обработки.

Размещение отходов - хранение и захоронение отходов.

Хранение отходов - складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения.

Захоронение отходов - изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду.

Обработка отходов - предварительная подготовка отходов к дальнейшей утилизации, включая их сортировку, разборку, очистку.

Утилизация отходов - использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация).

Обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 июля 2017 года N 1589-р «Перечень видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается»
<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=298202>

⁴ Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 28.12.2016) «Об отходах производства и потребления»
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/

негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду.

Транспортирование отходов – перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка, находящегося в собственности юридического лица или индивидуального предпринимателя, либо предоставленного им на иных правах^{3,4,5}.

Территориальная схема обращения с отходами - текстовые, табличные и графические (карты, схемы, чертежи, планы и иные материалы) описания системы организации и осуществления на территории субъекта Российской Федерации деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению образующихся на территории данного субъекта Российской Федерации и (или) поступающих из других субъектов Российской Федерации отходов.

Схема потоков отходов - графическое отображение перемещения отходов от источников образования отходов до объектов, используемых для их обработки, утилизации, обезвреживания, размещения, с информацией о количестве образующихся отходов на территории субъекта Российской Федерации, а также поступающих из других субъектов Российской Федерации отходов⁶.

Экотехнопарк – промышленная площадка, объединяющая на своей территории комплекс предприятий – переработчиков отходов с собственной обустроенной инженерной, логистической, телекоммуникационной и транспортной инфраструктурой.

Существующая практика обращения с отходами на российских предприятиях обеспечивает отдельный сбор, временное хранение и учет образования отходов, передачу отходов на использование другими предприятиями, возможный рециклинг отходов и транспортировку не утилизируемых фракций на размещение на полигоны. Однако, как уже отмечалось, доля утилизируемых фракций по отдельным отраслям промышленности все еще незначительна. Отсюда неизбежно возникает задача широкого внедрения наилучших доступных технологий в обращении с отходами и разработки перспективных технологий для глубокой утилизации промышленных отходов с получением ВМР и энергии [10–12].

Комплексный подход к переработке отходов, обеспечиваемый экотехнопарками, позволит вовлечь в обращение широкий состав промышленных отходов и ТКО. К 2030 г. по прогнозам Минпромторга планируется ввести в эксплуатацию 37 производственно-технических комплексов для переработки отходов производства и потребления [9].

Источники образования твердых промышленных отходов в промышленности

Основными источниками образования промышленных отходов являются склады хранения сырья, в частности, непригодное для использования сырье. Значительный вклад вносят технологические процессы производства: на стадии производства материалов и изделий образуются побочные материалы, вещества, изделия, продукты не пригодные для использования, которые становятся источниками образования промышленных отходов. В энергетическом, электротехническом и ремонтном хозяйствах, в результате выхода из строя приборов, возникают трудно утилизируемые отходы, содержащие токсичные компоненты.

Промышленные отходы можно классифицировать по источникам их образования – отходы производства, отходы потребления и опасные отходы.

Отходы производства представляют собой остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ, услуг и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства, вновь образующиеся в процессе производства попутные вещества, не находящие вторичного применения. В отходы производства включаются вмещающие и вскрышные породы, образующиеся при добыче полезных ископаемых, побочные и попутные продукты, отходы сельского хозяйства.

Отходы потребления составляют значительную долю промышленных отходов; в основном это изделия и материалы, приборы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа, сюда же входят различные отходы от упаковки продукции.

Опасные отходы - это отходы, которые в силу их реакционной способности или токсичности представляют непосредственную или потенциальную опасность для здоровья человека или состояния окружающей среды самостоятельно или при вступлении в контакт с другими отходами и окружающей средой. В основном это отходы химических и металлообрабатывающих производств.

Промышленные отходы могут быть безвозвратными (технологические потери сырья: улечивание, угар, усушка) и возвратными. К ним следует причислить отходы производственного потребления – непригодные для дальнейшего использования по прямому назначению и «списанные» в установленном порядке машины,

⁵ ГОСТ 30772-2001. Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения (введен в действие Постановлением Госстандарта России от 28.12.2001 № 607-ст) <http://docs.cntd.ru/document/gost-30772-2001>

⁶ Постановление правительства Российской Федерации от 16 марта 2016 года N 197 «Об утверждении требований к составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами» <https://rg.ru/2016/03/25/othodi-site-dok.html>

оборудование, инструменты, приборы и т.п.

Развитие промышленного и сельскохозяйственного производства, строительства, транспорта и сферы услуг влечёт за собой непрерывный рост образования и усложнение состава промышленных отходов. К тому же увеличение потребления товаров, работ, услуг вызывает постоянное увеличение количества отходов потребления.

Практика показывает, что наибольший вклад в образование отходов вносят предприятия чёрной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, угольной промышленности, производства строительных материалов, электроэнергетика, предприятия сельскохозяйственного комплекса.

В табл. 1 указаны основные источники образования твёрдых промышленных отходов [13].

