

УДК 628.4.02:628.474.3:628.492/.492.2

DOI: 10.24411/2227-9490-2018-12061

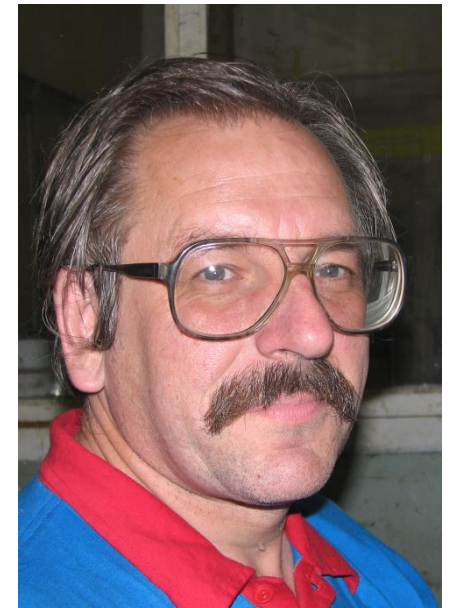
Мазурин И.М.^{*},
Понуровская В.В.^{**},
Колотухин С.П.^{***}



И.М. Мазурин



В.В. Понуровская



С.П. Колотухин

Экологический тупик от сжигания мусора и возможные пути его преодоления

^{*}Мазурин Игорь Михайлович, доктор технических наук, профессор, ведущий инженер кафедры теоретических основ теплотехники НИУ «МЭИ»

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-5604-5510>

E-mail: igor-m-mazurin@j-spacetime.com; mazurinenin@mail.ru

^{**}Понуровская Вера Владимировна, инженер-эколог, аспирант кафедры теоретических основ теплотехники НИУ «МЭИ»

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-1531-0162>

E-mail: vera-v-ponurovskaya@j-spacetime.com; berenika973@mail.ru

^{***}Колотухин Сергей Прокопьевич, старший научный сотрудник, заведующий учебной лабораторией кафедры теоретических основ теплотехники НИУ «МЭИ»

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-8257-4830>

E-mail: sergey-p-kolotukhin@j-spacetime.com; lrkftor@mail.ru

В статье представлен анализ современного состояния задачи переработки бытовых отходов России. Рассмотрены причины серьёзных нарушений природоохранного законодательства, связанные с неконтролируемой работой полигонов. На основе данных системного анализа по шести основным способам переработки бытовых отходов, сделан вывод об отсутствии реальных перспектив процесса сжигания мусора из-за больших убытков от загрязнения земель сельхозугодий и серьёзной опасности для населения от диоксинов в выбросных газах мусоросжигающих заводов Хитачи-Цосен. В статье рассмотрены возможные альтернативы процессу сжигания бытовых отходов, которые были разработаны в России в конце прошлого века.

Ключевые слова: твёрдые бытовые отходы; мусоросжигающий завод; переработка; сжигание; окисление; загрязнение атмосферы; пыль; шлак; полигоны; диоксины; фураны; CO₂.

Успешное решение задачи переработки бытового мусора на сегодняшний день зависит от множества причин. Среди них хорошо известные санитарные, технические и экономические причины. Появились и новые причины, как связанные с борьбой за рынки, так и возникшие от политизации экологии и климатологии. Новые причины существенно усложнили задачу, доведя её до серьёзных методических ошибок и абсурдных решений. Но доминирующим осталось влияние технических и социальных причин. Здесь и проблемы переработки новых полимеров и химических веществ, используемых в быту для различных целей, и новые виды бытовых отходов, связанных с широким внедрением компьютеров и автомобилей в быт городского жителя, а также новые знания по токсинам, образующимся при сжигании бытовых отходов, и новые виды налогов.

При всём многообразии причин, влияющих на выбор и осуществление задачи переработки мусора, а также способов переработки бытовых отходов мир пока ограничился двумя основными технологиями в деле переработки ТБО:

- либо захоронение ТБО на полигонах с целью компостирования органики, что требует наличия значительных площадей бросовой земли недалеко от города;
- либо переработка ТБО методом сжигания с использованием внешнего источника тепловой энергии, с последующим использованием этой энергии для обогрева теплиц или генерации электроэнергии в турбинном цикле.

Захоронение на полигонах в основном принято в России, а сжигание мусора — практически во всех странах Европы и в Японии. Причина здесь в наличии земли под размещение полигонов.

Громкие фразы о получении электроэнергии из мусора — не более чем реклама, поскольку в процессе сжигания мусора неизбежно возникает проблема использования избыточного тепла, выделяемого при сжигании. Для Европы выгодно использовать турбинный цикл генерации электроэнергии, поскольку энергоносителей в Европе немного. Но эффективность турбинного цикла на мусоре невелика. КПД преобразования тепловой энергии в электрическую на существующих мусоросжигающих заводах пока находится в диапазоне от 22% до 28% [Туглов, Смирнова 2018], что, по современным меркам, явно мало, но для рекламы вполне достаточно.

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

В обоих вариантах переработки ТБО мир пришёл ко всеобщему убеждению о целесообразности предварительной сортировки мусора с целью извлечения из него ценных компонентов для повторного использования. В некоторых странах до 40% мусора в качестве сырья уходит на повторную переработку.

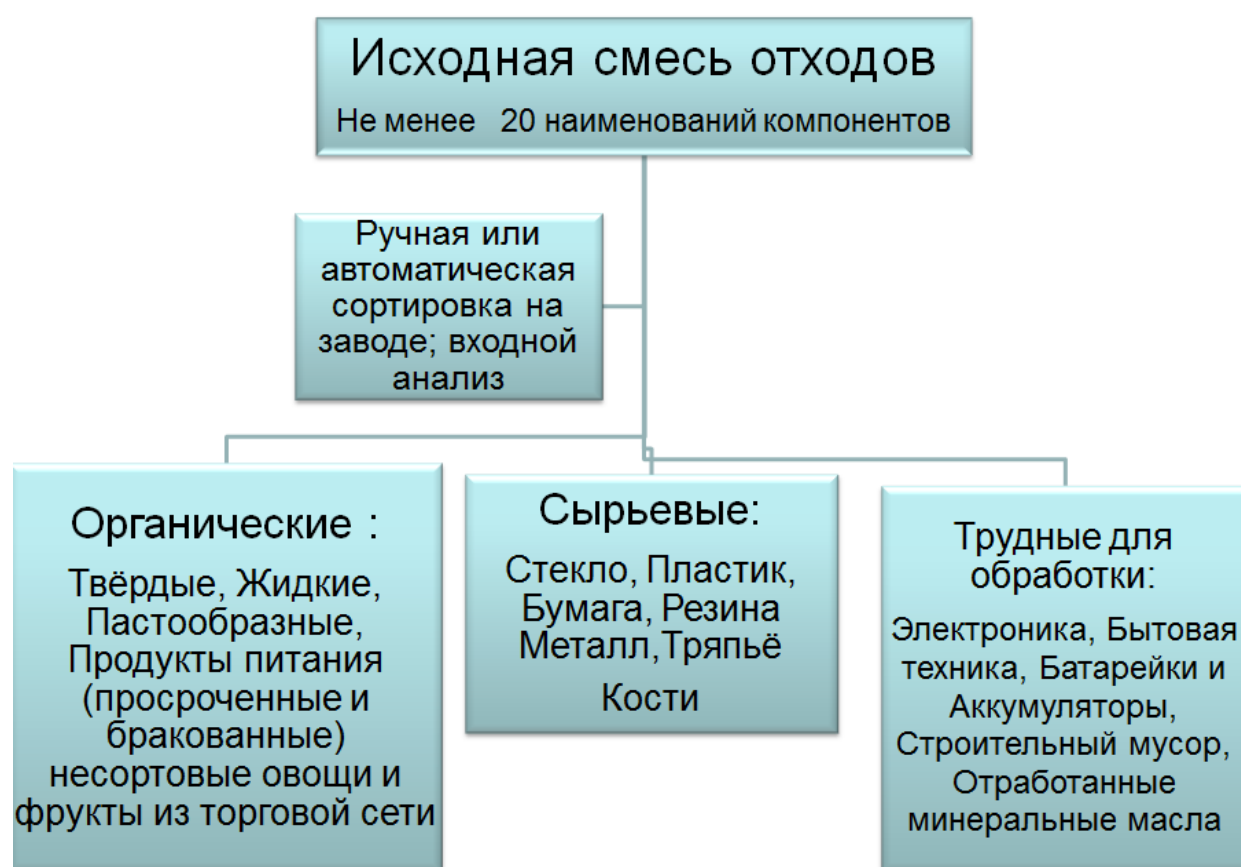


Рис. 1. Входной этап переработки ТБО



Рис. 2. Баки для раздельного сбора мусора: **наверху** — в Ньюкасле-на-Тайне, Англия, **внизу** — в Токио, Япония. Фото с сайтов <https://smartmycity.com/smart-city-infrastructure/> и <http://despicas.pw/Trash-Can-Dustbin-t-Canning.html>

В 1960-е—1970-е годы в СССР были структуры на уровне Главков по сбору и переработке вторичного сырья и стеклянной тары, но после перестройки они исчезли. Сегодня пока не ясна перспектива этого направления и 90% бытовых отходов сваливаются в одну кучу без сортировки. Судя по публикациям в СМИ, сегодня в России по задаче переработки бытовых отходов наблюдается тупиковая ситуация. Она создавалась в течение почти тридцати лет усилиями кукловодов, которые в 1990-е годы управляли Минэкологии, правительством эпохи Ельцина и всем аппаратом нашего славного государства с момента прихода к власти М. Горбачёва. Это уже история, но без прошлого не понять настоящего. Ликвидация в 1990 году Министерства коммунального хозяйства и его главков, надзорных функций Санэпиднадзора, и разрушение прочих структурных составляющих, в конечном счёте, и привели к неуправляемым полигонам с вонью и дымами. Слава богу, что не дошли до чумы и холеры. Здесь помогла русская зима. С 2004 года началось движение к наведению хоть какого-нибудь порядка силами Минприроды и Правительства. Но на развалинах убитых структур быстро создать работающий механизм и десяти лет не хватило. Кроме того, до сих пор внутри Минприроды сидит ЮНИДО в качестве представителя ООН якобы с целью передачи России передовых технологий (см. [Проект ЮНИДО/ГЭФ-Минприроды России... 2015; Минприроды России и ЮНИДО... 2017]). Здесь и расцвела идея мусоросжигания в России на зарубежном оборудовании за 30 млрд. долл. для решения проблемы переработки отходов — как совместный проект Минприроды и ЮНИДО «Создание ВАТ/ВЕР Центра по применению передовой практики и природоохранных технологий при утилизации потенциально опасных потребительских продуктов и промышленных отходов» и являющийся его продолжением проект Академия электронных отходов [Минприроды России и ЮНИДО... 2017] (см. также [Центр международного промышленного сотрудничества ЮНИДО в Российской Федерации 2017]).



Рис. 3. Мероприятия ЮНИДО в рамках совместных проектов с Минприроды РФ в 2017 г.: **слева и в центре** — семинар Академии электронных отходов в Москве (подготовка плана действий по созданию системы экологически безопасной и коммерчески привлекательной утилизации электронных отходов в конкретных регионах); **справа** — после панельной дискуссии «Природоподобные технологии: новые возможности и новые вызовы» в рамках 19-го Всемирного фестиваля молодежи и студентов в Сочи, где обсуждалась необходимость внедрения новых технологических решений, учитывающих экологический императив, в условиях четвертой промышленной революции, в том числе технологии, основанные на принципах глубокой очистки и утилизации отходов [Центр международного промышленного сотрудничества ЮНИДО в Российской Федерации 2017]

Чиновников идея покупки двухсот заводов просто привела в восторг. Такие перспективы и не снились, поскольку за каждый завод возможна оплата дилерской услуги. По этой причине всех, кто в России что-то умел делать по проблеме отходов, отодвинули подальше от задачи. В результате теперь ничего, кроме сжигания мусора по зарубежной технологии, даже не обсуждается, а диоксиновая опасность некоторыми ответственными чиновниками представляется американской байкой. Но жадность, как известно, всё сгубила. Не учли, в ожидании крупного барыша, того тонкого момента, что цена услуги по переработке мусора на зарубежном МСЗ будет на уровне одного доллара за один килограмм, если выбрасываемые в атмосферу газы делать безопасными для человека. При таких ценах в небогатой России говорить о переработке мусора не име-

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

ет смысла. Все уже отрезвели, ищут компромисс, и призывают к диалогу. По этой причине статью в газете «Коммерсантъ» от 28 декабря 2018 г. о необходимости подробного и трезвого обсуждения проблемы переработки мусора [Васильева 2018], можно считать переломным моментом в общей картине ожидания зарубежного чудо-завода. Этого драгоценного чуда, скорее всего, уже не будет. Слишком оно дорогое.

Теперь возникла новая проблема. Где найти разработчиков недорогой и безопасной технологии переработки бытовых отходов и изготовителей оборудования. За тридцать лет полного отсутствия денег для сохранения этих структур, специалисты по переработке отходов стали исчезающей редкостью, хотя выпускники экологических факультетов ещё есть. В отношении производства МСЗ, есть надежда на заводы в Ижевске, в Подмосковном Домодедове и Костроме. Но, что скажет Правительство на этот счёт, пока нет ясности. Всё теперь зависит от решения Правительства РФ. Возможно, что оно купит 230 мусоросжигающих заводов за рубежом, общей стоимостью не менее 30 млрд. долларов, и навсегда потеряет рынок мусороперерабатывающего оборудования для собственных заводов. Возможно, что и вернёт на свои рабочие места разработчиков и изготовителей оборудования для переработки твёрдых бытовых отходов. Но об этом надо эту новость сообщить тем, кто ещё сохранил желание работать с отходами.

Главная причина возникновения проблемы переработки отходов состоит в том, что в большинстве стран полигоны для биологической переработки отходов размещать негде. Россия является пока исключением, хотя понятие бросовых земель в России уже исчезло. Теперь всякая земля имеет цену, и немалую. В Европе и Японии проблема земли для полигонов возникла раньше, ещё в начале прошлого века, в Англии — с середины XIX в. [Herbert 2007]. По этой причине заводы, сжигающие мусор, появились в Европе в конце XIX — начале XX вв. (в 1874—1890-х г. в Англии — в Ноттингеме, Лондоне, Саутгемптоне [Herbert 2007; Faby 2010], в 1903 г. во Фредериксберге, Дания [Kleis, Dalager 2004]).



Рис. 4. Одни из первых европейских мусоросжигательных заводов:

слева и в центре — в Лондоне (фото 1880-х гг. из [Herbert 2007]), справа — во Фредериксберге, Дания (фото 1903 г. из [Kleis, Dalager 2004])

Сегодня сжигание мусора для европейских государств и для Японии практически не имеет альтернативы. Хотя проблема очистки отходящих газов после сжигания по европейской технологии ТБО делает этот способ очень дорогим и опасным для населения близлежащих районов из-за выбросов значительного количества ядовитых и онкогенных примесей в дымовых газах. Причина возросшей опасности технологии сжигания ТБО довольно проста. За прошедший век состав мусора существенно изменился. В нём появились полимеры, аккумуляторы разного исполнения, древесно-стружечные плиты, фенол-формальдегидные и эпоксидные смолы, синтетические ткани, ароматические углеводороды, хлорсодержащие пластики и резины. В итоге сжигание ТБО, несмотря на быстрое уничтожение отходов, стало очень небезопасным для окружающей среды и для человека. Возникла необходимость в тщательной сортировке мусора и очистке дымовых газов после его сжигания. Но если сортировка мусора, с выделением ценных составляющих для повторного применения, является необходимым и выгодным элементом любого вида переработки мусора, то очистка дымовых газов является необходимым элементом всех высокотемпературных процессов, которым относятся сжигание мусора, пиролиз, плазменная обработка или контакт мусора с расплавами в печах Ванюкова.

Очистка дымовых газов от супертоксинов после сжигания мусора

Наиболее трудноразрешимой проблемой стала очистка дымовых газов от супертоксинов. К ним относятся диоксины, фураны, бенз-а-пирены, и окислы азота, образующиеся при неполном окислении ароматических углеводородов, а также при неуправляемой рекомбинации фрагментов разрушенных молекул органических и неорганических соединений [Lopes et al. 2015]. На очереди проблема металлоорганических соединений, которые пока практически малоизвестны, но присутствие их в отходящих газах вполне вероятно и не подвергается сомнению.

Токсические свойства диоксинов были открыты в середине 50-х годов прошлого века. На сегодняшний день относительно хорошо изучены только хлорсодержащие диоксины. Фтор- и бромсодержащие диоксины ещё ждут своих исследователей. Допустимый уровень содержания диоксинов и фуранов в выбросных газах, получаемых после сжигания бытовых отходов перед выбросом в атмосферу в разных странах находится в диапазоне от 10^{-9} до 10^{-11} г/куб м. По европейскому стандарту, $0,1 \times 10^{-9}$ г/куб м, т.е. 0,1 нг/куб м. После разбавления в окружающем воздухе концентрация диоксинов должна уменьшиться на 3–4 порядка и достичь значений от 10^{-12} до 10^{-14} г/куб м в атмосферном воздухе на высоте 1,5–2 м от земной поверхности. По российским нормам, предельное значение не более $0,5 \times 10^{-12}$ г/куб м, т.е. 0,5 пг/куб м [Гигиенические нормы ГН 2.1.7.3298-15... 2015]. Для разбавления до таких концентраций нужен незагрязнённый атмосферный воздух.

Известны две версии объёма и загрязнения выбросов МСЗ Мицубиси-Цосен. По одной версии, в технологической цепочке производительностью 100 тыс. тонн мусора в год (11,4 тонны в час) выбрасывается через трубу завода в час 80 тыс. куб м дымовых газов с концентрацией диоксинов (по нормативу ЕС 2000/76) не более $0,1 \times 10^{-9}$ г/куб м при 11% O_2 в этих газах.

По версии проекта АО «Котес» 6.05.2017 для МСЗ от Хитачи-Цосен Moscow NW700 с годовой производительностью 700 тыс. т, по каждой из трёх технологических цепочек выбрасывается 126964 куб м/час газов, (всего 380892 куб м/час) с температурой на входе в трубу 114°C и с обобщённой концентрацией диоксинов и фуранов 0,02 нг/куб м, т.е., по описанию от 6.05.2017 г., на выброс подаётся относительно горячий газ в пять раз чище, чем по нормативу ЕС. В этом варианте за один год эксплуатации (8760 часов) получается 0,022 г диоксинов и фуранов с одной трубы. Для трёх ниток проектный выброс составит 0,066 г/год, что в пять раз меньше заявленного в ОВОСе¹ на аналогичный завод в

¹ ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду) — документ, цель которого давать всестороннее представление обо всех видах воздействия хозяйствующего субъекта на окружающую среду. Основными нормативными документами в отношении разработки ОВОС являются Федеральный закон № 174-ФЗ от 23 ноября 1995 г. (с изменениями на 25 декабря 2018 г.) «Об экологической экспертизе» и Положение об оценке

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. Экологический тупик от сжигания мусора и возможные пути его преодоления

воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации, утвержденное Приказом Госкомэкологии России № 372 от 16 мая 2000 г. (Прим. ред.).

