

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАЩЕНИЯ С МУНИЦИПАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

## OPTIMIZATION OF MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT AND TREATMENT SYSTEM IN THE CONTEXT OF URBAN AREAS SUSTAINABLE DEVELOPMENT

САФРАНОВ Тамерлан

SAFRANOV Tamerlan

safranov@ukr.net

Одесский государственный экологический университет,

кафедра прикладной экологии

65016, Украина, г. Одесса, ул. Львовская, 15

ГУБАНОВА Елена

GUBANOVA Elena

askoldov@ukr.net

Одесский государственный экологический университет,

кафедра экономики природопользования

65016, Украина, г. Одесса, ул. Львовская, 15

ШАНИНА Татьяна

SHANINA Tatyana

Shanina\_TP@mail.ru

Одесский государственный экологический университет,

кафедра прикладной экологии

65016, Украина, г. Одесса, ул. Львовская, 15

ПРИХОДЬКО Вероника

PRYKHODKO Veronika

vks26@ua.fm

Одесский государственный экологический университет,

кафедра прикладной экологии

65016, Украина, г. Одесса, ул. Львовская, 15

Формирование эффективной системы управления и обращения с муниципальными отходами - одна из предпосылок обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий и реализации принципов устойчивого развития, что определяет актуальность проведенных исследований. Целевой функцией концепции управления и обращения с муниципальными отходами в Одесской агломерации является минимизация влияния их на среду урбанизированной территории за счет уменьшения объемов их накопления. Основные задачи исследования заключаются в обосновании дифференциации муниципальных отходов на следующие потоки: легко разлагающиеся органические вещества; инертные минеральные крупногабаритные отходы; потенциальные вторичные материальные ресурсы; опасные отходы. Такая дифференциация позволяет увеличить ресурсоценность компонентов муниципальных отходов. Путем переадресации компонентов общего потока муниципальных отходов достигается уровень «нулевых отходов». Система обращения с отходами в этом случае должна быть организована в рамках муниципального центра рециклинга вторичных материальных ресурсов на основе модульно-поквартального принципа.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, урбанизированная территория, муниципальные отходы, обращение с отходами, управление потоками отходов.

Formation of an effective municipal waste management and treatment system – is one of the prerequisites for environmental safety ensuring of urbanized areas and implementation of sustainable development principles that determine the research relevance. The objective function of the municipal waste management and treatment concept in Odessa Agglomeration is to

minimize their impact on the urbanized area environment due to reduction of their accumulation. The main objectives of the study are grounding differentiation of municipal waste for the following streams: easily-decomposed organic material, inert mineral bulk waste, potentially recyclable material resources, hazardous waste. Such differentiation allow to increase the resource-valuable of municipal waste components. It is reached the level of «zero waste» by forwarding components of the overall municipal waste stream. Waste management system in this case should be organized within the framework of municipal center of secondary material resources recycling on the basis of district modular principle.

**Keywords:** sustainable development, urbanized area, municipal waste, waste treatment, management of waste streams.

**Statement of the problem.** The management and treatment system of municipal waste (MW) streams in urban areas includes environmental, economic and social components. Environmental component directly affects on the state of city's population health, on the attractiveness of the area for habitation, on quality of visual environment etc. The economic component is expressed in the specific of that part of urban infrastructure, which is the main source of MW generation. Since it is impossible to imagine the absolute autonomy of the municipality, it is inevitable problem of incoming intersystem flows of MW. Due to this, the topical issue of forming a regionally closed systems, calling, at least, to limit the flow of the MW (containers, packaging, old cars, electrical equipment waste etc.) from the outside is become actual, and the creation of effective economic mechanisms for this. Sustainability of urbanized areas (systems) depends on the stability of its population and other demographics indexes. There is a direct correlation between population density and the amount of generated waste, and, as a result, the volume of their accumulation. State of MW treatment system is largely determined by cultural and educational level of the population.

