

МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫЕ ЗАВОДЫ – ПОМОЙКА НА НЕБЕ

Юфит С.С.

доктор химических наук,

Научный сотрудник Института Органической Химии им. Н. Д. Зелинского

Российской Академии Наук,

Председатель Ассоциации независимых экспертов «Химия, Экология, Здоровье», г. Москва

Автор этих лекций окончил Химический факультет Московского Государственного Университета им. М. В. Ломоносова. Преподавал в горно-металлургическом техникуме в городе Балхаш в Казахстане. В настоящее время — научный сотрудник Института Органической Химии им. Н. Д. Зелинского Российской Академии Наук. Основные его научные интересы лежат в области изучения механизмов сложных органических реакций. Он автор и соавтор нескольких монографий и множества научных статей.

Его работа в области экологии началась с экспедиции на Белое море, где летом 1990 года произошла массовая гибель морских звезд. Эта экспедиция, проведенная Центром Независимых Экологических Программ (ЦНЭП), дала толчок к изучению загрязнения Архангельской области в первую очередь диоксинами. При поддержке Фонда Макартуров (США) и Минприроды РФ организованная им крупная экспедиция провела такое исследование. В результате впервые были получены реальные данные о диоксиновом загрязнении этого крупного региона России.

По поручению Российской Академии Наук С.С. Юфит принимал активное участие в создании антидиоксиновой программы в России. Эта тяжелейшая многолетняя борьба увенчалась успехом и в ноябре 1995 года Правительство РФ утвердило федеральную целевую программу «Защита населения Российской Федерации от диоксинов и диоксиноподобных токсикантов».

С.С. Юфит выступал координатором программы Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ ООН) по изучению уровней загрязнения грудного молока диоксинами. Впервые была получена достоверная, стандартизованная информация о содержании диоксинов и полихлорированных бифенилов (ПХБ) в грудном молоке из 6 городов России.

Он является консультантом и экспертом по опасным токсичным веществам как у «зеленых», так и в государственных организациях. Много работает в области, связанной с уничтожением опасных токсикантов, включая диоксины, и вовлечен в обсуждение проблем уничтожения химического оружия.

Автор статей о диоксиновом загрязнении окружающей среды, по проблемам сжигания мусора, создания чистого производства бумаги и многим другим.

Является представителем России в международном проекте «Объединение ученых, политических деятелей и простых граждан для снижения уровня загрязнения России диоксинами».

Руководитель общественной организации независимых экспертов: Химия, Экология и Здоровье.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Согласно плану курса этих лекций надо было написать вначале лекцию о диоксинах, об устойчивых органических загрязнителях, включающих и диоксины и полихлорированные бифенилы (ПХБ), потом о тяжелых металлах, а уж потом, обобщенно о сжигании мусора, при котором все эти яды выбрасываются в окружающую среду и поступают в наш рацион. Однако этот спокойный план я вынужден нарушить. Это не связано с тем, что за последние год-два появилась московская мусорная мафия, которая уже захватила рынок мусора, — Москва это еще не вся Россия. Я вынужден поторопиться потому, что не проходит и дня, чтобы мне не сообщали о заманчивых предложениях решить проблему мусора в данном конкретном городе путем строительства мусоросжигательного завода (МСЗ). Вот мой список на 31.03.98: Москва, Ст.-Петербург, Мурманск, Курск, Владимир, Сыктывкар (Республика Коми), Вологда, Кострома, Смоленск, Екатеринбург, Челябинск, Казань, Черноголовка (Московская обл.), Волгоград, Череповец, Троицк (Московская обл.), Нижний Новгород, Саратов.

В Троицке и в Костроме заводы не будут строить благодаря мощному общественному протесту. Во Владимире общественное противодействие основано на том, что там уже был старый, «опытный» МСЗ, последствия работы его в течение 7 лет сейчас пытаются оценить. В Нижнем Новгороде сложилась удачная ситуация, поскольку руководитель «зеленого» движения Дронт, Асхат Каюмов, одновременно руководитель Департамента охраны окружающей среды области — побольше бы таких «коррупционеров». В Сыктывкаре Партия Зеленых доказала экономическую нецелесообразность строительства МСЗ. Так что пока счет 13:5, но данные почти все получены от обеспокоенных граждан, а не от официальных лиц. Кроме того, настораживает отсутствие сигналов из Сибири и Дальнего Востока, хотя люди из Петропавловска-на-Камчатке говорили, что слух такой был и у них. Хорошо ли пользоваться такими слухами, тревожными звонками и иными несолидными данными? В иных обстоятельствах я бы постеснялся, но тут другое дело. В прелестном рассказе Айзека Азимова «Как потерялся робот» героиня рассказа, Главный Робопсихолог, старая дева Сьюзен Кэлвин потребовала от проштрафившегося молодого инженера передать в точности, что он сказал роботу, который исчез. Когда она выслушала всю тираду, то, слегка покраснев, сказала: «Я знаю, что означает большая часть этих слов. Я полагаю, что остальные столь же оскорбительны». Я знаю (увы!), в отличие от Сьюзен Келвин, все слова и понимаю, что те уже произнесенные 18 слов-городов, это только начало, и те слова-названия городов, которые сейчас где-то произносятся, столь же устрашающи — это идет массированное наступление лоббистов МСЗ на Россию. Со всеми вытекающими последствиями.

Тем, кто пока еще мало слышал о диоксинах, напомним.

1. Химические вещества, называемые одним словом «диоксины», относятся к группе «суперэкоксикантов», крайне устойчивых органических загрязнителей природы. Эти вещества чрезвычайно опасны не только для природы, но и для человека. Главный удар они наносят по репродуктивным функциям человека: они разрушают гормональную систему, что приводит к иммунодефициту (падению защитных сил), но главным образом страдают женщины и дети, растет число женских болезней, выкидышей, растет число детских смертей и детей инвалидов, снижается число родившихся. В настоящее время, когда рождаемость в России резко упала, и идет вымирание населения, это не тот факт, на который можно не обращать внимания.

2. Основным, самым главным источником выбросов диоксинов являются МСЗ. Именно они загрязнили всю землю диоксинами, именно они бросили вызов человечеству. Европа, Америка и Япония проводят целенаправленную государственную политику для решения проблемы диоксинов. Они пытаются (и успешно) снизить выбросы диоксинов в своих странах в сто раз, снизить поступление диоксинов с пищей до приемлемого уровня и резко уменьшить опасность для грудных детей, получающих диоксины с молоком матери.

3. Введение новых, очень жестких норм на выбросы МСЗ является ключевым моментом в этой политике. В США существует Управление по охране окружающей среды в США, EPA — главное природоохранное ведомство в США, оно не идет ни в какое сравнение ни с прошлым нашим Минприродой РФ, ни тем более с теперешним Госкомэкологии РФ, ни по авторитету, ни

по управляющим функциям, ни по финансированию. (Риторический вопрос: Почему мы берем у Америки только ее плохие качества, там ведь есть много чего хорошего?) Так вот, ЕРА сделало прикидочный расчет: после введения в США новых (близких Европейским) норм выбросов диоксинов от различных сжигателей будет остановлено свыше тысячи таких установок.

4. Строительство МСЗ, соответствующих нормам Европейского Союза (НЕС), стоит очень дорого. После введения НЕС в Нидерландах, из имевшихся в стране 12 МСЗ было закрыто 4, то есть одна треть. На переоборудование оставшихся МСЗ было израсходовано несколько миллиардов гульденов (свыше миллиарда долларов). В первую очередь были обновлены все очистительные системы.

5. Совершенно очевидно, что проект, приемлемый экологически (соответствующий НЕС) будет совершенно не приемлем с экономической точки зрения. Предлагаемые в настоящее время проекты МСЗ отличаются по цене не очень сильно, это 100-200 млн. долларов, но почти всегда неясно какие системы очистки отходящих газов будут установлены.

6. Если вникнуть поглубже, то можно обнаружить, что на самом деле фирма, которая предлагает строительство завода, вовсе не собирается строить сам МСЗ, а хочет только получить деньги и кредит для проектирования завода. Как правило, это совпадает с интересами заказчика (администрации). Эти планы будут лежать, как мины замедленного действия и ждать своего часа. Из этого следует, что само проектирование завода в теперешних экономических условиях, является преступным расходованием наших с вами средств.

Вот, пожалуй, и все для предисловия. Далее я постараюсь более подробно рассказать о работе сжигателей и, что всегда требуют слушатели, об альтернативных методах уничтожения, а точнее утилизации мусора — твердых бытовых отходов (ТБО) по нашей терминологии.

ВВЕДЕНИЕ

Конечно, мусор стали сжигать тотчас после открытия огня. Что может быть проще, чем бросить в костер разорвавшуюся старую шкуру-накидку или обглоданную кость, чтобы они не мешали. И шкура и кость исчезали, а, куда они исчезали, это пещерных предков наших, не интересовало. Хотя и они уже могли осознать, что путь их мусора: через огонь — в небо. Судя по трудам, выступлениям, статьям и беседам, сторонники сжигания мусора совершенно не отличаются от неандертальцев. Это просто находка для психологов — сохранение тысячелетнего заблуждения у современных людей, при том, как правило, людей образованных, то есть отлично знающих, что мусор действительно трансформируется в огне и превращается в другие, токсичные вещества, улетает в небо, но потом приходит к нам в виде грязного воздуха, грязной пищи, грязной воды. Наш, довольно туповатый, преподаватель марксизма-ленинизма, ныне уже забытой дисциплины, любил предварять свои занятия фразой: "Не надо быть слишком умным, чтобы понять то, что я вам сейчас буду рассказывать." Стыдно признаться, но иногда, беседуя с яростными защитниками сжигания мусора (если только это не обычные в наше время бандиты, которые уже захватили мусорный бизнес в свои руки или подкупленные или запуганные ими ученые и чиновники) мне хочется повторить эту афористическую фразу. Ответ любителям мусоросжигательных заводов очень прост, он рассмотрен в предыдущей лекции о том, как человек стал великаном и что из этого произошло. Еще проще: во времена неандертальцев во всей Европе жило 100-200 тысяч человек и во всей Европе вы не смогли бы найти хоть один кусок пленки из ПВХ, хоть одну лампу дневного света с капелькой ртути внутри, хоть кусок линолеума, хоть... да сами можете легко продолжить этот список. Тогда и воздух и вода были чистыми и слабый человек вносил только ничтожное загрязнение в окружающую среду. Теперь могущество человека и его масса соизмеримы с природными стихиями, а мощь его уже превосходит защитные резервы природы и никакие очистные сооружения не помогут — чем лучше фильтр, тем больше опасных веществ он собирает, и круг замыкается. И не надо быть слишком умным...

Первый МСЗ был построен в Англии (Ноттингем) в 1874 году, но еще в 13-ом веке в Англии был введен контроль за сжиганием мусора на свалках. С тех пор контроль является эффективным, хотя и не единственным способом снижения выбросов опасных веществ в окружающую

щую среду. После того как в отходящих газах МСЗ были обнаружены диоксины, начались всообъемлющие исследования вреда, причиняемого окружающей среде и здоровью людей сжиганием мусора, медицинских и опасных отходов, и ореол МСЗ — как бы избавителей человечества от мусора — сильно поблек.

Таблица 1

Количество МСЗ в развитых странах*

Страна	Количество МСЗ	% сжигаемого мусора	% мусора, сжигаемого с получением энергии (топлива)	% сжигаемых илов
Канада	17	9	7	неизв.
США	168	16	неизв.	неизв.
Япония	1900	75	почти все	неизв.
Швеция	23	55	86	0
Дания	38	65	почти все	19
Франция	170	42	67	20
Нидерланды	12	40	72	10
Германия	47	35	неизв.	10
Италия	94	18	21	11
Испания	22	6	61	неизв.
Великобритания	30	7	33	7

*Таблица, основанная на оригинальных данных, взята из книги *Wast Incineration and the Environment*. Eds R. E. Hester and R. M. Harrison. Royal Society of Chemistry, Manchester, Great Britain, 1994.

Приведенные данные относятся к началу 90-х годов, а для Канады даже к 1985. С тех пор часть заводов закрылась, а новых практически нет. Некоторые остановлены на модернизацию очистных сооружений, некоторые, как например крупный завод в Испании, работают с неполной загрузкой.

