

**УГОЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД***канд. техн. наук, доцент В.Д. ЮЩЕНКО, Т.А. ПОДСАДНИК*

*Предложено применять фильтры с загрузкой из активированных углей для обезжелезивания воды. Исследованы процессы, протекающие в угольной загрузке при удалении железа из воды. Показана эффективность угольной загрузки по сравнению с песчаной и приведен расчет продолжительности фильтроцикла для загрузки из активированного угля марки ДАК.*

Небольшие населенные пункты для водоснабжения обычно используют подземные воды, состав и качество которых часто соответствуют нормативным документам на стандарт питьевой воды, кроме содержания железа. При наличии одной или нескольких скважин в одном месте для обезжелезивания обычно применяют напорные песчаные фильтры, работающие по методу упрощенной аэрации.

Насыщение воды кислородом воздуха для окисления двухвалентного железа в трехвалентное производят компрессором или эжектором. Второй способ предпочтительнее, но при наличии водонапорной башни или значительного напора у потребителя необходим большой напор артезианских насосов, примерно на 0,3 – 0,4 МПа выше расчетного.

Данный метод, применяемый при определенных условиях [1], основан на способности воды, обогащенной кислородом воздуха, при фильтровании через песок выделять на поверхности зерен железо в различных ионных формах, образуя каталитическую пленку, способствующую дальнейшему окислению железа и задерживанию его в толще фильтрующей загрузки. Такой процесс является гетерогенным автокаталитическим, при котором обеспечивается непрерывное обновление пленки как катализатора непосредственно при работе фильтра, поэтому не нужны специальные аэрационные сооружения типа контактных градирен или дегазаторов, основная цель которых – восстановление величины рН воды и удаление растворенной углекислоты для создания наилучших условий окисления железа [2, 3]. Главным недостатком этого метода является сравнительно низкая скорость фильтрования – порядка 6 – 8 м/ч.

Несмотря на данный считающийся наиболее простым метод удаления железа, установки эксплуатируются неэффективно, прежде всего, из-за крайне неравномерного режима водопотребления, сложности подачи и контроля количества воздуха на напорные фильтры, что обуславливает в последнее время использование компактных, но дорогих зарубежных установок, работающих с применением автоматизированных реагентных блоков.

В связи с этим были проведены исследования по применению скорых фильтров с загрузкой из активированных углей для удаления железа без применения специальных аэрирующих устройств с использованием естественного его окисления при контакте воды с воздухом в водонапорной башне или сборном резервуаре. Таким образом, задача сводится к задержанию гидроксида железа в минеральной форме, т.е. основным процессом является адгезия мелкодисперсной взвеси на активированных углях, а оставшаяся часть неокисленного двухвалентного железа образует каталитическую пленку на зернах фильтрующего материала.

Более эффективное действие активированного угля по сравнению с кварцевым песком обусловлено наличием большой активной поверхности частиц с железистыми соединениями после их длительного окисления кислородом воздуха, когда маловероятно образование каких-либо прочных структур. Уголь из-за своей симметричной структуры не обладает полярностью, как песок, поэтому механизм задержания железистых соединений на его поверхности происходит, прежде всего, за счет дисперсных сил межмолекулярного притяжения. Нельзя исключать и донорно-акцепторное взаимодействие, если золь железа имеет свободную орбиталь, т.е. окисление и выделение его двухвалентной формы, как при обычной упрощенной аэрации, происходит вследствие взаимодействия кулоновских сил.

Исследования проводились на автономном объекте, представленном нефтеперекачивающей станцией (НПС) «Горки», относящейся по служебному положению к НРУПТН «Дружба» (г. Новополоцк). Система водоснабжения НПС работает по принципу: скважина, сборный резервуар безнапорного типа, водонасосная с фильтром обезжелезивания воды, водонапорная башня и водопроводная сеть. Максимальный суточный расход воды составляет 90 м<sup>3</sup>/сут, часовой 12 м<sup>3</sup>/ч. В сборном резервуаре емкостью 300 м<sup>3</sup> одновременно хранится противопожарный запас воды. В обычных условиях обмен воды в резервуаре осуществляется 1 раз в 2 – 3 суток.

Фильтр обезжелезивания воды диаметром 1,0 м установлен в помещении водонасосной. В качестве фильтрующей загрузки был использован активированный уголь марки ДАК (ТУ 6-16-1314-68) с содержанием фракций 1 – 3,5 мм (96,5 %), который рекомендуется для извлечения различных веществ из

водных растворов. Концентрация железа в воде, поступающей на фильтр, составляла до 4 мг/л, в т. ч. трехвалентного – до 3,5 мг/л, величина pH среды находилась в пределах 7,0 – 7,2.

