

## О ФОРМИРОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТХОДОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

**Н.П. Петрова, Н.С. Попов, П.В. Рубинов,  
Чан Минь Тьинь, И.В. Якунина**

*Управление по охране окружающей среды  
и природопользованию Тамбовской области;  
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический  
университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук,  
д-р экон. наук, профессор Б.И. Герасимов*

**Ключевые слова и фразы:** затраты на переработку; отходы; производящая и утилизирующая подсистемы; типовые схемы утилизации.

**Аннотация:** Обсуждается тема устойчивого функционирования экономики, природы и общества. Действенным подходом к решению многочисленных эколого-социальных задач может стать организация региональной сети утилизирующих комплексов. Варианты технологических решений, их особенности, а также алгоритм выбора мест возможного размещения предприятий по переработке отходов предложены в настоящей работе.

Экстенсивный характер функционирования отечественной экономики, выраженный в неэффективном использовании природных ресурсов, огромных объемах добычи и продажи сырья, концентрации производств в регионах без учета их хозяйственной емкости, отсутствии систем переработки бытовых и производственных отходов, создает чрезмерную нагрузку на экосистемы и не способствует переходу России на путь устойчивого развития.

Основа устойчивого развития – долгосрочные экономически эффективные проекты, тщательно продуманные и спланированные с учетом прогноза социальных и экологических последствий. Экологическая политика в субъектах Российской Федерации должна базироваться на одно-

---

Петрова Надежда Петровна – кандидат технических наук, начальник Управления по охране окружающей среды и природопользованию Тамбовской области; Попов Николай Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды», e-mail: eco@nnn.tstu.ru; Рубинов Павел Владимирович – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика»; Чан Минь Тьинь – аспирант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»; Якунина Ирина Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ТамбГТУ, г. Тамбов.

временном развитии двух типов комплементарных систем: производящих и утилизирующих. Первые из них – это отраслевые производственные мощности субъектов РФ, образующие экономику конкретного региона и функционирующие в соответствии с планами стратегического развития России и рассматриваемой территории. Вторые представляют собой упорядоченную совокупность предприятий природоохранного профиля, деятельность которых напрямую связана с переработкой, обезвреживанием и утилизацией всех видов отходов от производящих систем. Их функционирование должно осуществляться в рамках действующего законодательства и экономических механизмов, стимулирующих частный бизнес к работе в природоохранной сфере деятельности.

Совокупность отходов производства и потребления, которые могут быть использованы в качестве сырья для выпуска полезной продукции, называется вторичными материальными ресурсами (ВМР). Многообразие видов твердых отходов, значительное различие состава даже одноименных отходов в большей степени усложняют задачи их утилизации, вызывая в ряде конкретных случаев необходимость изыскания своеобразных путей решения. Вместе с тем различные технологии рекуперации твердых отходов в своей основе базируются на небольшом числе подходов, интеграция которых обеспечивает возможность утилизации ВМР или их переработки в целевые продукты.

Создавая мощную утилизирующую подсистему на основе тотальной переработки всех типов ВМР, можно тем самым способствовать устойчивому развитию экономики, природы и общества. На рисунке 1 показано воздействие утилизирующей подсистемы на распределение ресурсов внутри региональной экономики. Из него следует, что в любой момент времени экономика располагает определенным запасом финансовых средств, трудовых ресурсов и сырья, которые используются для получения целевых продуктов, востребованных обществом. При этом общество и производство расходуют необходимую часть природных благ из окружающей среды. Для конкретной территории потребление природных благ зависит не только от возможностей ее ресурсного потенциала, но и от качественного состояния природной среды, формируемого при участии действующих технологий производства и потребления.

Утилизация отходов, несомненно, уменьшает ущерб, связанный с наличием сфер производства и потребления, но в случае неоптимальной организации способна и увеличить негативное давление на окружающую природную среду. Побочным продуктом утилизации отходов становится рециркуляция материалов, финансов и потребительских товаров, фактически являющихся резервным сырьевым фондом. В ряде ситуаций использование этого фонда может коренным образом изменить проблему роста отходов и существенно сократить потребление материально-энергетических ресурсов.

