

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ МОЩНОСТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (ТКО) НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Османов И.Х.

Институт экономики и управления (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
295015, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 21/4. E-mail: nadegda-44@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается экономико-математическая модель оптимального размещения и определения рациональных мощностей предприятий по переработке твердых бытовых отходов (ТКО) на региональном уровне. Экономико-математическая модель учитывает: факторы, обеспечивающие достижение экономической эффективности; обеспечение экологической безопасности окружающей среды, населения городов и поселков. Экологическая безопасность размещения заводов по переработке ТКО приобретает важнейшее значение, так как Крым является курортно-рекреационной зоной. Рассматривается роль государственных органов в решении этих актуальных проблем для Крыма.

Ключевые слова: модель, эффективный, рациональные мощности, размещение заводов, твердые бытовые отходы, экология городов, поселков.

ВВЕДЕНИЕ

Производство и потребление благ является причиной возникновения и накопления промышленных и бытовых отходов. По данным Главного управления статистики Республики Крым только за период с 2000 до начала 2018 года объем накопленных отходов составил 72,1 млн. м³, в 2016 году на территории региона накоплено 296848 тыс. т твердых бытовых отходов, в 2017 году этот показатель составляет 310388 тыс. т. Крым является регионом с высоким уровнем их образования и накопления.

Увеличение площадей полигонов для захоронения этих продуктов сокращает площади пригодных к использованию земель. Разложение отходов, которые похоронены, является причиной загрязнения воды, грунта и воздуха.

Таким образом, существует проблема, каким способом рационально утилизировать ТКО, что создается социально-экономической системой, которая выражается в ряде ее аспектов:

- каким образом регулировать ничем не предусмотренный спонтанный рост количества отходов;
- как остановить процесс повышения загрязнения окружающей среды этими продуктами;
- каким образом из неэффективно существующей системы и уничтожения сделать прибыльным и рентабельным;
- каким способом осуществлять ее сбор, сортировку содержащихся в ней полезных и подлежащих уничтожению компонентов на месте их образования;
- как решить вопрос чтобы с минимальными затратами на их транспортировку доставлять эти продукты с существующих городов и поселков местам их переработки;
- какие рациональные мощности должны быть у предприятий по их переработке;
- какое оптимальное количество должно быть предприятий по переработке ТКО и в каких точках они должны быть расположены на территории Крыма с учетом экологической безопасности окружающей среды, населения городов и поселков.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Значительный вклад в исследование возможных путей решения проблемы эколого-экономического взаимодействия внесли отечественные ученые Т.М. Крюкова [8], О.И. Орлова [9], С.Б. Прняичников [10], Л.К. Точиева [11], В.Т. Белов, А.И. Гапонов [12], Н.В. Цопа, Э.Ш. Акимова [13, 14] и многие другие.

Разработке теоретических и практических вопросов рационального обращения с отходами на микроэкономических и региональных уровнях хозяйствования посвящены труды М. Абрамовой, О. Веклича, Б. Горлицкого, С. Дорогунцева, В. Терехова и др.

Теоретические исследования проблемы снижения загрязнений окружающей природной среды базируются на принципах системного подхода и устойчивого развития.

Исследованию процессов управления экономическими системами посвящены труды иностранных ученых Р. Берлинга, И. Кукси и др., моделированию экономических и эколого-экономических процессов в сфере производства посвящены труды В. Ветлинского, О. Игумновой, Ю. Лисенко, С. Рамазанова и др.

В то же время недостаточно исследованным является экономико-математический инструментарий для решения проблемы оптимизации мощностей предприятий по переработке отходов их рациональное размещение на территории региона, а также соблюдение их экологической безопасности для людей и окружающей среды. Эти проблемы обусловили актуальность решения поставленной задачи.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать экономико-математическую модель определения рациональных мощностей по переработке ТКО и их оптимального размещения на территории региона с обеспечением экологической безопасности для людей и окружающей среды.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Экономико-математическая модель оптимального размещения и определения рациональных мощностей предприятий по переработке твёрдых бытовых отходов (ТКО) выглядит следующим образом.

