

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

М. В. Алябьева, Л. А. Мирошников

Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Белгород, Россия

О. В. Веревкин

ООО «ТК «Экотранс», Белгород, Россия

В статье рассматриваются проблемные вопросы методов переработки отходов в Российской Федерации, в том числе их эффективной переработки в рамках внедрения замкнутого цикла для решения экологических проблем в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) с получением энергии, а также снижением выбросов парниковых газов. Бытовые и твердые промышленные отходы, представляющие собой отходы, засоряют наш окружающий мир, ландшафт и являются основой вредных биологических, химических и биохимических поступлений в находящуюся вокруг нас сферу жизнедеятельности. В социальной инфраструктуре полигоны твердых коммунальных отходов занимают низкое положение. Объекты такого рода требуют большего внимания, развития грамотной и эффективной системы обращения с отходами, в связи с чем было проведено исследование выхода свалочного газа участка полигона ТКО города Белгорода для определения его энергетического использования. В статье приведены результаты технологического и экономического анализа процесса переработки отходов путем получения биогаза. Значимость полученных результатов расчета и рассматриваемого исследования определяется возможностью реализации новых инвестиционных проектов по энергетической утилизации отходов при приемлемом сроке окупаемости и рентабельности.

Ключевые слова: обращение с отходами, экономическая эффективность проекта, пиролиз, свалочный газ.

ECOLOGO-ECONOMIC SUBSTANTIATION OF INDUSTRIAL INTRODUCING OF SOLID MUNICIPAL WASTE TECHNOLOGIES

Marianna V. Alyabeva, Leonid A. Miroshnikov

Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,
Belgorod, Russia

Oleg V. Verevkin

LLC "TK "Ecotrans", Belgorod, Russia

The article studies methods of recycling waste in the Russian Federation, including its effective recycling within the frames of introduction of the closed cycle, which aims at resolving ecological problems in the field of treating solid municipal waste (SMW) to obtain power and at cutting greenhouse gas emissions. Household and solid industrial waste litters our environment, spoils landscape and makes up the base of harmful biological, chemical and biochemical matters entering the sphere of our life. In social infrastructure fields of solid municipal waste take a bottom position. Objects of this type require serious attention and the effective system of treating waste should be developed. In this connection a research was done concerning output of dumping gas on SMW field in the city of Belgorod in order to obtain information about its energy use. The article provides findings of technological and economic analysis of the waste recycling process by getting biogases. The importance of obtained results of calculation and research could provide chances of implementing new innovation projects on power utilization of waste in case of acceptable payback period and profitability.

Keywords: waste treatment, economic efficiency of the project, pyrolysis, dumping gas.

Одной из основных природоохран-ных задач сегодня является органи-зация эффективного обращения с отходами производства и потребления в России. Согласно статье 1 Федерального закона от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», отходами производства и потребления являются вещества или предметы, сформировавшиеся вследствие изготовления, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предна-значены для удаления или же подлежат удалению. Обращение с отходами пред-ставляет собой деятельность по их сбору, накоплению, транспортированию, обра-ботке, утилизации, обезвреживанию и размещению.

Утилизация твердых коммунальных от-ходов в России определена следующими факторами:

1. Потребность устранения проблемы в рамках окружающей среды, а также ресур-сосбережения, обработки вторичного ис-пользования ТКО.

2. Потребность в необходимом увеличе-нии территории для размещения непре-рывно поступающих ТКО. Здесь речь идет о новых земельных участках, т. е. о землях, которые могут быть отведены под захоро-нения ТКО, в том числе и о рекультивации земель, которая, по данным Росстата на 2020 г., составляет 106 750 га [6];

3. Потребность в ликвидации промыш-ленных отходов. Такие отходы образуются в небольшом количестве регионов, а именно в таких местах, где находятся нефтехимические, металлургические, цел-люлозно-бумажные и иные производ-ственные районы [2].