Могутове количестве выбросов 0,36 г/год. Видимо, уровень сортировки мусора влияет на объём подачи воздуха в цикл сжигания мусора и концентрацию диоксинов на выходе. Но в худшем случае для уменьшения концентрации диоксинов от $0,1 \times 10^{-9}$ до $0,1 \times 10^{-11}$ г/куб м потребуется 110 объёмов воздуха, т.е. 41898 тыс. куб м/час. Для достижения разбавления до норматива, действующего в России ($< 0,5 \times 10^{-12}$ г/куб м, а значит, и $0,1 \times 10^{-12}$, если учитывать частые периоды безветрия в России) потребуется ещё 1000 объёмов свежего воздуха, т.е. всего реально необходимо 1110 объёмов свежего воздуха ($4,2 \times 10^8$ куб м) ежечасно подавать к объёму дыма, выбрасываемому из трёх труб одного МСЗ. **Учитывая, что планируется сжигать в России весь объём годового «производства» мусора, т.е. 90 млн. т/год, то потребуется 128 заводов с производительностью 700 тыс. тонн отходов в год. При непрерывной эксплуатации 128 МСЗ для разбавления концентрации диоксинов до нормативной, потребуется $5,37 \times 10^{10}$ куб м/час чистого воздуха. За год, т.е. за 8760 часов, потребуются 47×10^{13} куб м/год, что по весу даст $5,8 \times 10^{11}$ т воздуха.**

Сегодня в мире сжигается около 250 млн. т бытовых отходов ежегодно при концентрации диоксинов на входе в трубу на уровне 0,1 нг/куб м. По этой причине можно оценить расход воздуха на разбавление диоксинов на уровне $1,5 \times 10^{12}$ тонн. Всего на Земле есть в наличии лишь $5,7 \times 10^{15}$ т воздуха. С учётом генерации общего количества мусора на Земле за год на уровне 9 млрд. тонн, т.е. в 36 раз больше, можно утверждать, что при повсеместном использовании технологии сжигания мусора неизбежно возникнет проблема нехватки свежего воздуха для разбавления выбросного газа от сжигания отходов на МСЗ. Это, в свою очередь, приведёт быстрому и глобальному загрязнению почвы и атмосферного воздуха диоксинами, что крайне опасно для теплокровных обитателей Земли. Рассчитывать на разложение диоксинов в воздухе за счёт грозных разрядов можно было бы, если бы они были в газообразном состоянии. Перед выбросом из заводской трубы у них температура 120–130°C, т.е. они относительно горячие и с не полностью законченным процессом рекомбинации радикалов. После выброса из трубы они остывают, и при этом заканчивается рекомбинация радикалов во всём объёме. Затем значительная часть диоксинов сорбируется на капельной влаге и частицах мелкодисперсной пыли и копоти из потока отходящих газов. Эти частицы являются хорошими сорбентами для диоксинов, но при температурах ниже 60–80°C. До выхода из трубы они были в потоке порознь из-за относительно высокой температуры. Для их разложения в воздухе грозными разрядами, сначала требуется энергия для десорбции этих молекул с поверхности пылевых частиц, после чего возможна их ионизация для последующего втягивания в канал искрового разряда и разрушение на радикалы с последующей нейтрализацией радикалов кислородом воздуха или влагой.

Но основная масса пылевых частиц с диоксинами, сорбированными на поверхности частиц, из-за более высокой плотности в сравнении с воздухом, постепенно осядет на землю и разместится в верхнем плодородном слое почвы [Агапкина и др. 2015]. Здесь диоксины могут сохраняться до ста лет по причине исключительной стабильности, постепенно увеличивая свою концентрацию за счёт новых поступлений. Попав в почвенные растворы, диоксины через растения попадают в пищевые цепочки через травоядных животных, злаки и корнеплоды. В конечном счёте, они попадают человеку на стол в виде продуктов питания.

Особо надо отметить опасный характер мелкодисперсной пыли. В силу незначительности размеров (0,1–1 мкм) эти частицы будут длительное время витать в воздухе. Хотя формально концентрация диоксинов в воздухе может и достичь безопасных значений в приземном слое на высоте 1,5–2 м от поверхности земли, однако в силу малости такие частицы пыли субмикронного размера, с диоксинами на их поверхности, представляют исключительную опасность для здоровья человека, поскольку они попадают в лёгкие человека и остаются в них безвозвратно, прилипнув к слизистой поверхности лёгких и бронхов. После этого диоксины растворятся в жировой ткани и останутся в организме человека навсегда. Основная масса пылевых частиц после выброса из трубы МСЗ, не попав в лёгкие человека или животных, при безветрии постепенно опустится на землю, объединившись с более крупными частицами пыли.

Шлейф загрязнений от диоксинов после трубы МСЗ аналогичен шлейфу от угольных ТЭЦ и будет иметь расчётные размеры не менее 16 × 5 км и площадь, соответствующую 8000 га. По данным завода-изготовителя фирмы Хитачи-Цоссен, при производительности 700 тыс. тонн в год, выбросы диоксинов по проекту завода в Могутове составят 0,36 грамма в год. В этом количестве диоксинов есть и не связанные с пылью газообразная составляющая, которая должна разбавиться до безопасной концентрации свежим воздухом, и есть часть, которая осядет на землю вместе в мелкодисперсную пыль на расчётной площади шлейфа, т.е. на 8000 га. Поскольку глубина проникновения диоксинов в толщу грунта невелика, и поскольку они располагаются в гумусном слое почвы [Агапкина и др. 2015], то для оценки загрязнения почвы справедливо будет рассматривать верхний слой почвы глубиной не более 0,1 м. При этом вес загрязнённой почвы на площади шлейфа, равной 8000 га, при плотности плодородного грунта 1300 кг/куб м, составит:

$$8\,000\text{ га} \times 10\,000\text{ м кв.} \times 0,1\text{ м} \times 1\,300\text{ кг/куб м} = 1\,040\,000\,000\text{ кг.}$$

При отнесении всего годового выброса диоксинов, равное 0,36 г к весу загрязнённой земли, получим усреднённую концентрацию диоксинов в шлейфе, равную $3,6 \times 10^{-10}$ г/кг, т.е. 0,36 нг/кг. Для городских земель нормативом РФ является 50 нг/кг, а для земель сельхозугодий — 5 нг/кг. Видимо, считается, что городские жители на городской земле ничего съедобного не выращивают, потому и норматив по присутствию диоксинов на порядок мягче, т.е. 50 нг/кг. Кто и как его обосновывал, авторам не известно. Возможно, и были необходимые исследования, но ссылок на них мы не нашли.

Из приведённой расчётной оценки следует, что через 14 лет шлейф от заводской трубы достигнет предельного загрязнения сельхозугодий 5 нг/кг и их придётся оформлять как выведенные из употребления, если они расположены рядом с трубой МСЗ и находятся в зоне расположения по розе ветров. Стоимость земли в Подмосковье сегодня, по zakonometr.ru, составляет от 428 до 6870 тыс. руб. за гектар, хотя купить сегодня можно небольшой участок сельхозугодий и за 12 тыс. рублей за 1 га [Стоимость гектара земли... 2018]. Минимальный убыток от загрязнённой диоксинами 8000 га земли сельхозугодий в Московской области от одного завода составит 3,4 млрд. рублей. Максимальный убыток по земле может достичь 50 млрд. рублей и будет зависеть от расположения конкретного участка и исходного качества земли, загубленной на 100 лет. Приведённая оценка справедлива при условии полного связывания диоксинов пылью и влагой при выходе из заводской трубы с последующим оседанием на поверхность земли на расстоянии 16 км. При сильном ветре шлейф будет иметь большую длину, и оценка будет иной. Но суть явления не изменится. Значительные размеры убытков от работы МСЗ объясняют наблюдаемую сегодня в США и Европе тенденцию к их досрочному закрытию. Для городских земель мягкий норматив по содержанию диоксинов означает принципиальную опасность подвижных игр детей на улице в летний период, когда городская пыль становится опасной из-за наличия в ней частиц мелкодисперсного углерода с диоксинами, сорбированными на поверхности этих частиц, которые имеют реальную возможность попасть в лёгкие ребенка.

Распределение выбросов чаще всего имеет логарифмический характер распределения, в связи с чем проблема исков к МСЗ от потерпевших владельцев сельхозугодий возникнет гораздо раньше. На расстоянии 2–3 км от трубы предельные

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

концентрации по содержанию диоксинов будут достигнуты уже после 3–4 лет непрерывной эксплуатации МСЗ. По этой причине в Европе чаще строят МСЗ с проектной производительностью не выше 200 тыс. тонн в год. Это позволяет отодвинуть сроки достижения предельных концентраций диоксинов в почвах на 10–15 лет из-за уменьшения массы выбросов при неизменной площади шлейфа.

Диоксины, как известно, являются аккумулярующими ядами для всех теплокровных наземных животных и всех обитателей океанов. Они представляют для них опасность при любых концентрациях. Это справедливо и для человека. Перенос молекул диоксинов происходит в основном на микрочастицах пыли, которую не способны уловить рукавные фильтры, входящие в состав очистного оборудования МСЗ. По этой причине дополнительные электрофильтры для улавливания микрочастиц пыли здесь вполне уместны. Но пыль, собранная на электрофильтрах, также будет представлять исключительную опасность для человека, поскольку даже после улавливания, диоксины вместе с пылью останутся таковыми. В Германии такую пыль остекловывают, после чего отвозят на захоронение в шахтных выработках [Bilitewski at al. 1997; Prognos AG, Birnstengel 2012].



Рис. 5. Немецкий опыт шахтного захоронения остеклованной диоксиновой пыли из дымовых газов: **слева** — транспортировка материала на закрытых конвейерных лентах от шахтного ствола к грузовикам; **справа** — в соляной шахте электроэкскаватор перегружает доставленную грузовиком остеклованную пыль из перегрузочного бункера в шахтную технику для транспортировки на большую глубину. [Prognos AG, Birnstengel 2012]

В общей оценке проблемы очистки отходящих газов после высокотемпературного сжигания мусора по технологии Хитачи-Цосен, можно не без оснований констатировать её принципиальный тупик с точки зрения гарантии безопасности для человека и неприемлемых расходов на многостадийную очистку. По этим основным причинам есть серьёзные основания для констатации стратегической ошибки в выборе способа переработки отходов использованием высокотемпературного сжигания, что и закреплено в решении ЕС от 2017 года [European Commission... 2017]. Надо отметить, что сжигание может быть и при невысокой температуре. Если использовать катализаторы, то можно выполнить процесс каталитического окисления всех органических компонентов мусора. Важно и то, что при каталитическом окислении осуществляется полное превращение углеводородов в углекислоту и воду, а температура процесса находится в диапазоне от 500 до 700°C, т.е. ниже границы образования окислов азота.

Выбор скорости переработки ТБО
(на основе ТЗ для сортированных и несортированных отходов с учётом покупательной способности населения, прибыли для ведения дела, наличия места расположения, требований по безопасности для человека и по охране окружающей среды)

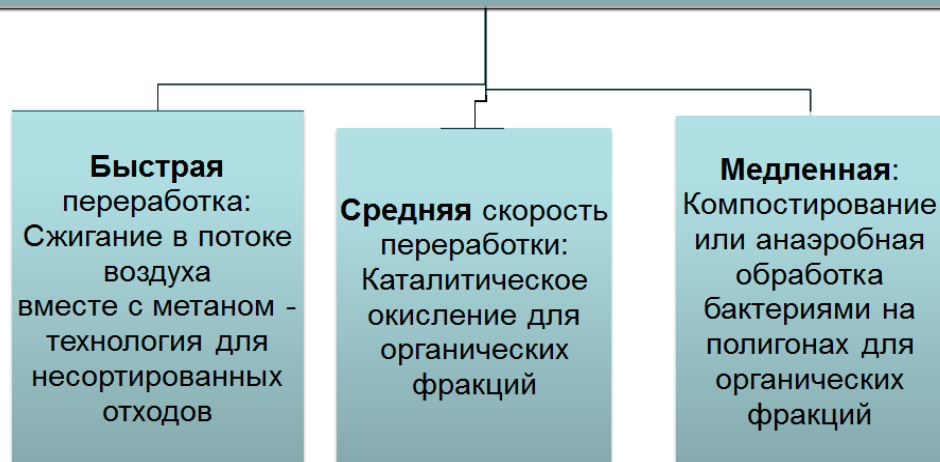


Рис. 6. Различные режимы скорости переработки ТБО

TRADEBE

CONTACT US | LEGAL DISCLAIMER | Select Business | Select Country

TRADEBE | ENVIRONMENTAL SERVICES | TREATMENTS & FACILITIES | COMPLIANCE | CSR | CAREERS | NEWS | EVENTS | ENQUIRIES | LOCATIONS

Home > Treatments & Facilities > Incineration

HIGH TEMPERATURE INCINERATION

HIGH TEMPERATURE INCINERATION / HAZARDOUS WASTE INCINERATION
Tradebe own and operate the Commercial High Temperature Incinerator at Fawley.

High Temperature Incineration is viewed as the most secure and reliable disposal option for the incineration of hazardous waste.

To discuss your hazardous waste incineration requirements please contact us on 01633 765 110

Just some of the types of Waste Streams that we currently dispose of with our High Temperature Incinerator are:

INFORMATION REQUEST UK

Start Complete

Name *

Рис. 7. Типичная коммерческая реклама высокотемпературного МСЗ (Англия). Первый же абзац (выделен оранжевым) гласит: «Высокотемпературное сжигание рассматривается как наиболее безопасный и надежный способ утилизации опасных отходов». С сайта <https://www.tradebe.co.uk/high-temperature-incineration>

Каталитическое окисление принципиально исключает неуправляемую рекомбинацию ионов, поскольку они не образуются в процессе, и отходящие CO₂ и водяной пар имеют невысокую температуру (120–130°C). В качестве катализатора для окисления углеводородов, кроме платины, можно использовать и менее дорогие металлы и их соли. Самым ценным преимуществом процесса каталитического окисления является полное окисление углеводородов, что принципиально недостижимо при пламенном горении. По этой причине цена переработки мусора существенно ниже, поскольку не требуется высокой заводской трубы для разбавления опасных газовых компонентов и дорогостоящей многостадийной очистки отходящих газов от супертоксина с удалением пыли на субмикронном уровне. Главное, что нет проблем с диоксинами, поскольку полностью окисляются ароматические углеводороды и все высокомолекулярные углеводородные соединения. Кроме того, процесс каталитического окисления не требует дополнительной энергии от внешнего источника. Единственное условие каталитического окисления — наличие кислорода в воздухе, поступающем в зону окисления при наличии катализатора, который не является расходным материалом. Недо-

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. Экологический тупик от сжигания мусора и возможные пути его преодоления

статком процесса, по сравнению с пламенным сжиганием, является меньшая скорость процесса и постепенное «отравление» катализатора смолами, легкоплавкими металлами, сероводородом и другими примесями в составе окисляемого продукта. Однако «живучесть» катализаторов в реальных условиях насчитывает сотни и тысячи часов, и при необходимости их просто заменяют на новые, а отработанные чаще восстанавливают по несложной технологии, если это экономически оправдано.

Непреодолимым препятствием использования каталитического окисления органических отходов являются ограничения Киотского протокола и гигантские платежи за выброс «парникового» CO₂, который, по гипотезе Фурье-Тиндаля, виновен за повышение температуры воздуха на Земле, которое принимают за глобальное потепление. В проблеме переработки бытовых отходов опасность глобального загрязнения среды обитания человека диоксинами доказывается гораздо проще и надёжнее, поскольку это не гипотеза, а расчётная величина и её достоверность легко проверить и рассчитать время наступления недопустимых значений. В отношении влияния CO₂ пока достоверных данных нет, как нет и твердых доказательств в отношении причины изменения его концентрации в атмосферном воздухе. Этот факт может быть как причиной, так и следствием изменения температуры атмосферного воздуха. Такая неопределённость является серьёзным тормозом в поиске и нахождении безопасных и эффективных процессов переработки бытовых отходов. И сжигание мусора с генерацией диоксинов по технологии Хитачи-Цосен является иллюстрацией этой проблемы.

