

УДК 332

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В РЕГИОНЕ

Великанова Т.В.*ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»,
Самара, e-mail: tanja.vel@mail.ru*

Дана авторская трактовка понятия «объекты обращения с отходами». Проведен анализ приоритетов государственной политики в сфере обращения с отходами, выделены основные причины, снижающие успешность ее реализации. Выявлена возрастающая важность решения экологических задач в обществе. Показано, что детальное планирование расположения объектов обращения с отходами необходимо проводить с использованием экономико-математических методов для одновременного учета текущих и транспортных затрат. За основу предлагается принять достаточно широко применяемые в экономических исследованиях производственно-транспортные модели. На основе схемы движения отходов дана словесная формулировка задачи размещения объектов обращения с отходами, сформулирована ее экономико-математическая модель – составлены целевая функция и система ограничений. Предлагаемая модель может быть использована для решения задач по планированию размещения таких объектов, как полигоны ТБО, мусороперерабатывающие, мусоросжигательные заводы, пункты временного накопления и хранения бытовых отходов.

Ключевые слова: обращение с отходами, экономико-математические модели, производственно-транспортные задачи, планирование размещения объектов

METHODS AND MODELS OF ACCOMMODATION OF OBJECTS OF WASTE MANAGEMENT IN THE REGION

Velikanova T.V.*Samara State Technical University, Samara, e-mail: tanja.vel@mail.ru*

Given the author's interpretation of the concept of objects of waste management. The analysis of the priorities of the state policy in the sphere of waste management, identifies the main causes reducing the success of its implementation. Revealed the increasing importance of the decision of ecological problems in society. It is shown that the detailed planning of the location of waste management facilities should be carried out with the use of economic-mathematical methods for the simultaneous account of current and transportation costs. The proposed take quite widely used in economic research production and transport models. Based on the scheme of movement of waste is given verbal formulation of the problem of accommodation of objects of waste management, formulated its detailed economic-mathematical model is composed of the target function and system limitations. The proposed model can be used for the task of planning the placement of objects such as landfills, recycling plants, waste incineration plants, temporary accumulation and storage of household waste, and also for the decision of tasks on planning of objects of other industries.

Keywords: waste management, economic-mathematical models, industrial and transport models, layout planning

Полномасштабная модернизация российской промышленности, повышение эффективности развития и обеспечение ее конкурентоспособности являются актуальными задачами российской экономики, поставленными в Концепции долгосрочного социально-экономического развития России до 2020 года. Немаловажным следствием развития промышленности, увеличения уровня потребления благ и услуг является рост объемов образования отходов, а значит, риск снижения экологической безопасности экономики.

Ликвидация накопленных загрязнений, стимулирование вторичной переработки, организация сортировки, строительство новых объектов утилизации отходов, управление размещением этих объектов создают основу для экологически безопасной и комфортной обстановки и необходимые условия нормальной жизнедеятельности населения, повышают экономическую привлекательность России и улучшают

инвестиционный климат. Однако ограниченность финансовых ресурсов, инвестируемых в строительство объектов захоронения и утилизации отходов, обуславливает необходимость более тщательного подхода к рациональному использованию средств, направляемых на указанные цели.

Автор использует термин «объекты обращения с отходами», подразумевая под ним объекты, на которых осуществляется накопление, временное хранение, сортировка, обезвреживание, переработка, сжигание, захоронение или иные действия, производимые с отходами.

В то время как важность решения экологических задач в обществе возрастает, подходы к размещению объектов обращения с отходами в большинстве случаев остаются недостаточно обоснованными или решаются на уровне упрощенных транспортных задач. Отсутствие научно обоснованной методики размещения объектов обращения с отходами является одной из причин этой ситуации.

Для успешной реализации государственной политики необходимо эффективное планирование расположения новых и развития существующих объектов обращения с отходами.

На основании проведенных автором исследований было установлено, что основная цель эффективного размещения объектов обращения с отходами состоит в том, чтобы снизить текущие и транспортные затраты, избежать недозагрузки их мощностей на уровне предприятия, а на уровне региона – обеспечить всю его территорию сетью объектов обращения с отходами, что позволит развить социальную инфраструктуру и послужит повышению инвестиционной привлекательности региона. Исследования показали, что решить проблему оптимального размещения объектов обращения с отходами можно с применением достаточного известных и широко используемых в экономических исследованиях методов экономико-математического моделирования и программирования.

