

УДК 628.162, УДК 628.316

Крук А. С., Зань М. В.

Научные руководители: к. т. н., доцент Андreyok С. В.;

к. т. н., доцент Волкова Г. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В ЦЕЛЯХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

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.

Выполнен мониторинг показателей качества воды хозяйственно-питьевых водопроводов г. Кобрин и Кобринского района. По состоянию на 01.09.2023 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 подлежат периодическому обследованию участки хозяйственно-питьевого водопровода г. Кобрин и населенных пунктов Кобринского района, находящиеся на балансе Коммунального унитарного производственного предприятия «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 2019–2023 гг. имели место превышения по концентрации нитратов.

Мониторинг показателей качества воды хозяйственно-питьевого водопровода централизованной системы водоснабжения и нецентрализованных локальных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения на примере г. Кобрин и населенных пунктов Кобринского района

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

пресные, умеренно жесткие. В бактериологическом отношении воды чистые, по физическим свойствам – без цвета и запаха. К недостаткам вод используемого водоносного горизонта относится повышенное содержание железа до $4,6 \text{ мг/дм}^3$, цветность до 69 градусов цветности, мутность до $3,7 \text{ мг/дм}^3$. После обезжелезивания содержание железа в воде не должна превышать $0,3 \text{ мг/дм}^3$, цветность 20° , мутность $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Однако ситуация наличия превышений по концентрациям железа и марганца в воде после станций обезжелезивания характерна для водоразборных колонок г. Кобрина, 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. Кобрина и Кобринского района, из 20-ти 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).

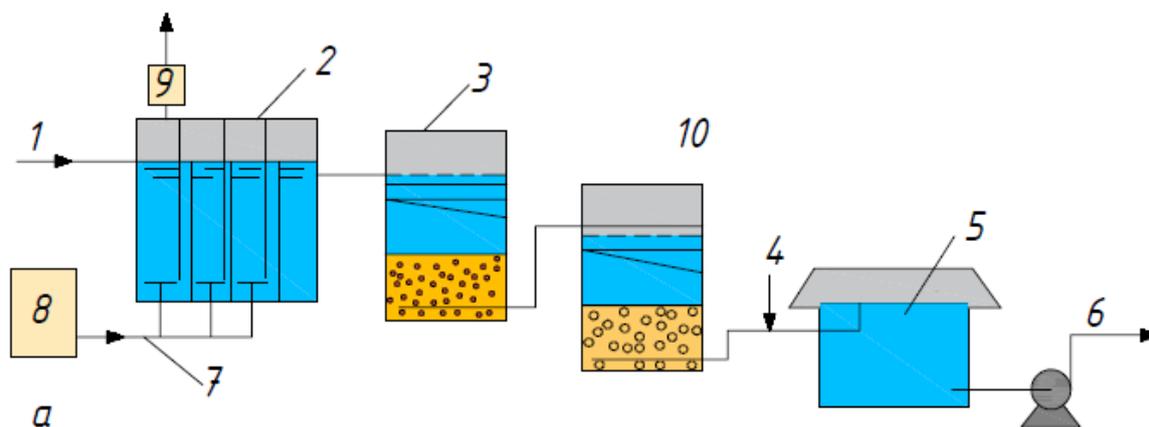
Наряду с недостатками эксплуатационного характера технологические схемы обезжелезивания и деманганации требуют разработки мероприятий по интенсификации процессов водоподготовки по снижению концентрации железа и марганца, с учетом существующих сооружений, в том числе, с применением окислительно-сорбционных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

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 хлорреагента; 5 – резервуар чистой воды; 6 – подача очищенной воды потребителю; 7 – подача озонородушной смеси; 8 – блок подготовки воздуха и синтеза озона; 9 – аппарат каталитического разложения озона; 10 – угольный фильтр; 11 – дегазатор-аэратор; 12 – смеситель; 13 – подача коагулянта (в случае необходимости); 14 – турбовоздуходувка

Рисунок 1 – Схема очистки подземных вод от соединений железа, марганца и органических соединений

Экспериментальные 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 озономера 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

