

Объемно-пространственные и конструктивные решения современных заводов по переработке твердых бытовых отходов

Н.А. Воронай, Т.О. Кондратенко

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье затрагивается проблема утилизации мусора на территории Российской Федерации. Приводится зарубежный опыт строительства утилитарных предприятий, существующих технологий по переработке мусора. Уделяется особое внимание созданию привлекательного архитектурно-художественного образа современного промышленного предприятия путем применения современных объемно-пространственных, конструктивных решений при реализации архитектурных замыслов, обеспечения привлекательности объектов для населения путем обеспечения их полифункциональности.

Ключевые слова: мусороперерабатывающий завод, твердые бытовые отходы, мусор, утилизация мусора, переработка мусора, объемно-пространственные решения, промышленное здание, утилитарное здание, конструктивные решения, пространственные конструкции, плоские конструкции, фасадные системы, архитектурные образы, окружающая среда.

Ежегодно человечество производит более двух миллиардов тонн бытового мусора, грозящих превратить планету в большую помойку и поставить человечество на грань экологической катастрофы. Гниющий и частично неразлагающийся мусор способствует распространению различных инфекционных заболеваний. Часть материалов отходов не подвержены природной переработке и способны существовать сотни лет. Таким образом, проблема обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО) является наиболее актуальной в современном мире.

В развитых странах обращение с ТБО жестко регламентируется законом. В таких государствах главным способом борьбы с отходами является централизованная переработка ТБО во вторичный продукт или энергию.

По данным Европейской статистической службы «Eurostat», в среднем на одного жителя Евросоюза в год приходится 482 кг отходов, в Австралии -

558 кг, а в США - 742 кг на человека. Среди членов стран «Большой двадцатки» наибольшая доля переработки ТБО сжиганием принадлежит Японии и составляет 78,5 % от всех муниципальных отходов. В Южной Корее за 2016 г. удалось переработать 59,2 % всех отходов. В Австралии такая доля составляет 42,0%, в Евросоюзе 30,8 %, в Великобритании 27,6 % и в США 25,8 %. Также известно, что за 2017 год в Евросоюзе было компостировано 17,0 % органических отходов, в Великобритании 17,3 %, а в США 8,9 за 2015 год [1].

В странах СНГ и Российской Федерации проблема утилизации ТБО в последние время наиболее обострена. Согласно докладу Российского представительства «Greenpeace», около 90 % всех твердых бытовых отходов подвергаются захоронению на полигонах и свалках. Меньше 2 % отходов сжигается, а переработка сырья во вторичный продукт составляет около 4 %. Средняя доля мусора на человека составляет около 500 кг в год [2]. Таким образом, система сбора, переработки и утилизации находится в плохом состоянии. Отсутствие должного финансирования и использование устаревшей нормативной базы привело не только к потере регулирования оборота ТБО, но и к чувству полной беззаботности у общества. С сохранением такого темпа и способа утилизации, место под захоронения довольно стремительно закончится, а экологические последствия будут преследовать не одно десятилетие.

Некоторые шаги для исправления сложившейся ситуации в нашей стране предпринимаются. Основную ставку Российская Федерация ставит на мусоросжигательные заводы. Планируется к 2026 году построить 25 заводов по сжиганию мусора в крупнейших городах России [3]. Однако нельзя полностью положительно отнестись к данной инициативе, так как при применении только одной технологии безвозвратно уничтожаются многие полезные материалы и при отсутствии жесткого контроля за выбросами

эффект от сжигания будет хуже, чем от захоронения на полигонах. Мусоропереработка на территории Российской Федерации пока находится на начальной стадии развития. При формировании мусороперерабатывающих комплексов (МПК) (разработке объемно-планировочных и конструктивных решений, увязанных с технологическими процессами, решении градостроительных вопросов размещения таких предприятий) необходим индивидуальный подход в зависимости от конкретного региона.

В мире существует более 20 способов утилизации отходов. Наибольшую реализацию в западной и отечественной практике получили следующие способы [4]:

- Захоронение на полигонах и свалках;
- Сжигание;
- Переработка во вторсырье;
- Компостирование.

Захоронение на полигонах и свалках — это окончательное размещение отходов на земле контролируемым или неконтролируемым способом. Данный метод утилизации является наиболее простым и дешевым. В основном его используют в бедных и развивающихся странах. Основными недостатками являются: загрязнение грунтовых вод, почвы и атмосферы токсичными веществами, тяжелыми металлами и парниковыми газами при несоблюдении экологических норм при строительстве; большая используемая площадь; утрата полезного сырья; существенные затраты на транспортировку ТБО [5].

