

УДК 628.316

*Мацкович О. А., Острейко А. А.*

*Научные руководители: к. т. н. Андreyuk С. В.; к. т. н., доцент Белов С. Г.*

## **МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВЫХ ВОДОПРОВОДОВ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ И НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Выполнен мониторинг показателей качества воды хозяйственно-питьевых водопроводов г. Кобрин и Кобринского района. По состоянию на 01.09.2021 на балансе КУПП «Кобринрайводоканал» находится 36 хозяйственно-питьевых водопроводов, в том числе централизованная система хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Кобрин, а также нецентрализованные локальные системы хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов Кобринского района.

Специалистами Кобринского зонального центра гигиены и эпидемиологии периодически подлежат обследованию участки хозяйственно-питьевой водопровода г. Кобрин и населенных пунктов Кобринского района, находящиеся на балансе коммунальное унитарное производственное предприятие «Кобринрайводоканал», на предмет соответствия качества воды, которая подается потребителям, требованиям санитарных правил и норм к питьевой воде.

В ходе периодической проверки с отбором проб воды из водоразборных колонок г. Кобрин для исследования на микробиологические и санитарно-химические показатели периодически фиксируются превышения по содержанию в воде железа и марганца.

При обследовании по желанию водопотребителей качества воды индивидуальных источников водоснабжения в 2019–2021 гг. имели место превышения по концентрации нитратов.

Целью данной работы стало усиление внимания к проблеме низкой эффективности водоочистных сооружений централизованных систем водоснабжения, предназначенных для обезжелезивания и деманганации, а также проблеме загрязнения подземных вод нецентрализованных систем водоснабжения азотсодержащими веществами. На основе статистической обработки данных проведены исследования по выявлению недостатков эксплуатационного характера существующих сооружений технологических схем водоподготовки централизованных и локальных систем водоснабжения; проанализированы мероприятия по интенсификации процессов водоподготовки станций обезжелезивания; разработаны технологические схемы очистки подземных вод, содержащих нитраты и соединения железа (II) в концентрациях выше ПДК, для индивидуальных систем питьевого водоснабжения.

**Мониторинг показателей качества воды хозяйственно-питьевого водопровода г. Кобрин и населенных пунктов Кобринского района (централизованная система водоснабжения и нецентрализованные локальные системы хозяйственно-питьевого водоснабжения)**

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Кобрин базируется на использовании подземных вод. Используемые на водозаборе «Брилево» подземные воды

пресные, умеренно жёсткие. В бактериологическом отношении воды чистые, по физическим свойствам – без цвета и запаха. К недостаткам вод используемого водоносного горизонта относится повышенное содержание железа до 4,6 мг/дм<sup>3</sup>, цветность до 69 градусов цветности, мутность до 3,7 мг/дм<sup>3</sup>. После обезжелезивания содержание железа в воде не должна превышать 0,3 мг/дм<sup>3</sup>, цветность 20°, мутность 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Однако ситуация наличия превышений по концентрациям железа и марганца в воде после станций обезжелезивания характерна для водоразборных колонок г. Кобрин, а также хозяйственно-питьевого водопровода населенных пунктов Кобринского района.

Хозяйственно-питьевой водопровод населенных пунктов Кобринского района включает в себя артезианские скважины глубиной м, станцию обезжелезивания, водонапорную башню, от 4 до 30 км водопроводных сетей.

Согласно обработке данных протоколов испытаний качества проб воды хозяйственно-питьевых водопроводов г. Кобрин и Кобринского района из 20 участков 12 имеют превышения по концентрации железа после станции обезжелезивания (60 % проб), 5 % проб имеют превышения по концентрации марганца. Сопутствующими загрязнениями нередко являются превышения по цветности (до 60 град. при норме 20 град.) и мутности (до 4,1 мг/л при норме 1,5 мг/л).