Обозначения модели:

i - номер существующего полигона ТКО, $i = \overline{1, m_1}$;

q - номер существующего предприятия по переработке ТКО, $q = \overline{1, Q}$;

k - индекс пункта размещения предполагаемого к строительству (вновь строящегося завода по переработке ТКО) предприятия по переработке ТКО, $k = \overline{1, m_2}$;

j - номер зоны (расположения завода по переработке ТКО) потребителя ТКО, $j = \overline{1, n}$;

l - номер поставщика ТКО из вновь возникающих полигонов, $l = \overline{1, L}$.

d - номер варианта развития предполагаемого к строительству предприятия, требующего капиталовложений, $d = \overline{1, D}$;

r - номер варианта развития существующего (строящегося предприятия, требующего капиталовложений) предприятия по переработке ТКО, $r = \overline{1, R}$;

X_{ij} - объём поставок ТКО из существующего полигона j -ой зоне потребления (где расположен завод по переработке ТКО);

X_{lj} - объём поставок ТКО из l -го полигона (вновь возникшего полигона) j -ой зоне потребления;

Y_k^d - объём переработки ТКО k -го (вновь строящегося) предприятия по d -ому варианту развития, $Y_k^d = (Y_k^1, Y_k^2, \dots, Y_k^D) \geq 0$;

X_q^r - объём переработки ТКО q -ого существующего предприятия по r -му варианту развития, $X_q^r = (X_q^1, X_q^2, \dots, X_q^R) \geq 0$;

P_j - объём потребности ТКО j -ой зоны;

C_q^r, C_k^d - соответственно стоимость отпуска ТКО на q -ых и k -ых полигонах, развивающихся по d -ому и r -ому варианту развития;

K_q^r - объём инвестиций (капиталовложений) в q -ое предприятие по переработке ТКО развивающееся по r -ому варианту;

K_k^d - объём инвестиций (капиталовложений) в предприятие по переработке ТКО, развивающееся по d -ому варианту.

E - нормативный коэффициент эффективности инвестиций (капиталовложений в реконструкцию и новое строительство);

C_{ij} - затраты на транспортировку ТКО от i -го существующего полигона в j -ую зону потребления;

C_{lj} - затраты на транспортировку ТКО от l -го вновь возникшего полигона в j -ую зону потребления;

Найти такие $X_q^r = (Xq^1, Xq^2, \dots, Xq^R) \geq 0$, $Y_k^d = (Yk^1, Yk^2, \dots, Yk^R) \geq 0$, при которых выполняются ограничения (1.1) - (1.7) $\forall i = 1, \dots, m_1, k = 1, \dots, m_2, q = 1, \dots, Q, d = 1, \dots, D$,

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{j=1}^n X_{lj} \leq \sum_{r=1}^R X_q^r \Psi_q^r + \sum_{d=1}^D Y_k^d \Psi_q^d, \quad (1)$$

$$\sum_{r=1}^R \Psi_q^r = 1, \quad (2)$$

$$\sum_{d=1}^D \Psi_q^d = 1, \quad (3)$$

$$\Psi_q^r, \Psi_q^d \in \{0, 1\}, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{m_1} X_{ij} + \sum_{l=1}^L X_{lj} = P_j, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{r=1}^R X_{ij} \Psi_q^r + \sum_{d=1}^D \sum_{l=1}^L X_{lj} \Psi_q^d, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} X_q^r \geq 0, Y_k^d \geq 0, X_{ij} \geq 0, X_{lj} \geq 0, \\ i = 1, \dots, m_1, r = 1, \dots, R, q = 1, \dots, Q, k = 1, \dots, m_2, d = 1, \dots, D, j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (7)$$

И которые минимизируют функцию:

$$F = \sum_{q=1}^Q C_q^r X_q^r \Psi_q^r + \sum_{k=1}^{m_2} [C_k^d + EK_q^T] \cdot [Y_k^d \cdot \Psi_q^d] + \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^n C_{lj} X_{lj} \rightarrow \min \quad (8)$$

Условия (1.1) в модели выявляет на основе выбранного критерия оптимальности наиболее рациональные мощности предприятий по переработке ТКО среди всех вариантов возможных мощностей, причем среди предприятий, развивающихся за счет собственного фонда развития и дополнительных инвестиций (капиталовложений) на реконструкцию этих предприятий, а также вновь строящихся заводов.

Условия (2) – (4) математически обеспечивают выбор одного из вариантов развития из их множества, причем $\Psi_q^r, \Psi_q^d = 1$, если данный вариант мощности входит в оптимальный план, если же $\Psi_q^r, \Psi_q^d = 0$, то соответствующий вариант развития в оптимальном плане отвергается.

