

что, безусловно, является положительным эффектом с точки зрения экологической безопасности.

Применение такого пластификатора, как глицерин, позволяет существенно улучшить растекание смолы по поверхности ДБП, обеспечивая формирование более однородного и плотного покрытия, что способствует снижению внутренних напряжений и предотвращает появление поверхностных дефектов.

Список использованных источников

1. Барштейн Р. С., Кирилович В. И., Носовский Ю. Е. Пластификаторы для полимеров. – М.: Химия, 1982. – 200 с.
2. Пластификаторы. Технические условия: ГОСТ 8728–88. – Введ. 01.01.1990. – М.: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1990. – 12 с.
3. Ping Lan, Rui Yang, Hai Mao, Ju Cui, Nicolas Brosse. Production of Melamine Formaldehyde Resins Used in Impregnation by Incorporation of Ethylene Glycol and Caprolactam with High Flexibility, Storage Stability, and Low Formaldehyde Content. Bioresource, 2019. – 13 p.
4. Плиты древесно-стружечные, облицованные пленками на основе термореактивных полимеров. Технические условия: ГОСТ 32289-2013. Введ. 01.07.2014. Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: ФГУП «ВНИЦСМВ», 2014 – 23 с.

УДК 628.196

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Пропольский Д. Э.¹, Колобако А. А.², Комаров М. А.³

¹ старший преподаватель, ² ассистент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Белорусский национальный технический университет, Минск;

³ специалист 2-й категории Республиканского научно-практического центра нефтехимических технологий и производств, Белорусский государственный технологический университет, Минск

Введение. Для получения питьевой воды надлежащего качества перспективным является использование системы фильтров из модифицированных фильтрующих материалов [1]. Модификация может осуществляться с помощью одной из разновидностей обработки исходного материала: химической, термической или физико-химической. Перспективным является использование метода экзотермического горения в растворах [2]. В результате модификаций улучшаются параметры исходного материала, а использование для данных целей

отходов производств приводит к снижению затрат станций водоподготовки подземных вод и улучшению состояния окружающей среды. В данном исследовании рассмотрены процессы выщелачивания нитрата железа из осадков станции обезжелезивания подземных вод [3] для получения раствора прекурсора (нитрата железа).

Методология. Выщелачивание нитрата железа III ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$) осуществлялось из осадков [4, 5] станции обезжелезивания подземных вод при помощи раствора азотной кислоты (HNO_3) с концентрациями в пределах 5–25%. Более высокие концентрации не рассматривались ввиду замедления процесса выщелачивания и ограниченности растворения нитрата железа. Время обработки раствором составляло от 5 до 60 минут с перемешиванием каждые 5 минут. Также дополнительно были подготовлены образцы с постоянным перемешиванием в течение 60 минут с помощью механической мешалки. Отделение продукта выщелачивания из раствора осуществлялась с помощью вакуумной фильтрации. После полученный осадок промывался дистиллированной водой до нейтрализации pH. Определение общей концентрации железа в растворе осуществлялось с помощью спектрофотометра.

Результаты эксперимента. Эксперимент показал, что с ростом времени обработки увеличивается и эффективность выщелачивания. Изменение окраски раствора (от прозрачного с лёгким жёлтым окрашиванием до тёмно-коричневого) также свидетельствовал о высоком уровне выщелачивания. После длительного отстаивания раствора (около 2 недель) выпадение осадка не наблюдалось. При концентрациях кислоты более 15% и времени обработки более 45 минут наблюдалось пенообразование на поверхности раствора. Последующее увеличение концентраций приводило к более активному пенообразованию, что также затрудняло последующую фильтрацию раствора и увеличивало количество необходимых промывок продукта выщелачивания.

Результаты спектрофотометра (рисунок 1) показали, что несмотря на неоднородность содержания железа в исходном осадке, наблюдался рост эффективности выщелачивания при увеличении концентрации раствора азотной кислоты. Так при времени обработки раствором кислоты 15 мин концентрация железа общего в растворе после выщелачивания варьировалась в диапазоне 2500–34 160 мг/л в зависимости от концентрации кислоты. При этом при concentra-

ции азотной кислоты выше 20% значения железа общего начало падать. Аналогичная ситуация наблюдалась при времени обработки 30 мин (концентрация раствора при этом находились в диапазоне 2670–30 320 мг/л). Последующее увеличение времени обработки показывало стабильный рост концентрации железа общего в итоговом растворе: при 45 мин – от 2400 до 28 350 мг/л, при 60 мин – от 2750 до 41 150 мг/л, 60 мин (с постоянным перемешиванием магнитной мешалкой) – от 2690 до 37 260 мг/л. При этом сравнение образцов 60 мин с периодическим и постоянным перемешиванием не показало значительной разницы в концентрациях железа общего.

