

УДК 553.3.04

**В.Е. Трушников**

## **ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ ФОРСТЕРИТА ИЗ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УДОБРЕНИЯ**

*Анализируется возможность использования магнийсодержащих техногенных ресурсов в хвостах обогащения в качестве фосфатно-магниевых удобрений. Рассматриваются пути повышения извлечения бадделита. Предложено эколого-экономическое обоснование использования техногенных отходов магниевого и фосфатного сырья с учетом устойчивости цен и объемов производства в условиях рыночных отношений и их характера развития при изменении экономической ситуации для сбережений и инвестиций.*

*Ключевые слова: Магнийсодержащие техногенные ресурсы, форстерит, бадделит, экология, экономическое обоснование, фосфатно-магниевые удобрения.*

---

**О**дним из главных направлений в решении экономических задач остается разработка ресурсосберегающих, малоотходных технологических процессов, вовлечение в производство вторичных ресурсов и отходов производства.

После обогащения апатитомангнетитовых руд Ковдорского ГОКа складированные хвосты обогащения содержат 18-28% MgO (в виде форстерита) и 4-12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (в виде апатита). Мелкодисперсные хвосты складываются в хвостохранилища. Отходы, накопленные за годы работы, составляют около 90 млн. тонн. Почвенный и растительный покров в этих районах характеризуется низкой восстанавливаемостью. Мелкодисперсный состав хвостов обогащения провоцирует ветровой разнос пылевидного материала, который загрязняет атмосферный воздух и образует значительные по площади техногенные аномалии в почвах, значительно удаленных от хвостохранилищ, увеличивая в них содержание тяжелых металлов. Имеющиеся в хвостах вод-

ные растворы флотореагентов вызывают загрязнения почвенных вод. Таким образом, накапливаемые отходы содержат большое количество экологически вредных компонентов. Поэтому находящиеся в регионах образования отходы являются источниками негативного воздействия на окружающую среду.

За рубежом для сильно увлажненных почв и для риса выпускаются лимоннорастворимые (растворимые в 2%-ном растворе лимонной кислоты) удобрения термическими методами, где кроме фосфора, содержатся и другие удобрительные компоненты, включая калий и магний.

Лимоннорастворимая форма питательных веществ в этих удобрениях определяет их длительное использование в почве, удобство хранения и перевозки. Производство этих удобрений электротермическим способом позволяет добиться практической безотходного производства и свести на нет загрязнения окружающей среды.

Современное состояние научных разработок и практической деятельности в области использования техногенных отходов магниевого и фосфатного сырья дает основание полагать о наличии в них огромного потенциала для создания разнообразных видов продукции. В то же время расширение использования отходов может быть осуществлено только при условии соответствия имеющегося потенциала с заинтересованностью в его освоении производителей и потребителей.

Поскольку в хвостах присутствуют магний и фосфор, их применение в качестве удобрений представляется перспективным. В настоящее время основная часть высококачественного апатитового концентрата идет на экспорт по ценам, которые не соответствуют возможностям отечественных производителей. В России полностью остановлено производство желтого фосфора. Объем отечественного производства фосфорных удобрений резко упал, что уже привело к значительному падению урожайности вследствие безвозвратного выноса фосфора из почвы без его восполнения. Практически исчез экспорт фосфорных удобрений. В то же время в России имеются значительные запасы фосфатного сырья в виде фосфоритов с содержанием  $P_2O_5$  до 22-24 %, а также в виде огромных хвостохранилищ отходов обогащения магниевого и фосфатного сырья. Однако эти запасы не востребованы, так как существующая технология рассчитана на получение концентрированных водорастворимых фосфорных удобрений кислотными методами, при которых образуется также большое количество отходов в виде фосфогипса.

Таким образом, необходимо развивать принципиально новые бескислотные методы переработки фосфатного сырья и отходов термохимическими

методами для получения плавленных фосфорсодержащих удобрений, которые позволяют перерабатывать бедные фосфатные руды и отходы, содержащие магний, калий и другие агрохимические компоненты.

