

УДК 504.05:658.544

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М. В. Березюк, А. В. Румянцева, Е. И. Румянцева

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Поступила в редакцию 25 июля 2017 г.

Аннотация: проблема управления образованием и вторичным использованием твердых коммунальных отходов (ТКО) в Российской Федерации является крайне актуальной не одно десятилетие. Проведен анализ динамики образования и захоронения ТКО в странах Евросоюза и Российской Федерации. Для МО «город Екатеринбург» авторами предлагается проект по строительству завода по переработке твердых коммунальных отходов в горючий газ методом высокотемпературного пиролиза, рассчитаны основные показатели экономической эффективности инвестиционного проекта.

Ключевые слова: обращение с отходами, твердые коммунальные отходы, технологии переработки, пиролиз, экономическая эффективность проекта.

Abstract: the problem of the municipal solid waste (MSW) formation and recycling has been very important for many decades in the Russian Federation. The problem is multifaceted and complex. The article analyzes the dynamics of municipal solid waste formation and its utilization within the territory of the EU and Russia. The authors of the paper suggest a project of a plant for processing municipal solid waste into a combustible gas with the help of high temperature pyrolysis. The main indicators of economic efficiency are calculated.

Key words: waste management, municipal solid waste, recycling technology, pyrolysis, the economic efficiency of the project.

Одна из наиболее острых экологических проблем Российской Федерации – это организация эффективного обращения с отходами производства и потребления, т. е. деятельности по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов. Это связано с множеством аспектов:

1) необходимостью решать задачи двойственного характера, связанные одновременно с охраной окружающей среды и вопросами ресурсосбережения, переработки и вторичного использования отходов;

2) постоянным увеличением объемов размещения отходов, т. е. необходимостью постоянного отвода новых земельных участков под места хранения и захоронения отходов, а также рекультивации нарушенных (загрязненных, деградировавших) площадей на закрывающихся полигонах и свалках отходов;

3) территориальной спецификой проблемы, обусловленной с тем, что основной объем промышленных отходов образуется в относительно небольшом

числе регионов, т. е. в местах расположения химических, нефтехимических, металлургических, целлюлозно-бумажных и некоторых других производств и районах добычи полезных ископаемых. Однако твердые коммунальные отходы (ТКО) [1] образуются повсеместно, но очень неравномерно и размещаются внутри субъектов Российской Федерации.

Анализ мировых и отечественных тенденций в области обращения с твердыми бытовыми отходами

На конец 2015 г. общая величина накопленных и учтенных отходов производства и потребления в целом по стране составляла примерно 31,5 млрд т [2], годовой объем образования отходов производства и потребления в 2015 г. в Российской Федерации составил 5060,3 млн т, доля использованных и обезвреженных отходов составила 53 %, т. е. 2685,2 млн т (рис. 1). Для сравнения объем образованных твердых коммунальных отходов составил 48,6 млн т, при этом доля использованных и обезвреженных – только 7 %, или 3,4 млн т. Динамика образования и использования

отходов производства и потребления и твердых коммунальных отходов в Российской Федерации представлена на рис. 1, 2 [3; 4].

Приведенная статистика в определенной мере носит оценочный характер из-за объективных сложностей в учете отходов, образовавшихся многие десятилетия назад, а также в идентификации разложения, разубоживания, выветривания, коррозии, зарастания растительностью и т. п. ранее накопленных отходов.

На объекты по переработке и сжиганию ТБО в стране пока поступает относительно небольшая часть общего вывоза данных отходов. В частности, в 2015 г. на мусороперерабатывающие объекты было направлено около 21 млн м³ (7 % от общего объема вывоза), а на мусоросжигательные заводы – менее 7 млн м³ ТБО (около 2 %). Следует иметь в виду, что, кроме ТБО, из селитебных зон в 2015 г. было вывезено почти 42 млн м³ жидких отходов, а также свыше 62 млн м³ снега, который во многих случаях значительно загрязнен различными вредными примесями, попавшими в течение зимнего периода [2].

Для сравнения со странами ЕС доля сжигаемых ТБО в отдельных странах доходит до 70 %: Швейцария – 79 %, Япония – 72 % (табл. 1).

