

УДК 628.16

Бусарев А.В. – кандидат технических наук, доцентE-mail: reder1@myrambler.ru**Шешегова И.Г.** – старший преподавательE-mail: ig-7@mail.ru**Сундукова Е.Н.** – кандидат химических наук, доцентE-mail: e.sundukova@mail.ru**Гарифьянова Г.Р.** – студентE-mail: kuzya34787@gmail.com**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Некоторые аспекты применения малогабаритных установок для доочистки водопроводной воды

Аннотация

Статья посвящена вопросам доочистки водопроводной воды с помощью малогабаритных установок. В статье рассмотрены причины ухудшения качества водопроводной воды, рассмотрены особенности применения малогабаритных установок различных конструкций, основанных на различных методах очистки воды. На кафедре «Водоснабжения и водоотведения» Казанского государственного архитектурно-строительного университета разработана опытно-промышленная установка для доочистки водопроводной воды с помощью электрохимической активации. В состав этой установки входят сетчатый фильтр, электрохимический активатор водопроводной воды типа «Изумруд», емкость для очищенной воды, соединительные трубопроводы и запорно-регулирующая арматура. В статье приведены исследования эффективности работы установки на объектах г. Казани и г. Альметьевска.

Ключевые слова: малогабаритные установки, фильтры, доочистка водопроводной воды, электрохимическая активация, установка доочистки водопроводной воды.

В последние годы во многих населенных пунктах водопроводная вода не соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, предъявляемым к ней СанПиН 2.1.4.1074-01. По данным государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2014 году» доброкачественной питьевой водой обеспечено только 63,9 % населения РФ (93,254 млн. чел.). Основными причинами этого являются: ухудшение качества воды в источниках водоснабжения, появление новых антропогенных загрязнений, вторичное загрязнение в системах транспортировки водопроводной воды, использование технологий подготовки воды, несоответствующих характеру и количеству имеющихся в наличии загрязняющих веществ [1, 2].

Все это выдвигает на первый план задачу улучшения качества водопроводной воды. Для решения этой задачи широко применяются малогабаритные установки (фильтры) для доочистки воды. Прежде всего к таким установкам следует отнести фильтры, устанавливаемые в местах использования питьевой воды или на вводе в жилые или общественные здания [3]. На сегодняшний день разработаны и запущены в серийное производство малогабаритные установки различных конструкций [3-5]. Наиболее простыми по устройству являются малогабаритные фильтры, осуществляющие очистку водопроводной воды только от крупных нерастворимых частиц с помощью механической фильтрации [3].

Широко применяются фильтры, использующие для глубокой очистки водопроводной воды метод сорбции. В качестве сорбентов используются природные или искусственные пористые материалы. Наилучшим сорбентом, применяющимся в малогабаритных фильтрах, являются древесные активированные угли.

При доочистке водопроводной воды методом сорбции из нее удаляются соли тяжелых металлов, растворимые органические соединения, микроорганизмы, свободный хлор и т.п. К недостаткам адсорбционных фильтров относятся: ограниченный ресурс

используемого сорбента, возможность его микробиологического обрастания, сложность регенерации фильтрующего слоя [3].

Для глубокой очистки воды питьевого качества также применяются малогабаритные ионообменные фильтры. Эти аппараты позволяют снизить жесткость воды, а также содержание в ней ионов тяжелых металлов, что улучшает ее органолептические свойства воды и устраняет образование накипи в санитарно-бытовых приборах. Следует учитывать, что в процессе работы малогабаритных ионообменных фильтров повышается солесодержание в обрабатываемой воде. Кроме того, после истощения обменной емкости ионитов необходима их сложная регенерация с использованием кислотных реагентов. При этом образуются сильно загрязненные промывные стоки, которые очень трудно утилизировать [3].

Доочистка водопроводной воды также ведется с помощью мембранных разделителей (обратный осмос). При таком методе очистки вода под избыточным давлением подается в мембранный разделитель, где мембраны из полимерных материалов пропускают воду, задерживая загрязнения [5].

