

Аналитический обзор по проблеме мусоросжигания: экологические аспекты

В последние годы увлечение мусоросжиганием, как способом уничтожения отходов, стало в России у структур, уполномоченных принимать решения в области обращения с отходами, почти повсеместным. «Почти» - потому, что в некоторых городах (Владимир, Кострома, Сыктывкар, Троицк, Нижний Новгород) эта идея отвергнута, однако, в 13 городах (Москва, Санкт-Петербург, Мурманск, Курск, Вологда, Смоленск, Екатеринбург, Челябинск, Казань, Черноголовка, Волгоград, Череповец, Саратов) приняты решения о строительстве мусоросжигательных заводов (МСЗ).

В основе таких решений, как правило, лежат несколько причин:

- Желание найти простое решение проблемы отходов
- Вера в то, что сжигание равнозначно безопасному уничтожению
- Слепое доверие заверениям «авторитетных» поставщиков импортных МСЗ о том, что системы очистки выбросов МСЗ обеспечивают улавливание 95 % или даже 99 % вредных веществ
- Отсутствие реальной, государственной экологической экспертизы

Другие причины можно не рассматривать в силу их относительной второстепенности. А экономическая целесообразность иллюзорна. По разным оценкам сжигание мусора дороже его размещения на свалках в разы (от 2 до 10 раз в зависимости от проекта МСЗ). «Сжигатели фантастически дороги по сравнению с другими способами переработки мусора» - такая оценка была опубликована в Wall Street Journal еще в 1993 году. Сосредоточимся на экологических аспектах такого решения.

Итак:

Ни в одном проекте МСЗ не приводится полный состав образующихся после сжигания веществ, то есть **материальный баланс горения**. А ведь только он дает надежную и достоверную информацию о составе и количестве образующихся вредных веществ. Поэтому утверждения, что системы очистки выбросов способны улавливать 95 % или 99 % вредных веществ абсолютно голословны. В лучшем случае они выдают желаемое за действительное. В реальности количество тревожных сообщений о поступлении в атмосферу и другие среды опасных веществ в районах расположения МСЗ растет, так же как и темп роста заболеваемости в самых опасных классах болезней. Доказательной базы обратного, к сожалению, не существует.

Ни в одном проекте МСЗ не делается сравнение **всех** выбросов, сбросов и остатков при сжигании отходов и при размещении их на свалках (полигонах). Даже поверхностный сравнительный анализ дает следующий результат: при сжигании образуются целые классы чрезвычайно опасных веществ – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), диоксины – смесь полихлордибензо-пара-диоксинов (ПХДД) и полихлордибензофуранов (ПХДФ), которые не образуются и не выделяются при хранении отходов на свалках (аварийные ситуации мы не рассматриваем, но надо иметь ввиду, что при их возникновении МСЗ становятся еще более опасными).

Для справки

ПАУ насчитывают десятки видов, из которых 13 – опаснейшие канцерогены сами по себе, а 5 - соканцерогенны с другими соединениями (см. табл.1). МСЗ являются буквально реакторами ПАУ, которые выбрасываются в атмосферный воздух и частично остаются в шлаке.

Диоксины – это вещества группы «суперэкоотоксикантов», сильнейшие канцерогены, мутагены и иммунодеструкторы, короли токсичности и бесспорные разрушители всего живого. Диоксины пропитывают среды вокруг МСЗ, поскольку их адсорбционная способность огромна. Голландские исследования показали, что даже на расстоянии 24 км от МСЗ хорошо прослеживается диоксиновое загрязнение. Финны в обязательном порядке (по государственной программе) проверяют коровье молоко на содержание ПАУ и диоксинов даже в северных районах, за сотни километров от возможных источников выбросов (см. табл. 2, 3).

Ни в одном проекте МСЗ не рассматривается **реальная** обстановка при рутинной, ежедневной работе завода, проектировщики исходят из теоретических предпосылок по составу мусора, по технологии горения, по очистке. В действительности все происходит гораздо хуже, чем предполагается в проекте – разделение мусора далеко не полное, технология горения далека от идеальной, система очистки совершенно не соответствует заявленным результатам. Например так, как описывает Neil Carman, 12 лет проработавший инспектором по МСЗ в США: испытания сжигателей (Trial Burns) не дают реальную картину, так как, во-первых, вместо сложных смесей, включающих полихлорированные соединения, обычно в сжигаемую смесь добавляют только четыреххлористый углерод; во-вторых, сжигатель во время испытания работает в идеализированных условиях (то есть показуха); в-третьих, всегда наблюдается так называемый «гистерезис» - явление, состоящее в том, что выбросы диоксинов после испытаний возрастают по неизвестным причинам (почти мистика); и, наконец, в-четвертых, (это уже крик души инспектора) после окончания испытаний и ухода инспекторов, операторы начинают работать спустя рукава, что приводит к резкому ухудшению работы сжигателя со всеми вытекающими последствиями.