Адекватным ответом на экологические бедствия, порождаемые отходами производства и потребления, должны стать комплексные меры по защите природы от техногенных воздействий. Эти меры должны носить характер стратегической политики обращения с отходами в национально-региональном масштабе. Важность именно такого подхода беспрецедентна,

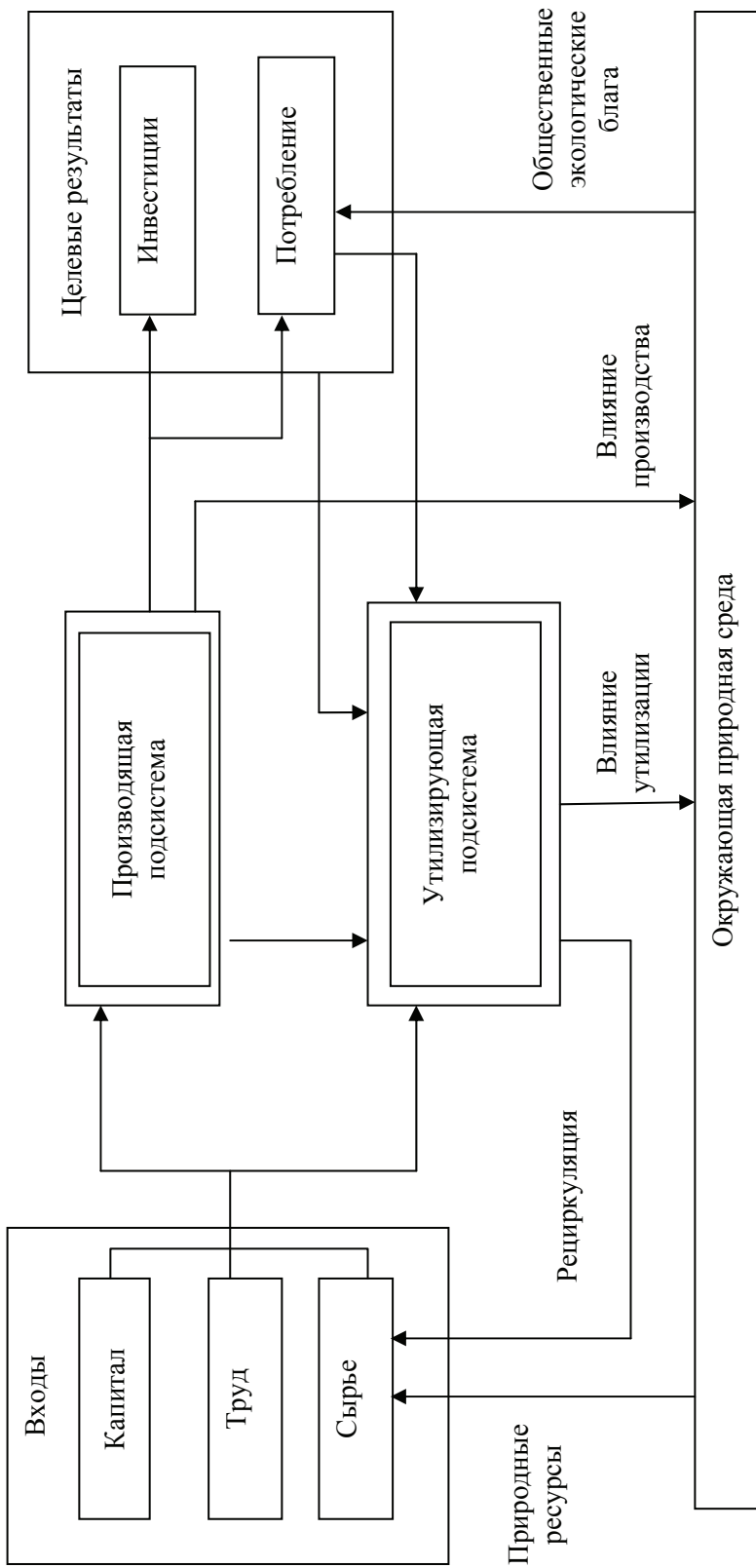


Рис. 1. Макроэкономическое воздействие производящей и утилизирующей подсистем на распределение ресурсов

