

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.16

Э. А. КЮБЕРИС, канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; А. Л. ВАСИЛЬЕВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА «МЖФ» ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЖЕЛЕЗА СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел./факс: (831) 430-08-60;
эл. почта: k_viv@nngasu.ru

Ключевые слова: очистка воды, фильтрование, окисление, обезжелезивание, водоснабжение.

Представлены результаты исследований современных каталитических фильтрующих материалов для получения качественной питьевой воды из подземных источников, позволяющие применить полученные экспериментальные данные при проектировании установок по обезжелезиванию, что обеспечит дальнейший стабильный рост использования подземных источников для питьевого водоснабжения.

Проблема повышенного содержания железа в природной воде Нижегородской области является одной из самых распространенных. При пользовании такой водой возникает целый ряд проблем как при бытовом, так и коммерческо-промышленном использовании. Согласно СанПиН содержание общего железа в питьевой воде должно быть не более 0,3 мг/л [1].

Железо придает ей буроватую окраску, неприятный металлический привкус, вызывает зарастание водопроводных сетей и водозаборной арматуры, является причиной брака в текстильной, пищевой, химической и других отраслях промышленности. Повышенное содержание железа в питьевой воде вредно для здоровья человека. При продолжительном введении в организм железа его избыток накапливается в печени в коллоидной форме оксида железа, получившей название гемосидерина, который вредно воздействует на клетки печени, разрушая их. Избыточное количество железа неблагоприятно воздействует на кожу человека, влияет на морфологический состав крови, может быть причиной возникновения аллергических реакций.

Учитывая сведения о неблагоприятном политропном действии железа, поступающем в организм с питьевой водой даже в сравнительно малых дозах, необходимо при подготовке воды к потреблению специально проводить обезжелезивание. Это необходимо для того, чтобы исключить потенциальную возможность угрозы здоровью населения.

Практически все способы обезжелезивания воды сводятся к окислению растворенных форм двухвалентного железа кислородом воздуха, хлором, озоном, перманганатом калия и т. д. и перевода их в нерастворимые формы трехвалентного железа, которые легко удаляются путем фильтрования через слой зернистой загрузки [2].

Фильтрующая загрузка в процессе обезжелезивания является основным фактором, обуславливающим удаление железа из воды. Высокий эффект обезжелези-



вания достигается при образовании на поверхности зерен пленки из соединений железа, которая является катализатором. В настоящее время при усовершенствовании технологий обезжелезивания этот метод является перспективным.

Наибольшее распространение из зернистых фильтрующих загрузок для очистки воды от железа получили кварцевый песок, дробленый керамзит, антрацит, горные породы – все они прошли длительную лабораторную и технологическую проверку.

В настоящее время появилось огромное количество современных фильтрующих каталитических материалов как отечественного, так и зарубежного производства. Каталитические наполнители – природные материалы, содержащие диоксид марганца, или загрузки, в которые диоксид марганца введен при соответствующей обработке. Эти загрузки отличаются друг от друга как своими физическими характеристиками, так и содержанием диоксида марганца и поэтому эффективно работают в разных диапазонах значений, характеризующих воду параметров.

В рамках импортозамещения объектом исследований явился образец каталитического фильтрующего материала отечественного производства – МЖФ. При этом велись сравнительные опыты с традиционным кварцевым песком.

Характеристики исследуемых фильтрующих материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики фильтрующих материалов

Номер фильтра	Название материала	Фракционный состав, мм	Коэффициент неоднородности загрузки
1	Кварцевый песок	0,5 – 1,5	1,6
2	МЖФ	0,5 – 1,5	1,4 – 2,0

Целью лабораторных исследований являлось определение фильтрующих характеристик каталитического материала МЖФ и традиционного фильтрующего материала – кварцевого песка – при удалении высоких концентраций железа и марганца из приготовленного имитата.

