

### 10.3. ОПТИМАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ПАРТИЯ УДАЛЕНИЯ ОТХОДОВ: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ<sup>1</sup>

Трунин С.Н., д.э.н., профессор, заведующий  
кафедрой экономики труда и управления персоналом  
Кубанского государственного университета;  
Кузнецов П.И., к. ф-м. н., директор  
ООО «Управляющая компания» Союза  
отходопереработчиков Кубани;  
Кузнецов А.И., Романишкин А.С., сотрудники  
ООО «Управляющая компания» Союза  
отходопереработчиков Кубани;  
Ларионова А.А., сотрудник  
Социально-экологического союза РФ

Одним из действенных инструментов государственного регулирования и управления отходами являются экономически обоснованные лимиты на их размещение. Проекты нормативов образования отходов и лимитов на их размещение для объекта хранения отходов разрабатываются с учетом экономической целесообразности формирования транспортной партии для вывоза размещаемых отходов. В статье на основе ранее развитого подхода предложен новый формализм, позволяющий экономически обоснованно формировать транспортную партию.

В работах [1-3] нами развит подход к установлению оптимальных лимитов на микроэкономическом уровне – уровне предприятия (юридического лица или индивидуального предпринимателя). Этот подход позволяет естественным образом сформулировать эколого-экономические критерии и алгоритм формирования оптимальной транспортной партии для удаления отходов с территории предприятия.

Суть развитого в [2, 3] подхода заключается в комплексном учете затрат предприятия на управление отходами и формализованном представлении этих затрат в виде целевой функции  $P_y(t, R)$  в руб./год. При этом

$$P_y(t, R) = (1/t) \Pi_y(t, R),$$

где

$\Pi_y(t, R)$  – затраты на управление отходом за один цикл.

Под циклом управления отходом понимается документально установленный период времени от момента начала накопления отхода до момента его удаления с территории предприятия и сдачи на переработку, обезвреживание или захоронение. Длительность цикла равна времени размещения (хранения) отхода на территории предприятия.

Аргументом целевой функции является время размещения (хранения) отхода  $t$  на территории предприятия. Целевая функция зависит также от ряда квазипостоянных либо слабо меняющихся со временем параметров, которые обозначены как компоненты вектора  $R$ . Целевая функция  $P_y(t, R)$  может быть минимизирована по аргументу  $t$  и набору параметров  $R$  путем выбора оптимальной стратегии управления [3].

В основе минимизации затрат на управление отходами и установления оптимальных лимитов на размещение отходов лежат, в частности, два хорошо понятных обстоятельства. При прочих равных условиях, чем меньшее количество отхода хранится на территории

предприятия, тем меньше плата за его хранение, но тем чаще приходится вывозить отход для передачи специализированным предприятиям-лицензиатам и тем выше транспортные затраты. И наоборот, чем большее количество отхода хранится на собственной территории, тем больше плата за его хранение, но тем меньше удельные транспортные затраты на его удаление.

Используя результаты работ [2, 3], запишем целевую функцию в следующем виде:

$$P_{y1} = \left( \frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k} \right) * v_m * t + C_{cd1} * v_m + \frac{C_3}{\tau_3} + \frac{C_{mp1}}{t}, \quad (1)$$

при  $t \leq T$  и  $t \leq \frac{m_1}{v_m}$ .

$$P_{y2} = \left( \frac{C_n}{2T} + \frac{C_k}{\tau_k} \right) * v_m * t + C_n \frac{v_m}{2} + C_{cd1} * v_m + \frac{C_3}{\tau_3} + \frac{C_{mp1}}{t}, \quad (2)$$

при  $T \leq t \leq \frac{m_1}{v_m}$ .

$$P_{y3} = \left( \frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k} \right) * v_m * t + C_{cd1} * v_m + \frac{C_3}{\tau_3} + C_{mp1} \frac{v_m}{m_1}, \quad (3)$$

при  $\frac{m_1}{v_m} \leq t \leq T$ .

