

ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОЛЕСЬЯ
В СИСТЕМАХ КОММУНАЛЬНОГО, ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Б.Н. Житенёв, Л.Е. Шеина

Брестский государственный технический университет
г. Брест, Беларусь

Problems of rational use of high quality underground waters of Polesie in public, manufacturing and agricultural water systems are considered. It is known that specified waters possess a stable composition, have a bit increased mineral composition in comparison with surface water supply sources, have high bacteriological factors. Alongside with this, increased contents of iron is observed in underground water supply sources around the territory of Polesie. Corresponding methods of water treatment are offered depending on different requirements of customers.

Население Республики Беларусь составляет около 10 млн. человек, из которого 70 % – городское и 30 % – сельское. Основным источником водоснабжения населения являются подземные воды. В стране имеется около 14 000 источников централизованного питьевого водоснабжения, из них подавляющее большинство подземные, кроме этого используется также примерно 520 000 источников нецентрализованного водоснабжения (шахтные колодцы и мелкотрубчатые скважины). Более 77 % населения пользуется водой централизованных и около 22 % – нецентрализованных источников водоснабжения. Системы централизованного водоснабжения 100 городов, 78 поселков городского типа, 137 сельских населенных пунктов обслуживаются коммунальными предприятиями, 20 городов и 28 поселков городского типа – предприятиями промышленности и железной дороги [1].

В практике водопользования потребителями используются подземные воды, приуроченные к более 40 водоносным горизонтам и комплексам, в разных сочетаниях образующих подземную гидросферу Беларуси. По степени минерализации подземные воды представлены: пресными (содержание солей менее 1 г/дм³), минерализованными (1-35 г/дм³) и солеными (более 35 г/дм³). Пресные воды преимущественно используются для питьевого водопользования и других производственных и коммунальных нужд; минерализованные и соленые – с целью лечебно-питьевого и бальнеологического применения; рассолы рассматриваются, в основном, как перспективное сырье для различных отраслей народного хозяйства. Ресурсы пресных подземных вод Беларуси оцениваются величиной 50 млн. м³/сут, общие разведанные запасы подсчитаны в количестве более 6 млн. м³/сут [2].

При всех своих положительных качествах артезианские воды Беларуси довольно часто (около 80 %) содержат повышенное количество растворенного железа, которое как микроэлемент является необходимым для растений, животных и человека. Но его избыток ухудшает функции практически всех органов человека, особенно печени, костной системы, и вызывает сильное отравление организма. Длительное употребление человеком воды с повышенным содержанием железа приводит к заболеваниям печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма. Поступающее в организм человека железо входит в состав гемоглобина крови и участвует в переносе кислорода, обладая способностью легко переходить из двухвалентного в трехвалентное и обратно. Оно является и биологическим катализатором. Значительные запасы железа создаются в печени, и при продолжительном поступлении после насыщения печени избыток его накапливается в виде коллоидной окиси железа, что вредно действует на клетки печени, вызывая их разрушение, нарушая функции.

Вода с повышенным содержанием железа причиняет неудобства в быту, неприятна на вкус. Чайники, кастрюли, раковины и ванны покрываются бурым налетом, окрашивается белье, не развариваются овощи. Вода из водопроводного крана приобретает специфический запах и привкус, мутнеет, заполняет бурым осадком санитарно-техническую арматуру и трубы.

На территории Республики Беларусь пресные воды вскрыты в разрезе осадочного чехла, а также в верхней трещиноватой зоне фундамента. Мощность пресноводного слоя колеблется в значительных пределах. Наименьшая мощность (50-100 м) наблюдается на участках глубоких эрозионных врезов долин крупных рек (Западной Двины, Днепра, Припяти и др.), максимальная зафиксирована в крайней западной части Брестского гидрогеологического бассейна, где она превышает 450 м, а также в центральной части Белорусского гидрогеологического массива, где предполагаемая мощность более 500 м. В основных напорных горизонтах количество железа часто превышает предельно допустимые концентрации (0,3 мг/дм³) в 5-20 раз (1,5-6 мг/дм³), а в грунтовых водах это превышение иногда возрастает в 40-60 раз (до 12-18 мг/л) [3]. Высококонцентрированные железосодержащие воды образуются также в результате техногенной деятельности, в частности при промывке фильтров на станциях обезжелезивания подземных вод.