В 2020 г. на территории Российской Фе-дерации образовалось 6 955,7 млн т отхо-дов производства и потребления, однако это на 10,3% меньше по сравнению с 2019 г. Согласно статистике в среднем каж-дый житель страны пополняет объем ТКО на 420–450 кг в год. Основными компонен-тами ТКО являются пищевые отходы, бу-

мага, картон, пластик, стекло, черный и цветной металл (рис. 1).

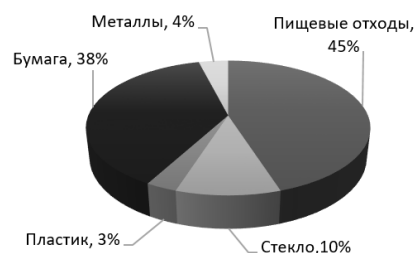


Рис. 1. Состав твердых коммунальных отходов

В Российской Федерации уровень пере-работки ТКО составляет примерно 4% от их общей величины, в то время как в стра-нах Европейского союза перерабатывается около 60%. Из этого можно сделать вывод, что все большее и большее количество му-сора в России отправляют на свалку, где объем отходов только растет.

Борьба с отходами в России ведется уже не первый год. В декабре 2018 г. федераль-ный проект «Комплексная система обра-щения с твердыми коммунальными отхо-дами» был утвержден в рамках нацио-нального проекта «Экология». В соответ-ствии с развитием такой стратегии уже в 2024 г. в России сортировке, разборке и очистке должно подвергаться около 60% всех ТКО, после чего отсортированные от-ходы должны направляться на утилиза-цию. Таким образом, планируется, что уже через три года не менее 36% всех ТКО бу-дут подлежать утилизации [5]. Для срав-нения: доля сжигаемых ТКО в 2021 г. в не-которых странах доходила до 80%, как, например, в Швейцарии.

Также стоит отметить, что в Европей-ском союзе используется такое понятие, как «муниципальные отходы», состав кото-рых можно сравнивать на международном уровне. Сегодня тенденции вывоза и пере-работки ТКО в некоторых регионах России носят особый характер. По данным Рос-природнадзора, самым загруженным реги-оном по утилизации отходов в Российской Федерации является Подмоскovie [4].

На рис. 2 показаны основные методы утилизации отходов по степени затрат. За-

хоронение ТКО на полигонах по-прежнему является основным методом решения проблемы в большинстве стран. Это связано с тем, что национальная экономика недостаточно развита, чтобы инвестировать значительные средства в сложные технологии переработки мусора.

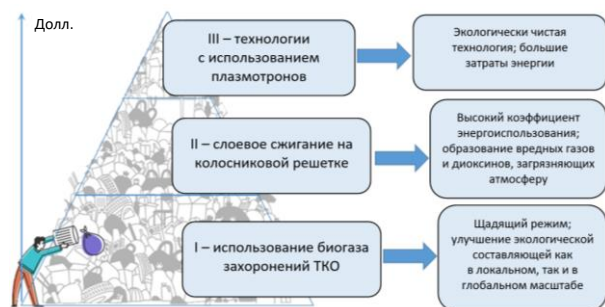


Рис. 2. Методы утилизации отходов по степени затрат

Рассматривая перспективы использования свалочного газа в качестве источника энергии в России, нужно иметь в виду, что его энергетическое использование без учета дополнительного финансирования снижения выбросов парниковых газов экономически нецелесообразно.

Утвержденными методами термической обработки ТКО являются слоевое сжигание на механических колосниковых решетках, обработка в кипящем слое и комбинированные технологии с использованием процессов пиролиза и газификации. На базе оценок экспертов, которые были проведены как российскими, так и иностранными учеными, было определено, что оптимальной считается технология сжигания ТКО на колосниковой решетке. Сравнительный анализ тепловых процессов в основных базовых технологиях термической переработки ТКО [6. – С. 7] также показал, что технологии сжигания в колосниковых топках являются приоритетными, поскольку имеют более высокий коэффициент энергоиспользования по сравнению с другими технологиями. Такого рода показатель представляет собой отношение электроэнергии, которая может быть выработана путем использования энергопотенциала

отходов, к общим энергозатратам на функционирование всего завода.

