

УДК 622.691.4.07

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АЭРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
НА НАПОРНЫХ СТАНЦИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ****А.А. КЛЕНОВИЧ, С.А. МАЛЕЦ, Ю.И. МОЛОТКОВА**
(Представлено: Е.С. Велюго, Е.В. Лесович)

В настоящее время для малых населенных пунктов широко применяются централизованные системы водоснабжения из подземных источников, характеризующихся повышенным содержанием двухвалентного железа, окисляемости, цветности и аммонийных солей. В данной статье будет предложена сравнительная оценка аэрационного оборудования на напорных станциях водоподготовки для малых населенных пунктов.

Введение. Вода — один из самых важных ресурсов для жизнедеятельности человека и устойчивого развития населенных пунктов. В условиях растущих требований к качеству питьевой воды и ограниченных ресурсов, особенно в малонаселенных пунктах, эффективное водоснабжение становится актуальной задачей. Одним из ключевых этапов процесса водоподготовки является аэрация, которая позволяет удалять растворенные газы и повышать содержание кислорода, что, в свою очередь, способствует улучшению качества воды.

В Витебском регионе подземные воды действительно характеризуются высоким содержанием железа, что связано с геологическими и гидрогеологическими условиями данной территории [1]. Поэтому содержание железа в подземных водах Витебского региона требует внимательного подхода. Тем самым инженеру в области водоснабжения должны выбирать эффективные методы очистки с целью обеспечения здоровья населения и сохранения экосистемы региона.

Существует множество технологий и оборудования для аэрации. Какие технологии аэрации наиболее эффективны и экономически целесообразны для применения в таких условиях? Как различные типы аэрационного оборудования влияют на качество воды, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание? В данной статье мы проведем сравнительную оценку различных типов аэрационного оборудования, применяемого на напорных станциях водоподготовки для малонаселенных пунктов.

Основная часть. Подача воздуха в фильтры может осуществляться тремя способами: безнапорный, эжекторный, напорный с использованием компрессора.

В случае применения безнапорного варианта вода насыщается кислородом воздуха дважды в приемной камере и непосредственно в фильтре путем ее излива с высоты 500–600 мм [2].

Для малых населенных пунктов обычно используется напорная схема обработки подземной воды, когда она перед фильтрами насыщается кислородом воздуха посредством эжектора или компрессора [3].

Эжектор — это простое устройство, позволяющее под действием вакуума засасывать воздух в трубу подачи воды. За счёт того, что труба сначала сужается, а затем расширяется, изменяется скорость потока и возникает область пониженного давления, в которой происходит подсос воздуха (принцип работы — сопло Вентури) через специальное отверстие. Чтобы предотвратить вытекание воды наружу, вакуумный патрубок оснащается обратным клапаном. После эжектора вода поступает на фильтровальную установку.

Эжекторная система аэрации широко применяется при методе упрощенной аэрации. К достоинствам этого метода относятся простота обслуживания, технологическая надежность, низкая себестоимость очистки, безреагентная обработка воды. Но, следует отметить, что одноступенчатая схема обработки воды сложного состава, когда кроме железа, содержатся дополнительные загрязнения (мутность, цветность, окисляемость, марганец, соли аммония и др.) на напорных фильтрах по методу упрощенной аэрации, имеет низкую технологическую и санитарную эффективность и надежность, т.е. фильтрат не соответствует по качеству нормативным показателям.

При методе интенсивной аэрации для подачи воздуха в основном используется компрессор. Часто при этом перед напорными фильтрами устанавливают аэрационные колонны различного типа. При плохой промывке фильтров в толще загрузки образуются конгломераты соединений железа, достигающие размера в диаметре до 10–15 мм, объем загрузки увеличивается ее приходится часто менять. Без перегрузки фильтра в этом случае обойтись трудно. Все эти недостатки особенно проявляются при высоком, 5 мг/дм³ и более, содержании железа в воде. Можно промывать фильтровальную установку водо-воздушной системой, обеспечивающей более глубокое удаление загрязнений из загрузки, но для малой производительности станции водоподготовки это практически невозможно.

Подача воздуха с помощью компрессоров вместо эжекторов непосредственно перед фильтрами улучшает процесс удаления железа до 1,5 мг/дм³, при этом азотная группа по показателю солей аммония (аммиака) также не достигает нормируемых показателей (2,8–3,0 мг/дм³).

Только при дополнительном устройстве аэрационной колонны перед фильтрами, их перевод с параллельной схемы работы на последовательную, замене в первом фильтре загрузки из песка на сорбент АС, а во втором — двойной слой: сорбент АС и цеолит позволило достичь положительных результатов по загрязнению в фильтрате: железо до 0,3 мг/дм³, аммоний до 1,4–1,6 мг/дм³ [3].

