

Причем наибольшим защитным эффектом (94 %) характеризуются фосфатсодержащие покрытия, синтезированные при температуре 60°C.

Выполнение исследований финансировалось в рамках гранта Президента Республики Беларусь на 2024 год и в рамках НИР ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия», рег. № 20240861.

Список использованных источников

1. Maguire M.E., Cowan J.A. Magnesium chemistry and biochemistry // BioMetals. 2002. Vol. 15, № 3. P. 203–210.
2. Kannan M.B., Raman R.K. In vitro degradation and mechanical integrity of calcium containing magnesium alloy in modified simulated body fluid. Biomaterials 2008; 29. P. 2306–2314.

УДК 628.196

Д.Э. Пропольский

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ С МОНОПОКРЫТИЕМ

***Аннотация.** Фильтрация через инертные материалы является неотъемлемым этапом всех методов обезжелезивания подземных вод. Достижение более высоких показателей очистки возможно при использовании в фильтрах каталитического слоя из модифицированных загрузок. Это также позволяет снижать затраты на станциях водоподготовки.*

D.E. Prapolski

Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODIFIED MATERIALS WITH A MONO-COATING

***Abstract.** Filtration through inert materials is an integral stage of all methods of iron removal from groundwater. Higher purification rates can be achieved by using a*

catalytic layer of modified media in filters. This also reduces costs of water at treatment stations.

Для Республики Беларусь и ряда других стран удаление железа из подземных вод является актуальной задачей. В подпрограмме «Чистая вода» на период 2021-2025 года [1] запланировано введение в эксплуатацию 864 станций обезжелезивания по всей территории страны. Для достижения эффективной работы новых и действующих станций необходимо учитывать особенности каждого используемого источника подземных вод. Это позволит выбрать наиболее подходящий метод обезжелезивания для данного региона. К параметрам влияющими на выбор метода обезжелезивания можно отнести формы и концентрации железа, температуру, жёсткость, щёлочность и pH воды, содержание CO_2 , O_2 , наличие контакта с органическими веществами.

Несмотря на обширность существующих технологий удаления железа, этап фильтрации является необходимой частью всех методов деферризации. К факторам, влияющим на эффективность процесса обезжелезивания, можно отнести физико-химические параметры исходной воды и фильтрующей загрузки. Выбор загрузки фильтров должен соответствовать требованиям по механической прочности, удельной поверхности, химической стойкости фильтрующих материалов и так далее. К таким материалам можно отнести кварцевый песок, антрацит, цеолит и активированный уголь как наиболее распространённые загрузки фильтров.

Следует отметить, что наличие в воде органических соединений и марганца снижает эффективность обезжелезивания. Достижение более высоких показателей удаления железа возможно при использовании каталитического слоя из модифицированных материалов. Такая загрузка способна удалять тяжёлые металлы, нитраты, фосфаты, способствовать инактивации микроорганизмов [2] в зависимости от разновидности покрытий каталитического материала. Для получения таких покрытий исходный материал подвергается воздействию различных температур с реагентной либо безреагентной обработкой. Это приводит к изменению или улучшению физико-химических параметров материала. Применение дешёвых фильтрующих материалов либо переработанных отходов производства также способствует снижению затрат станций обезжелезивания.

В результате проведенного обзора литературных источников было определено, что при нанесении на поверхность материала оксидов Cu, Ag, Ti или Zn увеличиваются свойства материала к инактивации микроорганизмов. В качестве реагентов могут

применяться прекурсоры меди (CuCl_2 , CuSO_4), серебра (AgNO_3 , AgCl), титана (TiO_2) или цинка (ZnCl_2 , ZnO). Увеличение содержания соединений Fe, Mn, Mg или Ca на поверхности зерен загрузки способствует удалению железа и марганца из подземных вод. Оксидный слой, образовавшийся в процессе синтеза, значительно ускоряет этапы сорбции, окисления и гидролиза ионов Fe^{2+} [3, 4]. Для получения такого слоя могут применяться прекурсоры магния (MgCl_2 , MgCO_3 , MgSO_4), кальция ($\text{Ca(NO}_3)_2$, CaCl_2 , CaCO_3), марганца (KMnO_4 , $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) либо железа ($\text{Fe(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, FeCl_3). Также для более экономичным является получение прекурсора железа путём выщелачивания осадка станций обезжелезивания, полученного после промывки фильтров.