$$P_{y4} = \left( \frac{C_n}{2T} + \frac{C_k}{\tau_k} \right) * v_m * t + C_n \frac{v_m}{2} + C_{cd1} * v_m + \frac{C_3}{\tau_3} + C_{mp1} \frac{v_m}{m_1}, \quad (4)$$

при  $t \geq T$  и  $t \geq \frac{m_1}{v_m}$ ,

где

$t$  – время размещения отхода на территории предприятия в годах;

$T$  – отчетный период времени, принимаемый равным одному году;

$m_1$  – грузоподъемность вывозящего отход транспортного средства, т;

$v_m$  – скорость образования отхода, т/год;

$C_n$  – ставка платы за размещение отхода в пределах установленного лимита в руб./т;

$C_{mp1}$  – затраты на однократный вывоз отхода транспортным средством грузоподъемностью  $m_1$  (тонн) в рублях;

$C_{cd1}$  – плата за сдачу отхода в рублях за тонну;

$C_3$  – затраты на разработку природоохранных документов в расчете на один вид отхода в рублях.

$C_k$  – затраты на обустройство места (контейнера) размещения (хранения) данного вида отхода в рублях за тонну;

$\tau_3$  – время действия разрешительных природоохранных документов, лет;

$\tau_k$  – срок службы контейнера, лет.

В качестве иллюстрации на рис. 1 показана целевая функция  $P_y(t, R)$  для отхода – отработанных кислотных аккумуляторов при заданных значениях параметров  $R$  в зависимости от времени размещения отхода на территории предприятия  $t$ . Из рис. 1 видно, что для этого отхода целевая функция, во-первых, имеет минимум

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 06-05-96689-р\_юг\_а; № 06-01-96645-р\_юг\_а.

при некотором значении времени  $t$  и, во-вторых, может принимать отрицательные значения в некоторой области значений времени хранения  $t$ . Последнее означает, что при реализации этого вида отхода в оптимальные по времени  $t$  сроки предприятие может получить чистый и, причем, максимальный доход.

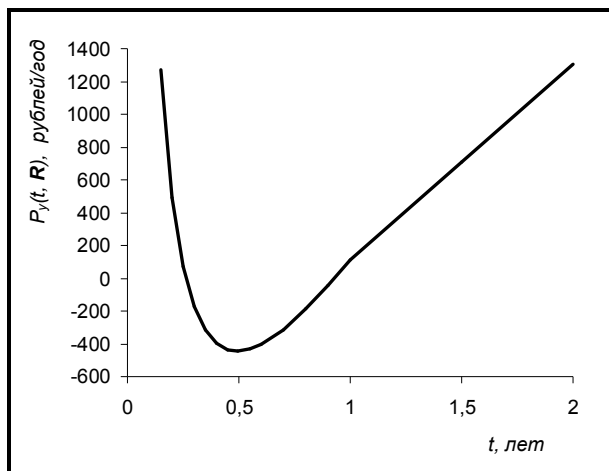


Рис. 1. Целевая функция для отработанных кислотных аккумуляторов<sup>2</sup>

Минимум функции (1) достигается при оптимальном времени размещения отхода, равном

$$t_{\text{онм}1} = \sqrt{\frac{C_{\text{мп}1}}{v_m \cdot \left( \frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k} \right)}}, \quad (5)$$

а функции (2) при оптимальном времени размещения отхода, равном

$$t_{\text{онм}2} = \sqrt{\frac{C_{\text{мп}1}}{v_m \cdot \left( \frac{C_n}{2T} + \frac{C_k}{\tau_k} \right)}}. \quad (6)$$

Функции же (3) и (4) не имеют локальных минимумов по аргументу  $t$ .