**Постановка проблемы.** Система управления и обращения с потоками муниципальных отходов (МО) на урбанизированных территориях включает в себя экологическую, экономическую и социальную составляющие. Экологическая составляющая непосредственно отражается на состоянии здоровья городского населения, на привлекательности территории для проживания, на качестве визуальной среды и т.д. Экономическая составляющая выражается в специфике той части городской инфраструктуры, которая является основным источником генерации МО. Поскольку невозможно представить абсолютную автономность муниципального образования, то неизбежно возникает проблема поступления межсистемных потоков МО. В этой связи актуальным становится вопрос формирования регионально замкнутых систем, призванных, по крайней мере, ограничить поступление части МО (тара, упаковка, старые автомобили, отработавшее электронное и электрическое оборудование и пр.) извне, и создания для этого эффективных экономических механизмов. Устойчивость урбанизированных территорий (систем) зависит от устойчивости численности его населения и других демографических показателей. Существует прямая зависимость между плотностью населения и количеством образующихся отходов, и, как следствие, объемами их накопления. Состояние системы обращения с МО во многом определяется и культурно-образовательным уровнем населения.

**Оптимизация системы обращения с муниципальными отходами.** Урбанизированные территории являются неустойчивыми природно-антропогенными системами, состоящими из архитектурно-строительных объектов и резко нарушенных естественных экосистем; при определённой степени урбанизации территория города теряет системные черты и становится природно-асистемной [1]. Устойчивость урбанизированной территории зависит не только от внутрисистемных факторов, но и от внешних факторов, поскольку любая система является элементом более сложных систем. Степень устойчивости урбоэкосистем (УЭС), определяемая экологическими и

социальноэкономическими факторами тем выше, чем меньше её зависимость от внешних факторов. Среди внутрисистемных индикаторов в урбанизированных территориях Западной Европы выделяются следующие группы: 1) индикаторы, сфокусированные на городскую модель (численность населения, использование территории, площадь заброшенных земель, обновление городских районов, мобильность города); 2) индикаторы потоков (потребление воды и отведение сточных вод, энергия, перевозка грузов, производство, обработка, размещение и утилизация отходов); 3) индикаторы качества окружающей среды (качество воды и воздуха, шум, безопасность транспорта, жилищные условия, доступность рекреационных зон и качество дикой природы) [2].

Известно, что важнейшей способностью любой природной экосистемы является накопление ресурсов и избавление от отходов, что служит показателем ее нормального функционирования. Чем меньше потребляется ресурсов и чем больше производится полезной продукции, тем более продолжительное время поддерживается равновесное состояние природной экосистемы. Наличие трофических связей между составляющими биоценозов, когда продукты жизнедеятельности одних организмов утилизируются другими, обеспечивает биогеохимическую цикличность и безотходность «биологического производства». В природно-техногенных системах эти условия нормального функционирования нарушаются, следовательно, стремление к организации безотходного производства, противоречащее второму началу термодинамики, может рассматриваться лишь гипотетически. Поскольку самоочищающие способности природных сред ограничены, то для уменьшения количества отходов необходимо минимизировать отходообразование в процессах производства и потребления и/или эффективно осуществлять рециклинг отходов. Кроме социально-экономической выгоды при этом снижается нагрузка на природные экосистемы веществами, которые, как правило, не подвергаются процессам биодеградации. Проблема МО является весьма актуальной для Одесской промышленно-городской агломерации (ПГА), которая простирается вдоль побережья северозападной части Чёрного моря на 120 км.

Одесская ПГА состоит из городов Одесса (областной центр), Белгород-Днестровский, Ильичевск, Теплодар, Южный и населённых пунктов прилегающей территории. Численность населения – 1546,6 тыс. чел., площадь – 9780 км<sup>2</sup>, плотность населения – 158,1 чел./км<sup>2</sup>. В пределах Одесской ПГА, где проживает около половины населения Одесской области Украины, в течение года накапливается около 1 млн. т МО.