Почему же при стоимости сжигания тонны мусора в \$56, а стоимости захоронения \$28 за тонну, в США работают (1993 г.) 142 МСЗ? Это плод работы профессиональных общественных психологов, нанятых строительными компаниями. Вы помните удивительную метаморфозу рейтингов во время выборов президента в 1993 году: еще в феврале рейтинг был около 6%, а уже в апреле — за 60%. Это и есть технология обработки общественного мнения. Эта самая технология и была применена в начале 80-х годов в Америке. СМИ начали интенсивную обработку населения, внушая две простых идеи. Первая — Америка задыхается от мусора, мусорный кризис наступил и если его не преодолеть, то вся жизнь рухнет. Вторая — свалки рассадники несчастий и болезней, спасти американский народ может только сжигание тлетворного мусора. Через два года все муниципальные власти призывали своих сограждан строить МСЗ. Меньше чем за десять лет их построили 142 штуки (представляете, как нажились строители этих МСЗ!) и сейчас они сжигают 30 млн. тонн мусора в год или 16% от всего объема мусора в США. В настоящее время точно такая же кампания начинается и у нас в России. Оказывается в России наступил мусорный кризис и все города, большие и малые, завалены мусором, скоро города задохнутся от дыма горящих несанкционированных свалок, полчища крыс разнесут страшные эпидемии и гибель наша неминуема. Вы наверно думаете, что эту фразу придумал я сам для красоты изложения. Увы, это почти точная цитата из одной статьи в газете в областном центре, где обсуждался проект строительства МСЗ. Таковы наши реалии. В той статье много еще чего страшного было написано и почти все — откровенная ложь. Я расскажу про теперешнее положение с МСЗ у них, но сначала закончу этот абзац краткой цитатой из выступления Пола Коннетта, известного специалиста по МСЗ и борца против их строительства, на крупном симпозиуме по диоксидам в 1997 г. Он рассказывал о запрещении строительства МСЗ во многих штатах Америки и в Канаде и отметил, что в то время как в Западной Европе количество

вновь возводимых МСЗ постепенно падает, а в США и вообще сходит на нет, промышленность МСЗ намеривается построить 200 новых сжигателей, но в основном в Южной Азии и в Восточной Европе (то есть у нас). И (это самое главное) для снижения стоимости заводов требования к выбросам там не будут такими, как в Германии или в Голландии. К сожалению (говорит Пол Коннетт) вновь пускается в ход фальшивый аргумент о "получении энергии" и о привлечении частных инвестиций.

Помнится, что несколько лет назад один из министров московского правительства с гордостью говорил на международном совещании по мусору, проводившемся в Москве, что они построят 10 или 12 МСЗ в каждом районе Москвы, чтобы не возить мусор далеко и получать электрическую энергию и тепло для отопления домов. О количестве выброшенных диоксинов (и прочих загрязнений) министр не упоминал. По счастью пока этот план не реализован, хотя строительство и модернизация МСЗ в Москве идет полным ходом.

Итак, почему же строители МСЗ потянулись на юг и на восток в слабо развитые страны (Россия в их числе)? На это отвечает статья в солидном журнале, который никак нельзя отнести к Гринписовским и другим "несолидным" организациям. Это *Wall Street Journal* от 11 августа 1993 г. Как и полагается журналу финансистов с Уолл Стрита статья касается только финансовых проблем МСЗ. Согласитесь, что это объективный критерий.

Общее состояние рынка мусора такое: оправившись после господства идей мусоросжигания крупные полигоны захоронения мусора (это, по нашей теперешней терминологии — "свалки") показали свою экологическую привлекательность для общества. Цены захоронения, как мы уже говорили в два раза ниже, чем сжигания (в США).

Из экспертного заключения о проекте МСЗ в Костроме (1997 г)
"По расчету разработчиков стоимость сжигания 1 т мусора стоит 225 тыс. руб. При рентабельности 45% эта величина увеличивается до 338 тыс. руб./т, что в 235 раз дороже вывоза на свалку".

Но сжигатели оказались в ловушке, о которой их предупреждали давно.

Дело в том, что образующуюся золу и отходы от очистки сточных вод и илы с фильтров все равно приходится отправлять на полигоны. Чем выше цены захоронения, тем хуже для МСЗ, а чем цены ниже, тем охотнее мусор везут на свалки, а не на МСЗ. Это одна ловушка, а другая связана с ценами на электричество, производимое МСЗ (вы помните, что производство электроэнергии, это один из козырей сторонников МСЗ). По чисто техническим причинам (низкокалорийное топливо, малоэффективные генераторы и др.) стоимость электроэнергии, производимой на МСЗ не может конкурировать с электростанциями. По данным *Wall Street Journal* цена 1 киловаттчаса (в 1993 г.), была 1-3 цента, а на МСЗ 1 кВтч стоил 11 центов. Новые генераторы позволяют получать энергию по 6 центов за 1 кВтч, но по действующим законам для стабильности рынка потребителям ее обязаны отпускать за 2 цента за 1 кВтч, что дает убытки для МСЗ в 400 млн. долларов в год. Если прибавить к этим, чисто экономическим причинам, всеобщее недовольство опасными уровнями выбросов диоксинов, то прогноз *Wall Street Journal* кажется оправданным:

"Сжигатели фантастически дороги по сравнению с другими способами переработки мусора и финансовые прогнозы для развития этого сектора крайне неблагоприятны."

Теперь понятно, что шансов построить новые сжигатели как в Америке, так и в Европе, маловато, а вот "всучить" устаревший товар нам, "дикарям", пока еще можно.

Но над МСЗ Америки готов захлопнуться еще один капкан, точнее два. Я подробно описываю на этот раз судебные разбирательства потому, что такие же тяжбы грядут и у нас. Верховный Суд США должен решить, является ли зола МСЗ опасным загрязнением, которое должно быть внесено в существующий в Штатах официальный список. Если Верховный Суд включит золу МСЗ в этот список, то последняя лазейка владельцев МСЗ будет ликвидирована. До сих пор они пытаются не вывозить эту золу на полигоны захоронения, а использовать в технических целях, экономя тем самым на плате за захоронение. В основном они пытаются включать золу в асфальты и цементные изделия. Опасность здесь состоит не только во вездесущих диоксинах и канцерогенных полиароматических углеводородах, но и в вымывании токсичных метал-

лов. Если золу признают токсичным веществом, то стоимость ее захоронения возрастет в 10 раз, что составит "добавку" к тратам МСЗ на захоронение в 3,5 миллиарда долларов в год. Естественно, считает *Журнал*, что полигоны поднимут цену захоронения до 150 долларов за тонну, независимо от решения Суда, что приведет к финансовому краху многих МСЗ. Суд в Чикаго признал золу токсичным веществом, а Суд в Нью Йорке — нет. В любом случае эти разбирательства создают нервную обстановку для владельцев и строителей МСЗ.

Вторая тяжба в Верховном Суде США гораздо более изощренная. Она касается так называемого *"flow control"*, то есть возможностью муниципалитетов распоряжаться мусором по своему усмотрению. Истоки этой схемы управления потоком мусора находятся в тех же 80-х годах, когда в результате выдуманного призрака мусорного кризиса, началось массовое строительство МСЗ. Тогда, для поддержания стабильности работы МСЗ и их электрических генераторов, муниципалитеты вынуждены были заключать контракты по принципу *"put or pay"*, то есть если мусора будет мало, то муниципалитет должен будет платить штраф МСЗ для компенсации потерь. Если Верховный Суд отменит *flow control*, то начнется война цен и полигоны с их низкими ценами на утилизацию мусора безусловно эту войну выиграют.

КАК ГОРИТ СВЕЧА

Великий физик и химик англичанин Вильям Рамзай посвятил специальную лекцию и написал книгу о горении свечи (есть русский перевод). В Краткой химической энциклопедии (краткой!) горению отведено 7 страниц. Горение — сложнейший физико-химический процесс и мы возьмем из этой науки только то, что нам пригодится, чтобы понимать суть процессов горения. А взять надо не очень много. Зажгите свечу или горелку или газ на кухне и рассмотрите пламя. Вы увидите, что оно не однородное, а напоминает луковицу, оно состоит из нескольких слоев. Внесите в пламя проволочку или тонкую деревянную палочку или еще как испытайте пламя, и вы увидите, что эти слои имеют разную температуру. Это очень важное наблюдение, так как из него следует, что состав продуктов горения в разных частях пламени разный. Часть продуктов может пролететь и не сгореть.

Таких продуктов может быть два. Первый, *это просто несгоревшее топливо*, например, «газом пахнет» — это проскочил несгоревший газ. Для полного сгорания одного кубометра метана (а это главная часть бытового газа) надо 9,52 кубометра воздуха. Но эта цифра теоретическая, а для реального сжигания всего горючего материала надо воздуха **в несколько раз больше**. Уже здесь имеется противоречие — если вы хотите сжечь *все* то надо много воздуха, но если вы дадите много воздуха, то температура падает, так как этот воздух надо нагревать и тепло расходуется впустую. Поэтому выбор соотношения воздух/газ тонкая материя и решается всегда не в пользу потребителя. В воздухе вашей кухни всегда есть следы газа.

Но кроме проскочившего газа происходит выброс и других соединений. Вот именно здесь и разворачивается вся физико-химическая наука горения. При высокой температуре молекулы начинают взаимодействовать друг с другом, раскалываться на части, называемые радикалами, эти радикалы необычайно активные частицы, они реагируют с молекулами и сами с собой и т. д. Получается огромное количество новых соединений — их называют *продукты неполного сгорания (ПНС)*. Название как вы понимаете, не совсем точное, так как, например, окислы азота, которые образуются из азота воздуха, вроде бы вообще не имеют отношения к нашему ТБО, и только рыжий ядовитый дым из трубы (называют такие дымы «лисы хвосты») заставляет включать и окислы азота и все остальные выбросы, образующиеся при сжигании, в понятие ПНС (*Products of Incomplete Combustion/ PICs*). К ПНС относятся десятки высоко токсичных веществ и обманные обещания строителей МСЗ уничтожить "помойки" и очистить города от мусора заставили "зеленых" придумать очень емкий термин — «помойка на небе». Это, конечно, так. Уничтожая ТБО вы выбрасываете их в небо, хотя и в другой, невидимой, но ядовитой форме. Более того, ПНС попадают в золу (*"летучая зола"*, это то, что улавливают фильтры, "шлак", это то, что остается на поду печи сжигателя) и в промывные воды. Мы рассмотрим эти вопросы ниже, а сейчас вернемся еще раз к нашей свече.

Мы должны рассмотреть одно важное понятие, которое никак не хотят усвоить проектировщики наших МСЗ. Называется это так — «пробное сжигание» и «эффективность разрушения и удаления» (ЭРУ), (*Trial Burns and Destruction and Removal Efficiency (DRE)*). Введем еще один термин, чтобы легче было объясняться. *Principal Organic Hazardous Constituents (POHCs)* — избранная стандартная смесь опасных органических веществ (ССОВ).

Вот как проводится испытания сжигателей (печей для сжигания) и контроль за их работой. Составляется специальная смесь нескольких органических веществ (ССОВ) и проводится пробное сжигание, при этом оценивается ЭРУ. Это означает, что мы вводим в пламя нашей свечи некоторое вещество и улавливаем все продукты. Мы знаем, что это будут: а) продукты полного сгорания (водяной пар и углекислый газ); б) несгоревшая часть (проскок); в) продукты неполного сгорания. Концентрация продуктов неполного сгорания (ПНС) укажет на эффективность разрушения исходной смеси, а несгоревшая часть покажет «эффективность удаления». Это и будет характеристика данного сжигателя, по которой можно судить с достаточной точностью о выбросах при обычной работе сжигателя и о том вреде, который они могут принести здоровью людей и состоянию окружающей среды.

Поскольку ПНС образуются, как считают некоторые, в той части, где температура ниже, то есть во внутренней части пламени, то можно ввести туда трубку (называют ее форсункой) и начать вдвигать туда воздух (или даже кислород). Попробуйте, пламя станет горячее, это сразу будет видно по изменению свечения — желтый цвет раскаленного углерода во внешней части пламени станет белым, а область неполного сгорания резко уменьшится. Вследствие этого количество ПНС уменьшится, но не сильно, так как в их число входит оксид азота, а его количество возрастет. Кроме того возрастет концентрация летучих металлов и, кроме того, слабо изменится количество проскочивших газов, что связано с резким увеличением скорости потока газов. Предлагают "перемешать" пламя, то есть сделать его "турбулентным" (а было оно "ламинарным", то есть — плавным, ровным). Перемешивать пламя не просто, это существенно труднее, чем размешать кофе с молоком ложечкой, для этого придумывают разные трюки, но все они приводят к опасному попаданию раскаленных газов на стенки камеры сгорания, что приводит к их прогару. На острове Джонстон, где американцы сжигали свое химическое оружие, прогар стенок был одной из основных причин остановок сжигателя. Как только факел отклонялся (как пламя свечи) от оси камеры, струя газов ударяла в стенку и следовала остановка всей работы. Удивительно, но я не встретил пока что ни одного проекта МСЗ (для России) где бы обсуждались вопросы, связанные с авариями на печи. Вопрос о возможных авариях как правило вообще не обсуждается, так как авторы проектов всегда утверждают, что этого не может быть никогда. Увы, может. 28 июля 1995 г. в Пенсильвании при аварии на сравнительно новом МСЗ (построен в 1991 г., производительность 1200 т/день) погибло 2 чел. Примеров много.

Погасим свечку и выключим на кухне газ — теперь у нас будут другие масштабы.

КАК УСТРОЕНЫ МСЗ

Сколько стоит дом построить. Для так называемых установок массового сжигания (производительностью от 100 до 3000 тонн в сутки) капитальные затраты в США колеблются от 80 до 100 тыс. долларов на тонну сжигаемых отходов. В эту цену не входит цена устройств подготовки отходов. Эксплуатационные расходы составляют около 20 долларов за тонну ТБО. Время, необходимое на проектирование и постройку МСЗ в США, в среднем занимает 5-8 лет. [О.М. Черп, В.Н. Виниченко *"Проблема твердых бытовых отходов: комплексный подход"*. Эколайн, Москва, 1996.]. Используйте эти цифры при рассмотрении проектов строительства МСЗ в вашем городе, они гораздо реальнее отражают стоимость строительства, чем встречающиеся иногда выкладки проектантов.

Устройство сжигателей

Сжигатель — общее название любого технического устройства для высокотемпературного окисления (сжигания) отходов, мусора и т. п.

Мусоросжигательные заводы (МСЗ) по европейским нормам должны иметь не менее двух сжигателей.