ибо он приобретает не только системность и подконтрольность со стороны общества и администрации в охвате субъектов Российской Федерации, но и становится платформой инновационной экономики устойчивого развития – от поиска и внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий, эффективных способов переработки отходов, создания мало- и безотходных производств, до участия малого бизнеса в реализации множества локальных проектов утилизации отходов и организации новых рабочих мест.

Существуют два пути создания региональной утилизирующей подсистемы. Первый – децентрализованный, когда номенклатура отходов известна предпринимателям (инвесторам) и они проявляют инициативу по сбору и переработке отходов в весьма ограниченном формате. Второй – централизованный, инициируемый региональными администрациями. Он носит смысл эколого-хозяйственной деятельности регионального уровня. К его достоинствам следует отнести:

- масштабность реализации программы по утилизации отходов;
- учет и контроль за качеством переработки всех типов отходов – от «социально значимых», до коммерчески оправданных;
- господдержку деятельности предпринимателей, специализирующихся в сфере переработки отходов, с помощью издания нужных местных законов;
- создание ассоциации переработчиков отходов, в рамках которой возможна передача опыта, повышение квалификации всех заинтересованных участников, работа с общественностью;
- знание действительного состояния отходоперерабатывающей отрасли в экономике региона позволит стратегически более рационально осуществлять реструктуризацию производящей подсистемы.

Для реализации планомерной научно обоснованной технической, организационной и экономической политики строительства объектов утилизирующей подсистемы необходимы:

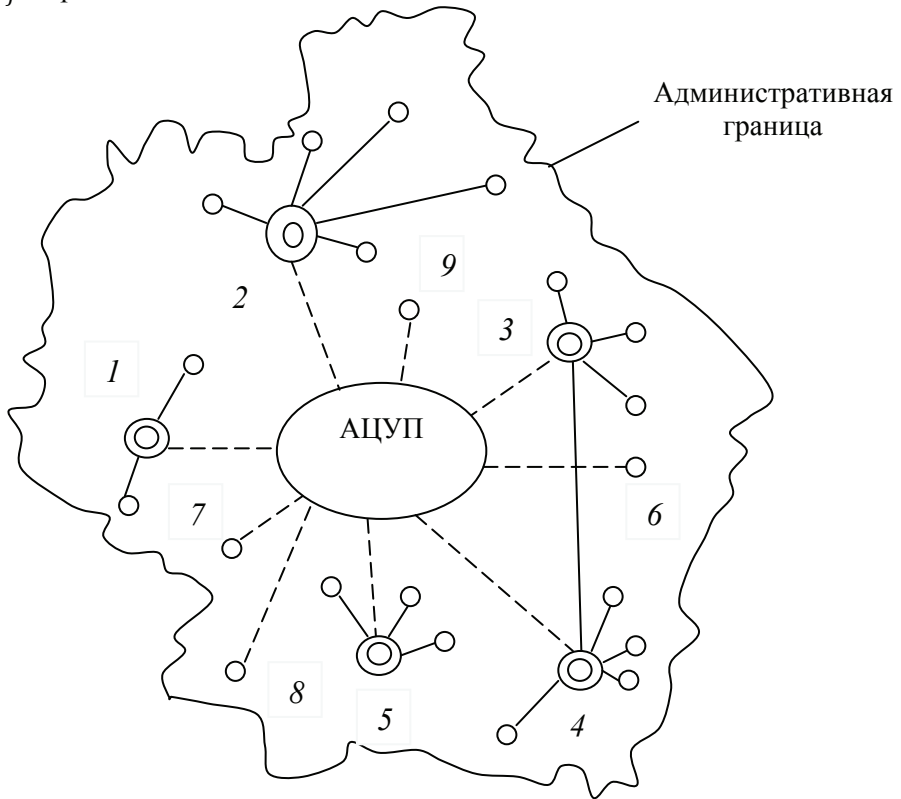
- разработка рациональной схемы размещения предприятий оптимальной производительности;
- выбор оптимальных комбинационных технических решений проектирования и строительства каждого объекта;
- разработка рациональной схемы финансирования строительства каждого объекта.

