

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЦИКЛИНГА ПОБОЧНОГО ГИПСА

В Республике Беларусь проблема управления отходами, особенно промышленными, сохраняет свою остроту. Ежегодно в стране образуется свыше 50 000 тыс. тонн отходов производства. Основными источниками отходов являются предприятия строительной, химической, машиностроительной и энергетической отраслей. По данным официальной статистики, в Республике Беларусь в 2024 году образовано 55 348,0 тыс. тонн производственных отходов. Из них 17 827,0 тыс. тонн были использованы, что составляет 32,2 % от общего объема. Остальные отходы, а именно 38 483,0 тыс. тонн, были удалены (захоронение, хранение и обезвреживание).

Государственная политика Республики Беларусь в области экологии в последние годы ориентирована на снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду, включая оптимизацию управления отходами. Промышленный побочный гипс представляет собой твердые отходы, образующиеся в процессе промышленного производства. С ускорением процесса индустриализации объёмы производства различных видов промышленного побочного гипса ежегодно увеличиваются. Например, годовой объём производства гипса, получаемого при десульфурации дымовых газов (ГДДГ), фосфогипса (ФГ) и титангипса (ТГ), составляет соответственно 75,5 млн тонн, 80 млн тонн и 22,5 млн тонн. Их объёмы накопленного хранения превышают 100 млн тонн, 500 млн тонн и 100 млн тонн соответственно [1].

Однако из-за недостаточного уровня технологических решений для переработки промышленного побочного гипса в мире на сегодняшний день возникла проблема его масштабного накопления. Это не только занимает большие площади земельных ресурсов, но и приводит к загрязнению окружающей среды: фильтрат гипса вместе с поверхностным стоком проникает в почву и подземные воды. Более того, из-за присутствия сульфидов в составе промышленного побочного гипса при контакте с кислой водой легко выделяются токсичные и вредные газы (пары серной кислоты). Таким образом, промышленный побочный гипс превратился в крайне серьёзную экологическую проблему [2].

При этом природный гипс является одним из самых ранних искусственно используемых человеком материалов. Он широко применяется в строительных материалах, сельском хозяйстве, химической

промышленности, медицине и других сферах. Исследования показывают, что при надлежащей обработке промышленный побочный гипс может эффективно заменять природный гипс.

Одним из способов создания высококачественных вяжущих материалов является комбинация кремний- и серосодержащих компонентов с сульфатом кальция из промышленного побочного гипса. Содержание промышленного побочного гипса можно классифицировать на три уровня:

Уровень I – содержание гипса от 0% до 20%,

Уровень II – содержание гипса от 20% до 60%,

Уровень III – содержание гипса от 60% до 100%.

Эта трёхуровневая система классификации может быть ценным инструментом для оценки пригодности различных типов гипса к переработке и повторному использованию в строительных материалах. Кроме того, данная система позволяет выявить эволюционные тенденции ключевых свойств композитного вяжущего материала при различных уровнях содержания гипса, определить оптимальные пропорции и максимизировать использование гипса при сохранении требуемой прочности цементных материалов.

Наиболее эффективный вариант переработки отходов выбираем с помощью показателя сравнительной экономической эффективности капитальных вложений в ПОМ.

В качестве показателя сравнительной экономической эффективности капитальных вложений используем минимум приведенных затрат на внедрение природоохранных мероприятий. Наиболее эффективный вариант решения проблемы определяется по формуле:

$$ПЗ_i = Z_i + E_n K_i \rightarrow \min,$$

где Z_i – текущие затраты по i -му варианту внедрения природоохранного мероприятия;

K_i – капитальные вложения по i -му варианту;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, равный 0,11 (или банковскому проценту по депозитным вкладам).

Расчет величины снижения экологических платежей в результате внедрения ПОМ (таблица 1). Величина снижения экологических платежей в результате внедрения ПОМ определяется по формуле:

$$\Delta H = H_1 - H_2,$$

где H_1 – налог за загрязнение окружающей среды до внедрения ПОМ, руб.;

H_2 – налог за загрязнение окружающей среды после внедрения ПОМ, руб.