На рис. 1 показано устройство современного завода по сжиганию мусора.

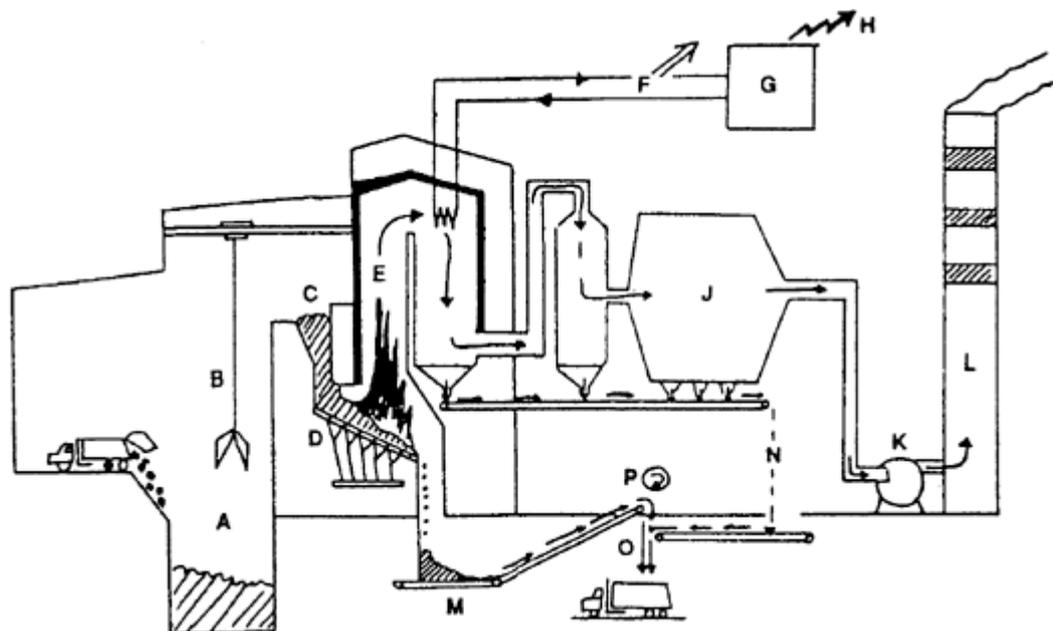


Рис.1. Типичная схема современного мусоросжигательного завода с рекуперацией энергии и очисткой отходящих газов.

Условные обозначения:

А. Загрузка мусора (помещение должно быть закрыто и недоступно ветру).

В. Загрузочный кран (должно быть два, снабженных весами и спецгидравликой для применения в случае возникновения пожара).

І. Отмывка кислых газов (скруббер).

Ј. Пакетные фильтры (противопылевые).

К. Дымосос.

Л. Отходящие газы.

Г. Турбина.

Н. Электричество.

М. Шлак.

Н. Летучая зола (зола уноса) и масса из скруббера.

О. Смешение шлака и золы.

Р. Магнитный сепаратор.

Загрузка. Первое на что надо обратить внимание, это загрузка сжигателя. На рисунке виден самосвал, который сбрасывает несортированный мусор в мусороприемник. О сортировке мусора немного позже. Но бункер для приема мусора не просто яма, а сложное инженерное сооружение.

Европейская норма: Емкость хранилища отходов должна быть достаточно большой, чтобы возможно было хранить отходы в период закрытия одной из печей сжигания. При нормальном функционировании завода отходы не должны содержаться в хранилище более одной недели. Разгрузочных кранов должно быть два, чтобы не нарушить работу сжигателя. Бункер дол-

жен иметь закругленную форму для облегчения его периодической очистки, а для предохранения от неприятных запахов и образования взрывчатых смесей с выделяющимися газами, мощную систему отсоса воздуха, который затем направляется в сжигатель. Оператор должен иметь возможность постоянно видеть состояние бункера.

10 ноября 1988 года в городе Пятигорске по требованию СЭС был закрыт МСЗ после того, как четверо рабочих потеряли сознание во время рабочей смены из-за газа, выделяемыми отходами, сваленными на заводе. (Из брошюры *О. Черна*). Это наглядная иллюстрация различий между заводами "первого поколения" и современными МСЗ, отвечающим нормам ЕС.

Сжигатель. Далее мусор направляется в печь сжигания.

Европейская норма. В горячей зоне газы должны находиться при температуре не ниже 850°C в течение не менее 2 секунд (правило 2 секунд) и при содержании кислорода не ниже 6%.

Их конструкция может быть самой разной, но потом, обязательно, горячие газы идут в теплообменник для получения пара и электроэнергии. Именно на этой стадии, стадии охлаждения газов, начинают образовываться диоксины.

Очистка газов. Далее идут очистные сооружения. Это самая тонкая и самая дорогая часть. Стоимость очистных сооружений не менее 50% от общей стоимости МСЗ. Вот на этом и пытаются экономить. Обычно заказчиков не сильно балуют: ставят водной скруббер и электростатический фильтр, да еще пылевые текстильные фильтры. Если вам придется оценивать проект сжигателя обязательно обратите внимание на последовательность падения температуры после печи.

Горячие электростатические фильтры. Хотя образование диоксинов неминуемо при понижении температуры, но есть еще одна опасная точка. Исследования показали, что горячие электростатические фильтры, которые так распространены во всех воздухоочистках, сами генерируют диоксины. Так при обследовании МСЗ во Флориде на одном сжигателе были получены следующие результаты:

Температура на электростатическом фильтре, °C	Выбросы диоксинов в нг/нм ³
242	893
282	2100
347	8533

Следует также заметить, что и самые лучшие угольные фильтры не позволяют удержать выбросы диоксинов в рамках Европейских норм.

Европейская норма. Содержание диоксинов в отходящих газах МСЗ в единицах I-TEQ не должно превышать 0,1 нг/нм³.

Разработаны каталитические дожигатели диоксинов, совмещенные с дожигателями для окислов азота, повидимому это на настоящее время наилучший вариант очистки газов от диоксинов.

Основные устройства для очистки газов, принятые на современных МСЗ (МСЗ в городе Алкмаар, Нидерланды), показаны на Рис. 2.

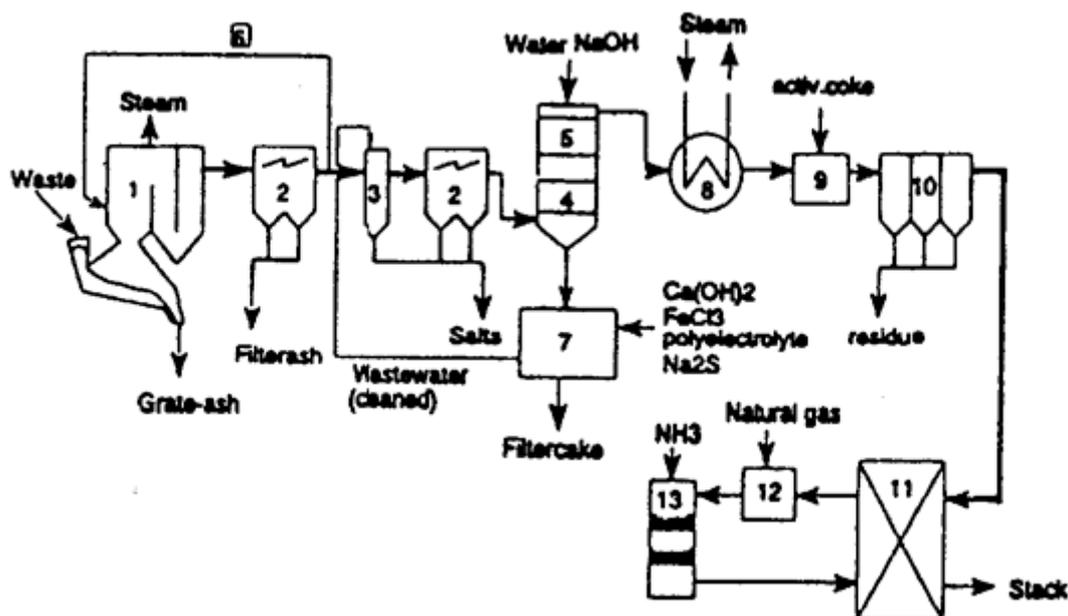


Рис.2. Схема очистных сооружений на современном МСЗ в Алмааре (Нидерланды)*

*Из статьи: Jan G.P. Born. *Organochlorine Comp.(Dioxin'96)* 1996, v. 27, p.46-49.

Условные обозначения:

1. Топка и бойлер.
2. Электростатические фильтры.
3. Распылитель (выпаривание загрязненной воды).
4. Охлаждение и кислая промывка газов (скруббер) 1 стадия.
5. Щелочная промывка газов (скруббер) 2 стадия.
6. Рециркуляция отходящих газов.
7. Нейтрализация, флокуляция, осаждение.
8. Теплообменник.
9. Реактор с инъекцией активного угля (кокса).
10. Пылевые фильтры.
11. Регенеративный теплообменник.
12. Разогрев газов.
13. Реактор каталитического дожигания окислов азота (существует модификация для одновременного дожигания диоксинов).

Если вам придется рассматривать проект МСЗ, обязательно сравните этот список очистных устройств с тем, что вам будут предлагать разработчики.

ВЫБРОСЫ МСЗ

Когда вам рассказывают байки о *почти* полном отсутствии отходов и выбросов от МСЗ, то будьте внимательны: не почти, но *всегда* это не правда. Такое опасное производство не может, по чисто техническим причинам, быть безотходным.

Выбросы МСЗ охватывают все обычные для промпредприятий отходы:

- загрязненный воздух,
- загрязненные воды,
- загрязненные твердые отходы.

Мы рассмотрим все вопросы, связанные с этими загрязнениями ниже. Для снижения выбросов в воздух создаются мощные, эффективные, но крайне дорогие очистные сооружения. Для

уменьшения объемов золы и шлаков, подлежащих захоронению, пытаются использовать их в строительных изделиях, что может быть крайне опасно. Однако, для снижения отходов от работы фильтров и мокрых скрубберов для нейтрализации кислых газов, ничего сделать нельзя, так как чем лучше очистка, тем больше объем загрязненной воды, илов и загрязненной массы с фильтров.

Работа любого мусоросжигательного завода опасна для окружающей среды и здоровья населения. Даже по нашим весьма старым нормам строительства, когда еще о диоксидах и не слыхивали, МСЗ относятся к опасным производствам, не ниже **2 категории опасности**.

Загрязнение воздуха

Металлы

Для начала приведу таблицу, из книги *Саст Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990, 335 с.*, которая процитирована в той же самой брошюре И. Игнатовича и Н. Г. Рыбальского. Это как бы официальная таблица, полученная для наших МСЗ и нашего ТБО. Обратите внимание на "коэффициенты концентрации", это величина показывает насколько данного вещества в выбросах МСЗ больше, чем в обычном воздухе, то, что называется "фон".

Следует заметить, что за прошедшие 10 лет со дня получения этих данных в ТБО и, соответственно в выбросах, возросло содержание свинца, ртути и кадмия, то есть наиболее токсичных металлов.

Таблица 2

Содержание химических элементов в продуктах сжигания твердых бытовых отходов разных городов

Элемент	Выбросы в воздух		Летучая зола	
	содержание, %	коэф. концентрации	содержание, %	коэф. концентрации
Висмут	0,0003-0,0013	300-1300	0,01	10000
Серебро	0,0006-0,0021	86-300	0,003-0,01	430-1430
Олово	0,02-0,18	80-720	0,22-0,3	880-1200
Свинец	0,155-0,186	97-116	0,45-1	281-625
Кадмий	0,0005-0,0012	38-923	0,005-0,01	380-770
Сурьма	0,003-0,009	60-180	0,01-0,02	200-400
Медь	0,15-0,4	32-85	0,07-0,3	15-64
Цинк	0,18-0,56	22-68	1-3	120-360
Хром	0,06-0,16	7-20	0,08-0,6	10-200
Ртуть	0,00004-0,00009	5-10	-	-

Уже из данных этой таблицы видно, что в дымах МСЗ опасных металлов в некоторых случаях в тысячи раз больше, чем в "обычном" воздухе. Токсичные металлы выбрасываются в форме солей или окислов, то есть в устойчивом виде и могут лежать неопределенное число лет, накапливаясь постепенно и с пылью попадая в организм человека. Опасность токсичных металлов именно в том, что они (кроме ртути, которая любит мигрировать) могут накапливаться. Поэтому нормы ПДК могут оказаться не применимыми к таким выбросам.

На рис. 3 показано, как распределяются выбросы металлов между выбросом в воздух, пылью в фильтрах и шлаком, вытекающим из сжигателя. Естественно, что почти все железо (99%) уходит в шлак, но уже медь частично летит с пылью и именно она ответственна за образование диоксинов в зонах охлаждения газов. Впрочем, ученые только начали изучать этот процесс и на роль катализатора рассматриваются и иные металлы. Один из самых токсичных и коварных ме-

таллов, кадмий, летит с пылью и удержать его на фильтрах трудно, 12% улетает в трубу. Но ртуть, о ядовитости которой все знают, почти вся (72%) следует за кадмием. Тяжелые металлы оседают вокруг МСЗ по *розе ветров* и образуют характерное пятно загрязнения, а уж потом начинаются миграционные процессы и токсичные металлы, особенно ртуть, расходятся во все стороны к нам на стол.

