



Исследования по очистке подземных вод водозабора «Петровщина»

В связи с проблемами, возникшими при строительстве станций водоподготовки на подземных водозаборах Минска [1,2], по поручению министра МЖКХ РБ в конце 2011—начале 2012 года были проведены технологические исследования по очистке подземных вод водозабора «Петровщина».

Ю. П. Седлухо, д. т. н., проф. БНТУ, руководитель НТЦ УП «Полимерконструкция»;

М. И. Лемеш, старший преподаватель БНТУ;

Ю. О. Станкевич, аспирант БНТУ

Для этого УП «Полимерконструкция» изготовило специальный контейнер с размещенными в нем двумя опытными установками (рисунок 1), которые были подключены к скважине 10 Б и работали параллельно. Установки были оснащены необходимой регулировочной и контрольно-измерительной арматурой.

Технологические схемы установок были выбраны с учетом состава и свойств исходной воды, результатов предварительных пилотных испытаний и требований заказчика по снижению содержания железа и марганца до 0,1 мг/л. Очевидно, что на первом этапе целесообразно исследовать наиболее простые и хорошо зарекомендовавшие себя на практике технологии. Поэтому в первой технологической схеме использовалась традиционная безреагентная технология с двухслойными фильтрами с кварцевой песчаной загрузкой и слоем биологически активной загрузки (БАЗ). Такая технология в напорном и безнапорном варианте уже более 20 лет успешно используется на ряде станций обезжелезивания в Беларуси (Новополоцк, Витебск и др.) [3].

Вторая технологическая схема, включающая биореактор и безнапорные филь-

тры с плавающей загрузкой, реализующая биологический метод окисления удаляемых веществ, рекомендуется для очистки сложных по составу подземных вод и обеспечивает эффективное удаление железа и марганца при их совместном содержании. Эта безнапорная схема отличается минимальными эксплуатационными затратами в связи с отсутствием промывных насосов, низким расходом промывных вод и полной автоматизацией технологических процессов [4].

Для исключения влияния факторов масштабирования диаметр моделей сооружений принят равным 250 мм. Элементы дренажных систем и параметры фильтрующих загрузок приняты соответствующими натурным фильтрам.

Известно, что скорость окисления растворенных форм железа и марганца зависит от многих факторов, в первую очередь, от величины рН, окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и концентрации кислорода. Эти параметры в значительной степени можно изменять и регулировать азрационно-дегазационными процессами на стадии предварительной подготовки воды. Характер изменения этих параметров в процессе азрации исходной воды определяет способность к окислению находящихся в ней веществ и эффективность их удаления безреагентными методами.

Поэтому для определения влияния процесса азрации на эти параметры была выполнена серия экспериментов, результаты которых представлены на рисунках 2 и 3. Полученные зависимости характерны для большинства железосодержащих подземных вод. Они показывают, что в процессе насыщения воды кислородом и удаления углекислого газа существенно повышается рН среды и возрастает Eh (рисунок 2). Если эти данные нанести на диаграмму стабильности железа (диаграмма Пурбе), то видно, что после насыщения воды кислородом в диапазоне рН 7,8–7,9 окислительно-восстановительный потенциал резко возрастает, обеспечивая перевод двухвалентного железа в нерастворимую форму (рисунок 3, кривая 1, зона 4). Еще в большей мере скорость и эффективность окисления железа может быть повышена использованием биологического метода при значительно меньших значениях рН и Eh (зона 5).

Эти опыты показывают, что содержащееся в воде железо находится в легко окисляемой форме и может быть эффективно удалено безреагентными азрационными методами, например, методом упрощенной азрации или биологическим методом.

При достигнутых в процессе азрации значениях рН и Eh невозможно обеспечить эффективное удаление марганца азрационными методами, так как Eh существенно ниже требуемого (плюс 250–300 мВ). Эффективное удаление марганца без применения окислителей может быть обеспечено биологическими методами. Это может быть реализовано одноступенчатым фильтрованием с использованием БАЗ или применением двухступенчатой схемы, рассмотренной в [4]. Выбор оптимальной схемы определяется свойствами обрабатываемой воды, соотношением концентраций железа и марганца и ее конструктивным оформлением. В любом случае, окисление марганца может начаться только после практически полного окисления железа [5].

