

К ВОПРОСУ СОВМЕСТНОГО УДАЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА И АММОНИЙНОГО АЗОТА ПРИ АЭРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

*к.т.н., доц. В.Д. ЮЩЕНКО
м.т.н., аспирант Е.С. ВЕЛЮГО
м.т.н., Е.И. РАШКЕВИЧ*

*Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк
УП «Витебскоблводоканал», г. Витебск*

ABSTRACT The characteristics of underground waters of the Vitebsk region are presented. The study of the processes of removing iron and ammonium from groundwater is described. The effect of dissolved oxygen on the water treatment process is considered. Presents the technological scheme of removal of iron, manganese and deammoniation water.

В природных и сточных водах азот выступает в следующих основных формах: в виде иона аммония NH_4^+ , нитрит-ионов NO_2^- , нитрат-ионов NO_3^- и в составе органических соединений.

Повышение концентрации ионов аммония и нитритов обычно указывает на свежее загрязнение, в то время как увеличение содержания нитратов — на загрязнение в предшествующее время. Все формы азота, включая и газообразную, способны к взаимным превращениям.

Источником азотного загрязнения подземных вод могут являться: неочищенные хозяйственно-бытовые, производственные и навозные стоки, дождевые и талые воды с сельскохозяйственных полей, разложение белковых веществ и мочевины при анаэробном восстановлении нитратов и нитритов. К антропогенным источникам поступления аммонийного азота в подземную среду относятся сельскохозяйственные удобрения, системы септиков и захоронение отходов животноводства. Например, с одного гектара орошаемых земель выносятся в водные системы 8...10 килограммов белкового азота.

Скопление белкового азота подвержено аммонификации, и этот процесс разлагает белки до аммонийного состояния. При окислении аммонийный азот высвобождается в виде аммиака. Далее он окисляется до состояния нитритов и затем нитратов, или же повторно участвует в уже новом синтезе.

Перенасыщение ионами аммония отражает ухудшение санитарной ситуации в водоеме. Это эффективный индикатор загрязнения, как для подземных, так и для естественных поверхностных водных объектов. При этом может происходить уменьшение содержания нитратов с увеличением количества аммиака и органического азота. Прежде всего, данный показатель демонстрирует присутствие бытовых и сельскохозяйственных примесей.

Вся эта группа азотных загрязнителей воды в больших концентрациях отрицательно воздействует на человека и остальные виды живых организмов. В республике Беларусь (РБ) для воды хозяйственно-питьевого водоснабжения согласно СанПиН 10.124-99 приняты следующие ПДК: аммонийный азот ≤ 2 , нитриты ≤ 2 , нитраты ≤ 45 мг/дм³.

Объектом исследования явились артезианские воды Витебской области республики Беларусь.

Общее число жителей составляет порядка 2,15 млн. человек, в т.ч. городское население – 77%. Населенные пункты снабжаются водой только из подземных источников, крупные промышленные предприятия используют поверхностные воды. Число станций обезжелезивания – 218 шт, в т.ч. в сельской местности около 160 шт.

Краткая характеристика состава подземных вод Витебской области РБ следующая.

В бассейне р. Западная Двина в 2018/2019 гг. значительного изменения качества подземных вод по физико-химическому составу прошлых лет не выявлено [1].

Но, по данным лабораторий, концентрации нитритов, нитратов и аммонийного азота в подземных водах возросли во многих районах области, где с азотсодержащими удобрениями и отходами обращаются недостаточно осмотрительно. В таких местах вода зачастую становится непригодной для питья [2].

За отчетный период были проанализированы ряд скважин Витебской области, содержащих в воде аммонийный азот и нитриты, а также другие загрязнения. Установлено, что артезианские воды являются в основном гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми. Температурный режим подземных вод при отборе проб находился в пределах от 7,5...7,8°С. По величине водородного показателя подземные воды характеризуются как нейтральные и слабощелочные от 6,8 до 7,8 единиц. Содержание сухого остатка изменялось в пределах 200...697,0 мг/дм³, хлоридов – 2,0...130 мг/дм³, сульфатов – 20...300 мг/дм³, нитратов – 0,7...2,7 мг/дм³, аммиака (по азоту) – до 4,5 мг/дм³. Общая жесткость составляет 3,27...6,85 мг-экв/дм³, а в подземных водах в северо-западной части бассейна реки Западная Двина в основном равна 3...4 мг-экв/дм³. Среднее содержание основных макрокомпонентов, в целом, невысокое, но в скважинах юго-восточной и западной областях часто встречаются повышенные значения предельно-допустимых концентраций

(ПДК) по окисляемости перманганатной (в 1,4 раза), нитритам и аммонии (более, чем в 2 раза) и показателю мутности (до 3...5 раз) [3].