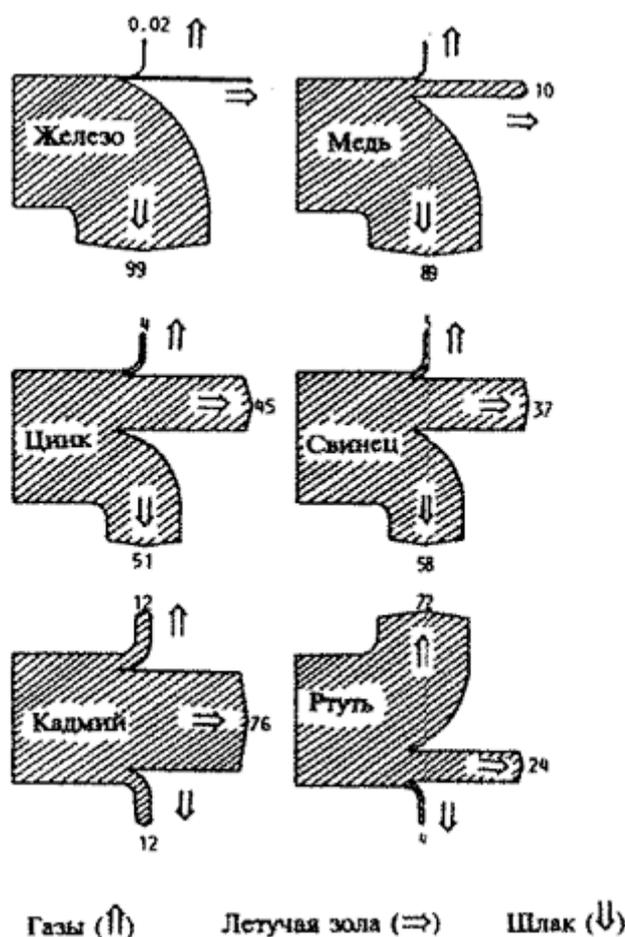


Рис.3. Распределение металлов (%) между отходящими газами, летучей золой и шлаком*

*Из статьи: P.H. Brunner, H. Monch. Waste Manage. Res. 1986, 4,105.

Ртуть

Ртуть вылетает из труб МСЗ в форме паров (7%) и в форме хлоридов (70%). И те и другие весьма токсичны и являются потенциальными нейротоксинами.

Мигрируя по пищевым цепям, ртуть накапливается в морских и речных организмах. Болезнь Минимата, которая поразила жителей на берегу залива в Японии, была вызвана сбросом ртутьсодержащих отходов промышленным концерном, производившим ПВХ-пластмассы. Металл накапливался в рыбе, постоянной пищей японцев, и вызывал заболевание. После того, как 200 человек умерло производство остановили, бухту у г. Минимата осушили, а ил (содержавший ртуть) был удален. По таким же цепочкам аккумулируется ртуть и на суше, ее конечным владельцем становятся хищники. Например в Швеции исчезла пустельга, а поголовье соколов-сапсанов и ястребов сильно уменьшилось. МСЗ являются крупными источниками ртути. Так в США в Массачусетте МСЗ выбрасывает 19 тонн ртути в год, в Эвергладсе (Флорида) высокие уровни ртути в рыбе были прямо связаны с выбросами МСЗ [H. Cole, R. Collins "Mercury Rising", Clean Water Action, January 1990].

Продукты неполного сгорания

Список продуктов неполного сгорания (ПНС) насчитывает свыше ста **идентифицированных** опасных веществ. Среди них углеводороды и ароматические углеводороды, их хлорированные производные, токсичные фенолы и хлорфенолы, бром- и азотзамещенные вещества и, наконец, полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД), -фураны (ПХДФ) и -бифенилы (ПХБ). К ПНС относят несколько условно все выбросы, которые не относятся к газам "проскока", то есть к тем летучим соединениям, которые содержались в исходной смеси, подаваемой на сжигание, но не успели сгореть. В результате эту группу попадают **кислые газы** хлористоводородная кислота (HCl), сернистый газ (SO₂) и окислы азота (NO_x).

Первый из них HCl вызывает большие проблемы из-за своей крайней агрессивности по отношению к металлу камер сжигания. Он же ответственен за образование диоксинов по реакции Дикона в холодной зоне. Его удаляют промывкой щелочными растворами извести и они дают большую часть тех твердых отходов МСЗ, о которых мы еще будем говорить. Основным источником выбросов HCl является горение поливинилхлоридных пластмасс, находящихся в потоке мусора.

Сернистый газ всегда образуется при горении мусора, так как органические остатки содержат серу (отсюда и мерзкий запах разложения). Полностью убрать его не просто, и вместо известкового молока приходится брать дорогую щелочь.

Окислы азота весьма токсичны (ПДК для NO₂ 9 мг/м³ для остальных оксидов 5 мг/м³ в пересчете на NO₂) и крайне трудно связываются со щелочами в обычных скрубберах. Для нас важно знать, что чем выше температура сжигания, тем больше окислов азота образуется. Это одна из причин, по которой очень высокие температуры при сжигании, могут привести к крайне высоким выбросам в атмосферу этих токсикантов. Если вспомнить, что диоксины, от которых пытаются избавиться таким образом, все-равно вновь возникнут в холодной зоне, то такое рискованное "усовершенствование" технологии оказывается ненужной тратой денег и оборудования. Для более или менее полной очистки газов от оксидов азота приходится прибегать уже не к фильтрам и скрубберам, а к каталитическим дожигателям такого типа, как используют для дожига газов в автомобильных двигателях, только подешевле и более сложного устройства. Это обходится в копейчку.

Продукты неполного сгорания включают и нейтральные газы, такие как угарный газ (CO), который может образовываться в больших количествах при неправильном режиме работы сжигателя (мало воздуха, температура ниже 800°C и другие нарушения). Этот газ нейтральный и потому очень трудно улавливается. Он опасен и в очень малых концентрациях, чему пример жители Череповца, где работают рядом с жилыми домами мощные металлургические производства, выбрасывающие очень много CO, а в городе на улицах случались обмороки с людьми.

Малые концентрации угарного газа вызывают блокаду гемоглобина и обусловленное утиг кислородное голодание тканей, к которому, как известно, наиболее чувствительна центральная нервная система, это вызывает раньше всего изменение функционального состояния коры головного мозга, что в большей или меньшей степени отражается на состоянии внутренних органов. ПДК 0,03 мг/л. (*Справочник практикующего врача*).

Микрозагрязнения

Анализ шлаков после дробления, летучей золы с фильтров и отходящих газов МСЗ показал, что около 1% углерода, введенного в сжигатель, покидает его со шлаком, 0,1% связывается с летучей золой и около 0,01% выбрасывается в виде микрозагрязнений. Остальной углерод превращается в окислы углерода (главным образом в углекислый газ) [P.H. Brunner et al. *Waste Manage. Res.*, 1987, 5, 355]. Концентрация общего органического углерода (ООУ) в среднем в шлаках 10 г/кг, в летучей золе 40 г/кг, а в газах 20 мг/м³.

Источники микрозагрязнений

Основных источников микрозагрязнений три:

1. Неполное сгорание тех микрозагрязнений, которые присутствовали в исходном мусоре. Не следует думать, что это пренебрежимо малые количества. Вот примерный расчет выбросов: при величине *эффективности разрушения и удаления* (ЭРУ) равной 99,999% (это требование для ПХБ) "проскок" равен 0,0001%. Однако эта малая величина означает, что каждый сжигае-

мый килограмм ПХБ будет давать выброс в окружающую среду равный 1 мг, что совсем не мало для таких токсичных веществ. Если вы сожжете 1000 тонн, то выброс будет равен 1 кг токсикантов. Есть о чем задуматься.

2. Синтез *de novo* диоксинов и фуранов (ПХДД и ПХДФ) при охлаждении горячих газов и в фильтрах.

3. Органические вещества, попадающие в отходящие газы из других источников таких, как воздух для сжигания, загрязнения из скрубберов, вода в системах очистки и из дополнительного топлива, которое всегда вынуждены использовать для сжигания мусора.

В США в списке опасных веществ, которые могут встречаться в отходящих газах сжигателей, содержится свыше 400 опасных химических веществ, которые включают как органические, так и неорганические соединения.

Пристальное внимание к микрозагрязнениям связано с тем, что в их число входят вещества крайне токсичные и весьма опасные для здоровья. Эти вещества, ПХДД, ПХДФ, ПХБ и полиароматические углеводороды (ПАУ), проявляют свои токсические свойства уже при столь малых концентрациях, что микроколичества их в газах МСЗ являются очень опасными. Если "обычные" токсиканты опасны при концентрациях мг на литр, то ПАУ опасны при концентрации мкг на кубометр, а диоксины при долях нанogramм в кубометре. В таблице 3 показаны выбросы основных микрозагрязнений в отходящих газах МСЗ Канады и Норвегии.

Таблица 3

Результаты обследования двух МСЗ (выбросы микрозагрязнений в мкг/нм³)*

	Канадский МСЗ	Норвежский МСЗ
Хлорбензолы	3,3-9,9	0,034-3,8
Хлорфенолы	5,1-23,7	не обнаружены
ПАУ	3,2-21,9	0,84-6000
ПХБ	1,7-7,0	<0,00003-0,06
Диоксины	0,063-0,597	0,047-1,8

*Таблица составлена G. H. Eduljee in "Waste Incineration and the Environment". Ed. R. E. Hester and R. M. Harrison. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF. по данным Ch. Benestad, M. Oehme, Waste Manage. Res. 1987, 5, 407. A. Finkelstein et al in "Emission from Combustion Processes..." Ed. R. Clement et al. Lewis Publishers, Boca Ration, 1990, p. 243.p

Видно, что во времена проведения этих измерений (1987-1990 гг) МСЗ в Канаде работал намного хуже, чем в Норвегии. Надо сказать, что и в США сжигатели того времени (то есть именно такие, которые нам теперь пытаются продавать) работали чудовищно грязно. В 1994 году ЕРА провело обследования всех МСЗ — 166 штук. Правда в конечном итоге было проверено всего 12 МСЗ, но все они показали крайне высокие уровни выбросов, которые, как теперь я понимаю, и объясняют столь сильное загрязнение всей территории США диоксинами. Уровень загрязнения пищи в Америке столь высок, что по оценке ЕРА уже угрожает здоровью нации.

Выбросы некоторых сжигателей на МСЗ в США, проверенных в 1993-1994 году
[Waste Not #346, Sept. 1995]

Флорида	4400 нг/нм ³
Гонолулу	5900 нг/нм ³
Мэриленд	5884 нг/нм ³
Мичиган	3254 нг/нм ³
Огайо	12 998 нг/нм ³
Вирджиния	42 995 нг/нм ³

Учтите, что по теперешним европейским нормам выбросы в воздух не должны превышать 0,1 нг ТЭ/м³. Естественно, что сжигатели были закрыты или остановлены для переделки. Авторы исследования считают, что главную вину за такие массивные выбросы несут горячие электростатические фильтры, которые сами генерируют диоксины.

Примечание: Я думаю, что эти цифры (скажу еще раз — фантастически огромные!) показывают общий, суммарный, выброс всех диоксинов. Тогда для перехода к величине, выраженной в токсических эквивалентах ТЕQ, эти цифры надо разделить на эмпирический коэффициент, значение которого колеблется у разных авторов от 30 до 60. Я считаю, что коэффициент равен 50±10. Но даже если мы разделим данные по выбросам, приведенные в таблице на 100, то все равно, такие выбросы абсолютно не допустимы и правильно сделало ЕРА, что остановило эти сжигатели.

ПАУ

Полиароматические углеводороды (ПАУ) являются опасными канцерогенами. Выбросы этих соединений из МСЗ не достигают уровня самого грязного сжигателя — дизелей, но довольно близки к ним. Если учесть, что дизели (тяжелые грузовики) двигаются, а МСЗ стоят на месте и сжигают сотни тысяч тонн мусора, то опасность загрязнения воздуха ПАУ вблизи МСЗ становится реальной.

Таблица 4

Относительная канцерогенность различных ПАУ*

Соединение	Канцерогенный потенциал	Биоактивность
2-метилнафталин	0	ТР
Флуорантен	0	СС
2-Метилфлуорантен	+	С, ТI
3-Метилфлуорантен	?	ТI
Пирен	0	СС
Бенз[а]антрацен	+	ТI
Хризен	+	ТI
Бенз[с]фенантрен	+++	С
3-Метилхризен	+	ТI
5-Метилхризен	+++	С, ТI
7,12-Диметилбенз[а]антрацен	++++	С, ТI
Бенз[b]флуорантен	++	С, ТI
Бенз[j]флуорантен	++	С, ТI
Бенз[а]пирен	+++	С, ТI
Дибенз[а,h]антрацен	+++	С, ТI
Индено[1,2,3-cd]пирен	+	ТI
Бенз[ghi]перилен	0	СС
Пицен	+	ТI

*Таблица взята из *Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Inc. N.Y.Basel, 1983, которая приведена в очень полезной работе: Б.А.Руденко, Э.Б.Шлихтер "Полициклические ароматические углеводороды и их влияние на окружающую среду" ЦНИИТЭнефтехим. Серия Охрана окружающей среды. Вып.5.Москва, 1994*

Примечание. Условные обозначения: ? - неопределенно, 0 - неактивно, от + до ++++ - активный с разной степенью активности, СС - соканцерогенен с бенз[а]пиреном. ТР, ТI - соединения, способные вызывать опухоли разного характера, С - полный канцероген.