Таблица 1

Основные источники образования твёрдых промышленных отходов

Основное производство	Основные процессы образования отходов	Виды промышленных отходов
Водоснабжение, водоотведение и теплоснабжение	Изготовление и установка элементов систем водоснабжения, водоотведения и отопления в домах, учреждениях и на предприятиях	Обрезки труб, резина, бумага, изоляционные и конструкционные материалы, строительный мусор
Предприятия по производству продуктов питания	Переработка, упаковка и перевозка	Отходы мяса, жира, масла, кости, овощей, фруктов и др.
Лесопильные и деревообрабатывающие заводы, мебельные комбинаты и фабрики	Изготовление и обработка пиломатериалов, деревянных конструкций и изделий, домашней, конторской и мягкой мебели и оборудования, перегородок, конторского и торгового оборудования	Деревянные отходы, стружка, опилки, металлы, пластмассы, ткани, клеи, шпаклёвка, краска, растворители, ткани, набивочный материал
Швейное производство	Раскрой, пошив, сортировка по размерам, глажение	Ткани, нитки, металлы, пластмассы, резина, кожа, мех
Овчинно-шубное и кожевенное производство	Дубление и выделка кожи и меха, раскрой и пошив изделий	Обрезки кожи и меха, пряжа, красители, реактивы для обработки и дубления кожи и меха
Резинотехническая промышленность	Изготовление синтетического каучука и полимеров	Остатки каучука и пластмасс, ламповая сажа, отвердители и красители, металлы
Химическое и фармацевтическое производство	Обработка и изготовление неорганических химикатов, включая лаки, краски, взрывчатые вещества, лекарства, и др. материалы	Органические и неорганические химикаты, металлы, пластмассы, резина, стекло, масла, лаки, растворители, пигменты
Картонно-целлюлозные комбинаты, типографское и издательское дело	Изготовление бумаги и картона, переработка бумаги и картона, изготовление упаковочного материала, издание газет и литературы, литографическая печать, гравирование и переплётные работы	Обрывки бумаги и тканей, химикалии, вещества, служащие наполнителями бумаги, картон, типографская краска, клей, металлы
Металлургическая промышленность	Плавение, отливка, ковка, волочение, прокат, формование, штамповка	Лом черных и цветных металлов, окалина, формовочные смеси, связующие материалы, шлаки
Металлообрабатывающая промышленность и машиностроение	Изготовление металлической тары, инструмента, скобяных изделий, водопроводной арматуры, строительных конструкций, оборудования и машин, судов для	Металлолом, формовочные смеси, дерево, пластмассы, смолы, резина, ткани, кожа, краски, растворители, нефтепродукты, гальваношлаки, стекло

	строительной, горной, транспортной промышленности и флота	
Приборостроение	Изготовление аудио- и видеоаппаратуры, лабораторных и исследовательских приборов	Металлы, стекло, пластмассы, смолы, кожа, резина, кость, пластмассы, ткани, клеи, краски, растворители
Производство строительных материалов и стекла	Производство цемента, гипса, обработка камня и изготовление изделий из камня, абразивов, асбестоцементных изделий, получение и обработка стекла	Стекло, цемент, глина, керамика, гипс, асбест, камень, бумага, абразивы

В табл. 2 приводятся сведения о количестве образования, использования и обезвреживания отходов производства и потребления в целом по стране и отдельных секторах экономики в 2016 г. [1]

Таблица 2

Основные источники образования твёрдых промышленных отходов по данным за 2016 г.

Виды экономической деятельности	Образование отходов производства и потребления, млн т/год	Использование и обезвреживание отходов производства и потребления, млн т/год	Доля отходов по видам экономической деятельности, размещаемых на захоронение на полигонах, %
Всего:	5,441	3,244	40
В том числе:			
добыча угля	3,377	2,307	32
добыча сырой нефти и природного газа	0,077	0,021	72
добыча металлических руд	0,957	0,480	49
пищевые продукты	0,021	0,010	52
производство напитков	0,002	0,0001	95
производство прочей неметаллической продукции	0,025	0,011	56

Общая величина накопленных и учтённых отходов производства и потребления в целом по стране составляла на конец 2015 г. около 31,5 млрд тонн. Эти данные носят оценочный характер из-за объективных сложностей в учёте отходов, образовавшихся многие десятилетия назад. Подавляющая часть накопленных и идентифицированных отходов относится к V классу опасности, т.е. практически неопасным отходам – 31,1 млрд тонн, или почти 99% от общего объёма. Оставшаяся часть приходится на опасные отходы, в т.ч. отнесённые к I классу опасности – 14 тыс. тонн, II классу – 375 тыс. тонн, III классу – более 26 млн тонн и IV классу опасности – около 328 млн тонн (Рис. 2, левая диаграмма)⁷.

В территориальном отношении подавляющая часть накопленных отходов располагается в Сибирском (18, 1 млрд тонн или свыше 57 % общероссийской величины) и Уральском (соответственно 6,9 млрд тонн или 22 %) федеральных округах, где сконцентрированы крупные производства. Меньше отходов накоплено в Приволжском, Северо-Западном и Дальневосточном округах, соответственно 8 % и 6 % (рис. 2, правая диаграмма).

