

Н. И. Пляскина^{1,2}, **В. Н. Харитонов**^{1,2}, **И. А. Вижина**¹

¹ Институт экономики
и организации промышленного производства СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия

² Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия

E-mail: pliaskina@hotmail.com; kharit@ieie.nsc.ru; vira@ieie.nsc.ru

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В РЕГИОНЕ *

Обсуждаются инновационные направления решения проблем энерго- и ресурсосбережения в сочетании с решением экологических проблем утилизации твердых бытовых отходов в регионах Сибирского федерального округа. Анализируется ситуация с накоплением и утилизацией техногенных отходов и реализации региональных программ обращения с ними. Рассматриваются преимущества использования инновационных энерготехнологий утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), разработанных в Институте теплофизики СО РАН. Дана оценка энергетического потенциала ТБО в инновационных энерготехнологиях на примере Новосибирской области.

Ключевые слова: техногенные отходы, твердые бытовые отходы, накопления загрязнений, концентрация вредных веществ, утилизация, комплексная экономическая оценка, энергетический потенциал, инновационная технология, проектный подход, научно-технический потенциал, региональная программа обращения с отходами, социальный и экологический эффекты, Сибирский федеральный округ.

Актуальность

Проблема утилизации техногенных отходов давно и остро стоит во всем мире, особенно это касается крупных городов. Среднестатистический житель современного города производит не менее 1 кг твердых бытовых отходов (ТБО) в сутки. Генерация ТБО в размере 330 кг на душу населения в России значительно меньше, чем в Европе с аналогичным показателем в 510 кг. Если сохранится прежняя скорость накопления ТБО в России, то ожидается, что к 2025 г. данный показатель вырастет до 500 кг на душу населения. При современных технологиях придется вдвое увеличить земельные площади для захоронения ТБО.

В настоящее время в зарубежных странах в решении проблемы управления отходами намечено направление движения от свалок к мусороперерабатывающим заводам. Открытое складирование мусора вызывает загрязнение почвы и приземных вод, выведение земли из хозяйственного использования и сокращение рекреационного потенциала земельных ресурсов, выброс большого количества вредных газов в атмосферу.

В России перерабатывается 1–2 % бытовых отходов. В отличие от городских агломераций развитых стран мира, где имеются резервы профильных мощностей по всем возможным технологиям в количестве от 40 до 100 % от объема образования ТБО, в России наблюдается дефицит перерабатывающих мощностей. Так, в Москве он составляет 65 %. Необходимость

* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 8550).

энергосбережения и снижения загрязнения окружающей среды обуславливают стремление к поиску возобновляемых источников энергии, к которым относятся и ТБО. Перспектива использования ТБО в энергетических целях весьма привлекательна, так как одновременно позволяет решать актуальные проблемы загрязнения окружающей среды.

В зарубежных странах наиболее рентабельными признаны технологии с использованием биологических и термических методов переработки при одновременном получении энергии. Особое внимание уделяется эффективным методам получения биогаза из отходов, хранящихся на свалках, а также сжигания отходов с ужесточением контроля за выбросами в атмосферу [1]. Наиболее выгодным признан вариант высокотемпературного сжигания отходов для производства энергии. В качестве огнетехнического оборудования для сжигания твердых отходов могут применяться вращающиеся печи (с температурой горения отходов до 1 200 °С), печи с колосниковой решеткой (~ 850 °С), этажные и тоннельные печи (950–1 400 °С), шахтные печи (до 1 600 °С), печи с кипящим слоем (~ 850 °С) и др.

В Институте теплофизики СО РАН коллективом ученых (А. С. Аньшаков, В. С. Чередниченко, А. М. Казанов, Г. И. Багрянцев, С. П. Ващенко, В. П. Лукашов, А. Н. Тимошевский и др.) разработаны энергоэффективные термические и электроплазменные технологии для переработки отходов [2–7]¹. Предложена концепция комплексных районных тепловых станций с мусоросжигательным цехом (КРТС), в котором ТБО и другие горючие отходы могут использоваться как базовое топливо с выработкой тепловой энергии для систем централизованного теплоснабжения [5–6]. При пламенной переработке отходов вырабатывается газ, содержащий 90–95 % синтетического горючего газа (синтез-газ) и 5–10 % балластного газа (азот и углекислый газ). Синтетический газ является ценным сырьем для энергетики, с помощью которого можно получать тепло для теплоснабжения населенных пунктов, электроэнергию. При этом можно использовать те же паровые турбины, которые используются на тепловых станциях. Преимущество плазменного метода по сравнению, например, с огневыми высокотемпературными методами заключается в том, что уровень температур выше 1 300 °С позволяет разложить все сложные вещества на простейшие. Последующая быстрая закалка химических реакций не позволяет обратному соединению этих продуктов, т. е. исключает появление вредных выбросов типа диоксинов или фуранов, потому что синтетический газ – это восстановительная среда для других газов, и они не позволяют образоваться вредным выбросам². Электроплазменная установка мощностью 150 кВт позволяет сжигать 250 кг/ч отходов, получить 2 900 м³/ч отходящих газов с температурой 1 000–1 100 °С, допустимой для воздухоподогревателя. Удельные затраты электроэнергии составляют 0,6–0,7 кВт ч/кг отходов (табл. 1).