Расширение использования техногенных отходов магниевого и фосфатного сырья в предстоящие периоды времени будет происходить вероятнее всего в регионах, характеризующихся более высоким уровнем экономического развития. При выполнении анализа были рассмотрены следующие тенденции, характеризующие происходящие изменения в состоянии и развитии экономики страны. Одна из них позволяет установить наличие производственных мощностей, не работающих в настоящее время в других областях промышленности. Другая - происходящие изменения в экономическом развитии федеральных округов. Анализ возможности использования отходов для снижения загрязнения окружающей среды выполнен на основе мест расположения их накоплений, характеризующих распределение сбросов загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты и ветрового загрязнения почв прилегающих территорий. При этом наиболее вероятно использование отходов для снижения загрязнения на тех участках территории, где загрязнения наибольшие.

Отходы Ковдорского ГОКа содержат до 12%  $P_2O_5$  в виде апатита, до 0,26%  $ZrO_2$  в виде бадделеита. Применение высокоэффективной техники, в виде грохотов «Derrick», гидроциклонов диаметром 1400 мм и винтовых сепараторов позволит поднять извлечение  $ZrO_2$ , ранее извлекаемого из руды не более 5 %, до 25 % от содержания в хвостах. По содержанию бадделеита, месторождение является вторым после месторождения Палабора в Южной Африке [1]. В кризисных ус-

ловиях падения спроса на железорудный концентрат, переработка хвостов, складированных до пуска апатитобадделеитовой фабрики (1976 г.) позволит выпускать апатитовый (степень извлечения 60 %) и бадделеитовых концентраты не привлекая к эксплуатации комплекс обогащения магнетита. Затем хвосты могут использоваться для производства термических плавящихся магниевых фосфатов. При работе ОАО «Апатит» на полную мощность в год сбрасывалось до 1 млн т хвостов, содержащих 28 %  $TiO_2$  и 0,38%  $Nb_2O_5$ . Запасы ниобия утверждены и учтены Госбалансом. Источником редкоземельных металлов служат отвалы фосфогипса - продукта переработки апатитовых руд хибинского месторождения, заключающих половину балансовых запасов редкоземельных элементов России.

Разработке общих подходов теоретических основ экономической оценки ресурсов, к которым можно отнести и техногенные отходы, отражены в ряде работ [2-4]. Обоснование ликвидации отходов угольной промышленности методами закладки в подземные выработки, засыпкой плодородным грунтом с целью создания ландшафтных парков представлено в работе [5]. Однако в этих работах не нашли достаточного отражения принципы и подходы к оценке уровня ценности отходов для вовлечения их в хозяйственный оборот в условиях рынка, разнообразия направлений их использования. Необходимо разработать более глубокую методологическую основу решения вопросов, связанных с особенностями формирования рынков для потребительских стоимостей, создаваемых из отдельных накопленных отходов, отношений между предприятиями и организациями, принимающих участие в использовании отходов.

В данной работе представлены разработанные методологические основы эколого-экономического обоснования использования техногенных отходов магниевого и фосфатного сырья для получения востребованной на рынке продукции. В народнохозяйственной деятельности востребованы не сами отходы в том виде, в котором они образуются и накапливаются, а некоторые виды продукции, создаваемые при их использовании. Так как различные виды продукции, создаваемой из отходов, вместе с параметрами, характеризующими их физическую значимость, имеют и стоимостную оценку, то их производство должно быть, по крайней мере, рентабельным.

Таким образом, в рассматриваемый период времени различные отходы магниевого и фосфатного сырья могут представлять собой как реальную, так и только потенциальную ценность для получения различных минеральных ресурсов. Однако возможность использования отходов для создания рентабельного производства некоторых видов потребительских стоимостей может быть не достаточна для их реализации на рынке, так как только наиболее ценная их часть может обеспечить возможность создания конкурентноспособной продукции. Ценность отходов, из которых возможно создание конкурентноспособных потребительских стоимостей, характеризуется различной степенью соответствия интересам потенциальных инвесторов. Кроме этого, вместе с ценностями, представляющими отходы с точки зрения возможного получения из них различных видов минеральных ресурсов и продуктов, эти ценности могут содержать в себе эколого-экономическую составляющую.

Рассмотренные характеристики ценностей, которыми обладают отдельные накопления отходов фосфат-

ного сырья, дают возможность установить выводы о необходимости их систематизации с точки зрения условий для дальнейшего развития хозяйственной деятельности, при их использовании для образования потребительских стоимостей. Систематизация по уровням ценности отходов в порядке возрастания уровня доходности, который может быть достигнут при их использовании, позволяет их представить в соответствии с характеристиками экономических условий для вовлечения в хозяйственную деятельность.