Цель исследования состоит в разработке теоретических положений и методических подходов к повышению эффективности размещения вновь создаваемых и развития существующих объектов обращения с отходами в регионе на основе использования экономико-математических методов и моделей.

Принятие решений в сфере обращения с отходами должно опираться на приоритеты государственной политики, обозначенные в концепции долгосрочного социально-экономического развития России до 2020 года, и на законодательные нормы, зафиксированные в ФЗ-89, проекте ФЗ «О внесении изменений в Закон «Об отходах производства и потребления»», в региональном законодательстве и в региональных и муниципальных стратегиях развития.

Президентом Российской Федерации было дано Поручение от 29 марта 2011 года № Пр-781 об обеспечении разработки долгосрочных целевых инвестиционных программ обращения с твердыми бытовыми и промышленными отходами, основанных на комплексном подходе к процессу сбора и утилизации всех видов отходов, привлечении средств частных инвесторов. Согласно этому поручению, в масштабах региона были разработаны различные целевые программы в области обращения с отходами и улучшения экологической обстановки. Такие программы есть во многих регионах России, например, в Астраханской, Брянской (областная целевая программа «Совершенствование системы обращения с отходами производства и потребления на

территории Брянской области»), Самарской (областная целевая программа «Совершенствование системы обращения с отходами производства и потребления и формирование кластера использования вторичных ресурсов на территории Самарской области на 2010–2012 годы и на период до 2020 года»), Калужской, Владимирской, Кировской, Нижегородской областях, в Республике Башкортостан («Совершенствование системы управления твердыми бытовыми отходами в Республике Башкортостан» на 2011–2020 годы), Калмыкии и др.

На основании «Санитарных правил содержания территорий населенных мест» (СанПиН 42-128-4690-88) и в соответствии с МДК7-01.2003и ФЗ «Об отходах производства и потребления» каждый регион должен разработать генеральные схемы санитарной очистки территорий. В этом документе в том числе содержатся требования к размещению объектов обращения с отходами и прорабатываются места расположения полигонов, мусоросортировочных, мусороперегрузочных станций и иных объектов обращения с отходами на территории муниципальных районов. В Самарской области, например, на основании генеральной схемы очистки территории места расположения определяются по принципу минимизации расстояния перевозок – считается, что перевозка бытовых отходов на расстояние свыше 50 км экономически неэффективны. Соответственно применяется логистический алгоритм, определяющий местоположение объектов обращения с отходами с учетом транспортной составляющей.

Таким образом, было выявлено, что при принятии решения о размещении объектов обращения с отходами в Самарской области отсутствует научно-обоснованная методика, позволяющая учесть текущие и транспортные затраты, вследствие чего происходит выбор не всегда эффективного месторасположения и, как следствие, повышается себестоимость переработки, вывоза и захоронения отходов, что ведет либо к росту тарифов для населения, либо к экономической неэффективности проекта.

Для решения задачи по поиску оптимальных мест расположения промышленных предприятий можно использовать, к примеру, предлагаемые Д.М. Казакевичем [3] производственно-транспортные модели.

Предварительно сформулируем математическую модель задачи. Предположим, что в регионе имеется совокупность организаций, выполняющих различные виды деятельности, в результате которых образуются отходы определенного количества и класса опасности. Известны многовари-

антные технологии по утилизации, обезвреживанию, уничтожению и захоронению данных отходов, которые могут быть реализованы на существующих или вновь построенных объектах обращения с отходами. Требуется найти такое решение по месторасположению и мощности данных объектов, при котором суммарные затраты от их текущей деятельности и транспортных пере-

возок отходов и производимой из них продукции будут минимальными при заданных целевых установках и ограничениях.

На рисунке представлена схема движения отходов в процессе их использования и захоронения, предложенная автором и используемая для формулировки математической модели.