Таблица 1

Основные технические характеристики плазмотермической установки для обезвреживания отходов сложного морфологического и химического состава

Техническая характеристика	Показатель
Производительность по отходам, кг/ч	250
Установленная мощность плазмотрона, кВт	150
Расход дутьевого воздуха, м ³ /ч	2 400
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч, max	100
Объем отходящих газов, м ³ /ч	2 900
Температура отходящих газов, °С	
в камере плавления	1 300–1 500
в камере пиролиза	1 050–1 200
после дожигателя	1 000–1 100
Удельные затраты электроэнергии, кВт ч/кг	0,6–0,7
Площадь, занимаемая установкой, м ²	150

¹ Профессор Анатолий Аньшаков об энергии из отходов. См.: <http://old.computerra.ru/interactive/578535/>

² Там же.

Таким образом, главные преимущества предлагаемых инновационных энерготехнологий сжигания ТБО перед традиционными мусоросжигающими заводами – кардинальное снижение выбросов диоксинов и вредных веществ в атмосферу и полезное использование выделяемой энергии. Для продвижения на рынок этих инновационных технологий необходимо оценить рациональные масштабы и экономическую эффективность их использования.

Анализ проблемной ситуации с образованием и утилизацией твердых бытовых отходов в Сибирском федеральном округе

Сибирский федеральный округ (СФО) лидирует по образованию техногенных отходов в Российской Федерации: в 2010 г. на его территории образовалось 2531,0 млн т, или 67,8 % объемов отходов. Уровень обезвреживания отходов на территории СФО составляет свыше 50 % – 1363,9 млн т [7]. Вследствие недостаточности мощностей по утилизации отходов высокими темпами растет их накопление. В результате на начало 2011 г. накоплено 13956,8 млн т отходов. При существующих мощностях их переработки отходов потребуется более 10 лет на их ликвидацию.

Напряженная ситуация складывается в СФО с утилизацией, хранением и обезвреживанием ТБО. По нашим расчетам, в Округе образуется 9,2 млн т ТБО в год, в среднем 0,477 т/чел., что в 1,5 раза выше среднероссийского уровня. Проведенные Роспотребнадзором исследования³ показали, что утилизация ТБО в СФО представляет собой сложную эколого-экономическую и технологическую проблему. Значительная часть отходов вывозится за пределы населенных пунктов и хранится в отведенных отвалах, практически не утилизируется, загрязняя все большую площадь и представляя значительную угрозу здоровью населения. Утилизируется только 3 % бытовых отходов и 6 % подвергается обработке. Столь низкий процент вовлечения ТБО в переработку связан как с отсутствием необходимой инфраструктуры, так и самих предприятий-переработчиков. Это характерно для всей России, где в настоящее время имеется только 243 комплекса по переработке ТБО, 53 – по сортировке, а мусоросжигающих заводов – около 40.

Наблюдаются сложности с расположением объектов размещения отходов и их производственными мощностями, а также соблюдением лицензионных требований и условий хозяйствующими субъектами, эксплуатирующими объекты размещения отходов. В большинстве муниципальных образований сибирских регионов отходы производства и потребления размещаются на несанкционированных свалках, которые занимают 18,4 тыс. га. Примечательно, что 40 % площадей несанкционированных свалок ТБО в Российской Федерации находятся на территории СФО. Количество несанкционированных свалок следует расценивать как уже накопленный за истекшие десятилетия прошлый экологический ущерб. Анализ имеющихся результатов рейдовых мероприятий Росприроднадзора на территории России показал, что в основном несанкционированные свалки расположены в водоохраных зонах – на их долю приходится 14,7 %, на землях сельхозназначения размещено 13,7 %, на землях лесного фонда – 8 %. Однако наибольшее количество несанкционированных свалок находится на землях населенных пунктов. На их долю приходится 44,7 % от всех выявленных в результате рейдов.

По данным департамента Росприроднадзора по СФО, на территории округа в основном применяются стандартные технологии переработки и обезвреживания твердых бытовых отходов, например, портативные утилизаторы, термическое уничтожение отходов, инсинераторные установки и складирование отходов ТБО до 1,5 м высотой, с сопутствующей пересыпкой инертным материалом и уплотнением специализированной техникой. В большинстве муниципальных образований сибирских регионов - субъектов Российской Федерации отходы производства и потребления размещаются на несанкционированных свалках ввиду отсутствия финансовых средств, низкой плотности сельского населения и высокой стоимости создания объектов размещения отходов, соответствующих требованиям нормативных документов.

³ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Российской Федерации в 2010 г.». С. 388–407.

Например, в настоящее время в Забайкальском крае нет ни одного полигона ТБО, соответствующего установленным законодательством требованиям. В городе Кызыле Республики Тыва производственная мощность единственного полигона ТБО превышена. Современные технологии по обезвреживанию ТБО из всех регионов СФО используются, главным образом, в Новосибирской, Кемеровской, Иркутской областях, Красноярском и Алтайском краях.

Анализ программных мероприятий по утилизации твердых бытовых отходов в регионах СФО

В настоящее время во всех регионах СФО под эгидой Минприроды РФ разработаны среднесрочные (до 2016 г.) и долгосрочные (до 2020 г.) программы «Развитие системы обращения с отходами производства и потребления»⁴. Целевыми задачами этих программ являются кардинальное сокращение объемов захоронения отходов, увеличение объемов их утилизации и переработки с учетом выполнения требований законодательства Российской Федерации в области безопасного обращения с отходами.