На первом этапе фильтр был опорожнен и очищен, загружен активированным углем на высоту 0,8 м и запущен в эксплуатацию со скоростью фильтрования 10 м/ч на заполнение водонапорной башни. Одновременно отбирались пробы воды на определение остаточных концентраций железа в ней, через 0,5 часа в течение 16 часов (рис. 1).

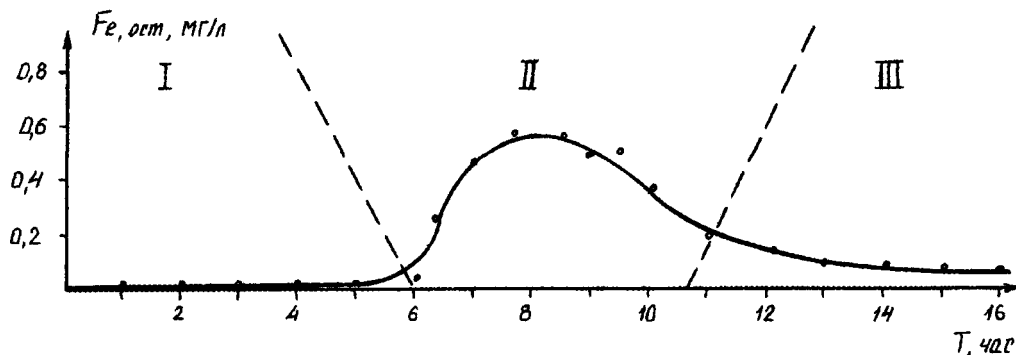


Рис. 1. Работа фильтров в начальный период (I, II, III – стадии процесса)

В начальной период (стадия I) остаточная концентрация железа колебалась в пределах 0,03 – 0,04 мг/л. Очевидно, это объясняется тем, что любой активированный уголь является катионитным материалом. На это указывает и снижение жесткости воды с 5,6 до 2,5 мг экв/л, а затем повышение этой величины до первоначального значения. В следующий период (стадия II) происходит рост концентрации железа в фильтрате до 0,55 мг/л, что обуславливается формированием каталитической пленки для двухвалентной его формы с адгезией трехвалентного железа. На стадии III происходит стабилизация работы фильтра и при его дальнейшей работе с периодической промывкой остаточная концентрация железа не превышает 0,12 мг/л. Мутность очищенной воды не превышает 1,5 мг/л, а цветность  $20^0$ , что свидетельствует о высоком качестве фильтрата.

В дальнейшем были проведены исследования по удалению железа из воды при работе фильтра в интервале скоростей фильтрования 5 – 25 м/ч. Результаты опытов представлены на рис. 2 и 3.

Анализ полученных результатов показывает, что обезжелезивание воды на активированных углях, как и при обычном фильтровании, следует рассматривать в виде суммарного результата двух процессов: адгезии и суффозии, что характеризует автомодельную область работы фильтра, в которой изменения скорости фильтрования, толщины слоя загрузки и размера зерен не влияют на концентрацию железа в фильтрате до определенного момента, а затем эта концентрация начинает быстро возрастать к допустимо заданной величине. При этом наблюдается соотношение  $t_3 < t_n$ , т.е. фильтр останавливают на промывку в связи с начинающимся ухудшением качества фильтрата. Задерживающая способность загрузки уже использована полностью, хотя предельные значения напора еще не наступили ( $H_{np} \leq 10$  м [1]). Это связано, прежде всего, со значительными размерами зерен загрузки угля по сравнению с кварцевым песком, когда обычно наблюдается обратное соотношение. Также можно сделать вывод, что загрязнения накапливаются более равномерно по всей высоте загрузки, в то время как при малых размерах зерен, например, песка, в основном они скапливаются только в верхних слоях, что обуславливает быстрый рост потерь напора.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать следующие данные для расчета и проектирования угольных фильтров: скорость фильтрования 10 – 15 м/ч (при форсированном режиме до 25 м/ч), интенсивность промывки 9 – 11 л/с·м<sup>2</sup>, продолжительность промывки 10 – 15 мин, продолжительность сброса первого фильтрата при промывке исходной водой 10 – 15 мин.

