

УДК 504.064.4+519.8

Выбор стратегии обращения и создание экономико-математической модели управления твердыми бытовыми отходами на основе мирового позитивного опыта конца XIX – начала XX вв

И.А. Черепнев¹, С.В. Нестеренко², О.П. Климов³, И.А. Ковальков⁴,
С.М. Шпінда⁵, В.М. Щокін⁶, В.Д. Тимофєєв⁷

¹Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. П. Василенка, (м. Харків, Україна), e-mail: voenpred314@ukr.net

²Харьковский национальный университет городского хозяйства
имени А. Н. Бекетова (м. Харків, Україна), e-mail: spriz.72@ukr.net

^{3,4,5,6,7} Військовий інститут танкових військ

Національного технічного університету «ХПІ» (м. Харків, Україна),
e-mail: klimovaleksej800@gmail.com³, tom_1972@ukr.net⁴, z1103mzaq@gmail.com⁵,
slavavitv@emai.ua⁶, tvadim773@gmail.com⁷

Предметом изучения в данной статье является процесс «обращения с отходами». Цель данной статьи состоит в изучении позитивного опыта утилизации и переработки твердых бытовых отходов (ТБО) конца XIX – начала XX вв. в некоторых государствах мира; создание экономико-математической модели рационального распределения ТБО по предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей.

Задачи: Провести анализ литературных источников и систематизировать данные по формированию ТБО в ряде стран мира; сделать выводы о возможности использования позитивного международного опыта для управления отходами, определить факторы, влияющие на выбор стратегии управления ТБО; дать математическую формулировку экономико-математической модели распределения ТБО по перерабатывающим предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей.

Методологической основой исследования являются общенаучные и специальные методы научного познания. А именно: на основе системного анализа были проанализированы данные относительно опыта утилизации и переработки ТБО конца XIX – начала XX вв. в некоторых государствах мира, в т. ч. и на территориях, которые входят в состав современной Украины. Путем использования теоретических положений исследования и аппарата линейного программирования была предложена математическая формулировка экономико-математической модели распределения ТБО по перерабатывающим предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей.

Получены следующие результаты: Изучен позитивный опыт утилизации и переработки ТБО конца XIX – начала XX вв. в некоторых государствах мира. Проанализированы основные стратегии управления отходами, их преимущества и недостатки, а также выявлены факторы, влияющие на эффективность «обращения с отходами», при выборе стратегии управления ТБО.

Выводы: Опасность отходов, скапливающихся в больших городах, для здоровья людей и заражения почв и водоемов осознавалась специалистами уже в конце XIX века. Вполне реально использовать в Украине опыт Киева и Германии начала XX века, и перерабатывать ТБО в топливо и корм для скота. Для повышения эффективности «обращения с отходами», при выборе стратегии управления отходами следует учитывать не только дисперсию качественного состава и норм накопления бытовых отходов, но и организационно-технические операции регулирования работ с отходами. Экономико-математическая модель распределения отходов по перерабатывающим предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей может быть сформулирована как транспортная задача распределительного типа. Аналогично, могут быть сформулированы задача максимизации прибыли или же распределения отходов отраслевого характера, например, сложных химических производств, военных отходов и т.д.

Ключевые слова: твердо-бытовые отходы (ТБО), переработка ТБО, управление отходами, экономико-математическая модель, транспортная задача линейного программирования.

Постановка проблемы. Как известно, человечество буквально с момента своего появления постоянно сталкивается с проблемами отходами своей жизнедеятельности. Рост городов в эпоху средневековья, когда были забыты достижения

гигиены античного периода, вполне закономерно привёл к превращению их улиц и площадей в одну общую свалку отбросов и нечистот. Индустриальная революция с одной стороны создала предпосылки создания системы утилизации и

переработки твердых бытовых отходов (ТБО), а с другой привела к резкому росту их объема.

Качественный состав бытовых отходов существенно различается по допустимым срокам утилизации, степени рентабельности, токсичности и т.д. Выбор стратегии обращения с отходами зависит от полноты информации о морфологическом и элементном составе и свойствах самих ТБО, так и технологических возможностей, и производственных мощностей мусороперерабатывающих предприятий, полигонов ТБО и соответствующих транспортных расходов.

Таким образом, актуальной является задача разработки экономико-математической модели, определяющей оптимальный план распределения ТБО по перерабатывающим предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей.

Анализ последних исследований и публикаций. Под отходами будем считать остатки веществ, материалов, предметов, изделий, товаров (продукции или изделий), частично или полностью утративших свои первоначальные потребительские свойства для использования по прямому или косвенному назначению в результате физического или морального износа в процессах личного потребления (жизнедеятельности), использования или эксплуатации.

В работе [1] отмечено, что этот рост происходит по экспоненте и «...Ежедневно каждый француз выбрасывает около килограмма бытовых отходов, то есть примерно в два раза больше, чем сорок лет назад. В США, где каждый житель оставляет после себя около двух килограммов отходов в день, ситуация еще более тревожная. Ныне, когда закрыта под Нью-Йорком самая большая в мире свалка, ежедневная эвакуация отходов в этом городе приближается по сложности к военным операциям и включает составы из десятков грузовиков, преодолевающих расстояния до 400 километров». Данная тенденция усугубляется тем, что корпорации в целях увеличения прибыли стимулируют товароборот, выбрасывая на рынок новые или модернизированные модели, обладающие новым набором функций, заставляя потребителя отправлять ранее приобретенные образцы технических устройств в утиль. Известны случаи, когда производители даже шли на сознательное снижение надежности составных частей образцов техники, ставя под угрозу жизнь людей. Одним их хрестоматийных примеров является указание данное Генри Фордом своим инженерам, которое состояло в том, чтобы провести обследование всех автомобильных свалок на территории США с целью выявления тех деталей модели Форда-Т, которые не выходили из строя при авариях. Как выяснилось, что ломалось всё, кроме центральной цапфы

переднего моста. В результате было предпринято ряд технических мер, надежность этой детали снижена, и она успешно выходила из строя, заставляя владельцев автомобилей чаще посещать магазины автозапчастей, обогащая производителя и одновременно увеличивая объем отходов на мусорных свалках [2]. В какой-то мере в 2017 году аналогичные меры предприняла компания Apple, которой после возмущения общественного мнения, пришлось принести извинения за искусственное замедление работы iPhone и снизить стоимость замены аккумуляторов [3]. На основании анализа ряда литературных источников [4-11], авторами статьи систематизированы данные по формированию ТБО в ряде стран мира (табл. 1).