⁷ Проект Минпромторга России «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года»

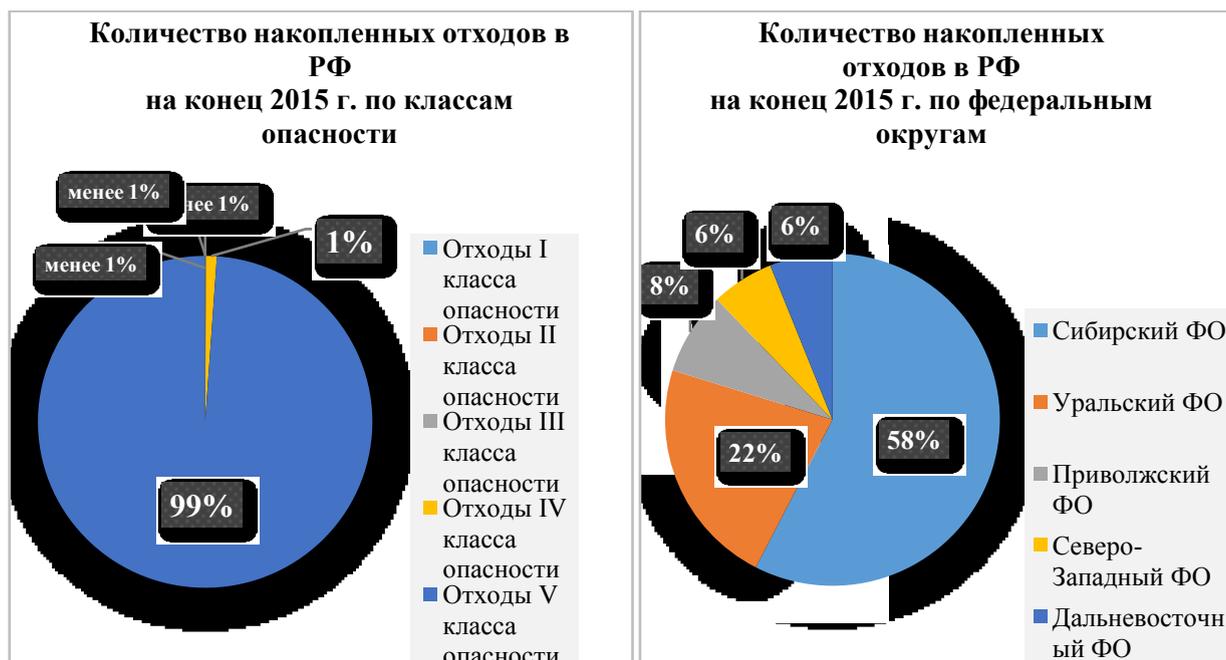


Рис. 2. Образование отходов производства и потребления по классам опасностей в 2015 году

По официальным данным масса отходов, размещенных на полигонах составила в 2006 г. 2732 млн тонн, в 2010 г. – 2227, в 2012 г. – 2911, в 2014 г. – 2951 и в 2015 г. – 2333 млн тонн⁸ (рис. 3) [14].

В последние годы наметилась тенденция снижения образования отходов. Однако, накопленные ранее отходы находятся на полигонах и продолжают оказывать негативное воздействие на окружающую среду. С увеличением количества отходов, размещённых на полигонах, их негативное воздействие будет только увеличиваться.

Складывающаяся обстановка требует кардинального решения, в корне изменяющего сегодняшнюю ситуацию. Решение данной проблемы Правительство Российской Федерации видит в комплексном подходе – не только во введении запрета на захоронение части отходов, но и в утверждении схем обращения с отходами и строительстве экотехнопарков.

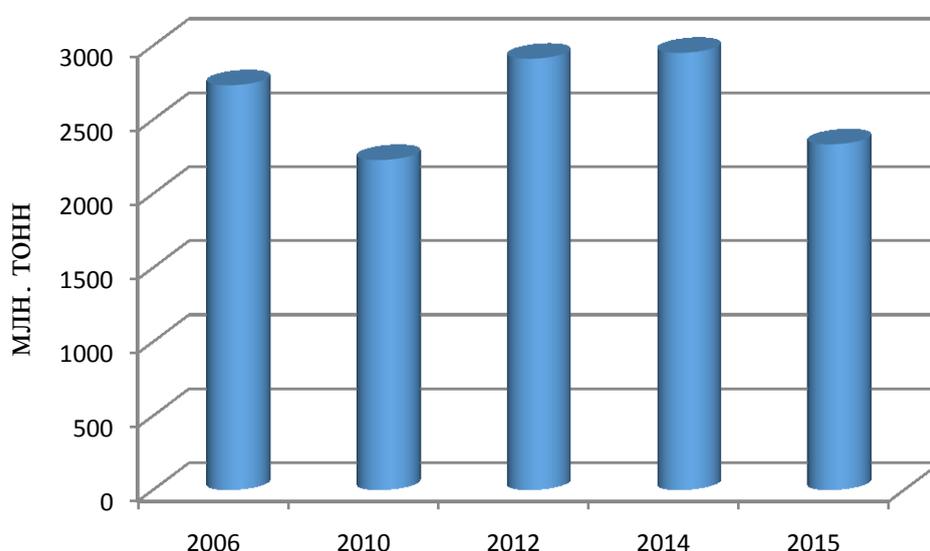


Рис. 3. Масса отходов, размещенных на полигонах захоронения

⁸ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году»