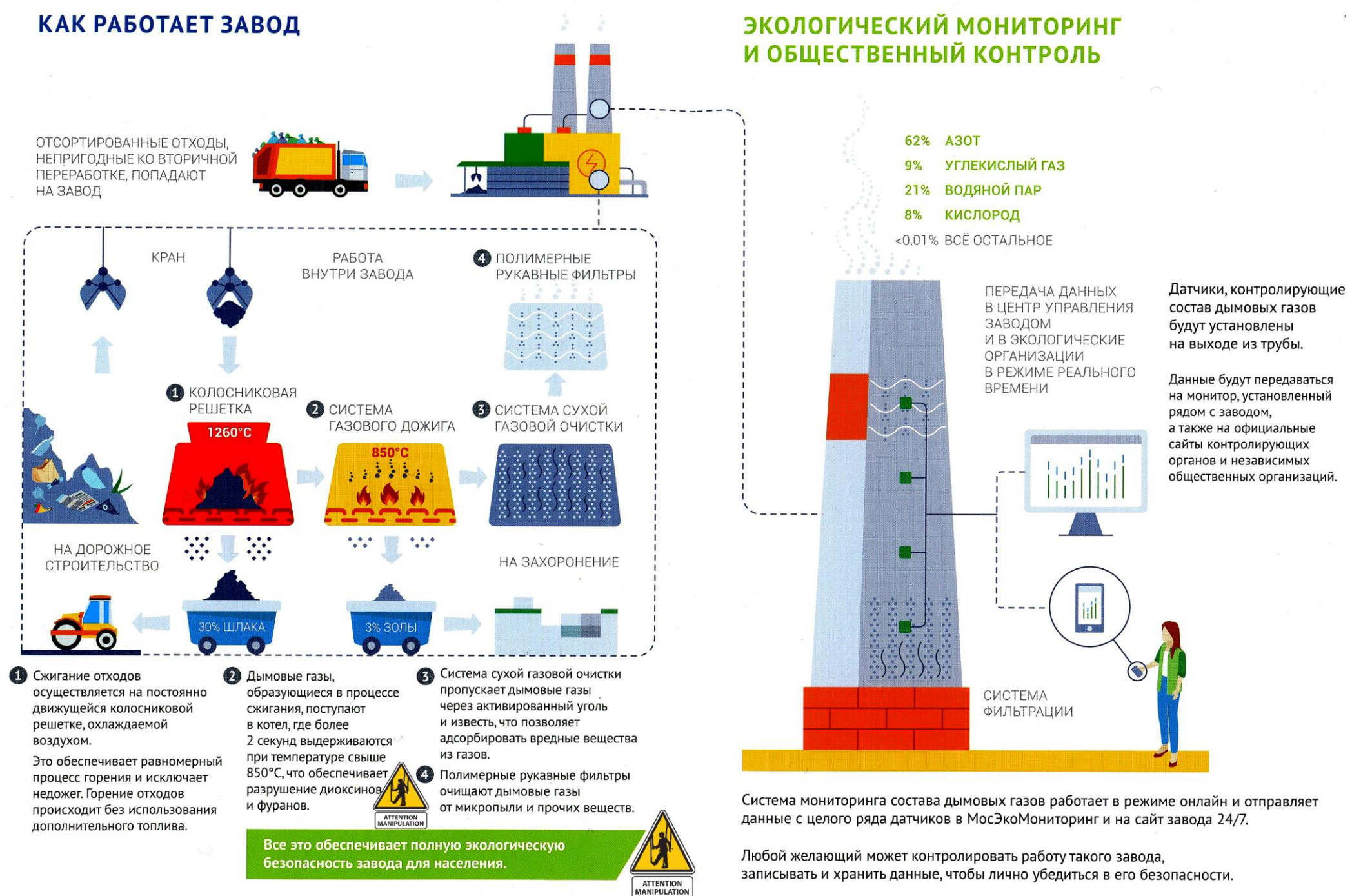


Рис. 8. Технология переработки ТБО от Хитачи-Цосен — как её преподносит рекламодатель.

Элементы, являющиеся манипуляцией в коммерческих целях, отмечены соответствующим знаком

(ATTENTION MANIPULATION — ВНИМАНИЕ МАНИПУЛЯЦИЯ). Схема с сайта https://img1.business-gazeta.ru/articles/cc/1523624937_img836.jpg

При высоких температурах (1200–1300°C) и малых временах экспозиции (2–4 секунды) процесс сжигания в большей степени является процессом диссоциации молекул с образованием ионизированных осколков (радикалов), нежели процессом окисления углеводородов. Об этом свидетельствует остаточный кислород в отходящих газах, количество которого не ниже 10%. При этом главной задачей становится связывание осколков разрушенных молекул с сухими реагентами, введёнными в поток дымовых газов, полученных после сжигания, чтобы не допустить неуправляемой рекомбинации радикалов, при которой и образуются супертоксины.

Причина выбора столь парадоксального решения задачи в том, что создатели технологии пытались максимально уменьшить образование CO₂, хотя ниже 9% CO₂ в составе отходящих газов они всё-таки уйти не смогли. В общем выбросе завода Хитачи Цосен производительностью 700.000 тонн в год, за один час выбрасывается около 60 тонн CO₂, что в год составит 525.000 тонн, если верить указанной в буклете концентрации CO₂ в отходящих газах равной 9%. Понятно, что это дань сжиганию метана в виде природного газа, необходимого для достижения температуры 1200°C на начальном этапе процесса сжигания мусора. Но платой за успех по уменьшению образования CO₂ при неполном окислении из-за быстрого сжигания органической составляющей отходов, является развал их молекул и образование радикалов с последующей рекомбинацией и образованием диоксинов. При полном окислении радикалы не образуются. Итогом полного окисления являются только CO₂ и H₂O.

Приняв ограничения на выбросы CO₂, разработчикам процесса пришлось отказаться от использования каталитического окисления органической составляющей ТБО. Но при этом пришлось согласиться с несколькими очень серьёзными принципиальными недостатками процесса высокотемпературного сжигания, не присущих процессам полного окисления:

1. Достичь нулевого выброса диоксинов не удалось ни на одном из зарубежных МСЗ, несмотря на многостадийные очистные процессы, используемые в цикле переработки ТБО. В итоге загрязнение супертоксинами окружающей среды так и осталось нерешённой проблемой, что принципиально исключило строительство заводов рядом с жилыми районами городов, сельских поселений и сельхозугодий, используемых для производства пищевой продукции.

МАЗУРИН И.М., ПОНУРОВСКАЯ В.В., КОЛОТУХИН С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

2. Неизбежно нарастающее глобальное загрязнение диоксинами атмосферного воздуха и почвы Земли, если количество сжигаемого мусора будет увеличиваться в нарастающем темпе, и процесс сжигания ТБО по технологии Хитачи-Цосен станет единственным и безальтернативным.

3. Образование значительных количеств окислов азота из-за высокой температуры процесса сжигания мусора (1200–1300°C) и возникновение проблемы удаления окислов азота из отходящих газов до безопасного уровня.

4. Масса расходных материалов (известки, буроугольного кокса, мочевины, активированного угля...) для процесса сжигания стала соразмерной с массой ТБО, поступившей на сжигание. Это неизбежно увеличило объёмы пыли и шлаков и обострило проблемы с их удалением.

5. Расход дополнительного топлива (природного газа) составляет от 6 до 12 тыс. м³/час при производительности 80 тонн отходов в час и генерации 70 МВт электроэнергии [Тугов, Смирнова 2018], что даёт все основания считать мусоросжигательный завод обычной тепловой электростанцией, с низким КПД, использующей ТБО в качестве подмеса к основному энергоносителю и с большим количеством опасных выбросов.

6. Эффективность генерации электроэнергии из бросового тепла процесса не превысила 28% даже при удвоении расхода природного газа в процессе сжигания [Тугов, Смирнова 2018], что подтверждает низкую эффективность процесса генерации электроэнергии и на порядок большую себестоимость одного кВт часа, как продукта.

7. Многостадийная очистка дымовых газов от окислов азота и диоксинов, а также значительный расход энергии на осуществление процесса, обусловили цену услуги по сжиганию ТБО в диапазоне 40–60 руб/кг, что в 30–100 раз выше существовавшего уровня цены услуги по приёму бытовых отходов в России.

8. Процесс потерял привлекательность для инвесторов из-за прогноза невозврата вложений по причине несоответствия цены услуги по сжиганию ТБО и покупательной способности российского населения.

9. Процесс неизбежно приведёт к необходимости после 15–20 лет эксплуатации завода выплачивать значительные убытки по загрязнению диоксинами земель сельхозугодий и досрочно выводить завод из эксплуатации.

Перечисленные потери, на которые пришлось пойти разработчикам процесса переработки мусора из-за принятия сжигания на колосниковых решётках в качестве базового процесса, наглядно иллюстрируют последствия добровольно принятых ограничений по «парниковым газам» при решении задачи по переработке ТБО. Льготы по цене «зелёного киловатта» здесь лишь подслащают горькую пилюлю полного технологического тупика. В обмен на гипотетический характер утверждений о влиянии CO₂ на глобальное потепление и попытки уменьшить его эмиссию за счёт короткого времени экспозиции в горячей зоне, мы получаем высокую вероятность опасного глобального загрязнения атмосферы Земли диоксинами, исключительно опасными для всех её теплокровных обитателей и, прежде всего, для человека. По этой причине уже в 2017 году Евросоюз принял решение о прекращении финансирования строительства МСЗ и обозначил возврат к технологии биологической переработки [European Commission... 2017], т.е. к прежним нелюбимым мусорным полигонам, но в более совершенном исполнении.

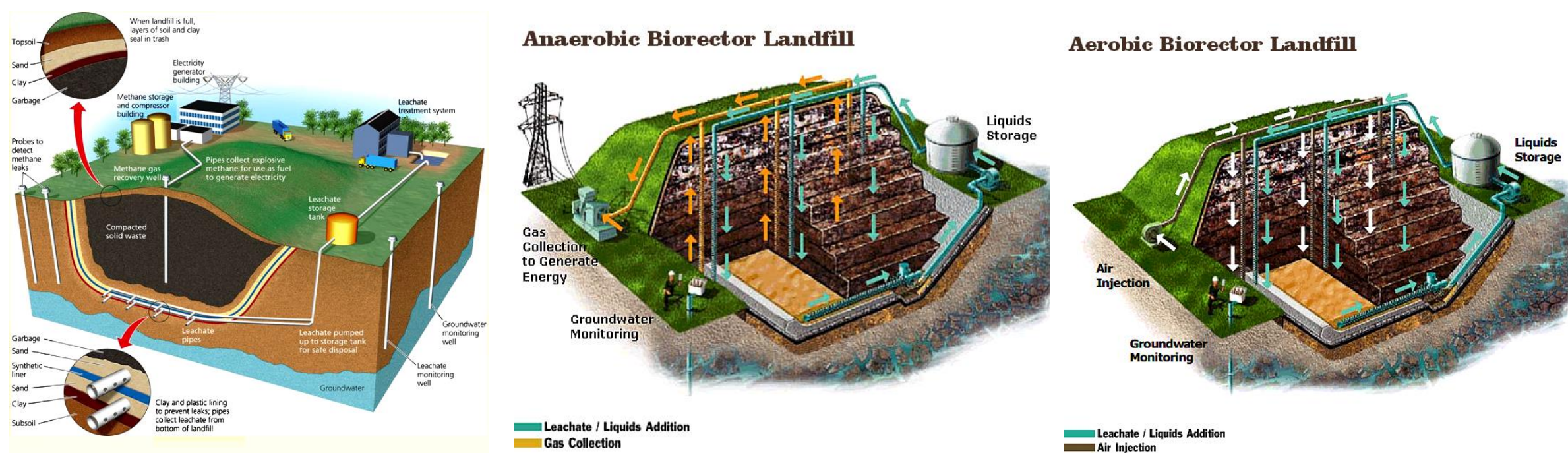


Рис. 9. Современные западные полигоны ТБО. Фото с сайтов <http://koorla.com/imgeditor.html> и https://eng.uaeu.ac.ae/en/research/journal/issues/v8/pdf_iss1_8/7.pdf

В России и тридцать лет назад, при желании, за очень небольшие средства, на основе законченных отечественных разработок можно было спроектировать и изготовить не менее привлекательные внешне, но более безопасные для человека, заводы по переработке мусора. Простейшим и недорогим вариантом был и пока остаётся полигон для ТБО. И двадцать лет назад, и сегодня его можно сделать предельно безопасным, введя для гарантии полной безопасности управление температурой тела полигона. В диапазоне умеренных температур мусор при компостировании не дымит и не выделяет опасных и дурнопахнущих газов. Надо только строго соблюдать технологию, которую отработали до совершенства уже более 40 лет назад. Технически осуществить такое решение сегодня способен дипломник любого технического ВУЗа России. Для чиновников, опубликовавших справочник по НДТ, более привлекательны готовые заводы с быстрым сжиганием, с опасными для человека выбросами газов и «рыночной» ценой услуги по приёму мусора. Но обязательно с дилерской премией от зарубежного изготовителя МСЗ в соответствии с европейскими коммерческими нормами. Коммерческие соображения оказались намного выше инженерных. Это один из наиболее опасных законов вульгарного рынка.

Истоки возникновения проблемы переработки бытовых отходов

Для однополярного мира, гипотеза о причинах парникового эффекта, навязанная всему миру, как научное объяснение причин глобального потепления, является прекрасной основой для принятия абсурдных решений технического характера, которые очень удобны для захвата национальных рынков. Это близнец гипотезы Молины-Роуланда по причинам истощения озонового слоя. Но по размерам «научных

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

открытий» и ощутимых выгод от запретов и ограничений, навязанных в период однополярного мира 1990-х годов, он существенно превзошёл своего «брата».

При запретах по обязательствам Монреальского протокола на использование безопасных для человека, но «озоноопасных» хлорсодержащих фреонов (ХФУ) и пожаротушающих бромфреонов (114В2 и др.), а заодно с ними и «парниковоопасных» бесхлорных фторуглеродов (С₃Ф₈ и др.), предложено было использовать откровенно ядовитые и нестабильные, «озонобезопасные» гидрофторуглероды (ГФУ, например, R-134a), которые производили только три фирмы от США, Англии и Франции. Всему миру пришлось принять навязанное предложение и сдать свои рынки холодильного оборудования на милость победителям. Но замена оказалась совершенно непригодна для практического применения. Эффективность пожаротушения с использованием ГФУ(R-125) оказалась на порядок хуже бромфреонов. Появились первые сообщения о массовых жертвах. Надо было выводить из употребления ГФУ, поскольку появились статистические данные по коротким срокам работы машин и отравлениям обслуживающего персонала. Тогда для ГФУ, неизвестно где и как, насчитали длительные времена жизни в земной атмосфере и пришли к выводу, что ГФУ в 1000 раз эффективнее удерживают тепло, чем СО₂. Барак Обама на конференции по климату призвал усилить меры борьбы с парниковым эффектом и запретить применение ГФУ. Их теперь (с 2019 по 2030 гг.) неспешно тоже выведут из применения по Кигалийской поправке к Монреальскому протоколу от 2016 года [United Nations 2016], заменив на не менее опасные аммиак и взрывчатые углеводороды (избутан, пентан и др.). Хотя, как могут долго жить в атмосфере нестабильные соединения, и где опубликованы данные, подтверждающие открытие этого «феноменального эффекта»? Пока нет ничего, кроме голословного Приложения к Киотскому Протоколу с фантастическими временами жизни в атмосфере неосновных газов, совершенно не соответствующими данным, полученным за полвека экспериментальных исследований немецких и российских исследователей с период от 1906 по 1964 гг. [Стекольников 1960; Стекольников, Багиров 1953]. Но не только данные прежних исследователей опровергали псевдонаучные времена жизни неосновных газов в атмосфере земли. Свежие данные по концентрациям парниковых газов в атмосфере за 2013 год [Gerasimov et al. 2017] также подтвердили выводы полувекковой давности проф. И.С. Стеколнкова о том, что срок жизни неосновных газов в атмосфере земли не более двух лет!

Физика оказалась неподкупной дамой, но политическая эквилибристика с наукообразной оболочкой от климатологии второй раз за последние 40 лет привела к технологическому кризису с бытовыми отходами и захвату рынков промышленного оборудования не самого высокого уровня сложности. Основой для передела рынка переработки ТБО послужила старая, как мир, схема диверсификации прежней системы связей. В итоге в России произошло разрушение существующих связей между Министерством ЖКХ с его Главками, промышленными предприятиями и НИИ, а также упразднение санитарного надзора. Ко всему прочему, само Министерство ЖКХ упразднили, и весь объём задач по проблеме переработки бытовых отходов передали новому Министерству Экологии, которому передали ещё и проблему контроля использования «озонобезопасных» фреонов под недремным оком ЮНИДО. И всё это было выполнено под лозунгом перестройки. После этого настал этап передела рынков услуг по сбору отходов внутри России и захват рынков производства оборудования зарубежными ТНК.

Рынок России уже практически отдали Хитачи-Цосен благодаря бесконтрольной работе отечественных полигонов в период 1991–2004 гг. В результате произошла полная дискредитация технологии компостирования, быстро превращённой из-за грубых нарушений в анаэробное брожение и неизбежное появление дыма и удушающих запахов. Этот кризис был искусственно создан для того, чтобы мусоросжигающие зарубежные заводы стали единственным выходом, поскольку вся структура Министерства ЖКХ в 1991 году была полностью разрушена и контроль от Санэпиднадзора упразднён. Европа давно мечтала занять место в мире в качестве основного производителя «экологического» оборудования, а Япония — продолжить континентальную экспансию своих корпораций. Однако «убедительно рекомендуемые в НДТ» заводы по сжиганию мусора оказались небезопасны для населения и окружающей среды из-за значительных выбросов диоксинов и окислов азота, если обратиться к существующим в РФ нормативам по данным веществам. Ожидаемый срок эксплуатации этих заводов до закрытия не превысит пяти лет. Этого срока достаточно для запредельного загрязнения санитарной зоны и создания опасных условий для проживания людей вблизи санитарной зоны.



Рис. 10. Предприятия Hitachi Zosen Corporation: слева — экспансия на континентальные рынки, в центре — мусоросжигательный завод швейцарско-японской компании Hitachi Zosen Inova AG под Люцерном; справа — генеральный директор российской государственной корпорации «Ростех» Сергей Чемезов, губернатор Московской области Андрей Воробьев и генеральный директор Hitachi Zosen Inova AG Франц-Йозеф Менгеде подписывают меморандум о сотрудничестве между Правительством Московской области, Ростехом и Hitachi Zosen Inova на Петербургском международном экономическом форуме 19 июня 2015 г. Фото с сайтов <http://www.hitachizosen.co.jp/english/pickup/pickup002.html>, <https://realnoevremya.com/articles/2679-report-on-a-visit-to-an-incinerator-in-switzerland> и <https://riamo.ru/article/65840/rosteh-i-hitachi-pomogut-podmoskovyu-s-utilizatsiej-musora-vorobev.xl?mTitle=&mDesc=&mImg=>

Сколько народу попадёт в больницы с онкологией, мало кого волнует. Важно, что объём российского рынка по МСЗ оценивается в \$30 млрд., и он является целью акции. Это обычный бизнес, но с условием захвата рынка мусороперерабатывающего оборудования в России. Первый шаг в направлении будущего захвата рынков, как холодильного, так и мусороперерабатывающего оборудования, был сделан во времена однополярного мира 1990-х годов при глубоком молчании отечественной науки при принятии недоказанных климатических гипотез за истину. Запоздалые разгадки истинных причин озоновой проблемы, равно как и «раскопки» прежних научно-исследовательских работ по влиянию грозных разрядов на время жизни неосновных газов в атмосфере пока ни к чему не привели, поскольку политики поспешили признать рекламные ролики о климатических изменениях за истину и поставить свои подписи под международными обязательствами с ложными выводами о причинах климатических изменений. Потеря рынков при этом вполне закономерна.

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

Медицинские требования и технические реалии

Убийственный по своим последствиям для населения характер диоксинов, производимых мусоросжигательными заводами, давно стал предметом публикаций исследователей. Об этом сообщали в 2000 г. врачи Великобритании из института рака [Elliott et al. 2000], врачи Испании в 2013 г. [García-Pérez et al 2013] и Италии по результатам исследований последствий катастрофы 1976 г. в Севезо [Bertazzi et al. 1997; Consonni et al. 2008].



