

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С МУНИЦИПАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ МЕГАПОЛИСА: МИРОВОЙ ОПЫТ

В.Б. Алексеенко<sup>1</sup>, Н.Ю. Сопилко<sup>1</sup>,  
С.М. Лисицкая<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра инженерного бизнеса и управления предприятием  
Инженерный факультет  
Российский университет дружбы народов  
*ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 117923*

<sup>2</sup>Кафедра экологии  
Национальный горный университет  
*пр. К. Маркса, 19, Днепропетровск, Украина, 49005*

Проанализированы мировые тенденции проблемы загрязнения окружающей среды муниципальными отходами. Рассмотрены способы управления такими отходами в разных странах, проведено сравнение существующих путей переработки отходов в отдельных странах, включая Россию, а также описаны эколого-экономические особенности решения данной проблемы. Выявлены факторы, сдерживающие ухудшение экологической ситуации и способствующие развитию передовых технологий по переработке отходов в минимизации их влияния на состояние общей экологической обстановки.

**Ключевые слова:** система управления отходами, способы переработки, муниципальные отходы, мегаполис, мировой опыт.

Современная интенсификация научно-технического прогресса, его воздействие на окружающую среду привело к возникновению целого ряда экономических, экологических и социальных проблем. Конфликтные взаимоотношения между природой, человеком и обществом ставят под угрозу сохранение устойчивого развития сложной системы биосферы, выживание человечества в условиях ограниченности сырьевых ресурсов и приводит к росту социальной напряженности. Такая кризисная ситуация может восприниматься как обратимое состояние экосистемы, в которой человек является активным компонентом, способным предотвратить последствия экологических нарушений. Однако следует понимать, что постоянно накапливаемые изменения способны трансформироваться в необратимый катастрофический процесс, приводящий к гибели всего живого на Земле [1]. Примером природных катастроф служит глобальное потепление, которое может стать причиной таяния ледников и повышения уровня моря с возможным затоплением огромных территорий, расположенных ниже данного уровня. Аналогичными являются результаты хозяйственной деятельности человека, вызывающие рост содержания в атмосфере углекислого газа, метана (парниковый эффект, озоновые дыры и т.д.), беспрепятственно пропускающих солнечное излучение сквозь атмосферу и задерживающих собственное тепловое излучение Земли (исчерпаемость ресурсов и их невозполнение).

Возможность перехода к устойчивому развитию экономики нашей страны требует формирования эффективных механизмов природоохранного регулиро-

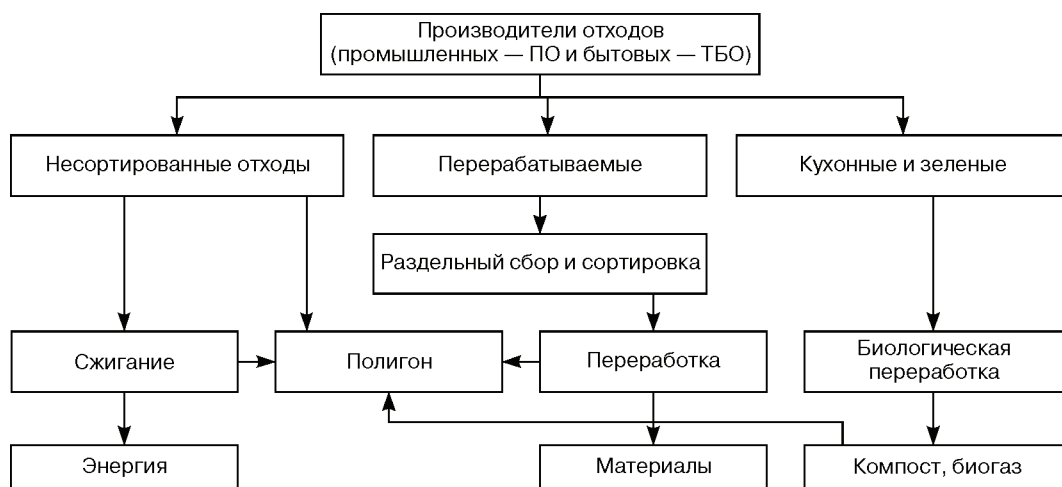
вания, которые предполагают использование новых ресурсосберегающих и экологически чистых технологий, т.е. использование эколого-экономического подхода [2].