Сжигание — это контролируемое сжигание отходов с рекуперацией энергии или без нее. Данный способ в основном используют богатые страны с дефицитом площадей, пригодных к устройству полигонов. Для эффективного и безопасного сжигания ТБО необходима сортировка, которая значительно уменьшает пагубное влияние газообразных выделений. Также

обязательным этапом в сжигании является обработка продуктов горения путем фильтрации. Современные мусоросжигательные заводы способны уменьшить объем ТБО на 90 %, а вес на 75 % [6]. Основными недостатками данного метода являются: опасность загрязнения атмосферы диоксидами; утрата полезных компонентов; высокий выход шлаков и золы; высокие затраты на производство.

Переработка — это любая переработка отходов в производственном процессе с целью повторного их использования. Утилизация данного типа последнее время вызывает большой ажиотаж у общества. Применение механического и ручного труда в мусороперерабатывающих заводах позволяет получать вторсырье высокого качества, что существенно сокращает количество мусора на свалках и полигонах. Условием эффективной переработки во вторсырье является сортировка отходов непосредственно гражданами с помощью отдельного сбора мусора. Чем больше ТБО сегментированы, тем меньше затраты на производство вторсырья, тем меньше их конечный объем и вес [7]. Основные недостатки: высокие затраты на сбор, транспортирование и сортировку мусора; разброс цен на готовое вторсырье.

Компостирование — это биологический процесс, при котором биоразлагаемые отходы подвергаются анаэробному или аэробному разложению, в результате чего получается ценное органическое удобрение. Данный способ также в значительной степени снижает выбросы парниковых газов за счет удаления органики с полигонов. В основном применяется в развитых странах. Основные недостатки: возможность появления неприятного запаха; большая зависимость качества от исходного сырья; значительные затраты на сортировку.

В современных условиях нельзя отдавать предпочтение только одному виду утилизации. Сжигая все подряд, мы теряем большое количество

полезного материала, первоначальное производство которого значительно дороже, чем вторичная переработка. Но также справедливо, что не все отходы возможно сжечь или переработать. Единственный способ их утилизации — это захоронение на полигонах. Для минимизации негативного влияния на окружающую среду и здоровье человека необходимо к способу утилизации подходить комплексно. Наиболее рациональным способом сохранения экологической обстановки и сокращения количества ТБО будет строительство мусороперерабатывающего комплекса, который должен включать несколько способов утилизации (рис.1).

