

БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕДОПАЛА ИЗВЕСТИ В СИНТЕТИЧЕСКИЙ АНГИДРИТ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Комаров М.А.^{1, 2}

¹Специалист международного информационно-аналитического центра трансфера технологий, БГТУ, Минск, РБ, takkom1995@gmail.com

²Старший преподаватель кафедры «Водоснабжение и водоотведение», БНТУ, Минск, РБ, takkom1995@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена возможность безотходной технологии переработки отхода водоподготовки — недопала извести в синтетический ангидрит сульфата кальция путем его взаимодействия с отработанной серной кислотой. Получаемый по описанному способу ангидрит сульфата кальция по своим характеристикам не уступает ангидриту, произведенному по традиционному термическому способу, который получен в процессе обжига гипсового камня при температуре 800–1000 °С

Ключевые слова: недопал извести, сернокислотное воздействие, синтетический ангидрит сульфата кальция, 1-е следствие из закона Гесса, температура.

WASTE-FREE TECHNOLOGY FOR PROCESSING LIME MUD INTO SYNTHETIC CALCIUM SULPHATE ANHYDRITE

Kamarou M.

Abstract. The article considers the possibility of a waste-free technology for processing water treatment waste — lime mud into synthetic calcium sulfate anhydrite by interacting with waste sulfuric acid. The calcium sulfate anhydrite obtained by the described method is not inferior in its characteristics to the anhydrite produced by the traditional thermal method, which is obtained in the process of firing gypsum stone at a temperature of 800–1000 °С.

Keywords: lime mud, sulfuric acid exposure, synthetic anhydrite of calcium sulfate, 1st corollary from Hess's law, temperature.

Введение. Вовлечение отходов в хозяйственный оборот является актуальной задачей [1–3]. На предприятиях, использующих технологии промышленной водоподготовки [4, 5], происходит образование недопала извести и осадка коагуляции в результате основной стадии очистки. Однако, эти отходы остаются без применения в Республике Беларусь и накапливаются на специальных площадках. Данные отходы представляют собой перспективный вторичный материальный ресурс для производства гипсовых строительных материалов [6].

Химический состав недопала извести открывает возможность получения синтетических сульфатов кальция путем его взаимодействия с серной кислотой в водной среде.

Материалы и методы. Недопал извести представляет собой комки с размерами до нескольких сантиметров, по химическому составу представляет: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — 22,2 мас. %, CaCO_3 — 61,1 мас. %, CaO — 13 мас. % и влажностью 3,7 мас. % остальное — примесные вещества (MgO , SiO_2 и др. вещества, вносимые с карбонатным сырьем в известь).

Результаты и обсуждение. Процесс проходящий в реакторе осуществлялся из суспензии недопала извести в соотношении Т : Ж = 1 : 6 предварительно разогретой до 40–45 °С. После достижения данной температуры при постоянном перемешивании в реактор подается разбавленная серная кислота с концентрацией 53–55 мас. %. Данные параметры позволяют управлять структурой образующихся сульфатов кальция в системе $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ [7–9]. Процесс в реакторе протекает по следующим химическим реакциям:



За счет водной среды и температуры в реакторе в качестве продукта должен образовываться дигидрат сульфата кальция. Однако в ходе проведенных исследований с помощью РФА и ДТА анализов было установлено что полученный продукт является ангидритом сульфата кальция. Результаты ДТА и РФА анализов представлены на рисунке.

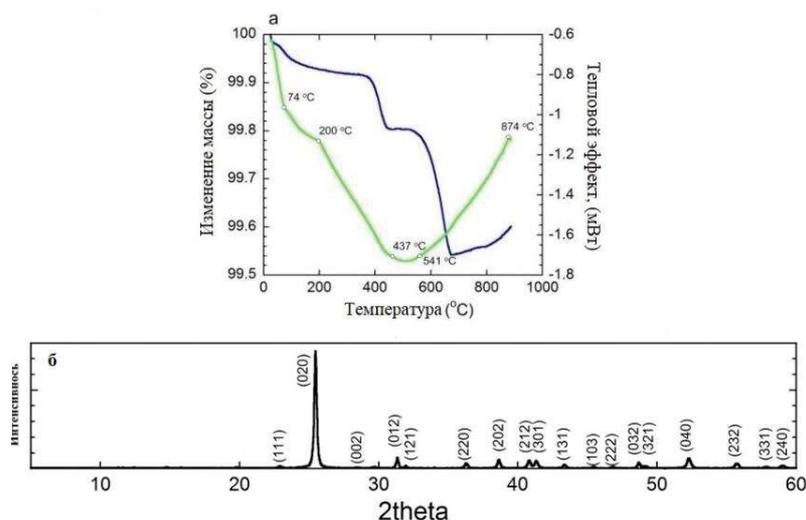


Рисунок — ДТА и РФА полученного материала

Образование ангидрита сульфата кальция при температуре 45 °С в реакторе можно объяснить с точки зрения термохимии [9]. Такой вариант протекания процесса возможен при местном разогреве у самих частиц CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaO за счет взаимодействия их с серной кислотой. Данное предположение объясняется