Рис. 11. 2000-е—2010-е гг. Европейцы протестуют против мусоросжигательных заводов: **слева** — более 3 тысяч протестующих мадридцев требуют закрытия МСЗ Вальдемингomez; **в центре** — демонстрация против планов Waste Recycling Group по строительству МСЗ в Оксфордшире; **справа** — участники движения «Ноль отходов» (Zero Waste) протестуют у мусоросжигательного завода в Иври, под Парижем. Фото с сайтов <https://gacatinmadrid.com/2018/02/03/mas-de-3-000-manifestantes-reclaman-el-cierre-de-la-incineradora-de-valdemingomez/>, <https://www.mineralandwasteplanning.co.uk/vocal-local-incineration/article/1287931> и <https://www.connexionfrance.com/index.php/French-news/No-need-to-build-more-incinerators-says-Environment-Agency>

В общем подходе к анализу применимости технологии сжигания для переработки бытовых отходов, как и в 1990-е годы, с нестабильными и ядовитыми фреонами, конституционный приоритет по гарантии безопасности человека отодвинут на второе место. И если в 1990-е годы использование ядовитых и опасных хладагентов, спреев и растворителей оправдывали наличием глобальных гипотетических опасностей (озоновой и парниковой), то в настоящее время принуждение к сжиганию мусора на МСЗ происходит при обязательным проявлении заботы о парниковой безопасности — защиты от угрозы, якобы исходящей от выделяемого при анаэробном метановом сбраживании мусора на полигонах. Но, как и во всех предыдущих случаях, климатологи не удосужились найти подтверждения в отношении условий образования метана при конкретной технологии, принятой в России по СНИП. Если технологию нарушать и сваливать мусор в кучу без пересыпки землёй, то можно и метан получить в отходящих газах, поскольку процесс пойдёт по схеме анаэробного метанового сбраживания. Если выполнять требования, предписываемые технологией компостирования, пересыпая слои мусора землёй, то никакого метана не будет. Отсутствие контроля над работой полигонов привело к дискредитации хорошо известного, и относительно недорогого процесса компостирования, веками используемого в России. Кроме того, климатологи и на этот раз использовали недоказанные аргументы по времени жизни метана, поскольку их предположение было сделано в отсутствии влияния грозных разрядов на его время жизни в атмосфере [Kiehl, Trenberth 1997]. Но климатологи уже всё посчитали, а российский беспредел 1990-х годов уже был заложен в расчётах парникового эффекта как обоснование на запрет использования процесса компостирования из-за выделения метана.

Ожидаемое решение по сжиганию свалочного газа в открытом факеле Кучинского полигона является продолжением дискредитации компостирования мусора на полигонах. По состоянию на 30 декабря 2018 года сжигалось ежечасно 4000 куб м свалочного газа в двух факелах. На одном из факелов был задействован угольный фильтр, другой горел вообще без фильтра. К маю планируется постановка скруббера на очистку отходящих газов. Подача газа на сжигание производится через 80 газовых скважин, пробуренных в теле полигона. Всего будет задействовано 108 скважин и будут сжигать в час 4000 куб м газа в течение 40 лет. Таков прогноз. Эффективность удаления опасных примесей пока неизвестна. Данные пока не опубликованы, хотя, по Руководству по эксплуатации факельных систем (Приказ Ростехнадзора № 779 от 2012 г.), соответствие санитарным нормам РФ обязательно. Понятно, что образование токсичных примесей вполне ожидаемо, но необходимо иметь данные постоянного мониторинга, чтобы утверждать их наличие или отсутствие. Они наверняка где-то есть. У разработчиков процесса факельного сжигания свалочного газа не хватило времени оценить последствия от открытого сжигания и просчитать альтернативный вариант каталитического окисления свалочного газа на основе российских патентов по этой задаче.



Рис. 12. Полигон ТБО «Кучино» в Балашихе: **слева** — общий вид с двумя высокотемпературными факелами (сентябрь 2018); **в центре и справа** — сжигание свалочного газа в открытых факелах (декабрь 2018). Фото с сайтов <https://riamobalashiha.ru/article/200068/vtoroj-vysokotemperaturnyj-fakel-ustanovili-na-poligone-tbo-kuchino.xl>, <https://news.rambler.ru/other/38837823-predsedatel-mosobldumy-zayavil-o-zhestkom-kontrolе-rabot-po-degazatsii-kuchino/> и

Известно, что при каталитическом окислении свалочного газа проблем с диоксидами и фуранами не возникает. Но для этого надо было найти отечественных специалистов, выделить средства на НИОКР, изготовить опытную установку и дождаться результатов испытаний. Но взяли готовое, очень дешёвое зарубежное решение за несколько млрд. рублей, со сбором свалочного газа в коллекторные трубы и сжи-

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. Экологический тупик от сжигания мусора и возможные пути его преодоления

ганием его в открытом факеле. Несмотря на то, что положения Руководства от Ростехнадзора носят рекомендательный характер, а само Руководство не является нормативным правовым актом, всё равно, в Руководстве оставили возможность, при определённых границах концентраций, сжигать вещества 1-го и 2-го класса опасности с дальнейшей очисткой от опасных примесей в соответствии с действующими в РФ санитарными нормами. На сегодня ничего, кроме активированного угля для диоксинов в мире пока не придумали. Сорбция возможна, но при умеренных, а желательна и при пониженных (ниже 18°C) температурах. Но потом надо десорбировать эти газы и куда-то их собирать и обезвреживать. В итоге необходимо иметь целый процесс с двумя адсорберами, работающими попеременно и с аппаратом по нейтрализации десорбированных диоксинов. В несуществующей пока установке после факела газ должен поступать в один из адсорберов. При этом другой адсорбер при нагреве до 120–140°C отдаёт десорбированный газ в сборник газа, из которого поступает в нейтрализатор десорбированного газа. Конечно все эти азбучные истины и студентам-химикам, и авторам процесса, известны. Они их должны выполнять за выделенные для этого 4 млрд. рублей, чтобы не подвергать опасности операторов, работающих на установке и жителей близлежащих домов. Угля надо много и он недешёвый. И выполнять очистку не на одном адсорбере, а на двух. И после насыщения одного, переходить на другой, как положено по технологии сорбции. В общей оценке это НИОКР, но для зарубежной фирмы, видимо без надзора. В надежде, что они всё знают. Здесь отечественный вариант мог быть более надёжным, и по цене более подходящий. И в это же время происходит процедура банкротства Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова. Это ясный намёк на тот факт, что российских специалистов привлекать теперь не принято. Где-то они ещё есть, но выгодней купить зарубежное оборудование с монтажом и без проекта, но с оплатой дилерской услуги. В итоге получился Кучинский факел с неизвестным и неконтролируемым составом примесей в отходящих газах. Диоксины после высокотемпературных процессов в примитивных одностадийных очистных процессах до санитарных нормативов не уничтожаются. Для того газы после сжигания и направляются либо на нейтрализаторы опасных примесей, либо в высокие трубы (100 и более метров) для разбавления воздухом. На Кучинском полигоне и высокой трубы не видно, и вся задача требует исследования и проверки эффективности выбранных и просчитанных способов очистки. Известно, что при решении нестандартных задач исследовательского уровня готовые решения отсутствуют. Для того и существует НИОКР, чтобы решать нестандартные задачи. Но с 1991 года финансирование НИОКР в России сохранилось только в оборонных отраслях. Во всех остальных отраслях, по рекомендации наших перестроечных экономистов, НИОКР считают невыгодным способом вложения средств. Выгодно на казённые деньги всё покупать за рубежом. Это поветрие идёт от 1990-х годов. Оно сегодня развеяно механизмом санкций США в отношении России. Результаты факельного сжигания свалочного газа по зарубежной технологии являются хорошей иллюстрацией этого заблуждения. Важно и другое следствие. Из-за отсутствия финансирования проектные и исследовательские институты стали банкротами, потеряла смысл подготовка инженеров в ВУЗах, а промышленность и министерские чиновники без специалистов стали слепыми. И те и другие уже никакой конкуренции не составляют зарубежным производителям. Они стали их добычей. В итоге рынки отечественной промышленной продукции исчезают безвозвратно.

О надзорных органах за загрязнителями окружающей среды

Конституционные гарантии безопасности в России, как и в других странах, обеспечиваются надзорными органами, контролирующими соответствие данных мониторинга с санитарными нормативами по содержанию в выбросных газах опасных примесей супертоксинами, окислов азота и серы и других газов, а также пыли и шлаков, опасных для человека. До 1991 года эту функцию выполнял Санэпидемнадзор, который в случае нарушения нормативов обращался в Прокуратуру и нарушителей привлекали к уголовной ответственности. В период с 1991 года надзорные функции Санэпидемнадзора были ликвидированы ради внедрения «озонобезопасных» хладагентов. Для полигонов настало золотое время бесконтрольного существования вплоть до 2004 года. В настоящее время полигоны контролируются сразу тремя надзорными структурами: Роспотребнадзором, Росприроднадзором и Ростехнадзором. При этом Кучинский полигон закрыли лишь в 2017 году после прямого обращения жителей города Балашихи к главе государства из-за дымов и нестерпимой вони от мусорного полигона. На деле оказалось, что работу санитарных врачей и Санэпидемнадзора, напрямую связанных с Прокуратурой, нельзя заменить тремя другими надзорными структурами без Прокуратуры, если в этих структурах отсутствуют специалисты, способные связать данные мониторинга с оценкой реальной опасности для организма человека. И громкие названия новых структур здесь никакой роли не играют.

Важно отметить особенность задачи сжигания ТБО, состоящую в том, что наиболее опасные компоненты отходящих газов имеют большие молекулярные массы (больше 200 а.е.м) и высокие температуры кипения. Это означает, что их летучесть незначительна, и в основной своей массе они очень быстро окажутся в почве в ближнем окружении от заводской трубы, прилипнув к частицам пыли и мелким каплям воды. По этой причине срок эксплуатации мусоросжигающих заводов невелик из-за быстрого превышения нормативов по загрязнению почв вблизи завода, а также из-за сложностей с защитой персонала заводов и жителей близлежащих районов от вредного воздействия диоксинов и фуранов. Но при отсутствии медицинских служб контроля заводы могут спокойно работать до последнего жителя в округе, как это было в период 1991–2004 гг.

Не менее серьёзной неприятностью будут иски по убыткам от владельцев сельхозугодий, оказавшихся в зоне шлейфа, расчётная площадь которого 8000 га. Через 15 лет эта площадь будет непригодна для ведения сельскохозяйственного производства на последующие 100 лет, поскольку недорогой и эффективной технологии рекультивации земли, загрязнённой диоксинами, пока не существует. Кроме прочего, нерешёнными проблемами является мониторинг земель и сельхозпродукции, полученной вблизи заводов, а также мониторинг онкологических заболеваний населения и теплокровных животных вблизи заводов. Эти проблемы ещё предстоит решить, но теперь уже при нескольких работающих заводах, поскольку работы британских и испанских санитарных врачей нам не указ. Необходимо посчитать количество российских онкологических больных рядом с построенными заводами. Может оказаться, что и считать будет некого. Такое тоже возможно. Люди сами уйдут от этих заводов куда глаза глядят. Бизнес оказался динамичнее надзорных органов и науки о здоровье человека.

Нормативная база по супертоксинам

При подробном рассмотрении нормативов по супертоксинам, следует заметить довольно широкий диапазон ограничений по концентрациям. Российские и европейские нормативы наиболее либеральны и допускают высокие концентрации диоксинов в воздухе (в РФ 0,5 пг/куб м [European Commission 2017]), а американские нормативы жёстко регламентируют их наличие (0,02 пг/куб м [Федоров 1993]), и фактически равны санитарной норме. Россия в основном ориентируется на Европу, хотя европейские нормативы отслеживают загрязнения диоксинами почвы и воздуха Европы, произошедшее во время второй мировой войны, когда ещё не были известны токсические свойства диоксинов и их не считали ядами аккумулятивного действия до середины 50-х годов прошлого века. Российские нормативы по диоксинам отслеживают загрязнения окружающей среды, произошедшее в Поволжье с момента открытия месторождений нефти в 1940-е годы и по 70-е годы прошлого века. С момента открытия месторождений нефти и по сегодняшний день попутный газ в Поволжье и других регионах, либо просто сжигают в факелах, или используют в качестве топлива в ГТУ или двигателях внутреннего сгорания, или в качестве топлива для

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

теплофикации производственных и жилых помещений. Но во всех случаях сжигания из-за присутствия в попутном газе бромистых соединений и ароматических углеводородов, вероятность образования бромсодержащих диоксинов очень высока. Концентрация бромистых соединений в попутном газе чаще всего на уровне 0,1–0,01% по объёму, но вполне достаточна для того, чтобы после факела получить значения бромсодержащих диоксинов на уровне 10^{-3} до 10^{-6} %. Учитывая малую изученность этого типа соединений, и зная токсическую активность хлорсодержащих диоксинов, необходимо удалять бромиды из попутного газа перед сжиганием, либо использовать исключительно каталитические методы сжигания попутного газа. Поскольку эти операции не используются, происходит постоянное накопление бромсодержащих диоксинов в почве вблизи мест сжигания попутного газа, или его использования в двигателях внутреннего сгорания.

Диоксины, накопленные в почве сельхозугодий, в организм человека попадают по пищевой цепочке через молоко, куриные яйца, рыбу из прудов в зоне шлейфа, или мясо травоядных домашних животных [European Union... 2011]. Пока не опубликовано полного перечня коэффициентов разделения между концентрацией диоксинов в верхнем плодородном слое земли и в продуктах питания, полученных на заражённой диоксинами земле. Но то, что существует перенос диоксинов из почвы в продукты питания, выращенные на этой почве, не вызывает сомнений (см., напр., [Malisch, Kotz 2014; Schecter et al. 2001; Stohs 2015 и др.]). На основе экспериментальных данных, полученных авторами в 2010–2011 гг., можно утверждать, что диоксины переносятся из почвы и в нектар растений, после чего через пчёл попадают в мёд [Мазурин и др. 2010] (см. также [Россельхознадзор: Российский мёд... 2013; Özkök et al 2017]). При этом концентрация диоксинов в зрелом мёде в 18–20 раз меньше, чем их концентрация в верхнем слое почвы на участке, расположенном в непосредственной близости с ульем. Надо признать, что данные полученные на эксперименте с мёдом не дают оснований относить их ко всем растениям-медоносам, от которых пчёлы берут нектар. Эти исследования ещё впереди. Но необходимость контроля продуктов питания, и особенно злаковых и бобовых, выращенных на почвах, загрязнённых диоксинами, не вызывает сомнений, поскольку основная масса диоксинов в организм человека пропадает с пищей. К сожалению, сегодня пока нет простых и надёжных методов оперативного контроля содержания диоксинов в пищевых продуктах. По этой причине задача анализа содержания диоксинов в продуктах питания потребует значительных затрат денежных средств и времени при её выполнении.

В отношении технического исполнения задачи переработки бытовых отходов в рамках медицинских нормативов, следует отметить, что до настоящего времени в России нет единой концепции в отношении требований к установкам по уничтожению мусора. Есть только справочник НДТ (наиболее доступных технологий), с неизвестным автором, выпущенный подразделением Минприроды для рекламы мусоросжигающих заводов зарубежного исполнения без анализа последствий их применения. Есть общие пожелания в отношении необходимости наличия передовых технологий, а также необходимости соблюдения безопасности этих технологий в отношении человека и окружающей среды. Но реклама «передовых технологий» не исключает главного вопроса по их применимости в условиях России, которая не имеет проблем с ограниченностью территории, как Япония или Швейцария. При этом, имея на два порядка большую территорию, Россия имеет почти на порядок меньшие, чем в Швейцарии доходы у населения, которому придётся оплачивать услугу по переработке мусора. Здесь неизбежно решение о приобретении завода «попроще и подешевле», что практически свелось к покупке трёх заводов с устаревшей, и непригодной для применения даже в Европе, технологии. Учитывая токсические свойства диоксинов и их возможности по депопуляции населения даже при сверхмалых концентрациях, такие заводы нам могли отдать и бесплатно, или даже подарить. По аналогии с образами греческих мифов, МСЗ сегодня являются аналогом троянского коня, поскольку просчитать финал этого решения сегодня не составит труда даже для любого любопытного человека со средним образованием.

Подход к задаче переработки ТБО в СССР и возможные современные альтернативные методы переработки ТБО

Исследования по проблеме переработки мусора в России велись с довоенного времени, и не без успеха. Для этого были созданы действующие установки. Они были аттестованы, как действительно безопасные для окружающей среды и не нагруженные дорогими и энергоёмкими процессами очистки дымовых газов. В основе была технология компостирования для органических отходов, а пламенные методы использовались лишь для незначительной части мусора, для которой этот метод был необходим. Пищевые отходы принципиально не сжигали, поскольку в их составе есть поваренная соль, содержащая хлор. По этой причине этот вид отходов можно перерабатывать лишь в компост при температурах не выше 60°C. В 70-е годы прошлого века успешно работал в Ленинграде завод по переработке бытовых отходов производительностью 700 тыс. т в год. Избыточное тепло и компост, получаемый при переработке пищевых отходов, использовали в теплицах, которые образовывали единый комплекс с мусороперерабатывающим заводом. Такие заводы планировалось построить в столицах каждой из 15-ти республик Советского Союза. Но началась перестройка, а завод был создан ещё до неё, когда привлекательность покупки зарубежных заводов для чиновников была нулевой, и получить дилерскую премию от зарубежного продавца оборудования было принципиально невозможно. Разработка технологий, как и проектирование заводов, выполнялись по Госзаказу на основе Технического Задания специалистами из соответствующих отраслей.