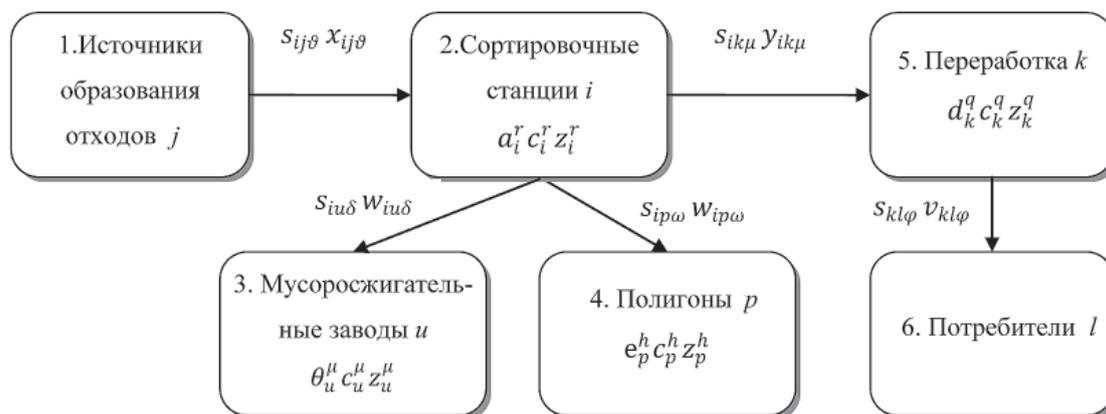


Схема потоков сырья, полуфабрикатов и готовой продукции между объектами обращения с отходами

Введем следующие обозначения:

$a_i^r, d_k^q, \theta_u^\mu, e_p^h$ – количество единиц продукции, которое может соответственно производиться (утилизироваться) по r, q, μ, h вариантам на перегрузочно-сортировочной станции, размещенной в пункте i , на мусороперерабатывающем заводе, размещенном в пункте k , на мусоросжигательном заводе, размещенном в пункте u и на полигоне, расположенном в пункте p .

$c_i^r, c_k^q, c_u^\mu, c_p^h$ – производственные затраты соответственно i, k, u, p -го объекта обращения с отходами в r, q, μ и h -м варианте развития.

$z_i^r, z_k^q, z_u^\mu, z_p^h$ – варианты развития перегрузочно-сортировочной станции r , размещенной в пункте i , варианты развития мусороперерабатывающего завода q , размещенного в пункте k , варианты развития мусоросжигательного завода, размещенного в пункте u , и варианты развития полигона h , размещенного в пункте p .

$x_{ij\vartheta}, y_{jk\mu}, v_{kl\phi}, w_{ip\omega}, w_{iu\delta}$ – объемы поставок соответственно отходов ϑ , вторсырья μ , готовой продукции ϕ и неперерабатываемых отходов для сжигания δ из пунктов образования отходов i в пункты сортировки j , отсюда – в пункты захоронения p , сжигания u , переработки k , а затем в пункты потребления l .

$S_{ij\vartheta}, S_{ik\mu}, S_{kl\phi}, S_{ip\omega}, S_{iu\delta}$ – транспортные затраты на перевозку соответственно отходов ϑ , вторсырья μ , готовой продукции ϕ и неперерабатываемых отходов для сжигания δ из пунктов образования отходов i в пункты сортировки j , отсюда в пункты захоронения p или сжигания u , или переработки k , затем из пунктов переработки k в пункты потребления l .

Где j – индекс источника образования отходов, i – индекс перегрузочно-сортировочной станции, k – индекс пункта переработки (мусороперерабатывающего завода), p – индекс полигона бытовых и промышленных отходов, u – индекс мусоросжигательного завода, l – индекс потребителей продукции.