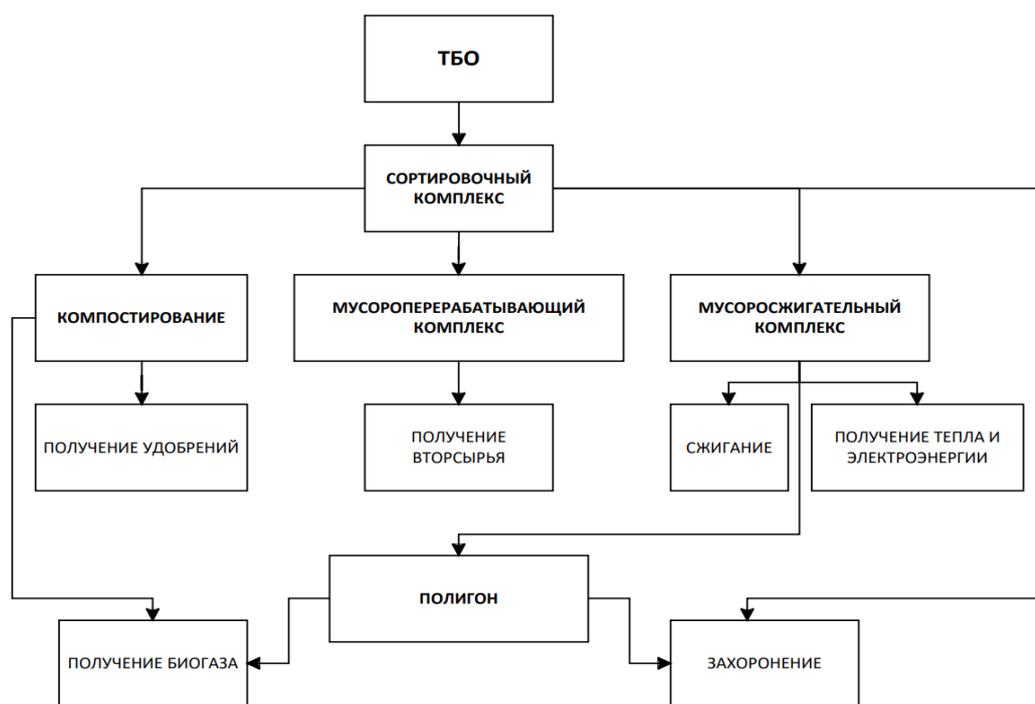


Рис. 1. – Схема обращения с ТБО мусороперерабатывающего комплекса

Первоначальным этапом на пути движения отходов в таких предприятиях должен быть сортировочный комплекс. В нем с помощью различных механических методов и роботов-сортировщиков с оптическими датчиками производится разделение потока мусора на различные группы (биологические отходы, синтетические отходы, нефтепродукты, различные металлы, стеклянные продукты и т.д.). Помимо автоматике в сортировочном комплексе должны присутствовать ручные операции, которые в

значительной степени повышают качество сортировки. После разделения ТБО на различные группы, сырье прессуется и попадает в транспортировочные емкости, которые в дальнейшем перемещаются к следующим технологическим операциям.

Последующие этапы уже зависят от материала сырья. Наиболее предпочтительно биологические массы отправлять в компостирующий комплекс. В нем отходы будут подвергаться биологическому разложению для дальнейшего производства удобрений и получения газа.

Если же материал сырья возможно переработать во вторичный продукт, то прессованные брикеты попадают в мусороперерабатывающий комплекс. В нем содержатся различные технологические линии, на которых сырье подготавливается для дальнейшей переработки.

Так стеклянная продукция подвергается измельчению и переплавке. Металлическое сырье также подвергается последующей переплавке, затраты на которую на 90% меньше, чем первоначальное производство из руды. Отходы, состоящие из бумажной продукции, наряду с целлюлозой являются хорошим сырьем для производства бумаги. Также данное сырье часто используется для производства теплоизолирующих материалов в строительстве или как аналог соломы в сельском хозяйстве. Пластик аналогично используется для вторичной переработки. Однако, не все виды пластика подвержены этому.

Если же массу невозможно переработать во вторсырье, то она отправляется на мусоросжигательный комплекс. Наиболее рационально энергию, получаемую при сгорании мусора, преобразовывать в тепло или электроэнергию, которая будет снабжать близлежащий город. Данную технологию применяют на всех современных европейских предприятиях такого типа. При неполной загруженности рабочих мощностей мусоросжигательный комплекс можно также использовать для утилизации

ТБО с существующих полигонов и свалок, что с течением времени существенно сократит или избавит большие площади от мусора.

Все отходы, которые не попадают под компостирование, переработку или сжигание, необходимо утилизировать методом захоронения на полигонах. Перед этим вся масса должна подвергаться обезвреживанию для минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

В качестве примера приведем перечень объектов, входящих в состав мусороперерабатывающего комплекса:

1. Зона сортировки отходов (в ее состав включены - приемно-сортировочное отделение с приемной площадкой под отходы и мусоро-сортировочной станцией; накопительные площадки для вторсырья);

2. Зона переработки отходов (в ее состав включены - отделение пере-работки вторсырья; накопительные площадки для готовой продукции);

3. Зона административно-хозяйственная (в ее состав включены - административно-бытовой корпус; складская зона для вторсырья; складская зона для готовой продукции; котельная; гараж; контрольно-пропускной пункт, оснащенный системой дозиметрического контроля; весовая; пункт мойки колес; контрольно-дезинфицирующая зона с устройством железобетонной ванны для дезинфекции ходовой части автотранспорта на выезде; автомойка; станции очистки загрязненных и ливневых стоков; объекты инженерной инфраструктуры (объекты и линии электроснабжения, система ливневой канализации, пожарной без-опасности и пр.); зона отдыха и озеленения и т.д.).

Помимо технических и технологических требований, лежащих в основе проектирования мусороперерабатывающих комплексов, необходимо уделять внимание объемно-пространственным и эстетическим характеристикам объектов. Создание оригинального архитектурно-художественного образа промышленного объект, в определенной степени привлечет внимание

населения к решению актуальной проблемы утилизации мусора. Таким образом, кроме производственных и административных функций, современные заводы такого типа должны включать в себя просветительскую деятельность. Помимо технологических и административных зон, должна присутствовать гостевая зона, в которую может попасть любой желающий и ознакомиться с современными принципами утилизации отходов. Также предприятие должно предусматривать безопасные пути для общественных экскурсий и деловых встреч. Такой осознанный и открытый подход к обращению с ТБО может серьезно повысить эффективность всей системы сбора, переработки и утилизации, что в дальнейшем положительно скажется на экологической обстановке города.