Особенно много ПАУ остается в шлаке МСЗ. Выше было сказано, что ООУ в шлаках может быть до 10 г/кг. Вряд ли кто видел шлаки не черного цвета — это и есть углерод. Распространенным заблуждением является утверждение проектантов МСЗ, что их шлаки такие чистые, что не представляют никакой опасности. Конечно это не так, Несмотря на высокие температуры органический углерод всегда содержится в шлаках, а состоит он из ПАУ, диоксинов и других токсичных веществ.

Таблица 5

Содержание ПАУ в твердых отходах МСЗ (мкг/г)

Загрязнение	Нидерланды		Канада	Англия
	Шлак	Летучая зола	Летучая зола	Летучая зола
Флуорен	145	40	<0,5-64	-
Фенантрен	245	120	-	-
Флуорантен	350	70	0,5-440	58
Пирен	470	155	0,5-120	49
Бенз[а]антрацен	105	25	-	171 (сумма)
Хризен	180	45	-	-
Бензофлуорантены	170	36	-	-
Бенз[а]пирен	60	10	0,14*	147*

Таблица составлена R. T. Williams in "Waste Incineration and the Environment". Ed. R. E. Hester and R. M. Harrison. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF. по данным A. Buekens, J. Schoeters, "Thermal Methods in Waste Disposal" EEC, Brussels, 1984. I. W. Davies et al. Environ. Sci. Technol. 1976, 10, 451. K. Olie et al. In "Chlorinated Dioxin and Related Compounds: Impact on the Environment" Ed. O. Hutzinger et al. Pergamon Press, Oxford, 1982, p. 227.

*) Сумма бенз[а]пирена и бенз[е]пирена.

Диоксины

И, наконец, самыми опасными из ПНС являются "диоксины": смесь полихлордибензо-парадиоксинов (ПХДД) и полихлордибензофуранов (ПХДФ). Это короли токсичности и бесспорные разрушители природы. О них отдельная лекция. Однако сразу надо сказать, что диоксины пропитывают все среды вокруг МСЗ.

Диоксины в трубе. Та часть диоксинов, которая попадает в трубу, почти целиком связана с частицами пыли. Это естественно, так как диоксины очень хорошо адсорбируются на любых материалах: их адсорбционная способность огромна. На рис. 4 хорошо видно, что эмиссия диоксинов из трубы прямо связана с пылью. Если вы внимательно рассмотрите таблицу выбросов диоксинов после модернизации МСЗ в Нидерландах, то увидите, что количество выбрасываемой пыли уменьшилось в 16 (!) раз.

Японские ученые исследовали волосы рабочих МСЗ и контрольной группы людей. Данные выражены в токсических эквивалентах TEQ, которые учитывают также и токсичные соединения ПХБ, как и диоксины, содержащиеся в выбросах МСЗ. Оказалось, что токсичность волос рабочих МСЗ в 3,7 раза выше контроля: 1,18:4,36. [H. Miyata et al. Organohalogen Compounds, 30, p. 154, 1996.] Аналогичный результат был получен и при анализе крови у рабочих МСЗ в США. Если волосы отражают загрязнение, идущее в организм, то загрязнение крови это и есть загрязнение самого организма. В крови рабочих МСЗ содержание диоксинов в токсических эквивалентах TEQ было на 30% выше, чем у контрольной группы: 16,6:21,9 пкг/г липидов [A. J. Schecter, et al. Med.Sci. Res. 1991, pp.331-332.].

Опасно ли это? Вот самые последние исследования, проведенные в Японии (*Dioxin'97*, v.32, p.155). Неподалеку от МСЗ (напомню, что японские МСЗ одни из лучших в мире) была выявлена зона с высокими показателями смертности от рака. Изучение загрязнения диоксинами окрестностей завода показали, что в зоне до 1,1 км к югу от завода из 57 умерших в течение

1985-95 гг., 24 умерли от рака (42%), а в зоне от 1,1 до 2,0 км из 167 умерших только 34 умерли от рака (20%). Последняя цифра близка к средней для этого региона (25-28%). Тяжелые частицы, несущие диоксин выпадают как раз в зоне, прилегающей к трубе МСЗ, однако более мелкие частицы разносят диоксины по всей стране. Голландцы показали, что даже на расстоянии 24 км хорошо прослеживается диоксиновое загрязнение. Имеющиеся у нас МСЗ довольно грязные, так как построены еще тогда, когда о диоксинах и не слышали. Так летучая зола мурманского МСЗ содержит 2 нг/г, что на порядок выше западных МСЗ. Соответственно и выбросы в воздух должны быть на порядок выше. Содержание диоксинов в грудном молоке мурманских матерей (27,5 пкг ТЭ/г жира) во многом связано с работой этого завода, если в Мурманске построят еще один завод, ситуация резко ухудшится.

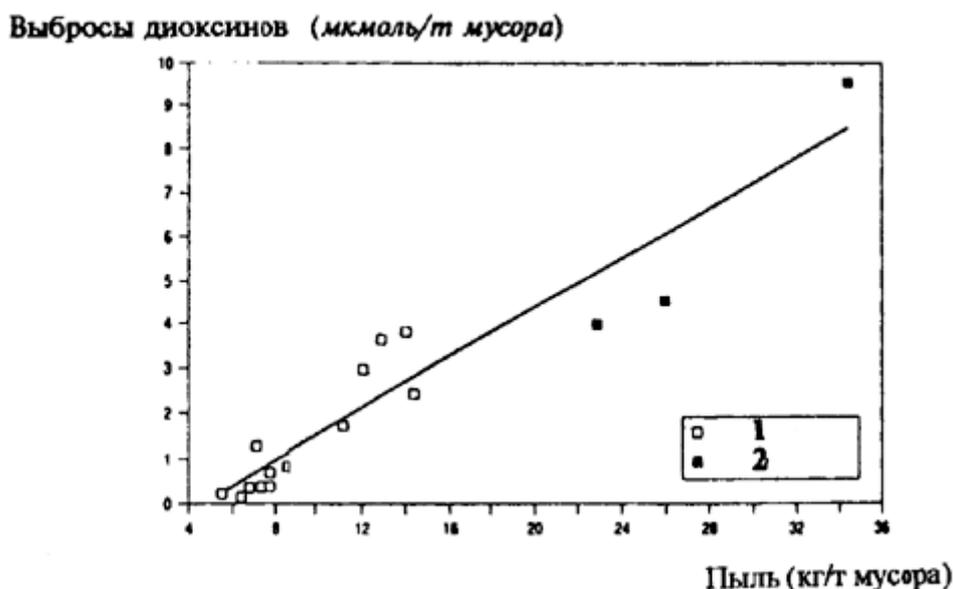


Рис.4. Связь между выбросами пыли и выбросами диоксинов

1. МСЗ в г.Квебек.
2. МСЗ в Вильмаре

Загрязнение твердых отходов

К таким отходам относятся шлаки, летучая зола и отходы с фильтров очистки воздуха. Мы уже неоднократно упоминали о загрязнении шлаков и летучей золы, поэтому коснемся только некоторых частных вопросов.

Шлаки

Нет никаких разумных оснований, ни экономических, ни экологических, для того, чтобы превращать три тонны мало токсичного мусора в тонну высоко токсичной золы.
Пол Коннет

Шлаков образуется около тонны на 3-4 тонны мусора. В тех сжигателях, в которых в печь добавляют известняк в качестве флюса, шлаков еще больше.

Предпринимаются самые разнообразные попытки использовать шлаки и золу МСЗ. Из них пытаются делать бордюрные камни, барьерные рифы и блоки для строительства, вводить их в асфальт и использовать для других дорожных покрытий. Наши умельцы предлагают делать из шлаков шлаковату для утепления зданий и керамзитоподобный материал для строительных работ. Фантазии их беспредельны.

Это удивительно для материала, который образуется при температурах не ниже 1000°C, но шлаки довольно токсичны (и наши разработчики МСЗ никак не могут в это поверить). Их токсичность складывается из токсичности ПАУ, диоксинов и неопознанных органических токсиантов и, кроме того, токсичных металлов. Конечно, шлаки менее опасны, чем летучая зола с фильтров, так из 11 образцов летучей золы разных МСЗ 9 оказались высоко токсичными, а та-

кая же проба для 16 образцов шлаков выявила только 2 токсичных образца, которые требовали захоронения как особо токсичные отходы.

Примечание. Стоимость захоронения обычного мусора (в среднем) 23 доллара за тонну, а опасных отходов 210 долларов за тонну! Следует учитывать, что диоксины относятся к весьма устойчивым токсикантам и все эти бордюрные камни и плиты из шлаковаты будут токсичными многие десятилетия и отравка достанется не только нашим внукам, но и пра-правнукам.

Теперь о металлах в шлаках. Вот данные одного исследования, проведенного Фондом защиты окружающей среды [R. Denison "Ash utilization: an idea before its time?" *Environmental Defense*. 1989].

Таблица 6

Содержание семи токсичных металлов в блоках из цемента, блоков с добавками летучей золы и блоков с добавлением смеси летучей золы и шлаков МСЗ

	Блоки с летучей золой	Блоки со шлаком и летучей золой	Обычные цементные блоки	Портланд-цемент
Цинк	18618	4482	53	29
Свинец	7278	5137	4	1
Медь	606	4668	13	9
Никель	78	109	47	18
Хром	190	146	31	38
Кадмий	731	44	0.26	0.04
Мышьяк	73	5	33	2

"Зеленые" Америки и Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) находятся в остром конфликте из-за оценки токсичности этих смешанных блоков. Суть конфликта в том, что EPA, которая все-таки ближе к промышленникам, чем к "зеленым", утверждает, что при тщательном контроле смешанные блоки безопасны. Главный аргумент "зеленых" состоит в утверждении, что хоть через сто лет, но токсичные металлы будут выброшены в окружающую среду. Они напоминают, что те, кто красил стены и окна свинцовым суриком десятки лет назад, давно уже умерли, а теперешние жильцы таких домов вынуждены соскребать ядовитую краску, чтобы сохранить здоровье своих детей. Это аргумент чисто экологический и его невозможно опровергнуть. Но людей, к сожалению, больше волнуют сиюминутные беды. Такая беда в том, что токсичные металлы могут вымываться дождями из блоков. Именно здесь и находятся корни конфликта с EPA. Эта организация опубликовала методику определения вымывания металлов из блоков. Методика хорошая, но в ней указана определенная кислотность вымывающей воды. При такой кислотности металлы практически не вымываются и, следовательно, блоки могут использоваться в строительстве и пр. Однако хитроумные "зеленые" ученые усомнились в правильности выбранной величины кислотности и показали, что при ее изменении, что всегда возможно "по метеоусловиям", металлы начинают вымываться в таком количестве, который, по правилам самого EPA, считается опасным. Спор идет...

"Летучая зола"

На рис. 5 хорошо видно, что диоксины (как мы уже говорили) образуются вновь (*de novo*) в зоне охлаждения, часть из них попадает в летучую золу (технический термин "зола уноса"), а часть улетает в трубу, к нам. Зола уноса это та пыль, которая осаждается на фильтрах. В ней содержатся не только диоксины, но и еще множество опасных веществ. Подробное исследование токсичных свойств летучей золы (ЛЗ) было проведено в Нидерландах [Th. Helder, E. Stuttrheim, K. Olie. *Chemosphere*, Vol. 11, No. 10, pp.952-972, 1982].

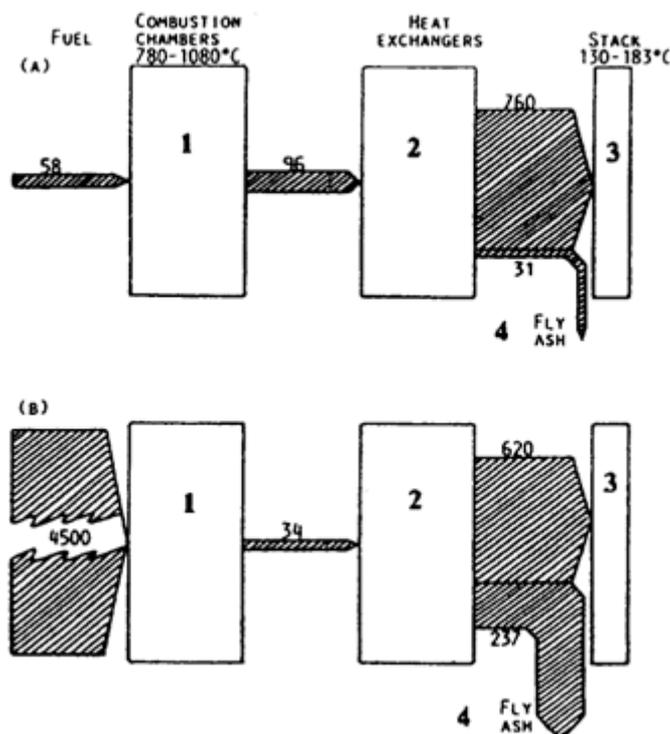


Рис.5. Образование диоксинов в зонах охлаждения отходящих газов МСЗ*

*Из статьи: *B. Commoner et al., Waste Manage. Res., 1987, 5,327. Баланс дан в мкг/час.*

Условные обозначения:

- А. Полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД).
- В. Полихлорированные дибензофураны (ПХДФ).
- 1. Печь сжигания.
- 2. Теплообменник.
- 3. Отходящие газы.
- 4. Летучая зола(унос).