В соответствии с разработанной систематизацией, установлено три уровня практической ценности по мере возрастания ценности: уровень рентабельности, уровень конкурентноспособности, уровень инвестиционной привлекательности.

Особенностью предлагаемого методологического подхода является возможность учета многообразия различных условий и обстоятельств, влияющих на изменение ценности отходов, происходящих в течение времени, зависящих не только от востребованности в народном хозяйстве в различные периоды времени, но и от их физико-химических и механических свойств, которые могут оказывать влияние на снижение или увеличение себестоимости выпускаемой продукции в конкретных технологических процессах.

Экономическая ситуация в России влияет на различные сферы жизнедеятельности общества, которые оказывают влияние на изменения ценности отходов и создают предпосылки для их более широкого вовлечения в хозяйственную деятельность. При этом будут вовлекаться только те отходы, ценность которых в течение времени возрастет до уровня, при котором их использование будет экономически целесообразным.

Анализ возможных направлений использования техногенных отходов фосфатного сырья с точки зрения целесообразности их вовлечения в различные сферы жизнедеятельности выявил возможность установить ряд положений, которые позволяют выявить методологические основы решения проблемы освоения этих отходов на современном этапе экономических отношений, которые включают:

- необходимость наличия цели использования отходов, для достижения которой необходимо выполнить комплекс экономической оценки;
- оптимизация выбора возможного направления использования отходов для выявления наиболее приоритетного;
- возможность сочетания наиболее приоритетных с другими, для комплексной переработки, в соответствии с уровнями практической ценности;
- необходимость учета состояния рынка и окружающей среды в районе их расположения, общегосударственных и территориальных программ социально-экономического развития;
- учет и наличие вариантов использования отходов, определяемых возможными организационно-технологическими решениями, целями участвующих предприятий состоянием потребительских рынков;
- рассмотрение использования отходов как сложную динамическую систему условий и отношений;
- необходимость поиска наиболее рационального варианта использования отходов, учитывающего имеющиеся для этого условия и интересы производителей и потребителей;
- рассмотрение применимости отходов как изменяющийся процесс, при котором предусматривается необходимость учета всех изменений, происходящих в течение времени, поэтому следует периодически производить

Таблица 1

**Систематизация направлений использования техногенных отходов магниевого и фосфатного сырья**

№	Виды направлений использования отходов	Параметры, характеризующие направления использования отходов		
		Вид реализуемого потенциала отходов	Способы воздействия на отходы	Виды образующихся доходов
1	Снижение загрязнений окружающей среды в районе расположения отходов	Возможность снижения воздействия отходов на окружающую среду на некоторую величину	1. Проведение средозащитных мероприятий 2. Ликвидация	Экономия затрат, вызванных загрязнением окружающей среды
2	Создание продукции из минеральных ресурсов отходов	Возможность получения продукции из минеральных ресурсов	Извлечение и переработка минеральных ресурсов	Доход от производства продукции из минеральных ресурсов отходов
3	Высвобождение занимаемого отходами участка территории	Возможность высвобождения занимаемого отходами некоторого участка земной поверхности	Ликвидация	Экономия затрат на приобретение участка земной поверхности

переоценку установленных ранее вариантов использования отходов.

Разнообразие возможных направлений использования техногенных отходов фосфатного сырья должно предполагать целесообразность их систематизации на основе выявления для каждого из направлений характерных признаков, что должно способствовать развитию научно-практической деятельности по их освоению.

В соответствии с теоретическими представлениями формирование направлений использования отходов для создания различных видов потребительских стоимостей должно определяться их содержанием, формой, возможностью снижения загрязнений окружающей среды и уменьшения занимаемых территорий складирования.

Анализ параметров, характеризующих различия при привлечении отходов в хозяйственную деятельность, по-

зволил установить возможные направления их использования (табл. 1).

Первое направление предполагает проведения мероприятий по защите от загрязнений и ликвидации отходов для удовлетворения потребности населения в снижении воздействия отходов на окружающую среду. Второе - предполагает извлечение минеральных ресурсов из отходов с целью создания конкурентноспособных видов продукции. Третье - предполагает полную или частичную ликвидацию отходов для освобождения занимаемых территорий.