Наиболее развернутые программы имеют Новосибирская область и Красноярский край⁵. В них предусматривается решение следующих задач:

- 1) внедрение глубокой переработки ТБО (строительство мусороперерабатывающих заводов и производства вторичных продуктов);
- 2) развитие системы сбора, формирование центров по сортировке и переработке ТБО;
- 3) создание единой транспортно-логистической схемы по сбору и транспортировке ТБО, обеспечении муниципальных образований контейнерным оборудованием и спецтехникой, а также ликвидации основной массы несанкционированных свалок;
- 4) развитие системы обезвреживания особо опасных отходов;
- 5) строительство полигонов твердых бытовых отходов, отвечающих установленным требованиям, в первую очередь для обслуживания территорий с относительно высокой плотностью населения в городских поселениях;
- 6) обустройство существующих санкционированных мест размещения отходов, организация сбора твердых бытовых отходов;
- 7) ликвидация экологического ущерба, вызванного несанкционированным размещением отходов;
- 8) совершенствование системы управления обращением с отходами;
- 9) образование, воспитание и просвещение населения в сфере безопасного обращения с отходами.

В результате реализации Программы «Развитие системы обращения с отходами производства и потребления в Новосибирской области на 2012–2016 годы» планируется следующие результаты:

- сокращение на 50 % объемов отходов, размещаемых на свалках, полигонах ТБО;
- создание в 100 % городских поселений Новосибирской области условий для легитимного размещения отходов;
- ликвидация 100 % несанкционированных свалок отходов;
- обезвреживание 95 % особо опасных медицинских отходов и 95 % ртутьсодержащих отходов, образующихся у населения;
- утилизация до 95 % отработанных автошин, образующихся у населения и организаций, и отходов электрического и электронного оборудования, образующегося у населения.

За период реализации Программы планируется:

⁴ В СФО до 2010 г. не было комплексного подхода к решению проблемы рационального использования и утилизации ТБО.

⁵ См.: Результаты выполнения Росприроднадзором поручений Минприроды России по подготовке плана по реализации комплекса мер, направленных на предупреждение несанкционированного сброса ТБО на территории субъектов Российской Федерации; Долгосрочная целевая программа «Развитие системы обращения с отходами производства и потребления в Новосибирской области на 2012–2016 годы». Новосибирск, 2011. URL: <http://www.rg.ru/2012/02/22/post-novosib-othodi-reg-dok.html>

- осуществить 5 инвестиционных проектов, предусматривающих глубокую переработку ТБО и некоторых видов промышленных отходов, в первую очередь на территории г. Новосибирска и Новосибирского района Новосибирской области;
- построить 26 полигонов ТБО в городских поселениях Новосибирской области;
- создать с использованием механизма государственно-частного партнерства 30 комплексных площадок сбора, утилизации, обезвреживания отходов производства и потребления, в том числе от населения.

Реализация Программы Новосибирской области будет способствовать созданию более чем 1 000 дополнительных рабочих мест;

Общий объем финансирования на период реализации Программы Новосибирской области ожидается в размере 5,9 млрд руб., при этом за счет бюджетных средств планируется профинансировать 1,5 млрд руб., т. е. около 25 % Программы, а 4,3 млрд руб. – за счет внебюджетных источников, в том числе за счет привлечения средств частных инвесторов в сферу охраны и защиты окружающей среды.

В 2011–2012 гг. успешно шла реализация Программы «Обращение с отходами на территории Красноярского края»⁶. Основной акцент был сделан на решении проблем утилизации ТБО Центрального макрорайона, где сконцентрирована половина от общего количества образующихся по краю отходов – 600 тыс. т в год. Решение проблемы осуществляется в трех направлениях:

- приобретение и установка контейнерного оборудования для накопления ТБО – на территории муниципальных образований (г. Красноярск, г. Дивногорск, ЗАТО г. Железногорск, Березовский, Емельяновский, Сухобузимский районы) установлено 1 441 единица;
- ликвидация более 200 несанкционированных свалок;
- строительство мусоросортировочных комплексов.

В 2012 г. введен в эксплуатацию крупнейший за Уралом мусоросортировочный комплекс в пос. Песчанка мощностью 720 тыс. т ТБО в год. В пригороде г. Сосноборска ведется строительство мусоросортировочного завода с комплексом по брикетированию ТБО с участием частного инвестора, ожидаемые частные инвестиции составлять около 100 млн руб. Начато строительство трех полигонов ТБО. Затраты краевого бюджета в финансировании Программы в целом планируются в объеме 489,2 млн руб., в том числе по годам: 2012 г. – 196,4 млн руб.; 2013 г. – 146,4 млн руб.; 2014 г. – 146,4 млн руб.

В 2013–2015 гг. планируется построить 10 объектов размещения ТБО и комплекса по брикетированию ТБО, 7 км инженерной инфраструктуры к мусоросортировочному заводу; приобрести 1 037 ед. контейнерного оборудования для сбора ТБО, 8 ед. техники для транспортировки ТБО. Новыми направлениями являются:

- организация сбора ртутьсодержащих отходов от населения. Планируется приобрести 100 шт. контейнерного оборудования, обезвредить 84 тыс. шт. отработанных ртутьсодержащих ламп и 93 т медицинских отходов;
- ликвидация бесхозных, пришедших в негодность и / или запрещенных к применению пестицидов и агрохимикатов (203,8 т);
- вывоз отходов с особо охраняемых природных территорий (около 1 400 т);
- рекультивация земель, занятых объектами размещения ТБО (порядка 9,2 га).

В Иркутской области природоохранные мероприятия в области утилизации ТБО представлены в рамках федеральной целевой Программы «Охрана озера Байкал». В период до 2020 г. будет построен завод по переработке мусора. Кроме того, в этот период планируется ввести в эксплуатацию несколько полигонов ТБО и мусоросортировочных комплексов на территории Иркутского, Ольхонского и Слюдянского районов, а также самого Иркутска.