На рисунке 2 показана гипотетическая схема организации утилизирующей подсистемы. Решающую роль в построении региональной сетевой модели утилизации отходов играют сами отходы: их количество, состав, фазовое состояние, стабильность характеристик, степень опасности, наличие необходимого перерабатывающего оборудования.

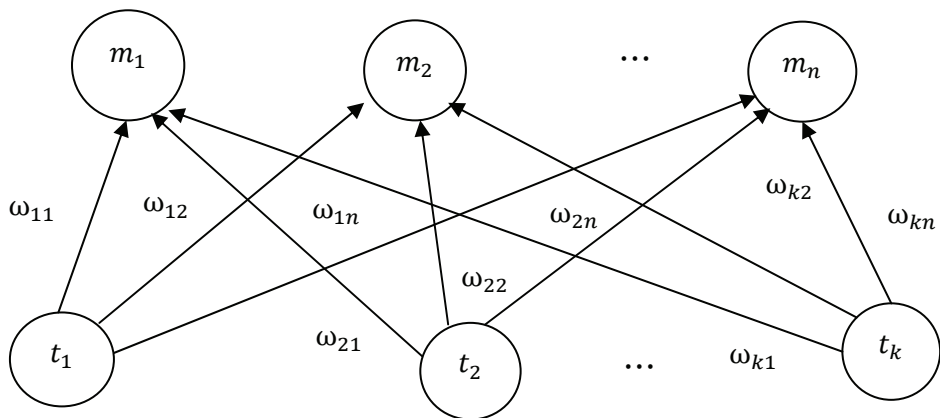
Географическое расположение утилизирующих предприятий на территории субъекта РФ будет зависеть: во-первых – от удобства переработки и захоронения отходов, во-вторых – от удобства переработки отходов вблизи производства целевой продукции, в-третьих – от геологических особенностей местности. Потенциально возможные площадки размещения перерабатывающих производств должны быть заранее известны и оценены экономически. Множество таких площадок обозначим буквой *M*, а множество возможных технологий переработки отходов буквой *T*.

С учетом этого образуем множество вариантов размещения  $\Omega = M \times T$  технологий  $t_i \in T$  на площадках,  $m_j \in M$ ,  $i = \overline{1, k}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , где  $\times$  – знак декартова произведения.

Для наглядности покажем схему «привязки» технологии  $t_i$  к площадке  $m_j$  на рис. 3.



**Рис. 2. Топология утилизирующей подсистемы:**  
 — — материально-энергетические потоки; — — — координирующие сигналы;  
 условные обозначения: АЦУП – административный центр управления программой;  
 1–5 – перерабатывающие комплексы; 6–9 – локальные системы  
 обезвреживания, утилизации или захоронения отходов




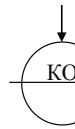

**Рис. 3. Формирование элементов  $\omega_{ij}$  множества  $\Omega$**

Можно считать, что множество вариантов размещения технологий конечно, поскольку освоенность территорий достаточно высокая и с каждым годом остается все меньше свободных пространств для предприятий переработки или захоронения отходов. И это обстоятельство позволяет проанализировать все без исключения площадки размещения из множества  $M$ .

Что же касается технологических способов переработки (утилизации) отходов, то их число настолько велико, что может существенно усложнить задачу проектирования перерабатывающих комплексов. Поэтому здесь надо действовать иным образом. Будем рассматривать не отдельные «элементы» процессов переработки отходов и не автономные единицы технологического оборудования, предлагаемого на рынке экологического оборудования и услуг, а типовые схемы организации перерабатывающих (утилизирующих) комплексов. А таких схем можно выделить несколько, и они отображены в табл. 1. Вкратце охарактеризуем эти схемы.