В рамках государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 годы в соответствии с поручениями Президента должно быть предусмотрено регулирование обращения вторичных материальных ресурсов, стимулирование спроса на продукцию из них; развитие экотехнопарков в сфере обращения с отходами, обеспечивающих расширение спектра производства продукции из ВМР.

Перспективы использования твердых промышленных отходов

В соответствии с требованиями Федерального закона от 24 июня 1998 года N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» для каждого субъекта Российской Федерации утверждается схема в области обращения с отходами³. В состав территориальной схемы обращения с отходами включаются документы и сведения по конкретному субъекту Российской Федерации об источниках образования отходов, о количествах отходов, образующихся на территории рассматриваемого субъекта. Определяются основные потоки движения отходов, места их накопления. Также в схеме обращения с отходами представляется информация об имеющихся на территории данного субъекта объектах по обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов и сведения о балансе количественных характеристик образования, обработки, утилизации, обезвреживания, размещения отходов.

Схема обращения с отходами разрабатывается отдельно для каждого субъекта Российской Федерации с учётом его территориальных особенностей, инфраструктуры, имеющихся основных производственных предприятий. Согласно требованиям Федерального закона от 24 июня 1998 года N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» схема подлежит согласованию с соответствующими территориальными органами уполномоченного Правительством Российской Федерации федерального органа исполнительной власти.

Территориальная схема обращения с отходами является программным документом, который определяет направление развития данной отрасли на территории конкретного субъекта Российской Федерации. В нем даётся объективная оценка ситуации, на основании которой руководители органов местного самоуправления имеют возможность принимать управленческие решения по организации безопасного обращения с отходами производства, и потребления, снижения их негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения [15].

Использование полигонов для захоронения отходов оказывается далеко не самым простым способом избавления от них. Например, в Германии стоимость захоронения 1 тонны отходов равна стоимости её сжигания и составляет 110–130 евро. В странах Европейского Союза с 1 июля 2005 г. законодательством было запрещено размещать на полигонах биоразлагаемые отходы, не подвергнутые предварительной механической или термической обработке. В западных странах идёт наращивание мощностей мусороперерабатывающих предприятий. В Германии, например, за последние 10 лет были построены мусоросжигательные заводы с мощностью 3 млн тонн в год [16].

Несмотря на комплексный подход в применении технологий обращения с отходами, в отдельных странах мира доминирующими становятся наименее приоритетные технологии с позиции иерархии подходов, например, сжигание отходов (рис.1). Одним из лидеров мировой отрасли переработки отходов, выбравшим этот путь переработки отходов, является Япония. В Германии доля отходов, подлежащих сжиганию с получением энергии, составляет 35,3 % (рис.4) [17].



Рис. 4. Сравнение практики обращения с отходами в некоторых странах Европы по данным на 2013 г. (Цитируется по [17])

Термическая переработка отходов на мусоросжигательных заводах позволила бы максимально уменьшить объем захораниваемых отходов.

В России и ближнем зарубежье сжигание твёрдых бытовых отходов осуществляется на мусоросжигательных заводах в Москве, Мурманске, Харькове, Киеве, Череповце, Владивостоке. После сжигания твёрдых бытовых отходов золошлаки составляют 25% от первоначального объёма отходов. Сжигание одной тонны твёрдых бытовых отходов может дать до 500 киловатт-часов энергии. Однако, образующиеся от сжигания золошлаки требуют специального захоронения. К тому же большую часть промышленных отходов нельзя подвергать сжиганию. В силу указанных причин сжигание не относится к перспективным методам уничтожения промышленных отходов. Данный вид утилизации применим для твердых коммунальных отходов при условии их предварительной сортировки.

Другим подходом к решению проблемы сокращения количества захораниваемых отходов является комплекс технологий, направленных на повторное использование отходов для производства товаров, в том числе рециклинг, регенерация и рекуперация. Одной из стран-лидеров в этой области является Германия. Большинство экспертов признают Германию лидером в сфере рециклинга и рекуперации, в том числе, за счёт существующего в стране законодательства и положительной практики его применения. В настоящее время в ряде технологически развитых стран мира переработка отходов производства и потребления обрела все признаки отраслевой сформированности.