Таблица 1. Данные по формированию ТБО в некоторых странах мира

№	Страна	Производство ТБО в год (в млн. тонн)	Производство ТБО в год на одного жителя (в кг)
1	Великобритания	35	558,7
2	США	140	449,3
3	Япония	50,2	392,7
4	Германия	43,5	532,26
5	Сербия	2	330
6	Украина	От 13 до 20 (по различным источникам)	Примерно 235
7	Российская Федерация	От 35 до 40 (по различным источникам)	Примерно 400
8	Индия	303	218
9	Беларусь	3	315
10	Греция	4,7	441

Как видно из приведенных данных, Украина не является безусловным лидером в мире по выработке ТБО, но основная проблема заключается в разных подходах по утилизации мусора, который существует мире. В работе [12] представлены данные по соотношению методов обезвреживания и переработке ТБО в некоторых странах мира (табл. 2).

Следовательно, можно сделать вывод о том, что в Украине основным способом утилизации отходов является размещение на полигонах и из 16 стран, приведенных в таблице 2, она, к сожалению, занимает первое место по использованию этого устаревшего и наносящего значительный вред окружающей среде метода. Если в 2004 году полигоны отходов, свалки и шлакохранилища занимали около 0,3% территории Украины, то в настоящее время насчитывается уже 6,5 тысяч

законных и около 35 тысяч незаконных свалок общей площадью 7% страны [13,14]. Учитывая то, что в составе ТБО, формирующихся в Украине, около 50% составляют пищевые и иные органические отходы, однозначно обосновывает эффективность утилизации разными способами [15].

Таблица 2. Соотношение методов обезвреживания и переработки ТБО

№	Страна	Складирование на полигонах (% от общего накопления ТБО)	Сжигание (% от общего накопления ТБО)	Компостирование (% от общего накопления ТБО)	Другие методы (% от общего накопления ТБО)
1	Украина	97	3	-	-
2	Австрия	58	22	18	2
3	Бельгия	44	47	9	-
4	Великобритания	88,5	10	1,4	0,1
5	Венгрия	92	8	-	-
6	Италия	67	18	10	5
7	Дания	17,5	80	0,5	2
8	Канада	80	19	1	-
9	Нидерланды	44	40	15	1
10	США	85	14	0,1	0,9
11	Франция	46,4	41	12	0,6
12	Германия	61	34	5	-
13	Чехия + Словакия	89,5	8	2,5	-
14	Швейцария	4	80	10	6
15	Швеция	34	56	9,9	0,1
16	Япония	27	70	0,3	2,7

Цель данной статьи состоит в изучении позитивного опыта утилизации и переработки ТБО конца XIX – начала XX вв. в некоторых государствах мира, в т. ч. и на территориях, которые входят в состав современной Украины, и создание экономико-математической модели рационального распределения отходов по предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей.

Изложение основного материала. Опасность отходов, скапливающихся в больших городах, для здоровья людей и заражения почв и водоемов осознавалась специалистами уже в конце XIX века. В работе [16] изучены вредные

свойства отходов скапливающихся в ряде европейских столиц: Лондоне, Париже, Вене и пр. В этой же работе описаны различные методы переработки отходов в цемент и кирпичи, которые были апробированы в ряде городов Англии (метод генерала Скотта).

Однако, практические результаты, полученные в Пруссии, Бельгии и Франции показали экономическую неэффективность доступных на тот момент технологий. В Российской Империи проблемами утилизации различных отходов занимались известные ученые и инженеры. Среди них особое место занимает Д.И. Менделеев. Еще в 1859 году он опубликовал статью «О происхождении и уничтожении дыма» в первом номере московского журнала «Вестник промышленности». В ней он отметил тот вред, который несут неочищенные отработанные газы: «Дым затемняет день, проникает в жилища, грязнит фасады зданий и общественные памятники, и причиняет многие неудобства и нездоровья». В 90-х годах XIX века Д. И. Менделеев принял активное участие в издании энциклопедического словаря «Брокгауз и Ефрон». В статье «Отбросы» он дал развернутую характеристику существующих и перспективных методов полезной переработки отходов: «Тряпье собирается, сортируется, очищается и все, отвечающее растительным волокнам, переделывается в бумагу и папку, а шерстяное же (очищаемое от клетчатки карбонированием или карбонизацией) расстрепывается и дает искусственную шерсть...». Подробно говорится о переработке костей в клей, фосфористых удобрений, отходов содовых заводов — в серу, об использовании остатков жести и стекла, о новой по тому времени нефтяной промышленности, отходы которой сжигаются в топках, а между тем могли бы давать «безопаснейшее осветительное масло, смазочные масла, вазелин, парафин и т. п. ценные продукты». В конце статьи, Дмитрий Иванович, сделал краткий, но исчерпывающий вывод: Утилизация отходов, говоря вообще, есть превращение бесполезного в ценные по свойствам товары и это составляет одно из важных завоеваний современной техники» [17].

В начале XX века технологии сбора, сортировки и переработки мусора значительно усовершенствовались. В 1901 году с целью изучения иностранного опыта Московским Городским Управлению был командирован инженер-механик И.Н. Березовский. По результатам поездки был составлен специальный отчет [18]. Уничтожение домовых отходов на тот момент времени осуществлялся одним из ниже перечисленных способов:

1. Свалки. Это самый старейший метод утилизации мусора. Но к концу XIX века и в обществе, и среди государственных чиновников появилось четкое убеждение о крайней опасности

свалок и их непосредственная связь с появлением эпидемий. Появились различные постановления законодательной власти, городов и общин в защиту общественного здоровья. Так, Гамбург совершенно запрещает свалки на своих землях. Около Берлина они разрешаются не ближе 14 вёрст (14 км 935 м – примечание авторов статьи) от города; постановлением Совета Лондонского Графства требуется, чтобы свалки в окрестностях города не располагались ближе 130 саж. (277,4м – примечание авторов статьи) от какого-либо места, назначенного для временного или постоянного пребывания людей» [18].

2. Запихивание и зарывание отбросов в землю. Данный метод был особенно популярен в Германии, ибо позволял обойти требования правила 1898 года о минимальном радиусе свозки отбросов, и потому расходы по выкапыванию ям с избытком окупаются разницей в стоимости провоза.

3. Употребление домашних отбросов на удобрение полей и лугов.