Ни в одном проекте МСЗ не приводятся сравнительные данные о состоянии здоровья работников МСЗ и населения, проживающего в зоне воздействия МСЗ и других групп населения, и не даются доказательства того, что работа МСЗ не повлечет за собой отрицательных последствий для здоровья работников МСЗ и проживающего населения.

Таблица 1

Относительная канцерогенность различных ПАУ *

	Канцерогенный потенциал	Биоактивность
2-метилнафталин	0	TP
Флуорантен	0	CC
2-Метилфлуорантен	+	C, TI
3-Метилфлуорантен	?	TI
Пирен	0	CC
Бенз[а]антрацен	+	TI
Хризен	+	TI
Бенз[с]фенантрен	+++	C
3-Метилхризен	+	TI
5-Метилхризен	+++	C, TI
7,12-Диметилбенз[а]антрацен	++++	C, TI
Бенз[б]флуорантен	++	C, TI
Бенз[к]флуорантен	++	C, TI
Бенз[а]пирен	+++	C, TI
Дибенз[а, h]антрацен	+++	C, TI
Индено[1,2,3-cd]пирен	+	TI
Бенз[ghi]перилен	0	CC
Пицен	+	TI

Условные обозначения:

? – неопределенно; 0 – неактивно; от + до ++++ - активный с разной степенью активности; CC – соканцерогенен с бенз[а]пиреном. TP, TI – соединения, способные вызывать опухоли разного характера; C – полный канцероген.

* По данным С.С.Юфит, Институт Органической Химии им.Н.Д.Зелинского, Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Inc. N.Y. Basel, 1983

Таблица 2

Перечень ПАУ, определяемых в молочных продуктах в Финляндии*

Концентрации измеряются в мкг/кг
Аккредитованный метод:
газовая хроматография - масс-селективный детектор

Нафталин
Аценафтилен
Флуорен
Фенантрен
Антрацен
Флуорантен
Пирен
Бенз[а]антрацен
Хризен/трифенилен
Бенз[б]флуорантен
Бенз[к]флуорантен
Бенз[а]пирен
Индено[1,2,3-с, d]пирен
Дибенз[а, h]антрацен
Бенз[g, h, i]перилен

* Исследования производятся аккредитованными лабораториями по EN ISO/IEC 17025.

Таблица 3

Перечень диоксинов, обязательных для определения в сыром молоке в Финляндии*

Концентрации
измеряются в пг/л (10^{-12} г/л)

2378-тетрахлордибензофуран
2378-тетрахлордибензо-р-диоксин
12378-пентахлордибензофуран
23478-пентахлордибензофуран
12378-пентахлордибензо-р-диоксин
123478-гексахлордибензофуран
123678-гексахлордибензофуран
234678-гексахлордибензофуран
123789-гексахлордибензофуран
123478-гексахлордибензодиоксин
123678-гексахлордибензодиоксин
123789-гексахлордибензодиоксин

1234678-гептахлордибензофуран
1234789-гептахлордибензофуран
1234678-гептахлордибензо-р-диоксин
Октахлордибензофуран
Октахлордибензо-р-диоксин

По сумме концентраций определяется токсический эквивалент I-ТЕQ, который должен быть ниже верхнего предела.

верхний предел ТЕQ-ВОЗ - 26,3

средний предел ТЕQ-ВОЗ - 13,1

нижний предел ТЕQ-ВОЗ - 0,00

* По данным Национального института здравоохранения Финляндии, отделение здравоохранения в аспекте окружающей среды.

