**Не превратить планету в свалку**

Кандидаты технических наук А. ТУГОВ и Н. ЭСКИН, Д. ЛИТУН (Всероссийский теплотехнический институт),

О. ФЕДОРОВ (АО "Прогрессивные экологические технологии").

На городских свалках даже среднего города ежегодно скапливаются сотни тысяч тонн бытовых отходов. Разлагаясь, они отравляют воздух, почву, подземные воды и превращаются, таким образом, в серьезную опасность для окружающей среды и человека. Вот почему "героями дня" становятся эффективные, безотходные, а главное - экологически чистые технологии промышленной переработки мусора. К их числу принадлежат современные мусоросжигательные заводы, способные обезвредить и утилизировать бытовые отходы и попутно произвести тепловую и электрическую энергию, компенсируя тем самым немалые затраты на саму переработку.

Во всем мире переработка и утилизация бытовых отходов становятся все более злободневной проблемой. Главным образом это касается крупных густонаселенных городов, где ежегодно скапливаются миллионы кубометров всевозможного мусора. Дымящиеся свалки, кучи выброшенного хлама, переполненные мусорные баки - в России такие картины знакомы многим городским жителям. Подсчитано, что каждый год в стране скапливается только твердых бытовых отходов 140 миллионов кубометров, а к 2005 году эта цифра возрастет до 190 миллионов. Проблему уничтожения такой огромной массы мусора, бесспорно, можно отнести к категории экологических, с другой стороны, она самым тесным образом связана с решением сложных технических и экономических вопросов.

**Что такое ТБО**

Экологическую обстановку в городах с высокой плотностью населения независимо от того, есть в них вредные производства или нет, во многом определяет состояние системы санитарной очистки от непромышленных отходов. К ним относятся главным образом твердые бытовые отходы, или ТБО, как называют их специалисты. Так обозначают весь мусор, который ежедневно скапливается в наших домах и квартирах и проделывает путь от мусоропровода до дворового контейнера и дальше до городской свалки. Сюда же относятся отходы, сопровождающие деятельность коммерческих и производственных фирм, пользующихся услугами коммунальных служб, садовый и уличный мусор, листва и некоторые другие.

Существуют рассчитанные на год нормы накопления бытовых отходов на одного человека, на одно место в гостинице, на квадратный метр торговой площади магазина и т. д. В крупных городах на нормы накопления мусора, как правило, влияют уровень развития легкой и пищевой промышленности, индустрии упаковочных материалов, климатическая зона и, конечно же, менталитет и благосостояние населения. В промышленных городах центральной части России норма отходов на душу населения оценивается сейчас в 225-250 килограммов в год. Для сравнения: в развитых европейских странах, таких, как Бельгия, Великобритания, Германия, Дания, Италия, Нидерланды, Швеция, Швейцария, Япония, этот показатель уже в 1995-1996 годах достиг 340-440 килограммов, в Австрии и Финляндии - свыше 620, а в США превысил 720 килограммов на одного человека в год.

Постоянные компоненты бытовых отходов, обычно попадающие в дворовые контейнеры, - бумага, картон, пищевые остатки, текстиль, древесина, листва, черный и цветной металл, кости, стекло, кожа, резина, камни, керамика, полимерные материалы. Зачастую туда же выбрасываются крупногабаритные отходы: строительный мусор, отслужившая свой век мебель, бытовая техника и другие. Многие отходы токсичны. Только одна "пальчиковая" батарейка заражает солями тяжелых металлов и химикатами 20 кубометров мусора, а с разбитыми термометрами и ртутьсодержащими приборами на свалки ежегодно попадает большое количество ртути, во Франции эта цифра подсчитана - 5 тонн.

|  |
| --- |
|  |
| Доля полимерных материалов в бытовых отходах за последние 30 лет резко возросла во всех развитых странах. В Японии и Италии она составляет сейчас 10-15%, в Москве - 6%. |

Последние 20-25 лет при более или менее постоянном составе всех прочих компонентов в общей массе отходов растет доля полимерных материалов. В промышленно развитых странах, таких, как Япония и государства Европейского Союза, она наибольшая - 10-15%, в Москве - всего 6%, но рост налицо: в 1960 году доля полимеров в бытовых отходах столицы составляла 0,7%. Это, очевидно, связано со все большим применением полимерной упаковки, которая в 1960-х годах была большой редкостью.

