

ЭКОЛОГИЯ

Эпоян С. М., д-р техн. наук, проф.,

Душкин С. С., аспирант

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ АКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ РЕАГЕНТОВ НА ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

D.akaSS@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы механизма влияния активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на процессы очистки воды.

Изложены теоретические предпосылки интенсификации процессов очистки воды в системе водоснабжения с помощью активированных растворов коагулянта сульфата алюминия.

Сделан вывод, что наблюдаемые явления можно объяснить следующими факторами: снижением электрокинетического потенциала коллоидных примесей и увеличение адсорбционной емкости гидроксида алюминия, образующегося в процессе очистки воды.

Эффективность очистки зависит от параметров активации и качества осветленной воды.

Ключевые слова: водоподготовка, коагуляция, активация, питьевая вода, электрокинетический потенциал, адсорбционная емкость гидроксида алюминия.

Для очистки воды поверхностных источников водоснабжения, которые обеспечивают водой около 70% населения Украины, от грубо-дисперсных, коллоидных и других загрязнений наибольшее распространение получила физико-химическая технология, в которой процессы отстаивания и фильтрования являются важными элементами систем водоснабжения при подготовке питьевой воды.

Одним из наиболее распространенных методов очистки воды от грубо-дисперсных и коллоидных загрязнений является метод обработки воды коагулянтами, недостатком которого является большой расход реагентов при неблагоприятных условиях коагуляции: недостаточная щелочность, высокая цветность воды и низкая температура осветляемой воды в осенне-зимний периоды года [1].

Анализ существующих методов повышения эффективности работы при подготовке питьевой воды показывает, что весьма актуальным является разработка новых, более эффективных по капитальным и эксплуатационным затратам методов, позволяющих повысить эффективность работы сооружений водопровода. Таковым является рассматриваемый в данной работе метод магнитно-электрической активации растворов реагентов, который позволяет упростить существующую технологию, сократить трудоемкие процессы приготовления и дозирования реагентов, а также затраты на эксплуатацию очистных сооружений, увеличить их производительность, повысить качество и уменьшить себестоимость очищенной воды. Экономическая и технологическая целесообразность использования активи-

рованных растворов коагулянта в процессах очистки воды подтверждена исследованиями, выполненными в лабораторных и промышленных условиях на очистных сооружениях гг. Светловодска и Краматорска. Разработанный метод интенсификации с применением активированных растворов коагулянтов прошел апробацию, технологические приемы и конструктивные решения для их реализации защищены патентами Украины [2, 3].

Целью данной работы является исследование механизма влияния активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на процессы очистки воды.

Работа выполнена в соответствии с государственной темой Министерства образования и науки Украины «Разработка ресурсосберегающих экологически безопасных технологий при очистке природных и сточных вод» (№ госрегистрации 0107u000253).

Выполнены специальные исследования, позволяющие объяснить повышение эффективности работы очистных сооружений систем водоснабжения с применением активированного раствора коагулянта сульфата алюминия, а именно:

- влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на электрокинетический потенциал примесей в процессах очистки воды;

- изменение адсорбционной емкости гидроксида алюминия при обработке воды активированным раствором коагулянта;

- изменение структурно-механической гидратации коагулированных примесей при магнитно-электрической активации раствора коагулянта.

Установлено, что механизм влияния активированных растворов реагентов на процессы очистки воды можно объяснить следующими факторами:

- наложение на водные растворы внешнего магнитного поля изменяет их структуру и создает условия для образования ионных ассоциатов субмикроскопической и коллоидной степени дисперсности;

- возникшие под влиянием магнитного поля ионные ассоциаты являются зародышами новой фазы субмикроскопической и коллоидной степени дисперсности и после их стабилизации выполняют роль дополнительных центров коагуляции;

- стабилизация ионных ассоциатов осуществляется с помощью анодно-растворенного железа, содержание которого не превышает 1000-1500 мг/дм³ 10% раствора коагулянта сульфата алюминия;

- при использовании активированного раствора коагулянта наблюдается снижение ξ -потенциала коагулированных коллоидных систем и повышение адсорбционной емкости гидроксида алюминия, что создает предпосылки для интенсификации процесса коагуляции при очистке воды;

- для активированных растворов реагентов разработаны специальные установки, предусматривающие последовательную и одновременную активацию исходного раствора магнитным полем и насыщение его анодно-растворенным железом [4, 5].