4. Сжигание домашних отбросов на открытом воздухе.

5. Употребление домашних отбросов в кирпичном производстве. В Англии, где домашние отбросы богаты содержанием горючего материала, употребление их на кирпичных заводах очень развито. На континенте этот способ практически не применяется.

6. Сжигание домашних отбросов в печах.

В работе [18] особое внимание обращается на отработанную систему сбора, сортировки и переработки отбросов в Германии: «Женщины и девушки, одетые в форменное платье сортировочного завода, стоят у длинного стола, верхнюю поверхность которого образует медленно движущаяся лента, и, отбирая проходящие мимо предметы: кости, стекло, железо, тряпки, бумагу, фарфор, резину и прочее, бросают их в стоящие рядом корзины. Каждая работница отбирает при этом только один определенный сорт. То, что остается на ленте, сбрасывается в вагонетку и поступает в печи. Корзины передаются в комнату нижнего этажа, и здесь содержимое их сортируется в последний раз.

Отобранные предметы запаковываются и продаются на фабрики. Кости перерабатываются в клей, костяной жир и муку, стекло идет на стеклянный завод, тряпки и бумага — на бумажную фабрику. Последнее два сорта отбросов предварительно очищаются. Тряпки моют обыкновенными машинами, которые употребляются в механических прачечных, и поласкают в кипятке. Бумагу сушат и перерабатывают в особом барабане для отделения от неё пыли, причем пыль вместе с воздухом всасывается эксгаустером. Рабочие, занимающиеся сортировкой, получают от управления рабочий костюм и перчатки,

которые меняются еженедельно, а при надобности к чаще. Для пользования рабочим предоставлены ванны и душа. В год общество перерабатывает до 4000.000 пудов отбросов». Аналогичная система обработки мусора в Берлине может обеспечить (по мнению И.Н. Березовского) прибыль примерно в 430 000 рублей в год. Для сравнения: в начале XX века в Российской Империи автомобиль без дополнительной оснастки стоил около 2.000 рублей [19].

Как известно, современный Киев находится под угрозой мусорного коллапса. Мэр столицы Виталий Кличко сравнил ситуацию «с пороховой бочкой, которая может взорваться в любой момент» [20].

Рассмотрим, как справлялись с этой проблемой в начале XX века. В работе [21] представлены данные по количеству твердых отходов, формирующихся на одного человека в год в ряде городов Российской, Германской, Австро-Венгерской Империй, Великобритании, США и Франции (табл. 3).

Таблица 3. Количество твердых отходов на одного жителя в год.

Название города	Количество твердых отходов на одного жителя в год (в оригинале в пудах, переведено в кг), на момент 1915г
Берлин	15,06 (240,96)
Бремен	8,07 (129,12)
Вена	11,86 (189,76)
Гамбург	13,53 (216,48)
Копенгаген	9,51 (152,16)
Лондон	27,39 (438,24)
Манчестер	29,27 (468,32)
Москва	19 (304)
Нью-Йорк	25,66 (410,56)
Одесса	15 (240)
Петроград	12 (192)
Париж	12,78 (204,48)
Рим	3,29 (52,64)
Филадельфия	26,36 (405,76)
Фракфурт на Майне	8,04 (128,64)
Харьков	15 (240)

В виду отсутствия точных данных по Киеву, в работе [21] предложено взять среднее количество твердых отходов для городов Российской Империи, т.е. 15 пудов (240 кг). В 1915 году население Киева составляло около 700 тысяч человек, следовательно, в течении года формировалось 10 500 000 пудов (168 тысяч тонн), если добавить уличный мусор, то цифра возрастает до 15 750 000 пудов (252 тысячи тонн). В табл. 4

представлены данные по процентному соотношению различных составляющих домашнего мусора в Киеве по состоянию на 1915 год.

Таблица 4. Процентное соотношение различных составляющих домашнего мусора в Киеве

№	Состав мусора в %	Среднее значение по Киеву
1	Мелкий мусор, размером менее 5 мм	30,13
2	Крупный мусор, размером более 5 и менее 10 мм	38,54
3	Стекло, металлы, камни, керамика, огнеупоры	4,05
4	Кости	1,39
5	Дерево, уголь	3,31
6	Тряпьё	3,71
7	Бумага	10,48
8	Навоз, солома	7,59
9	Овощи, кухонные отбросы	3,19
10	Кожа, резина	0,23

Анализ составляющих ТБО, формирующихся в Киеве в 1915 году, позволил специалистам выработать следующие предложения по их утилизации, практически полностью исключающие захоронение их на свалках [21]:

- переработку на сельскохозяйственные удобрения, сжигание в топках кирпичных заводов (аналогично как это осуществлялось в Париже, Берлине и Мюнхене;

- строительство мусоросжигательных станций, которые будут использовать вырабатываемый пар для производства электроэнергии. На тот момент времени продажа полученной таким образом электроэнергии могла давать 1,5 копейки дохода на 1 пуд мусора. Если проанализировать данные таблицы 4, то примерно 25% домашнего мусора в Киеве составляют горючие компоненты, достигающие в год 2,6 млн. пудов.

Следовательно, уровень совокупного дохода от продажи электроэнергии, полученной от сгорания мусора, мог составить около 39 000 рублей в год.

Но наибольшая эффективность в утилизации отходов и сточных вод были достигнуты в Германской Империи в период Первой Мировой войны (ПМВ) [22]. После перехода боевых действий в затяжную стадию, промышленность и сельское хозяйство воюющих стран столкнулись с серьезными проблемами: «Медеплавильная промышленность Германии, несмотря на некоторый рост, не могла удовлетворить потребности производства. До войны Германия ежегодно

импортировала десятки тысяч тонн меди. Во время войны импорт меди из заокеанских стран прекратился. Поэтому в стране ощущался острый недостаток меди. Выплавка свинца в Германии во время войны сократилась с 191 тыс. т в 1913 г. до 75 тыс. в 1918 г. Падение выплавки свинца связано с прекращением импорта свинцовой руды. Выплавка цинка сократилась с 279 тыс. т в 1913 г. до 185 тыс. т в 1918 г., но убыль производства частично компенсировалась прекращением экспорта за границу... Германия до войны перерабатывала около 56,5 тыс. т льняного волокна. Но собственного сырья имела всего около 4,7 тыс. т. Во время войны она была лишена возможности импортировать иностранное сырье. Положение германской льняной промышленности поэтому стало особенно критическим. Правда, посевы льна во время войны в Германии утроились, соответственно возросла и продукция волокна. Однако этим Германия лишь несколько смягчила положение, но не избавилась от льняного голода, вызванного прекращением ввоза сырья из России и других стран — производителей льна...Германия в предвоенные годы была страной высокоинтенсивного и специализированного сельского хозяйства. Сельское хозяйство эволюционировало в сторону вытеснения экстенсивных хлебных культур молочным скотоводством, огородничеством и садоводством. Потребности страны в продуктах питания покрывались за счет отечественной сельскохозяйственной продукции всего лишь на две трети. Ввоз пшеницы составлял 26% внутреннего потребления, ячмень – 49%, кормовые продукты – свыше 40%. И только продукция сахарной промышленности превышала внутреннее потребление» [23]. Германия нашла выход в максимальном повышении эффективности использования внутренних ресурсов, в том числе вторичного сырья и отходов.