**Проблемы мусорной свалки**

Самый распространенный до последнего времени способ борьбы с бытовыми отходами в городах - вывоз их на свалки - не решает проблему, а, прямо скажем, усугубляет ее. Свалки - это не только эпидемиологическая опасность, они неизбежно становятся мощным источником биологического загрязнения. Происходит это из-за того, что анаэробное (без доступа воздуха) разложение органических отходов сопровождается образованием взрывоопасного биогаза, который может представлять угрозу для человека, вредно воздействует на растительность, отравляет воду и воздух. Более того, главный компонент биогаза - метан - признан одним из виновников возникновения парникового эффекта, разрушения озонового слоя атмосферы и прочих бед глобального характера. В общей сложности из отходов в окружающую среду попадает более ста токсичных веществ. Нередко свалки горят, выбрасывая в атмосферу ядовитый дым.

Под полигоны для мусора на десятки лет отчуждаются громадные территории, их, безусловно, можно было бы использовать с большей пользой. И, наконец, чтобы обустроить полигон и содержать его на уровне современных экологических требований, нужны большие средства. Очень дорого обходится рекультивация закрытых (уже не действующих) полигонов. Это целый комплекс мер, цель которых - остановить вредное воздействие свалок на окружающую среду, в том числе на почву и подземные воды. Рекультивация всего лишь одного гектара мусорного полигона обходится сегодня в 6 миллионов рублей. Велики и транспортные расходы на перевозку отходов, поскольку свалки, как правило, располагаются далеко от города.

**Мегаватты из отходов**

В экономически развитых странах все меньше бытовых отходов вывозится на свалки и все больше перерабатывается промышленными способами. Самый эффективный из них - термический. Он позволяет почти в 10 раз снизить объем отходов, вывозимых на свалки, причем несгоревший остаток уже не содержит органических веществ, вызывающих гниение, самопроизвольное возгорание и опасность эпидемий.

Сейчас зарубежные специалисты делают ставку на мусоросжигательные установки, которые не только сжигают отходы, но и перерабатывают выделяемое при этом тепло в энергию. Тем не менее в большинстве стран выработка и утилизация тепловой и электрической энергии рассматриваются всего лишь как дополнение к обезвреживанию отходов. В этой связи особое внимание привлекает концепция "энергетического баланса", предложенная рабочей группой Всемирного энергетического совета: полученная энергия должна покрывать энергетические затраты на саму переработку мусора. Поэтому выбор технологии чаще всего определяется балансом производимой и потребляемой энергии. Наибольший эффект дают комплексные технологии (утилизация материалов и сжигание) или непосредственное сжигание неподготовленных отходов, а наименьший - компостирование отходов с захоронением неорганических остатков.

Специалисты считают, что уже в ближайшее время сжигание с выработкой электрической и тепловой энергии будет основным способом переработки отходов. В будущем мусоросжигательные энергетические установки, скорее всего, войдут в интегрированную систему управления отходами вместе с предприятиями по утилизации и вторичному использованию некоторых материалов (стекла, металла, бумаги и т. д.). В этой области первыми добиваются успехов те страны, где остро ощущается "дефицит территории" и введены ограничения на захоронение определенных видов отходов. Еще в 1990 году в Японии сжигалось 74% отходов, в Швейцарии - 77%, в Дании - 54%. В прошлом году в Германии работало 57 мусоросжигательных заводов, в Великобритании - 23, а к концу века планируется ввести в строй еще 22. В США количество отходов, сжигаемых в установках с выработкой энергии, должно увеличиться с 30 миллионов тонн в 1990 году до 70 миллионов тонн в 2000-м.

**Безотходная переработка отходов**

Сейчас в мировой практике применяется больше десятка технологий сжигания бытовых отходов. По оценке Всероссийского теплотехнического института (ВТИ), вырабатываемая при их реализации тепловая энергия наиболее эффективно используется в трех случаях: при сжигании твердых отходов на колосниковых решетках, в топке с псевдоожиженным (кипящим) слоем и по технологии, называемой "Пиролиз - высокотемпературное сжигание".

