

Таким образом, проведенные исследования позволили получить следующие результаты:

- 1) выбран гравийно-песчаный фильтр обезжелезивания воды, наиболее приемлемый для удаления  $Fe^{2+}$ ;
- 2) изучена эффективность действия фильтрующих загрузок с марганцевым катализатором и песчаная аэрируемая загрузка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев, Д.С. Анализ загрязнений воды // Химия воды. – 2001. – № 5. – С. 77.
2. Гусева, Н.Е., Проскурина И.Н. Разработка химического эксперимента с экологическим содержанием // Химия воды. – 2002. – № 10. – С. 72.
3. Кукушкин, Ю.Н. Химия вокруг нас / Ю.Н. Кукушкин. – М., Высшая школа, 1992. – С. 114.
4. Рыбалко, А.Б. Ситуация с питьевой водой в Беларуси в целом. «Вода», июнь, 2013.

#### УДК

### ВЫБОР ФИЛЬТРА ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

**А.В. СОКОЛОВ**

*(Представлено: В.К. Ющенко, С.П. Студеникина)*

*Изучены возможности использования угольных материалов для обезжелезивания подземных вод малых населенных пунктов. В данной работе разработана технологическая схема, которую можно применить к существующим системам централизованного водоснабжения малых населенных пунктов.*

Качество воды хозяйственно-питьевого назначения в населенных пунктах Республики Беларусь должно соответствовать требованиям СанПиН 10–124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Однако, по данным [1, 2, 3] в большинстве источниках подземных вод из скважин наблюдается повышенное содержание железа, иногда с сопутствующими другими, превышающими нормативы, веществами, например марганец, растворенные газы, очень редко – комплексные органические радикалы.

Повышенное содержание железа в воде у потребителя доставляет много неприятностей в быту. Сантехника, эксплуатируемая в такой воде, довольно быстро покрывается ржавыми потеками, на белье при стирке появляются ржавые пятна, и даже такие низкие концентрации, как 0,3–0,4 мг/л, могут вызвать появление пятен на раковинах, посуде, ткани и других поверхностях [4]. Более высокие концентрации железа придают воде характерный металлический привкус и могут изменить вкус и внешний вид чая, кофе и других напитков. Также повышенное содержание железа в воде является причиной брака в пищевой, а также текстильной, бумажной, химической и других отраслях промышленности. Кроме того, железо приводит к образованию осадков на стенах труб и накипи на поверхности нагрева, что со временем приводит к снижению давления трубопровода и повышению энергетических затрат [5].

В железистых отложениях идёт размножение железобактерий. Оно начинается уже при концентрации железа 1–2 мг/л, и скорость их размножения зависит от того, насколько много кислорода и тепла [8]. В результате жизнедеятельности этих бактерий образуется масса бурого цвета, которая оседает на стенках трубопровода, нередко в виде твердых отложений, таким образом, уменьшая их живое сечение. Срок службы сантехнического оборудования снижается в несколько раз.

Но особенно, повышенное содержание железа в питьевой воде вредно для здоровья человека. При хронической перегрузке организма железом происходит его отложение в тканях, которое носит очаговый или генерализованный характер (гемосидероз). Если общее содержание железа в организме превышает 15г, то поражаются внутренние органы, включая суставы, печень, эндокринные железы и сердце. Такое состояние называется гемохроматозом. Железо может создавать питательную среду для роста вредных микроорганизмов и клеток злокачественных опухолей, а также дополнительно стимулировать канцерогенное действие свободных радикалов. Высокие концентрации железа обнаруживаются в мозге людей, страдающих болезнью Паркинсона. Избыток железа нарушает функцию центральной нервной системы, усугубляя психические расстройства. Слишком большое количество железа в организме пожилых мужчин и женщин способствует накоплению свободных радикалов, может ускорить развитие общего старения. Поэтому взрослым мужчинам и женщинам препараты железа следует принимать крайне осторожно, только при наличии соответствующих показаний. Железо стимулирует окисление «плохого» холестерина

на (ЛПНП), что обуславливает прогрессирование атеросклероза, и вторично – ишемической болезни сердца. Гемохроматоз обычно развивается в среднем и старшем возрасте. При этом заболевании возникает бронзовая окраска кожи, развивается цирроз печени, сахарный диабет, поражается сердце. Последнее проявляется кардиомегалией, сердечной недостаточностью, аритмией, нарушением проводимости. Часто отмечаются гормональные нарушения. Могут возникнуть боли в животе, артриты и хондрокальциноз [9]. Несмотря на это, железо – давно известное средство от малокровия. Этот элемент является важнейшим компонентом гемоглобина – вещества крови, переносящего кислород ко всем клеткам тела. Дефицит железа может привести к анемии, вызвать усталость, головные боли и потерю сознания. Необходимая суточная доза железа для мужчин составляет приблизительно 7 мг, для женщин – 11 мг.