Вы и сами можете провести этот опыт: в аквариум с мальками радужной форели (почему-то токсикологи любят проводить испытания на этих рыбках) было добавлено некоторое количество ЛЗ или экстрактов ее. На рис. 6 видно, что спустя два месяца погибло 100%. При этом они вовсе не все время были в этой отравленной воде, а только 4 дня, после чего аквариумы промыли чистой водой. Авторы указывают, что экстракт золы оказался крайне токсичным, и по их расчету в золе было 75-125 нг/г токсических эквивалентов диоксинов. Из самой золы в воду диоксины почти не переходили, что естественно, так как они в воде растворяются крайне плохо. Из этого опыта, а таких исследований было не мало, был сделан вывод: Летучая зола весьма токсична и токсичность ее только частично связана с диоксинами. Иными словами, наряду с медленно действующими диоксинами, в ЛЗ содержатся сильные канцерогены. Эти опыты и предопределили отношение к ЛЗ как к токсическому продукту. Однако, отвозить ее на спецполигоны для токсичных веществ очень дорого, поэтому предпринимаются усилия по изготовлению из нее или из смесей с ЛЗ различных строительных изделий, асфальта, бетона и т. п. В таблице 6 было показано содержание токсикантов в ЛЗ и изделиях, в которых применена ЛЗ. А в таблице 7 общее содержание металлов в ЛЗ, полученной на угольных тепловых станциях и на МСЗ. Такие сравнения обычно проводят для того, чтобы показать, что угольные ТЭЦ еще хуже МСЗ, однако мощные ГРЭС строят вдали от городов и вблизи мест добычи угля, а МСЗ — вблизи мест образования мусора, около нас.

Сравнение выбросов металлов с золой уноса при сжигании угля на тепловых электростанциях и мусора на МСЗ* (мг на кг топлива)

Металл	МСЗ	Угольная электростанция
As	180	490
Ba	2100	1900
Be	4	30
Cd	500	30
Cr	650	370
Co	140	40
Cu	1450	300
Pb	20 000	2100
Hg	>130	5
Sr	290	1800
V	160	850
Zn	48 000	2800

*Таблица взята из A. Buekens, J. Schoeters, "Thermal Methods in Waste Disposal" EEC, Brussels, 1984.

Примечание. Загрязняющая способность МСЗ очевидна, но для правильной оценки мощности выбросов в данной местности необходимо учитывать и количества сжигаемых материалов — угля и мусора. Уголь тоже довольно грязное топливо.

Загрязнение воды

Связывание диоксинов на частичках происходит не только в воздухе, аналогичная картина и в воде. В Англии, к северу от Бирмингема работал сжигатель опасных отходов (фирма *Coalite Chemical*). В 1991 году в молоке коров на трех фермах были обнаружены опасные количества диоксинов и продажа молока с этих ферм была запрещена. Обследование района показало, что диоксины накопились не только в почве вокруг сжигателя, но и по фарватеру реки *Doe Lea*. Даже на расстоянии 1,5 км от места сброса сточных вод были найдены высокие концентрации диоксинов. (Waste Not, #187, March 1992).

Расстояние от выпуска сточных вод	Концентрация в токсических эквивалентах, нг/г донных отложений	
	Диоксины	Фураны
1 км выше выпуска	0,02	0,003
40 м выше выпуска	0,03	0,004
40 м ниже выпуска	13,0	12,0
1,2 км ниже выпуска	79,0	5,7
1,5 км ниже выпуска	97,0	9,4

Наше исследование донных отложений *Северной Двины* показало, что выброс диоксинов после целлюлозно-бумажных комбинатов распространяется на десятки и даже сотни километров, хотя, как я уже сказал, в чистой воде они растворимы плохо, но на частичках илов их может быть очень много.

**Суммарная смертность мальков
после 4 дней пребывания в отравленной воде**

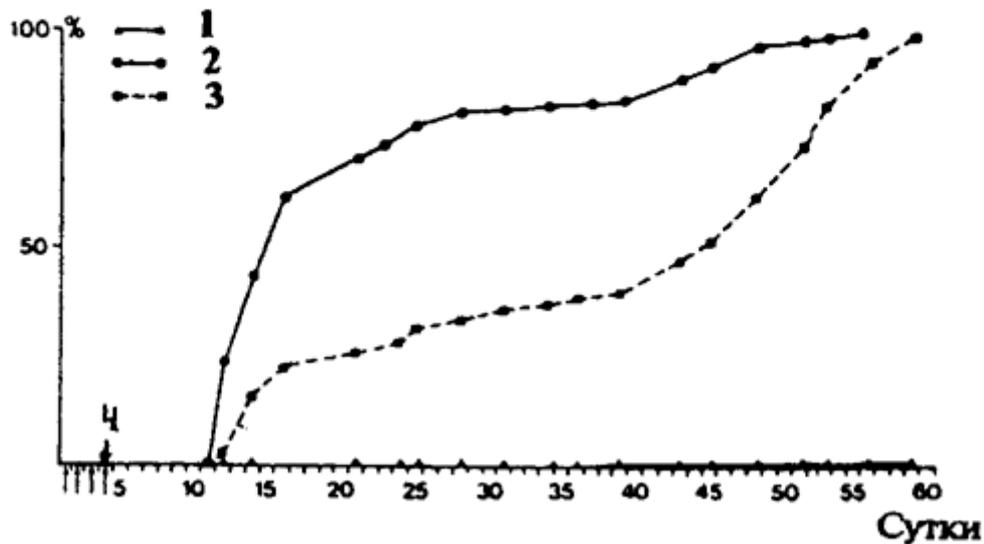


Рис.6. Опыты с мальками радужной форели и летучей золой МСЗ.
Из статьи: Th. Helder, E. Strutttrheim, K. Olie. *Chemosphere*, Vol. 11, #10, pp. 952-972, 1982.

1. Контроль.
2. Неочищенный экстракт летучей золы.
3. Очищенный экстракт летучей золы.

Так они погибали:



1. Гидроцефалия мозга.
2. Некроз плавников.

Но откуда же идет загрязнение воды? Что является источником загрязнения сточных вод? Первым источником загрязнения является вода для охлаждения шлака, который образуется при сжигании мусора. Шлак содержит много тяжелых и токсичных металлов. На рис. 3 видно, что если металл не летуч, то он уходит в шлак, а если летуч, то попадает и туда и сюда, а если это ртуть, то искать ее надо в отходящих газах.

Другим источником являются скрубберы для улавливания кислых газов, после охлаждения газов при выходе из печи и вода для смыва осадков с фильтров. Все эти воды весьма токсичны и требуют специальной очистки. Именно эти воды загрязнили речку *Doe Lea* в Англии, так как этот сжигатель уничтожал только жидкие токсичные отходы и не имел шлаков.

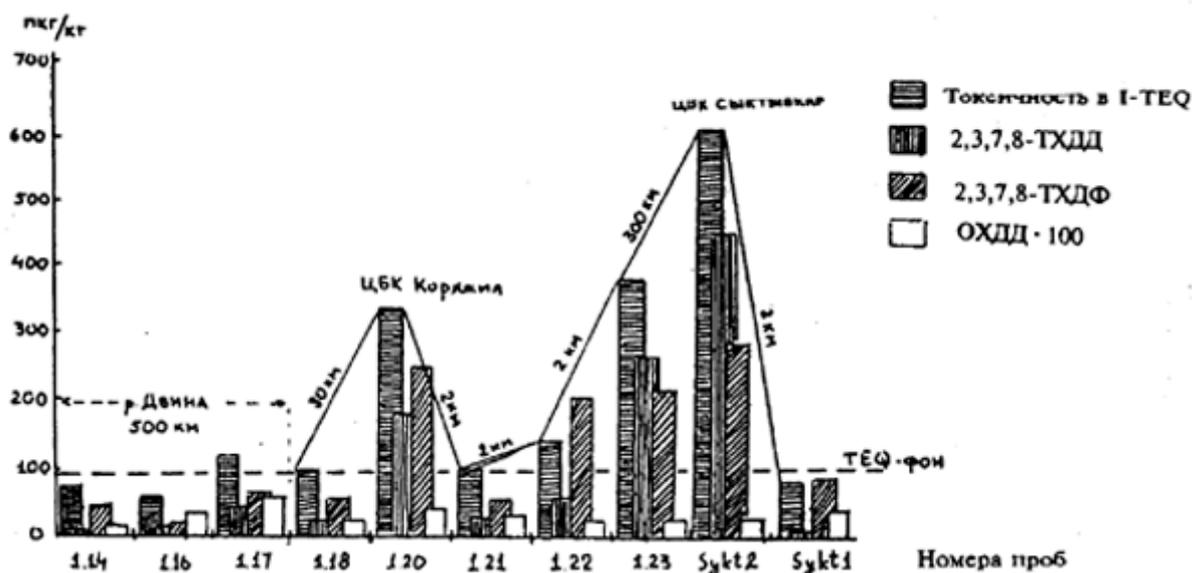
В таблице 8 приведены результаты работы кислых скрубберов. Хорошо видно, что оксиды азота и угарный газ вообще не задерживаются в этих очистителях.

Типичный состав отходящих газов МСЗ до и после промывки в скруббере

	Газ до скруббера	Газ после скруббера, мг на кубометр
Вода	10-18 % по объему	
Углекислый газ	6-12% по объему	
Кислород	7-14% по объему	
Пыль	2-10 грамм/м ³	20-30 (снижение в 1000 раз)
Хлористоводородная кислота (HCl)	250-2000 мг/м ³	10-30
Фтористоводородная кислота (HF)	0,5-9 мг/м ³	0,5-2
Сернистый газ (SO ₂)	200-1000 мг/м ³	200-300
Окислы азота (NO _x)	100-400 мг/м ³	100-400
Угарный газ (CO)	50-100 мг/м ³	50-100
Общий органический углерод (то есть все иные органические вещества в пересчете на углерод)	<20 мг/м ³	<20

Таблица взята из "Review of Municipal Solid Waste Incineration in UK", 1991. and L. Barniske, Waste Manage. Res., 1987, 5, 347.

Сточных вод в среднем образуется 2,5 м³ на тонну сжигаемых отходов. Эта вода сильно загрязнена солями и токсичными металлами (Таблица 9). Она всегда либо сильно щелочная, либо сильно кислая, и то и другое плохо, так как требует специальной обработки. В тех сжигателях, где нет отбора тепла для получения энергии, в горячие газы впрыскивают воду, которая полностью испаряется и с газами попадает на очистные фильтры, а оттуда в сборник сточной воды.



Кроме загрязненной воды — отходов МСЗ, существует еще одна опасность, связанная с водой, промывающей шлаки, вывезенные на свалки. В этой воде оказалось много не только токсичных металлов, но и опасные количества ПАУ [I. W. Davies et al. *Environ. Sci. Technol.*, 1976, 10, 451].

Таблица 9

Содержание загрязнений в сточных водах МСЗ (мг/л)

Загрязнение	Вода из скруббера отходящих газов	Вода охлаждения шлаков
pH	0,95	8,8
Cl	12900	1540
SO ₂	502	590
F	52	1,7
Cr	0,69	0,10
Cu	1,28	0,26
Ni	3,7	0,25
Zn	14,1	1,8
Cd	0,46	0,15
Pb	6,8	0,80
Hg	6,6	0,038

Таблица взята у V.Ozvacic et al. *J. Air Pollut. Control Assoc.*, 1985, 35, 849.

Эффективность государственного регулирования

Для того чтобы представить себе влияние государственного регулирования при выдаче разрешений на строительство и функционирование заводов по сжиганию мусора, полезно сопоставить две таблицы, приведенные ниже. В первой показаны выбросы из МСЗ в Нидерландах до принятия государственного плана по ограничению газовых выбросов "*Директива по сжиганию 1989*". Указано состояние на 1990 год, то есть на начало работ по перестройке заводов и очистных сооружений на них, которое началось с 1985 года после принятия соответствующего правительственного решения. В 1990 году выбросы диоксинов (полихлорированных дибензо-парадиоксинов, ПХДД и полихлорированных дибензофуранов, ПХДФ) составили 611 грамм (в токсических эквивалентах I-TEQ) в год или 79% от суммы всех выбросов в стране. За 5 лет, прошедших после введения "*Директивы по сжиганию 1989*" в 1990 году, 4 завода из 12-ти работавших было закрыто, а остальные переоборудованы таким образом, чтобы они соответствовали нормам этой *Директивы*. На переоборудование было потрачено несколько миллиардов голландских гульденов. В результате в 1995 году выбросы диоксинов уменьшились больше, чем на 99% и составили всего 4,1 грамма за год или 4-7% от суммарных выбросов диоксинов. Иными словами МСЗ перестали быть главным источником диоксинов в Нидерландах, что позволяет перенести внимание правительства на другие "главные" источники. Из таблиц хорошо видно, что одновременно резко снизились и все остальные выбросы: пыль почти в 20 раз; HCl в 110 раз (!); CO в 7.5 раз; SO₂ в 13 раз; NO_x почти в 3 раза и т. д.

Практические результаты такого резкого сокращения выбросов диоксинов не заставили себя ждать. По самым последним данным [P. F*rst, K. Wilmer *Dioxin'97 1997*, v.33, p. 116-121] ежедневное попадание диоксинов с пищей снизилось с 127.3 пикограмм (в токсических эквивалентах) на человека в день (около 2 пкг/кг/день) в 1989 г. до 69.6 пкг на человека в день (около 1 пкг/кг/день) в 1996 году, то есть на 50%. Аналогично уменьшилось и загрязнение грудного молока кормящих матерей: дневное поступление диоксинов с грудным молоком снизилось с 163 пкг/кг веса ребенка в 1989 г. до 68 пкг/кг веса в 1996 году, то есть в 2.4 раза. Это огромное

достижение Европейского Сообщества в области защиты человека и окружающей среды от диоксинов.