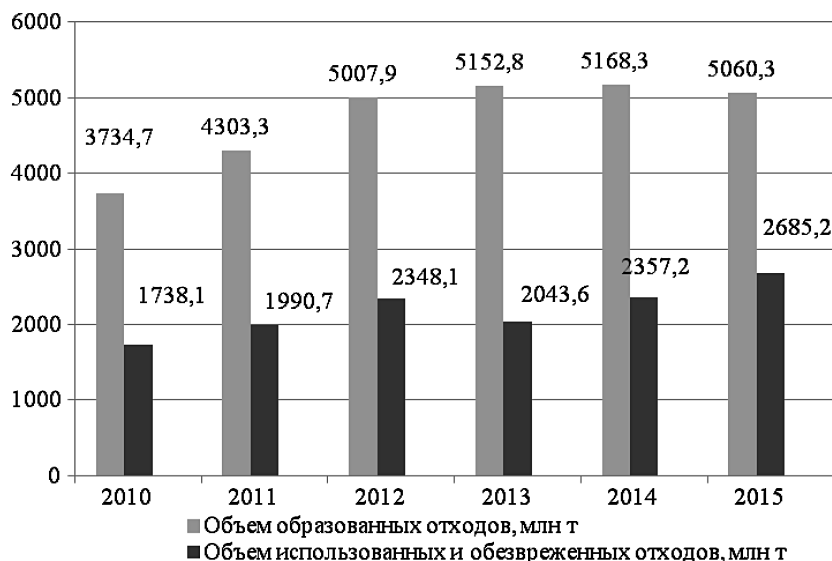


Рис. 1. Динамика образования и использования отходов производства и потребления в Российской Федерации



Рис. 2. Динамика образования и использования ТКО в Российской Федерации

Т а б л и ц а 1

Доля сжигания твердых бытовых отходов в развитых странах

Страна	Население, млн чел.	ТБО, млн т в год	Число мусоро-сжигающих заводов	Доля сжигаемых ТБО, в %
Швейцария	7	2,9	29	79
Япония	123	44,5	1900	72
Дания	5	2,6	32	65
Швеция	9	2,7	21	59
Франция	56	18,5	100	41
Голландия	15	71	9	39
Германия	61	40,5	51	33
Италия	58	15,6	51	17
США	248	180	168	16
Испания	38	11,8	21	6
Англия	57	35	7	5
Россия	145	–	8	–

В странах ЕС используется понятие муниципальных отходов (МО), состав которых дает возможность проводить объективные международные сравнения.

Сложившиеся в последние годы тренды вывозки и переработки ТБО по отдельным, крупным городам России во многих случаях не совпадают, т. е., очевидно, имеют свою специфику. Практически во всех городах объемы вывозки ТБО в 2001–2015 гг. значительно увеличились. При этом темпы роста по отдельным городам также ощутимо не совпадали. В 2015 г. в ряде субъектов Российской Федерации введены в эксплуатацию полигоны ТКО/ТБО и мусороперерабатывающие комплексы или велась активная работа в данном направлении: республики Адыгея, Башкортостан, Бурятия, Ингушетия, Карачаево-Черкессия, Коми, Марий Эл, Удмуртская Республика и Чувашская Республика; Краснодарский, Пермский, Ставропольский и Хабаровский края; Белгородская, Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Кировская, Костромская, Курганская, Курская, Липецкая, Мурманская, Омская, Орловская, Ростовская, Самарская, Саратовская, Сахалинская, Смоленская, Тамбовская, Тульская и Тюменская области; г. Санкт-Петербург, Ханты-Мансийский автономный округ Югра [2].

Динамика образования и захоронения на полигонах и свалках муниципальных отходов в странах

ЕС и в нашей стране отражена в табл. 2, данные приведены в расчете на одного жителя соответствующей страны [2]. Если говорить о соответствующих тенденциях в США, то сейчас «мусорный рынок» в США переживает подъем: в сфере сбора и утилизации действует около 56 тыс. предприятий, годовой оборот которых составляет почти 240 млрд долл., работает около 550 мусороперерабатывающих заводов. По прогнозам в ближайшие годы количество ТБО, направляемых на переработку, может достигнуть в этой стране 30–55 %.

Анализ данных Евростата [5] за период с 2000 по 2014 г. показывает, что во многих государствах объемы захоронения муниципальных отходов сократились в очень больших масштабах – как по общему тоннажу, так и в расчете на одного жителя. В таких странах, как Бельгия, Германия, Нидерланды и Швеция, соответствующие показатели снизились от 10 до 30 раз, а в Швейцарии в последние годы это захоронение вообще не производилось. В США уменьшение данного захоронения в 2000–2012 гг. было незначительным – порядка 3–4 %. В России произошло увеличение объема захоронения ТБО. Сравнивая сложившуюся ситуацию в области обращения с ТБО/ТКО в России и странах ЕС и США, безусловно, мы серьезно отстаем по ряду показателей. Однако принятые в 2014–2015 гг.