Экологические последствия

Продукты работы МСЗ

Продукты работы МСЗ во много раз опаснее для здоровья человека (и в целом биосферы), чем отходы, поступающие «на переработку». Все отходы, поступающие на сжигательные установки (будь то твердые бытовые отходы, иловый осадок или куриный помет), содержат вредные вещества в относительно связанном состоянии. При сжигании эти вещества высвобождаются (как, например, тяжелые металлы, включая ртуть) и дополнительно образуется множество соединений, которые не присутствовали в исходном материале: углеводороды и ПАУ, их хлорированные производные, фенолы и хлорфенолы, бром- и азот-замещенные вещества, ПХДД, ПХДФ, полихлорбифенилы (ПХБ), кислые газы HCl, сернистый газ SO₂, окислы азота NO_x, CO – всего в настоящее время насчитывается свыше ста **идентифицированных** опасных веществ (в США в этом списке находится свыше 400 опасных химических веществ). Конечно, применяя огромные и дорогостоящие системы очистки (сегодня уже превышающие по стоимости собственно сжигательные установки), часть удаётся уловить. Но при этом надо иметь в виду, что относительно просто улавливаются наименее опасные вещества, скажем, **пыль и летучие пеплы**. Но уже для улавливания HCl, SO₂, NO_x требуются жидкие растворы, причем чем выше степень улавливания, тем больше объем загрязненных растворов, очистка и захоронение которых сами по себе становятся проблемой.

С **диоксинами** еще сложнее. Самый «убедительный» аргумент поставщиков МСЗ – высокая температура горения (более 1200 градусов Цельсия) обеспечивает полное сгорание диоксинов. Данная версия является если не обманом, то заблуждением: диоксины, от которых пытаются избавиться таким образом, все равно вновь возникают в холодной зоне. Кроме того, чем выше температура, тем больше образуется окислов азота. То есть очень высокие температуры при сжигании приводят к очень

высоким выбросам окислов азота, а для того, чтобы их заметно уменьшить, приходится заметно увеличивать количество промывающих растворов, что приводит, как уже было сказано, к проблеме загрязненных стоков.

С ПАУ дело обстоит совсем плохо – они практически не улавливаются. Поэтому поставщики МСЗ уверяют, что они не образуются. Увы, при сжигании таких сложных конгломератов, как бытовые отходы, иловый осадок, даже при условии их предварительной сепарации, которое в реальности никогда полностью не соблюдается, и при высоких температурах ПАУ должны обязательно образовываться. Вопрос лишь в том, в каком составе, тогда как количество принципиального значения не имеет, поскольку как ПАУ, так и ПХДД, ПХДФ, ПХБ, токсичны при очень малых концентрациях, к тому же очень устойчивы и имеют способность к накоплению во всех средах, в том числе в тканях человека и животных. Если «обычные» токсиканты опасны при концентрациях, измеряемых миллиграммами, то **ПАУ опасны при концентрациях мкг(10^{-6} г) на кубометр воздуха, а диоксины при нанограммах (10^{-9} г) в кубометре.**

И, наконец, **шлаки**. Поставщики МСЗ утверждают, что это самый безобидный, даже полезный, продукт МСЗ. Увы, шлаки токсичны. Их токсичность складывается из токсичности ПАУ, диоксинов, неопознанных органических токсикантов и токсичных металлов. Поэтому использовать их для строительства объектов, особенно таких, которые будут взаимодействовать с людьми или живой природой, без тщательной экспертизы могут лишь очень легковверные люди.

Обращение с отходами

Сжигание отходов является экологическим безумием. Принцип «сжечь то, что может гореть», положенный в основу МСЗ, прямо противоречит современному представлению об обращении с отходами, принципу 3 R (Reduce, Reuse, Recycle). Исключение может быть сделано для опасных органических отходов, например, медицинских. Все, что в отходах способно гореть, – способно быть использовано вторично: бумага, картон, дерево, пластик, текстиль, пищевые отходы, – в виде сырья для вторичной переработки, либо в качестве компоста. Этот принцип относится и к иловым осадкам, и к куриному помету, основным компонентом которых является органика.