В долгосрочной целевой Программе «Защита окружающей среды в Иркутской области на 2011–2015 годы»⁷ за счет средств областного бюджета реализуются мероприятия по ликви-

⁶ Долгосрочная целевая программа «Обращение с отходами на территории Красноярского края до 2020 года». Красноярск, 2011. URL: www.econ.krskstate.ru

⁷ Долгосрочная целевая Программа «Защита окружающей среды в Иркутской области на 2011–2015 годы». URL: www.irkobl.ru/sites/ecology/news/2011_2015_program.do

дации накопленных отходов прошлых лет. В 2011 г. выполнен большой комплекс мероприятий:

1) завершено строительство полигона бытовых отходов Ольхонского района, объем накопления ТБО – 946 т/год, объем накопления жидких отходов – 410 т/год, общие затраты составили 20,71 млн руб., в том числе в 2011 г. – 14,934 млн руб.;

2) проведена реконструкция канализационных очистных сооружений пос. Листвянка Иркутской области мощностью 2 700 м³/сут., общие затраты составили 131,474 млн руб., в том числе в 2011 г. – 11,094 млн руб.;

3) закуплен программный комплекс «Региональный кадастр отходов» в количестве 26 экземпляров с целью автоматизированного ведения Кадастра и оснащения муниципальных образований Иркутской области и проведены обучающие семинары по работе с программным комплексом;

4) разработан паспорт безопасности территории Иркутской области и передан в Главное управление МЧС по Иркутской области;

5) оборудован специальный полигон (г. Ангарск) для вывоза бесхозных пестицидов и ядохимикатов I-III класса опасности, непригодных к применению. Вывезено 31,607 тонн, что составляет 14,4 % от общего объема заявленных к вывозу отходов из Ангарского, Братского, Заларинского, Иркутского, Киренского и Усть-Удинского районов;

6) проведены работы по ликвидации загрязнения территории г. Свирска мышьяком, затраты (субсидия) на их выполнение в 2011 г. составили 48,354 млн руб., из них 93 % профинансированы федеральным бюджетом.

Таким образом, анализ рассмотренных выше региональных программ обращения с ТБО в СФО показал, что стратегическим направлением природоохранных мероприятий является переход от захоронения твердых бытовых отходов к их использованию в качестве вторичного сырья и создание полигонов захоронения, соответствующих требованиям экологической безопасности. В результате реализации программных мероприятий повысится уровень утилизации ТБО до 30–40 %, соответственно 60 % будут доставляться на полигоны захоронения.

Альтернативой полигонам может быть сжигание ТБО. В программах отсутствуют мусоросжигательные заводы и другие термические технологии переработки ТБО, которые могли бы стать альтернативой строительства новых полигонов для захоронения. Весьма настороженное отношение к мусоросжигающим заводам и термическим технологиям утилизации ТБО обусловлено как серьезными рисками выбросов в атмосферу диоксинов в результате сжигания пластиковых отходов, так и непроработанностью вопросов оценки энергетического потенциала ТБО.

Оценка энергетического потенциала ТБО в инновационных энерготехнологиях на примере Новосибирской области

Оценка энергетического потенциала ТБО – сложная задача, так как его величина зависит как от состава, так и от методов оценки их теплотворной способности.

В рамках выполненного исследования Институтом теплофизики СО РАН предложен усредненный аналоговый подход к оценке теплоты сгорания ТБО и их энергетических характеристик [2]. Теплотворная способность ТБО сравнивается с теплотворной способностью замещаемого топлива в традиционной энергетике. Таким топливом выбраны угли. Теплотворная способность ТБО, в свою очередь, зависит от их морфологического состава.

Влияние морфологического состава ТБО на энергетические характеристики и теплоту сгорания изучено Всероссийским теплотехническим институтом (ВТИ) для различных городов мира и России. По результатам исследования получены зависимости теплоты сгорания от усредненных значений морфологического состава ТБО. Это позволяет распространить выявленные зависимости на энергетические характеристики ТБО городов и областей, имеющих морфологический состав ТБО, близкий к усредненным значениям исследованных городов.

Ресурсный потенциал использования на энергетические нужды определяется проектируемыми объемами захоронения ТБО в Новосибирской области в 2013–2016 гг. Новосибирской

области ежегодно производится около 3,86 млн т отходов, из них 1,4 млн т, или 36 %, составляют ТБО (рис. 1). Как было показано, Программой обращения с отходами Новосибирской области предполагается перерабатывать 30 % произведенных ТБО, а 70 % – хранить на полигонах. Предусматривается строительство 26 полигонов для хранения 1 млн т ТБО. Таким образом, максимальный объем ТБО для энергетического использования оценивается в 1 млн т в год.

По данным инвентаризации, проведенной органами местного самоуправления, на 01.08.2010 на территории Новосибирской области зарегистрировано 1 060 объектов размещения ТБО, общая площадь которых превышает 2 600 га. Предприятия по глубокой переработке твердых бытовых отходов отсутствуют, лишь небольшая часть отходов утилизируется (50 % промышленных, 3 % бытовых) и подвергается обработке (11 % промышленных, 6 % бытовых).

На теплотехнические характеристики ТБО оказывает существенное влияние их влажность и зольность, которые зависят от соотношения содержащихся в ТБО основных компонентов (бумаги, пищевых отходов, стекла, пластика). Усредненный морфологический состав ТБО Новосибирской области рассчитан на основе Карты образования отходов [8] (табл. 2).

Для номинальных расчетов теплотехнических характеристик за основу взята низшая теплота сгорания ТБО на уровне 1 500 ккал/кг (табл. 3) [4].