Сочетание высочайшего уровня развития химической науки и промышленности с дисциплиной и порядком присущему немецкому государству в это время, позволили достичь поразительных результатов, причем этот опыт достоин изучения и заимствования. Приведем несколько примеров по данным работы [22]. В местах скопления людей (станции, улицы и пр.) были размещены емкости для сбора фруктовых и ягодных семечек и косточек. В 1916 году собрали более 4000 тонн, из которых произвели свыше 150 тонн пищевого масла. Был предусмотрен материальное поощрение: за 1 кг семечек, доставленных в сборные пункты особого отдела военного ведомства, уплачивали от 15 до 35 пфеннигов. Несмотря на то, что США вступили в ПМВ на заключительном этапе и поэтому ее экономика и население не испытывали негативных влияний, они

прибегали к аналогичным мерам. Когда потребовалось нарастить производство противогазов, а лучшим сырьём для изготовления поглотителя отравляющих веществ был признан уголь из скорлупы кокосовых орехов, то была развернута специальная компания. К населению обратились с призывом: «ешьте больше кокосовых орехов». В результате их потребление в Америке возросло в двое, и, начиная с октября 1918 года ежедневно собирали до 150 тонн скорлупы [24]. Был налажен в Германии и сбор отходов, могущих послужить сырьем для промышленного производства. Население собирало и старые иглы приборов для выжигания, по дереву и коже, которые содержали незначительное количество платины. За один грамм платили 8 марок. Домашние отбросы, начиная с 1907 года, в Шарлоттенбурге тщательно сортировали на три части — зола и мусор, кухонные отбросы и прочее предметы — металлические коробки, стекло и т. д. Мусор сжигался, и продукты горения использовались обычным способом. Что же касается кухонных отбросов, то таковые после переработки шли в корм скоту (предварительно из них удаляли жир).

Технология обработки пищевых отбросов включала в себя несколько этапов:

- удаление кусков стекла, иголок и иных твердых посторонних объектов;
- сушка при температуре, которая достаточно высока для уничтожения болезнетворных микроорганизмов и гнилостных бактерий, но еще не способна уничтожить питательность веществ;
- добавление в высушенную субстанцию растительных углеводов.

В результате получался высококачественный корм для скота, по своему составу близким к овсу, ячменю или кукурузе. Стоимость его в Шарлоттенбурге равнялась 12 маркам (5,52 руб.) за 100 кг. Об экономической эффективности данного метода говорят следующие цифры [22]: из пищевых отходов, утилизированных в городах Дрезден, Лейпциг и Хемниц с общей численностью населения 1,4 млн человек изготавливали 12,5 тысяч тонн корма для скота. Этого количества достаточно для содержания 2.500 коров, дающих 25.000 литров молока в день.

В 1916 году, учитывая реалии военного времени, в Бремене был издан приказ городских властей об обязательной сборке и сортировке домашних отбросов. К контролю выполнения данного приказа и доставке рассортированного мусора в сборные пункты привлекались учащиеся городских школ. За неисполнение данного распоряжения предусматривались санкции в виде ареста или штрафа в размере 150 марок. За первый же месяц было собрано: 86 тонн кухонных пищевых продуктов, 25 тонн бумаги, 44 тонны железа, 33 тонны бутылок и пр.

По данным работ [15, 22] авторы составили таблицу 5, в которой сравнили процентное соотношение состава ТБО для Бремена в 1916 г. и Украины в 2005 г.

Таблица 5. Сравнение состава ТБО для Дрездена и Украины.

Бремен, 1916 год, состав ТБО	% соотношение	Украина, 2005 год, состав ТБО	% соотношение
бумага	13,29	бумага	12,5
железо	23,40	железо	3,0
пищевые отходы	45,74	пищевые отходы	50
стекло,	17,6	стекло	8,5

Приведенные данные показывают примерное равенство содержание бумаги и пищевых отходов в общем составе ТБО.

Следовательно, вполне реально использовать в Украине опыт Киева и Германии начала XX века, и перерабатывать ТБО в топливо и корм для скота. Однако, очевидна дисперсия как качественного состава, так и норм накопления бытовых отходов, что должно учитываться при выборе стратегии управления отходами.

На сегодняшний день наиболее реализуемыми являются такие стратегии управления отходами как захоронение на свалках или полигонах и переработка [25]. Сравнительный анализ стратегий управления отходами приведен в табл. 6.

Как видно из таблицы 6, каждая стратегия имеет свои преимущества и недостатки. Однако, очевиден факт отсутствия единой преимущественной стратегии.

Обычно, основным фактором, влияющим на выбор стратегии и организацию системы управления твердыми бытовыми отходами, являются нормы накопления ТБО. Для повышения эффективности «обращения с отходами», по мнению авторов, большее внимание следует уделять организационно-техническим операциям регулирования работ с отходами, включая их сбор, размещение, утилизацию, обезвреживание, транспортирование, хранение, захоронение, уничтожение и трансграничные перемещения

Рассмотрим экономико-математическую модель распределения отходов по перерабатывающим предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей.

Пусть имеются m видов отходов: A_1, A_2, \dots, A_m , например, (табл.5), A_1 – бумага, A_2 – железо, A_3 – пищевые отходы, A_4 – стекло, керамика, огнеупоры и т. д. Они могут перерабатываться на различных предприятиях, где реализованы определенные технологические мощности.