Существует мнение, что глобальные экологические нарушения, которые проявляются в изменении характеристик природной среды в масштабах всей планеты, с большим трудом поддаются реабилитации. Локальные экологические нарушения чаще всего связываются с повышением уровня загрязнений отходами различного происхождения за счет одного или нескольких местных источников, способны поддаваться воздействию, предотвращению различными мерами административного или экономического характера (совершенствование технологического процесса переработки отходов на предприятии, оптимизация процесса обезвреживания отходов вне производства, утилизация с использованием подходов экологической логистики и т.д.) [3; 4].

### **Способы решения эколого-экономических проблем**

В настоящее время в мире существует целый ряд способов решения проблемы отходов: их захоронение на полигонах; термическое обезвреживание отходов; раздельный сбор, переработка и вторичное использование отходов.

Общая схема управления твердыми отходами представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Система управления отходами

Проблематичность промышленной переработки ТБО состоит в сложности морфологического состава. Пока еще не существует единого мнения, какая из технологий переработки, столь разных по своему составу материалов, содержащихся в ТБО, на сегодня является более рациональной. Так, существенное развитие в мире получила технология селективного сбора компонентов ТБО: стекла, макулатуры, полимерных и металлических бутылок и банок, пищевых отходов. Раздельный сбор таких отходов осуществляют в специальные контейнеры, которые расположены в местах сбора ТБО, в жилых районах, у магазинов, торговых точек, в зонах отдыха. Даже стеклотару из белого и темного стекла собирают в различные кон-

тейнеры. Кроме того, существует система приемных пунктов, в том числе автоматов, для приема металлических банок на платной основе. В большинстве европейских стран предварительную сортировку ТБО проводит население в специальные мешки, ящики. Вывоз отходов осуществляется предприятиями коммунального хозяйства или перерабатывающими заводами. Рассортированные отходы из контейнеров легко подвергаются переработке [5].

На предприятиях по переработке твердых отходов их, как правило, измельчают в молотковых, ножевых дробилках, ударно-отражательных мельницах, на рифленых вальцах, затем отсеивают с применением барабанных и вибрационных сит, проводят сепарацию, извлекая из ТБО полезные компоненты (металл). Аналогично решаются задачи по переработке промышленных отходов Их обработку проводят в местах образования отходов, что значительно сокращает затраты на погрузочно-разгрузочные работы, снижает безвозвратные потери при их перевалке и транспортировке и высвобождает транспортные средства.

Достаточно распространенным способом обезвреживания отходов во всем мире является мусоросжигание. Этот способ широко используется в странах с умеренным климатом и небольшим количеством ветреных дней в году, к таким странам можно отнести и Россию. Передовой страной в этой области выступает Япония, использующая принципы экологичности. В России используется лишь 1% ТБО [6]. В нашей стране система сортировки отходов населением практически не действует, отсутствует применение селективного сбора мусора, являющееся неизбежным условием проведения рециклинга. Для успешного управления отходами, очевидно, следует перенимать опыт, механизмы и технологии зарубежных стран.

В ряде индустриально развитых стран Европы термическое обезвреживание отходов является практически безальтернативным способом их утилизации, так как федеральные законы запрещают вывоз на полигоны тех отходов, в которых содержание органических веществ составляет более 5%. Именно поэтому в последние годы в странах ЕС, США и Японии прослеживается общая тенденция к расширению строительства новых и реконструкции существующих заводов по термической переработке отходов с выработкой тепловой и (или) электрической энергии [7]. Однако при этом происходит серьезное загрязнение атмосферы, поскольку процесс сжигания сопровождается образованием дымовых газов, содержащих большое число взвешенных частиц (зола, сажи, пыли, мелких не догоревшие частицы мусора), а также газообразных токсичных продуктов неполного сгорания (оксиды углерода, серы, азота, сероводород, хлористый водород, а также сверхтоксичные для всех видов живых организмов вещества — диоксины).

Бытовые и промышленные отходы и содержащуюся в них биомассу следует считать приоритетным возобновляемым источником энергии. Поэтому наряду со сжиганием мусора актуальным сегодня стал метод обезвреживания бытового мусора путем биологической переработки с получением компоста и биотоплива. Биотехнологический процесс компостирования органических отходов проводится с участием мезо-термофильных микроорганизмов в аэробных условиях (при доступе воздуха). В таком режиме возможна поддержка организации естественного круговорота веществ в природе. В нашей стране и за рубежом компосты применяются в пригородном овощеводстве, сельском хозяйстве, при озеленении городов

и т.д. Альтернативное топливо — биогаз на основе биомассы отходов получают путем анаэробного процесса метанового брожения.