Борьба с избыточным железом в хозяйственно-питьевых и производственных водопроводах является одной из основных технологических, экологических и социальных проблем. Допустимые концентрации соединений железа составляют:

- коммунальное хозяйство – 0,3 мг/дм³;
- пищевая промышленность – 0,1...0,3 мг/дм³;
- пивоварение – 0,1 мг/дм³;
- паросиловое хозяйство 0,1...0,005 мг/дм³;
- электронной промышленности – следы.

Эффективность очистки добываемой подземной воды от железа с доведением ее качества до требований потребителей может основываться только на полном учете природных особенностей железосодержащих подземных вод. Следует иметь в виду формы миграции железа, гидрохимические типы подземных вод с повышенным содержанием железа, горизонтальную и вертикальную зональность железосодержащих вод, причины изменения концентраций железа во времени.

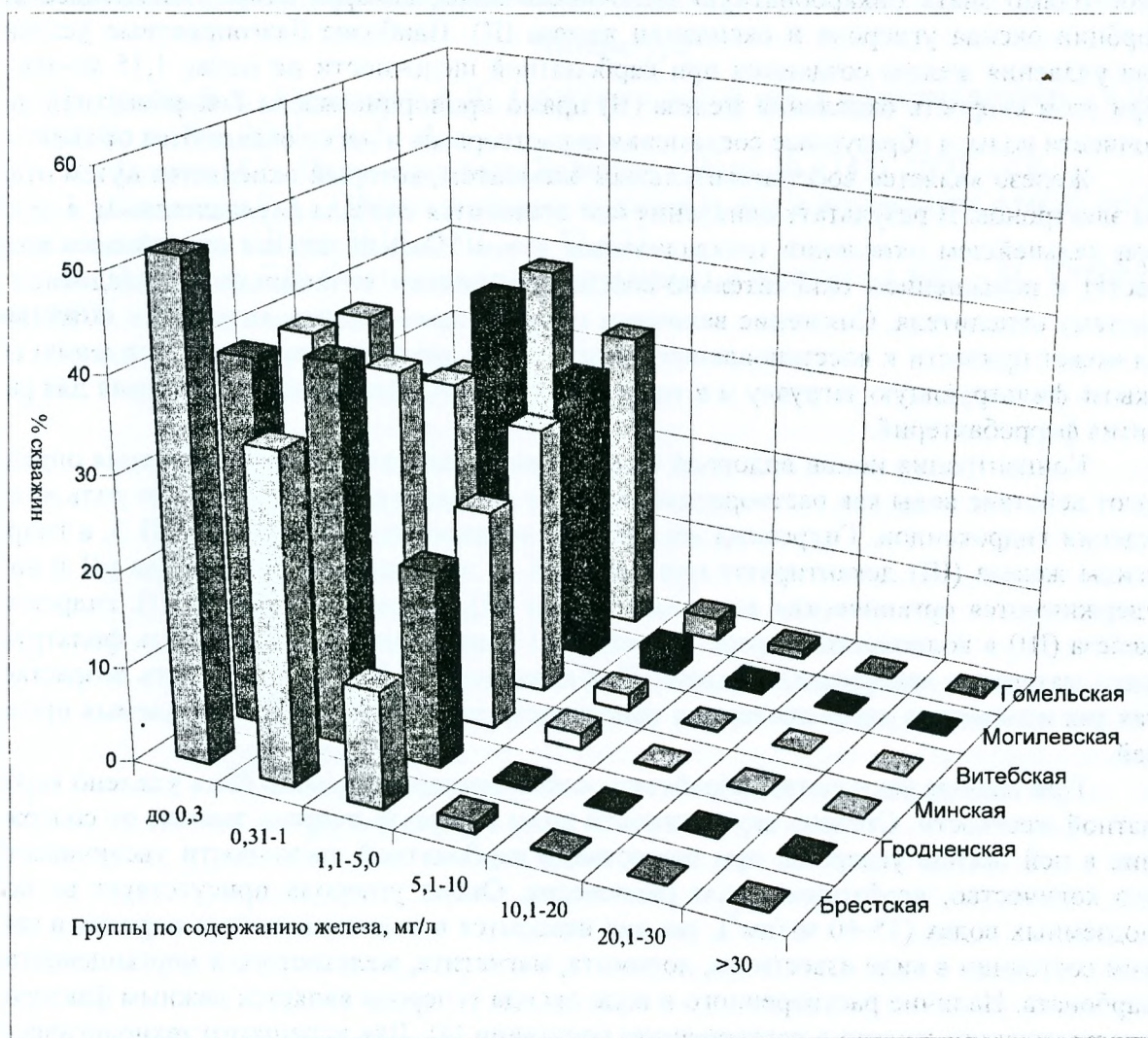
На территории Беларуси формируются два геохимических типа пресных гидрокарбонатно-кальциевых подземных вод с избытком железа. Первый связан с напорными водоносными горизонтами, которые являются основными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения. Они хорошо изолированы от атмосферы, а поэтому не содержат кислород, имеют восстановительную среду и низкий показатель окислительно-восстановительного потенциала. В этих бескислородных водах преобладают простые миграционные формы (Fe²⁺), которые путем окисления, гидролиза и осаждения легко удаляются методами аэрации с последующим фильтрованием. Второй тип железосодержащих вод связан с грунтовыми водами первых от поверхности горизонтов с высоким содержанием фульвокислот и гуминовых кислот. Двухвалентное (Fe²⁺) и трехвалентное (Fe³⁺) железо образует с гуминовыми и фульвокислотами устойчивые комплексные соединения, которые противостоят гидролизу, легко мигрируют, концентрируются в больших количествах, трудно удаляются из воды, поскольку сложные оболочки разрушаются только специальными реагентами в наземных условиях на станциях обезжелезивания и требуются более сильные окислители.

