

связанных с резким сокращением потребности в энерго- и материалоёмком технологическом оборудовании и соответственно снижением потребности в производственных площадях.

Литература

1. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий: Монография / Е. А. Урецкий ; под ред. С. Е. Березина. – Брест : БрГТУ, 2008. – 320 с.

2. Способ совместной очистки сточных вод лакокрасочных производств и производств защитных покрытий и плат : пат. 12453 Респ. Беларусь / Е. А. Урецкий, В. В. Мороз ; заявитель Брестский гос. техн. ун-т. – № а 20071107 ; заявл. 11.09.2007 ; опубл. 16.07.2009 / Гос. реестр на изобретение.

3. Урецкий, Е. А. Исследование возможности создания «попутной» технологии обработки сточных вод, загрязнённых лакокрасочными ингредиентами / Е. А. Урецкий, В. В. Мороз // Вестник БрГТУ. – 2007. – № 2 (44).; Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 71–74.

4. Урецкий, Е. А. Исследования кинетики процессов сорбции органических загрязнений на оксигидратных коллекторах и их агрегирования в смеси краскосодержащих и гальванических стоков / Е. А. Урецкий, В. В. Мороз // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2013. – № 2 (80). – С. 54–57.

УДК 628.12

Анализ работы напорных и безнапорных станций обезжелезивания воды

Васильева М. И.
УП «Минскводоканал»
Минск, Республика Беларусь

Рассматриваются вопросы удаления железа из подземных вод на напорных и безнапорных фильтрах, анализ работы напорных и безнапорных фильтров станций обезжелезивания воды.

На сегодняшний день система водоснабжения города Минска включает в себя 11 основных водозаборов, подающих воду из артезианских источников одна очистная водопроводная станция – поверхностный источник водоснабжения, а также 3 локальных небольших водозабора. Подача качественной питьевой воды осуществляется из 354 артезианских скважин. Протяженность водопроводных сетей в г. Минске составляет 3145,2 км.

Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения города Минска являются подземные воды, главным недостатком которых является повышенное содержание в них железа. В системе водоснабжения города Минска на 5 водозаборах, в исходной воде содержится повышенная концентрация железа. К ним относятся водозаборы № 2 «Петровщина», № 6 «Острова», № 8 «Вицковщина», № 9 «Водопой» и № 10 «Фелицианово». На станциях обезжелезивания водозаборов № 2 «Петровщина», № 8 «Вицковщина», № 10 «Фелицианово» установлены напорные фильтры, на водозаборах № 6 «Острова» и № 9 «Водопой» – безнапорные (открытые) фильтры.

В подземных водах железо преобладает в виде бикарбоната, сульфида, карбоната, сульфата, а также комплексных соединений с гуматами и фульвокислотами. Из большого количества существующих методов обезжелезивания воды метод упрощённой аэрация с последующим фильтрованием является наиболее оптимальной технологией удаления железа из воды в экономическом и практическом планах. Данный метод обезжелезивания подземных вод применяется на водопроводных станциях УП «Минскводоканал».

Упрощённую аэрацию с последующим фильтрованием допускается применять при следующих показателях качества воды, поступающей на фильтры: содержание общего железа до 10 мг/дм^3 в том числе двухвалентного железа – не менее 70 % [1].

Все фильтры для обезжелезивания работают по одному принципу — они переводят двухвалентную форму железа в трехвалентную, после чего она удаляется механическим путем.

Обезжелезивание воды на напорных фильтрах с применением метода упрощённой аэрации. Конструктивно напорный фильтр представляет собой цилиндрический сосуд, работающий под давлением. Важнейшими элементами конструкции напорного фильтра являются дренажно-распределительные устройства, состоящие из трубчатой системы и предназначенные для равномерной подачи и сбора воды по всей площади фильтра. До попадания в фильтр вода проходит через статический смеситель, где происходит смешивание (аэрация) воды с воздухом. Затем вода поступает из трубопровода исходной воды на верхнее распределительное устройство, сверху вниз проходит через фильтрующую загрузку, очищенная от примесей фильтрованная вода собирается в нижнем распределительном устройстве и далее поступает в трубопровод очищенной воды.

В зависимости от качества исходной воды применяется широкий ряд фильтрующих материалов: кварцевый песок, Pirolox, Birm, Manganese Greensand, MTM, Filter AG, антрацит [2].