В последнее время для утилизации ТБО стали широко использовать пиролиз — термический метод разложения материалов отходов при недостатке или отсутствии кислорода, в ходе которого сложные вещества расщепляются на более простые с образованием трех видов продуктов: топливный газ, битумная смола и твердые углеродистые соединения (пирокарбон).

К сожалению, в России, согласно литературным данным, самым дешевым и наиболее распространенным остается способ утилизации отходов путем захоронения на свалках и полигонах, большинство из которых, как правило, не отвечает природоохранным требованиям [6]. Это приводит к необратимым процессам локального экологического загрязнения. Кроме того, ежегодно безвозвратно теряется 9 млн т макулатуры, 1,5 млн т черных и цветных металлов, 2 млн т полимерных материалов, 20 млн т пищевых отходов, 0,5 млн т стекла. Полигоны занимают значительные территории земельных ресурсов, общая площадь которых составляет около 10 тыс. га. Многие свалки уже заполнены или близки к заполнению, а строительство новых связано с определенными трудностями, особенно в крупных городах и вблизи водоемов.

Установлено, что верхнем слое отходов на глубине до 3 м обезвреживание завершается через 12—25 лет. В более глубоких слоях этот процесс протекает еще медленнее — 50 и даже 100 лет. Некоторые составляющие мусорной массы разлагаются еще дольше либо вообще не поддаются разрушению, даже если находятся на поверхности земли [8].

В этой связи в отличие от нашей страны в Европе по данным Eurostat, в 2009 г. в 27 государствах — членах ЕС было переработано 24% муниципальных отходов, из которых получено вторичное сырье или компост (рис. 2).

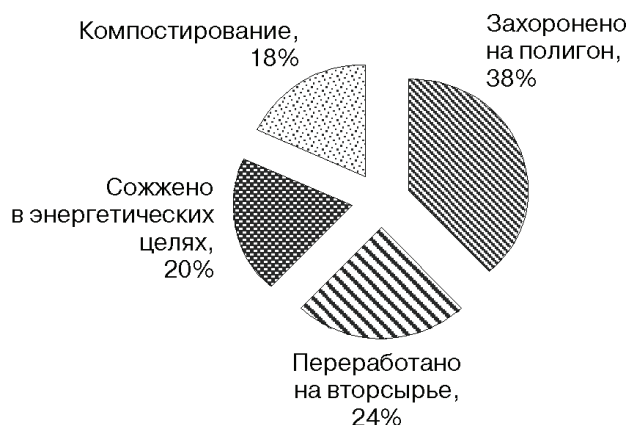


Рис. 2. Управление отходами в странах ЕС

Безусловно, количество муниципальных отходов, используемых в качестве вторичных материальных ресурсов, экологически и экономически целесообразно увеличивать. Однако трудности таких мероприятий связаны с целым рядом объективных причин, основной из которых является сильно варьирующее в разных странах количество образовавшихся отходов на душу населения (начиная от 306 кг

в Греции и кончая 802 кг в Дании), что объясняется различными структурой потребления и подходами к сбору статистической информации. Кроме того, некоторые страны включают в показатели муниципальных отходов также данные об отходах, образующихся на предприятиях малого бизнеса и в государственных учреждениях.

Если проанализировать статистические данные (eurostat\_newsrelease, 08.03.2011), то наиболее высокие показатели экологически и экономически направленной переработки муниципальных отходов имеют развитые страны ЕС (табл. 1). Лидером по переработке муниципальных отходов выступает Германия — 48% и сжигает 34%. Сжигается отходов больше всего в Швеции и Швейцарии — 49%. При этом в энергетических целях среди европейских стран наименьшие показатели наблюдаются в Дании — 5%, в Бельгии и Люксембурге — 3%. Число стран — членов ЕС, где термической обработке подвергается менее 1% отходов, составляет порядка десяти [9].

В некоторых зарубежных странах пищевые отходы технологически отделяются на стадии их образования. Так, например, в США, никто не выбрасывает органическую массу в мусорное ведро, поскольку под каждой мойкой оборудован измельчитель пищевых отходов. В Германии дома целых кварталов оборудованы системами отсеивания, улавливания такого рода отходов. На их основе производится энергоноситель — биогаз для автономного подогрева воды в отдельных домах [10].