Исследования проводились по схеме – окисление гипохлоритом натрия с последующим фильтрованием. Показатели качества имитата представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели качества имитата

Показатели качества	Имитат
pH, ед.	7,5
Растворенный кислород, мг/л	5,2
Железо, мг/л	15,0
Марганец, мг/л	1,5
Сухой остаток, мг/л	490,0

Имитат готовился на отстоянной водопроводной воде, в которую в зависимости от требуемой концентрации Fe^{2+} и Mn^{2+} добавлялись: соль «Мора» $FeSO_4(NH_4)_2 \times 6H_2O$ и хлористый марганец $MnCl_2 \times 4H_2O$. Остальные показатели качества соответствовали водопроводной воде г. Н. Новгорода.

Лабораторные исследования современных каталитических материалов проводились на установке, смонтированной в лаборатории кафедры «Водоснабжения,

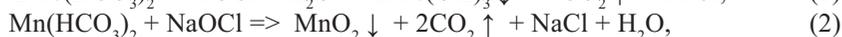
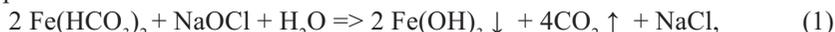
водоотведения, инженерной экологии и химии» ННГАСУ, г. Н. Новгород.

Исследования выполнялись на моделях фильтров, выполненных из стекла размерами: диаметр (D) – 100 мм; высота (H) – 1000 мм. Объем загрузки в фильтрующей колонке – 5,5 л. Высота слоя загрузки 700 мм.

Схема лабораторной установки представлена на рис. 1.

Исходный имитат (I) подавался из регулирующей емкости в контактную емкость (3). В исходный имитат вводился окислитель – 8 % -ный раствор гипохлорита натрия.

Под действием гипохлорита натрия происходит разрушение гуматов и других органических соединений железа и марганца, а также последующий переход их в форму неорганических солей трехвалентного железа и четырехвалентного марганца, которые легко гидролизуются с выпадением в осадок, который извлекается при фильтровании:



По стехиометрии (уравнениям реакций) на окисление 1 мг двухвалентного железа расходуется 0,64 мг активного хлора, а на окисление 1 мг двухвалентного марганца расходуется 1,3 мг активного хлора. Доза гипохлорита натрия (в пересчете на активный 100 % хлор) определялась по формуле [2]:

$$D_x = (0,64 * [\text{Fe}^{2+}] + (1,3 * [\text{Mn}^{2+}]) + (D_{\text{ост}}), \quad (4)$$

где $[\text{Fe}^{2+}]$ – концентрация двухвалентного железа в исходной воде, мг/л;

$[\text{Mn}^{2+}]$ – концентрация двухвалентного марганца в исходной воде, мг/л;

$D_{\text{ост}}$ – остаточная концентрация активного хлора, мг/л.

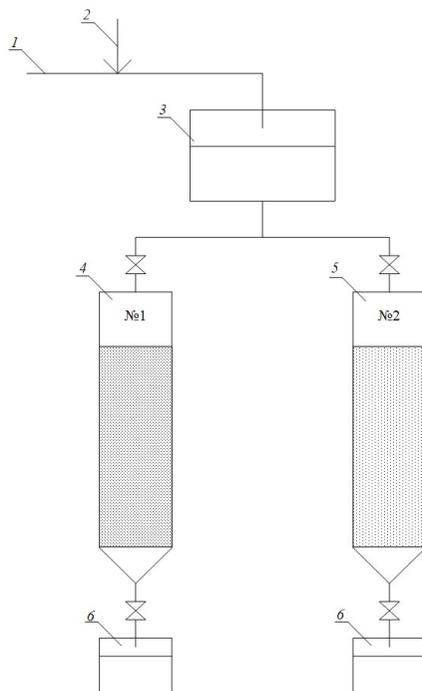


Рис. 1. Схема лабораторной установки: 1 – подача исходной воды (имитата); 2 – ввод окислителя (8 % раствора гипохлорита натрия); 3 – контактная емкость; 4 – фильтрующая колонка с кварцевым песком; 5 – фильтрующая колонка с МЖФ; 6 – сбор фильтрата



Обработанный окислителем имитат выдерживался в контактной емкости (3) 30 мин и далее направлялся на фильтровальные колонки (4 – 8) с образцами фильтрующих материалов. В фильтрующих колонках задавалась и поддерживалась постоянная скорость фильтрования – 5 и 8 м/ч.