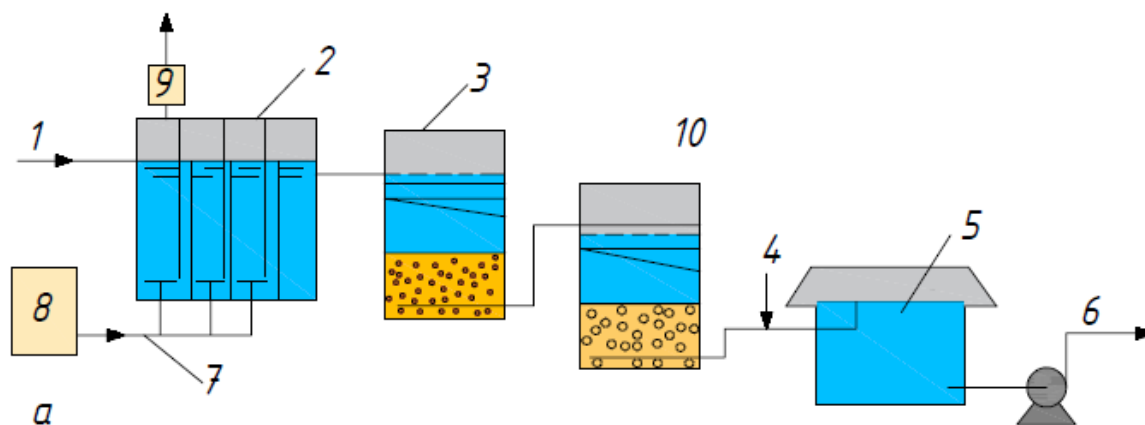
Наряду с недостатками эксплуатационного характера технологические схемы обезжелезивания и деманганации требуют разработки мероприятий по интенсификации процессов водоподготовки по снижению концентрации железа и марганца, с учетом существующих сооружений, в том числе с применением окислительно-сорбционных технологий.

### **Мероприятия по интенсификации процессов водоподготовки станций обезжелезивания**

При применении окислительно-сорбционных технологий очистки воды, учитывая ее высокую стоимость, особое значение имеет проведение предпроектных технологических изысканий, обеспечивающих оптимальную схему и наиболее экономичный режим эксплуатации.

При содержании в воде значительных количеств железа и марганца для более эффективного их окисления рекомендуется применять озонирование. Оптимальная доза озона определяется отдельно для каждого водоисточника.

На рисунке 1 представлен вариант реконструкции традиционной технологической схемы обезжелезивания методом аэрации с фильтрованием на песчаных фильтрах: очистка подземной воды производится с предварительным озонированием и последующим фильтрованием на фильтрах двух типов загрузки. Этот метод может быть применен при небольших концентрациях трудноокисляемых соединений железа (до 15 мг/л) и марганца (до 1 мг/л) в подземной воде. При повышенных концентрациях целесообразно применять двухэтапную очистку воды: на первом этапе удаляется железо с помощью упрощенной аэрации и фильтрования на песчаном фильтре, на втором этапе проводится окисление марганца озоном до нерастворимых соединений (что достигается при оптимальной дозе озона) и последующее их удаление фильтрованием на второй ступени песчаных или угольных фильтров.



1 – подача подземной воды; 2 – контактная камера; 3 – песчаный фильтр; 4 – подача хлорреактанта; 5 – резервуар чистой воды; 6 – подача очищенной воды потребителю; 7 – подача озонородной смеси; 8 – блок подготовки воздуха и синтеза озона; 9 – аппарат каталитического разложения озона; 10 – угольный фильтр; 11 – дегазатор-аэрактор; 12 – смеситель; 13 – подача коагулянта (в случае необходимости); 14 – турбовоздуходувка  
**Рисунок 1 – Схема очистки подземных вод от соединений железа, марганца и органических соединений**