Таблица 1

**Типовые схемы организации утилизирующих производств**

№ п/п	Наименование	Условное изображение	Назначение
1	Полигон (П)	 П	Захоронение отходов и отбросов.
	Могильник (М)	 М	Захоронение радиоактивных и опасных веществ
2	Крематор отходов (КО)		Кремация биообъектов медицины, сельского хозяйства, домашних животных и т.д.
3	Утилизирующий модуль (УМ)		Типовая технология переработки отходов производства или потребления
4	Утилизирующий комплекс (УК)		Централизованный сбор и переработка жидкостей, пластмасс, автошин, аккумуляторов и т.п.
5	Совмещенное производство (ОП/УП)		Рекуперация ВМР и/или энергии. Примечание: ОП – основное производство; УП – утилизирующее производство

Современный полигон твердых бытовых отходов представляет собой комплекс природоохранных сооружений, предназначенный для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения отходов, предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду, загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующих распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Могильник отходов – сооружение для бессрочного захоронения отходов (радиоактивных, опасных), предусматривающее систему защиты окружающей среды.

Крематор – установка (печь) для сжигания биологических отходов, обеспечивающая максимальный уровень санитарной защиты.

Утилизирующий модуль – автономная технологическая линия, цех или установка, предназначенные для переработки промышленных, сельскохозяйственных или бытовых отходов с получением из них полезных материалов и/или энергии.

Утилизирующий комплекс – сложное производство по переработке отходов, использующее принцип «жизненного цикла»: вывоз (транспортировка) отходов → сортировка (определение последовательности переработки) → переработка отходов → безопасное захоронение остатков.

Совмещенное производство – любое промышленное производство целевой продукции с одновременной утилизацией его отходов и/или рекуперацией энергии в специально созданном участке или цехе.

Очевидно то, что перечисленные в табл. 1 типовые технологии переработки отходов (ТТПО) могут в конкретных ситуациях сочетаться между собой и порождать гораздо более сложные варианты схем.

На выбор рациональной технологии переработки отходов влияют следующие факторы:

- финансовые возможности инвестора;
- заданная производительность;
- морфологический состав отходов;
- число компонентов, входящих в состав отходов, которые в данных технико-экономических условиях представляют практическую ценность и должны извлекаться в самостоятельный продукт, наличие потребителей этой продукции;
- требования, предъявляемые к продуктам переработки;
- число компонентов, которые являются опасными и должны быть удалены из отходов либо по экономическим соображениям, либо исходя из требований процессов дальнейшей переработки;
- требования по соблюдению экологических и санитарно-гигиенических норм;
- размер производственной площадки, выделяемой под застройку (размещение).

В любом варианте сочетаний ТТПО между собой множество  $T$  оказывается счетным, что позволяет рассмотреть все структурные варианты организации утилизирующей подсистемы.

Отсюда задача проектирования системы утилизации отходов в региональном масштабе сводится к поиску оптимального варианта  $\omega^* \in \Omega$  по критерию минимума дисконтированных затрат, с учетом экологических платежей или ущербов от загрязнения окружающей среды.

В терминах задачи выбора стратегии инвестирования множество вариантов решения задачи соответствует множеству доступных для предпринимателя (инвестора) инвестиционных возможностей. Каждая из таких возможностей характеризуется собственной совокупностью технико-экономических, экологических, эколого-экономических и финансовых показателей проекта. Главными характеристиками инвестиционной возможности являются денежные потоки от инвестиционной, операционной (текущей) и финансовой деятельности, используя которые можно оценить показатели эффективности проекта и выяснить возможность его финансовой реализации.