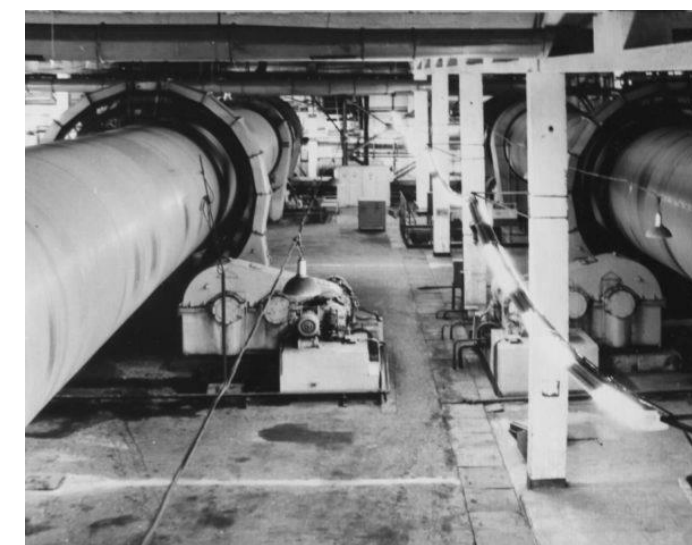


Рис. 13. Первый в СССР Опытный завод механизированной переработки бытовых отходов (МПБО) в Ленинграде, введен в эксплуатацию в 1970. Фото с сайта <https://mpbo2.ru/o-predpriyatii/istoriya/>

Сегодня наблюдается иной подход. По справочнику НДТ (наиболее доступных технологий), не привлекая специалистов для разработки Технического Задания, можно выбрать завод зарубежного исполнения по переработке мусора по сходной цене. Вся процедура происходит в

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

коммерческом варианте. Эту процедуру выполняют с использованием бюджетных средств или частных вложений при голословном утверждении, что в России ничего путного сделать не могут. НИИ и опытные заводы, работающие по темам переработки бытовых отходов, без госзаказа быстро потеряли персонал и фактически прекратили своё существование. О последствиях такого подхода говорить не приходится. Три московских мусоросжигающих завода, купленных за рубежом в конце 1990-х годов, являются прекрасной иллюстрацией такого решения. Только за один 2009 год в атмосферу Москвы и прилегающего Подмосковья было выброшено диоксинов не менее 161 грамма, что на два порядка больше выбросов всех мусоросжигающих заводов Германии.

В разрекламированном в НДТ варианте сжигания ТБО помимо полной и очевидной экономической несостоятельности способа, есть серьёзные методические несоответствия, которые неисправимы.

Уход от каталитического среднетемпературного окислительного процесса к высокотемпературному процессу неполного окисления с диссоциацией молекул при сжигании на колосниках бытовых отходов переменного состава создал неразрешимую проблему с очисткой отходящих газов от супертоксиков, имеющих опасные концентрации даже на уровне нано- и пикограммов. В итоге появилась необходимость в многостадийной очистке значительных по объёму газовых потоков, состоящих из осколков разрушенных молекул, т.е. радикалов. Из-за низкой теплотворной способности бытовых отходов при сжигании, для получения высоких температур пришлось дополнительно сжигать значительные количества энергоносителей (газа или дизтоплива), а также вводить в поток агрессивных газовых потоков большое количество реагентов (извести, мочевины и др.). Аппараты и трубопроводы пришлось делать из дорогих материалов, стойких к агрессивным радикалам. Именно эта методическая ошибка сделала процесс экономически несостоятельным для России по причине несоответствия цены переработки ТБО и платёжной способностью населения. Он пригоден для богатых стран Европы. При несостоятельности потребителя неизбежным решением является поиск недорогого варианта процесса переработки ТБО, в котором не генерируются диоксины и фураны. Такие процессы были и есть, в том числе и высокотемпературные. И Россия, как обычно, «впереди планеты всей». Но для них в России сегодня нет Заказчика и нет Технического Задания. Хотя исполнители были и пока ещё есть.

Рекомендуемые в НДТ заводы по сжиганию ТБО, кроме выброса в атмосферу супертоксиков, имеют и нерешённые проблемы захоронения образовавшихся отходов. Если речь идёт о шлаках, объём которых 240 тыс. тонн в год, т.е. 34% от исходной загрузки, то их ещё можно при определённых условиях использовать на отсыпку в дорожном строительстве. Но и в этом варианте применения шлаков есть опасность превышения санитарных нормативов. Английские исследователи отметили факт увеличения содержания свинца и кадмия в дорожной отсыпке в 800 раз выше ПДК [Hencke, Boseley 2000]. Проблемными являются ещё и 20 тыс. тонн золы и 6 тыс. тонн пыли, производимые ежегодно каждым заводом. Причём пыль, является носителем диоксинов и фуранов, которые сорбируются на частицах пыли, осаждаемых на рукавных фильтрах. Она исключительно опасна для человека и её нейтрализация является пока нерешённой проблемой. И самым сложным вопросом, не имеющим в мире полного решения, является неспособность рукавных фильтров улавливать пыль субмикронного уровня, которая образуется в процессе сжигания ТБО и последующих операций очистки при использовании расходных материалов. Заявленный уровень очистки рукавными фильтрами 10 мг/куб м. Количество такой пыли 6 тонн в год от одного завода, но она длительное время витает в воздухе и пропадает в лёгкие теплокровных животных и человека. Поверхность этих витающих пылевых частиц обладает прекрасными сорбционными свойствами, поскольку это в основном частицы сажи. Диоксины сорбируются на этой поверхности и, в виде пылевых частиц субмикронного уровня, попадают в лёгкие человека и животных, после чего с кровью переносятся в печень или аккумулируются в тканях.

В общей оценке европейского подхода к схеме сжигания любого состава мусора при 1200°C с последующим дожиганием газов при 850°C, поначалу воспринимался как более смелый и прогрессивный, и нормативы ЕС 2000 по содержанию примесей в отходящих газах тому свидетельство. Но статистические данные по онкологическим заболеваниям вокруг заводов [Elliott et al. 2000] поставили всё на место. Теперь и Европа с 2017 года [European Commission 2017] отказалась от сжигания мусора в пользу биологических методов, поскольку здоровье и жизнь человека в Европе, а также и в России, является высшим приоритетом.

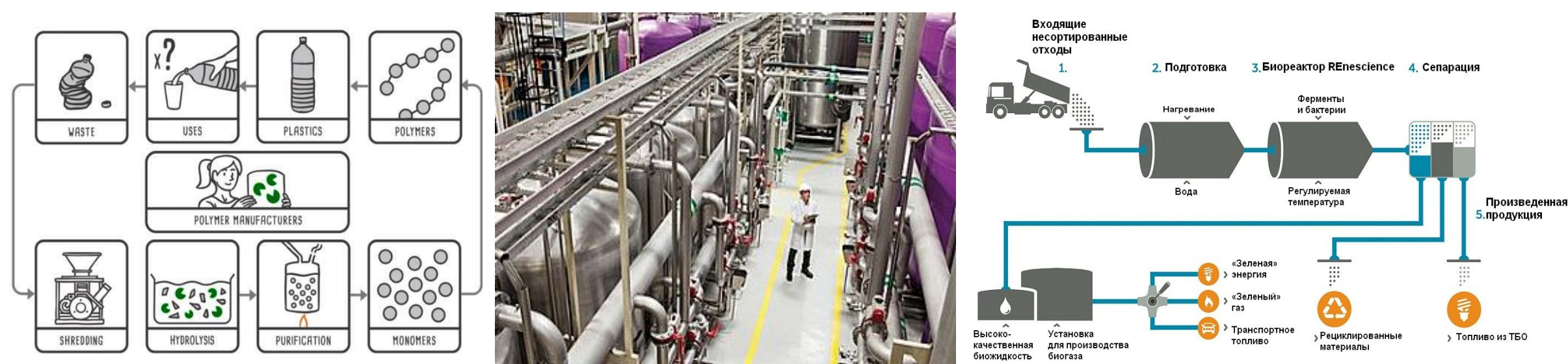


Рис. 14. Биологические методы переработки мусора: **слева и в центре** — французская компания Carbois применила метод ферментативной переработки полиэстера к отходам из ПЭТ (полиэтилентерефталата — вида термопластика); **справа** — технология рециклинга, предлагаемая датской фирмой REnciescence. Фото с сайтов <https://labiotech.eu/industrial/carbios-technipfmc-pet-recycling/>, <https://www.biobasedworldnews.com/plans-to-scale-up-enzymatic-biorecycling-could-lead-to-a-true-revolution-in-the-world-of-pet> и <https://global-recycling.info/archives/855>

Сложность задачи переработки бытовых отходов ещё и в том, что её решение необходимо постоянно обновлять под новые реалии, как по причине интенсивно увеличивающейся массы бытовых отходов и исчерпания запасов бросовых земель, так и по причине появления новых знаний об отрицательном влиянии продуктов пламенного сжигания мусора на организм человека. Отечественный и зарубежный опыт проектирования таких предприятий дают очень важный вывод о том, что без разделения бытового мусора на фракции решение задачи его переработки по технологии сжигания будет либо безумно дорогим, либо опасным для человека из-за токсичных примесей в дымовых газах. Цена переработки мусора в Швейцарии (100–180 швейцарских франков, или €88–158,4 за тонну [Катаргин 2016]; для сравнения: в 2012 та же цена составляла в среднем для Англии €84–108 [WSP Environmental Ltd et al. 2013], для Дании €61 [Kirkeby et al. 2014], см. также табл. 1) подтверждает первую часть вывода — о цене услуги, а количество выбросов диоксинов от трёх МСЗ в Москве за 2009 год подтверждает вторую часть этого вывода — о неприемлемости технологии пламенного сжигания при коротком времени экспозиции для переработки любых видов мусора. Невольно приходится рассматривать альтернативные методы переработки ТБО.

Таблица 1

Приблизительная оценка затрат на сжигание ТБО в промышленно развитых и развивающихся странах* [Mutz et al. 2017]

Мощность сжигания 150 000 т/г		Начальные инвестиции, млн. €	Затраты на тонну отходов, €/т				Доходы от продажи энергии на тонну отходов, €/т
			капитальные	на эксплуатацию и техобслуживание	совокупные	подлежащие покрытию	
Стоимость	в странах ЕС (продвинутая комплектация, 2 печи)	135–185	80–115	180	260–295	200–235	60 (тепло и электричество) 27 (электричество)
	в развивающихся странах (базовая комплектация, 1 печь)	30–75	22–55	20–35	42–90	40–80	2–10 (электричество)

Примечание: Затраты рассчитывались от стоимости сжигания ТБО в Швейцарии, т.е. для высокого технического стандарта, и были адаптированы к условиям сжигания ТБО в развивающихся странах. Так, начальные инвестиционные затраты закладывались в размере 20–40% от швейцарских расходов, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание — 20–50%, затраты на персонал и утилизацию шлака — 10–20%, а стоимость страхования — около 50%. Для обоих типов стран показатели должны соответствовать национальным и международным стандартам выброса. Основные отличия составляют архитектурный дизайн, количество печей, уровень автоматизации и качество материалов, применяемых на заводе. Допущения при оценке: коэффициент использования 100% в течение срока службы 15–20 лет, процентная ставка 6% в год.

Рассмотрим подробнее альтернативные способы.

Поиск альтернативных решений принципиально возможен только на основе внятно сформулированной задачи. Наиболее серьёзным упущением в постановке задачи переработки бытовых отходов является отсутствие грамотного Технического Задания. Его могли бы разработать специалисты из Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова, либо из любого другого НИИ энергетического направления, совместно с санитарными врачами и химиками-машиностроителями по заказу Минприроды или иного представителя Правительства, которому поручено распоряжаться бюджетными средствами. Чиновники из Минприроды, возможно вместе с коллегами от ЮНИДО, или без них, выпустившие справочник НДТ по рекламным проспектам европейских фирм, принципиально исключили возможность участия отечественных учёных и производителей для решения задачи переработки мусора, отдав тем самым отечественный рынок зарубежным исполнителям этого заказа объёмом 30 млрд. евро. Для России как страны с рыночной системой хозяйствования такая потеря довольно чувствительна, и в будущем неизбежно придётся решать задачу невоенного возврата отечественного рынка, что аналогично проблеме возврата рынка бытовых и промышленных холодильников, а также и кондиционеров. Эти рынки в 1990-х годах были утрачены в аналогичных условиях с участием Минприроды и ЮНИДО, действующей сегодня уже в качестве делового партнёра министерства. Но главным упущением во всех известных проектных документах на покупку зарубежных мусоросжигающих заводов, представленных на рассмотрение экспертов и общественности, является отсутствие лимитной и расчётной цены услуги за приём тонны мусора в обработку. Причиной такого упрощённого подхода к одному из главных вопросов проектной документации может быть лишь надежда проектировщиков на полное отсутствие альтернативного варианта решения задачи безопасной и эффективной переработки ТБО, и надежда на принудительный характер оплаты услуги по сбору мусора от населения. Однако иные варианты решения этой задачи были и есть. Они известны по официальным публикациям и защищены российскими и зарубежными патентами. Но вокруг этих решений создан информационный вакуум. Это один из главных элементов агрессивного маркетинга. Аналогичная ситуация была и в 1990-е годы вокруг отечественных решений по озонобезопасным фреонам [Doronin et al. 1995] и публикации В.Л. Сывороткина [Сывороткин 1993], развенчавшего гипотезу Молины-Роуланда о причинах гибели стратосферного озона.

Российские процессы переработки бытовых отходов

Сегодня можно назвать несколько таких процессов.

Низкотемпературные процессы используют микробное разложение органических фракций бытовых отходов. Они представлены несколькими видами выполнения процесса. Рабочие температуры разложения мусора не превышают 60°C. Процессы протекают медленно, но удельные затраты на переработку органической составляющей бытовых отходов невелики и соответствуют платёжной способности населения России. В основном это исследования института микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН и других институтов РАН.

Среднетемпературные процессы представлены различными вариантами каталитического окисления. Температуры процесса в пределах 400–700°C. Производительность выше в сравнении с процессами микробного разложения, однако отходящие газы и зольные остатки не вызывают проблем по безопасности человека. Применимость каталитического окисления ограничена органической составляющей ТБО, но после сортировки отходов органическая составляющая становится основным компонентом бытовых отходов. Работы по каталитическому окислению трудноудаляемых отходов были выполнены полвека назад в ЭНИН им. Г.М. Кржижановского. Себестоимость переработки органической составляющей отходов невелика, поскольку при осуществлении процесса создаётся ценный продукт — угли каталитического окисления, очень востребованные для тепличных хозяйств. Не путать с брикетами РФФ, принципиально иного свойства.

Процессы каталитического окисления перспективны ещё и по той причине, что они исключительно эффективны для переработки трудной для переработки высокомолекулярной органики и машинных масел.

В России разработан также и крупнотоннажный высокопроизводительный процесс, безопасный для человека и окружающей среды. Он защищён патентом РФ № 2648737 от 08.12.2016 года и называется «Система комплексной безотходной переработки твёрдых бытовых и промышленных отходов» [Троянченко и др. 2016], владелец патента ООО «Компания "ВАЛТРОН"». Это высокотемпературный процесс переработки бытовых и промышленных отходов с использованием водяного пара, нагретого до 1700°C и подаваемого снизу через фурмы в шахтную печь встречным потоком к опускающемуся сверху слою твёрдых отходов, которые при высокой температуре подвергаются конверсии с образованием синтез-газа в верхней части шахтной печи и пирогаза в нижней. После очистки оба вида газов смешиваются и подаются на сжигание в газотурбинную установку с целью получения электроэнергии для собственных нужд. После ГТУ отходящий газ подаётся в теплицы для обогрева и использования CO₂ для питания растений. Важным преимуществом процесса является отсутствие проблемных твёрдых отходов, которые необходимо где-то размещать, а также диоксинов, которые принципиально не образуются в процессе. Цена переработки тонны мусора по этому способу как минимум втрое ниже в сравнении с МСЗ от Мицубиси-Цоссен, только за счёт отсутствия необходимости в сортировке отходов и в зарубежных комплектующих и расходных материалах. Кроме того, в процесс переработки бытовых отходов производится не только

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. Экологический тупик от сжигания мусора и возможные пути его преодоления

электроэнергия, но строительные материалы на основе базальта, а также металл. Но запроса на отечественный способ переработки пока не последовало, поскольку пока не исчезли надежды на возможности решения проблемы по справочнику НДТ.

Схема энерготехнологической системы переработки твердых бытовых отходов (ЭТС-ТБО)

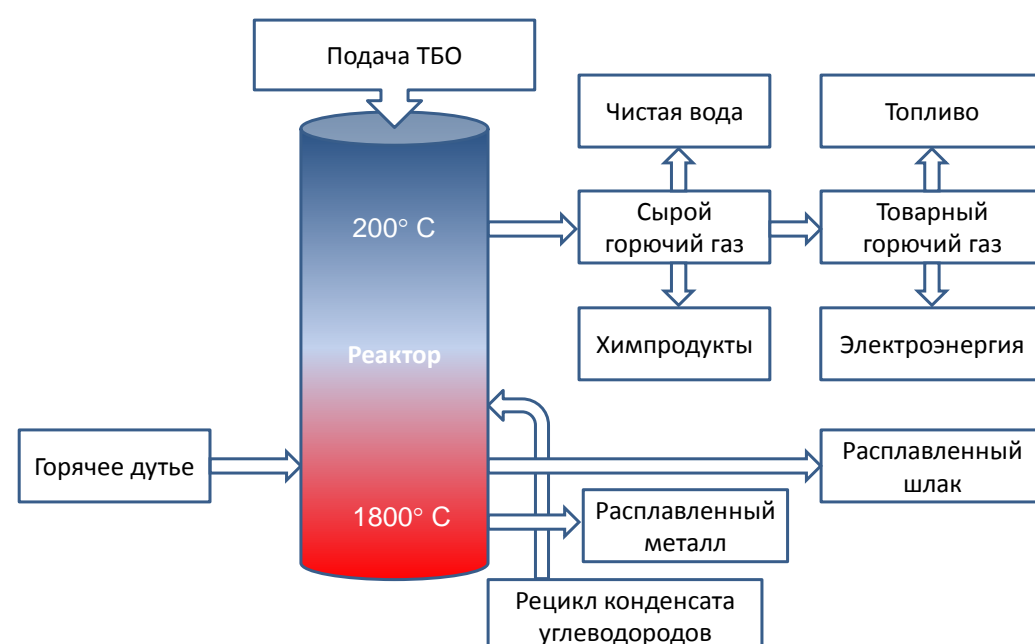


Рис. 15. Один из вариантов реализации переработки ТБО по патенту РФ № 3648737 от 8 дек. 2016 г.

Не меньший интерес представляет и процесс ПИРОКСЕЛ, разработанный в 80-е годы прошлого века Львом Авраамовичем Волохонским во ВНИИЭТО (см. [НПФ «Термоэкология» 1995; Волохонский, Попов 1999]). Это тоже высокотемпературный процесс по переработке ТБО, практически без необходимости сортировки мусора, с генерацией электроэнергии и с получением базальтового волокна и литого базальта. Процесс не имеет шлаковых и зольных отходов и даёт прибыль после трёх лет эксплуатации на уровне 1000 рублей за тонну отходов. В недавние времена (15 лет тому назад) на территории ВНИИЭТО для правительства Москвы показывали опытно-промышленную установку по переработке ТБО, работающую по этому процессу.