Таблица 6. Сравнительный анализ стратегий управления отходами

Стратегия	Преимущества	Недостатки
Захоронение на свалках и полигонах	– относительно низкие затраты на содержание; – предусматривают размещение широкого спектра отходов; – возможность дальнейшей рекультивации площадок под сельскохозяйственные, оздоровительные нужды (спортивные площадки, заповедники и т.д.)	– загрязнение почвы, грунтовых вод и атмосферы токсичными химикатами, тяжелыми металлами, свалочными газами и т.д.; – большая потребная площадь земли; – сложность организации новых свалок в связи с отсутствием свободных земельных участков; – значительные затраты на транспортировку ТБО
Переработка	– сохранение природных ресурсов; – сокращение объемов ТБО, подлежащих уничтожению, и соответствующая экономия затрат; – сырьевое обеспечение производства	– высокий уровень материальных и энергетических затрат на сбор, транспортировку, сортировку мусора; – загрязнение окружающей среды (зависит от выбранного места переработки); – значительный разброс цен на вторичные материальные ресурсы; – несмотря на наличие спроса, некоторые компоненты не подлежат переработке

Известны n технологий переработки отходов: B_1, B_2, \dots, B_n , например, (табл.5), B_1 – мусоросжигательные станции, B_2 – переработка на сельскохозяйственные удобрения, B_3 – переработка на корм для животных, B_4 – переработка на строительные материалы, B_5 – переплавка в металлы, и т.д..

Задана матрица C , в которой указаны транспортные расходы на доставку i -того вида отходов на переработку по j -й технологии на перерабатывающем предприятии: c_{ij} , $i = 1, 2, m$; $j = 1, 2, \dots, n$.

$$C = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}.$$

В данной матрице могут быть учтены также транспортные расходы. Транспорт, на котором доставляют отходы, будем считать однотипным.

Известны нормы накопления каждого i -го вида отходов a_1, a_2, \dots, a_m ($i=1, m$) и мощности j -го перерабатывающих предприятий, b_1, b_2, b_n ($j=1, n$).

Требуется найти оптимальный план, определяющий распределение отходов по предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей.

Обозначим через x_{ij} количество отходов вида A_i , перерабатываемых на предприятии по технологии B_j . План перевозок можно записать в виде матрицы

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Целевая функция общие транспортные расходы, которые должны быть минимальные.

$$F(X) = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \dots + c_{mn}x_{mn} = \\ = \sum_{i=1}^{m\Sigma} \sum_{j=1}^{n\Sigma} c_{ij}x_{ij} \rightarrow \min, \\ i = 1, m; j = 1, n.$$

Данная задача является транспортной задачей распределительного типа, со следующей математической формулировкой:

Найти $X = \{x_{ij}\}$, при котором целевая функция обращалась бы в минимум:

$$F(X) = \sum_{i=1}^{m\Sigma} \sum_{j=1}^{n\Sigma} c_{ij}x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

при ограничениях:

$$\sum_j^n x_{ij} \leq a_i; \quad (3)$$

$$\sum_i^m x_{ij} \geq b_j; \quad (4)$$

$$x_{ij} \geq 0. \quad (5)$$

$$i = 1, m; j = 1, n. \quad (6)$$

Ограничения (3) означают, что суммарный объем перевозок i -го вида отходов не может превышать их общий объем a_i .

Ограничение (4) означают, что суммарные перевозки отходов на перерабатывающее предприятие, реализующие j -ю технологию полно-

стью удовлетворить его производственные мощности b_j . Ограничение (5) исключает обратные перевозки.

Задача (2) -(6) является задачей линейного программирования и может быть решена известными методами.

Аналогично, могут быть сформулированы задача максимизации прибыли или же распределения отходов отраслевого характера, например, сложных химических производств, военных отходов и т.д.

Выводы:

1. Опасность отходов, скапливающихся в больших городах, для здоровья людей и заражения почв и водоемов осознавалась специалистами уже в конце XIX века. Вполне реально использовать в Украине опыт Киева и Германии начала XX века, и перерабатывать ТБО в топливо и корм для скота.

2. Для повышения эффективности «обращения с отходами», при выборе стратегии управления отходами следует учитывать не только дисперсию качественного состава и норм накопления бытовых отходов, но и организационно-технические операции регулирования работ с отходами.

3. Экономико-математическая модель распределения отходов по перерабатывающим предприятиям с учетом наличия необходимых технологий и производственных мощностей может быть сформулирована как транспортная задача распределительного типа.

4. Аналогично, могут быть сформулированы задача максимизации прибыли или же распределения отходов отраслевого характера, например, сложных химических производств, военных отходов и т.д.

Литература

1. Де Сильги К. История мусора: от средних веков до наших дней = Histoire des hommes et de leurs ordures, du moyen-âge à nos jours / Пер. с фр. И. Васюченко, Г. Зингера. – М.: Текст, 2011. – 288 с.

2. Dawkins, R. (1995). River Out of Eden. New York: Basic Books, P.122.

3. Apple извиняется за снижение производительности своих iPhone из-за старых аккумуляторов [Электронный ресурс] / Сергей Новиков // News Mobile Review – 29 декабря 2018г. – Режим доступа: <http://mobile-review.com/news/apple-izvin-yaetsya-za-snizhenie-proizvoditelnosti-svoix-iphon-e-iz-za-staryx-akkumulyatorov>.

4. Yenice M. Solid Waste Characterization of Kocaeli / M. Yenice, S. Dogruparmak, E. Durmusoglu [et al.] // Polish J. of Environ. Stud. – 2011. – № 20 (2). – pp. 479-484.

5. Stanisavljevic N. Methane emissions from landfills in Serbia and potential mitigation strategies: a case study / N. Stanisavljevic, D. Ubavin, B. Batinic [et al.] // Waste Management. – 2012. – № 30 (10). – pp. 1095-1103.

6. Koshy L. Bio-reactive of Leachate from Municipal Solid Waste Assessment of Toxicity / L. Koshy, P. Emma, L. Sarah [et al.] // Science of the total Environment. – 2007. – № 1-3 (384). – pp. 177-181.

7. Sakai S. World Trends in Municipal Solid Waste Management / S. Sakai // Waste Management. – 1996. – № 5-6 (16). – pp. 341-350.

8. Selection of Landfill Sites for Solid Waste Management in and around Visakhapatnam City-A GIS Approach / P.J. Rao, V. Brinda, B.S. Rao, P. Harikrihna // Asian J. of Geoinformatics. – 2007. – Vol. 7, № 3. – pp. 35-41.