Изменение в грунтовых водах концентрации органических веществ гумусового ряда определяет горизонтальную зональность. В этих кислородсодержащих водах, где основной причиной миграции железа является его комплексообразование, все колебания содержания железа вызываются пропорциональными изменениями концентрации органических веществ.

Вертикальная зональнасць – змяненне канцэнтрацыі жалеза з глыбінёй, звязана з акіслітэльна-восстаноўлівай зональнасцю падземных вод, псколькі акісленныя (Fe^{3+}) формы жалеза менш растваримы па сраўненню з восстаноўлівымі (Fe^{2+}). Для першай зоны прэсных вод пры наяўнасці ў іх кісларода і мінімуму арганікі, с адносна высокім акіслітэльна-восстаноўлівым патэнцыялам ($E_h > 200$ мВ) найбольш верагодны невысокія канцэнтрацыі жалеза (адзінцы мг/дм^3 і менш) [3].

Вторая зона аб'яднае бескіслародныя воды са сярэднім E_h (+150+250 мВ) і бласпрыятна для існавання ў іх жалеза ў выглядзе (Fe^{2+}), якое абурае хораша растваримыя саадинення с асновнымі аніонамі падземных вод. Вертикальныя воды абычно звязаныя благодаря пратэканню падземных вод.

Прадстаўленне аб распаўсюданні жалеза ў падземных водах Беларусі дае выбарка па 8804 скважынам, сааваенная ў БелНІІГіпросельскае, на аснованні якой пастроена дыяграма, прадстаўленая на рысунке [3].



Найбольш складаныя ўмовы абезжалезівання воды пры высокіх канцэнтрацыях жалеза і устойлівых яго формах адмечены ў населенных пунктах ў Полесскай нізменнасці, Полоцкай нізіне і другіх паніжэнных і забалочаных тэрыторыях, дзе трэба праводзіць прадварітальную реагентную апрацоўку воды. На больш павышаных тэрыторыях да ўдасканаленых вынікаў прыводзяць метады простага аэрацыі с паслядуючым фільтраваннем.

Улічваючы формы міграцыі жалеза, гідрохімічныя тыпы падземных вод, гарызонтальную і вертыкальную зональнасць жалезасодержащих вод, апісаныя вышэ, прааналізавав дыяграму, пастроенную ў коардынатах “акіслітэльна-

восстановительный потенциал (E_h , мВ) – значение рН”, можно первоначально определить технологию соответствующей обработки воды.

Выбор технологии обезжелезивания воды зависит от многих факторов: природы соединений железа (минеральная или органическая), щелочности, окисляемости и рН воды, карбонатной жесткости, содержания свободного оксида углерода, температуры, минерализации воды, содержания сульфатов и сульфидов, соединений азота, хлоридов, сероводорода, степени окисления железа, присутствия ферробактерий.

В условиях водоподготовки существует различие между способами улучшения качества подземных вод при наличии железа в минеральной или органической форме. При минеральном происхождении применяются безреагентные технологии, при органическом происхождении – обработка требует использования реагентов, что более сложно и трудоемко и требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат.