Таким образом, содержание железа в хозяйственно-питьевых водопроводах свыше 0,3 мг/л превращается в постоянную технологическую, экономическую, экологическую и социальную проблему. Обезжелезивание воды является одним из приоритетных направлений республиканской программы по обеспечению населения качественной водой [1].

В поверхностных водах железо обычно встречается в виде органических и минеральных комплексных соединений, либо коллоидных или тонкодисперсных взвесей. В подземных водах железо чаще всего находится в истинно растворенном состоянии в виде бикарбоната двухвалентного железа -  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ , который устойчив только при наличии больших количеств углекислоты и отсутствии растворенного кислорода. Такая вода после излива из скважины в первое время остается бесцветной и прозрачной, но при стоянии в открытом сосуде постепенно мутнеет, и из нее выделяется красновато-коричневый осадок гидроксида железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . В случаях подпитки водоносного горизонта водами реки или болот железо в подземных водах может находиться в виде комплексных органических соединений.

В подземных водах глубоких горизонтов, например в шахтных водах, двухвалентное железо может быть в виде сульфатов или хлоридов.

При одновременном содержании в воде сероводорода и железа образуется тонкодисперсная взвесь сульфида железа  $\text{FeS}$ .

Существование различных форм соединений железа в воде представлено на рисунке 1.

Очистка природных вод от соединений железа является в ряде случаев довольно сложной задачей, которая оптимально может быть решена только при использовании комплексной технологии. Это обстоятельство в первую очередь связано со многообразием соединений железа, присутствующих в природных водах.

Если проблема обезжелезивания подземных вод в крупных городах практически решена, то для малых населенных пунктов (городских поселков, сел) она находится в первоначальном состоянии и обостряется с каждым годом.

Анализируя существующие системы водоснабжения в малых населенных пунктах можно выделить три наиболее встречающиеся схемы водоснабжения.



Рис. 1. Схема существования различных форм железа в воде

Схема с одной или несколькими артскважинами, работающими на одну водонапорную башню, представлена на рисунке 2.

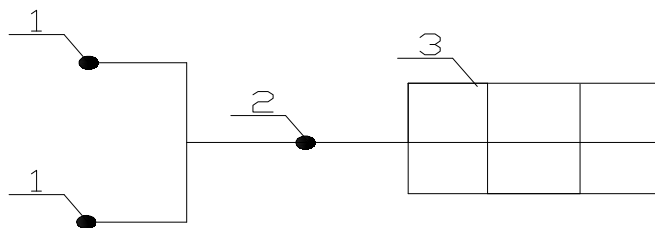


Рис. 2. Схема водоснабжения поселка с водонапорной башней:  
1 – артскважина; 2 – водонапорная башня; 3 – поселок

При использовании данного метода отпадает необходимость в устройстве резервуаров чистой воды и установке промывных насосов. Промывка фильтров производится очищенной водой из башни, которая используется для создания требуемого напора и хранения запаса промывной воды. Технологическая схема приведена на рисунке 3.

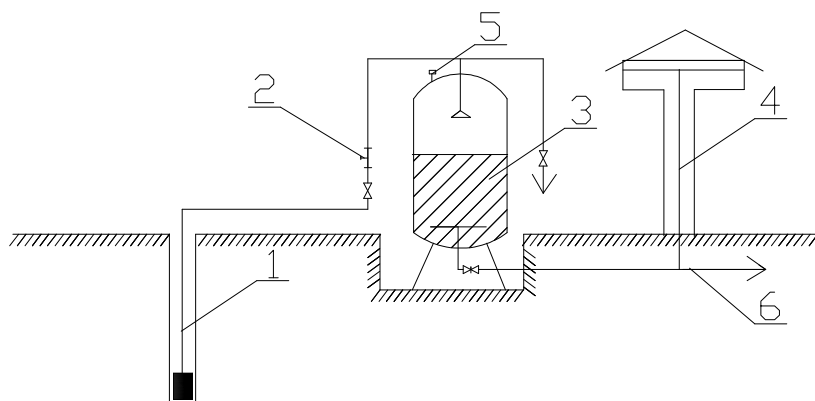


Рис. 3. Технологическая схема обезжелезивания  
с использованием метода упрощенной аэрации и напорных фильтров:  
1 – артскважина; 2 – эжектор; 3 – напорный фильтр; 4 – водонапорная башня; 5 – вантуз; 6 – подача в сеть

Таким образом, в результате проделанной работы выявлено:

Обогащение воды кислородом проводят при помощи аэрационного бака, компрессора или эжектора. Последний способ предпочтительнее при достаточной высоте подъема воды из скважины. Применяя компрессор или эжектор, избыточный воздух из фильтра удаляется с помощью вантузных устройств. Обогащенная кислородом воздуха вода поступает в фильтрующую загрузку, зерна которой покрыты ранее образовавшейся каталитической пленкой, состоящей из окислов железа. В результате сложных автокаталитических физико-химических процессов в толще фильтрующего материала происходит обезжелезивание воды – окисление растворенного двухвалентного железа и выделение его гидроокиси на поверхности зерен и в поровом пространстве загрузки. При этом потери напора в фильтре возрастают и достигают предельных величин, принятых в 6–8 м вод. ст., которые определяют продолжительность фильтроцикла в целом и необходимость вывода фильтра на промывку из водонапорной башни, при условии ее расположения около установки обезжелезивания. Очищенная вода из фильтра поступает в башню и далее в разводящую сеть поселка.

Эта схема с использованием принудительной аэрации при обработке воды непосредственно из скважин имеет ряд существенных недостатков: наличие специальных аэрирующих устройств, малая продолжительность фильтроцикла, большая интенсивность промывки и, следовательно, большой объем промывной воды. Но самое главное, при периодической работе скважин(ы), нарушаются процессы, характерные для упрощенной аэрации и часть железа будет находиться в виде минерализованной взвеси, которая на фильтрах с песчаной загрузкой не задерживается.

Из описанных методов очистки подземных вод от железа наиболее соответствует требованиям, предъявляемым к малым населенным пунктам, очистка на напорных скорых фильтрах. Однако для перевода двухвалентного железа в трехвалентное необходимо предусматривать аэрацию воды или окислительные методы (например,  $KMnO_4$ ). Несмотря на то, что реагентные методы являются универсальными и высокоэффективными, они дорогостоящие и требуют дополнительного технико-экономического обоснования. Поэтому более эффективно применить метод упрощенной аэрации с последующим фильтрованием. Однако эксплуатация таких установок показала, что песчаная загрузка фильтров является неэффективной для водоподготовки малых населенных пунктов и не снижает концентрацию железа до нормативных значений. Именно поэтому в качестве фильтрующей загрузки целесообразно применить инертные материалы, в частности уголь.

При равномерной и непрерывной подаче воды на фильтры результаты очистки воды данным методом положительные и обеспечивают норматив по железу. Однако при малом водопотреблении данный метод неэффективен, так как нарушается сам процесс упрощенной аэрации, прежде всего из-за неравномерного режима водопотребления, сложности подачи и контроля количества воздуха на напорных фильтрах. Нами предложено применить скорые фильтры 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.

Как показывает опыт, замена песчаной загрузки фильтра на угольную загрузку приводит к более высокому эффекту очистки подземных вод от соединений железа. Это обусловлено наличием значительной активной поверхности зерен частиц активного угля по сравнению с кварцевым песком, а также особенностью механизма взаимодействия этих частиц с гидрооксидом железа. Уголь не обладает полярностью, как песок, поэтому задержание железистых соединений на его поверхности происходит прежде всего за счет дисперсных сил межмолекулярного притяжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Станкевич, Р.А. Обезжелезивание подземных вод в водоносном пласте: предпосылки и методы / Р.А. Станкевич // Вода – 2001. – № 10. – С. 22–23.
2. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. – Минск, 2010. – 43 с.
3. Гуринович, А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: Проблемы и решения / А.Д. Гуринович. – Минск: Технопринт, 2001. – 304 с.
4. Ковалев, А.Я. Еще раз об обезжелезивании воды / А.Я. Ковалев // Вода – 2003. – № 9. – С. 8.
5. Николадзе, Г.И. Водоснабжение: учебник для вузов / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.

УДК 628.161(476)

#### ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКЕ ЗАПАДНАЯ ДВИНА

*Т.М. МОНЯК*

*Приводятся результаты исследования динамики изменения концентраций физических показателей качества сырой воды, поступающей на фильтровальную станцию завода «Полимир» ОАО «Нафтан» с целью дальнейшей оптимизации работы фильтровальной станции.*

К факторам, ухудшающим качество воды в водисточнике, относятся: паводки, выпадение осадков в виде дождя и снега, попадание донных отложений и загрязняющих веществ с поверхностными и сточными водами, массовое развитие фитопланктона и его цветение.

Рассмотрим влияние некоторых факторов, ухудшающих качество воды в поверхностном водисточнике на примере воды, поступающей на фильтровальную станцию завода «Полимир» ОАО «Нафтан» (далее по тексту – завод «Полимир»). Забор воды для данной станции осуществляется из реки Западная Двина.

Гидрологические условия влияют на изменение физического состава воды в реке Западная Двина и во многом определяются её водным режимом. Поэтому наряду с динамикой изменения качества воды в реке необходимо рассмотреть и её водный режим.