Сжигание на колосниках в слоевой топке считается самой распространенной технологией. По этому методу работают большинство зарубежных мусоросжигательных заводов и все, построенные до настоящего времени в России. Сжигание отходов в топках с псевдоожиженным слоем широко распространено в Японии. В Европе таких заводов только два - в Испании и Германии, строительство еще двух ведется во Франции и в России (Москва). В США работает завод по сжиганию отходов в циркулирующем псевдоожиженном слое. К сожалению, обе эти технологии не решают проблему утилизации и обезвреживания твердых остатков - шлака и особенно летучей золы, которая улавливается системой газоочистки. Но если шлак можно использовать, например на засыпке оврагов или в строительстве (см. "Наука и жизнь" № 5, 1996 г.), то золу приходится захоранивать на специально оборудованных полигонах, поскольку она адсорбирует тяжелые металлы и другие токсичные вещества. Есть и другие пути переработки твердых остатков, но все они требуют дополнительных материальных затрат.

|  |  |
| --- | --- |
|  | На диаграмме показана энергетическая эффективность одиннадцати применяемых в США технологий переработки бытовых отходов. Наибольшим энергетическим эффектом обладают комбинированные методы с применением установок по утилизации материалов и сжиганию или непосредственное сжигание неподготовленных отходов с выработкой тепловой и электрической энергии, а наименьшим - компостирование с захоронением неорганических остатков: 1 - утилизация плюс сжигание; 2 - сжигание неподготовленных отходов; 3 - утилизация материалов с раздельным сбором плюс сжигание; 4 -непосредственное сжигание топлива, полученного из отходов; 5 - утилизация материалов с раздельным сбором плюс сжигание топлива, полученного из отходов; 6 - утилизация отходов с раздельным сбором плюс сжигание плюс компостирование; 7 - утилизация материалов с раздельным сбором плюс захоронение; 8 - захоронение со сбором газа; 9 - подготовка топлива, полученного из отходов, плюс компостирование; 10 - утилизация материалов с раздельным сбором плюс захоронение плюс компостирование; 11 - компостирование отходов плюс захоронение. |

Обезвредить золу и шлак позволяют комбинированные технологии сжигания отходов при высокой температуре. К ним относится, например, практически безвредная комбинированная технология немецкой фирмы "Сименс" под названием "Пиролиз - высокотемпературное сжигание". С ее внедрением переработка ТБО стала почти полностью безотходной.

Первый крупномасштабный завод, работающий по данной технологии, построен в городе Вюрте (Германия). Новый метод сочетает в себе низкотемпературный пиролиз (обработку отходов без доступа кислорода) и последующее их сжигание при высокой температуре. Сейчас на заводе идут промышленные испытания. После начала эксплуатации он сможет принимать 100000 тонн бытовых отходов в год.

Комбинированная технология фирмы "Сименс" выгодно отличается от прочих тем, что, во-первых, из бытовых отходов получают материалы, пригодные для использования практически без дальнейшей обработки. Во-вторых, выходящие из установки газы по степени очистки отвечают самым строгим требованиям, более того, зачастую содержание в них вредных веществ гораздо ниже установленных пределов. Наконец, метод дает возможность использовать выделяемое при сжигании отходов тепло для производства электроэнергии и централизованного теплоснабжения или направлять его на технологические нужды.

**Диоксины и фураны**

Сжигание полимерных материалов, содержащих хлор, неизбежно сопровождается появлением в дымовых газах хлорсодержащих токсичных компонентов - диоксинов и фуранов. Так называют большую группу веществ, основу молекул которых составляют два шестичленных углеродных кольца. В органической химии известно 210 подобных соединений. Если в них нет атомов хлора, то эти вещества токсичны не больше, чем, например, бензин, однако при замещении в кольцах атомов водорода на атомы хлора образуются опасные для природы и человека диоксины и фураны - всего около 20 соединений разной степени токсичности. Они привлекают внимание экологов и специалистов на протяжении двух последних десятилетий, особенно после взрыва на химическом предприятии в городе Севезо в Италии. Тогда облако, содержащее в больших концентрациях диоксин, распространилось на территории 16 квадратных километров и вызвало массовое отравление людей и домашних животных.

Источники диоксинов и фуранов - не только аварийные ситуации на предприятиях химической промышленности. Эти ядовитые вещества образуются в обычных условиях при сжигании древесины, отходов, дизельного топлива, при выплавке меди, производстве целлюлозы, в цементных печах и других (особенно химических) производствах. Все это - контролируемые выбросы диоксинов, но существуют и более мощные неконтролируемые источники, главным образом горящие свалки, костры, в которых сжигают мусор и растительные отходы, в том числе и на садовых участках. Температура их горения относительно низкая - до 600оС. При таком режиме образуется в десятки раз больше диоксинов и фуранов, чем на мусоросжигательных заводах, где используется высокотемпературный процесс (свыше 1000оС). Если заводская технология строго соблюдается, концентрация хлорсодержащих токсичных компонентов в дымовых газах опускается до самых низких нормативных значений, принятых в европейских странах, а сейчас и в Москве. Иначе говоря, в отличие от захоронения на свалках при сжигании отходов на заводе можно не только контролировать их количество и воздействие на окружающую среду, но и, что очень важно, управлять этим процессом.