Т а б л и ц а 2

Динамика образования и захоронения на полигонах и свалках муниципальных отходов в странах ЕС и в Российской Федерации, кг на одного жителя

Страна	2005	2010	2012	2013	2014	2014 г. в % к 2000 г.
Всего по 28 странам ЕС образовалось / захоронено	521/–	503/185	485/154	477/143	475/132	91/–
Австрия	580/196	562/18	579/25	578/23	565/23	97/12
Бельгия	471/91	456/8	447/5	437/4	435/4	92/4,4
Болгария	612/400	554/411	460/318	432/298	442/307	72/77
Великобритания	577/468	509/234	477/177	482/164	482/134	82/29
Венгрия	446/366	403/284	402/263	378/244	385/221	86/60
Германия	642/167	602/3	619/1	609/8	618/9	96/5,4
Дания	610/66	673/23	750/16	752/13	759/10	124/15
Испания	658/337	510/318	468/284	454/253	435/240	66/71
Италия	509/385	547/253	504/468	491/181	488/154	96/40
Нидерланды	598/57	571/9	549/8	526/8	527/8	88/14
Польша	320/313	316/195	317/198	297/157	272/143	85/46
Румыния	355/295	313/238	252/171	254/175	–/–	72/59
Финляндия	502/305	470/212	506/166	493/144	482/124	86/28
Франция	514/219	533/166	523/139	517/134	511/132	99/60
Швеция	428/97	439/4	450/3	451/3	438/3	102/3,1
Швейцария	656/54	708/–	694/–	702/–	730/–	111/–
Россия, вывезено ТБО	207	330	371	347	389	188

законодательные, организационно-управленческие, фискально-экономические и иные мероприятия создают определенный задел на дальнейшее развитие и повышение эффективности обращения с отходами производства и потребления, включая сферу ТКО/ТБО. В первую очередь требуется решить проблему создания современной инфраструктуры, обеспечивающей переработку (утилизацию) различных отходов с получением вторичной (возвратной) и/или попутной продукции [2].

Современные методы переработки ТКО

Несмотря на все многообразие методов переработки ТКО и их взаимное переплетение в мировой практике сложилась следующая примерная классификация технологий: 1) депонирование (захоронение на полигонах); 2) сортировка; 3) механико-биологическая переработка; 4) прямое сжигание ТКО; 5) анаэробное сбраживание и компостирование; 6) пиролиз и газификация.

Следует отметить, что в мировой практике нет стандартов или правил, строго классифицирующих указанные направления и тем более предписывающих их применение. В разных странах, районах, отдельных городах и населенных пунктах вопросы переработки ТКО решаются индивидуально с учетом местных условий и особенностей, финансовых возможностей и других факторов. Поэтому используются элементы разных направлений и технологий в зависимости от целей и задач, достигаемых в каждом конкретном случае. Четкого реализованного аналога решения проблемы переработки отходов, который полностью соответствовал бы условиям г. Екатеринбурга, определить не удалось.

В данной работе авторы рассматривают пиролиз как высокоэффективный способ утилизации и обезвреживания отходов. В процессе пиролиза происходит полезное использование отходов с точки зрения превращения их в тепловую или электрическую энергию. Также в процессе пиролиза значительно ниже выбросы вредных веществ, нежели при обычном сжигании на мусоросжигательном заводе. Для пиролиза отходы необходимо частично или полностью подготавливать.

Процесс пиролиза имеет следующие стадии:

- сушка до определенного содержания влаги;
- непосредственно сам процесс пиролиза;
- газификация.

В процессе пиролиза образуются следующие компоненты: синтез-газ, смолы, водяной пар, твердый остаток из углерода, который можно назвать коксом. Пиролиз – это процесс разложения веще-

ства на более простые составляющие при недостатке воздуха, при действии высоких температур. В процессе газификации под воздействием кислорода воздуха или пара происходит превращение твердого остатка в газ [6]. То, что останется после газификации, является неорганическим остатком и подлежит захоронению на специальном полигоне. Но общая доля подобных остатков не превышает 10 % от первоначальной массы загрузки.

