

Список литературы

1 **Yushchenko, V.** Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations / V. Yushchenko, E. Velyugo, V. Romanovski // Groundwater for Sustainable Development. – 2023. – № 22. – P. 100943. – DOI : 10.1016/j.gsd.2023.100943.

2 **Yushchenko, V.** Development of a new design of deironing granulated filter for joint removal of iron and ammonium nitrogen from underground water / V. Yushchenko, E. Velyugo, V. Romanovski // Environmental Technology. – 2023. – P. 1–8. – DOI : 10.1080/09593330.2023.2185820.

3 **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.

4 **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. – DOI : 10.35567/1999-4508-2020-4-7.

5 Modified activated carbon for deironing of underground water / D. Propolsky, [et. al.] // Environmental Research. – 2020. – Vol. 182. – P. 108996. – DOI : 10.1016/j.envres.2019.108996.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DE-IRONING AND DEMANGANATION METHODS OF UNDERGROUND WATER

D. E. PRAPOLSKI, A. V. SINYAVSKAYA

Belarusian National Technical University, Minsk

УДК 628.196

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ И ДЕМАНГАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Д. Э. ПРОПОЛЬСКИЙ, К. С. ЮРКЕВИЧ

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
d.propolsky@gmail.com*

Актуальность. В ряде стран основным источником питьевого водоснабжения являются подземные воды. Для безопасного водопользования необходимо, чтобы очищенная вода соответствовала требованиям стандартов. Для Республики Беларусь документом, нормирующим показатели качества питьевого воды, является постановление Совета Министров от 25 января 2021 г. № 37.

Важным ограничением использования того или иного метода водоподготовки являются особенности конкретно взятого источника водоснабжения. Для Республики Беларусь актуальным вопросом является удаление железа Fe (II) и марганца Mn (II) в подземных водах. Для надлежащей очистки воды

до требований стандарта необходим выбор эффективного метода обезжелезивания и деманганации. При этом существующие методы удаления железа и марганца включают в себя либо требуют этапа последующей фильтрации. С этой точки зрения наиболее перспективным методом обезжелезивания и деманганации является применение фильтрации через каталитическую загрузку.

Цель работы – описать критерии подбора фильтрующих материалов, провести их сравнительный анализ, а также рассмотреть перспективные разновидности фильтрующих материалов для удаления железа и марганца.

Основные результаты. Эффективность процесса удаления Fe и Mn будет зависеть от физико-химических характеристик исходной воды и фильтрующей загрузки, а также их химического и биологического взаимодействия. Например, наличие в обрабатываемой воде органических соединений приводит к образованию форм Fe- и Mn-бактерий. Это затрудняет образование адсорбционно-каталитической оксидной плёнки и значительно ухудшает процессы обезжелезивания и деманганации.

Для эффективного удаления Fe и Mn методом фильтрации необходимо обосновать выбор фильтрующего материала.

Основные требования к фильтрующим материалам включают в себя химическую стойкость по отношению к компонентам, находящимся в подземной воде, механическую прочность, высокую удельную поверхность и соответствующую удельную массу. Кроме того, фильтрующие материалы должны обеспечивать полное и быстрое отделение твердых частиц от жидкой фазы. Гранулометрический состав загрузок и технологические параметры фильтрации необходимо подбирать таким образом, чтобы фильтр выводился на промывку не из-за ухудшения качества фильтрата, а по достижении предельных потерь напора.

Среди наиболее часто используемых материалов, применяемых на станциях обезжелезивания подземных вод, выделяют кварцевый песок, активированный уголь, пиролюзит (диоксид марганца), антрацит, керамзит, шунгизит, цеолит. Было установлено, что наиболее высокая адсорбционная способность Fe и Mn наблюдалась у базальтов, антрацита, магнетита, песка, пемзы и известняка.