**Ситуация в России и Москве**

По сравнению с Западной Европой утилизация отходов в России имеет ряд особенностей. Главные из них - суровый климат и сбор всех отходов в общий контейнер без предварительной сортировки. Из-за большой доли несгораемых веществ и высокой влажности бытовых отходов их калорийность невысока - всего 1000-1500 ккал/кг. Это почти в два раза ниже, чем в большинстве городов Европы, США и Японии. Объемы промышленной переработки и утилизации мусора в стране до сих пор ничтожно малы. Сейчас действуют всего лишь 7 заводов по термической переработке отходов, причем два из них реконструируются, а остальные работают не на полную мощность. На всех этих предприятиях, вместе взятых, обезвреживается меньше 1% бытовых отходов.

Для строительства новых заводов нужны большие материальные средства, а переработка отходов на тех, что есть, экономически невыгодна из-за устаревшей технологии. Первое обстоятельство связано с тем, что нет отечественного оборудования, а закупать его за рубежом очень дорого, второе - с неэффективным использованием тепловой энергии и невысокой теплотворной способностью самих отходов, хотя их приравнивают к низкокалорийным топливам, таким, как сланцы или торф.

Проблема избавления от мусора стоит наиболее остро в крупных городах, особенно в Москве. Население столицы приближается к 9 миллионам человек, а вместе с приезжими превышает 10 миллионов. Каждый год Москва выбрасывает около 10 миллионов кубометров мусора (бытовых отходов, осадков водопроводной, канализационной сети и ливневоочистных сооружений). Большая их часть добавляется к накопившимся за многие годы горам отходов на столичных свалках. Вокруг Москвы их свыше двухсот. Самые большие по площади - Тимохово, Хметьево, Саларьево, Щербинка. Кроме санкционированных часто образуется множество так называемых самовольных свалок. Кучи мусора можно встретить в поймах рек, в лесах и вокруг дачных участков. В Московской области свалки занимают свыше 800 гектаров.

Переработка бытовых отходов в столице многократно усложняется из-за высокой плотности населения - более 3 тысяч человек на квадратный километр. По решению правительства Москвы эту задачу в целом решают городские власти, а сбор и вывоз мусора возложены на административные округа. В ближайшем будущем в Москве будут построены 6 мусоропрессовочных станций, несколько мусоросжигательных заводов, намечено реконструировать существующие предприятия и рекультивировать закрытые полигоны. На юго-востоке столицы, например, всего в нескольких километрах от кольцевой дороги, на промышленной площадке "Руднево" строится новый завод с тремя технологическими линиями, каждая производительностью 13,5 тонны в час. Отходы здесь будут сжигаться в псевдоожиженном вихревом слое. Завод начнет работать в конце 1998 - начале 1999 года. Примерно в это же время будет завершена реконструкция мусоросжигательного завода № 2 - его производительность поднимется до 150 тысяч тонн отходов в год. Оба завода оснащаются разветвленными многоступенчатыми системами газоочистки, они будут отвечать принятым в Германии, кстати, самым строгим в Европе, ограничениям по содержанию вредных веществ в дымовых газах.

**Дешевый завод для крупного города**

Для большинства промышленных городов России - Челябинска, Магнитогорска, Екатеринбурга и многих других - очень важно, чтобы строительство мусоросжигательного завода было под силу городскому бюджету. Для того чтобы снизить капитальные затраты, нужно оснастить завод отечественным оборудованием. Но не менее важно выбрать рациональную технологическую схему, которая позволила бы совместить работу завода с ТЭЦ или котельной и тем самым повысить экономичность переработки отходов. Специалисты подсчитали, что для городов с населением 500-600 тысяч человек оптимальным будет завод производительностью 120-150 тысяч тонн бытовых отходов в год, а наиболее экономичным способом использования энергии - отпуск тепла. С учетом этого во Всероссийском теплотехническом институте сейчас разрабатывается отечественная технология сжигания твердых бытовых отходов, созданная под оборудование российского производства.

Примером может служить строящийся мусоросжигательный завод в Тракторозаводском районе Челябинска, который будет работать в единой системе с городской ТЭЦ-2. Его технологическая схема достаточно проста: вода с ТЭЦ поступает на завод, где в котлоагрегатах вырабатывается пар. оттуда одна его часть через общий коллектор с ТЭЦ подается потребителям, другая - на технологические нужды мусоросжигательного завода. Себестоимость переработки отходов в этом случае значительно ниже, чем при автономной схеме.