Использование обратного осмоса для глубокой очистки питьевой воды, дает практически полностью деминерализованную, физиологически неполноценную жидкость. Кроме того, такой метод очистки связан со значительными материальными затратами, необходимостью сложной регенерации мембранных разделителей, а также утилизацией сильно загрязненных регенерационных стоков [3].

Наиболее перспективным направлением глубокой очистки водопроводной воды с помощью малогабаритных установок является применение аппаратов электрохимической активации. Серийно установки электрохимической активации типа «Изумруд» выпускаются АО ООТ НПО «Экран» ВНИИМТ [6].

Установки типа «Изумруд», принцип действия которых основывается на электрохимической активации, позволяют получить воду с заранее заданными физико-химическими свойствами. В этих аппаратах протекают процессы окисления и восстановления многократно ускоренные электрохимической реакцией, а также синтезом высокоактивных реагентов, таких как атомарный кислород, озон, перекись водорода, диоксид хлора. Кроме этого, синтезируются некоторые свободные радикалы из молекул воды и растворенных в ней солей [7].

Установка электрохимической активации типа «Изумруд» состоит из электролитической камеры, которая разделена проницаемой перегородкой на анодную и катодную камеры. В них размещаются соответствующие электроды, к которым подводится постоянный электрический ток. Благодаря перегородке происходит миграция анионов в катодную камеру, а катионов в анодную. Таким образом, вода в анодной камере обогащается анионами, а в катодной камере – катионами [6]. Возникающие в установках типа «Изумруд», окислительно-восстановительные реакции способствуют гибели бактерий, вирусов, грибов, спор, различных паразитов; интенсивному разрушению токсичных органических загрязнений (поверхностно-активных веществ, фенолов, пестицидов, гербицидов); удалению из воды ионов тяжелых металлов [7].

Электрохимическая очистка воды в установках «Изумруд» обеспечивает [6]:

- полное обеззараживание воды;
- эффективное удаление или полную деструкцию токсических элементов и соединений;
- удаление избыточных концентраций солей и компонентов твердого осадка;
- направленное изменение окислительно-восстановительного потенциала и повышение биологической ценности воды при сохранении нейтральных кислотно-щелочных характеристик;
- сохранение необходимого для организма количества биологически полезных микро- и ультрамикроэлементов.

Вода, очищенная в установках «Изумруд», изменяет свое энергетическое состояние, лучше усваивается клетками организма и оказывает благотворное воздействие на процессы обмена веществ: ускоряет выведение шлаков и способствует наиболее полному усваиванию питательных веществ [6].

Установки электрохимической активации выпускаются в различных модификациях («Изумруд-Сапфир», «-Агат», «-Рубин», «-Топаз», «-Кварц», «-Аквамарин»). Эти модификации отличаются друг от друга последовательностью технологических операций при электрохимической обработке водопроводной воды. Применяются данные аппараты в зависимости от ее качественных характеристик [7].

Производительность электрохимических активаторов составляет 250, 500 и 1000 л/ч, ресурс этих аппаратов насчитывает 2000 м³, а их срок службы достигает 8 лет. При эксплуатации установок типа «Изумруд» не требуется замена каких-либо деталей. Это позволяет использовать электрохимические активаторы для получения качественной питьевой воды в жилых домах и квартирах, кафе и столовых, детских садах и школах, административных зданиях и на промышленных предприятиях в течение многих лет, используя в качестве исходной, воду из водопроводных сетей населенных пунктов [7].

На кафедре «Водоснабжения и водоотведения» (ВиВ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) разработана опытно-промышленная установка (ОПУ-1) для доочистки водопроводной воды с помощью электрохимической активации. Технологическая схема установки ОПУ-1 представлена на рис.