Решение задач линейного или нелинейного, целочисленного, динамического программирования, как и вообще любой оптимизационной задачи, обязательно связано с выбором критерия оптимальности. Проблема выбора критерия оптимальности в локальной отраслевой задаче связана с кругом решаемых проблем и ожидаемых результатов, с формулировкой и существом отраслевой задачи. Невозможно изолированно решить вопрос о критерии, не учитывая других моментов постановки задачи: характера уже установленных или устанавливаемых одновременно с выбором критерия ограничений, надежности, экономических показателей целевой функции при той или иной постановке задачи и со-

ответствующем критерию оптимальности [3, с. 18]. Все отмеченные вопросы должны решаться в комплексе, с учетом системного подхода. В задачах размещения производства, как правило, в качестве целевой функции используются суммарные затраты на производство продукции и транспортировку ее потребителям, что позволяет минимизировать суммарные затраты хозяйствующего субъекта. В данной модели, так как не все объекты являются производственными предприятиями, в качестве критерия оптимальности выбраны суммарные текущие и транспортные затраты.

Для определения оптимального местоположения требуется выбрать такие пункты размещения перегрузочно-сортировочных станций, мусороперерабатывающих заводов и полигонов и для выбранных объектов – такие варианты их развития, чтобы потребность каждого из n пунктов образования отходов на вывоз мусора была полностью удовлетворена, а суммарные текущие и транспортные расходы были минимальны.

То есть необходимо найти $a_i^r, d_k^q, e_p^h, x_{ij\vartheta}, y_{jk\mu}, v_{kl\phi}, w_{ip\omega}, w_{iu\delta}$, при которых достигается минимум функции L (4):

$$L = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m s_{ij\vartheta} x_{ij\vartheta} + \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^{R_j} a_i^r c_i^r z_i^r + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K s_{ik\mu} y_{ik\mu} + \sum_{k=1}^K \sum_{q=1}^{Q_k} d_k^q c_k^q z_k^q + \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L s_{kl\phi} v_{kl\phi} + \sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^P s_{ip\omega} w_{ip\omega} + \sum_{p=1}^P \sum_{h=1}^H e_p^h c_p^h z_p^h + \sum_{i=1}^m \sum_{u=1}^U s_{iu\delta} w_{iu\delta} + \sum_{u=1}^U \sum_{\mu=1}^M \theta_u^\mu c_u^\mu z_u^\mu \rightarrow \min, \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

– все образовавшиеся в пунктах образования j отходы должны быть вывезены:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij\vartheta} = b_j; \quad (2)$$

– вся масса образованных отходов поступает на перегрузочно-сортировочные станции:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{r=1}^{R_j} a_i^r z_i^r; \quad (3)$$

– весь объем отходов и вторсырья, образовавшийся на мусороперегрузочных стан-

циях, перевозится на мусоросжигательные заводы u , мусороперерабатывающие заводы k и полигоны p :

$$\sum_{i=1}^I a_i^r z_i^r = \sum_{i=1}^I y_{ik\mu} + \sum_{i=1}^I w_{ip\omega} + \sum_{i=1}^I w_{iu\delta}; \quad (4)$$

– объем отходов, образованных в пунктах j , равен или больше, чем объем отходов и вторсырья, перевозимых на мусоросжигательные заводы u , мусороперерабатывающие заводы k и полигоны p из-за прессования на перегрузочно-сортировочных станциях:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij\vartheta} \geq \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K y_{ik\mu} + \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P w_{ip\omega} + \sum_{i=1}^m \sum_{u=1}^U w_{iu\delta}; \quad (5)$$

– все продукты переработки доставляются потребителям:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L v_{kl\phi} = \sum_{k=1}^K \sum_{q=1}^{Q_k} d_k^q z_k^q; \quad (6)$$

– в каждом пункте предполагаемого размещения может быть построен объект только одной мощности:

$$\sum_{r=1}^{R_j} z_i^r \leq 1; \quad \sum_{q=1}^{Q_k} z_k^q \leq 1; \quad (7)$$

$$\sum_{h=1}^H z_p^h \leq 1; \quad \sum_{\mu=1}^M z_u^\mu \leq 1;$$

– объемы размещаемых отходов должны находиться в границах ассимиляционного потенциала территории:

$$\sum_{p=1}^P \sum_{h=1}^H e_p^h z_p^h \leq Ap; \quad (8)$$

$$z_i^r = \{0, 1\}; \quad i \in I, \quad r \in R; \quad (9)$$

$$z_k^q = \{0, 1\}; \quad k \in K, \quad q \in Q; \quad (10)$$

$$z_p^h = \{0, 1\}; \quad p \in P, \quad h \in H; \quad (11)$$

$$z_u^\mu = \{0, 1\}; \quad u \in U, \quad \mu \in M \quad (12)$$

$$a_i^r, d_k^q, e_p^h, \theta_u^\mu \geq 0; \quad x_{ij\vartheta} \geq 0;$$

$$y_{jku} \geq 0; \quad v_{kl\varphi} \geq 0; \quad w_{ip\omega} \geq 0; \quad w_{iu\delta} \geq 0; \quad (13)$$