Кварцевый песок (диоксид кремния) наиболее часто используется в качестве задерживающего слоя при очистке питьевой воды. Кварцевый песок имеет наименьшую удельную площадь поверхности ($0,64 \text{ м}^2/\text{г}$) по сравнению с другими минеральными фильтрующими средами. Материал устойчив к различным химическим веществам, обладает низкой стоимостью и удовлетворительной эффективностью удаления тяжёлых металлов.

Антрацит обладает низкой удельной площадью поверхности ($0,38\text{--}1,8 \text{ м}^2/\text{г}$), плотностью ($1,4\text{--}1,8 \text{ г}/\text{см}^3$) и удельным весом ($1,65 \text{ г}/\text{см}^3$). Материал может комбинироваться с другими фильтрующими материалами в многослойных фильтрах. По сравнению с эквивалентным фильтром с загрузкой из

песка обладает более длительным фильтроциклом и меньшими потерями напора. Скорость обратной промывки также снижается.

Активированный уголь получают из природных материалов (кокоса, орехов, различных пород древесины и угля). Такой материал обладает повышенными адсорбционными свойствами, пористостью (55%) и удельной площадью поверхности (1,47 м²/г). Адсорбция ионов Fe и Mn на поверхность АС затрудняется в присутствии аммиака в обрабатываемой воде. Эффективность удаления зависит от концентрации этих соединений, а также от pH и скорости фильтрации.

Цеолит – кристаллический алюмосиликат Na, K, Mg и Ca пористой структуры. Материал обладает меньшей твердостью и механической прочностью, чем кварцевый песок. Цеолит – эффективный каталитический материал, так как является природным источником оксида марганца MnO_x. Между тем материал добывается только в отдельных странах.

Существующие на рынке современные каталитические фильтрующие загрузки (МТМ, Manganese Greensand, Birn) представляют собой модифицированные с помощью диоксида марганца MnO_x инертные материалы. Регенерации слоя MnO₂ осуществляется с помощью раствора гипохлорита натрия (NaOCl) или раствора перманганата калия (KMnO₄). Производительность таких материалов снижается, так как поглощенные ионы металлов окисляются на поверхности материала. Когда Fe(II) удаляется, окисленный Fe(III) блокирует активные участки поверхности загрузки. Было также обнаружено, что некоторые виды Fe(II) вымывают значительное количество Mn(II) путём редуктивного растворения, которое существенно снижает удаление Mn(II) при одновременном взаимодействии с Fe(II) и Mn(II). Кроме того, в случае с Birn наличие в воде сероводорода, полифосфатов и органических веществ приводит к разрушению каталитического покрытия. Поэтому такой материал предназначен только для удаления растворенного железа и марганца. Таким образом даже при существующих достоинствах таких каталитических материалов чаще всего они являются дорогостоящими и не приводят к комплексной очистке воды.

По этой причине перспективным является использование полифункциональных модифицированных фильтрующих материалов [1–5]. Нанесения на поверхность материала нескольких оксидов металлов позволит решить сразу несколько задач водоподготовки (удаление тяжёлых металлов, нитратов, фосфатов, инактивация микроорганизмов). В качестве основы для модификации могут использоваться дешёвые материалы либо переработанные отходы производства. Это позволит снизить затраты станции водоподготовки. Существующие методы модификации можно разделить между собой в зависимости от температуры и времени обработки и используемых реагентов. Химический метод модификации применим при необходимости изменения химического состава поверхности. Физико-химический метод позволяет

изменять морфологические характеристики исходного материала (текстура, шероховатость, механическая прочность, химическая стойкость). В качестве перспективного метода модификации инертных зернистых материалов может рассматриваться метод экзотермического горения в растворах (SCS). Метод характеризуется низкими затратами реагентов, малым временем синтеза (минуты), низкими энергозатратами (в основе лежит экзотермическая самораспространяющаяся реакция горения), низким воздействием на окружающую среду. В статье [5] описано исследование, которое посвящено использованию антрацита в качестве каталитического материала для удаления железа из природной воды. Гранулы антрацита были покрыты оксидом железа (Fe_2O_3) методом экзотермического горения в растворах.