9. Трофімов І.Л. Аналіз потенціалу твердих побутових відходів як сировини для виробництва альтернативних палив в Україні [Електронний ресурс] / І.Л. Трофімов, А.В. Яковлева, О.В. Іванченко, Л. С. Верягіна // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – № 2. – С. 105-111. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eete_2016_2_17.

10. Бытовые отходы и что с ними делать? [Электронный ресурс] / Энэка. Инженерно-консалтинговая компания – 2018. – Режим доступа: https://www.eneca.by/ru_household_waste0/.

11. Михайленко В.В. Повышение экологической безопасности водных объектов в зоне влияния свалок твердых бытовых отходов: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 21.06.01 [Электронный ресурс] / Валерия Валериевна Михайленко. – Харьков, 2016. – 181с. Режим доступа: <http://cetext.ru/disertaciya-na-soiskanie-uchenoj-stepeni-v2.html>.

12. Немировский И.А. Переработка ТБО: проблемы и достоинства. Часть I [Электронный ресурс] / И.А. Немировский // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – № 6. – С. 46-53. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ece_e_2011_6_9.

13. Процюк В.А. Екологічне страхування як забезпечення принципу екологічної відповідальності в умовах аварійного забруднення довкілля: тези доповіді 2-й Міжнародної конференції «Сотрудничество для решения проблемы отходов» (9-10 февраля 2005г). – Харьков: ИД «ИНЖЕК», 2005. – С. 25.

14. Воронина Е. О. Коваленко С. П. Интенсификация экологического развития региона путем взаимодействия государства и сферы бизнеса на примере рынков вторичных ресурсов: матеріали всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих учених і студентів "Економіко-правові аспекти державно-приватного партнерства в умовах децентралізації економіки України"

(1-28 лютого 2017 року) [Електронний ресурс]. – Харків, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017 – Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/45413/>.

15. Орлова Т.А. Экологическая оценка земельных участков, занятых объектами обращения с отходами / Т.А. Орлова // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2006. – Вип. 25. – С. 167–181.

16. Попов М.А. Искусство оздоровления городов и других заселенных центров [электронный ресурс] Т.1. – Москва: Тип.- литогр. И.Н. Кушнерева и Ко, 1887. – 541с. – Режим доступу: [http://resolver.gpntb.ru/purl?docushare/dsweb/Get/Resource-2759/popov\(1\).pdf](http://resolver.gpntb.ru/purl?docushare/dsweb/Get/Resource-2759/popov(1).pdf).

17. Ф. Юдицкий. Д. И. Менделеев о проблеме отходов в 1859 году / Юдицкий Ф. // Наука и жизнь. – 1978. – №7. – С. 20-23.

18. Березовский И. Н. Устранение домовых отбросов в городах Западной Европы: отчет о загранич. поездке в 1901 г. по командировке Моск. гор. упр. [электронный ресурс] / Сост. И.Н. Березовский. – 1903. – 267с. – Режим доступу: <http://u.b-ok.org/book/2557557/787d2b>

19. О ценах в 18 и 19 веке [электронный ресурс] / Анфимов А.М // Народное хозяйство в 1913 году: Статистико-документальный справочник. – Пг., 1914. – С. 632. – Режим доступу: http://www.mysteriouscountry.ru/wiki/index.php/Россия_1913_год_.

20. Кличко рассказал о больших проблемах с утилизацией мусора [электронный ресурс] / Комментарии.ua – 06/04/2018. – Режим доступу: <http://comments.ua/politics/616738-klichko-rasskazal-bolshih-problemah.html>.

21. Иванов В. Ф. Об удалении и уничтожении твердых домовых отбросов в г. Киеве [электронный ресурс] / В. Ф. Иванов. – Киев, 1915. – 15 с. – Режим доступу: [http://resolver.gpntb.ru/purl?docushare/dsweb/Get/Resource-2914/Ivanov__V.O.__Ob_udalenii_i_unichtozhenii_tverdykh_domovykh_otbrosov_v_g_Kieve\(1\).pdf](http://resolver.gpntb.ru/purl?docushare/dsweb/Get/Resource-2914/Ivanov__V.O.__Ob_udalenii_i_unichtozhenii_tverdykh_domovykh_otbrosov_v_g_Kieve(1).pdf).

22. Галяшкин Н. А. Утилизация отбросов и сточных вод в Германии [электронный ресурс] / Н. А. Галяшкин. - [Б. м.: б. и.], 1918. – Б. ц. – Режим доступу: [http://resolver.gpntb.ru/purl?docushare/dsweb/Get/Resource-2734/galaschkin\(1\).pdf](http://resolver.gpntb.ru/purl?docushare/dsweb/Get/Resource-2734/galaschkin(1).pdf).

23. Шигалин Г. И. Военная экономика в первую мировую войну. – М.: Воениздат, 1956. – 332 с.

24. Фрайс, Амос Альфред. Химическая война / А. Фрайс и К. Вест; Пер. с англ. члена арт. ком. Гау М. Н. Соболева. – Москва: Высший воен. редакц. совет, 1923. – 506с.

25. Барцев И.А. Характеристика системы управления переработкой ТБО: структура и составные элементы [электронный ресурс] / И.А. Барцев., И.С. Доценко // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – ИП Дудов Динислам Азнаурович, 2013. – № 10 (58) –

Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/v/harakteristika-sistemy-upravleniya-pererabotkoy-tbo-struktura-i-sostavnye-elementy>.

References

1. De Sil'gi K (2011), Istoriya musora: ot srednikh vekov do nashikh dney, [Histoire des hommes et de leurs ordures, du moyen-âge à nos jours], Translated by I. Vasyuchenko, G. Zingera, Tekst, Moscow, Russia

2. Dawkins, R. (1995). *River Out of Eden*. New York: Basic Books, P.122.

3. Sergey Novikov (2018), "Apple apologizes for the performance degradation of its iPhone due to older batteries", *News Mobile Review*, [Online], available at: <http://mobile-review.com/news/apple-izvinyaetsya-za-snizhenie-proizvoditelnosti-svoix-iphone-iz-za-staryx-akkumulyatorov>.

4. Yenice, M. (2011) "Solid Waste Characterization of Kocaeli", *Polish J. of Environ. Stud.*, vol. 20(2), pp. 479-484.

5. Stanislavjevic, N. Ubavin, D. and Batinic, B. [et al.], (2012), "Methane emissions from landfills in Serbia and potential mitigation strategies: a case study", *Waste Management*, vol. 30 (10), pp. 1095-1103.