Отходы энергетики представлены в виде золы и золошлаковых смесей, химический состав которых по содержанию тяжелых металлов не превышает региональное фоновое и кларковое (в земной коре) (рис. 2).

Расчет энергетических характеристик ТБО Новосибирской области базируется на исследованиях ВТИ, представленных в монографии А. В. Жуховицкого, Б. В. Тугова [9], в частности учитывался усредненный элементный состав (углерод, водород, кислород, азот, сера, влага, зола) ТБО различных регионов мира (табл. 3).

Для сопоставления выбраны бурые угли с различными значениями теплоты сгорания из двух угольных бассейнов: Канско-Ачинского (У1-У3) и Днепровского (У4-У6) (табл. 5) [8].

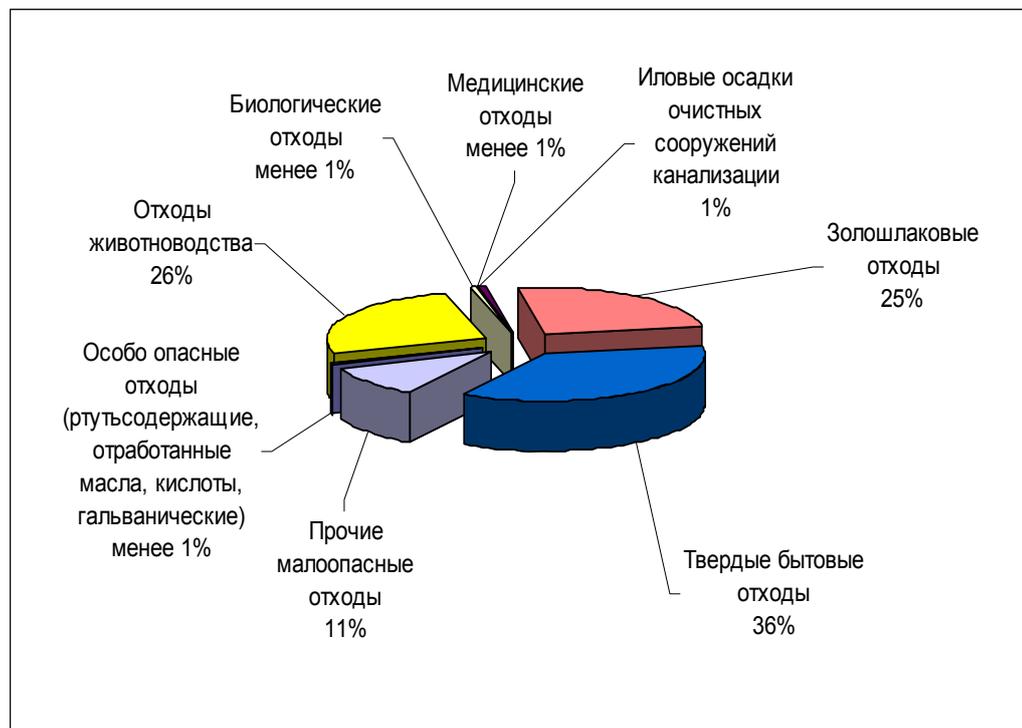


Рис. 1. Структура отходов, производимых в Новосибирской области

Таблица 2

Усредненный морфологический состав ТБО Новосибирска

№ п/п	Компонент	Процентное содержание, %
1	Макулатура (бумага, картон и т. п.)	22,0
2	Пищевые и растительные отходы	35,0
3	Текстиль	5,5
4	Пластмасса	2,0
5	Полимерная пленка	4,0
6	Кожа, резина	1,5
7	Дерево	1,5
8	Кости	1,0
9	Черные металлы	4,0
10	Цветные металлы	0,7
11	Стекло	7,0
12	Камни, керамика	1,5
13	Прочее (включая отсев)	14,3
	ИТОГО:	100,0

Таблица 3

Предельные теплотехнические показатели ТБО,
направляемых на сжигание в Новосибирской области

№	Показатель	Единицы измерения	Значения	
			максимальные	минимальные
1	Влажность W_i^r	% вес	50,0	32,2
2	Зольность A_i^r	% вес	27,5	22,5
3	Низшая теплота сгорания Q_i^r	МДж/кг	8,38	4,78
		ккал/кг	2000	1140