где $\vartheta = \overline{1, Y}; \mu = \overline{1, M}; \varphi = \overline{1, \Phi}; \omega = \overline{1, \Omega}; i = \overline{1, I};$
 $j = \overline{1, J}; k = \overline{1, K}; l = \overline{1, L}; p = \overline{1, P}; r = \overline{1, R};$
 $q = \overline{1, Q}; \mu = \overline{1, M}; u = \overline{1, U}.$

Для решения задач размещения разработаны точные алгоритмы и приближенные алгоритмы с гарантированными оценками точности, Лагранжевы эвристики, вероятностные итерационные алгоритмы локального поиска. Сформулированная задача (1)–(13) может быть решена с использованием приближенных методов, например, с помощью метода коэффициентов экономичности, метода отсева и др.

Варьируя параметры и ограничения математической модели (1)–(13), можно адаптировать ее под конкретные условия, это дает возможность решать задачи размещения объектов обращения с отходами в условиях различных типов регионов, что будет способствовать повышению качества принимаемых управленческих решений в сфере обращения с отходами.

Таким образом, автором на основе производственно-транспортных моделей сформулирована развернутая экономико-математическая модель задачи размещения объектов обращения с отходами. Описанная математическая модель может найти практическое применение в однопродуктовых задачах отраслевого планирования для различных сфер хозяйствования, а также может быть использована для планирования размещения производства на территории более крупных объединений, например, федеральных округов.

Список литературы

1. Великанова Т.В., Ладоскин А.И. Использование оптимизационных методов при планировании размещения производства // Вестник Самарского муниципального института управления: теоретический и научно-методический журнал. – Самара, САГМУ, 2013. – № 2(25)/2013.
2. Казакевич Д.М. Производственно-транспортные модели в перспективном отраслевом планировании. – М.: Экономика, 1972. – 295 с.
3. Косякова И.В. Организационно-экономические основы экологической деятельности промышленных предприятий: научная монография. – М.: Изд-во «Компания Спутник +», 2006. – 243 с.
4. Ладоскин А.И. Экономико-математическое моделирование размещения промышленных объектов в регионе (на примере деревообрабатывающего производства) // Экономические науки. – М.: Изд-во ООО «Экономические науки», 2009.
5. Регионы России. Социально-экономические показатели: сборник. – 2012. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_14p/lssWWW.exe/Stg/d01/05-met.htm.

References

1. Velikanova T., Ladoshkin A. Ispolzovanie optimizacionnyh metodov pri planirovanii razmeshhenija proizvodstva. Zhurnal Vestnik Samarskogo municipalnogo instituta upravlenija, 2013.
2. Kazakevich D.M. Proizvodstvenno-transportnye modeli v perspektivnom otraslevom planirovanii, 1972.
3. Kosjakova I.V. Organizacionno-economichekije osnovy ekologicheskoy deyatel'nosti promyshlennyh predpriyatij, 2006.
4. Ladoshkin A.I. Economiko-matematicheskoe modelirovanie razmeshhenija promyshlennyh objektov v regione (na primere derevoobrabatyvajushhego proizvodstva). Zhurnal «Economicheskije nauki», 2009.
5. Statistical book RegionyRossii. Socialno-jekonomicheskije pokazateli, 2012.

Рецензенты:

- Косякова И.В., д.э.н., профессор, зав. кафедрой «Национальная и мировая экономика», ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», г. Самара;
 Ладоскин А.И., д.э.н., профессор кафедры «Экономика промышленности», ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», г. Самара.
 Работа поступила в редакцию 25.12.2013.