Налог за захоронение отходов определяется по формуле:

$$H = V_{\phi} \cdot N,$$

где V_{ϕ} – объем захораниваемых отходов, т/год;

N – ставка налога за захоронение в зависимости от класса опасности, руб./т.

Таблица – Расчет экологических платежей

Загрязняющее вещество	Установленный годовый лимит, т/год	Фактический объем отходов, т/год		Ставка налога за хранение (2024), руб.	Сумма налога в пределах лимита, руб.
		всего	в том числе сверхлимита		
До внедрения ПОМ					
Отходы 3 класса	330000	328750	–	4,91	1614162
После внедрения ПОМ					
Отходы 3 класса	330000	318750	–	4,91	1565062

Данное ПОМ позволит сократить количество хранимых отходов на полигоне. Экологического налога за захоронение отходов до внедрения ПОМ составит:

$$\Delta H_{1 \text{ до ПОМ}} = 328750 \cdot 4,91 = 1614162 \text{ руб.}$$

Экологический налог после внедрения ПОМ:

$$H_{2 \text{ после ПОМ}} = 318750 \cdot 4,91 = 1565062 \text{ руб./год}$$

Тогда экономия от снижения налогов за загрязнение окружающей среды до и после внедрения ПОМ, выплачиваемых предприятием, составит:

$$\Delta \text{ЭП} = H_1 - H_2$$

$$\Delta \text{ЭП} = 1614162 - 1565062 = 49\,099 \text{ руб./год}$$

Уменьшение экологического налога составит 49099 руб./год.

Доход от реализации продукта при стоимости 1 т гипса 10 р.

$$10000 \text{ т} \cdot 10 \text{ руб/т} = 100\,000 \text{ руб.}$$

Экономический результат P , руб./год, от внедрения природоохранного мероприятия по снижению экологических платежей за загрязнение окружающей среды вычисляется по формуле:

$$P = (H_1 - H_2) - Z + D,$$

где H_1 и H_2 – сумма налогов за загрязнение окружающей среды, выплачиваемых предприятием за год соответственно до и после внедрения ПОМ, руб./год.

Z – сумма текущих эксплуатационных затрат на годовой объем работ, руб/год;

D – доход от реализации ПОМ, руб/год.

Экономический результат P составит:

$$P = 49099 - 77183 + 100000 = 71916 \text{ руб/год}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность \mathcal{E}_k руб./руб., внедрения природоохранного мероприятия может быть определена по формуле:

$$\mathcal{E}_k = P/K,$$

где P – годовой совокупный эффект от внедрения ПОМ, руб.;

K – общая сумма капитальных вложений на внедрение ПОМ, руб.

Показатель общей экономической эффективности капитальных вложений в предложенное природоохранное мероприятие по снижению экологических платежей для предприятия составит

$$\mathcal{E}_k = 71916 / 347040 = 0,207 \text{ руб./руб.}$$

Простой срок окупаемости капитальных вложений T_{Π} , лет, применяется для предварительной оценки мероприятий на стадии составления технико-экономического обоснования реализации мероприятия:

$$T_{\Pi} = K / P,$$

где K – капитальные вложения в реализацию данного мероприятия, руб.;

P – годовая экономия ресурсов, получаемая от реализации данного мероприятия, руб./год.

$$T_{\Pi} = 347040 / 71916 = 4,82 \text{ года}$$

В результате произведенного расчета получили, что эффективность природоохранного мероприятия составляет 0,207 руб./руб. и срок окупаемости равен 4,82 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cao J. X., Chen Q. L., Liu Y. Impurity configuration in Phosphogypsum and influence of water-soluble phosphorous pentoxide on cement physical property / J. X. Cao, Q. L. Chen, Y. Liu // Environ. Eng. – 2001. – Vol. 5. – P. 40–43.

2. Phosphogypsum circular economy considerations: A critical review from more than 65 storage sites worldwide / E. Bilal, [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2023. – Vol. 414. – P. 137561.