В таких случаях необходимо прежде всего решать вопросы с удалением загрязнителей азотной группы из подземной воды, причем существующие технологии и методы в этой области имеют ряд недостатков, т.е. требуются более рациональные подходы с дальнейшей их оптимизацией и применением других, более прогрессивных процессов водоподготовки.

Исследования проводились на реальной подземной воде ряда станций обезжелезивания в различных районах Витебской области. Основная часть экспериментов выполнялась при обработке подземной воды на станции обезжелезивания для населенного пункта с суточным водопотреблением 45...60 м³/сут. Исходная концентрация общего железа и аммонийного азота составила до 4,5 мг/дм³, величина рН – 7,1...7,3. Работа станции была крайне неравномерной по часам суток, особенно в ночное время. Дополнительно устанавливалось лабораторное оборудование, которое позволило проецировать и применять различные технологические схемы.

Результаты экспериментов.

1. Метод упрощенной аэрацией с последующим фильтрованием на песчаной загрузке. Сжатый воздух подавался при помощи эжекторов, его удаление производилось вантузами фильтров. При эксплуатации в режиме длительного времени остаточные концентрации по железу составили 0,6...1,5 мг/дм³, по аммонийному азоту – 3,2...4,3 мг/дм³. Концентрация кислорода в воде после эжекторов была равна 4,3 мгО₂/дм³, после фильтров – 0,2 мгО₂/дм³. Отмечено постоянное засорение вантузов после промывки фильтров, после чего качество воды после них резко ухудшалось. Засорение происходило и всего слоя загрузки. Это говорит о том, что такая методика очистки подземных вод сложного состава не может работать без усовершенствования самой технологии водоочистки;

2. Вместо эжекторов установлена аэрационная напорная емкость с диспергатором, подача воздуха осуществлялась от компрессора. Время контакта воды с воздухом в аэраторе составила до 2 мин., там же производилось удаление избыточного воздуха, после чего вода подавалась на фильтры, где остаточный воздух удалялся через вантузы. В очищенной воде концентрация железа снизилась до 0,5...0,7 мг/дм³. Но по аммонии, концентрация практически осталась такой же, как и в первой стадии экспериментов, т.е. 3...4 мг/л. Концентрация кислорода в воде после аэратора увеличилась до 6-7 мгО₂/дм³, но на выходе осталась прежней. В отношении вантузов фильтров положение не изменилось. Очевидно, что повышение концентрации кислорода после аэратора позволило увеличить эффект удаления железа, но все равно не достигло желаемого результата – 0,3 мг/дм³.

Дополнительное применение гипохлорита натрия перед фильтрами также не был достигнут положительный эффект. Эксперимент заключался в насыщении воды кислородом воздуха в течение 3, 6 и 10 минут с последующим добавлением гипохлорита-натрия, доза по активному хлору которого была определена теоретически. После чего исследуемая вода пропусклась через лабораторный фильтр, загруженный кварцевым песком (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты экспериментов при дополнительном применении гипохлорита-натрия на станции обезжелезивания Витебской области

№ п/п	Наименование показателей воды	Норматив (ПДК)	Исходная вода после скважины	Вода после фильтров (после 1 ступени)	Значения показателей качества воды		
					После аэрации		
					3 мин +ГХН (1 проба)	6 мин +ГХН (2 проба)	10 мин +ГХН (3 проба)
1	NH ⁴⁺ , мг/дм ³	2,0	4,24	–	3,03	2,86	2,68
2	pH	6-9	7,1	7,6	7,7	7,6	7,6
3	Количество кислорода в воде	–	0,5	6,5	8,9	8,9	8,9
4	Железо общее	0,3	4,48	0,28	–	–	–
5	Окисляемость перманганатная	5,0	–	–	4,6	4,36	3,8

3. В дальнейшем на аэрационной колонне было перекрыто удаление избыточного воздуха и увеличен диаметр вантузов, т.е. воздух полностью удалялся уже в фильтрах. Концентрация кислорода в воде после аэрации достигала свыше 8,5 мгО₂/дм³, но после фильтров все равно была всего лишь 0,5 мгО₂/л. В очищенной воде был достигнут необходимый эффект с содержанием железа, которое снизилось до 0,1...0,3 мг/дм³, удаление аммонийного азота происходило незначительно на 0,55...0,8 мг/дм³, но было выше 2,8 мг/дм³. Увеличение диаметра вантузов фильтров позволило повысить промежуток между их прочистками до 2...3 суток, хотя полностью отрицательных явлений избежать не удалось;

4. После замены песчаной загрузки фильтров на сорбент АС был достигнут положительный результат по железу, увеличился период между прочистками вантуза свыше 3 суток, но по аммонийному азоту остаточные концентрации в обработанной воде не изменились [5];