Рассмотренная систематизация направлений использования отходов предполагает возможность реализации каждого из них в отдельности или с другими направлениями только при условии согласованности интересов всех предприятий и организаций, принимающих участие в этой работе. В основе взаимоотношений лежат отношения между владельцами и пользова-

Таблица 2

**Систематизация вариантов взаимоотношений между предприятиями, принимающими участие в использовании отходов**

Параметры взаимоотношений	Направление использования накопленных отходов			
	1		2	
Цели владельца отходов (государства)	Снижение причиненного ущерба от загрязнения окружающей среды		Доход от продажи отходов и дополнительных налоговых поступлений	
Цели компании-пользователя отходов	Прибыль при выполнении работ		Прибыль от создания продукции из минеральных ресурсов	
Форма взаимоотношений	Договор на выполнение работ		Договор купли-продажи	
	Направление использования накапливаемых отходов			
	1		2	
Цель владельцев отходов (производитель)	Снижение экологических затрат		Прибыль при использовании минеральных ресурсов	
Виды предприятий, использующих отходы	Производитель отходов	Пользователь отходов	Производитель отходов	Пользователь отходов
Цели компании-пользователя отходов	Снижение экологических затрат		Прибыль от использования минеральных ресурсов	
Форма взаимоотношений		Договор на выполнение работ		Договор на выполнение работ

телями отходов. После ликвидации предприятий, которые производили отходы, владельцем этих отходов, является в основном государство. Работающие предприятия являются владельцами образующихся отходов. Поэтому возможны варианты взаимоотношений государства с пользователями отходов и варианты взаимоотношений предприятий, образующих отходы, с предприятиями, перерабатывающими эти отходы. Варианты взаимоотношений, учитывающих цели участвующих сторон в использовании отходов фосфатного сырья и возможные формы их сотрудничества систематизированы с учетом различий (табл. 2).

Для ранее накопленных отходов возможны три варианта взаимоотношений. Для первого варианта преду-

сматривается формирование отношений на основе договоров на выполнение работ при соблюдении интересов сторон, по снижению ущерба от загрязнения окружающей среды и получения прибыли. Для других - формирование отношений между государством и пользователями на основе договоров купли-продажи. Для работающих в настоящее время предприятий формирование отношений между производителями и пользователями отходов предусматривается на основе договоров на выполнение работ при условии соблюдения интересов участвующих сторон, заключающихся в снижении экологических затрат или получении прибыли.

Предлагаемая систематизация позволит установить допустимый уровень

ценности отходов, получаемый при реализации направления использования отходов, с учетом того какие владельцы (государство, предприятия) и потребители будут принимать участие в этом процессе, что обуславливает необходимость при определении потребностей рынка для создаваемых из отходов различных видов продукции проводить оценку его достаточности для обеспечения необходимого уровня доходности производства.

Реализация создаваемых из отходов потребительских стоимостей на рынке возможна на основе основных параметров рынка, которыми являются цена и спрос.

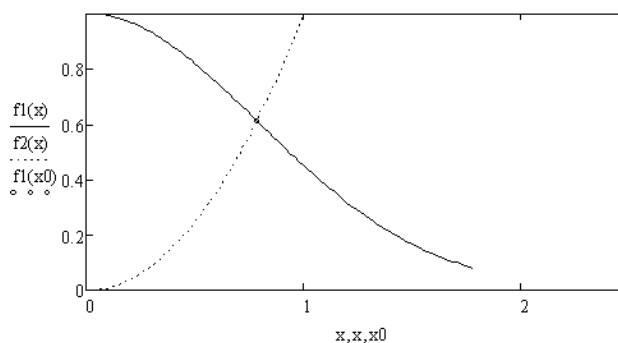
Формирование рынка осуществляется в соответствии с уровнем рыночных цен на создаваемую из техногенных отходов фосфатного сырья продукцию. В качестве ориентира могут быть приняты уровни рыночной цены на реализуемые на рынке потребительские стоимости, установленные с некоторым интервалом градации. Пользователь отходов при размещении на потребительском рынке создаваемой им продукции стремится к получению наиболее возможной доходности, то при последовательном насыщении рынка своей продукцией будет стремиться к этому.