Если железо присутствует в воде в растворимой форме, то для выбора технологии необходимо знать бикарбонатную щелочность воды, которая влияет на процесс десорбции оксида углерода и оксидации железа (II). Наиболее благоприятные условия для удаления железа создаются при карбонатной щелочности не менее 1,35 мг-экв/л. При этом скорость окисления железа (II) прямо пропорциональна бикарбонатной щелочности воды, а образуемые соединения нерастворимы и легко отделяются от нее.

Железо является восстановительным элементом, который окисляется путем отдачи электронов. В результате окисления оно становится сначала двухвалентным, а затем при дальнейшем окислении трехвалентным ионом. Окислительная способность воды растет с повышением окислительно-восстановительного потенциала и с введением в систему окислителя. Снижение величины окислительно-восстановительного потенциала может привести к восстановлению железа (III) в двухвалентное и прохождению его сквозь фильтрующую загрузку и в тоже время создать благоприятные условия для развития ферробактерий.

Концентрация ионов водорода в воде и ее кислая или щелочная реакция определяют действие воды как растворителя, поэтому значение рН играет важную роль в осаждении гидроксидов. Гидроксид железа (III) начинает осаждаться при рН 3, а гидроксиды железа (III) декантируются при рН 8-8,5. В зависимости от значения рН в воде удерживаются органические коллоиды железа (II), гидроксида железа (II), гидроксид железа (III) в коллоидной форме. Значение рН воды влияет на способность фильтрующего материала задерживать железо. При повышении рН эта способность возрастает, так как изменяется дзета-потенциал поверхности зерен загрузки и извлекаемых примесей.

При выборе технологии обработки особое внимание должно быть уделено карбонатной жесткости. Степень агрессивности воды в первую очередь зависит от содержания в ней оксида углерода, при возрастании карбонатной щелочности увеличивается его количество, необходимое для равновесия. Оксид углерода присутствует во всех подземных водах (15-40 мг/дм³), так как находится в водовмещающих породах в связанном состоянии в виде известняка, доломита, магнетита, железистого и марганцевистого карбоната. Наличие растворенного в воде оксида углерода является важным фактором, удерживающим железо в растворенном состоянии [4]. Для успешного технологического процесса необходимо удаление избытка свободного, растворенного в воде, оксида углерода, т. е. того количества, которое обуславливает ее агрессивные свойства.

Органические вещества, присутствующие в воде, оказывают негативное влияние на процесс удаления железа, когда их количество, определяемое перманганатной окисляемостью, свыше 6,5 мг/дм³. При обработке воды фильтрованием они образуют желатиновые пленки на зернах фильтрующей загрузки, что затрудняет процесс адсорбции и хемосорбции. Для окисления органических веществ расходуется значительное количество кислорода, превышающее то, которое требуется для оксидации железа.

Гуминовые комплексы, являясь восстановителями для железа (III), образуют вместе с ним гуминовые комплексы железа, представляющие собой устойчивые коллоидные соединения. Частицы гумуса заряжены отрицательно, поэтому они адсорбируют положительные ионы электролитов из воды и образуют гуминовые соединения – гуматы. В кислой среде амфотерные гуминовые соединения железа практически не растворимы в воде, но при величине рН свыше 7,2 они начинают растворяться.

Температура воды влияет на растворимость в ней газов: углекислоты, кислорода, сероводорода, метана, а также на процесс аэрации вода (с ростом температуры растворимость кислорода и углекислоты снижается), а также на величину окислительно-восстановительного потенциала, которая понижается с увеличением температуры.

Анализ тенденций развития методов обезжелезивания показал, что при выборе метода обезжелезивания следует учитывать значительное количество факторов, зачастую являющихся специфическими для данного типа вод, чтобы обеспечить надежность, технологичность, простоту его использования.

Литература

1. Новак В.А., Гуринович А.Д.. Проблем с водой нет, с водоснабжением – в бытке // Вода, №8, 2000. – с. 3 – 4.
2. Ясовеев М.Г.. Подземные воды Беларуси // Вода, № 4 (43), 2000. – с.8.
3. Станкевич Р.А.. Обезжелезивание подземных вод в водоносном пласте: предпосылки и методы // Вода, №10, 2001. – с. 22 – 23.
4. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. – М.: Стройиздат, 1978. – 160 с.