Таблица 1

**Уровень переработки муниципальных отходов потребления в странах ЕС (% , 2009)**

Страны ЕС	Переработка	Сжигание	Компостирование	Захоронение
Германия	48	34	14	0
Бельгия	36	35	24	5
Швеция	36	49	14	1
Швейцария	34	49	17	0
Ирландия	32	39	4	62
Нидерланды	32	39	28	1
Словения	34	1	2	62
Дания	34	<b>48</b>	14	4
Франция	18	34	16	32
Болгария	0	0	0	<b>100</b>
Румыния	1	1	0	99

Экологические организации всего мира призывают прекратить строительство мусоросжигательных заводов и перенимать опыт зарубежных стран (Германия, Бельгия), в которых налажена работа мусороперерабатывающих заводов, и которые сталкиваются с проблемой нехватки мусора, налаживая импорт отходов из соседних стран Европы [11].

Кризисная ситуация, связанная с утилизацией мусора, является острой для многих стран и городов мира. Решение этой проблемы сегодня требует немедленных действий, поскольку она может превратиться в необратимую. Так, например, в столице Китая, как и во многих других мировых мегаполисах, в связи с быстрыми темпами роста количества населения растут и отходы (ежедневно образуется 18 тыс. т ТПО и ТБО). При дальнейшем увеличении этого показателя ежегодный прирост мусора будет составлять 8%, и к 2015 г. его количество достигнет 12 млн т.

Зарегистрированные в Пекине 13 свалок, две из которых уже закрыты из-за переполнения, утратят способность перерабатывать и утилизировать городской мусор через 4 года. На строительство нового полигона, который будет соответствовать строгим экологическим требованиям (изыскание новых территорий, расположение их на расстоянии не менее чем в 500 м от жилых массивов, обеспечение защиты подпочвенных вод с учетом климата и направления ветра и др.), потребуется 5—6 лет [12].

Проблемная ситуация сложилась и в странах ближнего зарубежья. Так, в Казахстане на протяжении многих лет отходы мегаполиса г. Алматы для переработки вывозились на Карасайский полигон, где предусматривались системы сбора и отвода фильтрата и получение биогаза. Устаревшее, изношенное оборудование не обеспечивало выполнения заданной программы: возникали очаги самовозгорания, через ограждающие дамбы просачивался фильтрат. Введенные новые мощности мусороперерабатывающего завода, предусматривающие отдельный сбор отходов, не смогли снизить нагрузку на полигон (недостаточная информированность и подготовка населения к новшеству, неэффективное использование контейнеров и всей системы).

В Узбекистане основным направлением обращения с ТБО в настоящее время является их полное депонирование на специальных свалках с общей занимаемой площадью порядка 2 тыс. га. Не решаются эколого-экономические вопросы о возможном возвращении в оборот ценных сырьевых ресурсов и последствиях загрязнения природной среды.

В столице Киргизии предпринимались определенные шаги по организации селективного сбора отходов — в 2003 г. была апробирована схема отдельного сбора мусора. На территории одного из микрорайонов г. Бишкека были организованы пилотные площадки по сбору и сортировке пищевых отходов, макулатуры, полимерных материалов и др. Однако пока это только проектные разработки.

В Украине с 2008 г. была начата работа по проектированию отдельного сбора ТБО и получения на его основе вторичного сырья, пригодного для использования. В нескольких районах г. Киева около каждого контейнера устанавливался дополнительный контейнер со специальной крышкой желтого цвета и информационной наклейкой. Он предназначался для сбора использованных изделий из пластика, бумаги, стекла и металла. Большинство жителей с пониманием воспринимали новшество. Даже в тех домах, где установлены мусоропроводы, жители выносили подлежащие вторичной переработке отходы во двор. Отдельно собранные отходы доставлялись на мусоросортировочный комплекс, сортировались по фракциям и упаковывались в тюки. Объемы отходов при этом значительно снизились.

С эколого-экономических позиций сложившийся в Украине механизм обращения с отходами имеет ряд характерных черт. Предприятия — производители отходов несут здесь как бы двойную нагрузку: осуществляют платежи за размещение отходов независимо от затрат, связанных с удалением отходов — их сбором, транспортировкой, обработкой, содержанием объектов хранения и др.; оплачивают по тарифу услуги по их приемке и захоронению на объектах централизованного удаления. Сформировавшаяся на Украине система отходной утилизации

базируется именно на плате «за образование отходов», которая основывается на наличии экологического риска, то есть ущерба для окружающей среды [9].