Выводы. Для эффективного удаления Fe и Mn методом фильтрации необходимо обосновать выбор фильтрующего материала. Большинство природных материалов, используемых в водоподготовке, не обладают исходными каталитическими свойствами. Материалы с природным источником оксида марганца добываются только в некоторых странах. Это создаёт проблему их повсеместного использования. Каталитические материалы (МТМ, Manganese Greensand, Birm), обработанные каталитическим слоем, требуют этапа регенерации дорогостоящим KMnO_4 . Кроме того, Fe(III) блокирует активные участки поверхности такой загрузки.

По этой причине наиболее перспективным и доступным является применение полифункциональных каталитических фильтрующих материалов.

Список литературы

1 **Yushchenko, V.** Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations / V. Yushchenko, E. Velyugo, V. Romanovski // Groundwater for Sustainable Development. – 2023. – № 22. – P. 100943. – DOI : 10.1016/j.gsd.2023.100943.

2 **Yushchenko, V.** Development of a new design of deironing granulated filter for joint removal of iron and ammonium nitrogen from underground water / V. Yushchenko, E. Velyugo, V. Romanovski // Environmental Technology. – 2023. – P. 1–8. – DOI : 10.1080/09593330.2023.2185820.

3 **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.

4 **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. – DOI : 10.35567/1999-4508-2020-4-7.

5 Modified activated carbon for deironing of underground water / D. Propolsky [et. al.] // Environmental Research. – 2020. – Vol. 182. – P. 108996. – DOI : 10.1016/j.envres.2019.108996.

COMPARATIVE ANALYSIS OF FILTER MATERIALS FOR DE-IRONING AND DEMANGANATION OF UNDERGROUND WATER

D. E. PRAPOLSKI, K. S. YURKEVICH

Belarusian National Technical University, Minsk

УДК 551.4 (476.13)

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. КАШИНА

А. А. РОДЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
alesarodenko580@gmail.com*

Актуальность. Современные очистные сооружения – это сложный и дорогостоящий комплекс инженерных сооружений и коммуникаций. Необходимость в реконструкции очистных сооружений возникает при невысокой эффективности работы одного или нескольких узлов в технологии очистки воды, учитывая высокие требования к очищенным стокам.

Потребность в реконструкции очистных сооружений сточных вод возникает довольно часто. Это связано с тем, что многие сооружения были построены давно, и сегодня их технические возможности не отвечают современным требованиям. Это в равной степени относится к качеству очистки сточных вод и к рентабельности работы этого объекта.

Цель работы – обследование очистных сооружений города Кашина, производительностью 17 тыс. м³/сут, с разработкой рекомендаций по реконструкции для обеспечения требуемых концентраций загрязняющих веществ на выпуске в ручей Петровик.

Основные результаты. На основании проведенного визуального осмотра выявлены дефекты и повреждения конструктивных элементов очистных сооружений канализации г. Кашина: множественные продольные и поперечные трещины защитного слоя бетона, сколы и отслоения бетона, разрушение бетонного слоя с оголением арматуры, в местах оголения арматура имеет признаки глубокой коррозии (подводящий канал с решётками, решётки-дробилки, распределительная камера, первичный вертикальный отстойник, аэротенк-вытеснитель, вторичный вертикальный отстойник, старые и новые контактные резервуары); сплошная коррозия металлоконструкций и технологического оборудования (воздуховодов, трубопроводов, ограждений, площадок обслуживания, щитовых затворов, решетки). Дефекты и повреждения возникли в результате воздействия эксплуатационных и климатических факторов. Средние значения концентраций загрязняющих веществ в составе поступающих сточных водах приведены в таблице 1.

Очистные сооружения физически и морально устарели. Требуется ремонт зданий и сооружений.