5. Применение вторичной аэрации воды после фильтров и подача ее на дополнительный фильтр с песком или сорбентом АС (вторая ступень фильтрования) снижает концентрацию аммония на 30...40%, что часто является достаточным. Однако при его начальной концентрации свыше 3,5 мг/дм³ остаточная концентрация составляет более 2 мг/дм³. В этом случае вместо традиционной загрузки желательно применить цеолиты, повышая эффект удаления до 65–75% [6]. Вполне возможно, что этот фильтр (фильтроцикл устанавливается расчетом и в период проведения пуско-наладочных работ) будет работать часть суток так, чтобы остаточная концентрация аммония в регулирующих емкостях не превышала 2 мг/дм³ или нитратов 45 мг/дм³. Данный метод не имеет недостатков, присущих биологическому, но успешно работает при концентрации по аммонийному азоту до 6 мг/дм³ и нитратам до 70...80 мг/дм³.

За период 2019–2020 гг. была проведена следующая экспериментальная часть в лабораторных и производственных условиях при обработке реальных подземных вод малого водопотребления (150...1000 м³/сут) для удаления железа, марганца, аммонийного азота:

6. Исследован биологический метод в производственных условиях. Установлена высокая эффективность удаления железа и аммония. Но, имеются мешающие и нарушающие процессу причины:

- работа только части суток приводит к нарушению биологических процессов [4];

- длительный процесс вывода фильтров на рабочий режим (может достигать до нескольких месяцев);

- особый режим промывки фильтров (и даже в этих случаях может потребоваться замена загрузки через 6...8 месяцев);

- невозможность обеззараживания воды.

Т. е. данный метод требует тщательного и постоянного наблюдения за работой сооружений, что относит его к дорогостоящим и крайне сложным методам, особенно при малом водопотреблении.

7. Для станций рассматриваемого ряда по производительности до 1000 м³/сут также установлено, что эрационный метод с использованием эжекторов и последующим фильтрованием на песчаных фильтрах не дают положительный результат по железу и аммонии. При содержании аммонийного азота свыше 2,0 или нитратов более 45 мг/дм³ практически весь кислород воздуха расходуется на окисление железа, при этом концентрации загрязнителей азотной группы, практически не снижаются (если да, то на 10...15%), что не решает задачу их удаления. Установка вместо эжекторов напорного аэрационного резервуара (с подачей воздуха от компрессора) до фильтров улучшает процесс удаления железа и марганца до требуемых показателей, но также не удаляет азотную группу. Т. е. результаты по качеству обработанной воды полностью повторяют опыты на станциях обезжелезивания до

100 м³/сут. Следует отметить, что уже содержание аммонийного азота выше 0,7...0,8 мг/дм³ или нитратов более 25 мг/дм³ значительно осложняет процессы удаления железа и марганца, и желательнее вместо эжекторов применять аэрационные резервуары с повышением соотношения воздуха и воды до 0,4 м³/м³. Применение вместо песка сорбента типа АС в фильтрах, а также устройство на вантузах щелевых колпачков дает стабильный высокий эффект удаления железа, но также без снижения аммония или нитратов.

Таким образом, использование аэрационных методов снижения железа и марганца в присутствии загрязнителей азотной группы для малых населенных пунктов указывает на применение технологической схемы двухступенчатого фильтрования с устройством аэрационных резервуаров до и после фильтров первой степени.

Список использованной литературы:

1. Мониторинг подземных вод Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Результаты наблюдений 2019 года – URL: <http://www.nsmos.by/content/175.html> (28.10.2020)
2. North Belarus Clean Water Sub-Project: Environmental and Social Assessment Report. Final report of November 29, 2018.
3. Ющенко В.Д. Особенности применения методов удаления железа подземных вод при малых объемах водопотребления / Ющенко В.Д., Велюго Е.С./ Водохозяйственные проблемы региона: сборник научных трудов – Калининград, 2016 – с. 92-96.
4. Седлухо, С. П. Роль биологических процессов в технологиях очистки подземных вод/С. П. Седлухо, М. И. Лемеш//Вестник Белорусского национального технического университета. -2008. -№ 1. -С. 5-9.
5. Ющенко В.Д., Анализ применения фильтрующих материалов для удаления загрязнений из подземных вод сложного состава/ Ющенко В.Д., Велюго Е.С., Пивоварова С.И. //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки – Новополоцк, 2018, с 116-119.
6. Ющенко В.Д. Исследование фильтрующих свойств цеолитовых загрузки для обезжелезивания воды на территории г. Полоцка/ Велюго Е.С., Козицин Т.В., Ющенко В.Д./ Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации: сбор. науч. трудов. междунар. науч. конф., Новополоцк, 28-29 ноября 2019 г. / Полоцкий государственный университет; под ред. Л.М.Парфенова [и др.].– Новополоцк, 2019. – с 533–538