Таблица 10

Состав выбросов от МСЗ в Нидерландах в 1990 году

Компонента выбросов	Эмиссия от МСЗ		Вклад выбросов от МСЗ в суммарный выброс в Нидерландах в %
	тонны/год	г/тонну мусора	
пыль	772	240	0.7
HCl	8047	2500	91
HF	46	14	3
CO	3216	900	0.3
C _x H _y (на CH ₄)	148	50	< 0.1
SO ₂	3004	940	1.5
NO _x (на NO ₂)	5737	1800	1.0
TM ¹⁾	43	13	5 ²⁾
Cd	0.845	0.26	44
Hg	1.733	0.54	53
ПХДД/ПХДФ (I-TEQ)	0.000611	0.00019	79

Примечания:

1) Тяжелые металлы: Pb, Zn, As.

2) Сумма тяжелых металлов: Sb, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn.

Таблица 11

Состав выбросов от МСЗ в Нидерландах в 1995 году

Компонент выбросов	Эмиссия от МСЗ		Вклад выбросов от МСЗ в суммарный выброс в Нидерландах в %
	т/год	г/тонну мусора	
пыль	44	15	0.1
HCl	73	25	8
HF	4	1	0.3
CO	428	145	< 0.1
C _x H _y (на CH ₄)	40	14	< 0.1
SO ₂	230	78	0.1
NO _x (на NO ₂)	2037	690	0.4
TM ¹⁾	5	2	0.6 ²⁾
Cd	0.154	0.05	13
Hg	0.193	0.07	11
ПХДД/ПХДФ (I-TEQ)	0.0000041	0.000001	4-7

Таблицы взяты из статьи: Jan G. P. Born *Organohlorine Comp. (Dioxin'96)* 1996, v. 27, p.46-49.

Примечания.

- 1) Тяжелые металлы: *Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn, As, Co, Ni, Se, Te.*
- 2) Грубая оценка для 1995 г., основанная на данных о выбросах в 1993 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мне кажется, что я в этой лекции довольно полно показал не только опасность МСЗ, но их неэффективность, неэкологичность и абсолютную экономическую неприемлемость для любого местного бюджета. Но хотелось бы как-то подтвердить эти выводы. По счастью подвернулся хороший пример, который показывает:

- a. Мусоросжигательные заводы действительно опасны;
- b. Мусоросжигательные заводы все-таки собираются строить.
- c. Высшее начальство все это прекрасно знает.

Вот эта история.

Амурная история или любовь чиновников к начальникам безгранична

Какие-то "зеленые" написали в самую зеленую газету возмущенное письмо: около них собираются построить МСЗ. Писем таких в разные организации поступает не мало, ответов на них не бывает. Но тут... Главный редактор разразился гневной статьей о предстоящей смертельной опасности для всех, кто живет по *розе ветров* и попадет под ядовитые диоксины. Но, главное — и здесь ключ всей интриги — в эту зону попадут не только простые люди, но (о, ужас!) и самые приближенные к Президенту начальники, так как понастроили они в этой зоне свои скромные бунгало.

Цитата: *По "розе ветров" от места размещения мусоросжигательного завода... лежат придушенные безработицей деревни, рабочие поселки и городки. И тысячи крепких дач и богатых коттеджей президентской, правительственной, финансовой знати и шоуменов. На этих дачах, в этих коттеджах живут семьи Президента и Премьер-министра Российской Федерации, вице-премьеров, министров, Генерального прокурора России и его заместителей, членов Конституционного и Верховного судов, хозяев богатейших финансово-промышленных групп, влиятельных уголовных авторитетов... Семьи людей, поднявшихся на вершины власти, бизнеса и криминала (sic!)...на их чувство самосохранения и упоает в первую очередь..."*

На призыв газеты тотчас откликнулись главные защитники природы в Москве и в Московской области и вообще в России (была этому делу отведена целая страница газеты!). Как это было хорошо читать, что ни о каком строительстве зловерного завода в этой зоне и речи быть не может! И только в отклике первого заместителя министра ничего не говорилось об угрозе городам и весям, а было только строгое указание на необходимость контроля при строительстве МСЗ. Оказалось, что это умолчание естественно связано с тем, что редакция привела не его мнение о ситуации, а его рекомендацию от лета 1996 г.

Из этой истории следует, что опасность МСЗ известна нашим природоохранным руководителям, и они не допустят их строительство в зонах проживания (см. цитату). В тех же местах, где начальства нет, строительство возможно, но под строгим контролем. Надо знать, где жить.

Руководителям природоохранных территориальных органов

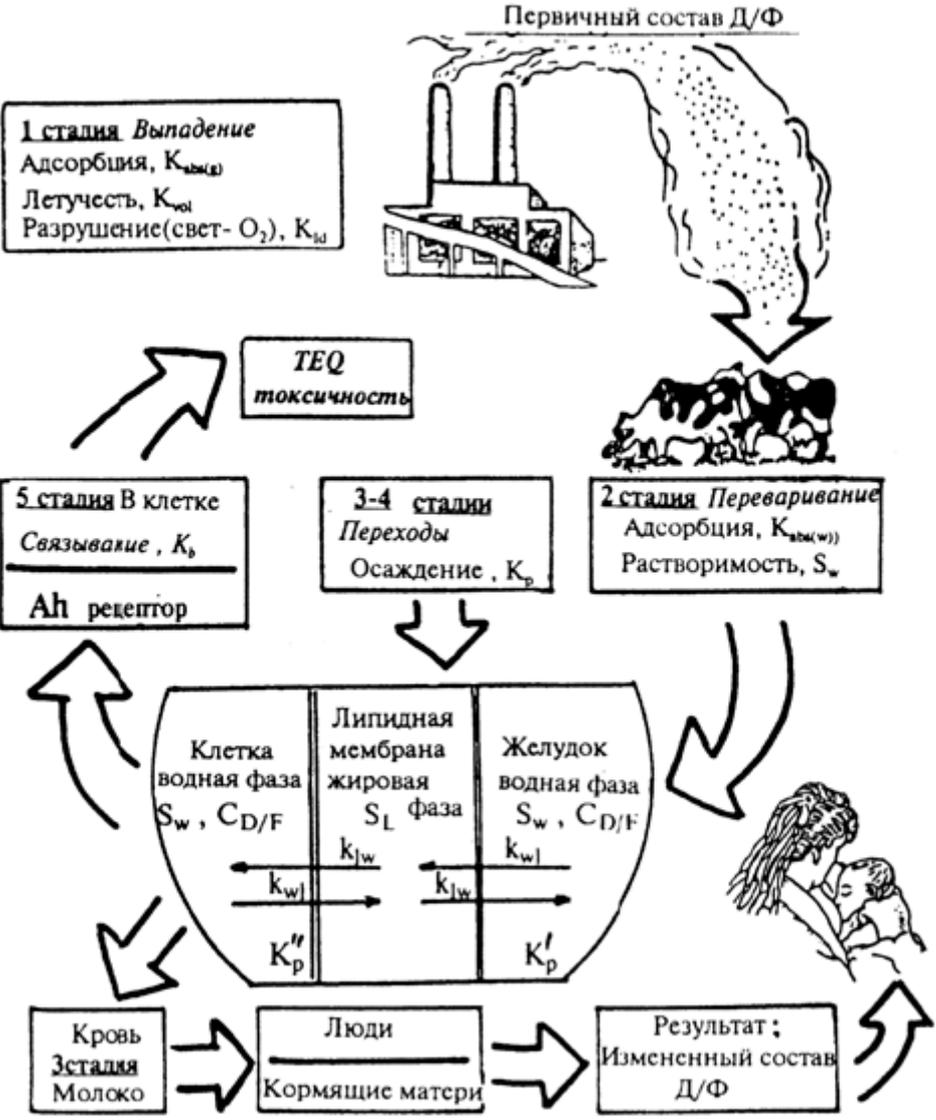
В настоящее время возникла угроза переноса иностранными фирмами на территорию Российской Федерации экологически опасных производств, технологий, сбыта морально устаревшего оборудования. Такая ситуация сопряжена с угрозой экологической безопасности нашей страны. Для решения проблемы уничтожения (утилизации) твердых бытовых отходов в регионах Российской Федерации возникает необходимость строительства мусоросжигающих предприятий. В связи с возможностью использования на них импортных технологий и оборудования Мин-природы России рекомендует следующее...

- 3). Органы государственного экологического контроля должны осуществлять контроль в процессе строительства и эксплуатации мусоросжигательных заводов.

Первый заместитель министра

№02-13/29-1289 от 5.05.96

РАСТВОРИМОСТЬ ДИОКСИНОВ В ВОДЕ И ИХ СУДЬБА



ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ АВТОРОВ ПРОЕКТОВ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

I. Раздел "Оценка воздействия на окружающую среду" (ОВОС)

Во многих проектах этот раздел составлен крайне небрежно, что приводит к возникновению конфликтов с населением. Оценка воздействия на окружающую среду подменяется, а зачастую и исчерпывается, рассмотрением структуры и уровней выбросов и сбросов.

а). Не рассматриваются альтернативные проекты. Это важнейшее требование либо полностью игнорируется со ссылкой на превосходные качества данного конкретного проекта, делая ненужным рассмотрение иных проектов, либо указанием на острую необходимость решения проблемы уничтожения мусора. Последний аргумент подразумевает в качестве альтернативного проекта текущее положение, что, очевидно, противоречит самой идее рассмотрения альтернативных проектов. И, наконец, при рассмотрении альтернативных проектов не оценивают экономические показатели. Нежелание проводить сравнительный экономический анализ вполне понятно, так как сжигание мусора всегда дороже его захоронения и авторы должны выдвинуть серьезные аргументы для оправдания удорожания уборки мусора.

Характерный пример. Стоимость строительства завода в Подмоскowie оценивалась в 80 млрд. руб. а вывоз мусора обходился городу в 2 млрд. руб. в год. На собрании горожан в качестве аргумента против строительства МСЗ было сказано, что 80 млрд. руб. хватит городу на 40 лет вывоза мусора. Результат: Строительство завода запрещено.

б). Неверно рассчитывается величина санитарной зоны. Все МСЗ относятся к опасным производствам, не ниже 2 категории опасности и различные обоснования для уменьшения санитарной зоны недопустимы. Обычным аргументом является ссылка на уникальную чистоту выбросов данного МСЗ "не имеющего аналогов за рубежом".

Характерный пример. Авторы предлагали установить размер санитарной зоны в 180 м. Это было связано с тем, что иначе в санитарную зону попадал военный городок. Аргументы авторов проекта: 1) военные не являются "жителями населенного пункта"; 2) выбросы завода настолько чистые, что это не принесет никакого вреда ни жителям, ни окружающей среде. Результат: Санэпиднадзор не дал разрешения на строительство МСЗ.

в). Отсутствует рассмотрение воздействия на окружающую среду - леса, воды и животный мир. Это нарушение особенно опасно при строительстве МСЗ в зонах лесов 1 группы, у границ заповедников и вблизи рек и озер.

Характерный пример. Из-за массовых протестов населения до сих пор не согласован землеотвод для строительства современного полигона для захоронения мусора во Владимирской обл. Протесты связаны с необходимостью вырубке участка водоохранного леса. МСЗ существенно более опасны, чем современные промышленные полигоны для захоронения мусора.

г). Не учитываются отдаленные последствия работы МСЗ. Это замечание относится к принятию рассчитанных низких уровней загрязнения (в долях ПДК) для обоснования безопасности данного МСЗ. Однако при рассмотрении отдаленных последствий влияния выбросов малоподвижных тяжелых металлов - свинца и кадмия, а также крайне устойчивых диоксинов, критерий ПДК не применим, так как эти вещества накапливаются в окружающей среде и по мере работы завода их уровень неотвратимо повышается.

Критерий ПДК для диоксинов совершенно не приемлем. Это следует из того твердо установленного факта, что не существует столь малой дозы диоксинов, которая была бы безопасной (U.S. EPA Health Assessment Document for 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds. EPA/600/WR-92/001c, August 1994). Допустимая суточная доза, установленная в России, составляет 10 пкг/кг веса/день, американская норма - 6 фемтограмм на килограмм веса в день. Эти нормы установлены от бессилия, так как уже имеющееся загрязнение диоксинами в западных странах столь высоко, что эти нормы легко перекрываются. Основные загрязнители природы диоксинами - МСЗ. В России их пока очень мало и, соответственно, фоновый уровень загрязнения ниже западного.

Характерный пример. В результате многолетней работы сжигателя мусора в Роттердаме (Нидерланды) в радиусе до 30 миль от него загрязнение коровьего молока достигло такого

уровня, что его продажа и потребление были запрещены. Высокий уровень содержания диоксинов в отходящих газах на сжигателе в Цаанштаде привел к заражению прилегающей территории, превышающее среднее загрязнение в Нидерландах в 50-100 раз. Результат: завод в Цаандштадте закрыт (и еще 3 завода), остальные заводы Нидерландов затратили миллионы долларов на переоборудование систем очистки газов.

В Польше два МСЗ, выбрасывавшие диоксины на уровне 15-23 нг ТЕQ/м³ остановлены. Аналогичные примеры есть и в Англии.

