

№ u20150099; заявл 26.01.2015; опубл. 19.03.2015 / Гос. реестр полезн. моделей.

УДК 628.16

### **Особенности использования метода упрощенной аэрации подземных вод для напорных установок**

Ющенко В. Д.<sup>1</sup>, Велюго Е. С.<sup>1</sup>, Рашкевич Е. И.<sup>2</sup>, Ершова Е. С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полоцкий государственный университет  
Новополоцк, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Витебское областное унитарное предприятие «Витебскоблводоканал»  
Витебск, Республика Беларусь

*Описаны результаты исследований, проводимых на модельных лабораторных и напорных фильтрах существующих станций обезжелезивания Витебской области. Представлены результаты экспериментов и выводы по удалению железа и сопутствующих загрязнений из подземных вод с различной интенсивностью подачи воздуха в фильтры.*

На выбор метода обработки подземной воды влияет ее исходный состав из скважин, отсутствие учета или завышенные нормы водопотребления, неудовлетворительный гидравлический режим работы всей системы водоснабжения, что является проблемой [1].

Объектом исследования являются подземные воды ряда малых населенных пунктов Полоцкого, Городокского, Россонского и Сеннинского районов Витебской области.

В Витебской области насчитывается 6249 сел и деревень (2018 г.), причем 81,6 % от этого общего числа имеют население до 50 человек, в том числе 1800 поселений – до 10 человек [2]. В большей части из них уже имеются централизованные системы водоснабжения.

Водоснабжение населенных пунктов водой для хозяйственно-питьевого назначения основано на вскрытии соответствующих подземных водоносных горизонтов путем устройства неглубоких скважин, обычно до 90 м.

Анализ проб воды Витебского региона на содержание микроэлементов показал, что в 80 % проб воды из скважин наблюдается повышенная концентрация железа, Метод упрощенной аэрации в напорном варианте используется для большинства станций водоподготовки малых населенных пунктов при местном превышении железа в исходной воде свыше 0,3 мг/дм<sup>3</sup> [3, 4].

Цель данной работы – изучить особенности применения метода упрощенной аэрации подземных вод для напорных установок небольшой производительности (50–300 м<sup>3</sup>/сут).

**Методология исследования.** Установки малой производительности, работающие по методу упрощенной аэрации, состоят из напорных фильтров, систем аэрации и обеззараживания, коммуникаций и промывных устройств.

Загрузка фильтров представляет собой песок или модифицированные материалы высотой 0,8–1,5 м, исходя из фракционного состава. Подача воздуха на окисление железа производится эжекторами или компрессором.

Опыт применения данного варианта является в основном положительный, если загрязнителем подземной воды является только железо, которое может быть в присутствии малых концентраций сопутствующих загрязнений (например, марганец и аммоний) [4].

Для проведения экспериментов были подобраны объекты, в скважинах которых состав воды практически одинаков (табл.), кроме общего железа, которое может быть в присутствии марганца, органических соединений, том числе азотсодержащих веществ и сероводорода. Остальные микроэлементы находятся в воде в незначительных количествах.

На исследуемых объектах построены и эксплуатируются напорные станции водоподготовки, использующие метод упрощенной аэрации. По разным причинам, при эксплуатации станций водоподготовки были получены превышения нормативные значения по железу и аммонийному азоту.

Было принято решение, не меняя технологическую схему обработки, провести экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях по установлению зависимости снижения железа и аммонийного азота от степени насыщения в пределах соотношения 1–6 м<sup>3</sup> воздуха на 1 м<sup>3</sup> исходной воды.

На первом этапе были проведены опыты в лабораторных условиях со скоростью фильтрации 7 м/ч на фильтре диаметром 50 мм. Насыщение воздухом на всех объектах производилось от установленных компрессоров, а в случае эжекторов, микрокомпрессором типа Rocket 420.

Для определения концентраций железа и аммонийного азота были использованы экспресс методы с использованием фотометров типа Milwaukee MW14 и Ammonium Testcolorimetric. Концентрация кислорода в обработанной воде измерялась прибором марки Hanna HI 9142.

**Экспериментальные исследования.** Эксперименты по обработке подземных вод на станциях водоподготовки проводились в летне-осенние периоды 2021 г.