Основными преимуществами данного метода являются более низкие эксплуатационные и капитальные затраты по сравнению с другими технологиями, а также высокая степень надежности. Основным недостатком – образование вредных газов и диоксинов, загрязняющих атмосферу.

Применение плазменной технологии для извлечения энергии из неопасных остатков нежелательно в связи с низкой энергоэффективностью процесса. В. М. Батенин, В. И. Ковбасюк, Л. Г. Кретьева и Ю. В. Медведев в своем исследовании сравнили энергоэффективность процессов (в пересчете на суммарную энергию горючих компонентов получаемого синтез-газа) плазменной и автотермической газификации одного и того же вида топлива (отхода) при температуре 1 400 К [1]. Также они показали, что вспомогательный выход энергии синтез-газа, достигаемый плазмой, при существующих методах преобразования энергии, даже без учета потерь с охлаждением, балластирования рабочей смеси в реакторе и т. д., не может покрыть затрат электроэнергии. Кроме того, ими установлено, что последующее увеличение температуры сопровождается лишь низким увеличением химической энергии синтез-газа, т. е. является малоэффективным с энергетической точки зрения.

Рассмотрим технико-экономическое обоснование проекта переработки ТКО в городе Белгороде. Небольшой город Белгород, расположенный на юге средней полосы европейской части России, в среднем образует более 100 тыс. м³ ТКО в год. Согласно территориальной схеме обращения с отходами на территории Белгородской области доля обезвреженных отходов в общем объеме образующихся ТКО составляет 23%. Часть ТКО, образуемых как физическими, так и юридическими лицами, направляется на существующие объекты обработки с последующим размещением не утилизируемой фракции. Количество ТКО, образовавшихся на муниципальных

образованиях и движущихся на полигон ТКО Белгорода вблизи села Стрелецкое, составляет 1 481,53 м³/год (рис. 3).

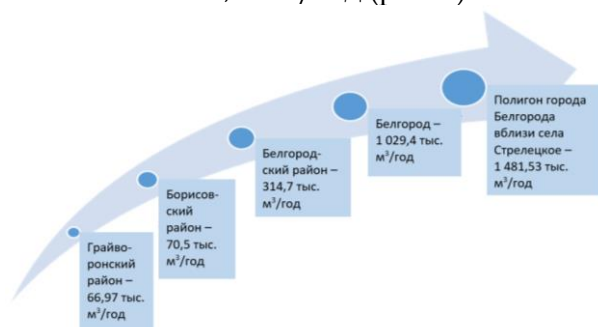


Рис. 3. Схема движения ТКО на полигон города Белгорода

С 2005 г. в Белгороде функционирует мусоросортировочный комплекс мощностью 100 тыс. т и полигон твердых бытовых отходов. Применяемая сортировка ТКО позволяет выделять полезное сырье, а именно бой стекла, полимеры, пластик, металл, для дальнейшего использования и переработки. Работа завода продлевает срок службы полигона без увеличения его площади.

В ходе исследования был инициирован проект по сбору и утилизации свалочного газа для энергетических и экологических целей. Проект подразумевает формирование системы в виде сети отвесных скважин, которые соединяются линиями газопроводов, где с помощью воздухоудвки формируется разрежение, необходимое для транспортировки газа вплоть до места его

применения. Такая установка, предназначенная для сбора и утилизации отходов, размещается на специально подготовленной для этого площадке за пределами полигона. Общий объем инвестиций в технологии утилизации свалочного газа в Белгороде составляет около 10 млн рублей. Финансирование осуществлялось за счет собственных средств регионального оператора ООО «ТК «Экотранс» в рамках частно-государственного партнерства и нацелено на формирование инфраструктуры по обращению с ТКО.