Как отмечено ранее, одним из самых современных способов освещения экологических проблем является оригинальная архитектура, то есть создание эффектных, привлекательных архитектурных образов для объектов промышленного назначения. Зачастую, планы по строительству новых мусороперерабатывающих и мусоросжигательных предприятий вблизи города встречают довольно сильное сопротивление со стороны населения. Отсутствие знаний о новых передовых технологиях в данной сфере и недоверие граждан к лицам, ответственным за строительство, порождают существенные препятствия. Чтобы развеять эти опасения, во многих развитых странах власти приглашают работать над проектами известных архитекторов и дизайнеров, которые с помощью архитектурной выразительности борются с данной проблемой.

Одним из важных факторов, который носит довольно негативный характер, зачастую является неприглядный вид большинства промышленных зданий. Как правило, это связано с тем, что проектирование производится без участия архитектора. Данные задачи решаются инженерами. Они, руководствуясь в первую очередь рациональностью и функциональностью,

создают довольно прямолинейные планировки и структуры, применяют типовые конструкции, что постепенно приводит к упрощению форм. Промышленное здание стало ассоциироваться с «коробкой» с большой внутренней площадью, в которую возможно уместить любое производство [8].

Однако с техническим развитием пришло понимание, что «серый» промышленный архитектурный вид может оказывать отрицательное влияние как на самих работников, так и на местное население. Люди заинтересованы в эстетическом качестве своей окружающей среды.

Современные архитекторы, помимо основополагающих факторов формирования среды, как производственные корпуса, стали использовать технологические и инженерные сооружения, обладающие архитектурным потенциалом.

Так, например, в проекте мусоросжигательного предприятий в городе Вене (рис. 2) австрийского архитектора Фриденсрайха Хундертвассера предусмотрено множество оригинальных архитектурных деталей фасада, которые создают причудливый вид и делают завод архитектурной доминантой. Благодаря смелой и оригинальной архитектурной задумке, предприятие стало одной из главных достопримечательностей города. Еще одним необычным проектом является мусоросжигательный завод в Копенгагене (рис. 3), проектированием которого занималось архитектурное бюро «BIG» под руководством известного датского архитектора Бьярке Ингельса. Промышленное здание имеет оригинальную реакционную зону в виде трассы для лыжного спуска, которая одновременно является защитным покрытием здания. Помимо развлекательной функции в мусоросжигательном предприятии предусмотрен художественный выпуск дыма в виде подсвеченных колец. Это должно заострять внимание граждан на необходимости сохранения экологии. В Европейском союзе построен еще

один мусоросжигательный завод, который своей архитектурой призывает обращать внимание на экологические проблемы. Расположен он в Дании в городе Роскилл (рис. 4). Разработкой проекта занимался голландский архитектор Эрик ван Эгерат. По задумке автора, предприятие ночью должно превращаться в сияющий маяк, который символично демонстрирует производство энергии. Периодически сияние будет усиливаться и угасать, отчего здание будет ассоциироваться с тлеющими углями [9].



Рис. 2. – Мусоросжигательный завод в Вене [9]



Рис. 3. – Мусоросжигательный завод в Копенгагене [9]



Рис. 4. – Мусоросжигательный завод в Роскилле [9]

Смелые задумки архитекторов подкреплены серьезными инженерными решениями. Созданы конструктивные решения, обладающие не только

достаточной несущей способностью, но и позволившие создать оригинальные архитектурные образы путем применения пространственных стальных конструкций, уникальных фасадных систем, обеспечивающих яркость и легкость объектов. Выбор вида конструкций покрытия подчинен форме и габаритам здания. Выбор материала конструкций зависит от особенностей технологического процесса, тех воздействий на материал, которые сопровождают его. Чаще всего это сталь и железобетон.

В статье выделены основные способы утилизации ТБО, комбинация которых существенно сокращает образование новых несанкционированных свалок и площадь использования существующих полигонов, что способствует улучшению экологической ситуации при решении вопроса утилизации отходов на территории Российской Федерации.