Алгоритм «привязки» перерабатывающего производства к местности реализуется последовательно, по мере поступления заявок от инвесторов. Предположим, что поступила заявка на переработку отходов  $O$  номера  $f$ , в соответствии с реестром отходов субъекта РФ:  $O_f$ . После этого разрабатывается типовой проект на основе структурных «генотипов» (см. табл. 1), а именно проект  $t_f$ . Затем на компьютере решается задача оценки вариантов размещения  $t_f$  на множестве всех площадок  $m_j \in M$ , с определением эффективности проекта  $t_f$  по критерию дисконтированных затрат  $\mathcal{E}_{fj}$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Изучение всех вариантов из множества  $M$  позволяет найти оптимальное значение критерия

$$\mathcal{E}_{fj}^* = \min_j \mathcal{E}_{fj},$$

а значит и оптимальный вариант размещения  $\omega_{fj}^*$ .

В случае подачи множества заявок на конкурс, работа алгоритма соответствует схеме на рис. 4.

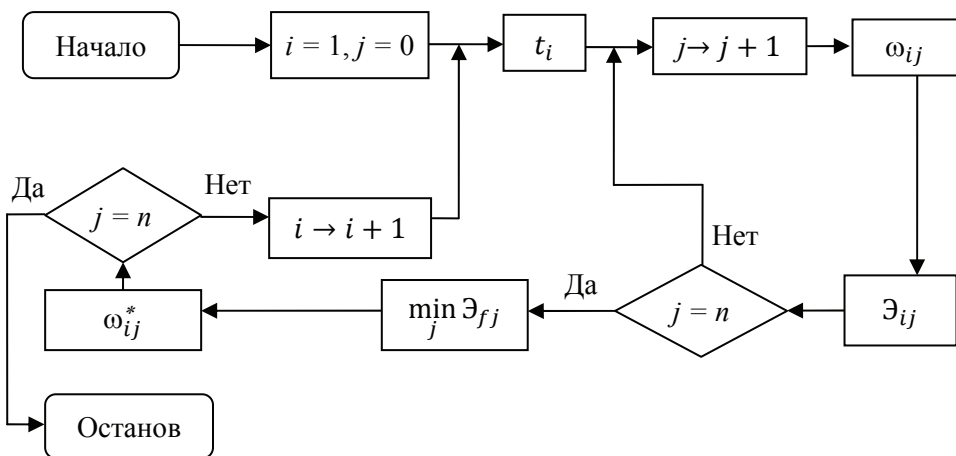


Рис. 4. Алгоритм поиска оптимального размещения  $\omega_{ij}^*$  технологий на территории субъекта РФ



Общая стоимость утилизирующей подсистемы равна сумме затрат на создание предприятий, вошедших в ее состав,

$$\mathcal{E}_{\text{уп}}^* = \sum_{i=1}^k \mathcal{E}_i^*.$$

Заметим, что индекс  $j$  у критерия  $\mathcal{E}_i^*$  опущен по той причине, что оптимальное значение критерия уже включает в себя стоимость размещения технологии  $t_i$  на площадке  $m_j$ .

Критерий  $\mathcal{E}$  состоит из нескольких компонент:

1) инвестиционных затрат, необходимых для создания основных фондов и формирования нормированных оборотных средств объектов, входящих в проект. При этом капитальные вложения предназначены для строительства предприятий (цехов) по переработке отходов, с учетом стоимости варианта их размещения и возможности выбора производственной мощности. Оборотные средства могут быть представлены двумя группами затрат. Первая – это стоимость оборотных средств, соответствующих текущему запасу отходов, предназначенных для переработки. Вторая – это нормируемые оборотные средства утилизирующего производства;

2) операционных (текущих) затрат, связанных с необходимостью:

а) использования приобретенных (собранных) отходов и рабочих материалов, без учета транспортных расходов;

б) доставки отходов и материалов до места переработки;

в) транспортировки и размещения не утилизируемых отходов на полигонах, в могильниках;

г) очистки сточных вод, либо использования крематора.

Транспортные расходы зависят от количества перевозимых отходов, способов доставки, расстояния до места использования и соответствующих транспортных тарифов. Величина текущих затрат, связанных с накоплением и хранением отходов, определяется средними размерами запаса и удельными эксплуатационными издержками в расчете на одну тонну хранящихся отходов.