Возрастающие объемы отходообразования являются одной из составляющих прогрессирующей антропогенной нагрузки и ухудшения качества окружающей среды. В то же время в Одесской ПГА практически нет системы раздельного сбора и рециклинга МО, поэтому их большая часть удаляется на полигоны, санитарное состояние которых не отвечает требованиям экологической безопасности. Возможности для создания новых полигонов из-за специфических геолого-гидрогеологических условий и дефицита земельных ресурсов ограничены. Степень утилизации МО незначительна, хотя имеются мощности для переработки макулатуры, отходов пластмасс, стекла и текстиля, изношенных шин. «Программой обращения с твёрдыми бытовыми отходами в Одесской области на 2013-2017 годы» предусмотрено сооружение новых полигонов, внедрение сортировочных комплексов, строительство мусороперерабатывающего завода и пр., но нет целостного подхода к созданию эффективной системы управления и обращения с МО. Эффективное регулирование процессов образования и накопления МО с достижением уровня «нулевых отходов» позволяет уменьшить влияние внешних факторов, поскольку отпадает необходимость создания и расширения площади полигонов МО, и, тем самым, возрастает значимость одного из факторов, связанного с внутренними воздействиями, что является наиболее важным для любого муниципального образования.

К основным факторам образования МО в Одесской ПГА относятся: высокая плотность населения; рост покупательной способности населения; ежегодное увеличение количества

неорганизованных рекреантов; увеличение количества объектов мелкой торговли и питания, а также индустрии развлечений.

Основными факторами накопления МО являются: концентрация населения (существует прямая зависимость между плотностью населения и количеством образующихся отходов, и, как следствие, объемами их накопления); стоимостный фактор.

К сожалению, МО остаются дешевым ресурсом, поскольку их стоимость включена в цену конечного продукта. Следовательно, согласно рыночной логике, спрос на МО, как сырьевой ресурс, должен быть максимальным. Однако, из-за консервативности мышления производителя, достаточно низких цен на первичное сырье, применения технологий и оборудования, ориентированных на использование природных ресурсов, усиления корпоративных интересов, некондиционности компонентов отходов и ряда других причин, крайне низкая цена компонентов МО не стимулирует спрос на их привлечение в техногенный круговорот. В связи с этим уместно допустить, что на процессы накопления МО существенное влияние оказывает стоимостный фактор. В то же время известно, что принцип залоговой стоимости в обороте пищевой тары, использующийся в некоторых странах, когда цена пустой бутылки составляет от 15 до 23% стоимости товара, обеспечивает снижение количества этой категории бытовых отходов на 70%. Диапазон цен на МО может быть достаточно широким: от «нулевой» стоимости, когда расходы на их утилизацию значительно превышают размеры платежей за их размещение, до цены, которая соответствует стоимости природного ресурса (при дефиците последнего). Очевидно, разработка адекватного механизма стоимостной оценки МО позволит ускорить решение проблемы отходонакопления.

На процессы, связанные с накоплением МО, влияет также инструментальный фактор, характеризующий степень обеспеченности субъекта хозяйственной деятельности техникой и технологиями, с помощью которых экономически целесообразно заниматься переработкой и утилизацией МО. Низкий уровень развития соответствующей материально-технической базы и технологического потенциала обуславливает рост накопления отходов и наоборот. Чем выше уровень обеспеченности общества технологиями и оборудованием по переработке и утилизации МО, тем меньше объемы их накопления.

В сложившейся ситуации, актуальным представляется создание альтернативной системы обращения с МО, позволяющей сохранить их компоненты как вторичные материальные ресурсы (ВМР) и достичь уровня «нулевых отходов». Этим требованиям соответствует концепция обращения с МО, в основу которой положен принцип дифференциации потоков отходов [3-9].