В динамических задачах анализируется изменение основных экономических параметров в их взаимосвязях и в зависимости от времени. Основными показателями экономической динамики являются темпы роста и прироста некоторой функции  $f(x)$ , связанные со скоростью изменения этой функции. Эта модель позволяет исследовать устойчивость цен и объемов производства на рынке, описы-

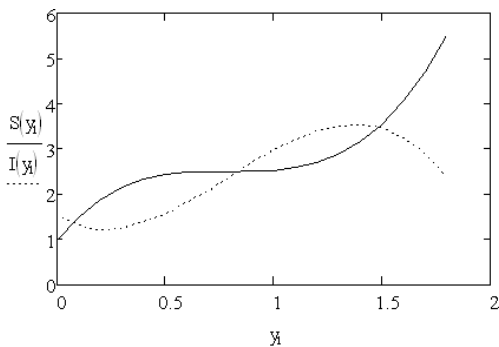
ваемом кривыми спроса и предложения некоторого товара. Кривая спроса  $S_i(p)$  характеризует зависимость объема спроса  $S$  на продукцию от цены продукции в данный период  $i$ . Кривая предложения  $D_i(p)$  характеризует объем предложения продукции в зависимости от его цены. Равновесная цена  $p_i$  рынка определяется равенством спроса и предложения  $S_i(p) = D_i(p)$ . Пусть производитель продукции определяет объем предлагаемой продукции на основе спроса и цен, установившихся в предшествующем периоде:

$$Q_i(p_i) + S_{i-1}(p_{i-1})$$

Схема решения следующая: через объем  $Q_0$  в начальный период вычисляется  $p_0 = D_0^{-1}(Q_0)$ . Объем производства продукции в следующий период определяется спросом  $Q_1 = S_1(p_0)$ , и далее. Если кривые спроса и предложения не меняются, то колебания цен определяются только начальным отклонением цены от равновесной. Динамика цен и объемов производства представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Устойчивость цен и объемов производства на рынке**



**Рис. 2. Характер развития при изменении сбережений и инвестиций**

Поскольку объемы сбережений и инвестиций является не линейными, а логистическими ( $S$  – образными) функциями, рассмотрим вопрос об устойчивости решения обыкновенных дифференциальных уравнений, при циклических колебаниях экономической активности факторами формирования сбережений  $S(y)$  и инвестиций  $I(y)$ , где  $y$  – доход. Равновесие достигается при такой величине дохода  $y$ , когда  $S(y) = I(y)$ . Таких точек три, но устойчивых только две ( $y_1, y_3$ ), так как в них производная функции  $f(y) = I(y) - S(y)$  отрицательна (рис. 2). Изменение дохода в такой

системе можно описать в виде дифференциального уравнения

$$\frac{dy}{dt} = f(y)$$

с начальным условием  $y(0) = y^0$ . Если величина дохода соответствует одному из равновесных состояний, он может сохраняться достаточно долго.

Любые изменения в экономической ситуации приводят к неустойчивому равновесию (в точке  $y_2$ ) и к дальнейшему переходу в одну из устойчивых точек  $y_1$  или  $y_3$  при соответственном перемещении влево или вправо. Для устойчивых точек при малых отклонениях от положения равновесия происходит возврат к прежнему состоянию, при условии постоянства функций сбережений и инвестиций. Изменения деловой активности сопровождаются изменением значений этих функций, чем и объясняется циклический характер развития экономики.

Рассмотренные методологические подходы представляют собой основные элементы, используемые для разработки механизма эколого-экономической оценки и выбора вариантов вовлечения отходов в хозяйственную деятельность в современных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быховский Л.З., Кудрин В.С. Техногенные образования – реальные и потенциальные источники получения редких металлов и титана // Труды Первой Международной научно-практической конференции «Техногенные россыпи, проблемы, решения».- Симферополь, 2001.- С. 33-39.
2. Архипов Н.А., Ельчанинов Е.А., Горбачев Д.Т. Добыча и рациональное природопользование.- М.: Недра, 1987.- 285 с.
3. Хачатуров Т.С. Эффективность капитальных вложений.- М.: Экономика, 1979.- 257 с.
4. Аренс В.Ж., Курицина Л.И. Решение экологических и социальных проблем горного дела // Безопасность труда в промышленности.- 1989.- № 1.- с.52-55.
5. Попов С.М. Методология эколого-экономического обоснования использования углепромышленных отходов: Автореф. дис. докт. экон. наук.-М.:МГТУ,2008.- 40 с. **ГИАС**

#### Коротко об авторе

Трушников В.Е. – кандидат технических наук, доцент, Ульяновский государственный технический университет, tvye@yandex.ru