Аэрационные колонны (рисунок 1) представляют собой пластиковый корпус фильтра, оснащенный специальным оголовком для подачи и отвода воды и распределения воздуха, воздухоотделительным клапаном.

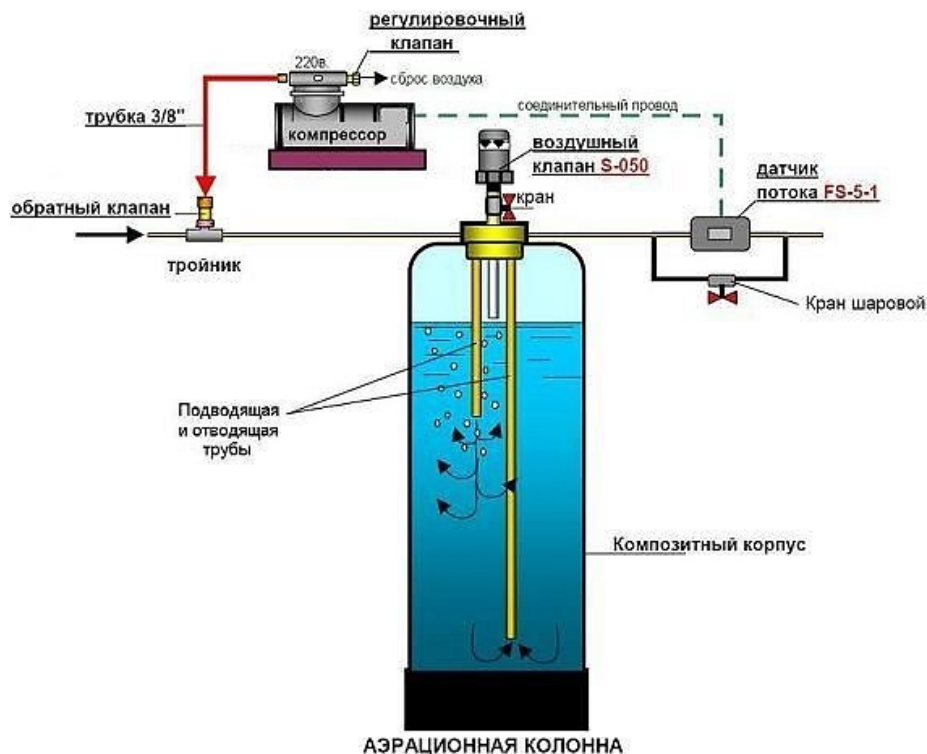


Рисунок 1. – Аэрационная колонна

Основными задачами аэрации являются: окисление растворенного (двухвалентного) железа до трехвалентного с соответствующим его переводом во взвешенное состояние; насыщение воды кислородом с целью интенсификации автокаталитического окисления железа на специальных фильтрующих материалах (АС и МС, ОДМ-2Ф, ОДМ-5Ф и т.п.) и увеличения срока их эксплуатации; отдувка растворенных газов, в т.ч. производных угольной кислоты.

Для достижения наибольшего эффекта аэрации исходной воды корпус аэрационной колонны наполняют различными видами насадок.

По способу установки выделяется несколько видов насадок:

– регулярные – насадка, элементы которой правильно уложены, что обеспечивает их лучшую смачиваемость. К регулярным относится хордовая, блочная и кольцевая насадки.

– нерегулярные – элементы насадки расположены хаотично, загружаются в установку навалом. Такая насадка обладает меньшей удельной поверхностью, чем упорядоченная, ее проще загружать. Нерегулярные насадки бывают кольцевые, седлообразные, пропеллерные и витые. Эта форма чаще всего применяется для водоподготовки питьевой воды.

Элементы кольцевой насадки представляют собой цилиндрические тонкостенные кольца, наружный диаметр которых обычно равен высоте кольца. Диаметр насадочных колец изменяется от 10 до 150 мм. К кольцевым насадкам относятся кольцо Рашига, Палля (рисунок 2), Лессинга и с крестообразной перегородкой.



Рисунок 2. – Кольцо Палля

К насадкам нерегулярного типа относятся кольца Палля, которые предназначены в основном для засыпки навалом, и обладают меньшим гидравлическим сопротивлением и несколько большей эффективностью по сравнению с кольцами Рашига. Кольца Палля широко применяются в качестве башенных насадок в химической, нефтехимической, коксостроительной промышленности, в ТЭЦ и охране окружающей среды, в частности, в технологиях водоподготовки и очистки сточных вод.

Преимущества:

1. Большая пропускная способность и более низкое гидравлическое сопротивление.
2. Большая эффективность разделения и степень смачивания за счёт перфорированной структуры.
3. Развёрнутая структура насадки облегчает равномерную засыпку насадки и этим снижает потери давления.