6. Koshy, L., Emma, P. and Sarah L. [et al.] (2007), "Bio-reactive of Leachate from Municipal Solid Waste Assessment of Toxicity", *Science of the total Environment*, vol. 1-3 (384), pp. 177-181.

7. Sakai, S. (1996), "World Trends in Municipal Solid Waste Management", *Waste Management*, vol. 5-6 (16), pp. 341-350.

8. Rao, P.J., Brinda, V., Rao, B.S and P. Harikrishna (2007), "Selection of Landfill Sites for Solid Waste Management in and around Visakhapatnam City-A GIS Approach", *Asian J. of Geoinformatics*, vol. 7, № 3, pp. 35-41.

9. Trofimov I.L., Yakovlyeva A.V., Ivanchenko O.V. and Vyeryahina L. S. (2016), "Analysis of the potential of solid domestic wastes as raw materials for the production of alternative fuels in Ukraine", *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya*, vol. 2., pp. 105-111, [Online], available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eete_2016_2_17.

10. Household waste and what to do with them? (2018), *Eneca. Engineering & Consulting Company*, [Online], available at: https://www.eneca.by/ru_household_waste0/.

11. Mikhaylenko V.V. (2016), "Improving the environmental safety of water bodies in the zone of influence of municipal solid waste landfills", Ph.D. Thesis, Geology, exploration and development, State Higher Educational Institution "Priazovsky State Technical University", Mariupol, Ukraine, [Online], available at: <http://cetext.ru/dissertaciya-na-soiskaniye-uchenoy-stepeni-v2.html>.

12. Nemirovsky I. A. (2011), "Processing of MSW: problems and advantages. Part I", *Energoberezheniye. Energetika. Energoaudit*, vol. 6, pp. 46-53, [Online], available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2011_6_9.

13. Protsyuk V.A. (2005), "Environmental insurance as a guarantee of the principle of environmental liability in the context of emergency pollution of the environment", *Tezisy dokladov 2-y Mezhdunarodnoy konferentsii* [Proceedings of the 2nd International Conference], *Sotrudnichestvo dlya resheniya problemy otkhodov* [Cooperation to Address the Problem of Waste], Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine, February, 9-10, p. 25.

14. Voronina, E. O. and Kovalenko, S. P. (2017), "Intensification of the ecological development of the region through the interaction of the state and the business sphere using the example of secondary resources", *Materialy vseukrayins'koyi naukovopraktychnoyi internet-konferentsiyi molodykh uchenykh i studentiv* [Proceedings of the all-Ukrainian scientific and practical Internet conference of young scientists and students], *Ekonomiko-pravovi aspekty derzhavno-pryvatnoho partnerstva v umovakh decentralizatsiyi ekonomiky Ukrainy* [Economic and legal aspects of public-private partnership in the conditions of decentralization of the Ukrainian economy], Kharkiv National University of Municipal Economy named after O.M. Beketov, Kharkiv, Ukraine, February, 1-28, [Online], available at: <http://eprint.s.kname.edu.ua/45413/>.

15. Orlova T. A. (2006), "Environmental assessment of land occupied by waste management facilities", *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: nauk.-tekhn. zbirnyk*, vol. 25, pp. 167-181.

16. Popov M.A. (1987), *Iskusstvo ozdorovleniya gorodov i drugikh naseleennykh tsentrov* [The art of healing cities and other populated centers], Typography - lithography I. N. Kushnereva and Co., Moscow, Russia, [Online], available at: [http://resolver.gpntb.ru/purl?docshare/dsweb/Get/Resource-2759/popov\(1\).pdf](http://resolver.gpntb.ru/purl?docshare/dsweb/Get/Resource-2759/popov(1).pdf).

17. Yuditsky, F. (1978), "D. Mendeleev on the problem of waste in 1859", *Nauka i zhizn'*, vol. 7, pp.20-23.

18. Berezovsky, I. N. (ed.) (1903), *Ustraneniye domovykh otbrosov v gorodakh Zapadnoy Yevropy: otchet o zagran. poyezdke v 1901 g. po komandirovke Mosk. gor. upr.* [Elimination of household waste in the cities of Western Europe: a report on aboard business trip to Moscow city administration in 1901], Moscow, Russia, [Online], available at: <http://ru.b-ok.org/book/2557557/787d2b>.

19. Anfimov, A.M. (1914), "About prices at the 18th and 19th century", *Narodnoye khozaystvo v 1913 godu: Statistiko-dokumental'nyy spravochnik*, St. Petersburg, Russia, p. 632, [Online], available at: http://www.mysteriouscountry.ru/wiki/index.php/Россия_1913_год_.

20. Comments.ua (2018), "Klitschko spoke about the big recycling problems", [Online], available at: <https://comments.ua/politics/616738-klichko-rasskazal-bolshih-problemah.html> (Accessed 4 April 2018).

21. Ivanov, V.F. (1915), "On the removal and destruction of solid household waste in Kyiv", Kyiv, Ukraine, [Online], available at: [http://resolver.gpntb.ru/purl?docshare/dsweb/Get/Resource-2914/Ivanov__V.O._Ob_udalenii_i_unichtozhenii_tverdyykh_domovykh_otbrosov_v_g_Kieve\(1\).pdf](http://resolver.gpntb.ru/purl?docshare/dsweb/Get/Resource-2914/Ivanov__V.O._Ob_udalenii_i_unichtozhenii_tverdyykh_domovykh_otbrosov_v_g_Kieve(1).pdf).

22. Galyashkin, N. A. (1918), "Waste and Wastewater Disposal in Germany", *B. i., B. m.*, [Online], available at: [http://resolver.gpntb.ru/purl?docshare/dsweb/Get/Resource-2734/galaschkin\(1\).pdf](http://resolver.gpntb.ru/purl?docshare/dsweb/Get/Resource-2734/galaschkin(1).pdf).

23. Shigalin, G. I. (1956), "Military economy in the First World War", *Voенizdat, Moscow, Russia*.

24. Freis, Amos Alfred and West, Clapens D. (1923), *Khimicheskaya voyna* [Chemical warfare], Translated by Sobolev, M. N., *Vysshiy voyennyi redaktsionnyy sovet*, Moscow, Russia.