Для исследованного интервала скоростей фильтрования продолжительность фильтроцикла можно вычислять, исходя из принятой величины потерь напора  $H_{np} = 3$  (см. рис. 3), пользуясь формулой

$$t_H = \frac{H_{np} - h_0}{h_0 \cdot \gamma_H}, \text{ час.}$$

где  $h_0$  – потери напора в начальный период работы фильтра в чистой загрузке, м;  $\gamma_H$  – обобщенный параметр фильтрования, зависящий от различных характеристик загрузки, начальных и конечных концентраций загрязнений.

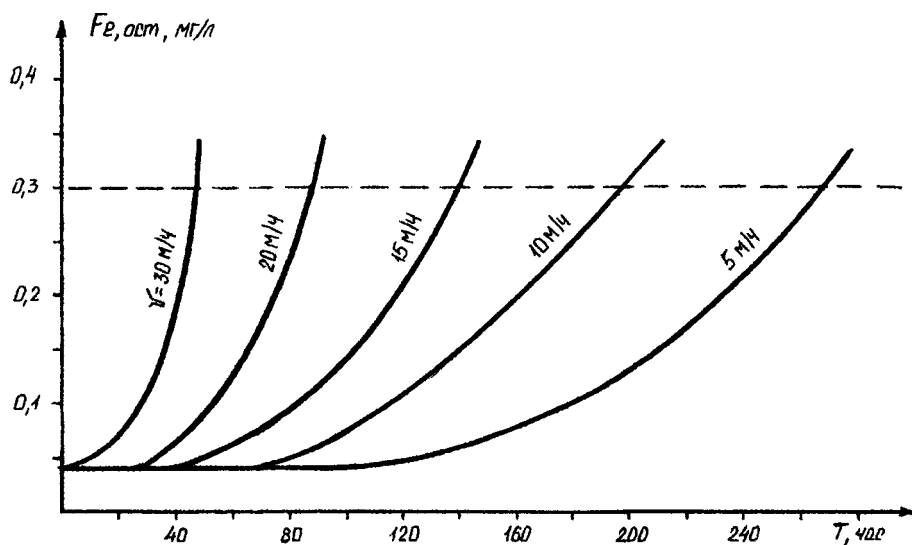


Рис. 2. Зависимость продолжительности защитного действия фильтра от концентрации железа в фильтрате ( $Fe_0 = 3,2 - 3,6$  мг/л;  $pH = 7,12$ ;  $t_b = 15^\circ C$ ;  $H_s = 0,8$  м)

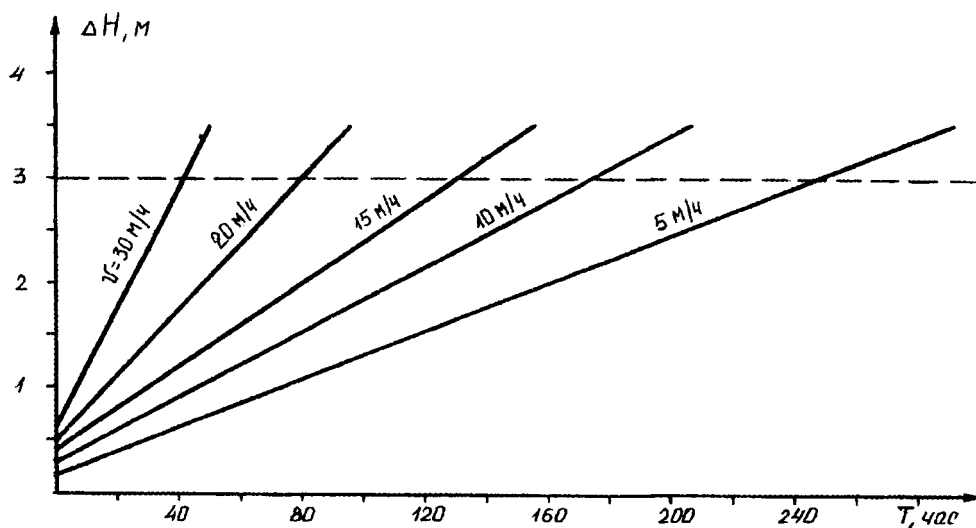


Рис. 3. Зависимость роста потерь напора от продолжительности работы фильтра при различных скоростях

Используя полученные результаты исследований (см. рис. 2, 3), продолжительность фильтроцикла с загрузкой из активированного угля марки ДАК можно определить по формуле

$$t_H = 0,847 \frac{Hnp - h_0}{h_0}, \text{сут}$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. – М.: Стройиздат, 1978. – 160 с.
3. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 680 с.