Учитывая тот факт, что образование и накопление МО являются процессами, происходящими в пространстве и во времени, методология управления и обращение с ними должна основываться на логистическом подходе. Целевой функцией концепции управления и обращения с МО в Одесской ПГА является минимизация влияния их на среду урбанизированной территории за счет уменьшения объемов их накопления. При ее достижении снижется экологоэкономический ущерб, обусловленный накоплением отходов, создаются рабочие места в сфере обращения с отходами, выделяется вторичное сырье для получения биогаза, биогумуса и другой целевой продукции, пополняется бюджет за счет субъектов хозяйствования, занятых в системе обращения с отходами, возрастает инвестиционная привлекательность и т.д. Индикаторами контроля достижения поставленных задач могут быть:

- сокращение объемов отходов, вывозимых на свалки, т или мЗ;
- сокращение количества несанкционированных свалок, шт.;
- использование рекультивированной территории полигонов МО в хозяйственных целях, м2;
- количество занятых в системе обращения с МО, чел;

- количество квалифицированных специалистов в сфере управления и обращения с МО чел;
- количество полученных ВМР, т или мЗ;
- объем биогаза, полученного из МО, тыс. мЗ;
- объемы произведенного биогумуса, т;
- размеры налоговых поступлений в бюджет, тыс. грн. (\$);
- выделение в структуре налогообложения раздела экологически обусловленных платежей;
- размер капитала, инвестированного в природоохранные инновации в сфере обращения с ТБО, млн. грн. (\$);
- количество заказов на природоохранное оборудование, размещенных на предприятиях региона, шт.;
- доля сокращения использованного первичного сырья, т, мЗ, грн.

В последние годы резко возросло количество отходов электрического и электронного оборудования, причем образование электронных отходов, содержащих опасные компоненты (тяжелые металлы, стойкие органические загрязняющие вещества и т.п.), происходит намного быстрее генерации других видов отходов. Если в странах с развитой экономикой утилизируется до 80% электронных отходов, в Украине система сбора и переработки находится пока в зачаточном состоянии.

Кроме того, дифференциация МО пока не предусматривает выделения специфичной составляющей – непригодных для эксплуатации автомобилей. По данным на 01.01.2008 г. автомобильный парк Одессы насчитывал 206 191 единиц (в т.ч. легковых автомобилей - 184 428, автобусов – 4 127, количество частных автомобилей – 185 097). В 2012-2013 гг. средний возраст автомобилей составлял 18 лет, а на автомобили старше 10 лет приходилось примерно 70 % от общего количества.

В сложившейся ситуации необходимы неотложные меры по созданию системы обращения с отходами электронного и электрического оборудования, отработавшими автомобилями и их ресурсоценными компонентами, которые легко реализуются при осуществлении логистического подхода. В рамках логистического подхода составляющие МО целесообразно рассматривать в виде следующих потоков:

- 1) легко разлагающиеся органические вещества (пищевая органика, садово-парковые отходы, уличный смет);
- 2) инертные минеральные крупногабаритные отходы (строительный мусор);
- 3) потенциальные вторичные материальные ресурсы: крупногабаритные предметы домашнего потребления (старая мебель, бытовая техника, отслужившее электронное и электрическое оборудование, отработавшие автомобили); отходы контейнерного сбора (разнообразная тара и упаковка, макулатура, текстиль, металлы, стекло, кожа, резина и т.п.);
- 4) опасные отходы (медицинские отходы, ртутные лампы, батареи, аккумуляторы).

Принцип дифференциации потоков МО, положенный в основу пространственно-временной конфигурации системы организационных мероприятий по снижению их негативного действия на городскую среду, реализуется таким образом:

- 1) на начальном этапе жизненного цикла от общего потока отходов отделяется поток, идентифицирующийся как легко разлагающаяся органика; поток структурируется в зависимости от места образования (тип жилого дома, объект городской инфраструктуры);
- 2) на этой же стадии обращения из общего потока МО отводится поток инертных минеральных крупногабаритных отходов, образующихся при проведении строительных и ремонтных работ в домашнем хозяйстве и на объектах городского подчинения;
- 3) поток потенциальных ВМР, генерирующийся в результате жизнедеятельности городского населения и хозяйственной деятельности объектов инфраструктуры, распределяется по составляющим: а) старая мебель, бытовая техника и т.п. направляются в специализированные организации для подетальной разборки с последующей

утилизацией; б) тара и упаковка, макулатура, текстиль, металлы, стекло, кожа, резина собираются в передвижные контейнеры и вывозятся для последующей переработки;

4) поток опасных отходов, образующихся в домашнем хозяйстве и на объектах инфраструктуры города, выделяется из общего потока ТБО с помощью организации адресного сбора компонентов потока.