На практике в большинстве субъектов Российской Федерации применяется небольшой набор известных технологий по переработке промышленных отходов. Большая часть отходов по-прежнему поступает на полигоны для захоронения. Несмотря на то, что на данный момент существует огромный спектр технологических разработок, проектов, исследований и предложений по способам переработки промышленных отходов, большая часть из них не реализуется в регионах. Самой распространённой причиной невозможности реализации какой-либо технологии является несоответствие объёма образующихся отходов в регионе заявляемой проектной мощности установки по переработке. Чаще всего предлагаются такие установки, мощность которых превышает объем образования отходов в данном регионе. Либо стоимость установки или технологии по переработке отходов такова, что её окупаемость затягивается на годы, что делает ее непривлекательной для бизнеса. Часто ситуация складывается так, что применение определённой технологии по переработке и извлечению полезного сырья требует предварительной обработки отходов. Так, например, предприятия-переработчики лома черных и цветных металлов отказываются принимать металлическую тару, загрязнённую лакокрасочными материалами или маслами, из-за затрат на подготовку тары к переработке, т.к. её необходимо очистить от остатков загрязняющих веществ, прежде, чем направлять на переработку. Аналогично обстоит дело и с полимерной тарой.

По этим причинам, несмотря на введение в действие Распоряжения Правительства Российской Федерации от 25 июля 2017 года N 1589-р, полигоны продолжают принимать на размещение промышленные отходы, которые могут являться вторичным перерабатываемым сырьём.

Толчком в развитии отрасли переработки отходов в европейских странах послужила организация комплексной стратегической и пространственной политики по обращению с отходами. Мощным стимулом для дальнейшего развития послужили директивно устанавливаемые высокие цены на размещение отходов на полигонах и установление обязательных норм по сбору и использованию ВМР. Разработка схемы обращения с отходами и, как следствие, возможная организация экотехнопарков в части комплексного подхода к обращению с отходами поможет решить данный вопрос и в Российской Федерации.

Применение технологий для каждой группы видов отходов возможно при их разделении на потоки, проще говоря – при организации их раздельного сбора. В настоящее время, в соответствии с требованиями существующего природоохранного законодательства в Российской Федерации, на всех производственных площадках предприятий осуществляется раздельный сбор промышленных отходов, что позволяет достаточно просто и безболезненно для экономики региона выстроить логистику движения отходов в рамках организации схемы обращения с отходами, и достаточно просто выявить основные потоки движения отходов.

Основной задачей субъектов Российской Федерации при организации схемы обращения с отходами, помимо разделения отходов на потоки, должна являться разработка схемы мест сбора отходов по видам отходов и способам их переработки. Основные потоки и схемы мест сбора отходов предусматриваются в разрабатываемой в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 16 марта 2016 года N 197 «Требования к составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами, в том числе с твёрдыми коммунальными отходами» и не составляет сложностей в реализации.

Выделяют основные группы отходов, в зависимости от способа их переработки и получаемого продукта после завершения процесса переработки: макулатура (различные отходы бумаги и картона), резинотехнические изделия, различные отходы древесины, отходы стекла, полимерные материалы, строительные отходы и металлургические шлаки.

Рассмотрим возможные способы переработки данных групп отходов, относящиеся к наилучшим доступным технологиям [10, 13].

Переработка макулатуры. Традиционно макулатура перерабатывается на целлюлозно-бумажных

комбинатах. Однако при небольших объёмах образующихся отходов и удалённости от действующих целлюлозно-бумажных комбинатов, затраты на её накопление и транспортирование не всегда окупаются. Альтернативные технологии ориентированы на локальную переработку макулатуры. Переработка макулатуры может осуществляться с производством теплоизоляционного материала для малоэтажного строительства – «эковаты», или тары на основе бумажного литья.

Переработка отходов резинотехнических изделий. Главенствующее направление переработки отходов резинотехнических изделий на сегодняшний день – измельчение и сепарация с получением резиновой крошки. Резиновая крошка, в зависимости от крупности, может использоваться при производстве высококачественных изделий, как сырьевая добавка в различные резинотехнические изделия, как сырьё для производства матов, подкладок под рельсы, кровельных и гидроизоляционных материалов, как добавка в асфальтовые покрытия, как сорбент и т. д. Существует альтернативный метод переработки отходов резины – пиролиз с получением технического углерода, жидкого продукта (топливо, пластификаторы, растворители), метанола. Из одной тонны перерабатываемых резиновых отходов можно получить 450 л синтетической нефти.

Переработка древесных отходов. Одним из основных методов переработки и утилизации чистых древесных отходов является получение искусственной древесины – прочного материала, который может обрабатываться резанием или отливаться в формы и штампаться. Так получают древесно-цементные массы, ДСП, ДВП, древесно-слоистые пластики. Чистую щепу используют также в качестве сырья при производстве сульфитной и сульфатной целлюлозы, полуфабриката тарного картона, гидролизного спирта и кормовых дрожжей. Чистые еловые опилки и стружки деревообрабатывающих цехов считают лучшим сырьём для изготовления древесной муки, употребляемой в качестве наполнителя в производстве фенольных пластмасс, линолеума, взрывчатых веществ. Однако большую проблему представляют загрязнённые древесные отходы. Один из путей использования таких отходов – в качестве топлива в котельных, работающих на неподготовленных древесных отходах, древесных брикетах или гранулах. Загрязнённые древесные опилки также применяются как вспучивающий материал в процессе производства пористых материалов ячеистого строения, например, керамзита.