В последние годы селективный сбор отходов внедряется и в столице Белоруссии Минске. Об этом свидетельствуют наличие соответствующих контейнеров на улицах города, появление стационарных и передвижных приемных пунктов. Согласно статистике, в 2004 г. общий объем образующихся ТБО в Минске составлял 2,29 м<sup>3</sup> на одного жителя, а по прогнозам — к 2015 г. он составит 2,84 м<sup>3</sup>. Сегодня в некоторых городах Белоруссии имеются предприятия, которые могут перерабатывать отдельные виды коммунальных отходов: в Могилеве — завод по переработке ПЭТ-бутылок мощностью 28 тыс. т в год, принимающий эти отходы в прессованном виде; в Гомеле и Елизове — стеклозаводы. Также планируется строительство сортировочных станций.

Кроме того, в крупных городах остро стоит проблема перегруженности автомобильных дорог, отсутствие системы контроля, регламентирующего график движения спецтранспорта до полигона, поэтому возникает много несанкционированных свалок и на территории города, и за его пределами. В частном секторе сложилась также неблагоприятная ситуация: нередко бытовые отходы вообще не вывозятся, отсутствуют контейнеры для сбора ТБО или их количество недостаточно.

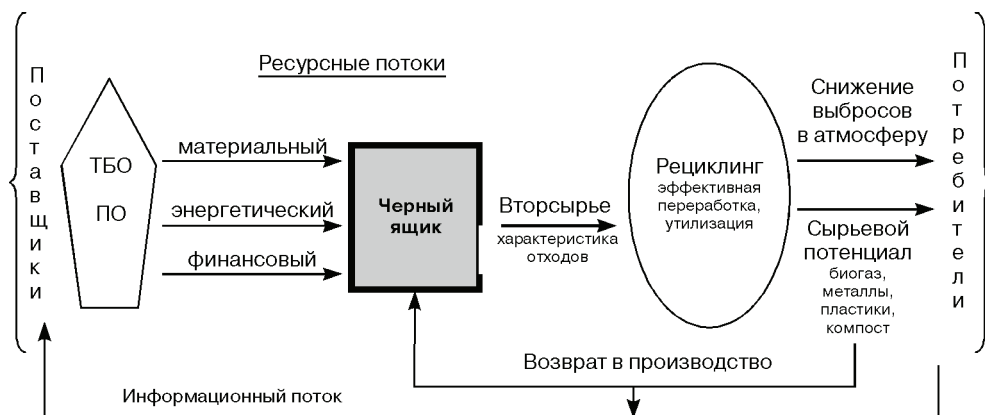
В России по состоянию на начало 2010 г. существует 11 тыс. полигонов и свалок; 4 действующих мусоросжигательных завода; 5 мусороперерабатывающих заводов; 39 мусоросортировочных комплексов; более 1000 организаций по вывозу ТБО [7]. В нашей стране система сортировки ТБО практически не действует ввиду сложившегося менталитета населения и его неосведомленности, отсутствия пропаганды и т.д. Для успешного управления отходами следует перенимать опыт, механизмы и технологии зарубежных стран, в том числе подготавливать население для использования специальных контейнеров для раздельного сбора различных видов отходов.

### **Сбалансированная схема хозяйствования**

В настоящее время основным критерием определения целесообразности переработки отходов в местах их образования является количество и степень использования отходов в производстве. Совершенствование деятельности предприятий, перерабатывающих муниципальные отходы, проведение оптимизации хозяйственного процесса в современных условиях следует рассматривать с позиций холистического подхода, т.е. использования принципов нахождения путей поддержания целостности и жизнеобеспечивающих функций природных систем на основе рационального и экологически эффективного обращения с отходными материалами.

Балансовую схему работы хозяйствующего субъекта, находящегося под комплексным влиянием экологического, экономического и социального факторов, которая позволит анализировать сложившуюся ситуацию и принимать упорядоченные эколого-экономические управленческие решения, можно представить в виде традиционной модели «черного ящика». Согласно схеме (рис. 3) на входе в сложную систему поступают исходные ресурсы — материальный поток (ТБО или ПО) как сырьевой, энергетический, финансовый материалы. При этом входные пара-

метры выполняют комплексную нагрузку: технологическую, экономическую, экологическую и социальную. Сбалансированность такого трудоемкого аддитивного процесса сможет обеспечиваться за счет взаимосвязи и взаимообусловленности качества и количества средств сбора отходов, технической характеристики автомобильного парка, человеческого фактора, оптимальных показателей организационных и управленческих решений. В результате удачного сочетания и эффективной деятельности составляющих элементов системы хозяйственного предприятия на выходе получатся полезные ресурсы: тепло, энергия, вторсырье.