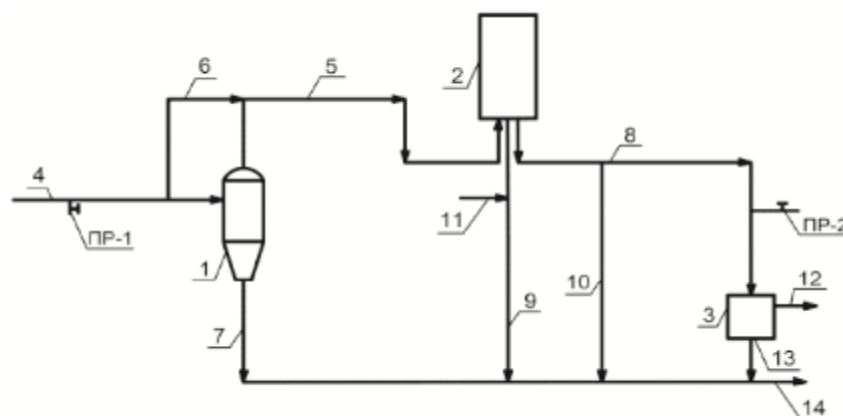


Рис. Технологическая схема опытно-промышленной установки:

- 1 – сетчатый фильтр; 2 – электрохимический активатор; 3 – емкость для очищенной воды;
- 4 – подача водопроводной воды на очистку; 5 – подача воды в активатор;
- 6 – подача промывной воды; 7 – дренаж сетчатого фильтра; 8 – отвод очищенной воды;
- 9 – дренаж активатора; 10 – отвод первой порции воды из активатора; 11 – ввод раствора реагента;
- 12 – подача воды потребителю; 13 – дренаж емкости очищенной воды;
- 14 – отвод воды в канализацию

Сетчатый фильтр 1 марки ФПО-1000 производительностью 1 м³/ч (разработка КГАСУ) предназначен для улавливания крупных взвешенных веществ, ржавчины, окислы. Производительность электрохимического активатора марки «Топаз-500-01» 2, входящего в состав ОПУ-1, составляет 500 л/ч (0,14 л/с). Емкость для очищенной воды 3 объемом 0,5 м³ изготовлена из нержавеющей стали.

Работает ОПУ-1 следующим образом. По трубопроводу 4 в ОПУ-1 подается водопроводная вода на очистку в сетчатый фильтр 1. Очищенная вода по трубопроводу 5 подается в электрохимический активатор 2. Периодически фильтр 1 промывается водопроводной водой, которая подается по трубопроводу 6. Загрязненная промывная вода сбрасывается по трубопроводу 7 в канализацию. Очищенная вода отводится из электрохимического активатора 2 по трубопроводу 8 в емкость 3, откуда по трубопроводу 12 подается потребителю. При необходимости опорожнение емкости 3 осуществляется по трубопроводу 13.

Сброс загрязненной воды, образующейся в процессе работы активатора 2, осуществляется в канализацию по трубопроводу 9. Первая порция воды из аппарата «Топаз-500-01» сбрасывается в канализацию по трубопроводу 10.

Для регенерации электрохимического активатора по трубопроводу 11 вводится 15 % раствор уксусной кислоты, который затем отводится в канализацию по трубопроводу 10.

После обработки реагентами аппарат «Топаз-500-01» промывается водопроводной водой, которая после промывки также отводится в канализацию по трубопроводу 10 [6]. Все стоки из установки ОПУ-1 сбрасываются в бытовую канализацию населенного пункта по трубопроводу 14.

Трубопровод 4 оборудован пробоотборником ПР-1 для отбора проб водопроводной воды, а трубопровод 8 – пробоотборником ПР-2 для отбора проб очищенной воды.

Исследование эффективности работы установки ОПУ-1 проводилось в г. Казани и объектах управления «ТатАИСнефть» АО «Татнефть» в г. Альметьевск. Водопроводная вода пропусклась через установку, пробы исходной и очищенной воды отбирались на анализ. Расход воды измерялся объемным способом с помощью секундомера и мерного цилиндра емкостью 1,0 л с ценой деления 0,01 [8]. Определение показателей качества исходной и очищенной воды проводилось по методикам, приведенным в ГОСТ Р 51232-98 и [9]. Результаты исследований представлены в таблице. Данные таблицы свидетельствуют о том, что исследованная водопроводная вода по некоторым показателям отличается от требований СанПиН 2.1.4.1074-01.