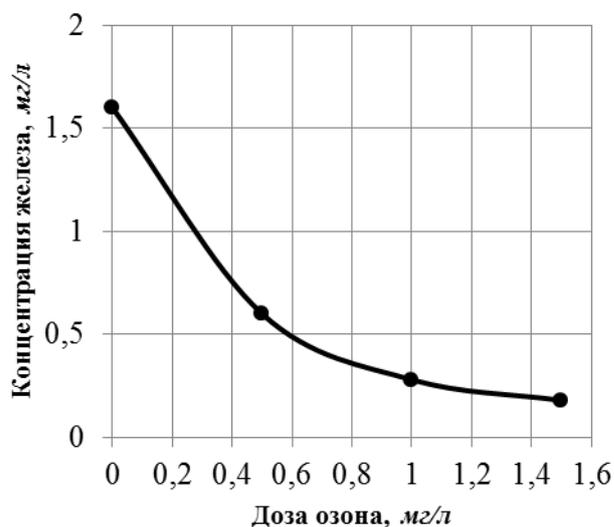


Рисунок 2 – Зависимость остаточной концентрации железа общего от дозы озона

гарантированно достичь нормативного значения концентрации железа в обрабатываемой воде.

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

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 (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 – $0,3 \text{ мг/дм}^3$. Основной формой, в которой железо присутствует в пресных подземных водах, является Fe^{2+} . Важнейшими геохимическими условиями, способствующими накоплению железа в подземных водах, являются наличие бескислородной обстановки и отсутствие в водах осадителей железа (CO_3^{2-} , HS^- и др.). Максимальные концентрации в водах кислорода (до $8\text{--}11 \text{ мг/дм}^3$) и, соответственно, минимальные концентрации железа (не обн. $\text{--}0,3 \text{ мг/дм}^3$) наблюдаются в неглубоко залегающих грунтовых водах на незаболоченных участках. С глубиной содержание кислорода уменьшается. В подобных условиях железо в водах (в форме Fe^{2+}) может накапливаться до весьма значительных концентраций (до $20\text{--}50 \text{ мг/дм}^3$).

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 системы питьевого водоснабжения автономных объектов

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.

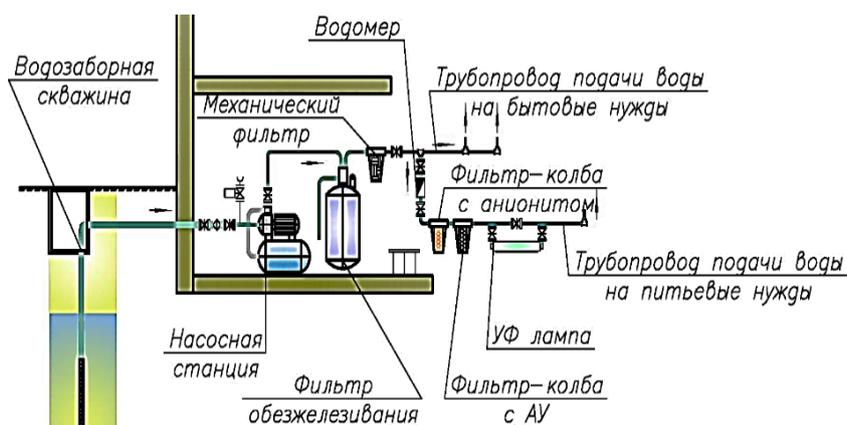


Рисунок 3 – Технологическая схема очистки подземных вод для системы питьевого водоснабжения автономных объектов

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 последую-

ющую водоподготовку. Вода второго потока проходит подготовку на сильноосновных ионообменных смолах, сорбционную очистку на активных углях, обеззараживание ультрафиолетовой лампой, далее поступает потребителю на питьевые нужды.

Заключение

По результатам экспериментальных и расчетных данных определена эффективность технологических схем обезжелезивания и деманганации действующих станций обезжелезивания.

Выполнена статистическая обработка данных по качеству проб воды в результате обследования участков хозяйственно-питьевого водопровода г. Кобрин и населенных пунктов 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 систем питьевого водоснабжения автономных объектов.

Список цитированных источников

1. Андреек, С. В. Мониторинг качества подземных вод нецентрализованных систем питьевого водоснабжения на содержание нитратов / С. В. Андреек, 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. – С. 459–462.
2. Зань, М. В. Аналитический обзор состояния и перспективные направления исследований по проблемам охраны и использования вод природной среды Беларуси / М. В. Зань, А. С. Крук // Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения : сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреек. – Брест : БрГТУ, 2024. – С. 128–139.
3. Andreyuk, S. V. Study of methods for physico-chemical treatment of groundwater from nitrates / S. V. Andreyuk, M. V. Zan // Vestnik of Brest State Technical University. – 2023. – № 3(132). – P. 15–17.