Оптимальная масса удаляемого данного отхода в тоннах составит величину

$$M_{\text{онм}} = v_m \cdot t_{\text{онм}}, \quad (7)$$

Если экологические, санитарно-эпидемиологические и иные нормы и правила позволяют совместно хранить и транспортировать различные виды отходов, то для группы таких отходов оптимальное время размещения для функции (1) равно

$$t_{\text{онм}}^{\text{эп}} = \sqrt{\frac{C_{\text{мп}1}}{\sum_{j=1}^m v_{mj} \cdot \left( \frac{C_{nj}}{T} + \frac{C_{kj}}{\tau_{kj}} \right)}}, \quad (8)$$

при  $t \leq T$  и  $t \leq \frac{m_1}{\sum_{j=1}^m v_{mj}}$ .

А для функции (2) равно

$$t_{\text{онм}2}^{\text{эп}} = \sqrt{\frac{C_{\text{мп}1}}{\sum_{j=1}^m v_{mj} \cdot \left( \frac{C_{nj}}{2T} + \frac{C_{kj}}{\tau_{kj}} \right)}}, \quad (9)$$

при  $T \leq t \leq \frac{m_1}{\sum_{j=1}^m v_{mj}}$ ,

где

$j$  – индекс отхода в группе;

$m$  – число отходов в группе;

$C_{nj}$  – ставка размещения  $j$ -го отхода в пределах установленных лимитов в руб./т;

$\sum_{j=1}^m v_{mj}$  – суммарная скорость образования отходов в группе.

Оптимальная масса группы удаляемых отходов в тоннах составит величину:

$$M_{\text{онм}}^{\text{эп}} = t_{\text{онм}}^{\text{эп}} \cdot \sum_{j=1}^m v_{mj}, \quad (10)$$

Отметим, что заданные формулами (7) и (10) оптимальная масса удаляемого отхода и оптимальная масса группы удаляемых отходов одновременно представляют собой массовые компоненты оптимальных лимитов на размещение (хранение) отхода или группы отходов на территории предприятия, а заданные формулами (5), (6) и (8), (9) значения времени хранения – временные компоненты оптимальных лимитов. Введенная же скорость образования отхода  $v_m$  по существу представляет собой устанавливаемый предприятию в лимитах (разрешении) на размещение норматив образования отхода.

Кроме того, следует подчеркнуть, что  $C_{\text{мп}1}$  представляют собой затраты в рублях на однократный вывоз отхода единичным транспортным средством грузоподъемностью  $m_1$  (тонн). Однократный вывоз отхода группой одинаковых транспортных средств рассмотрен ниже.

Применение формул (5), (6) и (8), (9) для нахождения оптимальных времен размещения отхода или группы отходов связано с соблюдением ограничений на время размещения  $t$ , задаваемых соответствующими неравенствами. Формулы (5), (6) и (8), (9) включают затраты на однократный вывоз отхода  $C_{\text{мп}1}$ . Затраты  $C_{\text{мп}1}$  определяются типом транспортного средства, его грузоподъемностью, временем работы и/или дальностью пробега при удалении отхода.

Для определения затрат  $C_{\text{мп}1}$  удобно пользоваться полуэмпирическими зависимостями в рублях типа:

$$C_{\text{мп}1} = F(m_1, r), \quad (11)$$

где:

$m_1$  – грузоподъемность в тоннах;

$r$  – пробег в оба конца в километрах.

Например, спектр отечественных и некоторых зарубежных транспортных средств грузоподъемностью от 1 до 22,5 тонн можно описать следующей полуэмпирической зависимостью:

$$C_{\text{мп}1} = 0,246 \cdot m_1 \cdot r + 10,776 \cdot r + 73,5 \cdot m_1 + 127,42.$$

При выводе формулы (11) учтены затраты на горючее, техническое обслуживание и ремонт, погрузочно-разгрузочные работы, заработную плату водителя, амортизацию транспортного средства. Численные зна-

<sup>2</sup> Параметры:  $C_n = 1\,983$  руб./т;  $v_m = 1$  т/год;  $m_1 = 1$  т;  $C_{\text{мп}1} = 532$  руб.;  $C_{\text{сд}1} = -3\,000$  руб./т.;  $C_s = 2\,000$  руб./отход;  $C_k = 1\,000$  руб./т;  $T = 1$  год;  $\tau_s = 5$  лет;  $\tau_k = 5$  лет.