Предпочтение сжигания отходов их переработке, с позиции экологического мышления – непостижимо. Сегодня уже достаточно много технологий разделения бытовых отходов – от отдельного сбора до ручного или полуавтоматизированного разделения на мусоросортировочных терминалах, – позволяющих извлечь все, что пригодно для вторичного использования или утилизации. То же, что после этого остается, – пригодно для компостирования. Какая-то часть может потребовать захоронения. Но это как раз та часть, которая при сжигании нанесет вред природе и человеку на порядки превышающий суммарное воздействие при захоронении. Однако, если уж есть такое непреодолимое, почти мистическое желание сжечь, то это может быть применимо только к древесине или ее

производным – но только путем производства топливных элементов (например, брикетов). Эти **брикеты должны соответствовать стандартам топлив и сжигаться на теплоэнергетических предприятиях**, а значит, под контролем Закона об охране окружающей среды. Наиболее экологически ответственные эксперты считают, что и древесину нужно перерабатывать в целлюлозный этанол, добавляемый в ЕС и США в бензин. То есть навязчивое желание сжечь надо преодолевать в принципе, искать другие способы решения сопутствующих мусору проблем.

Естественно, организация такого **экологичного** обращения требует усилий и затрат. Но затрат куда меньших, чем закупка и строительство МСЗ. А усилия будут направлены на достижение настоящей цели – оздоровление окружающей среды, создавая тем самым реальную, экологически позитивную перспективу в обращении с отходами.

Основные выводы

1. 1. Применение технологий сжигания для «ликвидации» отходов противоречит основному экологическому принципу обращения с отходами: **максимальная связанность обеспечивает максимальную безопасность**. При использовании МСЗ дело обстоит с точностью до наоборот: твердые отходы превращаются в газообразные с массой, в разы превышающей исходное количество (за счет присоединения кислорода и азота из воздуха) и поступают в атмосферу. К тому же, твердые остатки (шлаки) оказываются, в основном, токсичнее исходного материала.

При этом в «продуктах» МСЗ появляется огромное количество новых опасных веществ, которых не было в исходном материале.

Сжигатель – есть машина, которая производит токсичные вещества, загрязняющие окружающую среду, из сравнительно безопасных материалов.
Jeff Beiley, Wall Street Journal, 11.08.93

Комментарий: Это настолько очевидно, что непонятно, почему это не воспринимается. Такие парадоксы уже встречались в истории науки. Например, огромный мир микроорганизмов был открыт в XVII веке с изобретением Левенгуком микроскопа. Но после этого еще 200 лет (!) биологи, врачи и другие ученые не видели в этом никакой связи с болезнями человека и животных. Даже хирурги не мыли руки (!) перед операциями. Лишь в середине XIX века, в основном благодаря усилиям и авторитету Пастера, был введен в практику антисепсис, и ужасающая смертность в больницах резко пошла на убыль. А затем начали появляться и научно обоснованные средства от болезней: прививки, антибиотики и др. Однако ценой заблуждения длиной в два столетия были миллионы жизней.

На наших глазах та же история повторилась с радиоактивностью. Вначале люди, в том числе и ученые, не осознавали опасности от невидимых и неслышимых лучей. Понадобились Хиросима и Нагасаки, чудовищные

последствия ядерных испытаний для осознания размера угрозы. И, наконец, Чернобыльская авария окончательно показала, что загрязнение, совмещенное с воздушным переносом, не знает границ.

2. Деятельность МСЗ в разных регионах мира создала и продолжает наращивать **реальную угрозу биосфере и здоровью человека**. Об этом свидетельствуют многочисленные, хотя и разрозненные данные исследований в разных странах.

Повышенное содержание диоксинов было обнаружено в тканях людей, проживающих в зоне действия МСЗ, в Великобритании, Испании и Японии. В 1994 году ЕРА провело общее обследование всех МСЗ в США – 166 заводов. Подробно были исследованы 12 МСЗ, но все они показали крайне высокие уровни выбросов, что в свою очередь позволяет объяснить столь сильное загрязнение всей территории США диоксинами. Уровень загрязнения продуктов питания в Америке столь высок, что по оценке ЕРА уже угрожает здоровью нации. Недавно проведенные исследования показали, что в Великобритании МСЗ продолжают выбрасывать в атмосферу от 30 до 50% общего количества диоксинов, в то время, как в Бельгии МСЗ вообще являются их основным источником. В Нидерландах после введения Норм Европейского Союза (НЕС) было закрыто 4 завода из 12. По информации Гринпис у работников МСЗ Швеции отмечено увеличение в 3,5 раза смертности от рака легких, в 1,5 раза - от рака пищевода, в 2,8 раза от рака желудка. При исследовании состояния здоровья населения, проживающего в зоне действия МСЗ, в Италии отмечено увеличение в 6,7 раза вероятности смерти от рака легких. При обследовании 14 млн. человек, проживающих в пределах 7,5 км от 72 МСЗ в Великобритании, отмечено увеличение на 37% смертности от рака печени, в 2 раза вероятности смерти детей от раковых заболеваний. Обследование населения, проживающего вблизи двух МСЗ в Бельгии, показало увеличение на 26% вероятности возникновения врожденных уродств.