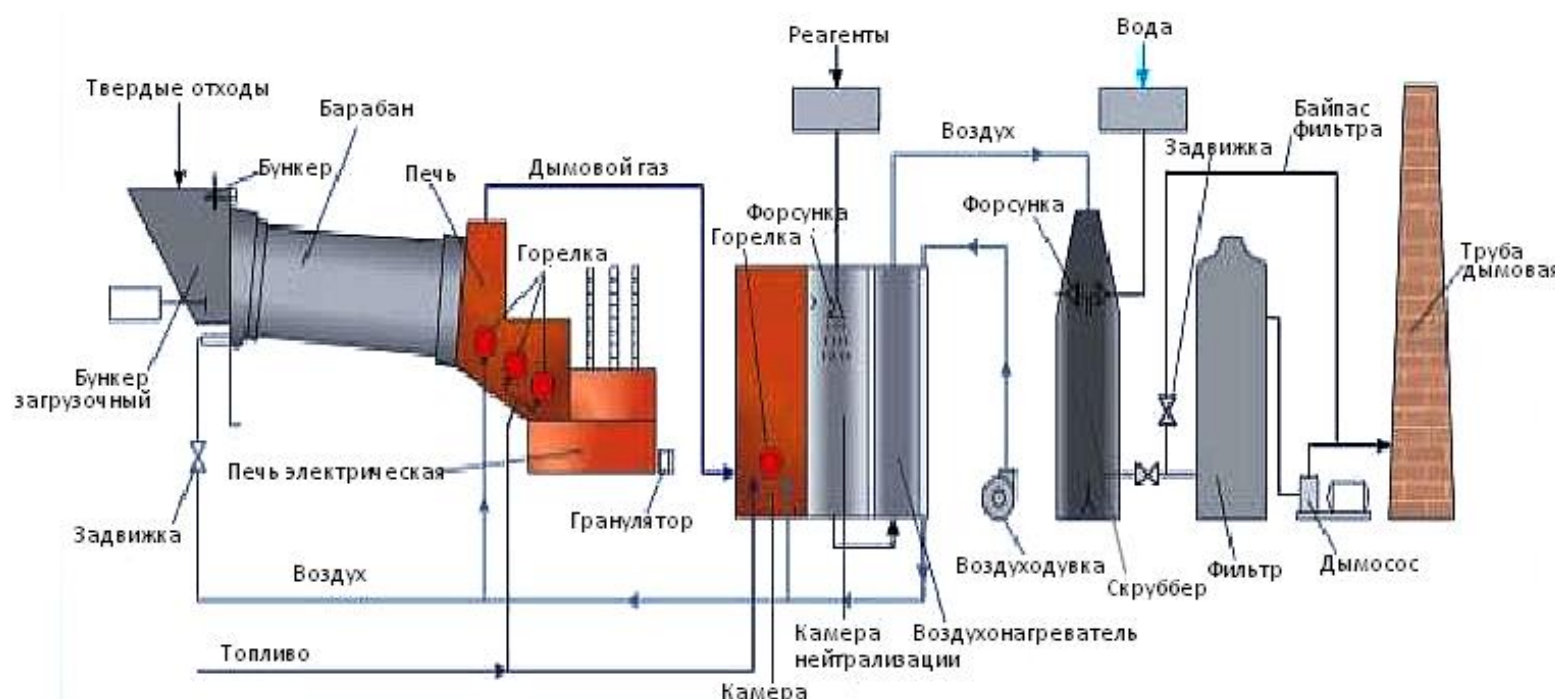


Рис. 16. Аппаратурная схема процесса ПИРОКСЕЛ

Однако московские руководители посчитали невыгодным делом организацию производства отечественных заводов по переработке ТБО, даже имея готовый прототип в рабочем состоянии. И с ними нельзя не согласиться. Действительно, для создания производства на отечественном заводе надо было найти инвестора или привлечь бюджетные средства. Окупаемость вложений для инвестора на больших проектах занимает несколько лет, что повышает экономический риск. По этой причине покупка готового оборудования за рубежом является более выгодным вложением средств для покупателя. Риск минимальный, да ещё и дилерская премия. Чем крупней проект и чем ниже он по качеству, тем премия выше. Другое дело, чьи интересы отслеживает покупатель.

В России и сегодня на испытания законченных проектов МСЗ вряд-ли найдётся инвестор, поскольку о готовых проектах никто не знает. Они просто исчезли в информационном вакууме. У Минприроды нет средств для финансирования новых разработок, есть только функции контроля за полигонами и обеспечения зарплатами своих сотрудников. У Росприроднадзора только надзорные функции. Есть целых семь центров лабораторного анализа и обязанности контроля полигонов. Роспотребнадзор, имея 110 тыс. специалистов, защищает права потребителя и тоже контролирует полигоны. Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР, занимавшееся проблемой отходов просуществовало до 1990 года и его функции в отношении отходов до недавнего времени выполнял Департамент жилищно-коммунального хозяйства при Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, образованном в 2013 году. Этот департамент осуществлял разработку методик комплексного определения технико-экономических показателей объектов, используемых для утилизации, обезвреживания и захоронения ТБО... Но разработкой новых процессов, или строительством предприятий по переработке ТБО в последнее время никто не занимается. Таких структур не предусмотрено. Таким образом, можно утверждать, что место на отечественном рынке по переработке бытовых отходов полностью освобождено для зарубежных компаний и технологий. И место будет сохраняться для зарубежных исполнителей до тех пор, пока на свет не появится Техническое Задание на российский завод по переработке ТБО для российских условий и Заказчик, с обозначением лимитной цены этого завода и всех остальных условий для его разработки и строительства. Но это задача пока не по силам структурам, созданным для замены бывшего министерства ЖКХ и Академии Коммунального хозяйства, которая сейчас также на грани выживания.

Как ни странно, но полигоны ещё не исчерпали своих возможностей. Хотя и у них есть серьёзные недостатки, которые очень ярко проявились на примере Кучинского полигона. Фактически там было полное отсутствие контроля в течение 13 лет. Начиная с 1991 и по 2004 гг. поли-

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. Экологический тупик от сжигания мусора и возможные пути его преодоления

гоны в отсутствие Санэпиднадзора достигли очень высокой производительности труда и экономической эффективности, поскольку не надо было пересыпать слои мусора слоем земли равной толщины и превращение процесса компостирования в процесс анаэробного сбраживания с выделением метана никого не волновал. Не надо было заботиться об отсутствии дыма и вони. За этот период не только Кучинский полигон, но и множество других стали и дымить, и создавать невыносимые условия для соседних жилых домов и быть опасными для людей и окружающей среды. Очень быстро полигоны стали вообще неуправляемыми, поскольку в отсутствие насыпного грунта тело полигона стало разогреваться и дымить постоянно. Это можно было исправить и без сжигания газа в факеле. Не так дорого это стоило. Но некому было поставить и решить задачу, поскольку действующими остались лишь надзорные органы, которые проектными работами и инжиниринговыми услугами не занимаются.

С другой стороны, решение проблемы управления надёжной и безопасной работы полигонов находится в простом выполнении регламента эксплуатации полигонов, изложенном в СНИПе 2.01.28-85, выпущенном тридцать три года назад (актуализированную редакцию см. в [Свод правил СП 127.13330.2017... 2017]). Надо только его выполнять, помня о необходимых соотношениях для безопасной эксплуатации полигона:

- **послойная засыпка мусора грунтом равного объёма;**
- **не более трёх слоёв над поверхностью земли.**

Сегодня актуальна проблема ликвидации неуправляемого полигона ценой в несколько миллиардов рублей, за которые нам обещают сжигать свалочный газ в факеле. Решение ещё более опасное, чем просто выброс свалочного газа из неуправляемого полигона, поскольку будут неизбежно образовываться супертоксины, для образования которых созданы все условия, но при этом не создана надёжная и проверенная система тонкой очистки продуктов горения после факела.

А ларчик просто открывался. Прекратить образование дымов и выделения запахов давно можно было простым охлаждением тела полигона. Но это слишком дёшево и надо было обращаться к отечественным специалистам. Это оказалось выше сил и возможностей для отечественных чиновников, отвечающих за безопасность полигонов. Но если есть необходимость в срочном решении проблемы безопасного и приемлемого по цене размещения бытовых отходов до появления быстрых, производительных и безопасных отечественных заводов переработки бытовых отходов, то пока кроме компостирования на полигонах с пересыпкой мусора землёй, ничего безопасного предложить невозможно. Это факт, который подтверждается официальным решением Евросоюза о прекращении финансирования строительства мусоросжигающих заводов в Европе [European Commission 2017] и рекомендацией по применению биологических методов для переработки мусора. Российский СНИП здесь к месту.

Для надёжности работы и гарантии от повторения проблем с неуправляемым нагревом тела полигона, его можно оснастить холодильной машиной или более простой системой охлаждения тела полигона в летний период, поскольку надеяться на нормативную засыпку землёй укладываемого мусора не приходится. Уровень затрат при этом невелик, но температура тела полигона становится управляемой и решается проблема с выходом опасных газов. Таким образом, если навести обыкновенный технологический порядок в исполнении отечественных технологий, можно при очень скромных затратах, не отдавая отечественные рынки зарубежным ТНК, решить задачу переработки бытовых отходов без диоксиновой опасности и дымящих куч несортированного мусора. Тем более, что решение проблемы по безопасной переработке ТБО для Москвы отодвинули на 3 года.

Помимо возможности использования технологии компостирования органической части ТБО, переработку бытовых отходов можно выполнять и другими способами, упоминаемыми выше, исключаящими генерацию диоксинов и других опасных газов. Важно наконец определить Заказчика, его финансовые возможности и создать официальное Техническое Задание на разработку технологии и объявить конкурс на проект такого решения, которое позволило бы сохранить природу и жизнь людей, отечественный рынок переработки ТБО, загрузить работой отечественные предприятия и наладить экспорт в соседние страны, которые бездарно сжигают ТБО по тупиковой технологии, которую Евросоюз фактически запретил с 2017 года.

При подробном рассмотрении задачи выбора оптимальной технологии, обычно обращаются к системному анализу этой многофакторной задачи. В карте решений, представленной в **табл. 2**, аналогичной рассматриваемым факторам в публикации [Мазурин и др. 2018], компостирование на полигоне, представляется как наиболее выгодное вложение средств, но при условии соблюдения технологии и соответствующем контроле.

Таблица 2

Карта решений по сравнительным характеристикам процессов переработки ТБО [Мазурин и др. 2018] (интенсивность цвета в соответствии со степенью опасности)

Факторы	Известные на сегодня технологии переработки мусора					
	Полигон по СНИП 2.01.28-85	Полигон без контроля	Сжигание при 1200°C по Хитачи-Цосен	Процесс ПУРВОКС в шахтной печи	Процесс ПИРОКСЕЛ с очисткой дымовых газов	Каталитическое окисление свалочного газа
Опасность по диоксинам	0	000	000	0	0	—
Наличие пыли 0,1–1 мкм в отходящих газах	—	—	000	—	—	—
Цена услуги	0	0	000	00	0	0
Капитальные вложения	0	0	000	000	000	0
Зависимость от импорта	—	—	000	—	—	—
Утрата отечественного рынка производства	—	—	000	—	—	—
Кол-во рабочих мест	00	0	000	000	000	0
Производит. процесса	0	0	000	000	000	00
Необходимость в сортировке	0	—	000	—	—	—
Создание новых отходов	-	—	000	—	—	—
Обязателен постоянный контроль	00	—	000	000	000	00
Загрязнение земель сельхозугодий	—	000	000	—	—	—
Генерация электроэнергии	—	—	000-	000	000	00

Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П. Экологический тупик от сжигания мусора и возможные пути его преодоления

В представленной карте решений на 78 сочетаний (по шести технологиям и тринадцати факторам), очевидно отсутствие каких-либо преимуществ сжигания бытовых отходов по технологии Хитачи-Цосен при полной утрате отечественного рынка. Кроме того, очевидна зависимость от импорта комплектующих и расходных материалов.

Помимо потери отечественного рынка мусороперерабатывающего оборудования и рабочих мест на существующих заводах, которые производят аналогичное оборудование значительно дешевле, чем импортное, мы получаем и европейскую цену услуги по переработке мусора. Но в России платёжная способность населения на порядок ниже европейской и никто такой услугой не сможет воспользоваться. При отсутствии потребителя, мусоросжигающий завод останется без мусора, неплатёжеспособное население будет мусор выбрасывать, куда придёт-ся, а инвестор никогда не вернёт вложенные деньги. По этой причине частные инвесторы не дадут денег на строительство заведомо некупаемых заводов. Если средства для закупки придут из госбюджета, то построенные 220 заводов окажутся без сырья, т.е. без мусора из-за неспособности населения оплачивать услугу по сбору мусора с европейской ценой. Тогда доплату услуги придётся выполнять из госбюджета, иначе города и веси утонут в мусоре за очень короткое время. Но цена такой доплаты при 90 Мт мусора, производимых в России за год, составит разницу между ценой услуги МСЗ и покупательной способностью населения. **При самой скромной оценке, и в надежде, что жители России станут платить за тонну мусора 5–10 тыс. рублей, вместо прежних 0,5–1,5 тыс. рублей. Это отличие составит 50–55 тыс. рублей за тонну ТБО. В итоге доплата составит не менее 4, 95×10¹² рублей в год.** Оценка составлена из предположения сохранения европейской цены переработки мусора на МСЗ, т.е. 60 тыс. рублей за тонну. Но и при уменьшении цены услуги в половину, доплачивать из бюджета придётся 20–25 тыс. рублей за тонну, что в итоге даст не менее 1,8×10¹² рублей в год, что также нельзя считать приемлемым результатом. Процесс должен быть безубыточным для бюджета РФ.

Не менее серьёзной экономической проблемой являются неизбежные платежи за загубленные земли сельхозугодий и частных владений. **В варианте с работающим мусоросжигательным заводом за полный срок его эксплуатации, т.е. за 15–25 лет непрерывной работы с производительностью 700 тыс. тонн в год и с заявленными выбросами диоксинов 0,36 г/год, уже через 5 лет появятся первые иски от жителей прилежащих участков о сверхнормативных (даже по отечественным нормативам) загрязнениях почвы. Через 15–20 лет, к закрытию завода, из оборота придётся выводить 8000 га сельхозугодий, оказавшихся в шлейфе от заводской трубы.**

Недавние новости

20 сентября 2018 года в интернете со ссылкой на «Аргументы и Факты» появилось сообщение председателя комитета Госдумы по экологии и охране окружающей среды Владимира Бурматова о том, **что рост платежей за вывоз мусора на переработку в Красноярском крае возрастёт в 56 раз, на Ямале в 33 раза, в Нижегородской области в 16,8 раза** и т.д. до Воронежа, в котором цена увеличится «всего» в 4 раза [Деньги — на мусорку... 2018]. Именно по этой причине, при современном уровне доходов российских потребителей, **единственным возможным для переработки органических отходов из состава бытовых отходов остаётся пока метод компостирования, осуществляемый на полигонах по СНИП 2.01.28-85.**

Этот вывод следует из результатов системного анализа задачи переработки бытового мусора. Но он не означает полного забвения законченных исследований по высокотемпературным процессам переработки отходов, выполненных российскими исследователями ещё до перестройки. То, что до сих пор для них не нашли инвестора или не поняли преимуществ, созданных в России высокотемпературных процессов, вовсе не умаляет их более высокий уровень совершенства в сравнении с навязываемым процессом Хитачи-Цоссен, выгодным только для коммерческих операций, но не для переработки отходов. Это также следует из приведённой карты решений. По этой причине решая сиюминутную задачу по переработке отходов с аккуратным выполнением технологии на полигонах по СНИП 2.01.28-85 с использованием простейшего, но очень небыстрого способа, провести работы по строительству пилотных установок по отечественным процессам переработки отходов. Выполнить контрольные испытания и необходимые доработки, после чего приступить к серийному выпуску отечественных заводов с перспективой на их экспортное исполнение, поскольку конкурентов отечественным процессам пока нет.

Иное развитие событий, связанное с покупкой зарубежного оборудования, принципиально неприемлемо из-за зависимости от поставки комплектующих и расходных материалов, а также из-за утраты рынка. Причиной здесь является факт того, что технология переработки бытовых отходов является основным элементом надёжного функционирования системы жизнеобеспечения человека, наравне с водоснабжением, комфортным жилищем, безопасными продуктами питания и чистым воздухом. В отсутствии развития собственного производства и знаний в этой области Россия не только потеряет свои позиции на рынке мусороперерабатывающего оборудования и в научно-техническом понимании этих вопросов, но и может утратить даже необходимый уровень знаний для составления Технического задания для покупки готового зарубежного оборудования, что и наблюдается сегодня в парадоксальных рекомендациях, приведённых в справочнике НДТ, изданном Росприроднадзором. **Подмена результата научных исследований рекомендациями для чиновников о покупке наиболее доступных технологий не имеет практического смысла только по той причине, что реальные ситуации медицинского и технического уровня, никогда наперёд невозможно предсказать.** Для этого и существуют опытные специалисты с дипломами инженеров и санитарных врачей, которые и разрабатывают решения совместно с экономистами по методике принятия решений на основе системного анализа и с учётом подсказки М.В. Ломоносова о том, что решения следует принимать на основе реально существующей ситуации — так, чтобы «мысленные рассуждения» произведены были «из надёжных и много раз проверенных опытов» [Ломоносов, 1950, с. 424], а не из «мечтательных догадок», происходящих «по большей части от пустых забабон и преуверений» [Ломоносов 1954, с. 531].

Выводы

На основе изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Покупка и строительство в России мусоросжигающих заводов MOSCOW NW700 фирмы Хитачи Цоссен производительностью 700 тыс. тонн ТБО в год создаст серьёзные проблемы по следующим причинам:

- опасности для жизни населения от выбросов диоксинов, пыли субмикронного уровня и окислов азота;
- убыточности проекта для бюджета государства из-за низкой платёжеспособности населения России;
- высокой зависимости работы завода от поставки комплектующих и расходных материалов;
- неполного срока эксплуатации заводов из-за быстрого запредельного загрязнения диоксидами прилегающих земель сельхозугодий и неизбежными убытками из-за потери стоимости этих земель.

МАЗУРИН И.М., ПОНУРОВСКАЯ В.В., КОЛОТУХИН С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

2. Закупка и запуск в работу 230 зарубежных МСЗ за счёт госбюджета в ближней перспективе из-за низкой платёжной способности населения потребует ежегодной доплаты от 2 до 5 триллионов рублей из госбюджета за переработку мусора, либо закрытия заводов из-за недостатка средств.

3. Исключение отечественных исполнителей в качестве разработчиков и изготовителей оборудования по сортировке и переработке ТБО из программы работ означает полную утрату отечественного рынка для этого сектора отечественной промышленности, снижение до потребительского уровня проектных и инженерных кадров и утрату рабочих мест на заводах.