В данной работе проводилось сравнение поверхностных и эксплуатационных свойств образцов модифицированных материалов с монопокрытием [3-5]. Также определялась эффективность использования полученных образцов для удаления железа из подземных вод в зависимости от содержания общего железа на поверхности материала. Для модификации применялся метод экзотермического горения в растворах (SCS). Исходными материалами выступали активированный уголь (АС) и антрацит (АН). Их модификация осуществлялась с помощью покрытия поверхности материалов оксидом железа (Fe) либо цинка (Zn). Для этого были подготовлены растворы Fe- или Zn-содержащих нитратов с дозами 0,025 или 0,05 грамм нитрата на грамм исходного материала. В качестве восстановителей использовались лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) либо мочевины ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$).

В результате исследования были сделаны следующие основные заключения:

1) Согласно XRD анализу средний размер кристаллических зерен оксидов железа на поверхности АН и АС был около 20 нм. Между тем у модифицированного АН оксид железа был представлен в формах магнетита и гематита, а у АС только магнетита. Согласно EDX анализу содержание оксидов железа на исходном АН в 2,5 раза больше, чем АС. Содержание оксидов железа на поверхности, модифицированного АН было в 6-7 раз (при дозе 0,025 г_{Fe}/г угля) и в 3-5 раз (при дозе 0,05 г_{Fe}/г угля) больше чем на поверхности модифицированного АС. Значения гидравлической крупности и объёмной плотности АН в 1,5-2 раза выше, чем АС. Кроме того, АН является более доступным и дешёвым фильтрующим материалом, широко применяемым в водоподготовке. Таким образом, АН является более эффективным исходным материалом для модификации.

2) Образовавшиеся в результате метода кристаллические структуры оксидов железа положительно повлияли на каталитические свойства синтезированного материала. Также ускорились стадии сорбции ионов O_2 и Fe^{2+} , процессы окисления и гидролиза. Это привело к увеличению удельной площади поверхности материала. Согласно анализу ВЕТ, в результате синтеза образца АС-Fe-СА произошло увеличение объема пор и удельной площади поверхности почти в 2 раза, а в образце АС-Fe-U – почти в 3 раза. Таким образом, увеличение объема пор составило 40% и 56%, соответственно. Это приводит к более эффективной очистке воды от ионов железа.

3) После модификации материалов не было никаких существенных изменений в эксплуатационных характеристиках АС и АН по сравнению с исходными материалами. Следовательно, использование модифицированных материалов не требует изменений в технологических параметрах фильтрации и режимов промывки фильтра.

4) Согласно EDX анализу для образцов АС с дозой нитрата железа 0,05, более высокий процент железа (почти в два раза) наблюдался на поверхности материала, модифицированного с использованием U (по сравнению с СА). Согласно анализу ВЕТ, в образце АС-Fe-СА произошло увеличение объема пор и удельной площади поверхности почти в 2 раза, а в образце АС-Fe-U – почти в 3 раз. EDX анализ АС образцов также показал, что при увеличении дозы с 0,025 до 0,05 наблюдалось увеличение содержания железа Fe_2O_3 на поверхностях АС в 3,5 раза для мочевины и 1,75 для лимонной кислоты. Следует отметить, что более высокое содержание железа на поверхности образца АС-Fe-U 0.05 также привело к более эффективному удалению железа по сравнению с АС-Fe-СА 0.05. Таким образом мочевина выбрана в качестве восстановителя для последующих модификаций.

Следует отметить, что в качестве каталитического слоя фильтров могут применяться полифункциональные модифицированные материалы. Это позволит решать сразу несколько задач водоподготовки и увеличить эффективность работы станций обезжелезивания.

Список использованных источников

1. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2021 г., № 50

// Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [https://pravo.by/document/?guid=3871 &p0=C22100050](https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050) – Дата доступа: 12.05.2024.

2. Romanovski, V. Comparative Analysis of the Disinfection Efficiency of Steel and Polymer Surfaces with Aqueous Solutions of Ozone and Sodium Hypochlorite / V. Romanovski [et al.]. // Water. – 2024. – Vol. 16(5) . – P. 793.

3. 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.

4. Пропольский, Д.Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д.Э. Пропольский, В.И. Романовский, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – №2. – С. 47–50.

5. Пропольский, Д. Э. Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – №. 4. – С. 103-111.