25. Bartsev I. A. and Dotsenko I. S. (2013), "Characteristics of the management system for the treatment of MSW: structure and components", *IP Dudov Dinislam Aznaurovich*, vol. 10 (58), [Online], available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/harakteristika-sistemy-upravleniya-pererabotkoy-tbo-struktura-i-sostavnye-elementy>.

Анотація

Вибір стратегії поводження і створення економіко-математичної моделі управління твердими побутовими відходами на основі світового позитивного досвіду кінця XIX - початку XX ст.

И.А. Черепнев, С.В. Нестеренко, О.П. Клімов, И.О. Ковальов,
Є.М. Шпінда, В.М. Щокін, В.Д. Тимофєєв

Предметом вивчення в даній статті є процес «поводження з відходами». Мета даної статті полягає у вивченні позитивного досвіду утилізації та переробки твердих побутових відходів (ТПВ) кінця XIX - початку XX ст. в деяких країнах світу; створення економіко-математичної моделі раціонального розподілу ТПВ по підприємствах з урахуванням наявності необхідних технологій і виробничих потужностей.

Завдання: Провести аналіз літературних джерел і систематизувати дані по формуванню ТПВ в ряді країн світу; зробити висновки про можливість використання позитивного міжнародного досвіду для

управління відходами, визначити чинники, що впливають на вибір стратегії управління ТПВ; дати математичне формулювання економіко-математичної моделі розподілу ТПВ по переробним підприємствам з урахуванням наявності необхідних технологій і виробничих потужностей.

Методологічною основою дослідження є загальнонаукові та спеціальні методи наукового пізнання. А саме: на основі системного аналізу були проаналізовані дані щодо досвіду утилізації та переробки ТПВ кінця ХІХ - початку ХХ ст. в деяких країнах світу, в т. ч. і на територіях, які входять до складу сучасної України. Шляхом використання теоретичних положень дослідження та апарату лінійного програмування було подано математичне формулювання економіко-математичної моделі розподілу ТПВ по переробним підприємствам з урахуванням наявності необхідних технологій і виробничих потужностей. Отримані наступні результати: Вивчено позитивний досвід утилізації та переробки ТПВ кінця ХІХ - початку ХХ ст. в деяких державах світу. Проаналізовано основні стратегії управління відходами, їх переваги та недоліки, а також виявлено чинники, що впливають на ефективність «поводження з відходами», при виборі стратегії управління ТПВ.

Висновки: Небезпека відходів, які накопичуються в великих містах, для здоров'я людей і зараження ґрунтів та водойм усвідомлювалася фахівцями вже в кінці ХІХ століття. Цілком реально використувати в Україні досвід Київ та Німеччини початку ХХ сторіччя, і переробляти ТПВ в паливо і корм для худоби. Для підвищення ефективності «поводження з відходами», при виборі стратегії управління відходами слід враховувати не тільки дисперсію якісного складу і норм накопичення побутових відходів, а й організаційно-технічні операції регулювання робіт з відходами. Економіко-математична модель розподілу відходів по переробним підприємствам з урахуванням наявності необхідних технологій і виробничих потужностей може бути сформульована як транспортна задача розподільного типу. Аналогічно, можуть бути сформульовані завдання максимізації прибутку або ж розподілу відходів галузевого характеру, наприклад, складних хімічних виробництв, військових відходів і т.д.

Ключові слова: *твердо-побутові відходи (ТПВ), переробка ТПВ, управління відходами, економіко-математична модель, транспортна задача лінійного програмування.*

Abstract

Choice of the address strategy and creation of the economic and mathematical model of solid domestic waste management on the basis of the world positive experience of the end of XIX - beginning of XX century

**I.A. Cherepnev, S.V. Nesterenko, A.P. Klimov, I.A. Kovalev,
Ye.M. Shpinda, V.M. Schokin, V.L. Timofeev**

The subject of the matter of the article is the process of "waste management". The goal of the study is the positive experience in some states of utilization and processing of municipal solid waste (MSW) at the late XIX - early XX centuries; creation of an economic-mathematical model for the rational distribution of MSW by enterprises, taking into account the availability of the necessary technologies and production capacities.

The tasks to be solved are: to analyze the literature and systematize the data on the formation of solid waste in a number of countries around the world; to draw conclusions about the possibility of using positive international experience for waste management, to determine the factors influencing the choice of management strategies for solid waste; give a mathematical formulation of the economic and mathematical model of the distribution of MSW in processing enterprises, taking into account the availability of the necessary technologies and production capacity.

The methodological basis of the research was general scientific and special methods of scientific knowledge. Namely: on the basis of system analysis, data were analyzed regarding the experience of disposal and recycling of solid waste from the late XIX - early XX centuries. in some countries of the world, including in the territories that are part of modern Ukraine. By using the theoretical positions of the study and the linear programming apparatus, a mathematical formulation was proposed for an economic-mathematical model for the distribution of MSW by processing enterprises, taking into account the availability of the necessary technologies and production capacities. The following results are obtained: A positive experience was studied in the disposal and recycling of MSW at the late XIX - early XX centuries. in some states of the world. The main waste management strategies, their advantages and disadvantages are analyzed, and factors affecting the effectiveness of "waste management" are identified when choosing a management strategy for solid waste.

Conclusions: The danger of waste accumulating in large cities for human health and contamination of soil and water bodies was recognized by experts already at the end of the 19th century. It is quite realistic to use in Ukraine the experience of Kyiv and Germany at the beginning of the XX century, and to process solid waste into fuel and livestock feed. In order to increase the efficiency of "waste management", when choosing a waste management strategy, one should take into account not only the dispersion of qualitative composition and accumulation norms of household waste, but also organizational and technical operations of waste management. The economic-mathematical model of waste distribution among processing enterprises, taking into account the availability of the necessary technologies and production capacities, can be formulated as a transport problem of a distribution type. Similarly, the task of maximizing profits or the distribution of wastes of a sectorial nature, such as complex chemical plants, military waste, etc., can be formulated.

Keywords: *municipal solid waste (MSW), recycling (MSW), waste management, economic and mathematical model, transport task of linear programming.*

Cherepnev I.A., Nesterenko S.V., Klimov A.P., Kovalev I.A., Shpinda Ye.M., Schokin V.M., Timofeev V.L. Choice of the address strategy and creation of the economic and mathematical model of solid domestic waste management on the basis of the world positive experience of the end of XIX – beginning of XX century // Engineering of nature management, 2019, #2(12), p. 132 - 143.

Подано до редакції / Received: 06.11.2018