**Рис. 3.** Схема сбалансированной работы предприятия по переработке муниципальных отходов

### Выводы

Учитывая, что большая часть всех бытовых, промышленных и других отходов представляет собой ценное сырье, которое вновь может вовлекаться в соответствующих отраслях народного хозяйства, возможно решать проблему восполняемости или же экономии ценных природных ресурсов: извлечение из мусора черных и цветных металлов, бумаги, пластмасс, органических веществ. Органическую часть с высоким содержанием полезных компонентов возможно использовать для нужд сельского хозяйства, а из оставшейся неиспользованной массы изготавливать компост.

Таким образом, рассмотрение представленной сложной эколого-экономической системы в контексте извлечения полезных компонентов из муниципальных отходов путем повторного использования позволяет учитывать и оценивать возможности варьирования различными составляющими технологии, оптимизируя их работу. Сегодня в мире происходит переориентация ценностей, разрабатываются концепции комплексного управления отходами, одной из которых считается программа 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*): снижение количества отходов на этапе образования, их повторное использование, селективный сбор мусора. Данный методологический подход к вторичному использованию отходов поможет решать глобальные проблемы сохранности многих ресурсов для будущих поколений, сокращении количества свалок, транспортных расходов, загрязнений окружающей среды и наконец, нашего здоровья.



## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Иванов О.П.* Глобальные экологические проблемы и эволюция // Сборник докладов методологического семинара ппс Российской академии государственной службы при Президенте РФ «Глобализация: синергетический подход» 2009. — URL: <http://spkurdyumov.narod.ru/D16Ivanov.htm> (дата обращения 29.07.2011)
- [2] *Колотырин К.П.* Управление развитием эколого-экономических систем в сфере обращения с отходами потребления: Автореф. дисс. ... д-ра экон. наук. — Саратов, 2010.
- [3] *Лисичкин Г.В.* Экологический кризис и пути его преодоления // Статьи Соросовского Образовательного журнала (науки о земле) 1998. — URL: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/686.html> (дата обращения 12.08.2011).
- [4] *Лосев К.С.* Экологический кризис // Статьи научно-информационного портала ВИНТИ 2009. — URL: <http://www.science.viniti.ru/index.php> (дата обращения 14.08.2011).
- [5] *Трутнев Ю.П.* Нужно ли строить в России мусоросжигательные заводы? // Твердые бытовые отходы. — 2007. — № 1. — С. 9—12.
- [6] *Тугов А.Н.* Киловатты из мусора // Твердые бытовые отходы. — 2007. — № 1. — С. 11—16.
- [7] *Никонова Н.И.* Обзор рынка переработки отходов // Твердые бытовые отходы. — 2010. — № 5. — С. 42—46.
- [8] *Шудегов В.Е.* Обращение с отходами: проблемы законодательного обеспечения и государственное регулирование // Твердые бытовые отходы. — 2007. — № 1. — С. 4—9.
- [9] *Васильев С.* Управление отходами: из опыта ближнего зарубежья // Рециклинг отходов. — 2009. — № 3. — С. 22—25.
- [10] *Бишневски Б.* Сжигание отходов: опыт Германии // Твердые бытовые отходы. — 2007. — № 1. — С. 47—49.
- [11] *Сурков Д.П.* Британии придется импортировать мусор, чтобы «прокормить» новые перерабатывающие заводы // Рециклинг отходов. — 2010. — № 4. — С. 23.
- [12] *Волкова Г.П.* Пекин через несколько лет ожидает «мусорный кризис» // Рециклинг отходов. — 2009. — № 3. — С. 27.

## WASTE TREATMENT IN METROPOLIS — ECONOMIC-ECOLOGICAL WORLD EXPERIENCE

V.B. Alexeenko<sup>1</sup>, N.U. Sopilko<sup>1</sup>,  
S.M. Lisitskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Engineering Business and Enterprise Management  
Engineering Faculty  
Peoples' Friendship University of Russia  
Ordzhonikidze, 3, Moscow, Russia, 115419

<sup>2</sup>Ecology department  
National Mining University  
K. Marx av., 19, Dnipropetrovsk, Ukrain, 49005

The article is devoted to the world problems of environmental pollution (municipal wastes). The authors analyze the ways of their management in various countries, compare the methods of their recycling and describe ecological-economic approach to this problem. The authors found out factors providing advanced recycling technologies development and minimizing environmental pollution.

**Key words:** system of waste treatment, ways of recycling, municipal wastes, metropolis, world experience.