

песколовках и отстойниках на новые; реконструкцию аэротенков продленной аэрации с выделением анаэробной, аэробной и аноксидной зон. За счет этого снизятся концентрации фосфора и аммонийного иона до допустимых значений на выпуске очистных сооружений.

### **Список литературы**

- 1 **Новикова, О. К.** Системы канализации малых населенных пунктов: текущая ситуация и проблемные аспекты / О. К. Новикова, А. Б. Невзорова // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2020. – № 2 (235). – С. 183–188.
- 2 **Новикова, О. К.** Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 301 с.

УДК 628.16

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТАНЦИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ В МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ**

*A. M. РАТНИКОВА, Н. В. СИВАКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
ratnikova\_a.m@mail.ru, smirnovanatasha123457890@mail.ru*

**Актуальность.** Обеспечение населения питьевой водой, отвечающей всем нормативным требованиям, является одной из важнейших задач подпрограммы 5 «Чистая вода» Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [1]. Для выполнения этой задачи по всей республике, особенно в малых населенных пунктах, строятся станции водоподготовки. При проектировании, строительстве и эксплуатации этих станций необходимо разрабатывать оптимальные режимы их работы в целях снижения потребления ресурсов и электроэнергии.

**Цель работы** – разработка рекомендаций по оптимизации работы станций водоподготовки малых населенных пунктов Республики Беларусь.

**Основные результаты.** Для систем хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов используются подземные воды, показатели качества которых часто не соответствуют требованиям норм [2] по таким показателям как содержание железа, марганца, в отдельных случаях по показателю жесткости, а также запаху, привкусу, цветности, мутности.

Согласно протоколам исследования качества воды н. п. Храпков, качество воды эксплуатационного водоносного горизонта источника водоснабжения не соответствует (либо соответствует на граничных условиях) требованиям, установленным в Республике Беларусь [2] по показателям: запах, привкус, железо общее, марганец, жесткость общая. Для обеспечения качества воды по всем показателям была разработана технологическая схема

водоподготовки, приведенная на рисунке 1. Исходная артезианская вода со скважины производительностью  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$  при давлении до  $0,6 \text{ МПа}$  поступает на станцию водоподготовки и проходит сетчатый фильтр для задержания крупных примесей. Поскольку исходная вода содержит железо, марганец и сильный запах, в состав станции водоподготовки включен узел напорной аэрации.

После прохождения воды через аэрационную колонну вода, насыщенная кислородом, поступает на блок обезжелезивания и деманганации. Очистка воды от железа и марганца проходит в одну ступень с помощью четырех автоматических напорных фильтров с катализатором окисления.

В качестве фильтрующего материала принят сорбент нового поколения ОДМ-2Ф совместно с ОДМ-5Ф.

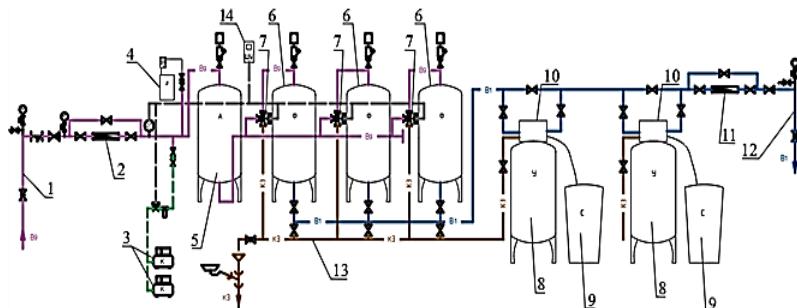


Рисунок 1 – Технологическая схема обезжелезивания, деманганации и умягчения воды:

- 1 – трубопровод исходной воды; 2 – водомерный узел исходной воды;
- 3 – компрессор для аэрации; 4 – установка гипохлорита натрия; 5 – аэрационная колонна; 6 – напорный фильтр обезжелезивания и деманганации; 7 – трехходовой кран с электроприводом;
- 8 – напорный фильтр умягчения воды; 9 – солевой бак; 10 – клапан управления; 11 – водомерный узел очищенной воды; 12 – трубопровод очищенной воды; 13 – канализационный коллектор;
- 14 – шкаф управления

Сорбенты нового поколения ОДМ-2Ф, ОДМ-5Ф химически устойчивы к таким распространенным окислителям, как гипохлорит натрия, марганцевый раствор, коагулянты, озон и др.