Исследованы особенности использования активированных растворов реагентов для повышения эффективности работы очистных сооружений водопровода. Эти исследования включают следующие основные этапы:

- влияние активированного раствора коагулянта на гидравлическую крупность коагулированной взвеси;

- влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на эффективность очистки воды;

- влияние обработки воды активированным раствором коагулянта на параметры фильтрования;

- увеличение производительности очистных сооружений водопровода, снижение расчетных доз коагулянта.

Установлено, что обработка воды активированным раствором коагулянта позволяет увеличить гидравлическую крупность коагулированной взвеси. Наиболее сильное влияние акти-

вированный раствор коагулянта оказывает на гидравлическую крупность взвеси 0,2 мм/с и меньше, т.е. на наиболее мелкую и трудноудаляемую взвесь, что создает условия для более интенсивного осаждения ее в отстойниках и повышения качества осветления воды, подаваемой на скорые фильтры.

Эффективность осветления воды зависит как от параметров активации (напряженность магнитного поля и количество анодно-растворенного железа в растворе коагулянта), так и от качественных показателей осветляемой воды (табл. 1).

Анализ опытных данных показывает, что эффективность применения активированного раствора коагулянта с увеличением содержания взвешенных веществ в исходной воде повышается и достигает максимальных значений 100–250 мг/дм³, далее наблюдается тенденция к уменьшению эффективности. Цветность осветленной воды при обработке ее активированным раствором коагулянта находится, примерно, на одном уровне и не зависит от содержания взвешенных веществ в исходной воде.

Применение в процессе очистки воды активированных растворов коагулянтов позволяет снизить дозы реагентов, используемых при очистке воды в среднем на 30% (сульфат алюминия) без ухудшения качества фильтрата, увеличить пропускную способность фильтров в среднем на 40%, что позволяет повысить эффективность работы всей системы очистных сооружений в целом.

Опытно-промышленные испытания эффективности использования активированных растворов коагулянта сульфата алюминия были выполнены на очистных сооружениях водопровода г. Краматорска в зимний период 2013г. и период весеннего паводка 2013г., т.е. в периоды, когда процессы очистки воды протекают в неблагоприятных условиях.

Параметры активации: зимний период 2013г. - напряженность магнитного поля (Н) – 175 кА/м, содержание анодно-растворенного железа (Fe^{3+}) в растворе коагулянта – 200 мг/дм³; период весеннего паводка 2013г. - напряженность магнитного поля (Н) – 120 кА/м, содержание анодно-растворенного железа (Fe^{3+}) в растворе коагулянта – 250 мг/дм³.

Изменение мутности осветленной воды при ее обработке обычным и активированным растворами коагулянта сульфата алюминия приведены в табл. 2.

Экспериментальные данные показывают, что содержание взвешенных веществ в осветленной воде после отстойников при использова-

нии обычного раствора коагулянта составляют в среднем $8,4 \text{ мг/дм}^3$ в зимний период и $7,3 \text{ мг/дм}^3$ в период весеннего паводка; после фильтрования - $1,5 \text{ мг/дм}^3$ в зимний период и $1,4 \text{ мг/дм}^3$ в период весеннего паводка. При использовании активированного раствора коагулянта сульфата алюминия содержание взвешенных веществ в осветленной воде составляет: в зимний период - $1,1 \text{ мг/дм}^3$, период весеннего паводка - $0,9-1,2 \text{ мг/дм}^3$, т.е. наблюдается улучшение показателей в осветленной воде по взвешенным веществам после отстойников на 32,7% (период весеннего паводка, после фильтров, соответственно, 36,3% - зимний период и 55,5 - период весеннего паводка).

Анализ опытных данных показывает, что использование активированного раствора коагулянта при очистке воды по цветности позволяет уменьшить цветность осветленной воды по цветности - 37,8% (зимний период, отстойники) и 23,1% (период весеннего паводка, фильтры): в период весеннего паводка улучшение показателей осветленной воды по цветности - 51,9% и 28,8% (период весеннего паводка). При этом качество воды по цветности составляет 16 град. и 15 град. (зимний период и период весеннего паводка).

