

сокими значениями рН раствора гипохлорита натрия и некоторой пассивации поверхности сталей.

Список использованных источников

1. Romanovski V. et al. Comparative analysis of the disinfection efficiency of steel and polymer surfaces with aqueous solutions of ozone and sodium hypochlorite // Water. – 2024. – Vol. 16. – №. 5. – P. 793.
2. Поспелов А. В. и др. Коррозия нержавеющей сталей в дезинфицирующих растворах // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2023. – №. 1 (33). – С. 90–93.
3. Поспелов А. В. и др. Коррозия углеродистых сталей в дезинфицирующих растворах // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – №. 14. – С. 89–93.
4. Комаров М. А. и др. Оценка воздействия на окружающую среду дезинфицирующих веществ // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – №. 1. – С. 87–93.
5. Поспелов А. В. и др. Анализ технических аспектов дезинфекции поверхностей водными растворами озона и гипохлорита натрия // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – №. 2. – С. 87–95.
6. Поспелов А. В. и др. Сравнительный анализ эффективности дезинфекции поверхностей в водных растворах озона и гипохлорита натрия // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – №. 1. – С. 94–99.

УДК 628.544

**СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МЕМБРАННОГО
ОПРЕСНЕНИЯ ВОДЫ НА СИНТЕТИЧЕСКИЙ ДИГИДРАТ
СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ**

Комаров М. А.

специалист 2-й категории Республиканского научно-практического центра нефтехимических технологий и производств, Белорусский государственный технологический университет, Минск

Введение. Включение промышленных отходов с разнообразным химическим составом в экономику является критически важной глобальной проблемой [1, 2]. Переработка и повторное использование отходов позволяют сохранить природные ресурсы и уменьшить вред для окружающей среды, а также получать материалы с модифицированными свойствами, зачастую преобладающими над аналогами, получаемыми по традиционным технологиям [3, 4]. В частности, хотя природный гипс необходим для различных строительных материалов, во многих странах отсутствуют его месторождения, в том числе и в Республике Беларусь. Однако про-

изводство высококачественного гипса и вяжущих веществ на его основе может быть получено из различных кальцийсодержащих отходов [5, 6]. Синтетический гипс – это материал, получаемый из промышленных отходов, главным образом в странах, не имеющих собственных месторождений природного гипса. Этот материал имеет существенный потенциал для использования в строительстве и производстве цемента, что помогает снизить негативное воздействие на окружающую среду, связанное с утилизацией кальцийсодержащих отходов [7].

Методология. Синтетический гипс получается путем растворения сульфатов натрия и магния. Растворимость компонентов уменьшается в порядке $\text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{MgSO}_4 > \text{CaSO}_4$. Разделение сульфатов по растворимости проводили с использованием воды в количестве 1 л на 50 г отходов и 1,2 л на 50 г отходов. В результате образуются раствор преимущественно сульфатов натрия и магния с небольшой примесью сульфата кальция, а сульфат кальция остается в нерастворенном виде.

Результаты эксперимента. Отходы, образующиеся в процессе мембранного опреснения воды, представляют собой смесь, преимущественно состоящую из сульфатов кальция и натрия. Этот осадок образуется на станциях нейтрализации в процессе водоподготовки завода по производству жести. Данный тип отходов относится к классу опасности 4. Состав отходов по результатам комбинированного анализа (с помощью сканирующего электронного микроскопа и рентгенофазового анализа представленного на рисунке 1): CaSO_4 — 42,7 мас.%, MgSO_4 — 9,1 мас.%, Na_2SO_4 — 40,3 мас.%, примеси — 7,9 мас.%. Объем образования составляет более 845 тонн/год.

Перспективным способом переработки является разделение исходной смеси путем ее растворения в воде. Данный способ является осуществимым за счет существенной разницы в растворимости у сульфата натрия, сульфата магния и сульфата кальция. Навеска исходного материала помещалась в стеклянный стакан после чего заливалась водой. Для более быстрого и эффективного растворения осуществлялось постоянное перемешивание в течение 10–15 минут с помощью магнитной мешалки. При необходимости еще большей интенсификации процесса возможно использование подогрева раствора в реакторе. После этого полученная суспензия отправлялась

на разделение. В процессе разделения в жидкой фазе остается сульфат натрия и сульфат магния, а в твердой фазе – сульфат кальция. Полученная жидкая фаза далее может использоваться в качестве почвоулучшающей добавки для активации роста растений и набора ими полезной массы.