Процесс пиролиза можно разделить по температуре [6; 7]:

– низкотемпературный пиролиз подразумевает температуру в районе 450–500 °С. В процессе низкотемпературного пиролиза твердых коммунальных отходов выделяется меньше всего газа, максимальное количество различных масел, смол и твердых остатков;

– среднетемпературный пиролиз подразумевает температуру до 800 °С. При этом повышается образование газа, а объем смол, масел и остатка снижается;

– высокотемпературный пиролиз подразумевает температуру выше 800 °С. В процессе высокотемпературного пиролиза происходит максимальное образование газов, с минимальным образованием смол, масел и твердого остатка. Высокотемпературный пиролиз ограничивается 1050–1100 °С, так как в этом диапазоне температур начинается процесс расплавления остатков – шлака, что впоследствии существенно осложняет работу системы шлакоудаления.

Процесс пиролиза включает в себя четыре последовательных этапа:

– сортировка мусора и отбор из него предметов выше допустимых размеров, металлов. Разделение происходит с помощью электромагнитов и индукционного сепарирования;

– процесс газификации, с получением синтез-газа, шлака;

– очистка синтез-газа щелочным раствором в скруббере от серы, фтора, хлора, цианидов;

– сжигание очищенного синтез-газа в котлах-утилизаторах, с целью получения электрической и тепловой энергии.

Данный метод переработки ТКО является экологичным и перспективным на сегодняшний день. Образующийся синтез-газ можно эффективно использовать, а вредные вещества при такой температуре распадаются. В процессе сортировки отбирается металл, который также можно вторично использовать.

Высокотемпературный пиролиз позволяет экономически выгодно, экологически безопасно и

технически реализуемо утилизировать ТКО без существенной подготовки, сортировки, сушки, поскольку при данном способе не предъявляется каких-то жестких требований к исходному сырью, а значит, утилизироваться может и несортированный мусор.

Процесс высокотемпературного пиролиза имеет высокий КПД, до 95 %. Данный аспект говорит о том, что можно перерабатывать малогорючие отходы с зольностью до 90 % и высокой влажностью до 60 % [6; 7].

Достоинства высокотемпературного пиролиза:

- позволяет перерабатывать высокозольные и влажные компоненты;
- отработанные газы выходят с низким содержанием твердых частиц, так как проходят своеобразную фильтрацию через слой сырья. Это позволяет снизить издержки на закупку установок по очистке газа, таких как циклоны;
- происходит образование ценного синтез-газа, который можно использовать для выработки тепловой и электрической энергии;
- происходит образование шлака, который можно использовать в строительной промышленности;
- происходит сортировка мусора, благодаря которой отбираются цветные и черные металлы, годные для реализации.

Таким образом, используя подобную технологию, можно полностью изменить современный подход в сфере обращения с отходами, существенно сократить объемы их размещения и начать эффективно перерабатывать и использовать ТКО.

Технико-экономическое обоснование проекта по переработке ТКО методом высокотемпературного пиролиза в г. Екатеринбурге

Екатеринбург – полуторамиллионный город. Ежегодно в городе образуется и утилизируется более полумиллиона тонн отходов жизнедеятельности человека. Хозяйствующими субъектами МО «город Екатеринбург» образовано в 2015 г. 1150,02 тыс. т отходов (0,64 % от объема образования отходов по области в целом). Объем образования твердых коммунальных отходов составил 446,2 тыс. т. Утилизация и обезвреживание отходов составили 578,77 тыс. т, или 50,3 % от объема отходов, образованных на территории муниципального образования, и 0,69 % от объема утилизации и обезвреживания отходов в целом по области. На мусоросортировочный комплекс полигона твердых бытовых отходов «Широкоречен-

ский» Екатеринбургского МУП «Специализированная автобаза» в 2015 г. направлено 109,1 тыс. т ТКО (в 2014 г. – 116,2 тыс. т), сортировка отходов в среднем составила 6,6 % (в 2014 г. – 8,7 %; в 2013 г. – 11,7 %) [8]. Таким образом, на территории г. Екатеринбурга сложилась сложная ситуация в сфере обращения с ТКО, что, несомненно, требует совершенствования технологий и методов обращения с ТКО.

В процессе исследования был предложен пилотный проект по строительству завода по переработке ТКО в горючий газ методом высокотемпературного пиролиза.

Для реализации данного проекта необходимо построить помещение в виде ангара, поставить конвейерные ленты с магнитами, дробилками и мелким ситом, реактор пиролиз, теплообменники и конденсаторы газа, установку мокрой очистки газа и трубопровод для транспортировки газа. Общая сумма инвестиций на строительство завода по переработке ТКО составит 249 755 тыс. руб.