Технология позволяет с площади 0,6 га получать свалочный газ с расходом 400 м³/ч и содержанием метана 65–70%. Газ идет на две газопоршневые установки мощностью 130 кВт каждая. Данная мощность идет на собственные нужды мусоросортировочного завода. Тепловая мощность (300 кВт) свалочного газа используется для нагрева воздуха на мусоросортировочном заводе, а также в производственных цехах.

Себестоимость оптовой закупки природного газа составляет 4 176,9 рублей за 1 000 м³, а теплота сгорания на порядок выше, так как по расчетам себестоимость свалочного газа за эти же 1 000 м³ составляет 2 000 рублей, а теплота сгорания такого газа – 10 740 кДж/м³. В таблице приведены результаты расчета выбросов, содержащихся в биогазе и утилизируемых при его сжигании.

Расчет выбросов, содержащихся в биогазе

Компонент	Плотность, кг/м ³	Содержание в биогазе, %		Выбросы, т/год	
		объемные	весовые	в год	за 10 лет (2019–2028)
Метан (CH ₄)	0,717	36	18,05	1 955,15	19 551,5
Углекислый газ (CO ₂)	1,977	45	62,21	6 738,73	67 387,3
Сероводород (H ₂ S)	1,54	1,30 · 10 ⁻⁴	0,00	0,02	0,2
Толуол (C ₇ H ₈)	0,867	–	0,723	78,31	783,1
Аммиак (NH ₃)	0,771	–	0,533	57,73	577,3
Ксилол (C ₈ H ₁₀)	0,869	–	0,443	47,98	479,8
Оксид углерода (CO)	1,25	–	0,252	27,30	273
Диоксид азота (NO ₂)	1,49	–	0,111	12,02	120,2
Формальдегид (CH ₂ O)	0,815	–	0,096	10,40	104
Этилбензол (C ₈ H ₁₀)	0,867	–	0,095	10,29	102,9
Ангидрид сернистый (SO ₂)	2,93	–	0,070	7,58	75,8
Прочие компоненты (азот, кислород и др.)	–	19	17,41	1 886,14	18 861,4
ВСЕГО	1,43	100	100	10 831,65*	108 316,5

* Определено из среднегодового выхода биогаза 7 574 580 м³/год и его плотности 1,43 кг/м³.

Как показывают данные, использование свалочного газа значительно экономичнее и менее энергозатратно, что положительно влияет на экосистему. Такой проект позволяет снизить кумулятивный экологический ущерб. Срок окупаемости проекта можно считать длительным, но если учесть дальнейшее благоприятное воздействие на окружающую среду, то можно утверждать, что такие инвестирования необходимы.

По итогам результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. На сегодняшний день существует несколько способов утилизации твердых коммунальных отходов. Каждая из этих

технологий имеет и положительные, и отрицательные стороны.

2. Технология производства свалочного газа является выполнимой и рассматривается в качестве промышленной.

3. Свалочный газ, полученный в результате захоронения ТКО, по экономическим показателям имеет преимущества по сравнению с природным газом.

4. Имеется потенциальная возможность замещать электроэнергию, идущую на снабжение собственных нужд завода. В дальнейшем возможно получение электроэнергии, идущей на снабжение жилых домов, расположенных вблизи полигона ТКО.

Список литературы

1. Батенин В. М., Ковбасюк В. И., Кретьова Л. Г., Медведев Ю. В. Термическая утилизация твердых бытовых отходов // Теплоэнергетика. – 2011. – № 3. – С. 62–66.
2. Березюк М. В., Румянцева А. В., Румянцева Е. И. Эколого-экономическое обоснование проекта по переработке ТКО на основе современных технологий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2017. – № 3. – С. 31–38.
3. Отходы в России: мусор или ценный ресурс? – URL: <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2018/04/Othody-v-RF.pdf> (дата обращения: 16.02.2022).
4. Утилизация мусора в России. Как реформируют отрасль. – URL: <https://tass.ru/info/6000776> (дата обращения: 21.02.2022).
5. Эволюция утилизации. – URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2021/01/21/854858-evolyutsiya-utilizatsii> (дата обращения: 18.02.2022).
6. Эскин Н. Б., Тугов А. Н., Хомутский А. Н. и др. Анализ различных технологий термической переработки твердых бытовых отходов // Энергетик. – 1994. – № 9. – С. 6–8.