Таблица

Результаты исследований процессов глубокой очистки водопроводной воды

Показатель качества воды	Ед. изм.	СанПиН 2.1.4.10.74-01	Место отбора проб водопроводной воды							
			г. Казань						г. Альметьевск (р. Кама)	
			Ново-Савиновский р-н (Волжский водозабор Куйбышевского водохранилища)		Приволжский р-н (подземный источник п. Салмачи)		Приволжский р-н (подземный источник п. Мирный)			
исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Запах	баллы	2	2	1	2	1	2	1	4	2
			3	2	2	1	2	1	3	1
			3	2	2	1	2	1	4	2
Привкус	баллы	2	4	2	2	1	2	1	4	2
			3	2	1	1	2	1	3	2
			3	1	2	1	2	-	3	1
Цветность	градусы цветности	20	22	12	5	4	10	5	22	12
			23	13	4	3	13	6	23	13
			29	15	5	4	15	3	19	10
Мутность	мг/л	1,5 (по каолину)	2,0	1,3	0,5	0,3	2,5	0,9	4,6	1,5
			1,8	1,0	0,6	0,5	2,5	1,0	4,8	1,5
			1,9	0,9	0,5	0,2	2,4	0,8	4,5	1,5
температура	°С	-	18,0	18,0	11,0	11,9	13,7	13,8	18,0	18,0
			18,1	18,2	10,0	11,1	13,8	13,8	18,1	18,2
			18,1	18,2	9,2	10,3	13,6	13,7	18,1	18,2
Активная реакция среды (рН)	ед. рН	6-9	7,6	7,4	7,8	7,4	7,5	6,8	7,2	7,2
			7,7	7,5	7,6	7,2	7,6	6,9	7,3	7,2
			7,4	7,3	7,7	7,3	6,9	6,9	7,2	7,3
Сухой остаток	мг/л	100 0	304	188	726	513	446	321	313	195
			310	191	735	510	452	317	310	191
			315	197	726	511	392	305	315	197
Окисляемость перманганатная	мг/л	5	4,5	2,0	0,4	-	2,2	1,0	4,0	2,1
			4,9	2,1	0,2	-	2,1	1,0	3,9	2,0
			4,7	2,0	0,2	-	2,1	1,0	4,1	2,0
Мышьяк, суммарно	мг/л	0,05	0,06	-	0,002	-	-	0,02	0,01	-
			0,05	-	0,001	-	-	0,012	0,01	-
			0,02	-	0,001	-	-	0,01	-	-

Продолжение таблицы

Жесткость общая	МГ-ЭКВ л	7,0	4,78 4,81 4,6	2,40 2,41 2,39	12,90 11,15 10,86	7,50 6,57 6,48	7,20 7,24 6,9	4,16 4,12 4,20	2,78 2,81 2,79	1,40 1,41 1,39
Железо общее	мг/л	0,3	0,58 0,6 0,72	0,01 0,01 0,01	0,07 0,1 0,08	- - -	0,59 0,59 0,48	0,01 0,01 0,01	1,0 0,9 1,0	0,1 0,1 0,1
Медь, суммарно	мг/л	1,0	0,09 0,03 0,02	- - -	следы	- - -	0,06 0,04 0,05	0,02 0,01 0,01	0,9 1,0 1,1	0,4 0,4 0,5
Свинец	мг/л	0,03	0,001 - 0,002	- - -	следы	- - -	- - -	- - -	0,03 0,04 0,04	- - -
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	0,001 0,001 0,002	- - -	следы	- - -	- - -	- - -	0,01 0,01 0,01	- - -
Марганец	мг/л	0,1	0,01 0,02 0,015	- 0,001 0,001	0,007 0,006 0,008	- - -	0,02 0,05 0,1	0,007 0,008 0,03	- 0,01 0,01	- 0,001 0,001
Сульфаты	мг/л	500	83,0 85,1 87,4	24,5 22,8 23,1	367 316 294	249 240 235	58,9 59,0 79,5	20,7 20,8 24,9	68,7 65,9 67,0	24,2 22,8 23,0
Хлориды	мг/л	350	14,7 16,7 18,3	3,0 1,9 2,0	9,0 9,3 8,9	3,6 3,8 3,2	14,5 11,9 10,9	5,6 4,8 3,9	40,0 38,5 41,0	20,3 19,6 20,8
Цинк	мг/л	5,0	0,014 0,020 0,019	0,002 0,001 0,001	0,10 0,09 0,12	0,01 0,01 0,01	- - -	- - -	2,1 2,0 2,0	0,2 1,9 1,9
Алюминий	мг/л	0,5	0,46 0,50 0,48	0,1 0,2 0,25	- - -	- - -	- - -	- - -	0,48 0,38 0,59	0,1 0,1 0,2
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1	0,013 0,016 0,015	- - -	0,005 0,005 0,008	- - -	- - -	- - -	0,09 0,1 0,09	0,01 - 0,01
Расход	л/с	-	-	0,131 0,132 0,132	-	0,134 0,136 0,136	-	0,137 0,137 0,136	-	0,131 0,132 0,131