Учет чрезвычайной стойкости диоксинов. Каким бы малым не был выброс диоксинов, они на десятилетия останутся в окружающей среде. Именно поэтому вокруг даже самых лучших сжигателей, полностью удовлетворяющих НЕС, создается отравленная зона. Она очень хорошо выражена в радиусе до 1,5 км вокруг трубы сжигателя, а при его многолетней работе эта зона охватывает до 30 км. В ближней зоне выпадают крупные аэрозольные частицы, а мелкие могут распространяться на десятки километров. В Голландии было проведено прямое измерение содержания диоксинов в воздухе от трех сжигателей мусора (МСЗ) на расстоянии 1 км и 24 км. Снижение концентрации диоксинов в воздухе произошло меньше, чем в три раза - от 0,6 пкг/м³ до 0,24 пкг/м³ на расстоянии 24 км от источника диоксинов (van Jaarsveld J.A./ Onderlinden D. RIVM nr. 738473007, juni 1989). Абсолютно все исследования в разных странах показали четкое ухудшение здоровья населения и особенно детей в зонах вокруг МСЗ.

Диоксины не исчезают из окружающей среды десятилетиями. В Южном Вьетнаме в местах отравленных диоксином они и сейчас детектируются почти в тех же количествах, что и после обработки Оранжевым реагентом 25 лет назад, и до сих пор влияют на животных мир, растительность и здоровье людей.

Именно поэтому не существует таких технических решений при сжигании неразделенного мусора, которые не наносили бы непоправимого ущерба природе и здоровью людей.

II. Системы загрузки мусора

Мусор должен взвешиваться и, хотя бы частично, сортироваться.

В настоящее время, особенно в больших городах, в мусор попадает много алюминия, если его не отделять, от при одновременном попадании значительного количества алюминия в зону горения, возможен тепловой взрыв.

Бункер для хранения резервного запаса мусора, необходимого для ритмичной работы МСЗ, представляет собой объект повышенной опасности. Хранение мусора в течение многих дней и, даже, недель помимо нарушения санитарно-гигиенических условий труда, приводит к появлению взрывоопасного метана. Правильная конструкция бункера (если он вообще необходим) должна предусматривать

а) разгрузку через низ бункера, что позволит избежать длительного хранения мусора;

В тех случаях, когда авторы не находят технического решения для разгрузки мусора через низ бункера, необходимо предусмотреть полную очистку бункера не реже, чем раз в неделю.

б) мощную принудительную вентиляцию мусора, чтобы предотвратить создание взрывоопасной концентрации метана;

в) воздух после бункера должен поступать в печь сжигания, а не выбрасываться в трубу.

Характерный пример. В одном из проектов предлагалось загружать печь с помощью грейферного крана, то есть за один раз в печь загружалось более 100 кг влажного горючего. По мнению специалистов это должно было привести к неравномерному горению и нестабильной работе всех систем печи. Авторы проекта заявили, что у них неравномерности не будет, но это их "ноу-хау". Результат: замечание было внесено в отрицательное заключение.

III. Печь сжигания

Согласно нормативам Европейского Союза (НЕС) геометрия горячей зоны сжигателя должна обеспечивать пребывание газов в зоне с температурой не ниже 850 °С в течение не менее 2 секунд (правило 2 сек) при концентрации кислорода не менее 6%. Следует заметить, что

это очень жесткое требование и выдержать его непросто. Особенно трудно добиться высокого содержания кислорода в зоне горения.

У авторов проектов имеются два очень серьезных заблуждения.

1). Представление о том, что соблюдение правила "2 секунд" означает полное уничтожение диоксинов при выполнении этого требования. Это совершенно не соответствует действительности. Требование "2 сек" подразумевает, что в этих условиях концентрация диоксинов в отходящих газах будет приемлемой для их очистки до требуемых $0,1 \text{ нг/м}^3$ (при 11% кислорода в газах). При этом подразумевается, что степень очистки будет не ниже "шести девяток", то есть 99,9999%.

2). Убеждение, что при высокой температуре "все сгорит". Ошибочность его очевидна. Однако авторы проектов не учитывают особого свойства диоксинов - способность к новому синтезу в холодной зоне. Незнание этого факта побуждает вводить в проекты дополнительные зоны с высокой температурой, зоны "дожигания". Эти зоны совершенно бесполезны для снижения концентрации диоксинов в отходящих газах.

Пояснение. Вопрос о полезности "дожигания" при высоких температурах, довольно широко обсуждался в литературе. Подавляющая часть данных свидетельствует о неэффективности этого метода уменьшения концентрации продуктов неполного сгорания (ПНС). К ПНС относятся и диоксины. В работе Коммонера (Commoner B. at al. Waste Management and Research 5:327-346, 1987) и Хагенмайера (Hagenmaier H. at al. ibid. 5:239-250, 1987) сообщается, что при обследовании мусоросжигательных печей было показано, что диоксины образуются в процессе сжигания и что образование происходит в зоне охлаждения и что поэтому повышение температуры при сжигании не приводит к деструкции диоксинов. Еще в 1987 году Тренхольм и Турнау показали, что выбросы 15 токсических веществ (ПНС) из разного рода печей сжигания не улучшаются при изменении температуры от 700 до 1500С, при изменении времени пребывания газов в печи от 2 до 6 секунд и изменении концентрации кислорода от 2 до 15% (Trenholm A. and Thurnau R. Proceedings of the Thirteen Annual Research Symposium. Cincinnati, OH: U.S. EPA Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, EPA/600/9-87/015, July 1987). И, наконец, высокие температуры приводят к увеличению летучести компонентов, что имеет следствием увеличение выбросов опасных металлов.

Таким образом метод уменьшения концентрации опасных веществ путем "дожигания", не имеет обоснования, и не способен хоть сколько-нибудь снизить общие выбросы ПНС и тяжелых металлов.

IV. Очистка отходящих газов

а). При оценке качества очистки газов следует руководствоваться принятыми в РФ нормами Европейского Союза (НЕС).

Характерный пример. В одном из проектов (аналог Пятигорского и Крымского МСЗ) были запроектированы приведенные в таблице выбросы (мг/м^3).

Вещество	Концентрация в дымовых газах завода	НЕС	Превышение (раз)
Пыль	30	5	6
СО	100	50	2
SO ₂	300	40	7,5
NO _x (NO ₂)	350	70	5
HCl	30	10	3
HF	2	1	2
С (орг.)	20	10	2
Тяжелые металлы (Cd + Hg)	0,2	0,1	2
Остальные	6	1	6

В таблице вообще не указаны выбросы диоксинов, вопрос о которых является краеугольным камнем при оценке эффективности любого МСЗ. По НЕС содержание диоксинов в отходящих газах (в расчете на 11% кислорода при нормальных условиях) должно быть не выше $0,1 \text{ нг/м}^3$.

Очевидно, что указанный в таблице уровень выбросов токсичных веществ совершенно недопустим. Результат: Проект завода был отклонен.

б). Структура очистных сооружений. Основная ошибка проектантов очистных сооружений состоит в том, что они не четко представляют себе факторы, влияющие на снижение выбросов диоксинов. Хотя большая часть образовавшихся диоксинов адсорбирована на частицах летучей золы и снижение запыленности снижает загрязнение газов диоксинами, однако после прохождения горячих электростатических фильтров количество пыли снизится, а концентрация диоксинов может увеличиться. Реально снижают содержание диоксинов в газах только угольные фильтры, на которых диоксины необратимо связываются, и специальные каталитические дожигатели, объединенные с дожиганием NO_x . Именно в силу трудностей улавливания диоксинов очистные сооружения современных заводов стоят так дорого.

Характерный пример. Очистные сооружения проектируемого завода включали угольный фильтр, который должен был работать только в особых ситуациях. Однако все остальные фильтры не могли снизить содержание диоксинов в газах. Результат: проект завода в этой части был переделан, что привело к удорожанию проекта и к увеличению количества подлежащих захоронению опасных отходов.

в). Закалка отходящих газов. Распространенным заблуждением является представление о том, что резкое охлаждение отходящих газов ("закалка") будет снижать образование диоксинов. Истинная закалка подразумевает снижение температуры на многие сотни градусов за доли секунды, чтобы заморозить положение термодинамического равновесия при высокой температуре. Это трудно достижимо в реальных условиях МСЗ. Но даже, если бы авторам проекта и удалось бы заморозить горячую смесь газов, снижения концентрации они бы не добились, так как "новые" диоксины образуются не в парах, а на поверхности частичек золы уноса.

Типичная схема "закалки"

Дымовые газы с температурой более $850 \text{ }^\circ\text{C}$ поступают либо в камеру впрыска воды, либо в котел-утилизатор, где охлаждаются до приблизительно $320 \text{ }^\circ\text{C}$. В журнале *Chemosphere*, 1987, 16, - 8-9, р. 336-343, авторы указывают наиболее благоприятные условия для образования диоксинов - интервал $300\text{-}400 \text{ }^\circ\text{C}$. Это именно те температурные условия, в которых остывают газы в котле-утилизаторе до начала очистки. Если учесть, что образование вторичных диоксинов может начинаться при температурах ниже $700 \text{ }^\circ\text{C}$ (температуры начала их распада), а по данным Управления по охране окружающей среды США (U.S. EPA Background Document for The Development of PIC Regulations From Hazardous Waste Incinerators. U.S. EPA Office of Solid Waste, October 1989) эксперимент указал нижний предел такого образования от 250 до $350 \text{ }^\circ\text{C}$, то очевидно, что котел-утилизатор в рассматриваемой схеме является идеальным реактором для образования вторичных диоксинов. Если отходящие газы содержат мало кислорода, а НЕС требуют не меньше $6\% \text{ O}_2$ в газах во время сжигания, то характеристики этого реактора для производства вторичных диоксинов сильно улучшатся.

г). Основные устройства для очистки газов, принятые на современных МСЗ (МСЗ в городе Алкмаар, Нидерланды).

1. Электростатический фильтр
2. Разбрызгиватель воды (испарение загрязненной воды)
3. Еще один электростатический фильтр
4. Скруббер для поглощения кислых газов (1 стадия)
5. Скруббер с раствором щелочи (2 стадия)
6. Обработка сточных вод после скрубберов (нейтрализация, флокуляция и осаждение). Очищенная вода поступает в разбрызгиватель (2).
7. Теплообменник
8. Реактор с дополнительным вводом активного угля

9. Пылевые фильтры
10. Разогрев газов перед каталитическим дожигом окислов азота
11. Реактор подавления NO_x (с вводом NH_3) Этот реактор теперь соединяют и с каталитическим дожигом диоксинов.

V. Экологический подход

Принципиальным является экологическая оценка сжигания неразделенного мусора и, соответственно, строительства заводов для этой цели.

Экология не есть сумма мер по охране окружающей среды. Более того, охрана окружающей среды это только одна из частей прикладной экологии. С точки зрения основного принципа экологии - сохранения дома, в котором мы живем, сжигание неразделенного потока "мусора" есть действие анти-экологичное. Мы безвозвратно уничтожаем вещества, которые были изъяты у природы, что недопустимо при глобальном подходе к проблеме.

Однако строительство таких заводов-сжигателей крайне вредно и с гуманитарной, социальной точки зрения, так как работа такого завода требует стабильного потока ТБО, как по количеству, так и по составу, это основа работы любого промышленного предприятия.

Таким образом такие заводы (и их владельцы) консервируют сложившуюся в городах ситуацию с мусором и будут противиться любому изменению в методах утилизации мусора.

Характерный пример. В общем составе ТБО горючие бумага и картон составляют 14,6-17%. Очевидно, что, если сознательные граждане, организуют сбор макулатуры, завод останется без топлива и для сжигания должен будет использовать газ, что существенно удорожит уничтожение мусора. Результат: Большой завод в Румынии был остановлен именно по этой причине - надо было платить за газ, так как ТБО содержали мало макулатуры и не горели.

VI. Токсичность шлаков и летучей золы

В силу экспериментальности завода авторы не имеют возможности определить санитарно-гигиенические характеристики шлака и летучей золы. Шлак и летучая зола, получаемые на обычных МСЗ, высоко токсичны и авторы обязаны проверить их токсичность при сжигании реальных ТБО. В некоторых проектах предлагается использовать шлаки для производства цементных изделий или для производства технических стекол. Если использование в стеклах, по видимому, не вызывает возражений, то вопрос с цементными изделиями более сложен. В настоящее время имеются спорные данные о таком способе утилизации, связанные с тем, что при изменениях показателя кислотности среды (рН) может начаться вымывание тяжелых токсичных металлов. Летучая зола весьма токсична и использовать ее крайне опасно. На современных заводах ее захоранивают на спецполигонах.

VII. Аварийные ситуации и остановки завода

Обычно авторы считают свой проект весьма надежным и не рассматривают аварийные ситуации.

К аварийным ситуациям можно отнести:

- взрывы в горячей зоне;
- прогар стенок зоны дожига или пода печи;
- аварийная остановка сжигания при авариях на воздуховодах или в связи с перебоями в подаче мусора или газа.

Согласно НЕС печь должна останавливаться автоматически при падении температуры в зоне горения ниже $850\text{ }^\circ\text{C}$.

Аварийная остановка приводит к резкому повышению выбросов диоксинов. Точно такое же повышение выбросов наблюдается и при начале работы печи, поэтому НЕС предусматривают начало сжигания мусора только после разогрева печи до $850\text{ }^\circ\text{C}$.