Известно, что качество ресурсоценных фракций МО существенно ухудшается под действием ряда факторов, например, в результате смешивания с легко разлагающимися органическими отходами. Для предотвращения снижения качества составляющих МО отделение органической компоненты должно происходить в минимально короткие сроки после ее образования. Возможны три варианта достижения необходимого условия:

- 1) отделение легко разлагаемой органики от общего потока происходит в момент образования данной фракции посредством ее измельчения в диспозитере с последующей переадресацией в систему канализации (высотные дома и дома повышенной комфортности, объекты городской инфраструктуры);
- 2) извлечение легко разлагаемой органики осуществляется за счет компостирования, сбраживания и/или вермикюльтивирования по месту образования (дома частного сектора);
- 3) выделение органической фракции из общего потока МО производится путем организации «раздельного сбора» по месту образования с переадресацией на предприятия по промышленному производству биоорганической продукции (для любого типа селитебного района, но наиболее целесообразна в районах типовой застройки).

Управление дифференцированными потоками многовариантно, поэтому разработан комплекс управленческих решений, основанный на принципах альтернативного принуждения, материальной заинтересованности, экономической целесообразности и осознанной безопасности и дающий варианты при выборе способа обращения с этими потоками [6].

Сравнительный анализ результативности распространенных технологий обращения с МО и альтернативного варианта обращения с МО Одесской ПГА показал, что при переходе от переработки общего потока отходов на мусороперерабатывающих заводах к дифференциации потоков, объемы мусора, вывозимые на объекты размещения отходов, уменьшаются и достигают нулевого значения [5, 7]. Система обращения с МО в этом случае должна быть организована в рамках муниципального центра рециклинга ВМР на основе модульно-поквартального принципа. В состав центра целесообразно включить координирующую административную группу, склад-накопитель вторичных материальных ресурсов и транспортный цех. Основным структурным элементом центра рециклинга должен стать пункт рециклинга, расположенный на месте одной из внутриквартальных контейнерных площадок и состоящий из 5 секций (модулей):

- 1) приема отделенных легко разлагающихся органических отходов;
- 2) приема и сортировки стабилизированных потенциальных вторичных материальных ресурсов;
- 3) аналогичная пункту приема вторсырья, в которой на платной основе осуществляется прием отдельных фракций потока МО, отсортированных населением;
- 4) приема и разборки крупногабаритных отходов;
- 5) сбора фракций опасных компонентов МО.

Легко разлагающиеся органические отходы, не содержащие инородных и/или опасных компонентов, по мере накопления в специальных контейнерах, вывозятся на предприятия по производству биоорганической продукции для получения высококачественной (ликвидной) биоорганической продукции (биогаз, компост, кормовые белки и т.д.).

Рассортированные фракции МО, стабилизированные в результате отделения легко разлагающихся органических отходов (т.к. предотвращено развитие процессов гниения, размокания и т.д., т.е. предотвращена потеря ресурсоценных свойств компонентов МО), после прессования в небольшие тюки (до 40 кг), совместно с подетально разобранными

крупногабаритными отходами, направляются на склад-накопитель либо переадресовываются непосредственно потребителям.

Фракция опасных отходов в соответствующей таре направляется на специализированные предприятия по обезвреживанию опасных промышленных отходов.