Последующие технологические исследования на опытных установках полностью подтвердили результаты поисковых экспериментов. Уже через одни сутки содержание железа в очищенной воде снизилось до концентрации менее 0,1 мг/л на обеих установках. Однако содержание марганца практически не изменялось.

При этом следует отметить, что в связи с наступлением сильных морозов в январе



Рисунок 1. Общий вид опытной установки

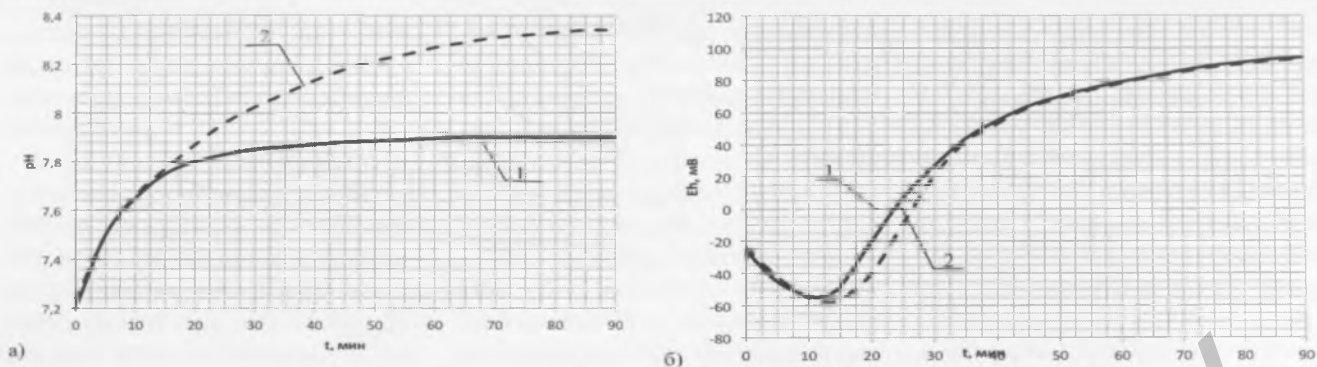


Рисунок 2. Зависимость изменения pH (а) и Eh (б) воды от продолжительности аэрации. 1 – аэрация 15 мин; 2 – аэрация 90 мин.

2012 г (до минус 20–25 °С), температура поступающей на установки воды в результате ее переохлаждения в подающем трубопроводе составляла не более 4–6 °С, что является критическим для развития биологических процессов. Биологическая составляющая в эффективности работы установок проявилась несущественно. Достигнутый эффект удаления железа обеспечивался физико-химическими процессами его окисления. В этот период не удалось предотвратить замерзание периодически действующих (в первую очередь промывных) трубопроводов и установку с биореактором пришлось отключить.

В связи с этим все последующие исследования выполнялись на установке с песчаной загрузкой. Скорость фильтрования последовательно повышалась до 15 м/ч. При этом фиксировались потери напора в загрузке фильтров, а исходная и очищенная вода анализировалась на содержание железа и марганца, определялись значения pH, Eh и температуры. Пробы воды обрабатывались на месте отбора и анализировались в течение часа.

Результаты исследований по удалению железа приведены на рисунке 4. Они пока-

зывают, что фильтры с песчаной загрузкой и слоем БАЗ обеспечивают устойчивое снижение концентрации железа с 1,0–1,4 мг/л до существенно ниже 0,1 мг/л независимо от исследованного диапазона скоростей фильтрования. На диаграмме приведены результаты контрольных анализов, выполненных лабораторией производства «Минскводопровод».

В первой серии исследований использовался слой БАЗ, случайно взятый из долго хранящихся отходов одной из станций обезжелезивания. Низкие температуры и, видимо, утраченное качество этой загрузки, не способствовали развитию марганцеокисляющих бактерий. Поэтому эффективность удаления марганца была незначительной.