Таблица

Основные показатели артезианских подземных вод в скважинах  
исследуемых объектов

| Наименование показателей   | Средние значения показателей воды в скважинах<br>исследуемых объектов в районах<br>Витебской области |             |             |             |             |
|--|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | СанПиН<br>10.124-99  | Объект<br>1 | Объект<br>2 | Объект<br>3 | Объект<br>4 |
| 1  | 2  | 3           | 4           | 5           | 6           |
| Мутность, мг/дм <sup>3</sup>   | 1,5  | 1,8         | 2,0         | 3,0         | 2,7         |
| Цветность, градусы   | 20   | 10–15       |             |             |             |
| Запах, привкус, баллы  | 2  | 3           |             |             |             |
| Величина рН  | 6–9  | 7,3         | 7,2         | 7,4         | 7,3         |
| Минерализация общая, мг/дм <sup>3</sup>                                | 1000   | 220         | 230         | 280         | 260         |
| Жесткость общая, мг-экв/дм <sup>3</sup>                                | 7,0  | 5,4         | 4,8         | 6,2         | 6,0–6,1     |
| Окисляемость перманганатная,<br>мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>      | 5,0  | 3,7         | 3,5         | 4,1         | 5,0         |
| Хлориды (Cl <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>                         | 350  | 22,1        | 16,7        | 14,0        | 10–20       |
| Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>          | 500  | 27          | 23          | 25          | 21          |
| Железо (Fe <sup>0</sup> ) общее, мг/дм <sup>3</sup>                    | 0,3  | 1,5         | 2,1         | 4,3         | 4,8         |
| Марганец (Mn <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>                       | 0,1  | 0,11        | 0,12        | 0,03        | 0,1         |
| Аммонийный азот (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ),<br>мг/дм <sup>3</sup> | 2,0  | 0,3         | 0,7         | 3,5         | 4,3         |
| Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>            | 2,0  | 0,3         | 0,1         | 0,1         | 0,4         |
| Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>            | 45   | 5,3         | 3,7         | 2,0         | 3,8         |
| Сероводород (H <sub>2</sub> S), мг/дм <sup>3</sup>                     | 0,05   | Отсутствует |             |             |             |

Объекты: № 1 – н. п. Вархи Городокский район; № 2 – н. п. Новое село Сеннинский район; № 3 – н. п. Жерносеки Полоцкий район; № 4 – н. п. Соколице Россонский район

После окончания лабораторных исследования была проведена проверка процесса фильтрования в производственных условиях. На объектах 1 и 2 стабильные нормируемые результаты по концентрации общего железа были получены при соотношении воздуха и воды более (3,5–4):1. На объектах 3 и 4 – соотношение (5–6):1 по общему железу, но не получены необходимые результаты по аммонийному азоту.

В этом случае желательно использовать перед фильтрами установку аэрационной колонны гидравлического типа или кольцами Паля с подачей воздуха от компрессора или эжектора, что значительно улучшает процесс

удаления железа до нормативных значений, но для азотной группы эта величина может быть не достигнута.

Применение вместо песка сорбентов типа АС или аналогичных других загрузок в фильтрах, дает стабильный высокий эффект удаления железа  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  и менее, а также снижения аммония до  $1,5\text{--}2 \text{ мг/дм}^3$  при его исходной концентрации не более  $3\text{--}4 \text{ мг/дм}^3$ .

Результаты экспериментов представлены на рис. 1–3 (указаны средние значения).