Обезжелезивание воды на безнапорных (открытых) фильтрах с применением метода упрощенной аэрацией. Исходная вода из скважин подается в водосливное устройство (воронку). При изливе воды непосредственно в емкость фильтра происходит насыщение воды кислородом воздуха. Поддержание рабочего уровня воды на фильтре обезжелезивания производится изменением степени открытия затвора на трубопроводе отвода фильтрованной воды. За счет аэрации происходит обогащение воды кислородом, необходимым для окисления ионов двухвалентного железа в трехвалентную форму - гидроокись железа, нерастворимую форму, которая затем задерживается на фильтрующей загрузке. Пройдя фильтрующую загрузку, вода освобождается от гидроокиси железа и поступает в РЧВ.

В качестве загрузки используется кварцевый песок, дробленые горные породы и другие материалы. Для загрузки следует применять тяжелые материалы, так как, только в этом случае, удастся обеспечить разделение в восходящем потоке промывной жидкости хлопьев железа от зерен загрузки [3].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- параметры работы напорных фильтров аналогичны параметрам открытых фильтров;

- в напорных фильтрах, по сравнению с открытыми, обеспечивается более высокая степень очистки воды от железа. Это объясняется более высоким давлением вводимого в фильтры воздуха. Поскольку растворимость газов пропорциональна их давлению над поверхностью жидкости, достигается более высокая растворимость кислорода в воде и больший его избыток в реакции окисления железа;

- напорные фильтры, по сравнению с открытыми более компактны, быстрее монтируются и имеют более качественное исполнение, так как изготавливаются в заводских условиях.

Согласно проектному решению станции обезжелезивания водозабора № 2 «Петровщина» конструкции напорных фильтров, служащие для удаления из воды как двухвалентного, так и трехвалентного железа рассчитывались по содержанию в воде только суммарного железа. В процессе пусконаладочных работ также определялось содержание только суммарного железа после напорных фильтров. Но в процессе эксплуатации установлено, что процессы окисления двухвалентного железа в трехвалентное железо происходят на этапе прохождения воды транзитом по сборным водоводам, что подтверждается лабораторными испытаниями, проведенными на базе станции обезжелезивания водозабора № 2 «Петровщина» по договору с РУП «Научно-производственный центр по геологии».

В результате данных испытаний установлено, что при поступлении воды на сооружения станции обезжелезивания, при фактическом содержании

железа суммарного в пробах воды, присутствие не окисленного железа в воде находится в незначительных концентрациях. Так на участке сборного водовода водозабора № 2 «Петровщина» протяженностью 2095 м максимальное содержание в воде двухвалентного железа составляет $0,76 \text{ мг/дм}^3$, при этом на станцию обезжелезивания поступает вода содержанием двухвалентного железа $< 0,05 \text{ мг/дм}^3$ [4].

Такие же лабораторные испытания проведены и на водозаборе № 9 «Водопой» эксплуатирующем безнапорные фильтры обезжелезивания воды. Так на участке сборного водовода «Северной» группы скважин протяженностью 12600 м максимальное содержание в воде двухвалентного железа составляет $0,13 \text{ мг/дм}^3$, при этом на станцию обезжелезивания поступает вода содержанием двухвалентного железа $< 0,05 \text{ мг/дм}^3$ [4].

На участке сборного водовода «Южной» группы скважин протяженностью 6500 м максимальное содержание в воде двухвалентного железа составляет $1,42 \text{ мг/дм}^3$, при этом на станцию обезжелезивания поступает вода содержанием двухвалентного железа $< 0,05 \text{ мг/дм}^3$

Таким образом, исходя из результатов проведенных испытаний, можно сделать вывод о том, что существующие напорные и безнапорные фильтры станций обезжелезивания воды работают только как скорые фильтры механической очистки, окисление двухвалентного железа происходит уже до поступления воды на сооружения станций обезжелезивания. Данные исследования являются немаловажной составляющей при проведении проектных и пусконаладочных работ напорных и безнапорных фильтров станций обезжелезивания воды, которой пренебрегают.

Для более детального изучения процессов окисления железа в воде при прохождении транзитом по сборным водоводам до станции обезжелезивания и подтверждения полученных результатов лабораторных исследований необходимо проведение дополнительных исследований и изучение данного вопроса.

Литература

1. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-320-2018. (33020) Утвержден и введен в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 16 марта 2018 г. № 67. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь Минск, 2018. – 75с.
2. Беликов, С. Е. Водоподготовка / С. Е. Беликов. – М.: Издательский Дом «Аква-Терм», 2007. – 241 с.
3. Кулаков, В. В., Обезжелезивание и деманганация подземных вод/ В. В. Кулаков, Е. В. Сошников, Г. П. Чайковский. – Хабаровск: ДВГУПС, 1998. – 100 с.