Улучшение качественных показателей осветленной воды при использовании активированного раствора коагулянта показали возможность снижения расчетных доз коагулянта и повышения производительности сооружений без ухудшения качества фильтрата. Так, в зимний период, при снижении дозы коагулянта на 23,1% (зимний период) качество очистки воды находилось на уровне качества воды при использовании обычного раствора коагулянта: содержание взвешенных веществ после отстойника составляло в среднем $8,4 \text{ мг/дм}^3$ (зимний период и после отстойников) и $1,5 \text{ мг/дм}^3$ (после фильтров, зимний период). При понижении дозы коагулянта содержание взвешенных веществ составляло $6,1 \text{ мг/дм}^3$ и $1,1 \text{ мг/дм}^3$ (зимний период), соответственно, после отстойников и фильтров. Аналогичные результаты получены и при проведении исследований в период весеннего паводка: обычным раствором коагулянта - среднее значение взвешенных веществ после отстойников и фильтров - $5,5 \text{ мг/дм}^3$ и $0,9 \text{ мг/дм}^3$. Одновременно наблюдается и изменение цветности осветленной воды при использовании обычного и активированного растворов коагулянта во всем диапазоне исследований (табл. 3).

Таблица 1

Оптимальные режимы активации растворов сульфата и оксихлорида алюминия

Содержание взвешенных веществ в осветляемой воде, мг/дм^3	Параметры активации (оптимальные)		Остаточное содержание взвешенных веществ, мг/дм^3				Примечание
	Напряженность магнитного поля, кА/м	Содержание в растворе анодно-растворенного железа, мг/дм^3	Вид коагулянта				
			Сульфат алюминия		Оксихлорид алюминия		
			Гидравлическая крупность коагулированной взвеси 1,2 мм/с и более				
			Обычный раствор коагулянта	Активированный раствор коагулянта	Обычный раствор коагулянта	Активированный раствор коагулянта	
период весеннего паводка ($t=10,5-11,5^\circ\text{C}$)							
25	200	150	5,8	4,6	5,1	3,9	Опытные данные из 3 параллельно проведенных экспериментов
50	250	175	7,1	5,4	6,5	4,9	
100	300	250	7,7	5,3	6,5	4,4	
150	400	525	7,5	5,1	6,7	4,5	
200	525	675	8,3	5,8	7,2	5,0	
250	675	800	7,9	5,8	7,0	5,5	
300	950	875	8,1	6,3	7,1	5,5	
350	1150	975	8,9	8,0	7,7	6,7	
400	1200	1050	9,4	8,5	8,3	7,4	
450	1250	1100	9,1	8,2	8,3	7,4	
500	1250	1150	8,5	7,8	8,5	7,7	

Таблица 2

Изменение мутности осветленной воды при ее обработке обычным и активированным растворами коагулянта сульфата алюминия

Дата	Часы	Способ обработки	Подача воды, м ³ /ч	Доза коагулянта, мг/дм ³	Содержание взвешенных веществ, мг/дм ³			Улучшение показателей осветленной воды по взвешенным веществам, %		Снижение дозы коагулянта, %	Повышение производительности очистных сооружений, %
					исходная вода	после отстойника	после фильтров	после отстойников	после фильтров		
26.02.2013г.	8-12	обычный раствор коагулянта	1900	80	10,4	8,5	1,4	-	-	-	-
	12-16		1900	80	10,6	8,3	1,3	-	-	-	-
	16-20		1900	80	10,6	8,5	1,8	-	-	-	-
						средн.- 8,4	средн.- 1,5				
28.02.2013г.	8-12	активированный раствор коагулянта	1900	80	10,6	6,1	1,1	37,7	36,3	-	-
	12-16		1900	65	10,9	6,6	1,2	27,2	25,1	23,1	-
	16-20		2250	65	10,1	6,8	1,2	23,5	25,1	23,1	18,4
	20-24		2500	65	10,6	7,6	1,2	10,5	25,1	23,1	31,9
16.04.2013г.	8-12	обычный раствор коагулянта	2000	90	18,2	7,2	1,3	-	-	-	-
	12-16		2000	90	17,9	7,4	1,5	-	-	-	-
	16-20		2000	90	18,1	7,1	1,4	-	-	-	-
						средн.- 7,3	средн.- 1,4				
18.04.2013г.	8-12	активированный раствор коагулянта	2000	90	18,6	5,5	0,9	32,7	55,5	-	-
	12-16		2000	80	18,3	5,8	1,0	25,8	40,0	12,5	-
	16-20		2500	70	17,5	6,3	1,2	15,8	16,6	28,9	25,0
	20-24		2500	70	18,2	6,5	1,3	12,3	7,6	28,5	25,0

Примечания:

1. Температура воды: 26-28.02.2013г. – 2,5°C;
16-18.04.2013г. – 10,5°C.
2. Параметры активации: 28.02.2013г. - Н=175кА/м; Fe³⁺=200мг/дм³;
18.04.2013г. - Н=120кА/м; Fe³⁺=250мг/дм³.
3. Среднее значение из 3-4 проб.