4. Реальной и безопасной технологией переработки бытовых отходов, обеспеченной покупательной способностью населения, остаётся пока сортировка бытового мусора и последующее компостирование на полигонах с обязательным контролем за выполнением регламента по СНиП 2.01.28-85.

5. Предложения по новым и эффективным технологиям переработки ТБО в России были и есть. Для их использования необходимы заказчик с Техническим Заданием и финансирование для исполнителей.

6. В задаче переработки ТБО для решения главной конституционной задачи — безопасности человека — насущно необходимым является восстановление приоритета надзорных функций со стороны Санэпиднадзора, что никоим образом не умаляет значения и роли в данной сфере иных экологических, технических и экономических надзорных органов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиенические нормы ГН 2.1.7.3298-15 «Ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов (в пересчёте на 2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-диоксин и его аналоги) в почве населённых мест, сельскохозяйственных угодий и промышленной площадки». Утверждены 15 сент. 2015 г. [Электронный ресурс] // Кодекс. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420306463>.
2. Свод правил СП 127.13330.2017 Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию. СНиП 2.01.28-85. Подготовлен к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России). Утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 ноября 2017 г. № 1533/пр и введен в действие с 15 мая 2018 г. [Электронный ресурс] // Кодекс. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556794132>.
3. Агапкина Г.А., Столбов В.В., Бродский Е.С., Шелепчиков А.А., Фешин Д.Б.. Особенности вертикального распределения полициклических ароматических углеводородов в профиле урбодерново-подзолистой почвы. Вестник Московского университета. 2015. Серия 17. Почвоведение. №2. С. 37–45.
4. Васильева А. Свалка о двух концах [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. 2018. 28 дек. № 241. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3842001>.
5. Волохонский Л.А., Попов А.Н. Состояние и перспективы использования электротермии для переработки отходов // Электроталлургия. 1999. № 7. С. 34–36.
6. Деньги — на мусорку. С января плата за «коммуналку» может резко вырасти [Электронный ресурс] // Аргументы и Факты. 2018. 20 сент. Режим доступа: http://www.aif.ru/realty/utilities/dengi_na_musorku_s_yanvaryaya_plata_za_kommunalku_mozhet_rezko_vyrasti.
7. Катаргин Д. Совесть, штрафы и бдительные соседи: как заставляют сортировать мусор в Швейцарии [Электронный ресурс] // БИЗНЕС Online. Деловая электронная газета Татарстана. 2018. 17 июля. Режим доступа: <https://www.business-gazeta.ru/article/388891>.
8. Ломоносов М. В. Первые основания металлургии или рудных дел // Полное собрание сочинений. Т. 5: Труды по минералогии, металлургии и горному делу, 1741–1763. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 397–631.
9. Ломоносов М.В. Волфианская экспериментальная физика, с немецкого подлинника на латинском языке сокращенная, с которого на русский язык перевел Михайло Ломоносов, императорской Академии Наук член и химии профессор // Полное собрание сочинений. Т. 1: Труды по физике и химии, 1738–1746. М.; Л.: АН СССР, 1950. С. 419–530.
10. Мазурин И.М., Колотухин С.П., Лунина Э., Васильева Ю. Государственный мониторинг с использованием апимониторинга // Система «Планета Земля»: 300 лет со дня рождения М.В. Ломоносова. 1711–2011. Монография / Ред.-сост. А.Е. Федоров. М.: ЛЕНАНД, 2010. С. 63–68.
11. Мазурин И.М., Понуровская В.В., Колотухин С.П.. Системный анализ задачи переработки твёрдых бытовых отходов // Вестник РАЕН. 2018. № 5. С. 76–84.
12. Минприроды России и ЮНИДО продолжают совместную работу по укреплению природоохранной деятельности [Электронный ресурс] // ГОСНОВОСТИ.РФ. 2017. 22 нояб. Режим доступа: <https://gov-news.ru/news/697600>.
13. НПФ «Термоэкология». Схема «Пироксел»: Рекламный лист. М.: АО «ВНИИЭТО», 1995.
14. Проект ЮНИДО/ГЭФ-Минприроды России по выводу из обращения ГХФУ в Российской Федерации // ЮНИДО в России. Вестник Центра Организации Объединённых Наций по промышленному развитию. 2015. № 16. С. 21–28.
15. Россельхознадзор: Российский мед содержит больше опасных веществ, чем импортный [Электронный ресурс] // ЗДРАВКОМ. 2013. 23 дек. Режим доступа: <http://zdravkom.ru/news/rosselhoznadzor-rossiyskiy-med-soderzhit-bolshe-opasnyh-veshestv-chem-importnyj>.
16. Стекольников И.С. Природа длинной искры. М.: Изд. АН СССР, 1960. С. 5–16.
17. Стекольников И.С., Багиров М.А. Исследование природы длинной искры // Известия АН СССР. Отделение технических наук. Энергетика и автоматика. 1953. № 2. С. 12–16.
18. Стоимость гектара земли сельхозназначения на территории Российской Федерации [Электронный ресурс] // Zakonometr.Ru.

МАЗУРИН И.М., ПОНУРОВСКАЯ В.В., КОЛОТУХИН С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

2018. Режим доступа: <http://zakonometr.ru/zemlja/dokumenty/uchastok/stoimost-i-ocenka/gektara.html>
19. Сывороткин В.Л. Дегазация Земли и разрушение озонового слоя // Природа. 1993. № 9. С. 35–45.
 20. Трояченко В.В., Веретенников В.А., Сариев В.Н. Система комплексной безотходной переработки твердых бытовых и промышленных отходов. Патент Российской Федерации RU 2648737 от 8 дек. 2016 г. / Общество с ограниченной ответственностью «Компания "Валтрон"» (ООО «Компания "Валтрон"») [Электронный ресурс] // FindPatent.ru: патентный поиск. Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/264/2648737.html>.
 21. Тугов А.Н., Смирнова О.А. К вопросу о строительстве в Московской области заводов по сжиганию ТКО // Твёрдые бытовые отходы. 2018. № 10. С. 8–12.
 22. Федоров Л.А. Глава VIII. Обеспечение экологической безопасности [Электронный ресурс] // Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы. М.: Наука, 1993. Международный социально-экологический союз. Режим доступа: <http://www.seu.ru/csi/lib/books/dioksiny/8/01.htm>.
 23. Центр международного промышленного сотрудничества ЮНИДО в Российской Федерации. Академия электронных отходов в Москве. 15–19 мая 2017 г. [Электронный ресурс] // Годовой отчет 2017. Режим доступа: http://www.unido.ru/upload/files/a/annual_report_2017_rus.pdf
 24. Bertazzi P.A., Zocchetti C., Guercilena S., Consonni D., Tironi A., Landi M. T., Pesatori A.C. "Dioxin Exposure and Cancer Risk: a 15-year Mortality Study after the "Seveso Accident"." *Epidemiology* 8.6 (1997): 646–652.
 25. Bilitewski B., Härdtle G., Marek K. *Waste Management*. Berlin: Springer, 1997.
 26. Consonni D., Pesatori A.C., Zocchetti C., Sindaco R., D'Oro L.C., Rubagotti M., Bertazzi P.A. "Mortality in a Population Exposed to Dioxin after the Seveso, Italy, Accident in 1976: 25 Years of Follow-up." *American Journal of Epidemiology* 167.7 (2008): 847–858.
 27. Doronin A., Mazurin I., Stoljarevski A.. "The New Cooling Agents." *Proceedings of the 19th International Congress of Refrigeration, the Hague, the Netherlands, August 20–25, 1995*. Paris: Institut international du froid, 1995, volume IVb. 914.
 28. Elliott P., Eaton N., Shaddick G., Carter R. "Cancer Incidence Near Municipal Solid Waste Incinerators in Great Britain. Part 2: Histopathological and Case-note Review of Primary Liver Cancer Cases." *British Journal of Cancer* 82.5 (2000): 1103–1106. DOI: 10.1054/bjoc.1999.1046.
 29. European Commission. "COM(2017) 34 Final. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions the Role of Waste-to-energy in the Circular Economy. Brussels, 26.1.2017." *Official Website of the European Commission*. EC, 26 Jan. 2017. PDF-file. <<http://ec.europa.eu/environment/waste/waste-to-energy.pdf>>.
 30. European Union. "Commission Regulation (EU) No 1259/2011 of 2 December 2011 Amending Regulation (EC) No 1881/2006 as Regards Maximum Levels for Dioxins, Dioxin-like PCBs and Non Dioxin-like PCBs in Foodstuffs." *Official Journal of the European Union* 3 Dec. 2011. Access to European Union Law. EU, n.d. PDF-file. <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:320:0018:0023:EN:PDF>>.
 31. Faby F. "Waste Incineration." *Encyclopedia of Geography*. Ed. B. Ware. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc., 2010, volume 6. 3048–3049.
 32. García-Pérez J., Fernández-Navarro P., Castelló A., López-Cima M.F., Ramis R., Boldo E., López-Abente G. "Cancer Mortality in Towns in the Vicinity of Incinerators and Installations for the Recovery or Disposal of Hazardous Waste." *Environment International* 51 (2013): 31–44.
 33. Gerasimov R, Kolotukhin S, Mazurin I, Sukhikh A, Granchenko P. "Analysis of Environmental Legislative and Technological Aspects of the Choice Aspects of the Choice of Non-aqueous Working Bodies for Power Plants." *Technology Audit and Production Reserves* 6.1 (2017): 66–77.
 34. Hencke D., Boseley S. "Dioxins Found in Allotments Near Incinerator." *The Guardian* 26 May 2000. Web. <<https://www.theguardian.com/uk/2000/may/26/davidhencke.sarahboseley>>.
 35. Herbert L. *Centenary History of Waste and Waste Managers in London and South East England*. The Chartered Institution of Wastes Management, 2007. PDF-file. <<https://www.ciwm.co.uk/Custom/BSIDocumentSelector/Pages/DocumentViewer.aspx?id=QoR7FzWBtitMKLGdXnS8mUgJfkM0vi6KMAYwUqgqau3ztZeoed%252bsdmKIqDzPOm8yAXgBZR%252fn1fYhL%252bTNdjUq9g2xwY63C2g8GcAQYyfpf3SImIrrED%252bTfsUM91bKsogr>>.
 36. Kiehl J.T., Trenberth K.E. "Earts Annual Global Mean Energy Budget." *Bulletin of the American Meteorological Society* 78.2 (1997):197–208.
 37. Kirkeby J., Grohnheit P.E., Møller Andersen F. *Experiences with Waste Incineration for Energy Production in Denmark*. Eds. I.T. Herrmann, and K.B. Karlsson. Roskilde: Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, 2014. PDF-file. <http://orbit.dtu.dk/files/97912122/Experiences_with_waste_incineration.pdf>.
 38. Kleis H., Dalager S. *100 Years of Waste Incineration in Denmark : From Refuse Destruction Plants to High – Technology Energy Works*. Copenhagen: Babcock and Wilcox, Vølund and Ramboll, 2004.
 39. Lopes E.J., Okamura L.A., Yamamoto C.I. "Formation of Dioxins and Furans during Municipal Solid Waste Gasification." *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 32.1 (2015): 87–97. DOI: 10.1590/0104-6632.20150321s00003163.
 40. Malisch R., Kotz A. "Dioxins and PCBs in Feed and Food – Review from European Perspective." *Science of the Total Environment* 491 (2014): 2–10.
 41. Mutz D., Hengevoss D., Hugl C., Gross T. *Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management. A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017. PDF-file: <<https://www.giz.de/de/downloads/GIZ%20WasteToEnergy%20Guidelines%202017.pdf>>.
 42. Özkök A., Sorkun K., Çakıroğulları G.Ç., Yağlı H.G., Alsan İ., Bektaş B., Kılıç D. "Dioxin Analysis in Pine Honey from Turkey." *Acta Biologica Szegediensis*. 61.1 (2017): 69–75.
 43. Prognos AG, Birnstengel B. *Outlook for Underground Waste Management in Germany*. Berlin: Verband Bergbau, Geologie und Umwelt e. V. (VBGU), 2012. PDF-file. <http://www.ks-entsorgung.com/de/data/pdf/prognos/prognosstudie_en.pdf>.
 44. Schecter A., Cramer P., Boggess K., Stanley J., Pöpke O., Olson J., Silver A., Schmitz M. "Intake of Dioxins and Related Compounds

МАЗУРИН И.М., ПОНУРОВСКАЯ В.В., КОЛОТУХИН С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

- from Food in the U.S. Population." *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 63.1 (2001): 1–18. DOI: 10.1080/152873901750128326.
45. Stohs S.J. "15. Dioxins and Related Compounds in the Human Food Chain." *Food Toxicology*. Eds. D. Bagchi, and A. Swaroop. Boca Raton: CRC Press, 2017. 303–314.
46. United Nations. "C.N.872.2016.TREATIES-XXVII.2.f (Depositary Notification) Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Montreal, 16 September 1987 Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Kigali, 15 October 2016." *Official Website of the United Nations*. UN, 15 Oct. 2016. PDF-file. <<https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2016/CN.872.2016-Eng.pdf>>.
47. WSP Environmental Ltd., Whiting K., Wood S., Fanning M. *Waste Technologies: Waste To Energy Facilities. A Report for the Strategic Waste Infrastructure Planning (SWIP) Working Group Complied by WSP Environmental Ltd for the Government of Western Australia, Department of Environment and Conservation. May 2013*. PDF-file. <http://www.wasteauthority.wa.gov.au/media/files/documents/SWIP_Waste_to_Energy_Review.pdf>.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11–2011:

Мазурин, И. М., Понуровская, В. В., Колотухин, С. П. Экологический тупик от сжигания мусора и возможные пути его преодоления [Электронный ресурс] / И.М. Мазурин, В.В. Понуровская, С.П. Колотухин // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. — 2018. — Т. 16. — Вып. 3–4. DOI: 10.24411/2227-9490-2018-12061. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_e-ast16-3_4.2018.61.

ENVIRONMENTAL DEADLOCK FROM WASTE INCINERATION AND POSSIBLE WAYS TO OVERCOME IT

Igor M. Mazurin, Doctor of Engineering, Professor, Chief Engineer at the Chair of Theoretical Foundations of Heat Engineering, National Research University Moscow Power Engineering Institute

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-5604-5510>

E-mail: igor-m-mazurin@j-spacetime.com; mazurinenin@mail.ru

Vera V. Ponurovskaya, M.E.M., Environmental Engineer, postgraduate student at the Chair of Theoretical Foundations of Heat Engineering, National Research University Moscow Power Engineering Institute

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-1531-0162>

E-mail: vera-v-ponurovskaya@j-spacetime.com; berenika973@mail.ru

Sergey P. Kolotukhin, M.Eng., Senior Researcher, head of university laboratory at the Chair of Theoretical Foundations of Heat Engineering, National Research University Moscow Power Engineering Institute

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-8257-4830>

E-mail: sergey-p-kolotukhin@j-spacetime.com; lrkftor@mail.ru

The problem of of MSW (municipal solid waste) managenet/utilization/disposal/recycling remains and, we suppose, will remain for a long time the most acute and charged matter for human society both in Russia and around the world. At present, the influence of closely interrelated technical, socio-economic and political reasons is dominant in its resolution. These are primarily the problems of processing new polymers and household chemicals, new types of waste associated with the mainstreaming of electronics and electrical engineering in the everyday life, new knowledge on toxins generated during the MSW incineration (MSWI), as well as new types of taxes and new stage of struggle for world and regional markets, new channels and market outlets. In Russia, this mood turned spikiest due to the prospect of acquiring the MSWI plant and technology developed by Hitachi-Zosen Inova AG.

The subject matter of our study is such a sore question of MSW management, as the rationale for decision in optimal way to disposing them in the light of current ideas about the landgilling and incineration toxicity and gate fees for these processess, as well as on the long-term social and environmental risks of such a choice. Since this is partly a review article, and partly a summation and synthesis (generalization) of our multi-year engineering and environmental field research, we use the methods of source and comparative analysis, as well as the historical-genetic and problem-critical approaches as the main methodological tools.

The starting point of our critical analysis was the assertion that (a) the 'waste-for-energy' idea is nothing more than an advertising campaign (since at present the efficiency of converting thermal energy into electrical one in up-to-date incinerators is enough only to promote advertising) and (b) 'dioxins-free' (pollution-free) MSW incineration/pylollis technologies (i.e., high-temperature processes) exist only on paper and are used as a tool for improving not market environment, but market conditions, conomic and political pressing and control.

Considering that in Russia, ones planned to burn the entire volume of annual MSW production, i.e. 90 million tons per year, they need 128 MSWI plants with a capacity of 700 thousand tons of waste per year. During continuous operation of 128 incineration plants to dilute the concentration of dioxins to the standard, 5.37×10^{10} m³/hour of clean air will be required. For the year, i.e. for 8760 hours, it will take 47×10^{13} m³/a, which by weight will give 5.8×10^{11} tons of air.

Today in the world, about 250 million tons of household waste are burned annually with a concentration of dioxins at the inlet of the pipe of 0.1 ng/m³. For this reason, it is possible to estimate the air consumption for the dilution of dioxins as 1.5×10^{12} tons. Taking into account the genera-

МАЗУРИН И.М., ПОНУРОВСКАЯ В.В., КОЛОТУХИН С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

tion of total waste on Earth for the year as 9 billion tons, i.e. 36 times more, we could argued that with the widespread use of waste incineration technology, the problem of lack of fresh air to dilute the waste gas from waste incineration at MSWI plants will inevitably arise. This in turn will lead to rapid and global pollution of the soil and atmospheric air with dioxins. Particular danger is the fine dust resulting from incineration. Due to the insignificance of size (0.1–1 μm), these particles will soar in the air for a long time. Although formally, the concentration of dioxins in the air can reach safe values in the surface layer at a height of 1.5–2 m from the surface of the Earth, but because of their smallness, such dust particles with dioxins on their surface are extremely dangerous for human health.

