

УДК 628.162.1

**БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ
НА НАПОРНЫХ ФИЛЬТРАХ***О.С. СОФИНСКАЯ*

Рассмотрены особенности использования биологического метода очистки воды от железа для малых населенных мест с применением напорных фильтров. Применение биологического метода позволяет существенно сократить стоимость строительства станций обезжелезивания, снизить эксплуатационные затраты и упростить эксплуатацию.

Основным источником водоснабжения городов и сельских населенных мест Беларуси являются подземные воды, которые в большинстве случаев содержат недопустимо высокие концентрации железа. Большинство сельских населенных мест не имеют сооружений для очистки воды, и население вынуждено использовать воду с содержанием железа выше допустимых норм в 10 – 15, а иногда и больше раз [1].

Повышенное содержание железа в воде ухудшает, в первую очередь, органолептические показатели воды, придает ей неприятный металлический вкус, а при контакте с воздухом она приобретает буроватую окраску, становится непригодной для приготовления пищи и стирки белья. Двух- и трехвалентное железо, содержащееся в воде, организмом человека не усваивается, избыток его вредно действует на здоровье человека.

В настоящее время наиболее широкое распространение получил метод обезжелезивания подземных вод фильтрованием с упрощенной аэрацией [2], при котором двухвалентное железо окисляется растворенным в воде кислородом в толще фильтрующей загрузки. При этом скорость окисления железа во много раз выше, чем в свободном объеме. Принято считать, что увеличение скорости окисления происходит за счет образования каталитической пленки на зернах фильтрующей загрузки. Но, как показали исследования этого метода, его эффективность зависит и от ряда других факторов.

В процессе наладки станции обезжелезивания водозабора «Окунево» в г. Новополоцке были проведены исследования, которые показали, что существенную роль в очистке воды от железа играют биологические процессы. Так, было обращено внимание на тот факт, что с течением времени на поверхности фильтрующей загрузки работающих фильтров стал образовываться слой, состоящий из гранул, по форме близких к шару диаметром до 5 мм. Анализ показал, что они состоят из соединений железа и железобактерий [3] (в дальнейшем этот слой получил название биологически активной загрузки).

Железобактерии относятся к автотрофной группе микроорганизмов, которые необходимую для своей жизнедеятельности энергию получают от окислительных реакций неорганических веществ [4]. Окисляя закисное железо, они выделяют гидроокись железа, которая откладывается на поверхности клеток. Количество выделяемой железобактериями гидроокиси во много раз превышает внутриклеточное содержание железа.

Группа железобактерий довольно многочисленна. В среде, близкой к нейтральной, существуют железобактерии, обладающие мощным ферментативным аппаратом. В результате их жизнедеятельности окисление железа протекает значительно быстрее, чем при химических процессах. Из этих бактерий наиболее известны *Leptothrix* и *Gallionella*, которые предположительно были обнаружены при анализе смыва с образовавшегося слоя на поверхности загрузки фильтров.

Применение биологического метода на станции обезжелезивания г. Новополоцка позволило достичь высокой эффективности очистки до 98 – 99 % (остаточное содержание в фильтрате от следов до 0,15 мг/дм³).

В связи с понижением уровня грунтовых вод в зоне депрессионной воронки водозабора «Окунево» возникла необходимость строительства локальных систем водоснабжения для сельских населенных мест с малым суточным водопотреблением. Содержание железа в исходной воде составляло около 5 мг/дм³. Однако сельские системы водоснабжения имеют особенности. Режим водопотребления малых населенных мест отличается значительной неравномерностью как по часам суток, так и по сезонам года. При наличии в системе водоснабжения водонапорной башни, которая играет роль запасно-регулирующей емкости, возникают некоторые затруднения. Так, летом, когда водопотребление максимальное, в баке водонапорной башни осуществляется интенсивный водообмен, в зимний же период времени, когда водопотребление минимальное, в баке возможен застой воды, что может привести к ухудшению ее качества. Также имеется опасность замерзания воды в водонапорной башне. Все эти вопросы требуют решения.

Без сомнения, технологическая схема, применяемая на станции обезжелезивания г. Новополоцка, которая включает в себя приемную камеру, открытые фильтры, резервуары чистой воды и насосную

станцию II подъема для подачи воды в город и промывки фильтров, по экономическим и техническим соображениям не могла использоваться для водоснабжения сельских населенных мест.

В результате проработки нескольких вариантов была предложена экономичная и предельно простая схема с применением напорных фильтров, которая позволяет получать максимальный эффект от биологического метода, особенно при очистке воды с большим содержанием аммонийных солей. Это объясняется тем, что в напорных фильтрах можно добиться большого насыщения воды кислородом, так как его растворимость пропорциональна давлению. Кроме этого, напорные фильтры позволяют в течение всего фильтроцикла работать при небольшом слое воды над биологически активной загрузкой. Однако при этом возникли проблемы, связанные с насыщением воды кислородом и удалением углекислоты.