Условие (5) определяет тот факт, что общий объем поставок в j -ую зону потребления ТКО от полигонов, развивающихся по двум вариантам развития, равен потребности в этом ТКО j -ой зоны (j -го завода по переработки ТКО).

Требование (6) определяет, что объемы поставок от i -го полигона (от полигона, развивающегося по первым двум вариантам) в j -ую зону потребления на (j -ый завод по переработке ТКО), равны объему поставок в зону отдельно от полигонов, развивающихся по первому и второму вариантам развития.

Условие (7) определяет требование не отрицательности переменных модели.

Функционал задачи (8) – минимум затрат на переработку ТКО на всех существующих расширяемых реконструируемых и вновь строящихся заводов и затрат на транспортировку их (ТКО) до всех зон потребления.

Необходимо отметить важность введенного параметра r -варианта развития существующих предприятий по переработке ТКО за счет части прибыли отчисляемой в фонд развития, т. е. здесь имеется ввиду, что увеличение мощности предприятия предусматривается за счет роста производительности труда интенсификации производства, улучшение организации труда, менеджмента, маркетинга и т. д. Этот фактор является важным еще и потому что при работе полигонов ТКО и предприятий по переработке ТКО в рыночных условиях инвестиции (капвложения со стороны республиканских и государственных органов может быть, а может и не быть т. к. государство так же являются равноправным собственником.

Модель (1) – (8) представляет собой математическую модель задачи дискретного программирования с булевыми переменными. Для ее решения могут использоваться как точные методы, так и приближенные. Известно, что методы отсечения (методы Гомори, Гомори-Хофмана) требуют, даже для сравнительно не больших моделей, большого объема вычислений (плохо сходятся). Достаточно большой объем вычисления требует так же метод ветвей и границ, алгоритм Балаша. Поэтому, при решении задач дискретного программирования достаточно часто используют приближенные методы – метод случайного поиска или этот же метод сочетания с локальной оптимизацией.

Однако исходя из практических соображений при решении задачи по выше приведенной экономико-математической модели, мы рассмотрели некоторую совокупность возможных вариантов размещения предприятий по переработке ТКО (некоторое разумное множество допустимых планов размещения), из них выбрали тот вариант, который обеспечивает минимум производственных и транспортных затрат.

Рассмотренная экономико-математическая модель по существу статистическая, т.е. задача решается на определенный год (конечный год планового периода), например, на 2024 год. Динамика в данном процессе оптимизации учитывается следующим образом. В начале оптимизации задача решается на конечный год планового периода 2020-2024 гг. (т.е. на пять лет за базовый год берется 2019 год, затем по этой же модели задача решается на 2023 год и т. д.). Решая задачу развития, размещения и определение оптимальных мощностей предприятий по переработке ТКО путем последовательного применения одной и той же статистической модели на разные периоды мы получим оптимальные планы по годам планового периода определяем динамику ввода и точки расположения мощностей по переработке ТКО.

При решении такого класса задач, тем более для Республики Крым, которая является туристско-рекреационной здравницей, важнейшую роль приобретает соблюдение экологии. В задаче это учитывается следующим образом:

во-первых, когда речь идет о точке размещения предприятия по переработке ТКО имеется в виду зона потребления ТКО. Зона потребления является предполагаемая точка размещения завода по переработке ТКО. Она должна быть удаленная от городской черты на расстоянии, которое необходимо согласно принятых международных норм установки определенной мощности по переработке ТКО для полной экологической безопасности жителей, живущих в этой зоне;

во-вторых, в выбранной оптимальной точке расположения предприятия по переработке ТКО должен строиться завод определенной мощности по последнему слову науки и техники, т.е. тот который будет приносить минимальный вред экологической безопасности окружающей среды и населению, проживающему в этих местностях.

