

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА НА ПОВЕРХНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Д. Э. ПРОПОЛЬСКИЙ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Одной из наиболее распространённых проблем водоподготовки подземных вод Республики Беларусь является повышенная концентрация соединений двухвалентного железа (Fe^{2+}) и марганца (Mn^{2+}) [1]. Согласно [2], концентрации Fe^{2+} и Mn^{2+} в питьевой воде не должны превышать 0,3 мг/л и 0,1 мг/л соответственно. Возможными причинами повышенной концентрации данных металлов может являться наличие в почве Fe-, Mn-содержащих пород и минералов, их взаимодействие с подземными водами в результате фильтрации дождевых вод через них. Также загрязнение почвы данными металлами возникает в результате контакта с эксплуатируемой автомобильной техникой (коррозия корпуса и его деталей, утечка технических жидкостей).

Для большинства методов обезжелезивания и деманганации подземных вод обязательным этапом является фильтрация через инертные материалы. Это этап позволяет задерживать образовавшиеся в результате водоподготовки осадки, в том числе осадки окисления железа и марганца. Важным критерием эффективной эксплуатации фильтрационных установок является выбор фильтрующего материала на основе его технических и экономических параметров [3]. Кроме распространённых материалов загрузки фильтров (кварцевый песок, антрацит, цеолит, керамзит, гравий и т. д.) могут применяться модифицированные материалы. Получение такого материала (с улучшенными физико-химическими свойствами, составом и текстурой поверхности) достигается в результате различных комбинаций термической и реагентной обработки исходного материала [3, 4]. Также нанесение на поверхность материала различных оксидов металлов (например, Fe, Mn, Mg, Ca, Si [3]) позволяет осуществлять очистку воды от соединений железа и марганца путём их каталитического окисления.

В ранее проведенных экспериментальных исследованиях [5, 6] осуществлялась модификация исходного антрацита методом экзотермического горения в растворах [7–10]. В качестве окислителя был использован нитрат железа $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, а восстановителя – мочевины $\text{U} (\text{CH}_4\text{N}_2\text{O})$ или лимонная кислота $\text{CA} (\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7)$. Концентрации реагентов устанавливались в зависимости от концентрации насыщенного раствора нитрата (от 5 до 40 %). Согласно [6] максимальные концентрации растворов FeU и FeCA составляют 30 %. Использование более высоких концентраций приводило к слипанию зёрен исходного материала, а также при использовании CA – к активному пенообразованию и загустеванию раствора.

Результаты энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии образцов, представленных в таблице 1, подтвердили, что использование более высоких концентраций растворов приводит к снижению концентрации железосодержащих фаз на поверхности материала.

Таблица 1 – Результаты энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии

Образец	Массовое содержание железа на поверхности материала, мас. %				
	5	10	20	30	40
FeU	5,77±1,51	32,5±11,17	28,09±13,96	58,76±10,76	44,54±0,93
FeCA	18,32±7,64	27,0±5,66	27,78±35,60	33,15±7,14	28,12±28,33

Установлено, что содержание железосодержащих фаз на поверхности образцов FeCA 5 % превышает соответствующий показатель образца FeU 5 % в 3,18 раза. Между тем при дальнейшем увеличении концентрации растворов наблюдается обратная закономерность: концентрация железосодержащих фаз на поверхности образцов FeU становится выше образцов FeCA в 1,2–1,77 раза. Это также подтверждает ранее сделанные выводы [10], что мочевины является более перспективным восстановителем для получения модифицированного материала в сравнении с лимонной кислотой. Также поверхность гранул антрацита имеет и пористую, и гладкую структуру, что влияет на эффективность равномерного нанесения покрытия и объясняет наличие большого стандартного отклонения для представленных образцов. Дальнейшее лабораторное исследование образцов позволит провести более углубленный анализ определения оптимальных концентраций синтеза модифицированных фильтрующих материалов для целей обезжелезивания подземных вод.

Список литературы

- 1 Романовский, В. И. Анализ загрязнений источников питьевого водоснабжения в Республике Беларусь / В. И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – № 2. – С. 65–67.
- 2 Об утверждении гигиенических нормативов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. № 37 // ЭТАЛОН: информ.-поисковая система (дата обращения: 23.06.2025).
- 3 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. – Vol. 11. – P. 2499–2515.
- 4 Пропольский, Д. Э. Фильтрующие материалы для обезжелезивания и деманганации подземных вод: критерии подбора, разновидности и условия применения / Д. Э. Пропольский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2025. – № 4. – С. 10–19. – DOI: 10.35776/VST.2025.04.02.
- 5 Пропольский, Д. Э. Концентрационные параметры растворов нитратов для нанесения монофункциональных покрытий фильтрующих материалов / Д. Э. Пропольский, А. Д. Шеко // IV Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования с международным участием : сб. материалов форума, Гомель, 18–20 мая 2025 г. / редкол. : Д. Л. Коваленко (гл. ред.) [и др.] ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – С. 65–67.
- 6 Шеко, А. Д. Определение максимальных концентраций растворов нитратов для синтеза монофункциональных модифицированных фильтрующих материалов / А. Д. Шеко ; науч. рук. Д. Э. Пропольский // Материалы 81-й студенческой науч.-техн. конф. в рамках Междунар. молодежного форума «Креатив и инновации 2025», 22 мая 2025 г. / Белорус. нац. техн. ун-т, кафедра «Водоснабжение и водоотведение» ; сост.: С. А. Дубенок, А. А. Куралёнок. – Минск : БНТУ, 2025. – С. 62–65.
- 7 Пропольский, Д. Э. Принципиальная схема синтеза полифункциональных фильтрующих материалов методом экзотермического горения в растворе / Д. Э. Пропольский // Вода. Газ. Тепло – 2025 : материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 15–16 мая 2025 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. В. Харитончик, Д. Г. Ливанский, В. А. Кусяк [и др.]. – Минск, 2025. – С. 165–168.
- 8 Пропольский, Д. Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский, Е. В. Романовская // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Водохоз. строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 47–50.
- 9 Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – № 4. – С. 103–111.
- 10 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. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108996.

УДК 628.144

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НАДЕЖНОСТЬ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

А. М. РАТНИКОВА, И. А. САЛЯНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам безопасности функционирования различных систем, и надежность функционирования систем становится все более значимым аспектом. Надежность трубопроводных систем – это свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения своих параметров, характеризующих способность обеспечивать заданный режим работы. Являясь комплексным свойством, надежность в зависимости от назначения объекта и условий применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств [1].

Рассматривая в качестве примера систему водоснабжения, можно выделить ряд факторов, влияющих на надежность системы:

- нормативный срок эксплуатации трубопровода;
- фактический срок эксплуатации трубопровода;
- материал труб;
- диаметр труб;
- гидравлические показатели (скорости течения, напорные характеристики);
- глубина залегания труб, тип грунта;
- механические воздействия на трубопровод (за счет движения транспорта и др.);
- конфигурация сети;