Впервые такая технологическая схема была запущена для водоснабжения д. Вишнево в 1994 году (рис. 1).

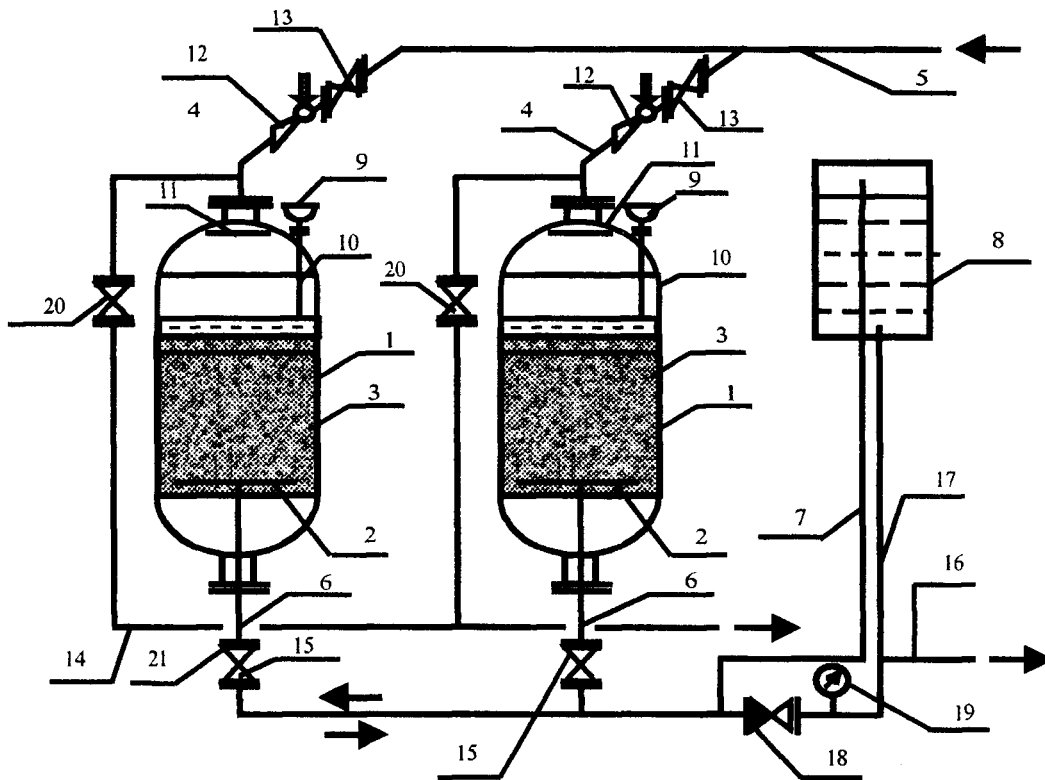


Рис. 1. Установка для обезжелезивания подземной воды на напорных фильтрах:

1 – напорный фильтр; 2 – дренажная система; 3 – фильтрующая загрузка; 4 – подводящий трубопровод; 5 – трубопровод подачи исходной воды; 6 – трубопровод отвода фильтрата и подачи промывной воды; 7 – трубопровод подачи очищенной воды в водонапорную башню; 8 – водонапорная башня; 9 – воздушный вантуз; 10 – трубопровод вантуза; 11 – экран; 12 – эжектор; 13 – задвижка на трубопроводе исходной воды; 14 – трубопровод отвода промывной воды; 15 – задвижки на трубопроводе отвода фильтрата и подачи промывной воды; 16 – трубопровод подачи воды потребителю; 17 – трубопровод подачи промывной воды; 18 – обратный клапан; 19 – датчик уровня; 20 – задвижка на трубопроводе отвода промывной воды; 21 – диафрагма

Работает эта схема следующим образом. Все пространство над загрузкой 3 фильтра 1 заполнено водой. Из трубопровода исходной воды 5 через задвижку 13 и водовоздушный эжектор 12 вода с воздухом поступает в фильтр 1. Не растворившийся в воде воздух образует воздушную подушку над поверхностью воды. Уровень воды в фильтре в течение относительно небольшого времени падает до низа подводящей трубы вантуза 10, и избыточный воздух через вантуз 9 уходит в атмосферу. Фильтр переходит на стабильный режим работы при постоянном уровне воды в нем. Небольшой слой воды над загрузкой сводит до минимума время между аэрацией воды и входом ее в загрузку 3, что практически исключает окисление двухвалентного железа в воде до входа ее в загрузку и коагуляцию ее поверхности.

