

3.НСМОС Беларуси – 30 лет! Перспективы развития – Минск, 2023. – 94 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <https://minpriroda.gov.by/ru/ND/> (дата обращения:13.03.2025).

4. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь за 2019 – 2022 годы / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Институт природопользования НАН Беларуси, РУП «ЦНИИКВР». – Минск, 2023. – 172 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Natsdoklad-2023-na-sajt.pdf> (дата обращения:13.03.2025).

УДК 691.3

ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННОГО МАССИВА ФОСФОГИПСА КАК АЛЬТЕРНАТИВА ГИПСОВОМУ СЫРЬЮ С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ КОНЦЕНТРАТА РЗЭ

Макаревич Н.Ю., аспирант.

Научный руководитель Яглов В.Н., Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Основополагающий фактор ресурсосбережения и рационального потребления природных ископаемых, является безотходные технологические процессы промкомплексов, а также переработка накопившихся техногенных отходов в потенциально полезные продукты для различных сфер экономики и рынков. Особенно остро рассматривается вопрос переработки отходов горнообработывающей отрасли в Республике Беларусь.

Ключевые слова: фосфогипс, композиционные материалы, извлечение РЗЭ, химическая промышленность, переработка отходов.

Для решения острых экологических проблем в настоящее время приоритетный характер приобретают направления переработки техногенных скопившихся отходов ведущих промышленных комплексов. Данные предприятия составляют часть экономического сегмента на мировом рынке, являются фундаментом стабильного экономического роста и стратегической



Рисунок 1 – Отходы Гомельского химического завода (масштаб – 1:500, спутник – 01.04.2025)



гарантией развития в будущем страны.

Государственная политика направлена на изучение всевозможных подходов и способов вовлечения в хозяйственно-бытовой оборот уже существующих отходов, предотвращение образования

последующих, а также переход промышленного сектора в реализацию концепции Zero Waste (дословный перевод – «ноль отходов») [1].

Одним из таких некондиционных материалов производства удобрений является фосфогипс. Данный отход образуется путем производственного процесса разложения Кольского апатита, минеральной кислотой. За период бесперебойной работы химического комплекса с 1963 г. техногипса на промплощадке в настоящее время находится более 60 млн. т. (рисунок 1) с ежегодным пополнением. Проблема очевидна своим масштабом в разрезе экономического, экологического и даже социального характера вопроса.

По физико-химическим данным фосфогипс Гомельского химического завода в исследовательских работах при переработке, имеет отличия от природного гипса, если рассматривать отход как сырьевую базу аналоговым материалом. В отличие от природного минерала с содержанием воды в 5-8%, техногипс содержит свободной влаги от 25-40%. Наличие влаги в отходе определяется от поры года и количества выпавших осадков на открытые горы фосфогипса. Чтобы понизить такой показатель до природного требуется предварительный процесс сушки, что незамедлительно отражается на экономической целесообразности процесса переработки некондиционного материала.

Так же фосфогипс содержит примеси (фториды, фосфаты и соединения РЗЭ), которые отрицательно сказываются на процессах схватывания и твердения гипсовых вяжущих на его основе, проявляясь в виде кристаллизованных солей при стабилизации изделия, влияя на некоторые физико-химические свойства. Принимая во внимание данный аспект в исследовательских работах, чтобы устранить некоторые примеси применяли отмывку отхода водой, что лишь частично решает проблему, при этом также усложняет процесс и образует объем нового отхода. Поэтому фосфогипс хранясь под открытым небом и постоянно подвергаясь погодным условиям и выпадению осадков (снег, дождь), промывается и содержит в 1,5-2 раза меньше примесей, в отличие от «свежего» фосфогипса.

Для нейтрализации кислых остатков в отходе возможен термический и жидкофазный методы, данный технологический этап необходим. После чего материал пригоден для использования в переработке в строительные смеси и изделия.

По гранулометрическому методу исследования фосфогипс имеет высокую дисперсность, что позволяет оптимизировать процесс переработки, не включая дополнительный этап дробления или измельчения отхода. Цвет фосфогипса преимущественно белый и бело-серый, также положительно вписывается в цвет предполагаемых строительных изделий без дополнительных процедур с использованием отбеливающих реагентов.

Использование в данном виде отход и его переработка находит отражение во многих научно-исследовательских работах. Значительное

количество таких работ в использовании отхода в строительстве дорог [2] и применении в почвоведении для мелиорации почв [3]. Также ряд работ по извлечению редкоземельных элементов (РЗЭ) [4, 5] из фосфогипса широкого применения на данный момент не нашли, в силу трудоёмких и энергозатратных технологических процессов и неполному объёму извлечения РЗЭ из отхода.