Переработка стекла. Утилизация стекла в районах, близлежащих к стекольным заводам, не представляет проблемы. Для отдалённых регионов можно рекомендовать вариант локальной переработки сравнительно небольших объёмов стеклобоя, в том числе несортированного: дробление стеклобоя в высокоскоростных ударно-импульсных дезинтеграторах с последующим его измельчением в конусной инерционной дробилке совместно со щелочами – известью или содосодержащими отходами. Полученный порошок имеет высокую реакционную способность и может быть использован для производства растворимого стекла или силикатного кирпича.

Переработка полимерных материалов. Отходы полимеров преимущественно представлены отходами пластмассовой тары, изготовленной из полиэтилентерефталата, полиэтилена, полипропилена, и полистирола. При наличии больших объёмов исходного сырья, рассортированного по видам полимеров, отходы пластмассовой тары являются ценным сырьём для получения вторичных пластиков. Гранулят из различных видов пластика является готовым вторичным сырьём. Каждый вид вторичных пластиков используется для получения определённых пластмассовых изделий. Из отходов полиэтилена высокого давления изготавливают мешки для мусора, трубы для защиты кабеля, хозяйственные ведра, и т.д. Отходы литьевого полиэтилена низкого давления перерабатывают в элементы строительных опалубочных конструкций, детали сантехники, ручки, ящики. Одним из существенных преимуществ полимеров является их способность сохранять свойства в процессе многократной переработки. Осуществить переработку смеси пластмассовых отходов без предварительного разделения позволяет технология переработки отходов пластиков с получением композиционных полимернаполненных изделий. Такой способ утилизации является наиболее дешёвым и позволяет осуществить вторичную переработку пластиков там, где невозможно собрать промышленные объёмы качественного сырья, рассортированного по видам.

Переработка строительных отходов и металлургических шлаков. Содержащие железобетон строительные отходы и металлургические шлаки, содержащие металлизированные коржи, могут быть переработаны с выделением металлов и получением строительного щебня.

Отвалы горнодобывающих предприятий также представляют собой потенциальный источник горных пород для производства инертных заполнителей – щебня – и могут быть переработаны по той же технологии, но без железоотделения.

Детальный анализ и выбор той или иной технологии (НДТ) необходим для разработки соответствующих инвестиционных программ в регионах и предварительного расчета тарифов в области обращения с отходами. Необходимо также планирование экологической и экономической эффективности создаваемых и существующих установок и обеспечение возврата инвестиций. Только в этом случае в рамках экотехнопарков станет возможной реализация ресурсосбережения и промышленного воспроизводства ресурсов.

Помимо внедрения известных наилучших доступных технологий [10, 11] в обращении с промышленными отходами, создание экотехнопарков должно быть нацелено на развитие потенциала инновационных разработок для использования отходов в качестве вторичных ресурсов. Для этих целей организация экотехнопарков должна быть основана на принципах кластеризации и коммерциализации инноваций с обеспечением непрерывности

цикла: от инновационных разработок по производству ВМР, до производства и использования ВМР. При этом должно быть обеспечено взаимодействие государственных, муниципальных, научно-образовательных, общественных и частных организаций при активном применении информационных технологий [16, 17].

Заключение

Опираясь на зарубежный опыт ряда европейских стран, при разработке стратегии в области обращения с отходами в Российской Федерации можно спрогнозировать дальнейшее развитие комплексного подхода с уменьшением доли захоронения отходов.

Долгосрочной основой политики европейских стран в этом направлении является планомерное, сжатое по срокам, ограничение на захоронение отходов. Главный акцент делается на предотвращение образования отходов; далее выделяются следующие приоритеты в порядке значимости: подготовка отходов к вторичному использованию, рециклинг, энергетическая утилизация, захоронение отходов. Благодаря проведению такой политики, по отдельным видам отходов ряд европейских стран добился значительных результатов, сведя количество отходов, подлежащих захоронению, до минимума. В развитых странах доля захоронения отходов составляет от 13 до 20% от общего количества образовавшихся отходов, то есть доля переработки отходов достигает 80 – 87%, что значительно превышает уровень переработки отходов в Российской Федерации и может являться ориентиром для России. Ряд развитых стран, таких как, Германия, Швейцария, Япония, осуществляя последовательную политику в течение последних 20 лет, направленную на сокращение образования отходов и максимальную их переработку, добились значительных успехов в области глубокой переработки отходов и, соответственно, сокращения захоронения отходов, в частности, и за счет получения энергии из отходов.

Перспективы развития схемы обращения с твёрдыми промышленными отходами в российских условиях сформулированы с учётом выявленных тенденций в увеличении объёмов образования отходов, а также имеющихся ограничений развития отрасли.