### Лабораторные исследования по пробному обезжелезиванию

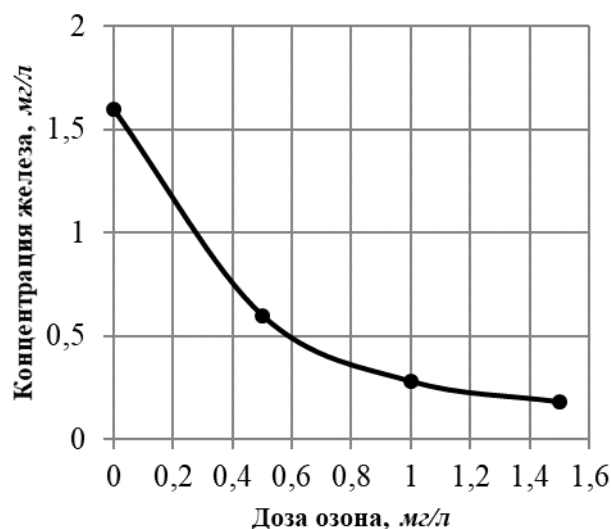
С целью разработки рекомендаций по проектированию станции обезжелезивания было выполнено пробное обезжелезивание воды (с исходной концентрацией железа 1,6 мг/л), подаваемой из существующих скважин.

Поскольку в результате исследований выяснилось, что кислород воздуха не может окислить все железо, находящееся в воде, было выполнено исследование удаления железа с использованием озона в качестве дополнительного окислителя.

Дозирование озона в воду осуществлялось за счет контроля расхода озонированного газа с помощью газосчетчика и концентрации озона в озонированном газе с помощью озонмера Медозон 254/5.

Далее озонированную пробу отфильтровали на фильтре, имеющем диаметр пор около 5 мкм. Затем определили концентрацию железа.

На основе выполненных исследований был построен график зависимости остаточной концентрации железа в обрабатываемой воде от дозы озона, представленный на рисунке 2. Озон окисляет железоорганические комплексы, является более сильным окислителем, чем кислород воздуха, поэтому позволяет гарантированно достичь нормативного значения концентрации железа в обрабатываемой воде.



**Рисунок 2 – Зависимость остаточной концентрации железа общего от дозы озона**

## **Мониторинг показателей качества воды хозяйственно-питьевого водопровода населенных пунктов Кобринского района нецентрализованных индивидуальных систем водоснабжения**

Согласно акту о проведении мероприятия технического (технологического, поверочного) характера специалистами Кобринского зонального ЦГиЭ, периодически, а также по желанию водопотребителей, проводится обследование индивидуальных источников водоснабжения.

Так, в 2019 г. 28 проб из 60 индивидуальных источников водоснабжения потребителей населенных пунктов Кобринского района (шахтные колодцы, скважины глубиной до 15–30 м) имели превышения по концентрации нитратов (47% проб).

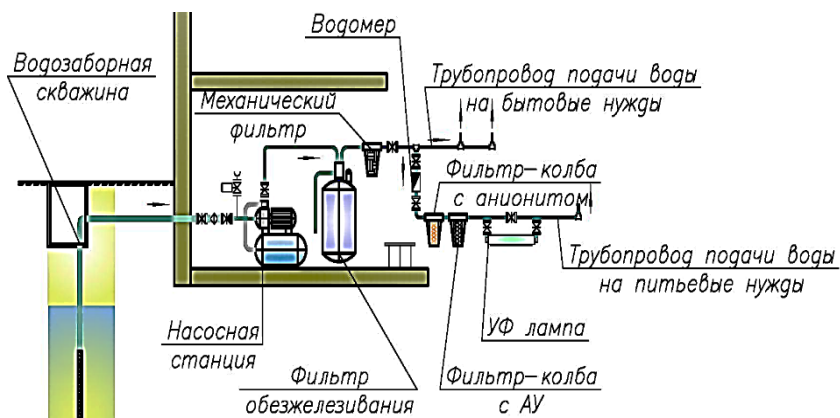
Наличие железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ) в подземных водах, наряду с нитратами, в концентрациях, превышающих предельно допустимые, является дополнительным фактором, определяющим состав технологической схемы водоподготовки для нецентрализованных локальных и индивидуальных систем питьевого водоснабжения.