Редкоземельные металлы – часть таблицы Менделеева, состоящая из 17 элементов, которая делится на два основных сегмента:

- иттриевая (вкл. скандий, иттрий, а также ряд Gd – Lu), элементы Gd – Lu относят к «тяжелой» группе;
- цериевая (Ce — Eu), относят к «легкой» группе.

Dy, Tb и Nd используются при производстве постоянных магнитов для двигателей электромобилей, рынок которых в современном обществе имеет высокий интерес и спрос, а также в «зеленой энергетике» производства ветряных турбин, для разработки проектов национальной обороны, в сфере электроники и многого другого.

Основные позиции по добыче и переработке сырья с содержанием редкоземельных элементов в настоящее время занимает Китай и США. Данный ценный продукт имеет стратегическое значение в ведущих отраслях промышленности (рисунок 2) с этим обостряются риски геополитического рынка и национальная безопасность государства на международной арене экономических отношений. Китай за счет недорогой рабочей силы, запасов данного ценного продукта, переработке и добыче, также является лидером потребления РЗЭ на рынке.

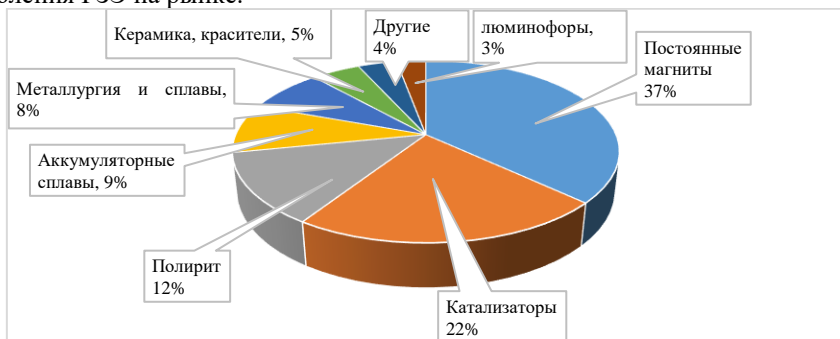


Рисунок 2 – Структура мирового спроса на РЗЭ по областям применения, %

Научные разработки интересны и важны в этой области исследования, так как спрос на применение соединений РЗЭ в будущем, по прогнозам аналитиков рынка, будет только возрастать. Для получения концентрата или же разделенные индивидуальные редкоземельные элементы следует учитывать трудоемкий процесс переработки руды или вторичного сырья, который в свою очередь на данный момент существующих процессов и технологий образует

большое количество отходов и подразумевает использование агрессивных реагентов в технологиях.

Поэтому фосфогипс представляет собой альтернативный массивный отход химического производства в перспективной комплексной переработкой в полезные целевые продукты для государства.

В Республике Беларусь данный вопрос по переработке фосфогипса еще не решен. Для минимизации техногенной нагрузки на территориях занимаемыми промышленными отходами следует разработать модернизированные комплексные методы, которые позволяют более эффективно снижать воздействие промышленных отходов на экосистемы и предотвращать расширение зоны негативного воздействия в районе промышленного производства и гипсонакопителя.

Литература:

1. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г. - <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf> (Дата обращения 18.03.2025)

2. С. И. Солдаткин, А. Е. Хохлов Проблемы использования фосфогипса в дорожном строительстве – Саратов, 2019.

3. Агапова Полина Владимировна, Киселёв Максим Владимирович, Фрейдкин Иван Алексеевич Оценка биологической эффективности применения обесфторенного фосфогипса в качестве удобрения в прямом действии // Известия СПбГАУ. 2023. №5 (74).

4. Анисимов Леонид Алексеевич, Донцова О. Л. Месторождения редкоземельных элементов – перспективный стратегический ресурс России // Недра Поволжья и Прикаспия. 2023. №112.

5. Пономарева М. А., Черемисина О. В., Машукова Ю. А., Лукьянцева Е. С. Повышение эффективности извлечения рзм из технологических растворов в процессе переработки апатитового сырья // Записки Горного института. 2021.

УДК 691.311

УТИЛИЗАЦИЯ ГРАНИТНЫХ ОТСЕВОВ

М Д Бабул С., студент

Научные руководители Евсеева Е.А., Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Рассмотрены перспективы применения отходов гранитных отсевов, как добавки с пиллолановой активностью. Указаны возможные области применения композиционных материалов на их основе. Спрогнозировано уменьшение экологического воздействия отходов гранитного производства

Ключевые слова: гранитные отсевы, композиты, отходы, утилизация.