Предполагаемый инвестор – региональный оператор, который в рамках частно-государственного партнерства нацелен на создание инфраструктуры по обращению с ТКО.

Согласно предусмотренным изменениям в федеральном законодательстве (ст. 1 Федерального закона № 89-ФЗ) [9], для осуществления деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и захоронению ТКО на территориях субъектов Российской Федерации будут определены региональные операторы. Свою деятельность региональные операторы должны будут осуществлять в соответствии с региональной программой в области обращения с отходами и территориальной схемой обращения с отходами [3; 4]. В Свердловской области разработана комплексная стратегия по обращению с твердыми бытовыми (коммунальными) отходами до 2030 года [10], которая устанавливает конкретные целевые показатели по переработке, обезвреживанию и захоронению отходов к 2030 г. Таким образом, региональные операторы должны быть заинтересованы в переработке и утилизации ТКО.

Завод позволит перерабатывать 103 920 т мусора в год. По мнению специалистов, из одной тонны мусора в процессе высокотемпературного пиролиза можно получить в среднем 450–500 м³ синтез-газа. Для расчета производственной мощности завода взят средний показатель – 475 м³/т мусора. Производственная мощность завода составит 49 312 тыс. м³ в год.

Состав получаемого газа представлен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3
Теплота сгорания получаемого газа

Компонент	Низшая теплота сгорания, кДж/м ³	Доля в газе, %	Теплота сгорания, КДж
H ₂	12 640	40	5056
CO	10 820	17	1839,4
CH ₄	35 850	11	3943,5
CO ₂	–	32	–
Итого	–	100	10 838,9

Расчеты показали, что себестоимость 1000 м³ газа составит 1073,9 руб., на весь выпуск – 53 009,7 тыс. руб.

На данный момент стоимость 1000 м³ природного газа для оптового покупателя составляет около 3646 руб.

Из табл. 3 видно, что теплота сгорания получаемого газа в 3,3 раза ниже, чем теплота сгорания природного газа. Таким образом, можно рассчитать рыночную цену получаемого газа по соотношению теплоемкости. Цена не должна превышать 1102 руб. В проекте предлагается реализовывать газ по себестоимости.

Для реализации газа рассматривается электростанция (например, Новосвердловская ТЭЦ). Данная станция имеет мощность 557 МВт, что при КПД газотурбинного генератора в 65–70 % потребляет газа примерно 800 млн м³ в год. Эти расчеты приведены для постоянной максимальной нагрузки. Реально данная станция потребляет 500–600 млн м³ в год. Поэтому потреблять образованный газ в объеме примерно 49 млн м³ для станции не является проблемой.

Частично полученный газ будет использоваться на собственные нужды. Данная технология подразумевает нагрев сырья. Для этого нужна энергия, тепло, которое и можно получать, сжигая полученный синтез-газ. Предполагается сжигать около 15 % полученного газа, т. е. на продажу можно будет реализовать около 41 957 тыс. м³ газа.

Также механически отделяются смет – около 6 % и металл – около 4 %. Таким образом, в реактор поступает около 90 % всего поступившего на завод мусора. Это значит, что на завод должно поступать около 115 466 т в год.

Формирование источников дохода проекта представлено в табл. 4.

Далее было проведено экономическое обоснование эффективности инвестиционного проекта. Срок реализации проекта составляет 16 лет.

Т а б л и ц а 4
Доходы завода по переработке ТКО

Источник дохода	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, тыс. руб.
Продажа газа, тыс. м ³	41 957	1073,9	45 057,6
Продажа черного лома, т	4618	6000	27 708,0
Получение платы за утилизацию ТКО, т	115 466	150	17 319,9
Итого	–	–	90 085,5

Основные показатели экономической эффективности инвестиционного проекта рассчитаны при ставке дисконтирования 12 %, приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5
Основные показатели экономической эффективности проекта

№	Наименование показателей	Ед. измерения	Значения показателей
1	Чистый доход	тыс. руб.	415 380
2	Чистый дисконтированный доход	тыс. руб.	47 668
3	Дисконтированный срок окупаемости	годы	10,9
4	Индекс доходности инвестиций	–	1,19
5	Максимальный денежный отток	тыс. руб.	220 000
6	Внутренняя норма доходности	%	15,95
7	Точка безубыточности	тыс. м ³ газа	18 621
8	Запас финансовой прочности	%	55,6

Анализируя полученные показатели экономической эффективности проекта, можно сделать вывод, что проект строительства завода по переработке ТКО методом высокотемпературного пиролиза является привлекательным и целесообразным для реализации. Основным экологическим результатом проекта можно считать утилизацию накопленных и вновь образующихся отходов. В результате этого ликвидируется накопленный экологический ущерб и предотвращается ущерб окружающей среде. Срок окупаемости инвестиций является достаточно большим, но, с точки зрения достижения нынешнего и отложенного экологического эффекта и с мыслью о буду-

щих поколениях, можно с уверенностью говорить о необходимости инвестирования в будущее.