Возможны два варианта развития схемы обращения – базовый (традиционный или консервативный) и инновационный. Базовый вариант сценария предусматривает развитие схемы обращения с отходами без реализации мер финансовой государственной поддержки и стимулирования. Отсутствие государственной поддержки не позволит развиваться схеме темпами, необходимыми для достижения значений, заложенных в распоряжениях правительства. Схема обращения с отходами будет изменяться существующими темпами или оставаться на текущем уровне. Данный вариант развития также будет характеризоваться низким уровнем привлечения инвестиций и невысоким количеством создаваемых производств по переработке отходов. Реализация базового варианта ещё больше увеличит разрыв в положении между Российской Федерацией и странами-лидерами по переработке отходов.

Инновационный вариант развития схемы обращения с твёрдыми промышленными отходами предполагает сбалансированное развитие отрасли переработки отходов производства и потребления. Инновационный вариант предусматривает привлечение необходимого объёма финансирования, которое будет направлено на реализацию мер по формированию схемы обращения с отходами. В инновационном варианте ожидается активное развитие переработки отходов производства и потребления, что будет обеспечено в основном за счёт развития экотехнопарков, а также предполагается рост сегмента продукции глубокой переработки отходов. Тем самым планируется сокращение до «нуля» не подлежащих дальнейшей утилизации и обезвреживанию отходов. При реализации инновационного варианта Российская Федерация должна достигнуть уровня развитых стран. При этом важное место имеет готовность частных инвесторов вкладывать средства, как в реконструкцию и техническое перевооружение производств по переработке отходов, так и в строительство новых мощностей производственно-технических комплексов.

Развитие схемы обращения с отходами по инновационному варианту является предпочтительным, так как обеспечит постепенное и наиболее полное достижение цели перехода от модели линейной к циркулярной экономике.

Результатом реализации схемы обращения с промышленными отходами будет являться создание отдельного сегмента в промышленности Российской Федерации – по переработке отходов производства и потребления. Главным элементом данного сегмента будут являться специализированные производственно-технические комплексы, осуществляющие деятельность по переработке отходов, ориентированные на минимизацию количества образования отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации и обезвреживанию, до «нуля» и институт по сертификации вторичных материальных ресурсов. В частности, предполагается создание производственно-технических комплексов по переработке отходов – экотехнопарков, обеспеченных необходимыми ресурсами, оборудованием, квалифицированными кадрами, с налаженными каналами сбыта продуктов переработки отходов, формирование системы управления сегмента промышленности по переработке отходов.

Количественно результаты реализации схемы по инновационному сценарию могут быть отражены в долях в отношении объёма переработанных отходов к общему объёму образованных отходов. По состоянию на 2014 год

значение данного показателя составляло 45,6%. К концу 2020 года при реализации схемы по инновационному сценарию планируется достижение значения этого показателя до уровня 54%; к 2030 году - до уровня 95% [9].

По мнению авторов, разработка территориальных схем обращения с отходами является только первым и, безусловно, важным шагом для анализа существующей ситуации, выбора и экономического обоснования технологий получения ВМР, подготовки дальнейших законодательных изменений, разработки соответствующих установок по очередям. Однако именно создание экотехнопарков, основанных на принципах кластеризации и коммерциализации инноваций является перспективным для достижения целей инновационного сценария, для перехода от точечного характера решения проблем в регионах к полномасштабному промышленному воспроизводству ресурсов.

Литература

1. Основные источники образования твёрдых промышленных отходов. Росстат, 2014 г. [Электронный ресурс] // http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/#
2. Мюррей Р. Цель – Zero Waste. (Перев. с англ.). – М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2004. – 232 с.
3. Delivering the circular economy. A toolkit for policymakers. – Ellen MacArthur Foundation, 2015. – P. 176. [Электронный ресурс] // https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf
4. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Формирование современной системы обращения с отходами – от безопасного захоронения к ремануфактурингу (опыт ЕС и задачи для России). – Проблемы современной экономики, № 4 (60), 2016. – С. 181-188.
5. Industrial pollution, European solutions: clean technologies. LIFE and the Directive on Integrated pollution prevention and control (IPPC Directive). 2004. [Электронный ресурс] // http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/cleantech_en.pdf
6. Директива 91/689/ЕЕС от 12 декабря 1991 г. по опасным отходам [Электронный ресурс] // http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_896
7. Директива N 2008/98/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза «Об отходах и отмене ряда Директив». [Электронный ресурс] // <http://narodiossii.ru/?p=15667>
8. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения перспективы. СПб, 2005. [Электронный ресурс] <http://www.waste.ru/uploads/library/wb2.pdf>
9. Проект Минпромторга России «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года». [Электронный ресурс] // http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Proekt_Strategii_PPO_predlozheniya.pdf
10. ИТС 15 – 2016. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)). – М.: Бюро НДТ, 2016.
11. ИТС 9 – 2015. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов). – М.: Бюро НДТ, 2015.
12. ИТС 17 – 2016. Размещение отходов производства и потребления. – М.: Бюро НДТ, 2016.
13. Штриплинг Л.О., Туренко Ф.П. Основы очистки сточных вод и переработки твёрдых отходов Учебное пособие – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 192 с.
14. Обращение с отходами производства и потребления. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2016.
15. Семилетова Е.В. Управление новыми механизмами на региональном уровне // Журнал Твёрдые бытовые отходы. № 12. 2015. С. 18–19.
16. Ящечкин А.С. Реализация проектов управления отходами на принципах ГЧП. Материалы круглого стола «Партнерство государства, бизнеса и науки как решающий фактор кадровой модернизации российской экономики в сфере комплексного устойчивого управления отходами». Москва, май 2016. – 39 с.
17. Корж А.С., Ткачук Л.Т. Принципы построения структурно-организационной модели кластера по переработке и утилизации отходов. Материалы круглого стола «Партнерство государства, бизнеса и науки как решающий фактор кадровой модернизации российской экономики в сфере комплексного устойчивого управления отходами». Москва, май 2016. – 39 с.