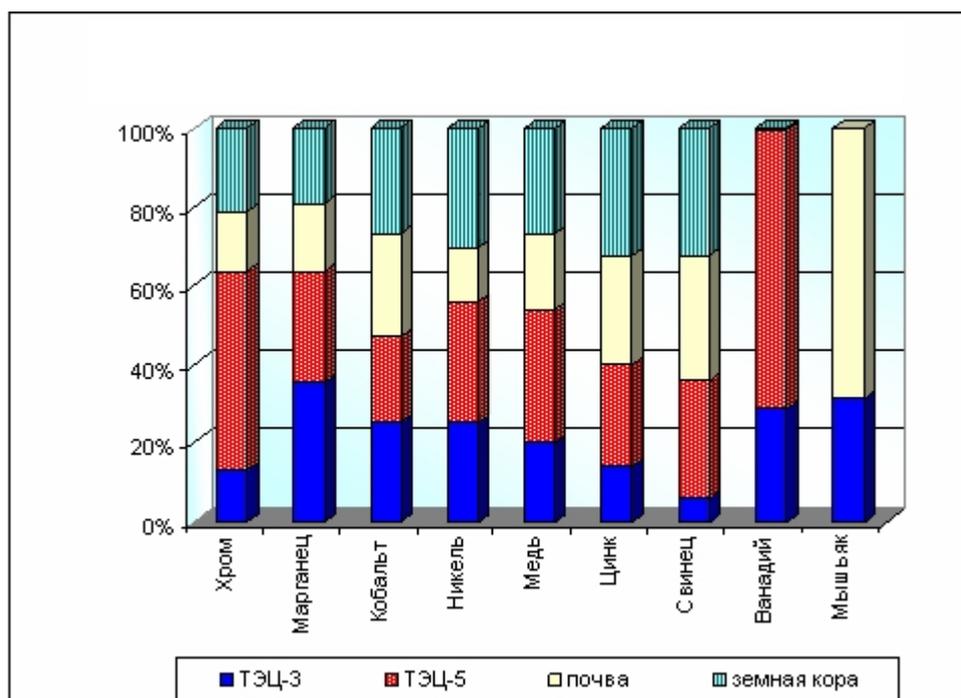


Рис. 2. Содержание химических элементов в золошлаковых отходах и почве, %

Таблица 4

Элементный состав ТБО различных регионов мира

Регион	Порядковый № топлива	Массовая доля компонентов, %							Выход летучих, %	Теплота сгорания, МДж/кг
		С	Н	О	N	S	Зола	Влага		
Канада	ТБО7	25,57/53,6	3,18/6,67	18,14/38,56	0,42/0,88	0,13/0,25	25,36	27,03	57,8	9,28/20,87
США	ТБО8	24,66/53,24	3,11/6,65	18,97/40,17	0,35/0,74	0,13/0,27	27,64	25,14	55,5	8,86/20,06
Нидерланды	ТБО9	22,17/68,15	1,51/4,64	8,34/25,64	0,23/0,71	0,28/0,86	43,27	24,2	31,2	7,57/25,08
г. Москва	ТБО10	21,36/50,35	2,8/6,6	17,52/41,3	0,61/1,43	0,13/0,31	17,93	36,65	65,3	7,32/19,35
г. Мадрид	ТБО11	19,38/58,55	1,95/5,89	11,09/33,6	0,47/1,42	0,21/0,63	26,65	40,25	48,3	6,35/22,24
г. Свердловск	ТБО12	17,74/50,95	2,24/6,56	13,85/40,56	0,55/1,61	0,11/0,32	31,09	34,76	54,3	5,81/19,56

Таблица 5

Элементный состав бурых углей

Месторождение (марка угля)	Порядковый № топлива	Массовая доля компонентов, %							Выход летучих, %	Теплота сгорания, МДж/кг
		С	Н	О	N	S	Зола	Влага		
Канско-Ачинский бассейн										
Большесырское (Б3)	У1	52,91/74	3,718/5,2	14,085/19,7	0,572/0,8	0,215/0,3	4,5	24	44	19,05/29,35
Березовское (Б2)	У2	44,24/71	3,053/4,9	14,39/23,1	0,436/0,7	0,187/0,3	4,69	33	48	15,66/27,63
Боготольское (Б1)	У3	34,249/69,5	2,414/4,9	11,779/23,1	0,345/0,7	0,493/1	6,72	44	48	11,81/27,42
Днепровский бассейн										
Новодмитриевское (Б1)	У4	30,22/69	2,61/6	8,7/20	0,45/1	1,52/4	6,5	50	60	10,05/29,3
Морозовский разрез (Б1Р)	У5	21,2/66,2	1,85/5,8	6,68/20,9	0,22/0,7	2,05/6,4	18	50	64,4	7,16/28,3
Горловский разрез (Б1Р)	У6	17,55/61,6	1,65/5,8	7,353/25,8	0,23/0,8	1,71/6	14,8	56,7	Нет данных	4,97/24,4

Анализ показывает, что для бурых углей и ТБО отношение теплоты сгорания к рабочей массе линейно зависит от значения массовой доли углерода и водорода (рис. 3), причем по теплоте сгорания ТБО7–ТБО10 выше, чем бурые угли У5 и У6, а ТБО11 и ТБО12 выше бурого угля марки У6.

Уменьшение теплоты сгорания, отнесенной к горючей массе, связано с увеличением кислорода в составе топлива. У ТБО этот показатель в среднем меньше, чем у бурых углей марки Б1, из-за большого содержания в составе горючей массы кислорода, который как окислитель, балластирует горючую массу, снижая теплоту сгорания. По теплоте сгорания, отнесенной к горючей массе, ТБО является естественным продолжателем бурых углей, причем ТБО отдельных регионов по теплоте сгорания (например, ТБО 9) превосходят некоторые сорта бурого угля (например, У6) (табл. 6).

Таким образом, сравнение элементного состава и энергетических характеристик бурых углей и ТБО показывает, что они имеют одинаковые зависимости теплоты сгорания от содержания углерода и водорода, причем ТБО можно отнести к бурым углям марки Б1. По нашим оценкам, теоретический объем энергетического потенциала утилизации бытовых отходов в Новосибирской области составляет около 3,0–3,9 ГВт/год (табл. 7). При расчетах использовались следующие показатели энергетической ценности, дифференцированные по видам отходов:

- несортированные бытовые отходы 6,27–8,36 МДж/кг;
- твердые горючие отходы 8,36–12,54 МДж/кг;
- отходы в отвалах 4,18–6,27 МДж/кг.

Поскольку эффективность котельной для производства пара предполагается не менее 80 %, реализуемый потенциал может составить около 2,4–3,1 ГВт/год, или 7–8 % от тепла, вырабатываемого в области, или 13–17 % от количества тепла, вырабатываемого мелкими тепловыми установками.