Таким образом, в результате предложенного способа переадресации компонентов общего потока МО достигается уровень «нулевых отходов». Нами предложена технологическая схема двухэтапной переработки легкоразлагающейся органической фракции МО, избыточного (отработанного) активного ила городских очистных сооружений (при отсутствии в его составе токсичных, опасных и нежелательных компонентов) и легкоразлагающихся органических отходов предприятий пищевой промышленности, как в виде смеси, так и в виде индивидуальных отходов [8]. На первом этапе один вид легкоразлагающихся органических отходов (или их смесь) подвергается анаэробной ферментации с получением двух ликвидных продуктов: твердого продукта ферментации (органоминерального удобрения) и биогаза. При наличии потребителей на все количество полученного органического удобрения второй этап переработки можно не проводить. При отсутствии спроса на твердые продукты ферментации, они подлежат переработке на втором этапе технологического процесса. В результате процесса компостирования, которое проходит в аэробных условиях, уменьшается масса твердых продуктов ферментации, при этом получают один ликвидный целевой продукт - компост. Возможности этого способа обращения с легкоразлагающейся органической фракцией МО рассмотрены в условиях г. Белгород-Днестровский (части Одесской ПГА), где масса сырья для 1-го этапа утилизации (анаэробной ферментации) формируется за счет трех составляющих: легкоразлагающейся органической фракции МО; органическая составляющая промышленных отходов; избыточный активный ил городских очистных сооружений.

Формирование системы организационных мероприятий по обращению с МО, ориентированных на использование рыночных форм организации природоохранной деятельности, предусматривает возможность адаптации известных организационно-экономических инструментов ведения хозяйства к сфере рационального природопользования. В качестве таковых могут рассматриваться лизинг, концессии и аутсорсинг [7, 9].

**Выводы.** В свете вышеизложенного создание эффективной системы управления и обращения с МО - одна из предпосылок обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий и реализации принципов устойчивого развития. В условиях растущего дефицита сырьевых ресурсов проблема обращения с МО становится одним из важнейших направлений ресурсосбережения. Комплексное использование МО с получением полезных продуктов способно обеспечить реализацию стратегии природоохранной регуляции в условиях рыночных трансформаций.

**Conclusions.** Owing to the foregoing, the creation of an effective MW management and treatment system – is one of the prerequisites for environmental safety ensuring of urbanized areas and the implementation of sustainable development principles. In the conditions of growing scarcity of material resources the MW treatment problem is becoming one of the most important areas of resource saving. Integrated use of MW with giving of useful products is able to implement a strategy of environmental regulation in terms of market transformations.

**Литература:** 1. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.:Мысль, 1990. – 637 с. 2. European Sustainable Cities. Report by the Expert Group on the Urban Environment. European Commission, Directorate General XI, Brussels, March 1996. – P. 8. 3. Сафранов Т.А., Губанова Е.Р., Шанина Т.П. Принципы обращения и управления потоками твердых бытовых отходов в Одесской агломерации // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2005. – № 1. – С. 5-11. 4. Сафранов Т.А., Губанова Е.Р.,

Шанина Т.П. Эффективная система обращения и управления твердыми бытовыми отходами – атрибут устойчивого развития регионов Украины // Мат. Всеукраїнської наук.-практ. конф. з екологічних проблем сталого розвитку України/ – Київ, 2006. – С. 45-53. 5. Сафранов Т.А., Губанова Е.Р., Шанина Т.П. Усовершенствование системы обращения с твердыми бытовыми отходами для достижения уровня «нулевых отходов» // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. – вип. 50, ч. 1. – С. 354-360. 6. Сафранов Т.А., Губанова Е.Р., Шанина Т.П., Бондаренко В.Н. Логістика поводження с вуглецевомістким компонентом загального потоку твердих побутових відходів // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. – вип. 50, ч. 1. – С. 323-327. 7. Сафранов Т.А., Губанова Е.Р., Шанина Т.П., Кориневская В.Ю. Реализация принципа «нулевых отходов» на муниципальном уровне // III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2011). – Вінниця: ВНТУ, 2011. – Т.1. – С.20-23. 8. Сафранов Т.А., Губанова Е.Р., Шанина Т.П., Кориневская В.Ю. Підвищення ефективності поводження з окремими складовими загального потоку муніципальних відходів // Збірник мат. II-го Міжнародного конгр. «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування». – Львів: ЗУКЦ, 2012. – С. 137. 9. Управління і поводження з відходами: Підручник / за ред. Сафранова Т.А., Клименко М.О. – Одеса: ТЕС, 2012. – 272 с