Помимо комплексного способа обращения с ТБО, на территории Российской Федерации необходимо решить ряд организационных задач [10]:

- разработать современную нормативную базу, используя положительный опыт западных стран;
- создать базу для раздельного сбора мусора;
- ввести жесткий и открытый контроль за экологической обстановкой;
- ввести поощрение для лиц, использующих вторсырье;
- провести воспитательную работу с населением.

Промышленные предприятия по переработке ТБО существенно развили свой функционал и прочно закрепились с городом. Современные комплексы отвечают всем экологическим требованиям и сводят к минимуму пагубное воздействие от мусора. Наряду с организационно-техническими задачами, необходимо применение смелых архитектурных решений (оригинальных образов, сформированных с использованием современных пространственных конструкций) при создании современных утилитарных

предприятий, что позволит избавиться от ассоциаций о «грязном» производстве, и, наоборот, сделать их точками притяжения во многих туристических путеводителях. Полифункциональность промышленных объектов, создание социально-открытой, архитектурно-художественной окружающей среды также привлекут население к проблеме переработки мусора и будут направлены на формирование экологической грамотности.

Литература

1. European Commission, Eurostat, The EU in the world: 2020 edition. Publications Office; 2020. URL: [doi/10.2785/732280](https://doi.org/10.2785/732280).
2. Что делать с мусором в России? // Greenpeace, 2019. URL: greenpeace.ru/wp-content/uploads/2019/10/report-RUSSIA-GARBAGE.pdf.
3. Минпромторг предложил выделить Р38 млрд на заводы по сжиганию отходов // РБК, 2021. URL: rbc.ru/business/22/12/2021/61c18eeb9a79475c009267ce.
4. Соколов Л. И., Кибардина С. М., Фламме С., Хазенкамп П. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов: монография // М.: Инфра-Инженерия, 2019. 176 с.
5. Беспалов В. И., Адамян Р. Г. Анализ основных характеристик и особенностей эксплуатации полигонов по захоронению твердых отходов потребления // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1716.
6. Bandarra B. S., Quina M. J. Municipal Solid Waste Incineration and Sustainable Development // Advances in Sustainable Energy. – Springer, Cham, 2021. 862 с.
7. Сильги К. История мусора: От Средних веков до наших дней // М.: Экология, 2011. 224 с.

8. Викторова Л. А. Архитектура промышленных предприятий в контексте современных архитектурных течений // Архитектура и строительство России, 2012. №3. С. 12-25.

9. Сазыкина Е. В. Архитектура современных утилитарных промышленных объектов городской среды на примере мусороперерабатывающих заводов и станций по очистке сточных вод // Архитектура и современные информационные технологии, 2016. №2 (35). URL: elibrary.ru/download/elibrary_28408497_67124459.pdf.

10. Зерщикова М. А. Меры борьбы с негативными экологическими последствиями в Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2010, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/243.

References

1. European Commission, Eurostat, The EU in the world: 2020 edition. Publications Office, 2020. URL: [doi/10.2785/732280](https://doi.org/10.2785/732280).

2. Chto delat` s musorom v Rossii? [What to do with garbage in Russia?]. Greenpeace, 2019. URL: greenpeace.ru/wp-content/uploads/2019/10/report-RUSSIA-GARBAGE.pdf.

3. Minpromtorg predlozhit vy`delit` P38 mlrd na zavody` po szhiganiyu otxodov [The Ministry of Industry and Trade proposed to allocate 38 billion rubles for waste incineration plants]. RBK, 2021. URL: rbc.ru/business/22/12/2021/61c18eeb9a79475c009267ce.

4. Sokolov L. I., Kibardina S. M., Flamme S., Hazenkamp P. Sbor i pererabotka tverdy`x kommunal`ny`x otxodov: monografiya [Collection and processing of solid municipal waste: monograph]. M.: Infra-Engineering, 2019. 176 p.

5. Bepalov V. I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1716.



6. Bandarra B. S., Quina M. J. Municipal Solid Waste Incineration and Sustainable Development. Advances in Sustainable Energy. Springer, Cham, 2021. 862 p.
7. Sil`gi K. Istoriya musora: Ot Srednix vekov do nashix dnei [The history of garbage: From the Middle Ages to the present day]. M.: E`kologiya, 2011. 224 p.
8. Viktorova L. A. Arxitektura i stroitel`stvo Rossii, 2012. №. 3. pp. 12-25.
9. Sazy`kina E. V. Architecture and modern information technologies, 2016. №2 (35). URL: elibrary.ru/download/elibrary_28408497_67124459.pdf.
10. Zershhikova M. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/243.