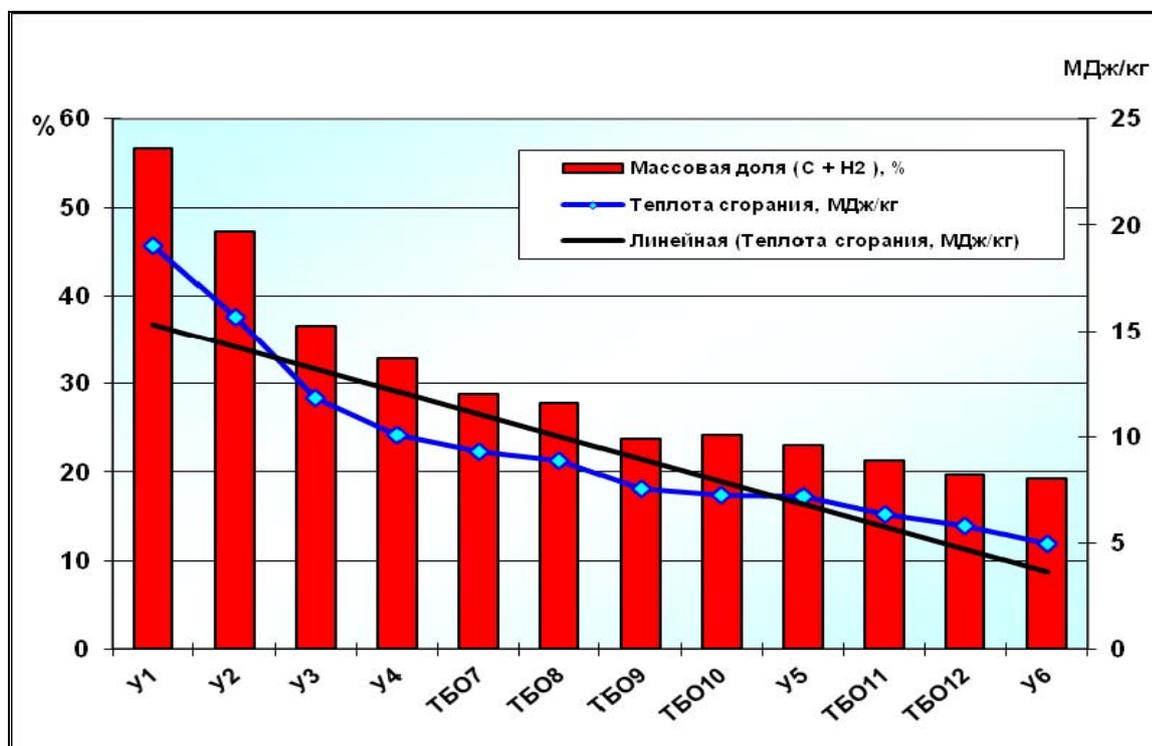


Рис. 3. Зависимость теплоты сгорания от массовой доли (C + H₂)

Таблица 6

Зависимость теплоты сгорания топлива, отнесенной к рабочей массе,
от содержания кислорода

Характеристика	Вид топлива											
	УУ1	УУ4	УУ5	УУ2	УУ3	ТТБО9	УУ6	ТТБО11	ТТБО7	ТТБО8	ТТБО12	ТТБО10
Место в ряду	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Теплота сгорания, МДж/кг	29,35	29,3	28,3	27,63	27,42	25,08	24,4	22,24	20,87	20,06	19,56	19,35
Массовая доля O ₂ , %	19,7	20	20,9	23,1	23,9	25,64	25,8	33,6	38,56	40,17	40,56	41,3

Таблица 7

Оценка общего энергетического потенциала бытовых отходов в Новосибирской области

Отходы / Территория	Общий энергетический потенциал			
	Нижний предел		Верхний предел	
	ТДж	ГВт	ТДж	ГВт
Несортированные бытовые отходы,	10,7	3,0	14,2	3,90
в том числе Новосибирск	3,1	0,87	4,2	1,16
Твердые горючие отходы,	0,4	0,12	0,6	0,17
в том числе Новосибирск	0,4	0,12	0,6	0,17

В настоящее время возникают определенные проблемы при сборе и реализации этого потенциала в связи с большими размерами территории области. В городе решение проблемы использования отходов более реально, поскольку имеется необходимая инфраструктура по их сбору. Оцениваемые энергетические технологии энергетически рентабельны при масштабах сжигания более 300 тыс. т в год. Теоретический энергетический потенциал утилизации отходов в Новосибирске составит 1–1,3 ГВт/год, при 80 %-й эффективности бойлера для производства пара реальный энергетический потенциал использования отходов оценивается в размере до 0,79–1,06 ГВт/год. Использование данного энергетического потенциала ТБО в качестве энергоносителя в Новосибирске позволило бы сократить потребление угля для выработки тепла на 0,6 млн т в год.

Предварительные эколого-экономические оценки электроплазменной технологии утилизации ТБО

Представление об экономической эффективности рассматриваемой технологии дает сопоставление прогнозных оценок стоимости энергетической установки по сжиганию ТБО и ожидаемых эффектов в смежных отраслях. Прогнозная оценка стоимости энергетической установки по сжиганию ТБО в объеме 300 тыс. т в год составит 150 млн евро, или 6 млрд руб. [2]. Для полной утилизации ресурсного потенциала энергетического использования ТБО Новосибирска необходимо 2 энерготехнологических установки, соответственно потребность в инвестициях составит 12 млрд руб. Эксплуатационные затраты – 1 200 млн руб. в год. Амортизационный срок – 10 лет. В связи с внедрением энергоустановки сократятся потребности в углях на 600 тыс. т в год. Как следствие, снизятся затраты в энергетике на топливообеспечение на 780 млн руб. в год при средней цене угля 1 330 руб./т.