Исследования проводились при равных рабочих параметрах. Отбор проб производился через определенные промежутки времени (30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 мин) одновременно из всех фильтров.

В отобранных пробах определялись железо и марганец. Определение концентраций различных примесей в воде производилось в соответствии с рекомендациями [3]. После каждой серии опытов проводилась промывка загрузки в течение 10 мин обратным током воды. Параметры обратной промывки (интенсивность и расширение слоя загрузки) определялись в зависимости от типа материала в соответствии с рекомендациями производителей.

На рис. 2–3 приведены графики зависимости остаточного содержания железа от скорости фильтрования.

Исследования на фильтрующей колонке, загруженной кварцевым песком, показали, что при фильтровании имитата ($Fe - 15 \text{ мг/л}$, $Mn - 1,5 \text{ мг/л}$) со скоростью – 5 м/ч эффективность удаления железа составила 88,6 %; эффективность удаления марганца составила 70,6 %. При этом материал МЖФ показал эффективность удаления железа 98,3 %; эффективность удаления марганца составила 94,0 %.

Исследования на фильтрующей колонке, загруженной кварцевым песком, показали, что при фильтровании имитата ($Fe - 15 \text{ мг/л}$, $Mn - 1,5 \text{ мг/л}$) со скоростью – 8 м/ч эффективность удаления железа составила 85,3 %; эффективность удаления марганца составила 45,3 %. При этом материал МЖФ показал эффективность удаления железа 90,1 %; эффективность удаления марганца составила 80 %.

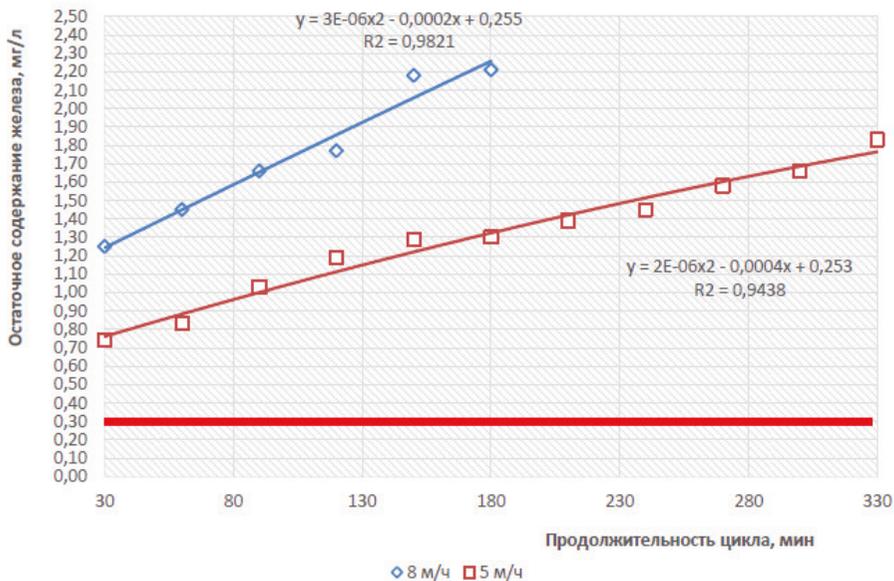


Рис. 2. График зависимости остаточной концентрации общего железа от скорости фильтрования имитата через фильтрующий материал – кварцевый песок