References

1. Osnovnye istochniki obrazovaniya tverdykh promyshlennykh otkhodov. Rosstat, 2014 g. [Elektronnyi resurs] // http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/#
2. Myurrei R. Tsel' – Zero Waste. (Perev. s angl.). – M.: OMNNO «Sovet Grinpis», 2004. – 232 s.
3. Delivering the circular economy. A toolkit for policymakers. – Ellen MacArthur Foundation, 2015. – P. 176. [Elektronnyi resurs] // <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/>

- EllenMacArthurFoundation_Policymaker Toolkit.pdf
4. Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Vetrova M.A. Formirovanie sovremennoi sistemy obrashcheniya s otkhodami – ot bezopasnogo zakhoroneniya k remanufacturingu (opyt ES i zadachi dlya Rossii). – Problemy sovremennoi ekonomiki, № 4 (60), 2016. – S. 181-188.
 5. Industrial pollution, European solutions: clean technologies. LIFE and the Directive on Integrated pollution prevention and control (IPPC Directive). 2004. [Elektronnyi resurs]// http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/cleantech_en.pdf
 6. Direktiva 91/689/EEC ot 12 dekabrya 1991 g. po opasnym otkhodam [Elektronnyi resurs]// http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_896
 7. Direktiva N 2008/98/ES Evropeiskogo parlamenta i Soveta Evropeiskogo Soyuza «Ob otkhodakh i otmene ryada Direktiv». [Elektronnyi resurs]// <http://narodirossii.ru/?p=15667>
 8. Evropeiskaya praktika obrashcheniya s otkhodami: problemy, resheniya perspektivy. SPb, 2005. [Elektronnyi resurs] <http://www.waste.ru/uploads/library/wb2.pdf>
 9. Proekt Minpromtorga Rossii «Strategiya razvitiya promyshlennosti po obrabotke, utilizatsii i obezvrezhivaniyu otkhodov proizvodstva i potrebleniya na period do 2030 goda». [Elektronnyi resurs]// http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Proekt_Strategii_PPO_predlozheniya.pdf
 10. ITS 15 – 2016. Utilizatsiya i obezvrezhivanie otkhodov (krome obezvrezhivaniya termicheskim sposobom (szhiganie otkhodov)). – M.: Byuro NDT, 2016.
 11. ITS 9 – 2015. Obezvrezhivanie otkhodov termicheskim sposobom (szhiganie otkhodov). – M.: Byuro NDT, 2015.
 12. ITS 17 – 2016. Razmeshchenie otkhodov proizvodstva i potrebleniya. – M.: Byuro NDT, 2016.
 13. Shtripling L.O., Turenko F.P. Osnovy ochistki stochnykh vod i pererabotki tverdykh otkhodov Uchebnoe posobie – Omsk: Izd-vo OmGTU, 2005. – 192 s.
 14. Obrashchenie s otkhodami proizvodstva i potrebleniya. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2015 godu». M.: Minprirody Rossii; NIA-Priroda. – 2016.
 15. Semiletova E.V. Upravlenie novymi mekhanizmami na regional'nom urovne // *Zhurnal Tverdye bytovye otkhody*. № 12. 2015. S. 18–19.
 16. Yashechkin A.S. Realizatsiya proektov upravleniya otkhodami na printsipakh GChP. Materialy kruglogo stola «Partnerstvo gosudarstva, biznesa i nauki kak reshayushchii faktor kadrovoi modernizatsii rossiiskoi ekonomiki v sfere kompleksnogo ustoichivogo upravleniya otkhodami». Moskva, mai 2016. – 39 s.
 17. Korzh A.S., Tkachuk L.T. Printsipy postroeniya strukturno-organizatsionnoi modeli klastera po pererabotke i utilizatsii otkhodov. Materialy kruglogo stola «Partnerstvo gosudarstva, biznesa i nauki kak reshayushchii faktor kadrovoi modernizatsii rossiiskoi ekonomiki v sfere kompleksnogo ustoichivogo upravleniya otkhodami». Moskva, mai 2016. – 39 s.

Статья поступила в редакцию 07.11.2017 г.