В области охраны окружающей среды будут также получены значимые эффекты. По сравнению с широко применяемой огневой технологией сжигания твердых бытовых и промышленных отходов плазмотермическая технология позволяет:

- уменьшить выброс в атмосферу CO₂;
- обеспечить практически 100 % сгорание углеводородов и углерода;
- перевести неорганическую часть отходов в одном технологическом цикле в форму химически инертного шлака;
- обеспечить высокую экологическую безопасность продуктов переработки отходов (99 % объема вторичных продуктов соответствует санитарным нормам ЕЭС).

Появляются эффекты и в смежных отраслях. По нашим оценкам, переход на энергетические установки утилизации ТБО в г. Новосибирске позволит сократить потребности в строительстве полигонов в Программе обращения с отходами с 26 до 14 и тем самым снизить потребности в инвестициях на создание полигонов на 2,8 млрд руб. Полигон для захоронения ТБО – технически очень сложное природоохранное сооружение, требующее вывода значительных земельных ресурсов из хозяйственного оборота. На полигонах обеспечивается гидроизоляция подстилающих грунтов, защита грунтовых вод от токсичных стоков и воздушно-го бассейна от газовых выбросов, возникающих при контролируемом процессе ферментации. Участки для захоронения отходов представляют собой десятки тысяч гектаров земли, выведенных из хозяйственного использования и на десятки лет потерянных для любой деятельности. Полигоны, возведенные по всем строительным правилам и нормам экологической безопасности населения и окружающей среды, имеют высокую стоимость. Ввиду отсутствия свободных территорий для их размещения в городских агломерациях Европы и уже в России земельные участки являются самыми дорогостоящими элементами полигонов.

Стоимость земельных участков в СФО, безусловно, ниже в сравнении с европейской частью России, тем не менее высокие темпы роста рыночных цен на пригородные земли в городских агломерациях Новосибирска, Красноярска и Иркутска становятся серьезным ограничивающим фактором при выборе размещения новых полигонов.

Исходя из средней нормы потребности в земельных ресурсах 1,8 га на 1 000 т хранения ТБО, можно ожидать сокращения отвода земель под полигоны на 1 080 га и одновременно уменьшить эксплуатационные затраты на хранение ТБО на 700 млн руб. в год. Внедрение инновационных энерготехнологий представляет собой стратегический шаг в решении эко-

гических проблем утилизации ТБО, который окажет значительные экологические и топливосберегающие эффекты. Вместе с тем актуальна разработка государственной политики поддержки инноваций. В силу высокой капиталоемкости энергетических установок необходимо как прямое участие государства в их создании, так и формирование благоприятных условий для частных инвесторов, принимая во внимание остроту экологических проблем и требования выполнения законодательства Российской Федерации в области безопасного обращения с отходами.

Список литературы

1. *Боравская Т. В., Боравский Б. В., Ветошкина Л. П. и др.* Европейский опыт обращения с отходами производства и потребления / Торгово-промышленная палата РФ. М., 2010. 212с.
2. Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных технологий / Ин-т теплофизики СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 405 с.
3. *Чередниченко В. С., Казанов А. М., Аньшаков А. С. и др.* Современные методы переработки твердых бытовых отходов. Новосибирск, 1995. 55 с.
4. *Остапенко В. А., Шаповалов В. А., Будянов В. П. и др.* Мусоропереработка на основе метода высокотемпературного пиролиза // Вестн. Новосиб. отд-ния Петровской Акад. наук и искусств. 1999. № 5. С. 160–177.
5. *Алексеев С. В., Басин А. С.* Универсальная технология использования твердых бытовых отходов в качестве нетрадиционного топлива // Энергосбережение. 2004. № 4. С. 42–48.
6. *Малахов В. М., Багрянцев Г. И., Гришин Е. Н. и др.* Технологические решения в проекте Бердского опытного мусороперерабатывающего завода // Очистка и обезвреживание дымовых газов из установок, сжигающих отходы и мусор: Сб. науч. ст. Новосибирск, 1999. С. 42–53.
7. *Багрянцев Г. И., Ващенко С. П., Лукашов В. П., Тимошевский А. Н.* Плазмотермическая переработка твердых отходов // Генерация низкотемпературной плазмы и плазменные технологии: проблемы и перспективы. Новосибирск: Наука, 2004. С. 328–340.
8. *Жуховицкий В. Б., Меллер В. Я., Тугов А. Н.* Утилизация твердых бытовых отходов. Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А. Л.», 2011. 546 с.

Материал поступил в редколлегию 12.12.2012

N. I. Plyaskina, V. N. Kharitonova, I. A. Vizhina

ECOLOGICAL-ECONOMIC EVALUATION OF THE ENERGY POTENTIAL UTILIZATION OF SOLID WASTE IN THE REGION

The paper discusses the innovative ways of solving the problems of energy and resources, combined with the solution of environmental problems of solid waste disposal in the regions of the Siberian Federal District. The analysis of the situation with the accumulation and disposal of industrial waste and the implementation of regional programs for waste management. The advantages of using innovative energy technologies for utilization of solid waste, developed at the Institute of Thermal Physics. An assessment of the energy potential of solid waste in innovative energy technologies at the Novosibirsk region.

Keywords: Siberian Federal District, technological waste, municipal solid waste, dirt accumulation, the concentration of hazardous substances, recycling, integrated economic evaluation, the energy potential, innovative, project-based approach, the scientific and technical potential, the regional waste management program, social and environmental effects.