

современные, более эффективные решения, а также внедрением автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Литература

1. Саломеев В. П., Рыжков А. Д. Реконструкция и модернизация очистных сооружений водоотведения в Московской области / Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2013. – № 11 – С. 38–41.

2. Новикова О.К. Реконструкция систем водоснабжения и канализации: учебное пособие/ О.К Новикова. – Гомель: Белорусский государственный университет транспорта, 2023. – С. 212.

3. В.И. Баженов, д.т.н., А.Н. Эпов Реконструкция сооружений на станциях по очистке сточных вод/ Журнал. Водоснабжение и канализация. – 2010 – № 3 – С. 90-91.

4. Ручай Н. С., Маркевич Р. М. Экологическая биотехнология. Минск, 2006.

5. Лихачев, Н.И. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин. М. : Стройиздат, 1981. 639 с.

6. Саломеев, В.П. Реконструкция инженерных систем и сооружений водоотведения. М. : АВС, 2009. 192 с.

УДК 628.196

Анализ способов получения коагулянтов из вторичных материальных ресурсов

Хандрико Н.А.¹, Шорец Е.Д.¹,

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Комаров М.А. ^{1, 2}

Переработка отходов и очистка промышленных сточных вод всегда представляли интерес. В последние годы все больше работ посвящено переработке различных отходов в полезные продукты. Получение коагулянтов также может быть основано на вторичных материальных ресурсах, причем получаемые материалы по своим эксплуатационным свойствам не уступают коагулянтам, получаемым на природном сырье.

Текст статьи: Получение коагулянтов из вторичных материальных ресурсов – перспективное направление, основанное на использовании отходов различных отраслей промышленности (шламы, зола, отработанные соли, осадки сточных вод [1-2]) для производства неорганических (соли алюминия, железа) и комбинированных реагентов [3], что снижает затраты и нагрузку на окружающую среду путем рециклинга и создания замкнутых технологических циклов [5-8]. Основные подходы включают переработку промышленных отходов в соли (сульфаты и хлориды) алюминия или железа либо в алюминат натрия.

В настоящее время все больше внимания уделяется переработке вторичных материальных ресурсов на полезные материалы и все менее – получению из природного сырья. Это обусловлено рядом причин:

1. Экологические причины:

- сохранение природных ресурсов: переработка отходов снижает потребность в добыче и заготовке природных ресурсов;

- снижение загрязнения: процессы добычи и производства природных материалов часто сопряжены с высоким уровнем загрязнения воздуха, воды и почвы. Переработка образующихся отходов на промышленных производствах помогает минимизировать эти негативные воздействия и снижает количество отходов, отправляемых на утилизацию или захоронение;

- борьба с изменением климата: производство из вторичного сырья обычно требует значительно меньше энергии по сравнению с производством из природного. Это приводит к сокращению выбросов CO₂, что помогает замедлить загрязнение воздуха, а также глобальное потепление.

2. Экономические причины:

- энергосбережение: использование вторичных материалов в большинстве случаев требует меньше энергии на переработку чем при однотипном производстве из природного минерального сырья;

- экономия затрат и создание рабочих мест: Для предприятий использование вторичного сырья может быть экономически выгоднее, чем закупка дорогостоящего первичного сырья, а также позволяет снизить затраты за счет уплаты экологических налогов за хранение образующихся отходов на промышленных площадях.

- устойчивое использование ресурсов: переработка вторичных материальных ресурсов обеспечивает более разумное и устойчивое использование существующих ресурсов, замыкая цикл производства и потребления (концепция циркулярной экономики).

Эти факторы, наряду с растущим осознанием обществом проблем экологии, смещают акцент с линейной модели «взять, произвести, выбросить» на более эффективное и ответственное управление ресурсами.

Исходя из вышесказанного перспективным является получение коагулянтов также из вторичных материальных ресурсов, что подтверждается многочисленными исследованиями в этой области.

Одним из вариантов получения коагулянтов (сернокислого алюминия) для нужд процессов водоснабжения и водоотведения является их получение из различных шламов, образующихся на производствах. Одним из перспективных шламов для получения коагулянтов является красный шлам. Красный шлам состоит на 50-70 % из цеолитоподобных каркасных гидроалюмосиликатов натрия и на 30-40 % из аморфизованных оксигидроксидов железа и представляет собой тонкодисперсный остаток производства глинозема, получаемого из бокситового сырья по способу Байера [1].

Другим направлением является получение смешанных коагулянтов на основе вторичного сырья, содержащего $Al_2O_3 + Fe_2O_3$. При очистке воды смешанным коагулянтом даже при низкой температуре не наблюдается осадков оксида железа, что обусловлено образованием и осаждением хлопьев до фильтров. Хлопья осаждаются равномернее, чем в случае применения коагулянтов порознь, и в отстойниках достигается более полное осветление, что позволяет значительно уменьшить нагрузку на фильтры. Эффект обработки воды при температуре 20°C смешанным коагулянтом близок к эффекту коагуляции сульфатом железа при 50°C и сульфатом алюминия при 80°C [3].

В работе [4] приводятся результаты исследований по переработке литейных шлаков. В данном процессе шлак, содержащий различные примеси, обрабатывают растворами каустической соды с концентрацией 70-80 г/дм³ при 60-80°C в течение 1,5 ч. В этом процессе происходит переход в раствор алюмината натрия, который может быть использован в качестве коагулянтов для очистки водных сред [4].

Существуют также способы получения коагулянта при технологиях замкнутого цикла. Примером такой технологии является переработка осадков водоподготовки на синтетические сульфаты кальция [5-8]. В процессе обработки кальцийсодержащих осадков водоподготовки серной кислотой образуется фильтрат, в котором содержится растворенный сульфат железа (III). Отделенный фильтрат может быть использован в качестве коагулянта для очистки сточных вод. Его эффективность при оптимальной дозе 200 мг/л составила 77,8%, что на 4,9% ниже эффективности коммерческого сульфата железа. Результаты, полученные при очистке воды коагулянтом из фильтрата, показывают несколько

завышенные значения. Однако полученные значения не превышают нормативных значений, установленных ВОЗ [2].

Как видно из представленного анализа много работ посвящено получению коагулянтов из разнообразных вторичных материальных ресурсов, что показывает высокую актуальность данной темы исследований.

Литература

1. Тужилин А.С., Ветчинкина Т.Н. Переработка красных шламов с получением коагулянтов и сорбентов // Четвертый междисциплинарный научный форум с международным участием «Новые материалы и перспективные технологии» – 2018. – С. 664-667.

2. Romanovski V. et al. Approaches for filtrate utilization from synthetic gypsum production // Environmental Science and Pollution Research. – 2023. – Т. 30. – №. 12. – С. 33243-33252.

3. Рамазони Ш. и др. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОАГУЛЯНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОД ИЗ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ РУД ТАДЖИКИСТАНА // Вопросы физической и коллоидной химии. – 2019. – С. 119-123.

4. Тужилин А.С., Лайнер Ю.А., Сурова Л.М. // Сб. тезисов докладов Международной конференции по химии и химической технологии. М., Институт металлургии им. Байкова РАН, Химич. Технология. – 2007. – Т. 4. – с. 389.

5. Romanovski V. et al. Gypsum binder with increased water resistance derived from membrane water desalination waste // Engineering Reports. – 2025. – Т. 7. – №. 1. – С. e13028.

6. 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. – Т. 149. – №. 21. – С. 11587-11597.

7. 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.

8. Liu C. et al. Effect of phosphogypsum flotation purification on anhydrite properties // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2025. – С. 1-16.