В межзерновом пространстве фильтра происходит автокаталитическое окисление ионов двухвалентного железа растворенным кислородом, образование каталитической пленки ионов и оксидов двух- и трехвалентного железа и задержание осадка в толще загрузки. Ионы двухвалентного марганца задерживаются в фильтре в результате адсорбции на поверхности свежеобразованного осадка гидроксида железа. Тонкодисперсные примеси и окрашенные соединения, обуславливающие цветность и мутность воды, также задерживаются в толще загрузки, в результате чего вода становится бесцветной; применение данного метода устраняет запах и привкус воды. В процессе фильтрации

постепенно происходит равномерное заполнение загрузки гидроокисью железа, марганца, тонкодисперсными примесями и окрашенными соединениями. Увеличение потерь напора на станции водоподготовки является одним из показателей необходимости регенерации фильтрующего материала.

С учетом специфики существующей схемы водоснабжения конкретного населенного пункта промывка фильтроматериала может производиться:

- обратным током воды из водонапорной башни (при ее наличии);
- из скважины (при отсутствии в населенном пункте водонапорной башни) при условии, что расход на промывку ниже производительности скважины, и качество подаваемой воды соответствует требованиям;
- при отсутствии возможности восстановления свойств материала описанными выше методами необходимо предусмотреть резервуар чистой воды и установку промывных насосов.

Последний метод наиболее энергозатратный. Наиболее оптимальным методом является промывка фильтрующей загрузки очищенной водой из скважины (три фильтра промывают четвертый). При включении одного из четырех фильтров на промывку путем смены положения трехходового крана с электроприводом очищенная вода с трех фильтров поступает в четвертый снизу-вверх под давлением, развивающим скважинным насосом. Благодаря этому фильтрующий материал разрыхляется; задержанные во время фильтрации загрязнения вымываются в канализацию по дренажной линии. Промывка фильтров осуществляется в часы минимального водопотребления, что позволяет снизить неравномерность работы насосного оборудования. Периодичность регенерации фильтра обезжелезивания составляет ~96 часов (промывка фильтра производится не реже 1 раза в 4 суток), окончательно определяется в зависимости от содержания загрязнений в исходной воде и по результатам пусконаладочных работ. Количество воды на промывку одного фильтра составляет  $1,65 \text{ м}^3$ . После очистки от железа вода поступает на блок умягчения для снижения содержания солей жесткости (при необходимости). Подобранные фильтры обеспечивают на выходе жесткость общую  $0,3 \text{ ммоль}/\text{дм}^3$ . Поскольку для систем питьевого водоснабжения нет необходимости в столь глубоком умягчении, то было определено, что через установку умягчения следует пропускать  $4 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$  – мимо установки умягчения (по байпасной линии). Это позволит сократить количество фильтруемой воды, и, соответственно, уменьшить количество воды, необходимой для промывки и регенерации фильтра. При работе установки промывка фильтров умягчения производится каждые сутки. Окончательная периодичность промывки определяется в зависимости от содержания загрязнений в исходной воде, и по результатам пусконаладочных работ. Количество промывной воды в сутки составляет  $1,2 \text{ м}^3$ .

Снижение потребления ресурсов и энергозатрат может быть достигнуто за счет выбора оптимального режима промывки фильтров: оптимизация использования промывочной воды за счет сокращения количества обратных промывок фильтра, уменьшения расходов на одну промывку при обеспечении надлежащего качества промывки, снижение затрат электроэнергии за счет минимизации количества установленных насосов и рационального их использования.

**Выводы.** Разработанные рекомендации по оптимизации работы станций водоподготовки могут быть использованы при проектировании и эксплуатации указанных станций в малых населенных пунктах Республики Беларусь.

### **Список литературы**

1 Государственная программа «Комфортное жильё и благоприятная среда» на 2021–2025 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 28.01.2021 № 50 // Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь. – Минск, 2025. – URL: <https://mjkkx.gov.by/docs/ofitsialnye-dokumenty/03.PDF?ysclid=m83c2e4zeo246555342> (дата обращения: 09.03.2025).

2 Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды» : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. № 37 // Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь. – Минск, 2017–2024. – URL: <https://minzdrav.gov.by/upload/m83hg4ffzq103610167> (дата обращения: 09.03.2025).

УДК 551.4(476.13)

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. ВЛАДИКАВКАЗА**

*A. A. РОДЕНКО*

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

**Актуальность.** Современные очистные сооружения представляют собой высокотехнологичные и капиталоемкие комплексы, включающие в себя множество инженерных сооружений и коммуникаций, работающих слаженно для достижения высокого качества очистки сточных вод. Их эффективное функционирование – залог сохранения экологического баланса в регионе.

Необходимость реконструкции возникает по нескольким причинам, и зачастую это не просто вопрос устаревшего оборудования. Основные