ВЫВОДЫ

Проблема по переработке ТКО является самой актуальной задачей государственных органов. Так как предприниматели-бизнесмены в погоне за прибылью не могут положительно (по нормам международного стандарта) решать эти вопросы. Госорганы должны быть главным заказчиком и контролером экологической безопасности размещения этих предприятий по переработке ТКО:

– во-первых, по решению задачи определения оптимальных мощностей и рационального размещения их на территории Крыма;

– во-вторых, по результатам решения задачи объявить конкурс для определения инвесторов на строительство предприятий по переработке ТКО.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отобрать лучшие проекты, отвечающие современным международным стандартам и осуществлять контроль за строительством этих важнейших объектов. Именно, в тех оптимальных точках (зонах) их расположения и тех рациональных мощностей, которые будут получены в результате решения задачи. По государственному решить проблемы с выделением территорий для строительства этих объектов. Оказывать всемерную помощь организациям, кому будет доверено строительство, в привлечении инвестиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Омеров, С.А. К вопросу развития, размещения и определения оптимальных мощностей предприятий по производству строительных материалов межколхозных организаций Узбекской ССР / С.А. Омеров, И.Х. Османов // Строительство и архитектура Узбекистана. – Ташкент, 1972. – №4. – С. 16-20.
2. Османов, И.Х. Модель развития и выбора рациональных мощностей производственных баз // На стройках России. –1987. – №4. – С. 19-21.
3. Османов, И.Х. Модель оптимізації економіки розвитку регіону / І.Х. Османов // Вісник Тернопільської академії народного господарства. – 2001. – № 18, ч. 4. – С. 134-140.
4. Османов, И.Х. Экономико- математические методы в планировании народного хозяйства Узбекистана. Монография / А.С. Сафаев, И.Х. Османов. – Ташкент: Фан, 1971. – 143 с.
5. Османов, И.Х. Экономико математическое моделирование в строительном комплексе (на материалах Узбекской ССР): автореф. дис.... д-ра экон. наук / И.Х. Османов. – Ташкент: Таш ИНХ. – 50 с.
6. Османов, И.Х. Экономико-математическое моделирование в формировании рыночного механизма функционирования строительного комплекса на республиканском уровне / И.Х. Османов. – М. – В-91. Деп. № 45.03/1. – 1991. –120 с.
7. Широков, Б.М. Экономико математические модели и методы оптимального планирования в строительстве / Б.М. Широков. – М.: Стройиздат, 1976. – 177 с.
8. Крюкова, Т.М. Управление ТБО и ВМР: Современные тенденции [текст] / Т.М. Крюкова, О.В. Трофимов, И.С. Доценко // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 8. – С. 925-927.
9. Орлова, О.И. Анализ методов утилизации твердых бытовых отходов и перспективы их применения на примере Нижегородской области [текст]. / О.И. Орлова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – №6. – С. 463-468.
10. Пряничников, С.Б. Теоретические положения и модели равновесного состояния предприятий, характеризующие их устойчивое развитие [текст]. / С.Б. Пряничников // Экономика и предпринимательство. – 2018. – №2. – С. 649-653.
11. Точиева, Л.К. Разработка экономико-математических моделей (ЭММ) и принципы их построения [текст] / Л.К. Точиева, М.Г. Гогова // Экономика и предпринимательство: научный журнал. – 2016. – №9. – С. 490-493.
12. Универсальный метод экономико-математического моделирования / В.Т. Белов, А.И. Гапонов // Экономика Крыма. – 2011. – №3. – С. 78-82.
13. Цопа, Н.В. Особенности оценки эффективности развития инфраструктурного обеспечения предприятий стройиндустрии / Н.В. Цопа, Э.Ш. Акимова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 12-2 (77-2). – С. 588-593.
14. Акимова, Э.Ш. Подходы к оценке уровня инфраструктурного обеспечения предприятий стройиндустрии / Э.Ш. Акимова // Экономика строительства и природопользования. – Симферополь. – 2016. – №1. – С. 7–16.

ECONOMIC – MATHEMATICAL MODEL OF THE OPTIMAL PLACEMENT AND DETERMINATION OF RATIONAL CAPACITIES OF AN ENTERPRISES FOR THE PROCESSING OF MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW) AT THE REGIONAL LEVEL

Osmanov I.H.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea

Annotation. The article considers an economic and mathematical model of optimal placement and determination of rational capacities of enterprises for processing solid household waste (SHW) at the regional level. The economic and mathematical model takes into account: factors that ensure the achievement of economic efficiency; ensuring environmental safety of the environment, the population of cities and towns. Environmental safety of SHW processing plants is of the utmost importance, since Crimea is a resort and recreation area. The role of state bodies in solving these urgent problems for the Crimea is considered.

Keywords: model, efficient, rational capacities, plant placement, solid household waste, ecology of cities and towns.