чения коэффициентов уточнены методом наименьших квадратов по рекламным данным для автомобильных грузоперевозок. Максимальная ошибка в оценке затрат  $C_{мп1}$  по формуле (11) для рассмотренного ряда транспортных средств не превышает 20%. Рис. 2 иллюстрирует качество оценки затрат  $C_{мп1}$  по формуле (11) при  $r = 300$  км.

Определим для целей настоящей статьи понятия малотоннажных и крупнотоннажных отходов. Под малотоннажными будем понимать отходы, скорость образования которых  $v_m \leq m_1 / T$  т/год. Для малотоннажных отходов  $m_1 \geq v_m * T$  и грузоподъемности транспортного средства  $m_1$  достаточно, чтобы за один рейс вывезти всю массу образованных за период  $T = 1$  год отходов. Под крупнотоннажными же отходами будем понимать те отходы, скорость образования которых  $v_m \geq m_1 / T$  т/год. Для крупнотоннажных отходов  $m_1 \leq v_m * T$ , т.е. транспортного средства с грузоподъемностью  $m_1$  недостаточно, чтобы за один рейс вывезти всю массу образованных за период  $T = 1$  год отходов.

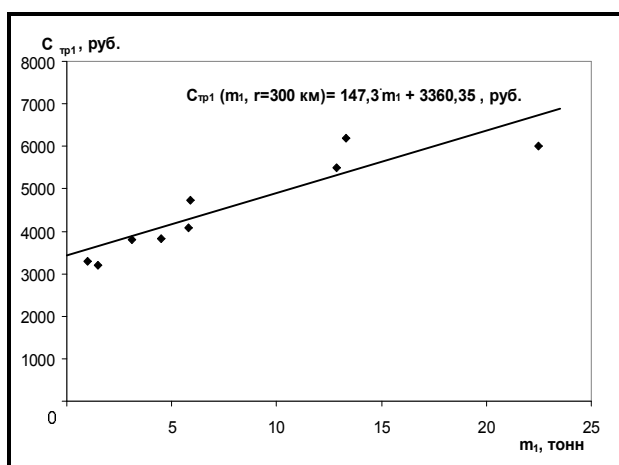


Рис. 2. Аппроксимация (прямая линия) по формуле (11) рекламных данных по ценам на грузоперевозки (точки)

Представим неравенства:

$$t \leq T$$

и

$$t \leq \frac{m_1}{v_m}, \tag{12}$$

определяющие вид функции (1), следующим образом:

$$t \leq \frac{m_1}{v_m} \leq T; \tag{13}$$

$$t \leq T \leq \frac{m_1}{v_m} \tag{14}$$

Из неравенства (13) следует, что  $v_m \geq m_1 / T$ , а из неравенства (14), что  $v_m \leq m_1 / T$ . Следовательно, функция (1) описывает одновременно управление крупнотоннажными и малотоннажными отходами.

Неравенство же

$$T \leq t \leq \frac{m_1}{v_m}, \tag{15}$$

определяющее вид функции (2), означает, что эта функция описывает управление малотоннажными отходами, т.е.  $v_m \leq m_1 / T$  т/год. Аналогично функция (3) описывает управление крупнотоннажными отходами, а

функция (4) описывает одновременно управление крупнотоннажными и малотоннажными отходами.

Особенностями функций (1) и (2) является наличие минимумов по аргументу  $t$ , позволяющее найти оптимальные времена размещения отхода по формулам (5), (6).

Все вышесказанное в полной мере относится к группам отходов, оптимальные времена размещения которых определяются по формулам (8) и (9).