Анализ результатов исследований, предложенной КГАСУ технологии доочистки водопроводной воды с использованием метода электрохимической активации, позволяет сделать следующие выводы:

- а) улучшаются органолептические показатели качества воды (запах, вкус, мутность, цветность);
- б) полностью удаляются тяжелые металлы и токсичные загрязнения (мышьяк);
- в) снижается концентрация органических загрязнений (окисляемость, содержание нефтепродуктов);
- г) снижается солесодержание и жесткость воды.

Предложенная КГАСУ технология доочистки водопроводной воды с использованием электрохимических активаторов была внедрена на объектах управления «ТатАИСнефть», АО «Татнефть» г. Альметьевск [7, 10]. Также техническая документация установок глубокой очистки водопроводной воды с аппаратами типа «Изумруд» была передана нескольким социально-значимым объектам на территории г. Казани [7, 10].

Широкое применение установок доочистки водопроводной воды с использованием аппаратов электрохимической активации позволит решить проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой.

Список библиографических ссылок

1. Адельшин А.Б., Нуруллин Ж.С., Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Хамидуллина А.А. Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Казани // Известия КГАСУ, 2013, № 1 (23). – С. 168-173.

2. Нуруллин Ж.С., Шешегова И.Г., Чиглакова Е.В. Состояние хозяйственно-питьевого водоснабжения города Мензелинск РТ // Материалы международной научно-практической конференции «Культурно-историческое наследие строительства: вчера, сегодня, завтра». – Саратов: Буква, 2014. – С. 93-95.
3. Шешегова И.Г. Хамидуллина А.А., Фаткуллина Г.Р. К вопросу улучшения качества питьевой воды с использованием малогабаритных установок // Сб. трудов V Международного конгресса «Чистая вода. Казань». – Казань: ООО «Куранты», 2014. – С. 272-275.
4. Пичугин А.А., Шешегова И.Г. К вопросу применения малогабаритных установок для доочистки воды // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные, ресурсосберегающие технологии, оборудование систем водоснабжения и водоотведения». – Казань: ЗАО «Новое знание», 2011. – С. 157-159.
5. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод. изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 552 с.
6. Электрохимическая активация: история, состояние, перспективы. Академия медико-технических наук Российской Федерации / под редакцией В.М. Бахира. – М.: ВНИИИМТ, 1999. – 256 с.
7. Адельшин А.Б., Шешегова И.Г., Бажина М.А. Разработка схем доочистки воопроводной воды с применением установок электрохимической активации // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные, ресурсосберегающие технологии, оборудование систем водоснабжения и водоотведения». – Казань: ЗАО «Новое знание», 2011. – С. 123-125.
8. Бусарев А.В. Интенсификация очистки нефтесодержащих сточных вод с применением гидроциклонов с противодавлением на сливах: дис. канд. техн. наук. – Казань: КИСИ, 1997. – 244 с.
9. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
10. Адельшин А.Б., Шешегова И.Г. К вопросу доочистки воды с применением установок электрохимической активации // Сб. трудов IV Международного конгресса «Чистая вода. Казань». – Казань: ООО «Куранты», 2013. – С. 242-244.