Расчет затрат на размещение образующихся не утилизируемых отходов требует знания объемов переработки, норм образования отходов, их класса опасности и удельных затрат на размещение. Принимаются во внимание и все остальные текущие затраты, сопутствующие использованию рабочих материалов и веществ при переработке отходов.

Создание нового перерабатывающего производства, естественно, будет связано с негативным воздействием на окружающую среду. Поскольку пуск объекта возможен лишь в случае отсутствия превышения допустимых уровней загрязнения окружающей среды, все экологические платежи рассчитываются по минимальным ставкам.

В критерии затрат экологические платежи утилизирующих предприятий должны быть представлены:

- платежами за выбросы примесей в атмосферный воздух в пределах установленных лимитов;
- платой за сброс примесей в водные объекты в пределах нормативов;
- платежами за размещение не утилизируемых отходов в пределах лимита.

Анализ затрат на создание и эксплуатацию ТТПО, приведенных в табл. 1, возможен на основе табл. 2, в которой единица означает наличие соответствующих расходов, а ее отсутствие – исключение их из рассмотрения на этапе технико-экономического обоснования.

Из таблицы 2 следует предположение о том, что в случае организации более сложных, чем ТТПО, схем переработки отходов затраты на их реализацию будут, скорее всего, включать весь спектр расходов, свойственных проектированию, строительству и эксплуатации производственных отходов, а также экологическому и налоговому законодательствам.

Положительный эколого-экономический результат от использования отходов в качестве ВМР заключается в снижении суммы платежей за размещение отходов на предприятиях, где они образуются. Уровень снижения этих платежей будет зависеть от объема поставок отходов предприятиям-переработчикам, от их класса опасности и соответствующих ставок платежей.

Критерий, используемый для решения задачи оптимизации экономической эффективности инвестиций в проект, имеет вид

$$\Theta = K + \sum_{t=1}^{t=T} \frac{C_t + Y_t^{\text{экол}} - R_t^{\text{ВМР}}}{(1 + E)^t},$$

где  $K$  – капитальные вложения в строительство перерабатывающего предприятия, р.;  $C_t$  – эксплуатационные расходы в  $t$ -м году, р.;  $Y_t^{\text{экол}}$  – экологические платежи созданного предприятия в  $t$ -м году, р.;  $R_t^{\text{ВМР}}$  – снижение платежей за размещение отходов, где они образуются, р.;  $T$  – срок реализации инвестиционного проекта утилизации отходов;  $E$  – коэффициент дисконтирования (степень обесценивания средств по отношению к базовому моменту времени).

Таблица 2

**Состав затрат на создание и эксплуатацию ТТПО**

Тип технологии Вид затрат	П, М	КО	УМ	УК	ОП/УП
Капитальные затраты	1		1	1	1
Текущие затраты	1	1	1	1	1
Экологические расходы	1	1	1	1	1
Транспортные расходы		1	1	1	
Затраты на рекультивацию	1				

Практическое решение задачи об утилизации отходов в масштабах субъекта РФ должно осуществляться на основе подготовки:

- правового сопровождения проекта;
- типовых проектных решений по технологиям переработки отходов;
- бизнес-планов создания отдельных утилизирующих комплексов;
- конкурса среди инвесторов.

Предпочтение могут получить инвесторы, способные организовать переработку наибольшего количества отходов.

---

### **On Developing Regional Waste-Processing Complexes**

**N.P. Petrova, N.S. Popov, P.V. Rubinov,  
Tran Minh Chinh, I.V. Yakunina**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** processing costs; producing and recycling subsystems; typical schemes of disposal; waste.

**Abstract:** The problem of sustainable functioning of economy, nature and society is discussed in the paper. The organization of a regional network of waste-processing complexes could become an effective approach to solving a variety of ecological and social problems. Options of technical solutions, their peculiarities and the algorithm of possible enterprise for waste disposal placement are proposed in the paper.

---

© Н.П. Петрова, Н.С. Попов, П.В. Рубинов,  
Чан Минь Тьинь, И.В. Якунина, 2012