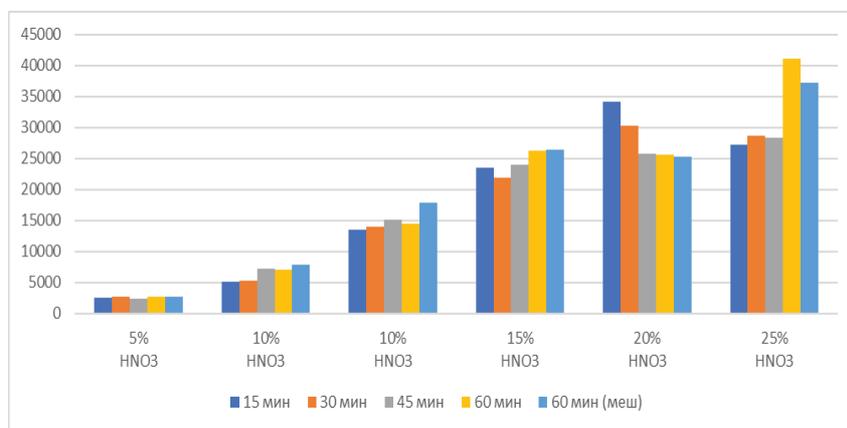


Рисунок 1 – Результаты анализа спектрофотометра

Также исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что оптимальное время выщелачивания составляет 60 мин. При таком времени обработки оптимальная концентрация азотной кислоты составит 15%. При 20% уже наблюдалось незначительное падение (на 3%) концентрации железа общего. Несмотря на значительный рост содержания железа общего при 25% и времени обработки 60 мин использование такой концентрации будет приводить к перерасходу азотной кислоты.

Заключение. Таким образом выщелачивание отходов станций обезжелезивания позволяет обеспечить один из способов утилизации осадков. Кроме того, такой способ позволит получать растворы нитрата железа необходимой концентрации. В последующем данные растворы могут применяться для нанесения покрытий мо-

дифицированных фильтрующих материалов для целей обезжелезивания подземных вод.

Список использованных источников

1. Propolsky, D. Iron and Manganese Removal from Groundwater: Comprehensive Review of Filter Media Performance and Pathways to Polyfunctional Applications/ D. Propolsky, V. Romanovski // Environmental Science: Water Research & Technology. – 2025.
2. Propolsky, D. Modified activated carbon for deironing of underground water / D. Propolsky, E. Romanovskaia, W. Kwapinski, V. Romanovski // Environmental Research. – 2020. – Vol. 182. – P. 108996. IF 6.2 Q1 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108996>
3. Prapolski D., Romanovski V. (2025) Resent advances in underground water deironing and demanganization: comprehensive review. Journal of Water Process Engineering. 70. 107089. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107089>.
4. 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. – Т. 8, № 1. – P. 24.
5. Liu C. et al. Effect of phosphogypsum flotation purification on anhydrite properties // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2025. – P. 1-16.

УДК 62-213:681.7-1/-9:691.175:681.625.9:778.64

**ПОЛИМЕРНЫЕ ДЕТАЛИ КОРПУСОВ
ЛАЗЕРНЫХ ГОЛОВОК И МЕТОДИКА
ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

П. А. Пьяе
аспирант

Рассматривается разработка полимерных деталей корпуса лазерной головки (ЛГ) с использованием аддитивных технологий, в частности SLS-технологии. Применение 3D-печати позволяет изготавливать полимерные детали сложной конструкции, сохраняя собираемость и ремонтпригодность изделия. Замена алюминиевого сплава на пластик снижает материалоемкость корпуса ЛГ. Дополнительное снижение массы достигается введением выборок и ребер жёсткости. Анализ деталей, спроектированных в CAD/CAM-системе SolidWorks, с использованием встроенного в эту систему CAE-модуля показал, что модификация конструкции не снижает прочность и жёсткость корпуса и не вызывает недопустимых отклонений лазерного луча. На основе изучения изготовленных прототипов и устранения выявленных конструктивных недостатков разработана методика проектирования полимерных деталей корпусов лазерных головок с сохранением оптической схемы. Потенциально лазерные головки с полимерными корпусами могут быть интегрированы в состав металлообрабатывающих центров или являться инструментальным оснащением коллаборативных роботов (коботов) для проведения лазерной обработки заготовок высокопроизводительным маркированием и гравированием.

Ключевые слова: Методика, модификация, конструкция, полимерные детали, корпус, лазерная головка, 3D-принтер, технология SLS (Selective Laser Sintering), собираемость, ремонтпригодность, металлообработка, обрабатывающий центр, коллаборативный робот, лазерная обработка, маркирование, гравирование.