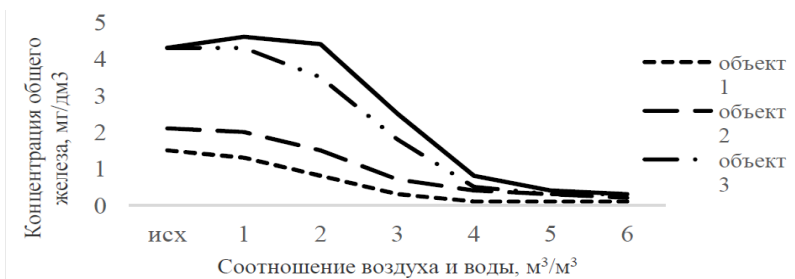


Рис. 1. График изменения концентрации «железо общее» в очищенной воде



Рис. 2. График изменения концентрации аммонийного азота в очищенной воде

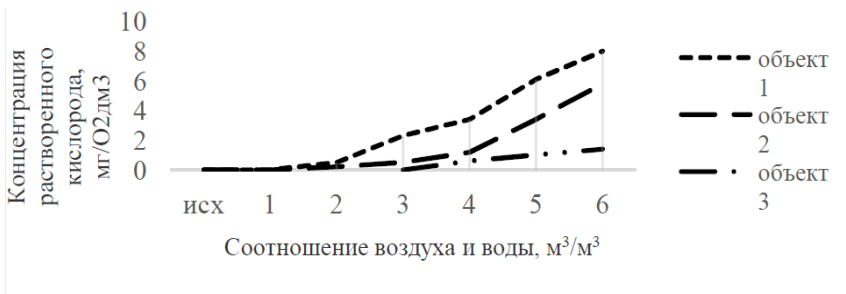


Рис. 3. График роста концентрации растворенного кислорода в очищенной воде

**Выводы.** По результатам проведенных экспериментов установлено, что для станций рассматриваемого ряда по производительности до 300 м<sup>3</sup>/сут подачу воздуха при обработке подземной воде в фильтрах можно производить компрессором или эжектором. Но в последнем случае необходимо обеспечить более равномерную работу фильтров.

При содержании в исходной воде железо до 5 мг/дм<sup>3</sup>, аммонийного азота до 0,7 мг/дм<sup>3</sup> метод упрощенной аэрации с использованием эжекторов или компрессоров и последующим фильтрованием на песчаных фильтрах в результате водоподготовки дает положительный нормативный результат. Концентрация аммонийного азота практически остается равной исходной величине или снижается незначительно,

При содержании аммонийного азота свыше 2,0 практически только незначительная часть кислорода воздуха расходуется на окисление железа, при этом даже при соотношении 6:1 в фильтрах с песчаной загрузкой не решается задача снижения концентрации азотной группы, прежде всего аммония, до нормативных значений.

### Литература

1. Николадзе, Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г. И. Николадзе. – М.: Стройиздат, 1978. – 160 с.
2. Витебск: Отчет по регионализации на примере конкретных ситуаций: программа по водному сектору в Республике Беларусь, 2-й этап: Регионализация / Витебское областное коммунальное унитарное предприятие водопроводно-канализационного хозяйства «Витебскоблводоканал», Европейский банк реконструкции и развития. – 2018. – 89 с.
3. Ющенко, В. Д. Особенности совместного удаления железа и аммонийного азота из подземных водоисточников в сооружениях напорного

типа / В. Д. Ющенко, Е. С. Велюго, Т. В. Козицин, К. Г. Петренко // Развитие инженерно-технических методов природообустройства и водопользования: сборник научных трудов. – Калининград, 2018 – с. 98–108.

4. Рашкевич, Е. И. Основные технологические решения вариантов водоподготовки для небольших объектов водоснабжения / Е. И. Рашкевич, В. Д. Ющенко, Е. С. Велюго // Региональные проблемы природно-техногенных систем: сб. науч. трудов. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020 – С. 74–85.

УДК 628.11

### **Совершенствование системы водоснабжения города Самарканд**

Якубов К. А.

Самаркандский государственный  
архитектурно-строительный институт  
Самарканд, Республика Узбекистан

*В статье приводятся материалы исследования существующей системы водоснабжения г. Самарканд, проведен анализ возможных вариантов водозаборных сооружений, а также обоснование самотечной системы водообеспечения г. Самарканда.*

Город Самарканд расположен в центральной части Республики Узбекистан в центре Зеравшанской долины на левом берегу р. Заравшан и является административным, культурным и туристическим центром Самаркандской области. Численность населения города на 1 января 2022 г. с прилегающим к городу сельским населением, получающим воду из городской сети, составляет 550 тыс человек. С учетом перспективного развития города, количество жителей к 2030 году составит 1,0 млн человек.

Климат г. Самарканда резко континентальный. Температурный режим характеризуется сравнительно высокими показателями. Максимальная температура 45°C отмечается в июле, а минимальная, минус 24°C – в январе. Среднегодовая температура воздуха – 12–14 °С. Рельеф территории г. Самарканда понижается с юго-востока на северо-запад. Абсолютные отметки изменяются от 750 м на юго-востоке до 650 м – на севере и северо-западе (рис.).