В результате резко увеличивается продолжительность фильтроцикла и снижаются затраты воды на промывку. Вода из фильтров 1 по трубопроводу 7 отводится в верхнюю часть водонапорной башни 8, предотвращая замерзание воды в ней в зимний период. В связи с тем, что через сопло водовоздушного эжектора вода поступает в его камеру смешения, где давление не зависит от потерь напора в загрузке и практически равно атмосферному, обеспечивается равномерное распределение исходной воды по всем

фильтрам. При установке фильтров разного диаметра одинаковая скорость фильтрования достигается при соблюдении пропорциональности между диаметрами сопел эжекторов и фильтров.

Хорошее смешение воды с воздухом в водо-воздушном эжекторе, наличие экрана 11 и воздушной подушки, при постоянном отводе избыточного воздуха через вантуз 9, обеспечивают отдувку свободной углекислоты и сероводорода в случае их наличия. Разумеется, количество подаваемого воздуха на единицу объема воды определяется содержанием указанных газов.

При увеличении потерь напора в загрузке 3 до предельного значения производится ее промывка, которая осуществляется обратным током воды из водонапорной башни. Для этого открывается задвижка 20, в результате чего вода из водонапорной башни 8 через обратный клапан 18, задвижку 15, диафрагму 21 и распределительную систему 2 поступает в загрузку 3, взвешивая и промывая ее. В это время исходная вода с прежним расходом поступает на сброс в трубопровод 14 и уходит вместе с промывной водой. По окончании промывки задвижку 20 закрывают и фильтр переходит в режим фильтрования. Таким образом, при промывке любого из фильтров используется только задвижка 20, задвижки 15 и 13 как в режиме фильтрования, так и при промывке находятся в открытом состоянии.

Промывка одного из фильтров не отражается на работе остальных, так как исходная вода, проходящая через сопло водовоздушного эжектора промываемого фильтра, сбрасывается вместе с промывной. В связи с малым временем промывки (не более 6 – 8 мин) объем сбрасываемой воды небольшой.

Наличие диафрагмы на трубопроводе 6 отвода фильтрата и подачи промывной воды, которая установлена для гашения избыточного напора с целью обеспечения требуемой интенсивности промывки, практически не отражается на режиме фильтрования, т.к. величина гасимого напора при промывке, как правило, небольшая, а в режиме фильтрования она уменьшается почти в 100 раз.

Система автоматики, смонтированная на базе станции управления «Каскад», управляет работой погружного насоса в зависимости от уровня воды в башне.

При наполнении водонапорной башни 8 до максимальной отметки замыкается контакт датчика уровня воды 19 и станция управления отключает скважинный насос. При этом обратные клапаны водовоздушных эжекторов предотвращают истечение воды в атмосферу.

При снижении уровня воды в напорном баке 8 до нижнего предела скважинный насос включается и фильтры начинают работать в режиме фильтрования.

В качестве загрузки напорного фильтра использовались песок и биологически активная загрузка (БАЗ), выращенная на станции обезжелезивания г. Новополоцка. При этом песок играет роль поддерживающего слоя для БАЗ

В течение 40 дней станция работала постоянно со скоростью фильтрования 5,8 м/ч и сбросом воды через переливную трубу башни. В начале работы станция обезжелезивания фильтроцикл составлял 48 часов, а затем достиг 144 часов за счет поддержания оптимального уровня воды над загрузкой. Железо в фильтрате изменялось от следов до 0,15 мг/дм³ при его содержании в подземной воде около 5 мг/дм³.

С конца этого же года станция работает в автоматическом режиме от уровня воды в башне при водопотреблении 5 – 6 м³/сут. Содержание железа в очищенной воде составляло в начале работы 0,3 – 0,5 мг/дм³, но через несколько дней составило 0,15 – 0,25 мг/дм³ и остается на этом же уровне. Потери напора на фильтре растут очень медленно. Промывка его осуществляется один раз в месяц. Стабильная работа установки позволила сделать вывод, что биологически активная загрузка способна адаптироваться к условиям работы фильтров. Как показали выполненные ранее исследования, кратковременные перерывы в работе фильтров (до суток) не снижают эффективности обезжелезивания [3].

Длительная эксплуатация станции обезжелезивания д. Вишнево, а также других станций обезжелезивания в Беларуси и ближнем зарубежье, работающих на напорных фильтрах, подтверждает высокую эффективность биологически активной загрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуринович А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: Проблемы и решения. – Мн.: Технопринт, 2001. – 304 с.
2. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 680 с.
3. Седлуха С.П., Софинская О.С. Биологический метод очистки подземных вод от железа. // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений: Сб. науч. тр. Под ред. Д.Н. Лазовского. – Мн.: Технопринт, 2001. – С. 319 – 326.
4. Кулаков В.В., Сошников Е.В., Чайковский Г.П. Обезжелезивание и деманганация подземных вод. – Хабаровск, 1998. – 100 с.