Во второй серии исследований слой БАЗ был заменен другим, взятым со станции обезжелезивания г. Витебска, в исходной воде которой кроме железа присутствует и марганец. Эта замена произведена 30.01.2012 г. На диаграмме, приведенной на рисунке 5, показаны результаты изменения концентрации марганца в исходной и очищенной воде по данным лаборатории производства «Минскводопровод». Эти

данные свидетельствуют об устойчивом снижении содержания марганца в среднем на 20% сразу после замены БАЗ без ее адаптации к новому составу воды и температурным условиям.

При этом следует отметить, что исследование проводилось на воде скважины № 10 Б, содержащей наибольшие концентрации как железа, так и марганца. Среднее содержание марганца по скважинам водозабора составляет 0,108 мг/л, а по наиболее часто эксплуатируемым – 0,124 мг/л. Поэтому для водозабора «Петровщина» снижение концентрации марганца на 20% вполне достаточно для обеспечения нормативного качества очищенной воды по этому показателю.

Дополнительным доказательством эффективности использования БАЗ для удаления железа и марганца при их совместном присутствии является многолетний опыт работы станций обезжелезивания на водозаборах №№ 1 и 2 г. Витебска. При среднем содержании марганца 0,29–0,34 мг/л обеспечивается его снижение до 0,04–0,08 мг/л. Поэтому есть все основания предполагать, что при более длительном периоде «зарядки»

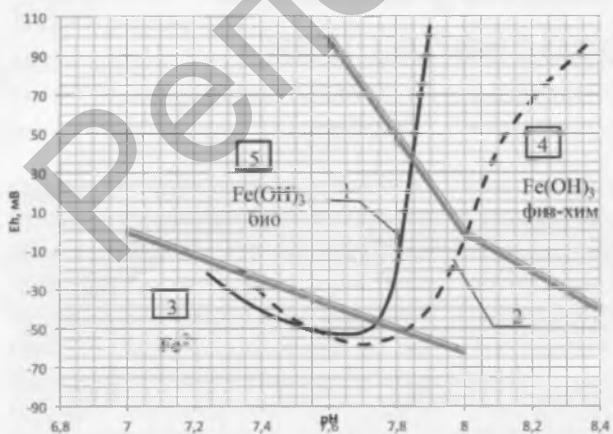


Рисунок 3. Диаграмма стабильности железа в воде водозабора «Петровщина». 1 – аэрация 15 мин; 2 – аэрация 90 мин; 3 – зона стабильности Fe²⁺; 4 – зона физико-химического окисления железа; 5 – зона биологического окисления железа (3, 4 и 5 по [5]).

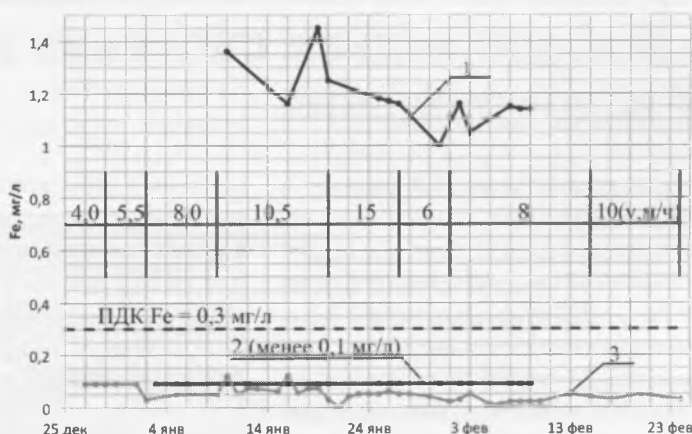


Рисунок 4. Динамика удаления железа. 1 – исходная вода; 2 – очищенная вода (по данным «Минскводопровод»); 3 – очищенная вода (по данным УП «Полимерконструкция»).