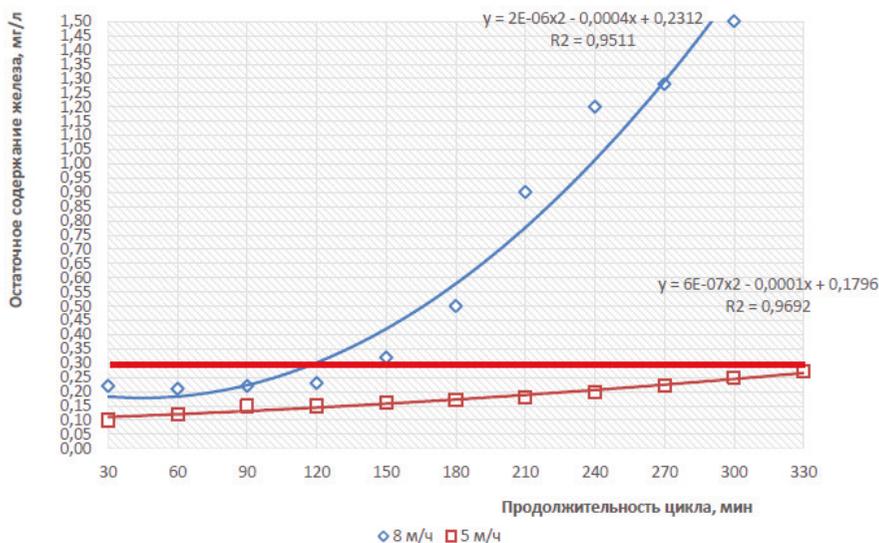


Рис. 3. График зависимости остаточной концентрации марганца от скорости фильтрации имитата через фильтрующий материал МЖФ

В результате исследований установлено:

1. Исходя из анализа экспериментальных данных, следует, что зависимость имеет общий характер: эффективность удаления железа и марганца снижается при увеличении скорости фильтрации. Наиболее оптимальной скоростью является 5 м/ч. При данной скорости наблюдается максимальная эффективность удаления железа и марганца.

2. Наилучшие результаты показал фильтрующий каталитический материал МЖФ, эффективность которого составила: по железу – 98,3–90,1 %; по марганцу – 94–80 %.

3. Кварцевый песок показал неудовлетворительные результаты при всех скоростях фильтрации и поэтому не рекомендуется к использованию в качестве фильтрующего материала для систем водоподготовки при удалении высоких концентраций железа (более 15 мг/л) и марганца (более 1,5 мг/л).

4. По результатам исследований получены математические зависимости, адекватно описывающие влияние скорости фильтрации на эффективность удаления железа и марганца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (с изменениями на 14 февраля 2022 года) : утвержден Госкомсанэпиднадзором Российской Федерации от 20 января 2021 г. : дата введения 01 марта 2021 г. – Москва, 2021. – 67 с. – Текст : непосредственный.

2. Николадзе, Г. И. Улучшение качества подземных вод / Г. И. Николадзе – Москва : Стройиздат, 1987. – 239 с. – Текст : непосредственный.



3. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа : введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 09.10.1972 № 1855 : дата введения 1974-01-01. – Москва, 1974. – 8 с. – Текст : непосредственный.

KYUBERIS Eduard Aleksandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; VASILEV Aleksey Lvovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry

INVESTIGATION OF THE FILTER MATERIAL "MZP" TO REMOVE HIGH CONCENTRATIONS OF IRON OF WATER TREATMENT SYSTEMS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel./fax: (831) 430-08-60;
e-mail: k_viv@nngasu.ru

Key words: water purification, filtering, oxidation, deferrization, water supply.

The article presents the results of studies of modern catalytic filtering materials for obtaining high-quality drinking water from underground sources, which allow applying the obtained experimental data in the design of de-ironing plants, which will ensure further stable growth in the use of underground sources for drinking water supply.

REFERENCES

1. SanPiN 2.1.3684-21. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territorii gorodskikh i selskikh poseleniy, k vodnym obektam, pitevoy vode i pitevomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozdukhу, pochvam, zhilim pomescheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obschestvennykh pomescheniy, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemiologicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy [Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures] (s izmeneniyami na 14 fevralya 2022 goda): utv. Goskomsanepidnadzorom RF 20.01.21: data vved. 01.03.21. – Moscow, 2021. – 67 p.
2. Nikoladze G. I. Uluchshenie kachestva podzemnykh vod [Groundwater quality improvement] / Moscow : Stroyizdat, 1987. – 239 p.
3. GOST 4011-72 Voda pitevaya. Metody izmereniya massovoy konstantratsii obshego zheleza [Drinking water. Methods for determination of total iron] / Minstroy: data vved. 01.01.74. – Moscow, 1974. – 8 p.

© Э. А. Кюберис, А. Л. Васильев, 2022

Получено: 07.10.2022 г.