Острота ситуации, с которой пришлось мириться странам, вставшим на путь сжигания отходов, хорошо видна на примере экспертной оценки динамики загрязнения грудного молока кормящих матерей в Нидерландах. Дневное поступление диоксинов с грудным молоком снизилось с 163 пкг/кг веса ребенка в 1989 году до 68 пкг/кг веса в 1996 году. Это было оценено, как огромное достижение Европейского Сообщества в области защиты человека и окружающей среды от диоксинов. Теперь уже многим понятно, что самым правильным было бы сравнивать количество диоксинов и других загрязнителей, содержащихся в грудном молоке, после запуска МСЗ и до их сооружения.

В США заболеваемость раком органов дыхания с 2002 по 2005 год выросла на 10,5 %. К 2005 году причинность смертности от онкологических заболеваний достигла 23,2% смертей в США, 29,5% - в Канаде, 31,7% - в Японии.

Анализ данных ВОЗ показывает, что заболеваемость раком хорошо, если здесь уместно это слово, коррелируется с количеством МСЗ. Например, в странах, где давно начали строить МСЗ, в последние годы отмечается высокая и неуклонно растущая заболеваемость раком. Это Австрия, Германия, Великобритания, Италия, Дания, Бельгия, Нидерланды, Норвегия, Франция, Финляндия, Швеция, Швейцария. Во всех этих странах заболеваемость в 1990-х годах привысила 400 на 100000 населения и продолжает расти. В среднем по странам западной Европы к 2005 году заболеваемость приблизилась к шокирующему показателю 500 (рис.1). Причем в странах с самым большим количеством действующих МСЗ уровень онкозаболеваемости превысил 500 на 100000 населения: Германия (58 МСЗ), Дания (32), Финляндия (26), Норвегия (21), Швеция (28), Швейцария (29). При этом в Швейцарии с ее небольшой территорией уровень онкозаболеваемости превысил 1200 (!) на 100000 населения. Подтверждением угрожающего трансграничного воздействия МСЗ является серьезный рост онкозаболеваемости в странах, не использующих МСЗ, расположенных в соседстве со странами, имеющими действующие заводы: Венгрия, Румыния, Люксембург, Болгария, Сербия. В странах Восточной Европы, и особенно в странах СНГ, где строительство МСЗ не ведется или началось недавно, ситуация пока не настолько угрожающая, как в западноевропейских странах, где к 2005 году распространенность рака достигла 3,6% (рис. 2) от всего населения (по сравнению с 1,7% в 1980 году) и вышла на второе место среди причин смертности (после сердечно-сосудистых заболеваний). Если в ближайшие годы не будут предприняты решительные действия, то все указывает на то, что в течение 10 - 15 лет **онкозаболеваемость может принять характер эпидемии.**

В Москве и Санкт-Петербурге, в городах, где уже работают МСЗ (в Санкт-Петербурге это завод по сжиганию илового осадка), вклад сжигающих технологий в загрязнение воздушной среды несомненно дает о себе знать на фоне высокого уровня загрязнений от автомобильного транспорта. Динамика заболеваемости населения показывает опережающий рост в таких классах болезней, как новообразования, болезни эндокринной системы, системы кровообращения, органов дыхания, органов пищеварения (особенно поджелудочной железы). Растет количество врожденных аномалий. С учетом высокой кумулятивной способности самых опасных загрязнений, а также открытых в последние годы биохимической наукой эффектов сверхмалых доз, наметившаяся тенденция вызывает самую серьезную тревогу.