и подтверждается с помощью 1-го следствия из закона Гесса. Теоретическое изменение температуры во время синтеза при учете всех факторов процесса составляет:

$$\Delta T = -\frac{\Delta H}{\sum C_p} = \frac{20349}{608,42} = 33,45\text{K} = 33,45^\circ\text{C}.$$

Таким образом, теоретический нагрев в реакторе составит $33,45^\circ\text{C}$. Теоретическая температура синтеза внутри реактора должна составлять $78,45^\circ\text{C}$. Однако экспериментально при измерении температуры максимальный нагрев суспензии составил $58\text{--}60^\circ\text{C}$ из-за потерь тепла, но и полученной температуры достаточно для образования ангидрита [10].

Заключение. В результате выполненных исследований было установлено, что полученный синтетический ангидрит по своим характеристикам не уступает ангидриту, произведенному по традиционному термическому способу, который получен в процессе обжига гипсового камня при температуре $800\text{--}1000^\circ\text{C}$.

Список цитированных источников

1. Икон, А. В. Разделение смазочно-охлаждающих жидкостей / А. В. Икон, В. И. Романовский // Экологические проблемы промышленных городов. 5-я Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, СГТУ, Саратов 12–14 апреля 2011 / СГТУ, 2011. — Ч. 2. — С. 198–199.
2. Осинин, М. С. Кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции природных вод / М. С. Осинин, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. — 2019. — №2. — С. 50–52.
3. Обезжелезивание подземных вод модифицированным огнеупорным шамотом / Клебеко П. А., Романовский В. И. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. №4. С. 103–111. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2021-4-8>
4. Prapolski D., Romanovski V. Recent advances in underground water deironing and demanganization: Comprehensive review // Journal of Water Process Engineering. — 2025. — Т. 70. — С. 107089.
5. Пропольский, Д. Э. Эффективность обезжелезивания подземных вод с использованием модифицированных каталитических материалов / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Технологія — 2019 : матеріали ХХІІ Міжнар.наук.-техн. конф., 26–27 квіт. 2019 р., м. Сєверодонецьк : в 2 ч. — Сєверодонецьк : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. — Ч. 1 — С. 85–86.
6. Kamarou M. et al. High-strength gypsum binder with improved water-resistance coefficient derived from industrial wastes // Waste Management & Research. — 2025. — Т. 43. — №. 2. — С. 213–224. <https://doi.org/10.1177/0734242X241240042>
7. Комаров М. А., Короб Н. Г., Романовский В. И. Синтез дигидрата сульфата кальция из техногенного сырья // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. — 2020. — №. 16. — С. 76–82.

8. 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. — Т. 26. — №. 3. — С. 1588–1595. <https://doi.org/10.1007/s10163-024-01914-w>

9. Liu D. et al. Effect of calcination temperature and superplasticizer on the properties of anhydrite II from phosphogypsum // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. — 2024. — С. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10973-024-13608-4>

10. 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. — Т. 7. — №. 1. — С. e13054. <https://doi.org/10.1002/eng2.13054>

УДК 619:639.1.091 (476)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И ЗНАЧЕНИЕ ЭТОГО МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Ю. Г. Лях¹, О. В. Мелюх², Т. В. Некрасова³

¹Профессор кафедры общей биологии и генетики, УО «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ, г. Минск, Беларусь, Yury_Liakh.61@mail.ru

²Студент, УО «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ, г. Минск, Беларусь

³Студент, УО «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Беларусь располагает огромными ресурсами пресных вод. Однако это не означает, что они должны варварски использоваться и загрязнять окружающую среду.

Большие города и крупные промышленные предприятия в Республике Беларусь полностью обеспечены современной многоуровневой сетью очистных сооружений. Кроме всего здесь созданы специальные службы, которые строго следят за выполнением санитарно гигиенических норм очищения и санации технически использованных вод. Эти службы осуществляют строжайший контроль не только на стадии сброса очищенных вод в водоемы, но и на каждом этапе очистки. Ни одно из предприятий в Беларуси не запустят в эксплуатацию без проведения экологической экспертизы.

Тем не менее, в республике существует множество мелких промышленных предприятий, цехов и животноводческих ферм, которые расположены на периферии, вдали от больших городов и районных центров. Как раз эти предприятия и являются основными загрязнителями окружающей среды посредством сброса не обеззараженных технических вод.