Влияние обработки воды активированным раствором коагулянта на цветность осветленной воды приведена в табл. 3.

Опытные данные показывают, что за счет более интенсивного протекания процесса очистки воды при использовании активированного раствора коагулянта появляется возможность повышения производительности очистных сооружений водопровода без ухудшения качества очистки воды: в зимний период нагрузка на очистные сооружения может быть увеличена в среднем на 30%, а в период весеннего паводка – в среднем на 25% -качество очистки при этом находится на уровне работы очистных сооружений при проектной нагрузке: качество воды по взвешенным и по цветности соответствует

требованиям к качеству питьевой воды.

Опытно-промышленные исследования показали, что обработка воды активированным раствором коагулянта на очистных сооружениях водопровода г. Краматорска позволяет снизить расчетные дозы коагулянта в среднем на 20-25% без ухудшения качества фильтрата.

Таким образом, механизм влияния активированных растворов реагентов на процессы очистки воды можно объяснить снижением ξ -потенциала коагулированных коллоидных систем и повышением адсорбционной емкости гидроксида алюминия, образующегося в процессах очистки воды.

Таблица 3

Изменение цветности осветленной воды при ее обработке обычным и активированным растворами коагулянта сульфата алюминия

Дата	Часы	Способ обработки	Подача воды, м ³ /ч	Доза коагулянта, мг/дм ³	Цветность воды, град.			Улучшение показателей осветленной воды по цветности, %		Примечания
					исходная вода	после отстаивания	после фильтров	после отстаивания	после фильтров	
26.02.2013г.	8-12	обычный раствор коагулянта	1900	80	35	25	20	-	-	1. Температура воды: 26-28.02.2013г. – 2,5°C; 16-18.04.2013г. – 10,5°C. 2. Параметры активации: 28.02.2013г. - Н=175кА/м; Fe ³⁺ =200мг/дм ³ ; 18.04.2013г. - Н=120кА/м; Fe ³⁺ =250мг/дм ³ . 3. Среднее значение из 3-4 проб.
	12-16		1900	80	35	25	20	-	-	
	16-20		1900	80	35	25	19	-	-	
						средн.- 25	средн.- 19,7			
28.02.2013г.	8-12	активированный раствор коагулянта	1900	80	38	18	16	37,8	23,1	
	12-16		1900	65	35	18	18	38,8	9,4	
	16-20		2250	65	38	20	18	25,1	9,4	
	20-24		2500	65	38	20	18	25,1	9,4	
16.04.2013г.	8-12	обычный раствор коагулянта	2000	90	43	31	18	-	-	
	12-16		2000	90	45	30	20	-	-	
	16-20		2000	90	43	30	20	-	-	
						средн.- 30,3	средн.- 19,3			
18.04.2013г.	8-12	активированный раствор коагулянта	2000	90	45	520	15	51,9	28,8	
	12-16		2000	80	45	22	18	37,7	7,2	
	16-20		2500	70	43	24	18	26,2	7,2	
	20-24		2500	70	45	24	18	26,2	7,2	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эпоян С.М., Душкин С.С., Сташук В.А. Анализ существующих методов повышения эффективности работы для подготовки воды // Вісник ХНУБА. 2012. С. 261-265.

2. Эпоян С.М., Душкин С.С. Влияние активированных растворов сульфата алюминия на гидравлическую крупность коагулированной взвеси в процессах очистки питьевой воды // Комунальне господарство міст. 2012. Вип. 103. С. 320-334.

3. Патент України на корисну модель №103295. Спосіб приготування розчину алюмо-вмісного коагулянту для очищення природних і стічних вод / С.М. Епоян, С.С. Душкін; Державна служба інтелектуальної власності України //

опубл. 25.09.2013. Бюл. №18. – С. 4.

4. Эпоян С.М., Душкин С.С. Теория и практика использования активированного раствора коагулянта сульфата алюминия для интенсификации работы очистных сооружений водопровода / Новые достижения в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов // Материалы международной научно-практической конференции, проведенной в ПГУПСе 23 апреля 2013 года – СПб.: «Издательство ОМ-Пресс», 2013. С. 72-75.

5. Душкин С.С. Технологические испытания активаторов реагентов / С.С. Душкин // Программа и тезисы докладов 36^й научно-технической конференции. Х.: ХНАГХ, 2012. С. 111–112.