References

1. Batenin V. M., Kovbasyuk V. I., Kretova L. G., Medvedev Yu. V. Termicheskaya utilizatsiya tverdykh bytovykh otkhodov [Thermal Utilization of Solid Municipal Waste]. *Teploenergetika* [Thermal Power Engineering], 2011, No. 3, pp. 62–66. (In Russ.).
2. Berezyuk M. V., Rumyantseva A. V., Rumyantseva E. I. Ekologo-ekonomicheskoe obosnovanie proekta po pererabotke TKO na osnove sovremennykh tekhnologiy [Ecologo-Economic Substantiation of the Project on Recycling SMW on the Basis of Advanced Technologies]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Economics and Management], 2017, No. 3, pp. 31–38. (In Russ.).
3. Otkhody v Rossii: musor ili tsenny resurs? [Waste in Russia: Rubbish or Valuable Resource?]. (In Russ.). Available at: <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2018/04/Othody-v-RF.pdf> (accessed 16.02.2022).

4. Utilizatsiya musora v Rossii. Kak reformiruyut otrasl [Waste Recycling in Russia. How Industry is Being Transformed]. (In Russ.). Available at: <https://tass.ru/info/6000776> (accessed 21.02.2022).
5. Evolyutsiya utilizatsii [Recycling Evolution]. (In Russ.). Available at: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2021/01/21/854858-evolyutsiya-utilizatsii> (accessed 18.02.2022).
6. Eskin N. B., Tugov A. N., Khomutskiy A. N. Analiz razlichnykh tekhnologiy termicheskoy pererabotki tverdykh bytovykh otkhodov [Analyzing Different Technologies of SMW Thermal Recycling]. *Energetik* [Power Engineer], 1994, No. 9, pp. 6–8. (In Russ.).

Сведения об авторах

Марианна Владимировна Алябьева
доктор экономических наук, профессор
кафедры экономики Белгородского
университета кооперации, экономики и права.
Адрес: автономная некоммерческая
организация высшего образования
«Белгородский университет кооперации,
экономики и права», 308023,
Белгород, ул. Садовая, д. 116а.
E-mail: amb15@yandex.ru

Леонид Андреевич Мирошников
аспирант кафедры экономики
Белгородского университета кооперации,
экономики и права.
Адрес: автономная некоммерческая
организация высшего образования
«Белгородский университет кооперации,
экономики и права», 308023,
Белгород, ул. Садовая, д. 116а.
E-mail: miroshnikov97@mail.ru

Олег Викторович Веревкин
начальник отдела внедрения систем
энергосбережения и газификации
ООО «ТК «Экотранс».
Адрес: ООО «ТК «Экотранс»,
308006, Белгород,
ул. Серафимовича, д. 72.
E-mail: energy_olver@mail.ru

Information about the authors

Marianna V. Alyabeva
Doctor of Economics, Professor
of the Department for Economics
of the Belgorod University of Cooperation,
Economics and Law.
Address: Belgorod University of Cooperation,
Economics and Law,
116a Sadovaya Str., Belgorod, 308023,
Russian Federation.
E-mail: amb15@yandex.ru

Leonid A. Miroshnikov
Post-Graduate Student
of the Department for Economics
of the Belgorod University of Cooperation,
Economics and Law.
Address: Belgorod University
of Cooperation, Economics and Law,
116a Sadovaya Str., Belgorod, 308023,
Russian Federation.
E-mail: miroshnikov97@mail.ru

Oleg V. Verevkin
Head of the Department for Implementation
of Energy Saving Systems and Gasification
of LLC "TK "Ecotrans".
Address: LLC "TK "Ecotrans",
72 Serafimovich Str., Belgorod, 308006,
Russian Federation.
E-mail: energy_olver@mail.ru