Оптимальная грузоподъемность планируемого для удаления отхода транспортного средства  $m_1$ , если она не определяется другими обстоятельствами, заранее не известна. Однако  $m_1$  можно оценить для функций (1) и (2) из следующих неравенств и значений  $t_{онм1}$  и  $t_{онм2}$  по заданным значениям скорости образования отхода  $v_m$  и пробега  $r$ .

Для функции (1) и неравенства (13)

$$t_{онм1} = \sqrt{\frac{C_{мп1}}{v_m * \left(\frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k}\right)}} \leq m_1 / v_m. \tag{16}$$

Для функции (1) и неравенства (14)

$$t_{онм1} = \sqrt{\frac{C_{мп1}}{v_m * \left(\frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k}\right)}} \leq T. \tag{17}$$

Для функции (2) и неравенства (15)

$$t_{онм2} = \sqrt{\frac{C_{мп1}}{v_m * \left(\frac{C_n}{2T} + \frac{C_k}{\tau_k}\right)}} \leq m_1 / v_m. \tag{18}$$

При этом вместо  $C_{мп1}$  в неравенства (16)-(18) следует подставить правую часть зависимости (11) при фиксированном пробеге  $r$ .

Заменяя неравенство (16) уравнением и решая его, найдем:

$$m_1 = \frac{\alpha * r + \gamma}{2 \left(\frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k}\right)} * v_m + \sqrt{\left[\frac{\alpha * r + \gamma}{2 \left(\frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k}\right)}\right]^2 * v_m^2 + \frac{\beta * r + \delta}{\frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k}} * v_m}, \tag{19}$$

где  $\alpha = 0,246$ ;  $\beta = 10,776$ ;  $\gamma = 73,5$ ;  $\delta = 127,42$  – значения численных коэффициентов в зависимости (9). Аналогичное решение справедливо и для неравенства (17) при замене  $T$  на  $2T$  в первом сомножителе правой части равенства (19).

По найденному из (19) значению  $m_1$  из доступного ряда транспортных средств (см. рис. 2) определяем транспортное средство с грузоподъемностью наиболее близкой к  $m_1$ , но превышающей ее, и эту грузоподъемность обозначаем через  $m_1$ .

Заменяя неравенство (17) уравнением и решая его, найдем

$$m_1 = \frac{1}{\alpha * r + \gamma} * \left[ T^2 * v_m * \left(\frac{C_n}{T} + \frac{C_k}{\tau_k}\right) - (\beta * r + \delta) \right]. \tag{20}$$

Аналогично по найденному из (20) значению  $m_1$ , из доступного ряда транспортных средств вновь опреде-

ляем транспортное средство с грузоподъемностью, наиболее близкой к  $m_1$ , но не превышающей ее, и эту грузоподъемность обозначаем через  $m_1$ .

Для найденных значений  $m_1$  необходимо проверять выполнение соответствующих неравенств (13)-(15). Если они не выполняются, то следует выбрать из доступного ряда транспортных средств следующее по грузоподъемности и так до тех пор, пока не будет удовлетворено одно из неравенств (13)-(15).

Эффективность оптимизации  $\varepsilon(t_{onm})$  определим как отношение разности годовых затрат на управление данным видом отхода при оптимальном времени хранения  $t_{onm}$  и времени хранения, при котором достигается полная загрузка транспортного средства, т.е.  $t_{m/c} = m_1 / v_m$  к затратам при хранении в течение времени  $t_{m/c}$ :

$$\varepsilon(t_{onm}) = \frac{P_y(t_{m/c}, \bar{R}) - P_y(t_{onm}, \bar{R})}{P_y(t_{m/c}, \bar{R})}. \quad (21)$$

Сформируем с учетом изложенного оптимальную транспортную партию для удаления с территории условного предприятия отхода – отработанных кислотных аккумуляторов. Зададимся следующими значениями параметров из набора параметров  $R$ :  $v_m = 1$  т/год;  $C_n = 1982,76$  руб./т;  $C_k = 1000$  руб./т;  $\tau_k = 5$  лет.