We consider the most efficient MSWI alternative is low-temperature waste burning using catalysts, which allows carrying out the catalytic oxidation of all organic waste components. It is also important that during catalytic oxidation, the complete conversion of hydrocarbons into carbon dioxide and water takes place, and the process temperature is in the range from 500 to 700 °C, i.e. below the temperature of nitrogen oxides formation. Catalytic oxidation fundamentally excludes uncontrolled recombination of ions, since they are not formed in the process, and the effluent CO₂ and water vapor have a low temperature (120–130 °C). In addition to platinum, less expensive metals and their salts can be used as a catalyst for the oxidation of hydrocarbons. Instead of expensive platinum, one can use less expensive metals and their salts as a catalyst for the oxidation of hydrocarbons. The most valuable advantage of the catalytic oxidation is hydrocarbons complete oxidation, which is fundamentally unattainable under flame combustion. For this reason, the cost of recycling is significantly lower, since it does not require a high factory pipe to dilute hazardous gas components and expensive multi-stage purification of waste gases from supertoxins with dust removal at the submicron level. The main thing is that there are no problems with dioxins, since aromatic hydrocarbons and all high-molecular hydrocarbon compounds are completely oxidized. In addition, the catalytic oxidation process does not require additional energy from an external source. However, the result of complete oxidation is only CO₂ and H₂O. Accordingly, having accepted restrictions on CO₂ emissions, process developers had to abandon the use of catalytic oxidation of the MSW organic component. So environmental- and human-health-friendly zero-dioxins technology turned out to be a victim of the Kyoto and Montreal Protocol, which have already proved (as many studies have shown, including those constantly published in the journal *Space and Time*), its senselessness and even harmfulness, given the unique properties of CO₂ as a gas contributing to bio-productivity increasing.

We also consider it very revealing that the EU, since 2017, has abandoned high-temperature MSWI in favor of MSW bio-recycling, both enzymatic and microbial (composting and even landfilling). This means not only the care of the European governments about their citizens, but also the fact that (a) they achieved their goal of capturing the Russian market to backward technologies unload to it, and (b) the MSW landfills retain their conceptual potential. The catastrophic situation with them in Russia is associated only with the destruction of their management system in the 1990s. Today, the solution to the problem of landfills safe management in Russia is to bring their functioning in line with the Sanitary Regulations and Rules 2.01.28-85 and other regulatory-technical documents.

Meanwhile, Russia has a priority in the development of a large-capacity and highly productive high-temperature incineration process that is safe for humans and the environment (patent RU 2648737 dated December 8, 2016). This process uses water vapor heated to 1700 °C and fed from the bottom through tuyeres into the shaft furnace by a counter flow to the layer of MSW descending from above, which at high temperature undergoes conversion to form SNG (synthesis gas) in the lower part of the shaft furnace and pyrogas in the bottom. After cleaning, both types of gases are mixed and fed for combustion in a gas turbine plant in order to generate electricity for their own needs. After turbo-power unit, the exhaust gas is supplied to greenhouses for heating and CO₂ using for plant nutrition. An important advantage of this process is the absence of unrecyclable solid waste, as well as dioxins, which are not formed in principle in the process. The cost of processing MSW tons by this method is at least three times lower compared to the Hitachi-Zosen MSWI plant, only due to the absence of the need for waste sorting and foreign components and consumables. In addition, not only electricity is produced in such MSW utilization, but also construction basalt-based materials, as well as metal. However, Russian authorities prefer dangerous and expensive Hitachi-Zosen MSWI plant because it allows them to receive bonuses, to generate extra revenues and to launder profits.

Our conclusions are as follows:

(i) The purchase and construction of Hitachi Zosen's MOSCOW NW700 MSWI plants with a capacity of 700 thousand tonnes of solid waste per year in Russia will create serious problems for the following reasons:

- danger to life from dioxins emissions, submicron dust and nitrogen oxides;
- project unprofitability for the budget of the state due to the low solvency of the Russian population;
- high dependence on supplying components and consumables;
- partial plant operating time due to the rapid transboundary dioxin contamination of the adjacent farmlands and inevitable losses due to these farmlands depreciation;

(ii) In the short term, due to the low paying capacity of the population, the purchase and launch of 230 foreign MSWI plans using budget funds will require an annual surcharge of 2 to 5 trillion rubles from the state budget for waste recycling, or the closure of plants due to lack of funds;

(iii) The exclusion of domestic work performers from the work program as developers and manufacturers of equipment for MSW sorting and recycling means a complete loss of the domestic market for this sector of the domestic industry, eliminates the labor market in innovation sphere and creates additional social tension;

(iv) MSW sorting and subsequent composting at landfills with mandatory monitoring of regulations implementation remain until now a real and safe technology for MSW processing provided by Russians' consumer purchasing power;

(v) The use of new developments in the field of MSW recycling implies the emergence of the Customer with the Terms of Reference and funding for the Contractors;

(vi) In the task of MSW processing, it is urgently necessary to restore the priority of supervisory functions on the part of Sanitary and Epidemiological Supervision with respect to significance and role of other environmental, technical and economic supervisory authorities.

Keywords: municipal solid waste; MSW incineration plant; recycling; high-temperature and low-temperature burning; oxidation; air pollution; dust; slag; landfills; dioxins; furans; CO₂.

References:

1. Agapkina G.A., Stolbov V.V., Brodsky E.S., Shelepchikov A.A., Feshin D.B. "Features of the Vertical Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Profile of Urban-podzolic Soil." *Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil Science* 2 (2015): 37–45. (In Russian).
2. Bertazzi P.A., Zocchetti C., Guercilena S., Consonni D., Tironi A., Landi M. T., Pesatori A.C. "Dioxin Exposure and Cancer Risk: a 15-year Mortality Study after the "Seveso Accident"." *Epidemiology* 8.6 (1997): 646–652.

МАЗУРИН И.М., ПОНУРОВСКАЯ В.В., КОЛОТУХИН С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

3. Bilitewski B., Härdtle G., Marek K. *Waste Management*. Berlin: Springer, 1997.
4. Center for International Industrial Cooperation UNIDO in the Russian Federation. *Academy of Electronic Waste in Moscow. May 15 – 19, 2017. Annual Report 2017*. PDF-file. <http://www.unido.ru/upload/files/a/annual_report_2017_rus.pdf>. (In Russian).
5. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation. "Hygiene Standards GN 2.1.7.3298-15. Approximate Permissible Concentrations (ODC) of Polychlorinated Dibenzon-dioxins and Dibenzofurans (In Terms of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-para-dioxin and Its Analogs) in the Soil of Populated Areas, Agricultural Land and Industrial Site. Approved 15 Sep. 2015." *Code. Electronic Fund of Legal and Regulatory and Technical Documentation*. JSC "Code", n.d. Web. <<http://docs.cntd.ru/document/420306463>>. (In Russian).
6. Consonni D., Pesatori A.C., Zocchetti C., Sindaco R., D'Oro L.C., Rubagotti M., Bertazzi P.A. "Mortality in a Population Exposed to Dioxin after the Seveso, Italy, Accident in 1976: 25 Years of Follow-up." *American Journal of Epidemiology* 167.7 (2008): 847 – 858.
7. Department of Urban Planning and Architecture, Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. "Code of Rules SP 127.13330.2017 Landfills for the Deactivation and Disposal of Toxic Industrial Waste. The Main Provisions for the Design. SNiP 2.01.28-85. Approved and Put into Effect by Order of the Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation no. 1533/pr of November 14, 2017 and Enacted as of May 15, 2018." *Code. Electronic Fund of Legal and Regulatory and Technical Documentation*. JSC "Code", n.d. Web. <<http://docs.cntd.ru/document/556794132>>. (In Russian).
8. Doronin A., Mazurin I., Stoljarevski A.. "The New Cooling Agents." *Proceedings of the 19th International Congress of Refrigeration, the Hague, the Netherlands, August 20 – 25, 1995*. Paris: Institut international du froid, 1995, volume IVb. 914.
9. Elliott P., Eaton N., Shaddick G., Carter R. "Cancer Incidence Near Municipal Solid Waste Incinerators in Great Britain. Part 2: Histopathological and Case-note Review of Primary Liver Cancer Cases." *British Journal of Cancer* 82.5 (2000): 1103 – 1106. DOI: 10.1054/bjoc.1999.1046.
10. European Commission. "COM(2017) 34 Final. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions the Role of Waste-to-energy in the Circular Economy. Brussels, 26.1.2017." *Official Website of the European Commission*. EC, 26 Jan. 2017. PDF-file. <<http://ec.europa.eu/environment/waste/waste-to-energy.pdf>>.
11. European Union. "Commission Regulation (EU) No 1259/2011 of 2 December 2011 Amending Regulation (EC) No 1881/2006 as Regards Maximum Levels for Dioxins, Dioxin-like PCBs and Non Dioxin-like PCBs in Foodstuffs." *Official Journal of the European Union* 3 Dec. 2011. Access to European Union Law. EU, n.d. PDF-file. <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:320:0018:0023:EN:PDF>>.
12. Faby F. "Waste Incineration." *Encyclopedia of Geography*. Ed. B. Ware. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc., 2010, volume 6. 3048 – 3049.
13. Fedorov L.A. "Chapter VIII. Ensuring Environmental Safety." *Dioxins as an Environmental Hazard: A Retrospective and Prospects*. Moscow: Nauka Publisher, 1993. *International Socio-Ecological Union*. ISEU, n.d. Web. <<http://www.seu.ru/cgi/lib/books/dioksiny/8/01.htm>>. (In Russian).
14. García-Pérez J., Fernández-Navarro P., Castelló A., López-Cima M.F., Ramis R., Boldo E., López-Abente G. "Cancer Mortality in Towns in the Vicinity of Incinerators and Installations for the Recovery or Disposal of Hazardous Waste." *Environment International* 51 (2013): 31 – 44.
15. Gerasimov R, Kolotukhin S, Mazurin I, Sukhikh A, Granchenko P. "Analysis of Environmental Legislative and Technological Aspects of the Choice Aspects of the Choice of Non-aqueous Working Bodies for Power Plants." *Technology Audit and Production Reserves* 6.1 (2017): 66 – 77.
16. Hencke D., Boseley S. "Dioxins Found in Allotments Near Incinerator." *The Guardian* 26 May 2000. Web. <<https://www.theguardian.com/uk/2000/may/26/davidhencke.sarahboseley>>.
17. Herbert L. *Centenary History of Waste and Waste Managers in London and South East England*. The Chartered Institution of Wastes Management, 2007. PDF-file. <<https://www.ciwm.co.uk/Custom/BSIDocumentSelector/Pages/DocumentViewer.aspx?id=QoR7FzWBtitMKLGdXnS8mUgJfkm0vi6KMAYwUqgqau3ztZeoed%252bsdmKIqDzPOm8yAXgBZR%252fn1fYhL%252bTNdjUq9g2xwY63C2g8GcAQYyfpf3SImIrrED%252bTfsUM91bKsogr>>.
18. Katargin D. "Conscience, Fines, and Vigilant Neighbors: How To Force Sort Garbage in Switzerland." *BUSINESS Online. Business Electronic Newspaper of Tatarstan* 17 Jul. 2018. Web. <<https://www.business-gazeta.ru/article/388891>>. (In Russian).
19. Kiehl J.T., Trenberth K.E. "Earts Annual Global Mean Energy Budget." *Bulletin of the American Meteorological Society* 78.2 (1997):197 – 208.
20. Kirkeby J., Grohnheit P.E., Møller Andersen F. *Experiences with Waste Incineration for Energy Production in Denmark*. Eds. I.T. Herrmann, and K.B. Karlsson. Roskilde: Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, 2014. PDF-file. <http://orbit.dtu.dk/files/97912122/Experiences_with_waste_incineration.pdf>.
21. Kleis H., Dalager S. *100 Years of Waste Incineration in Denmark : From Refuse Destruction Plants to High – Technology Energy Works*. Copenhagen: Babcock and Wilcox, Vølund and Ramboll, 2004.
22. Lomonosov M.V. "The First Foundations of Metallurgy or Ore Affairs." *Complete Works, Volume 5: Works on Mineralogy, Metallurgy and Mining, 1741 – 1763*. Moscow and Leningrad: Academy of Sciences of the USSR Publisher, 1954. 397 – 631. (In Russian).
23. Lomonosov M.V. "Volfian Experimental Physics, Abbreviated from the German Original in Latin, from which Mikhailo Lomonosov, the Imperial Academy of Sciences Member and Chemistry Professor, Translated into Russian." *Complete Works, Volume 1: Works on Physics and Chemistry, 1738 – 1746*. Moscow and Leningrad: Academy of Sciences of the USSR Publisher, 1950. 419 – 530. (In Russian).
24. Lopes E.J., Okamura L.A., Yamamoto C.I. "Formation of Dioxins and Furans during Municipal Solid Waste Gasification." *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 32.1 (2015): 87 – 97. DOI: 10.1590/0104-6632.20150321s00003163.
25. Malisch R., Kotz A. "Dioxins and PCBs in Feed and Food – Review from European Perspective." *Science of the Total Environment* 491 (2014): 2 – 10.
26. Mazurin I.M., Kolotukhin S.P., Lunina E., Vasilyeva Yu. "State Monitoring Using Apimonitoring." *Planet Earth System: 300 Anniversary of the Birth of M.V. Lomonosov, 1711 – 2011*. Ed. A.E. Fedorov. Moscow: LENAND Publisher, 2010. 63 – 68. (In Russian).
27. Mazurin I.M., Ponurovskaya V.V., Kolotukhin S.P. "System Analysis of the problem of MSW Recycling." *Herald of the Russian Academy of Natural Sciences* 5 (2018): 76 – 84. (In Russian).

МАЗУРИН И.М., ПОНУРОВСКАЯ В.В., КОЛОТУХИН С.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУПИК ОТ СЖИГАНИЯ МУСОРА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ

28. "Money To Trash. Since January, Fee for Communal Can Grow Dramatically." *Arguments and Facts* 20 Sept. 2018. Web. <http://www.aif.ru/realty/utilities/dengi_na_musorku_s_yanvaryya_plata_za_kommunalku_mozhet_rezko_vyrasti>. (In Russian).
29. Mutz D., Hengevoss D., Hugl C., Gross T. *Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management. A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017. PDF-file: <<https://www.giz.de/de/downloads/GIZ%20WasteToEnergy%20Guidelines%202017.pdf>>.
30. NPF "Thermoecology". *Leaflet of the PYROXEL Scheme*. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Electrothermal Equipment JSC Publisher, 1995. (In Russian).
31. Özkök A., Sorkun K., Çakıroğulları G.Ç., Yağlı H.G., Alsan İ., Bektaş B., Kılıç D. "Dioxin Analysis in Pine Honey from Turkey." *Acta Biologica Szegediensis*. 61.1 (2017): 69–75.
32. Prognos AG, Birnstengel B. *Outlook for Underground Waste Management in Germany*. Berlin: Verband Bergbau, Geologie und Umwelt e. V. (VBGU), 2012. PDF-file. <http://www.ks-entsorgung.com/de/data/pdf/prognos/prognosstudie_en.pdf>.
33. "Rosselkhoznadzor: Russian Honey Contains More Hazardous Substances Than Imported One." *Zdravkom*. N.p., 23 Dec. 2013. Web. <<http://zdravkom.ru/news/rosselkhoznadzor-rossiyskiy-med-soderzhit-bolshe-opasnyh-veshestv-chem-importnyj>>. (In Russian).
34. Schecter A., Cramer P., Boggess K., Stanley J., Pöpke O., Olson J., Silver A., Schmitz M. "Intake of Dioxins and Related Compounds from Food in the U.S. Population." *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 63.1 (2001): 1–18. DOI: 10.1080/152873901750128326.
35. Stekolnikov I.S. *The Nature of a Long Spark*. Moscow: Academy of Sciences of the USSR Publisher, 1960. (In Russian).
36. Stekolnikov I.S., Bagirov M.A. "Studying the Nature of a Long Spark." *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Division of Technical Sciences. Energy and Automation* 2 (1953): 12–16. (In Russian).
37. Stohs S.J. "15. Dioxins and Related Compounds in the Human Food Chain." *Food Toxicology*. Eds. D. Bagchi, and A. Swaroop. Boca Raton: CRC Press, 2017. 303–314.
38. Syvorotkinn V.L. "Earth's Degassing and Ozone Layer Depletion." *Priroda [The Nature]* 9 1993: 35–45. (In Russian).
39. "The Ministry of Natural Resources of Russia and UNIDO Will Continue To Work Together To Strengthen Environmental Protection Activities." *GOSNOVOSTI.RF*. N.p., 22 Nov. 2017. Web. <<https://gov-news.ru/news/697600>>. (In Russian).
40. Troyachenko V.V., Veretennikov V.A., Sariev V.N., "Company Valtron" LLC. "Patent of the Russian Federation RU 2648737 dated 8 Dec. 2016. The System of Integrated Zero-waste Processing of Solid Municipal and Industrial Waste." *FindPatent.ru: Patent Search*. N.p., n.d. Web. <<http://www.findpatent.ru/patent/264/2648737.html>>. (In Russian).
41. Tugov A.N., Smirnova O.A. "Concerning the Construction of MSW Incineration Plants in the Moscow Region." *Solid Waste* 10 (2018): 8–12. (In Russian).
42. UNIDO, Global Environment Foundation, Ministry of Natural Resources and Environment of Russian Federation. "Project UNIDO / Global Environment Foundation / Russian Ministry of Natural Resources and Environment for Decommissioning Hydrochlorofluorocarbons in the Russian Federation." *UNIDO in Russia. Bulletin of the United Nations Industrial Development Organization* 16 2015: 21–28. (In Russian).
43. United Nations. "C.N.872.2016.TREATIES-XXVII.2.f (Depositary Notification) Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Montreal, 16 September 1987 Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Kigali, 15 October 2016." *Official Website of the United Nations*. UN, 15 Oct. 2016. PDF-file. <<https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2016/CN.872.2016-Eng.pdf>>.
44. "Value of Farming Land Hectare in Russian Federation." *Zakonometr.Ru*. N.p., 2018. <<http://zakonometr.ru/zemlja/dokumenty/uchastok/stoimost-i-ocenka/gektara.html>>. (In Russian).
45. Vasilieva A. "Two-End Dump." *Kommersant* 28 Dec. 2018. Web. <<https://www.kommersant.ru/doc/3842001>>. (In Russian).
46. Volokhonsky L.A., Popov A.N. "The State and Prospects of Using Electrothermia for Recycling." *Electrometallurgy* 7 (1999): 34–36. (In Russian).
47. WSP Environmental Ltd., Whiting K., Wood S., Fanning M. *Waste Technologies: Waste To Energy Facilities. A Report for the Strategic Waste Infrastructure Planning (SWIP) Working Group Compiled by WSP Environmental Ltd for the Government of Western Australia, Department of Environment and Conservation. May 2013*. PDF-file. <http://www.wasteauthority.wa.gov.au/media/files/documents/SWIP_Waste_to_Energy_Review.pdf>.

Cite MLA 7:

Mazurin, I. M., V. V. Ponurovskaya, and S. P. Kolotukhin. "Environmental Deadlock from Waste Incineration and Possible Ways to Overcome It." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 16.3–4 (2018). DOI: 10.24411/2227-9490-2018-12061. Web. <2227-9490e-aprov_r_e-ast16-3_4.2018.61>. (In Russian).