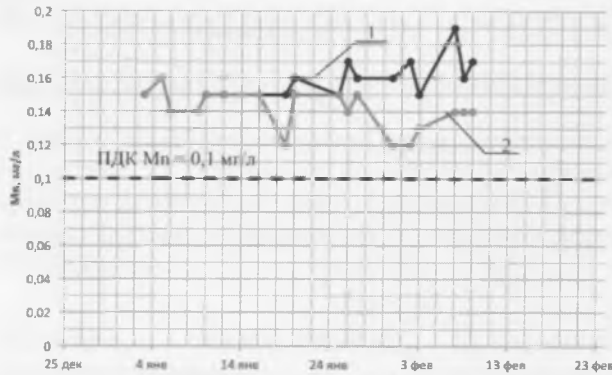


Рисунок 5. Динамика удаления марганца. 1 – исходная вода; 2 – очищенная вода (по данным «Минскводопровод»).

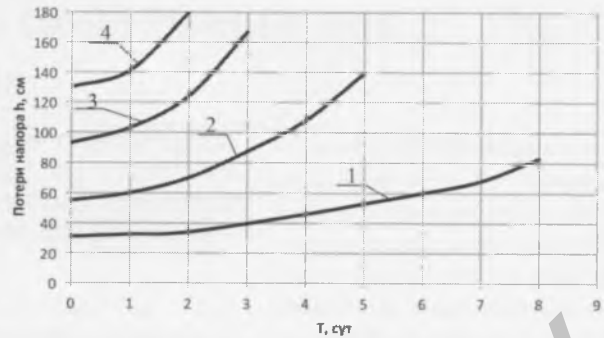


Рисунок 6. Зависимость потерь напора в фильтре от продолжительности фильтроцикла. Скорость фильтрации, м/ч: 1 – 7,7; 2 – 10,5; 3 – 13,5; 4 – 15,0.

загрузки и более комфортных для биологических процессов температурных условиях, эффективность удаления марганца и на водозаборе «Петровщина» значительно увеличится. К сожалению, по не зависящим от нас причинам, исследования пришлось прекратить.

Важными параметрами, определяемыми при выполнении технологических исследований, являются потери напора в фильтрующей загрузке и продолжительность фильтроцикла. Они определяют необходимую частоту промывок фильтров, расход воды на собственные нужды станции и объем промывных вод. На рисунке 6 приведена зависимость потерь напора в двухслойном фильтре (песок и БАЗ) от продолжительности фильтроцикла при различных скоростях фильтрации. Начальные потери напора и темпы их роста квадратично зависят от скорости фильтрации. С ее увеличением уменьшается грязеемкость загрузки. Поэтому выбор оптимальной скорости фильтра-

ния определяется не только эффективностью удаления загрязняющих веществ, но и указанными факторами. Очевидно, что чем выше скорость фильтрации, тем чаще придется промывать фильтр и тем больше расход промывных вод.

Результаты выполненных исследований показывают, что применение разработанных и широко используемых в Беларуси технологий и оборудования может обеспечить эффективную очистку подземных вод водозабора «Петровщина» до требуемого уровня. Поэтому удивляет оставляемое без комментариев заключение специалистов УП «Минскводоканал» о том, что «...Неэффективность проведенных УП «Полимерконструкция» повторных технологических исследований на водозаборе «Петровщина» подтверждает правильность ранее выбранной и проверенной технологии SuperIron (UFP) (компании Culligan)... для реализации на водозаборах «Петровщина», «Фелицианово» и «Вицковщина» г. Минска». Насколько это

правильный и обоснованный выбор подробно изложено в [2].

Список литературы.

1. Седлухо Ю. П., Федосюк В. М., Иванов С. А. Страсти по «Culligan» у кого хотела вывести на чистую воду «БелГазета»//Вода.-2012, № 9.С.2-4.
2. Седлухо Ю. П. Проблемы качества воды и строительства станций водоподготовки на водозаборах Минска//Вода.-2013, № 1.С.2-6.
3. Седлуха С. П., Софинская О. С. Биологический метод очистки подземных вод от железа//Вода и экология.-2001, № 1.С.44-54.
4. Седлухо Ю. П. Влияние аэрационно-дегазационных процессов на свойства подземных вод и технологии их биологического обезжелезивания и деманганации//Вода.-2012, № 7-8.С.2-6.
5. Технологический справочник по обработке воды (Дегремон); в 2-х т., пер. с фр.-СПб.: Новый журнал, 2007.