Предположив, что мы имеем дело с малотоннажными отходами, оценим значение  $m_1$  по решению (19). Имеем

$$m_1 = \frac{0,246 \cdot 31 + 73,5}{2 \left( \frac{1983}{1} + \frac{1000}{5} \right)} \cdot 1 + \sqrt{\left( \frac{0,246 \cdot 30 + 73,5}{2 \left( \frac{1983}{1} + \frac{1000}{5} \right)} \right)^2 \cdot 1^2 + \frac{450,7 \cdot 30 + 127,42}{\frac{1983}{1} + \frac{1000}{5}} \cdot 1} = 0,473 \text{ тонн}$$

Для полученного значения  $m_1$  транспортным средством с наиболее близкой грузоподъемностью является автомобиль «Пежо», грузоподъемность которого  $m_1 \approx 1$  тонна (см. рис. 2). Оптимальное время удаления отхода автомобилем «Пежо», согласно (5) и (11), составляет:

$$t_{onm1} = \sqrt{1 \cdot \left( \frac{1983}{1} + \frac{1000}{5} \right)} = 0,494 \text{ года}.$$

Для полученного значения  $t_{onm1}$  неравенства (13) и (14) выполняются одновременно и справедливо выражение (1). В этом случае мы имеем дело с отходами, которые в равной степени можно отнести либо к малотоннажным, либо к крупнотоннажным отходам в рамках принятой в настоящей статье классификации при заданной скорости образования отхода  $v_m = 1$  т/год и выбранной грузоподъемности транспортного средства  $m_1 \approx 1$  тонна.

Принимая следующие значения параметров из набора параметров  $R$ :  $C_{cd1} = -3000$  руб./т (приемщик отхода платит сдатчику);  $C_s = 2000$  руб./отход;  $\tau_s = 5$  лет, по формуле (21) найдем для эффективности оптимизации:

$$\varepsilon(t_{onm}) = \frac{115 - (-445)}{115} = 4,87 = 487\%,$$

или в абсолютном выражении 560 рублей в год.

Таким образом, для рассмотренного примера оптимальной транспортной партией для удаления отхода является автомобиль «Пежо» с грузоподъемностью  $m_1 \approx 1$  тонна, вывозящий отход массой  $M_{onm1} = 0,494$  т с периодичностью  $t_{onm1} = 0,494$  года с эффективностью оптимизации 487% (см. рис. 1).

Рассмотрим теперь по предположению крупнотоннажные отходы 4-го класса опасности – золошлаки от сжигания углей, для которых положим  $v_m = 100$  т/год и «сформируем» для них оптимальную транспортную партию. Примем следующие значения параметров из набора параметров  $R$ :  $C_n = 661$  руб./т;  $C_{cd1} = 0$  руб./т;  $C_k = 100$  руб./т. Остальные параметры совпадают с параметрами из предыдущего примера.

Предположив, что мы имеем дело с крупнотоннажными отходами, вновь оценим значение  $m_1$  по решению (19). Найдем  $m_1 = 16,4$  тонны. Для полученного значения  $m_1$  транспортным средством с наиболее близкой грузоподъемностью является автомобиль «КАМАЗ» с  $m_1 \approx 20$  тонн (см. рис. 2). Оптимальное время удаления рассматриваемого отхода автомобилем «КАМАЗ», согласно (5) и (11), составляет

$$t_{onm1} = \sqrt{1 \cdot \left( \frac{1983}{1} + \frac{1000}{5} \right)} = 0,174 \text{ года}.$$

Для полученного значения  $t_{onm1}$  выполняется неравенство (13). Следовательно, мы имеем дело с крупнотоннажными отходами в рамках принятой в настоящей статье классификации при заданной скорости образования отхода  $v_m = 100$  т/год и выбранной грузоподъемности транспортного средства  $m_1 = 20$  тонн.