Рис.1. Заболеваемость раком, на 100000 населения

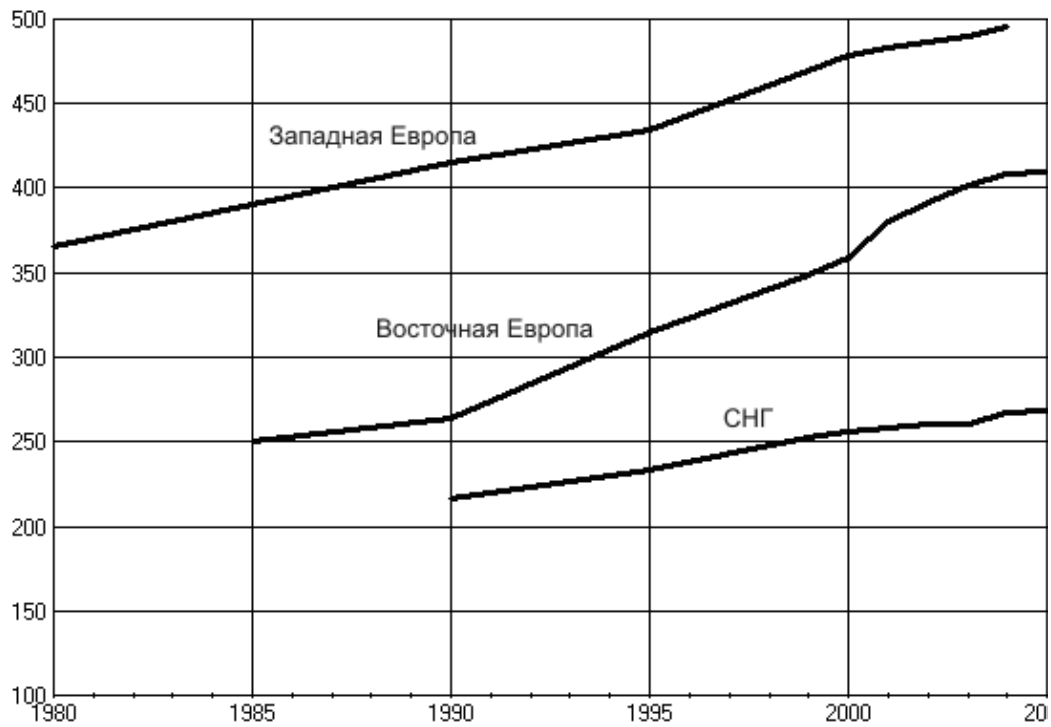
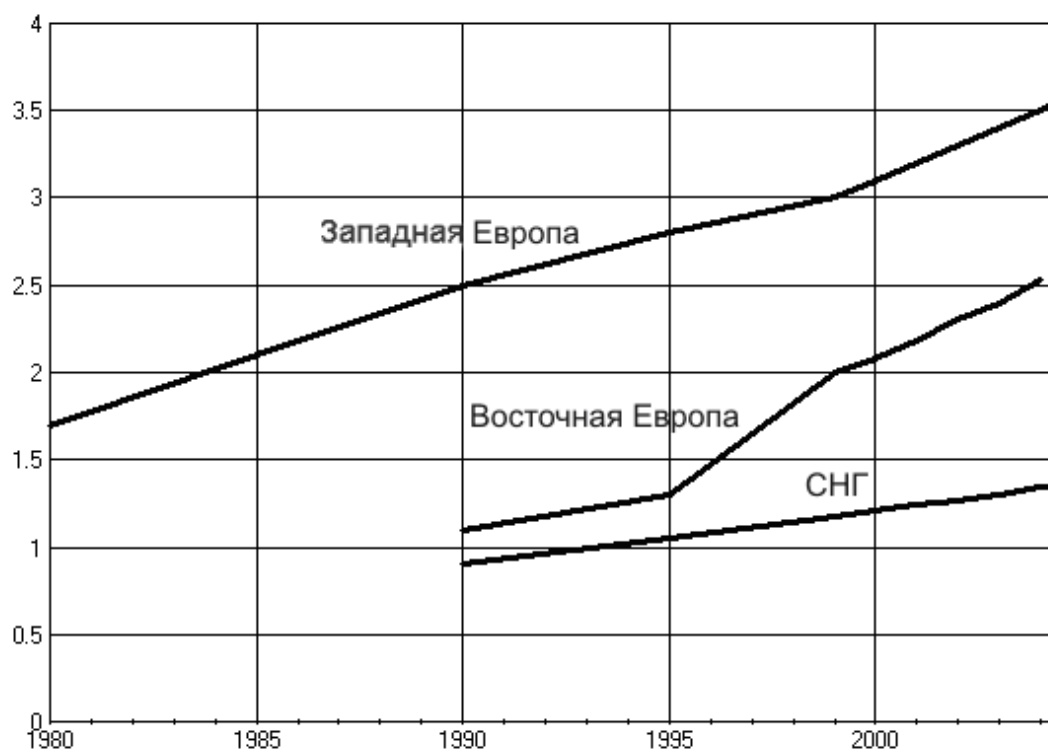