Busarev A.V. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: reder1@myrambler.ru

Sheshegova I.G. – senior lecturer

E-mail: ig-7@mail.ru

Sundukova E.N. – candidate of chemical sciences, associate professor

E-mail: e.sundukova@mail.ru

Garifyanova G.R. – student

E-mail: kuzya34787@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Some aspects of the use of small-sized installations for purification of tap water

Resume

In recent years, the quality of tap water is not always correspond to sanitary and hygienic standards for potable water. The main reasons for this are: the deterioration of the water quality of water sources, the emergence of new anthropogenic pollution, the use of outdated technologies of water treatment and secondary pollution in its transportation systems.

To improve the quality of tap water is widely used compact installation of various designs based on different methods of purification. The most promising direction of deep cleaning of tap water with the help of small units is the use of electrochemical activation devices.

The department «Water supply and sanitation» of Kazan State University of Architecture and Engineering developed a pilot plant for purification of tap water by electrochemical

activation. The unit consists of strainer, electrochemical activator tap water such as «Emerald», the capacity for purified water, connecting pipes and Valves.

Research of efficiency of the installation work was carried out at the facilities of Kazan and Almetyevsk. Analysis of the results showed the efficiency of this setup for purification of tap water.

Keywords: small-sized installations, filters, advanced treatment of tap water, electrochemical activation, installation of after-treatment of tap water.

Reference list

1. Adelshin A.B., Nurullin J.S., Busarev A.V., Sheshegova I.G., Khamidullina A.A. Some aspects of the drinking-water supply Kazan // *Izvestiya KGASU*, 2013, № 1 (23). – P. 168-173.
2. Nurullin J.S., Sheshegova I.G., Chiglakova E.V. Status of domestic water supply of the city Menzelinsk Tatarstan // *Proceedings of the international scientific-practical conference «Cultural Heritage of construction: yesterday, today and tomorrow»*. – Saratov: Letter, 2014. – P. 93-95.
3. Sheshegova I.G., Khamidullina A.A., Fatkullina G.R. On the issue of improving the quality of drinking water using a small-sized plants // *Proc. of the V International Congress «Clean Water. Kazan»*. – Kazan: LTD «Kuranty», 2014. – P. 272-275.
4. Pichugin A.A., Sheshegova I.G. On the question of the use of small-sized plants for water purification // *Proceedings of the international scientific-practical conference «Innovative, energy saving technologies, equipment, water supply and sanitation»*. – Kazan: CJSC «Novoe znaniye», 2011. – P. 157-159.
5. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova J.M. Water supply. Designing of systems and structures: in 3 vol. vol. 2. Cleaning and conditioning of natural waters. ed. 3-rd, revised. and ext. – M.: ASV Publishing, 2010. – 552 p.
6. Electrochemical activation: history, status and prospects. The Academy of Medical and Technical Sciences of the Russian Federation / Edited by V.M. Bakhir. – M.: VNIIMT 1999. – 256 p.
7. Adelshin A.B., Sheshegova I.G., Bazhina M.A. Development of schemes aftertreatment vooprovodnoy water using electrochemical activation systems // *Proceedings of the international scientific-practical conference «Innovative, energy saving technologies, equipment, water supply and sanitation systems»*. – Kazan: CJSC «Novoe znaniye», 2011. – P. 123-125.
8. Busarev A.V. Intensification of oily wastewater using hydrocyclones with back pressure on the drain. Candidate of Engineering Sciences Thesis. – Kazan: KIEC, 1997. – 244 p.
9. Lurie Y.Y. Uniform methods of analysis of water. – M.: Chemistry, 1973. – 376 p.
10. Adelshin A.B., Sheshegova I.G. On the question of water purification using electrochemical activation systems // *Proc. of the IV International Congress «Clean Water. Kazan»*. – Kazan: LTD «Kuranty», 2013. – P. 242-244.