При анализе качества пресных подземных вод Беларуси и практически всех регионов с гумидным климатом (в пределах Российской Федерации, в Польше, Литве и многих других странах) отмечают, что наиболее часто в подземных водах фиксируются повышенные концентрации содержания железа, превышающие допустимый уровень, установленный для вод хозяйственно-питьевого назначения – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Основной формой, в которой железо присутствует в пресных подземных водах, является  $\text{Fe}^{2+}$ . Важнейшими геохимическими условиями, способствующими накоплению железа в подземных водах, являются наличие бескислородной обстановки и отсутствие в водах осадителей железа ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HS}^-$  и др.). Максимальные концентрации в водах кислорода (до 8–11 мг/дм<sup>3</sup>) и, соответственно, минимальные концентрации железа (не обн. – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>) наблюдаются в неглубоко залегающих грунтовых водах на незаболоченных участках. С глубиной содержание кислорода уменьшается. В подобных условиях железо в водах (в форме  $\text{Fe}^{2+}$ ) может накапливаться до весьма значительных концентраций (до 20–50 мг/дм<sup>3</sup>).

С учетом показателей качества исходной воды в процесс очистки от соединений азота следует включать: осветление (предварительная механическая обработка для исключения попадания мелких частиц в устройства последующей водоподготовки); кондиционирование (основная стадия: удаление нитратов; обезжелезивание – при необходимости); сорбцию (заключительная стадия обработки воды) и обеззараживание.

### **Технологическая схема очистки подземных вод для индивидуальной системы питьевого водоснабжения**

На рисунке 3 представлена разработанная технологическая схема очистки подземных вод, содержащих соединения азота (нитраты) и железа (II) в концентрациях выше ПДК, в индивидуальной системе питьевого водоснабжения.



**Рисунок 3 – Технологическая схема очистки подземных вод для индивидуальной системы питьевого водоснабжения**

ляется на последующую водоподготовку; вода второго потока проходит подготовку на сильноосновных ионообменных смолах, сорбционную очистку на активных углях, обеззараживание ультрафиолетовой лампой. Далее вода второго потока поступает потребителю на питьевые нужды.

### **Заключение**

По результатам экспериментальных и расчетных данных определена эффективность и надежность биологической очистки сточных вод на действующих аэротенках очистных сооружений канализации г. Бреста.

Выполнена статистическая обработка данных по качеству проб воды в результате обследования участков хозяйственно-питьевого водопровода населенных пунктов г. Кобрин и Кобринского района; выявлены недостатки эксплуатационного характера существующих сооружений технологических схем водоподготовки централизованных и локальных систем водоснабжения; проанализированы мероприятия по интенсификации процессов водоподготовки станций обезжелезивания; проведены лабораторные исследования по пробному обезжелезиванию; разработана технологическая схема очистки подземных вод, содержащих нитраты и соединения железа (II) в концентрациях выше ПДК, для индивидуальных систем питьевого водоснабжения.

### **Список цитированных источников**

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник / под общ. ред. И. В. Медведевой. – Минск : Нац. стат. комитет Республики Беларусь, 2020. – 202 с.
2. Житенев, Б. Н. Технологические схемы обесцвечивания и обезжелезивания поверхностных вод белорусского полесья / Б. Н. Житенев, С. В. Андреюк // Сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 18–20 апреля 2012 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; под ред. А. А. Волчека [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2012. – С. 101–103.
3. Андреюк, С. В. Мониторинг качества подземных вод нецентрализованных систем питьевого водоснабжения на содержание нитратов / С. В. Андреюк, А. А. Острейко // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны : сб. науч. трудов по материалам Междунар. науч. экол. конф. / под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2022.
4. Наумчик, Г. О. Разработка метода точного дозирования высоких удельных доз озона при обработке воды / Г. О. Наумчик, С. Г. Белов // Вестник БрГТУ. – 2011. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 73–81.

Исходная вода забирается насосной станцией с пневмобаком и подается на водоподготовку: проходит первую ступень очистки – обезжелезивание предварительно насыщенной кислородом воды, после чего разделяется на два потока: 1) подается на бытовые (гигиенические и хозяйственные) нужды потребителю; 2) направляется на последующую водоподготовку;