Отходы поступают на переработку без какой-либо предварительной подготовки. Подъехавшие мусоровозы проходят через автовесовую и сразу направляются по эстакаде в приемное отделение на разгрузку. Приемный бункер, рассчитанный на трехсуточный запас отходов, обслуживается двумя мостовыми грейферными кранами грузоподъемностью по 10 тонн. С помощью многочелюстных захватов - грейферов ТБО перемешиваются и из них удаляются крупногабаритные предметы. Затем отходы попадают в топку мусоросжигательного котла. Для его растопки и стабилизации горения влажных отходов используются четыре газовые горелки. Одновременно с отходами в топку подают негашеную известь-пыленку. Она связывает вредные примеси (HCl, HF и SO2) в дымовых газах. На подвижной решетке начинается процесс подсушивания отходов горячим воздухом и потоком тепла из топки. Продвигаясь дальше, отходы воспламеняются и интенсивно горят. Вращающиеся валки под колосниковой решеткой помогают интенсивной шуровке (ворошению) отходов и одновременно перемещают их из одной температурной зоны в другую, включая зону максимальных температур (950-1000оС). В конце топочной камеры остатки отходов догорают и остывает шлак, который потом сбрасывается в устройство выгрузки. Далее на входе в котел-утилизатор, в так называемой зоне дожигания, поток газов интенсивно перемешивается с воздухом, в результате дожигается токсичный оксид углерода. Процесс горения отходов регулируется и контролируется с центрального диспетчерского пульта, оснащенного компьютером.

Котел-утилизатор и расположенная под ним топка скомпонованы как одно целое. С котлом соединяется первый подъемный газоход. Газы проходят по нему при температуре 850-1000оС в течение 2 секунд. За это время успевают разложиться почти все наиболее токсичные вещества (диоксины и фураны). Далее дымовые газы попадают в циклоны (сепараторы), затем в полусухой абсорбер и роторный фильтр, а оттуда зола и продукты газоочистки поступают в систему золоудаления. Такая многоступенчатая система очистки дымовых газов дает хорошие результаты - концентрация вредных веществ на выходе из дымовой трубы не превышает нормативов зарубежных установок.

Шлак, зола и продукты газоочистки направляются в бункеры-накопители, но предварительно шлак очищается на магнитном сепараторе от металла. Отделенный металл пакетируется на прессе и идет во "Вторчермет", а зола и продукты газоочистки специальным транспортом направляются на переработку. Шлак грузится на самосвалы и вывозится на предприятия строительной индустрии. Там из него делают шлакоблоки или используют на строительстве дорог.

Чтобы достичь запланированной производительности - 150 тысяч тонн твердых бытовых отходов в год, заводу нужны две технологические линии производительностью по 10 тонн в час при круглосуточном режиме работы. Все оборудование, включая газоочистное, на завод поставляют отечественные производители. Лишь один важный элемент мусоросжигательного агрегата - механическая решетка приобретается у фирмы ЧКД-Дукла (Чехия). Стоимость такого мусоросжигательного завода, как Челябинский, в несколько раз ниже стоимости аналогичных заводов, поставляемых зарубежными фирмами. Специалисты ВТИ считают, что опыт его строительства послужит примером для других городов России.

Так что же такое мусоросжигательный завод? Дополнительный источник энергии и помощник в решении проблемы санитарной очистки городов от бытовых отходов, как считают энергетики и коммунальщики, или генератор диоксинов, как утверждают оппоненты? А что такое автомобиль? Средство передвижения или главный источник загрязнения атмосферы оксидом углерода и другими вредными веществами? Все зависит от того, в какие руки попадет автомобиль или мусоросжигательный завод, каков уровень компетентности их создателей и обслуживающего персонала и какова серьезность подхода к строительству и эксплуатации объекта. Пока же из двух "зол" между вывозом мусора на свалки и сжиганием его на мусоросжигательных заводах нужно безоговорочно выбирать наименьшее - сжигание.

**Список литературы**

Матросов А. С. Проблемы санитарной очистки города Москвы. Известия Академии промышленной экологии , № 1, 1997.

Эскин Н. Б., Тугов А. Н., Изюмов М. А. Разработка и анализ различных технологий сжигания бытовых отходов. Сборник. Москва, ВТИ, 1996.

Мусор - проблема физико-химическая. "Наука и жизнь" № 7, 1978.

Нужное из ненужного. "Наука и жизнь" № 7, 1986.

Экологический бумеранг. "Наука и жизнь" № 5, 1996.