По формуле (21) найдем эффективность оптимизации:

$$\varepsilon(t_{onm}) = \frac{24362 - 24136}{24362} = 0,00927 \approx 1\%,$$

или в абсолютном выражении 225 рублей в год.

Таким образом, для рассмотренного примера оптимальной транспортной партией для удаления отхода является автомобиль «КАМАЗ» с грузоподъемностью  $m_1 \approx 20$  тонн, вывозящий отход массой  $M_{onm1} = 17,4$  тонны с периодичностью  $t_{onm1} = 0,174$  года и с эффективностью оптимизации 1%.

Отметим, что для крупнотоннажных отходов в случае выбора транспортного средства по формуле (19) эффективность оптимизации существенно снижается по сравнению с малотоннажными отходами, что связано уменьшением относительной недогруженности выбранного транспортного средства при оптимальном времени удаления отхода.

Необходимость использования группы одинаковых транспортных средств для удаления отхода (группы отходов) возникает в двух случаях.

- Во-первых, если время размещения отхода  $t$  в лимитах (разрешении) на размещение отходов, как это практически и происходит, установлено не оптимально, а завышено, то масса хранимого отхода к моменту его удаления может превысить грузоподъемность имеющегося транспортного средства. Следовательно, владелец отхода, чтобы не превысить лимит, должен либо в течение короткого промежутка времени порядка одних суток несколькими рейсами имеющегося транспортного средства грузоподъемностью  $m_1$  вывезти отход (при этом число рейсов  $n \approx v_m \cdot t / m_1$ ), либо использовать (заказать) транспортное средство грузоподъемностью  $m_{нов} \geq n \cdot m_1$ . Из рис. 1, в частности, видно,

что при  $t = 2$  года, когда для удаления отхода необходимо два рейса автомобиля грузоподъемностью  $m_1 = 1$  тонна, затраты на управление существенно не оптимальны.

- Во-вторых, когда скорость образования отхода столь велика ( $v_m \geq 1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$  тонн/год), что единичное доступное транспортное средство грузоподъемностью  $m_1$ , непрерывно вывозящее отход, не справляется с ростом его накопления. Последнее означает, что время на однократный вывоз отхода  $t_p$ , включая время на погрузочно-разгрузочные работы, (один рейс) может превысить отношение  $m_1/v_m$ , т.е.  $t_p \geq m_1/v_m$ . В этом случае для крупнотоннажных отходов неравенство из формулы (3) запишется как

$$\frac{m_1}{v_m} \leq t_p \leq T. \quad (23)$$

Следовательно, грузоподъемность  $m_1$  становится меньше массы образованного за время рейса отхода,  $m_1 \leq v_m \cdot t_p$  и возникает необходимость использования  $n$  транспортных средств, где  $n \approx v_m \cdot t_p / m_1$ .

Для группы транспортных средств грузоподъемностью  $\tilde{m}_1 = n \cdot m_1$  можно попытаться применить процедуру оптимизации функции (1), т.е. по формуле (5) найти  $t_{onm1}$ . Однако для больших скоростей образования отхода  $v_m$  полученное по формуле (5) время  $t_{onm1}$  оказывается больше, чем  $m_1/v_m$ , т.е. не выполняется неравенство в формуле (1), и оптимизация невозможна.

Таким образом, если грузоподъемность транспортного средства максимальна из доступного ряда транспортных средств, но  $m_1 \leq v_m \cdot t_p$ , то практически оптимальной стратегией является непрерывное удаление отхода группой транспортных средств в количестве  $n \approx v_m \cdot t_p / m_1$ .

Итак, процедура оптимизации целевой функции по каждому виду отходов должна сочетаться с группировкой отходов по классам опасности, наличием предприятий-переработчиков, как отдельных видов отходов, так и групп близких по характеристикам отходов, которые планируется совместно транспортировать одной транспортной партией.