4. Большая эффективность разделения и степень смачивания за счёт перфорированной структуры.

Кольца Палля изготавливаются из таких материалов, как: металл, пластмассы – полипропилен (ПП), полиэтилен (ПЭ), ПВХ, а также керамики.

Недостатки:

1. Не всегда подходят для всех типов зданий или конструкций.
2. Установка колец может требовать специальных навыков и оборудования, что увеличивает затраты на строительство.
3. Кольца Палля сложны в изготовлении и обладают малым свободным объёмом.

Экспериментальная часть. В экспериментальных исследованиях были рассмотрены три варианта применения аэрационной колонны с подачей воздуха от компрессора:

1. Подача воздуха в колонну 10” с аэрационным струйным смесителем. Колонна была установлена после водомерного узла перед фильтрами.

2. Колонна была загружена на 0,5 высоты плавающими трубками из ПВХ.

3. Колонна была загружена на 0,5 высоты (в опорожненном состоянии) плавающими кольцами Палля.

Для каждого варианта был выполнен эксперимент по эффективности удаления железа в фильтрах с предварительной аэрацией в аэрационной колонне (рисунок 3).

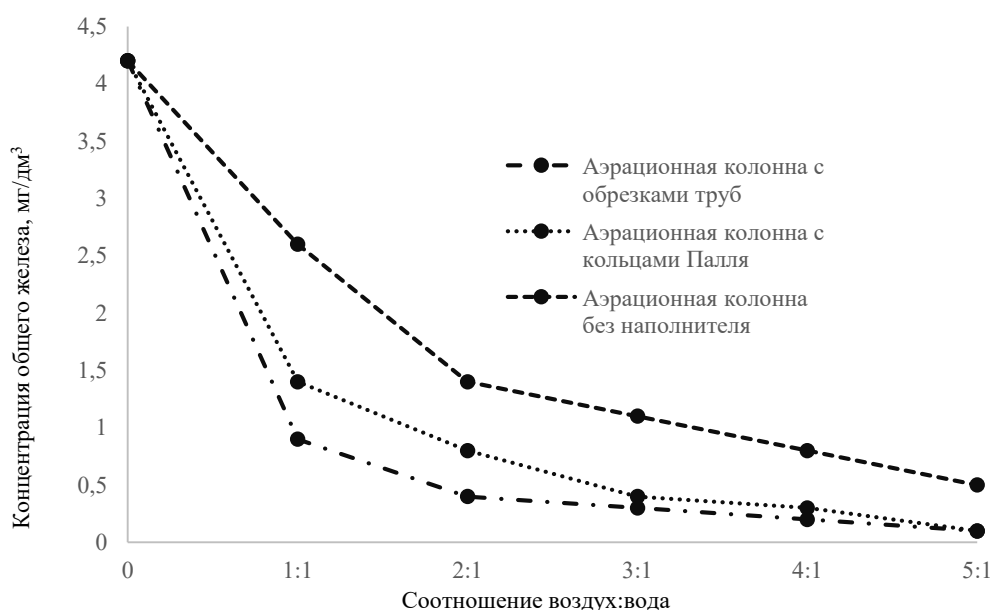


Рисунок 3. – График зависимости концентрации железа при воздушно-водяном соотношении

Заключение. Анализируя график зависимости концентрации железа при воздушно-водяном соотношении видно, что обеспечение нормативного показателя по общему железу ($\leq 0,3 \text{ мг/дм}^3$) достигается при воздушно-водяном соотношении 4:1 в двух случаях – при заполнении аэрационной колонны обрезками труб и при заполнении аэрационной колонны кольцами Палля.

Выполнено технико-экономическое сравнение этих вариантов с учетом надежности работы и обеспечения нормативного показателя по качеству воды, принимая, что конечный продукт должен быть экологически чистым.

В дальнейшем, при очистке подземных вод, в которой присутствуют различные загрязнения и, прежде всего, железо, аммоний и др., рекомендуется применять аэрационные колонны с насадками из обрезков труб или кольца Палля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Велюго, Е.С. Причины загрязнения подземных вод железом с учетом его гидрогеохимических особенностей на территории Республики Беларусь // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. Геоэкология, №8 – Новополоцк, 2021. – С.21 – 24.
2. Чайковский Г.П., Кулаков В.В., Сошников Е.В. Обезжелезивание и деманганация подземных вод: Учебное пособие/ Чайковский Г.П.; – Хабаровск: ДВГУПС, 1998. – 90 с.
3. Yushchenko, V. / Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations / Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. / Groundwater for Sustainable Development – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100943> – Date of access: 08.2023.