Рис. 2. Распространенность рака, % от всего населения



3. История повторяется, но умные учатся... У нас повторяется та же технология обработки общественного сознания, что и в США в начале 1980-х. СМИ начали интенсивную обработку населения, внушая две простые 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 мусора. Два десятилетия опыта работы МСЗ в США, так же, как и деятельность МСЗ в странах Европы и Японии, дали убедительные доказательства принципиальной ошибочности поиска решения проблемы обращения с мусором путем его сжигания. **Вместо одной старой проблемы возникло несколько новых** – загрязнение всех сред (воздушной, водной, почв) вновь созданными крайне опасными продуктами сгорания; рост заболеваемости в самых опасных классах болезней (онкологических, врожденных аномалий, респираторных); серьезный экономический перекос бюджетов по статье расходов на охрану окружающей среды; заметное торможение развития технологий по вторичному использованию и утилизации отходов. К тому же, опыт эксплуатации МСЗ обнаружил то, о чем явно не знали, принимая решения об их строительстве: выбросы от МСЗ соизмеримы по объему с выбросами от главного источника загрязнения воздуха – автотранспорта. Но при этом значительно разнообразнее их по составу и гораздо опаснее. То есть МСЗ, по сути, свели на нет титанические усилия по снижению токсичности автомобильных выхлопов в тех местах, где МСЗ действуют. В России можно предвидеть еще более тяжелую ситуацию, поскольку выбросы вредных веществ одной единицы автотранспорта у нас значительно превышают нормы среднестатистического автомобиля в Европе.

Надо отметить, что если проблема загрязнения атмосферного воздуха выбросами от автотранспорта возникла закономерно, как побочный эффект технического прогресса, то проблема загрязнения воздуха выбросами от сжигания отходов возникла как результат ошибки в выборе, которая, в свою очередь, явилась результатом ажиотации, недостаточного научного обоснования и желания простым способом решить непростую проблему.

Сейчас в Америке и Европе началось медленное отрезвление. Строительство новых МСЗ почти прекратилось, начался процесс сокращения их численности, во многих штатах США и Канаде развивается процесс запрещения строительства МСЗ. В США из 186 МСЗ, действовавших в 1990 году, к 2007 году было закрыто 97, в действии оставалось 89. Однако компании, производящие МСЗ планируют сохранить и даже увеличить объем производства за счет строительства МСЗ в Южной Азии и в Восточной Европе (то есть у нас). При этом они заранее исходят из того, что реальные требования к выбросам там ниже, чем в Европе и США, что позволит снизить себестоимость оборудования. **В экологическом отношении МСЗ являются источником экологической опасности более высокого уровня, чем отходы, поступающие на МСЗ.**

Россия имеет шанс, опираясь на опыт западных стран, не попасть в ловушку МСЗ. Воздух – наша общая, одна на всех жизненная среда. Это среда без альтернативы, исключая возможность персональных

привилегий. Всем и каждому есть смысл задуматься, чтобы оценить, стоит ли даже в малом жертвовать качеством воздушной среды ради других высоких целей, в том числе для решения мусорной проблемы. Каждый, кто сомневается в приводимых фактах и соображениях, может заняться самостоятельно поиском подтверждений или опровержений, не полагаясь ни на чье авторитетное мнение, и прийти к собственному выводу. Проблема слишком серьезна, риски слишком высоки, цена может быть совершенно неприемлемой, чтобы, полагаясь на «компетентные» заверения, просто созерцать развитие событий.

Материалы, использованные при обзоре:

1. Полная версия Директивы по сжиганию 1989 года.
2. Директива Европейского Союза № 75/442/ЕЕС
3. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник под редакцией Кротова Ю.А., СПб, 2000г.
4. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. J. Warnatz, U. Maas, R.W. Dibble, Москва, пер. 2003г.
5. Мусоросжигательные заводы – опасность для России, Юфит С.С., Институт Органической химии им. Н.Д.Зелинского РАН, Статья, 2008г.
6. Материалы периодической печати и сообщений на конференциях и семинарах 2005-2008гг.

С.М. Гордышевский,
Санкт-Петербургский Экологический союз, май 2008г.