Полученная твердая фаза после процесса фильтрации отправляется на сушку при 80–85 °С в течении 120 минут для достижения постоянной массы.

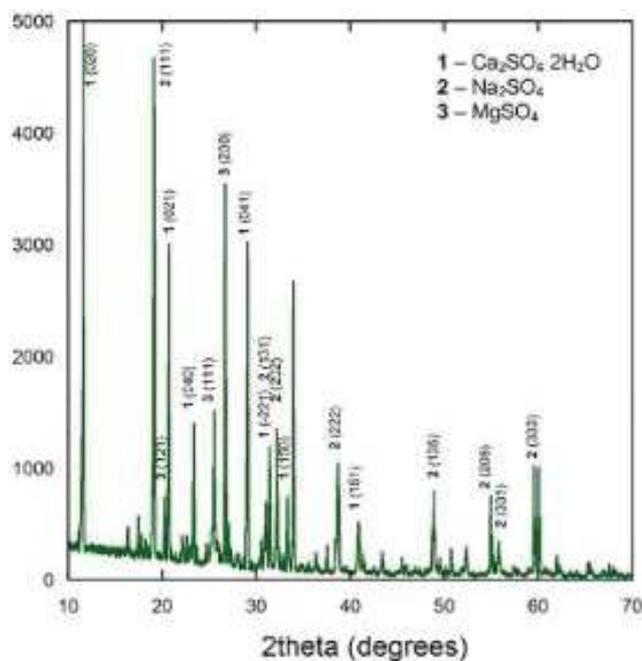


Рисунок 1 – Результаты рентгенофазового анализа образца осадка мембранного опреснения воды

В результате получается синтетический гипс с высокой степенью чистоты – более 95 мас.%, что соответствует I марке дигидрата сульфата кальция. Такой чистый состав открывает возможность получения гипсовых вяжущих на его основе путем термической либо гидротермальной обработке.

Закключение. Установлено, что благодаря различной растворимости компонентов отхода – смеси сульфатов кальция и натрия —

возможно производство гипса марки 1 с помощью двух стадийного процесса, включающего растворение и центрифугирование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Beletskii E. V. et al. Fall and Rise: Disentangling Cycle Life Trends in Atmospheric Plasma-Synthesized FeOOH/PANI Composite for Conversion Anodes in Lithium-Ion Batteries // ChemEngineering. – 2024. – Vol. 8. – № 1. – P. 24.
2. Wang C. et al. Preparation of calcium sulfate from recycled red gypsum to neutralize acidic wastewater and application of high silica residue // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2024. – Vol. 26. – № 3. – P. 1588-1595.
3. Liu C. et al. Effect of phosphogypsum flotation purification on anhydrite properties // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2025. – P. 1–16.
4. Wang C. et al. Preparation of anhydrite whiskers from red gypsum and application in polyvinyl chloride // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2025. – Vol. 27. – № 2. – P. 973–983.
5. Romanovski V. et al. Gypsum binder with increased water resistance derived from membrane water desalination waste // Engineering Reports. – 2025. – Vol. 7. – № 1. – P. e13028.
6. Kamarou M. et al. High strength anhydrite cement based on lime mud from water treatment process: one step synthesis in water environment, characterization and technological parameters // Engineering Reports. – 2025. – Vol. 7. – № 1. – P. e13054.
7. Kamarou M. et al. High-strength gypsum binder with improved water-resistance coefficient derived from industrial wastes // Waste Management & Research. – 2025. – Vol. 43. – № 2. – P. 213–224.

УДК 349.2:004.9(476)

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА
И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ:
ВЫЗОВЫ И ПУТИ АДАПТАЦИИ**

Корников Р. И.

студент 1-го курса магистратуры Академия управления
при Президенте Республики Беларусь

Введение: Вызовы четвертой промышленной революции.

Цифровая трансформация систем охраны труда представляет собой глобальный тренд, обусловленный развитием технологий Индустрии 4.0. Внедрение интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (ИИ), систем предиктивной аналитики и цифровых двойников кардинально меняет парадигму управления профессиональными рисками. Для Республики Беларусь, с ее развитым промышленным комплексом и амбициозными планами по технологической модернизации, адаптация законодательства в сфере охраны труда к цифровой реальности становится императивом экономической безопасности