В итоге выполнения исследований можно сделать следующие выводы, которые являются определяющими для обоснования выбора технологий по переработке ТКО.

1. В настоящее время существует несколько технологий утилизации ТКО, исключая прямое сжигание отходов. В каждом конкретном случае технология определяется в соответствии с местными условиями и требованиями. Действующего универсального аналога, полностью соответствующего условиям г. Екатеринбурга (состав ТКО, сортировочные и перерабатывающие линии, мощности, тарифы и пр.), определить не удалось.

2. Технология высокотемпературного пиролиза является технически выполнимой и может рассматриваться в качестве промышленной для утилизации ТКО в г. Екатеринбурге.

3. Техническая эффективность применения технологии пиролиза в первую очередь зависит от морфологического состава ТКО, что определяется многими организационными и социальными факторами: уровнем жизни населения, системой сбора и транспортировки отходов, другими факторами, подлежащими исследованию.

4. Полученный в процессе пиролиза синтез-газ может иметь калорийность примерно в три раза ниже калорийности природного газа. Синтез-газ пиролиза может рассматриваться как замещающее топливо для ряда энергетических и технологических установок, работающих на газе.

6. Проект позволит снизить нагрузку на полигоны ТКО, перерабатывать около 10 % всех образуемых ТКО в г. Екатеринбурге и улучшить экологическую обстановку.

ЛИТЕРАТУРА

1. О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации : федер. закон от 29 декабря 2014 г. № 458. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/

2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/f68/2015.pdf>

3. Berezyuk M. Municipal Solid Waste Management In a New Legislation : Comprehensive Approach / M. Berezyuk, A. Romyantseva, A. Lapina // E3S Web of Conferences. – 2016. – Vol. 6. – Article Number 1006.

4. Березюк М. В. Новая система управления ТКО : инновационный подход / М. В. Березюк, А. В. Румянцева // Инновационное развитие экономики : научно-практический и теоретический журнал. – 2016. – № 5(35). – С. 19–29.

5. Сайт Евростата [in Russian]. – Режим доступа: http://data.trendeconomy.ru/eurostat/env_wastrt

6. Rehraha D. Physico-chemical characterization of biochars from solid municipal waste for use in soil amendment / D. Rehraha, R. R. Bansodeb, O. Hassanb, M. Ahmednaa // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2016. – Vol. 118. – P. 42–53.

7. Бугаян С. А. Утилизация твердых бытовых отходов : зарубежный и отечественный опыт / С. А. Бугаян // Наука и образование : хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – Ростов н/Д. – 2015. – № 7 (62). – С. 27–31.

8. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2015 году». – Режим доступа: <http://www.mprso.ru/gosudarstvennye-doklady-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhaiushei-sredy-sverdlovskoi-oblasti>

9. Об отходах производства и потребления : федер. закон от 24 июня 1998 г. № 89. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12112084/>

10. Комплексная стратегия по обращению с твердыми бытовыми (коммунальными) отходами на территории Свердловской области до 2030 года. – Режим доступа: <http://energy.midural.ru/images/Upload/822/doctbo/1259-%D0%9F%D0%9F.pdf>

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Березюк М. В., кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики природопользования

E-mail: m.v.berezyuk@urfu.ru

Тел.: 8-922-148-30-68

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin

Berezyuk M. V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Environmental Economics Department

E-mail: m.v.berezyuk@urfu.ru

Tel.: 8-922-148-30-68

Румянцева А. В., кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики природопользования

E-mail: alenarum@mail.ru

Тел.: 8-902-87-51-706

Румянцева Е. И., студент кафедры финансового и налогового менеджмента

E-mail: lizarum09@gmail.com

Тел.: 8-908-902-68-30

Rumyantseva A. V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Environmental Economics Department

E-mail: alenarum@mail.ru

Tel.: 8-902-87-51-706

Rumyantseva E. I., Student of Finance and Tax Management Department

E-mail: lizarum09@gmail.com

Tel.: 8-908-902-68-30