*Трунин Сергей Николаевич*

*Кузнецов А.И.;*

*Кузнецов Павел Иванович*

*Романишкин Алексей Сергеевич*

*Ларионова Анна Александровна*

## Литература

1. «Методические указания по разработке проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение». Утверждены Приказом МПР РФ от 11.03.2002 №115. Зарегистрированы в Минюсте РФ 9 июля 2002 г. №3553.
2. Кузнецов П.И., Панюшкин В.Т. «Экономический подход к определению лимитов на размещение отходов». Журнал «Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки», №1, 2002 г., стр. 99-101. Труды II-го Международного конгресса по управлению отходами «ВэйстТэк-2001». Москва, 5-8 июня 2001 г. Изд-во «Фирма СИБИКО Интернэшнл».
3. Кузнецов П.И., Панюшкин В.Т., Трунин С.Н. «Эколого-экономические аспекты дилеммы «отход-ресурс». Микроэкономический уровень». Труды 5-го Международного конгресса по управлению отходами «ВэйстТэк-2007». Москва: Изд-во «Фирма СИБИКО Интернэшнл».

## РЕЦЕНЗИЯ

В статье рассмотрены основные проблемы современной экономики. Значительное место отведено системе рационального использования природных ресурсов России. Авторская позиция дает возможность читателям провести глубокий анализ экономических процессов, описывающих технологии безотходного производства в контексте их логической направленности и рассмотреть широкий спектр эколого-экономических моделей.

Социальный эффект убедительно доказанной авторской парадигмы выражается в диверсификации возможностей отечественного бизнеса реализовывать передовые формы рыночной трансформации.

Особое внимание уделено анализу поведения мезо- и микроэкономических субъектов и обоснованию природоохранной политики государства.

Статья «Оптимальная транспортная партия удаления отходов: эколого-экономическое моделирование» доступно и аргументировано поясняет ключевые проблемы современного рыночного взаимодействия. С развитием рынка технологий утилизации отходов, входящих в состав комплекса мероприятий рационального природопользования, меняются его качественные характеристики. Оптимизация транспортных партий удаления отходов имеет особое значение в различных сферах деятельности предприятий-загрязнителей. Фундаментом политики рационального природопользования выступает формирование общественного мнения посредством паблик рилейшнз, что обусловлено характером этой деятельности, а также ее актуализацией, связанной с реализацией национальных проектов, нацеленных, в частности, на оптимизацию рыночного взаимодействия в сферах демографии и здравоохранения.

Рецензируемый материал, благодаря доступности изложения, может быть полезен самой широкой аудитории читателей, которые найдут сведения об основных направлениях развития технологий оптимизации транспортных партий удаления отходов, толкование причин снижения качества окружающей природной среды, а также оценят перспективы формирования экономико-экологической модели субъектов-загрязнителей в контексте диверсификации инструментария утилизации отходов.

Считаю, что статья «Оптимальная транспортная партия удаления отходов: эколого-экономическое моделирование» может быть опубликована в открытой печати.

*Вукович Г.Г., д.э.н., профессор кафедры экономики труда и управления персоналом Кубанского государственного университета*

### **10.3. OPTIMAL TRANSPORT PARTY OF MOVING OFF WASTE MATERIALS: ECOLOGY- ECONOMIC MODELING**

S.N. Trunin, Doctor of Science (Economic), the Professor  
Managing Chair of Economy of Transactions and  
Control by Staff of the Kuban State University;

P.I. Kuznetsov, Candidate of Science (Physico-  
Mathematical);

A.I. Kuznetsov, A.S. Romashkin, the Employee of Open  
Company «Management Company» of the Union Retreat-  
Working Kuban;

A.A. Larionova, the Employee of the is Social-Ecological  
Union of the Russian Federation

One of the working instruments of state regulation and control waste materials is economically well-founded limits for their placing. Projects of standards formation waste materials and limits for their placing for object keeping are worked out with calculation economic expediency formation a transport party for taking out placed waste materials. In the article a new formation is suggested on the ground of an earlier developed approach, it allows to formate an economically-grounded transport party.