

СНИЖЕНИЕ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЛОИДНОЙ ПРИМЕСИ ПРИРОДНЫХ ВОД АКТИВИРОВАННЫМ РАСТВОРОМ КОАГУЛЯНТА СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ

Степан Эпоян, Станислав Душкин

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
Адрес: Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 40
E-mail: D.akaSS@mail.ru

Аннотация. Рассматривается влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на снижение электрокинетического потенциала коллоидных примесей при очистке природных вод. Установлено, что снижение агрегативной устойчивости коллоидных примесей природных вод позволяет интенсифицировать работу очистных сооружений при подготовке питьевой воды.

Ключевые слова: очистка воды, коллоидные примеси, электрокинетический потенциал, активированные растворы

ВВЕДЕНИЕ

Специфика питьевого водоснабжения в Украине состоит в том, что оно на 75% базируется на поверхностных источниках и зависит от их экологической безопасности. Возрастание риска и снижение безопасности систем водоснабжения объясняется, во-первых, значительным уменьшением запасов воды; а во-вторых – резким ухудшением качества природных вод [4, 14, 21].

Природная вода представляет собой многокомпонентную динамическую систему, в состав которой входят газы, минеральные и органические вещества, находящиеся в истинно растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях, а также микроорганизмы [2, 11].

Для осветления и обесцвечивания воды, т.е. для удаления из нее взвешенных и коллоидных примесей, обуславливающих ее мутность и цветность, на современных водоочистных станциях используют два основных технологических процесса: осаждение и фильтрование. При осаждении взвешенные вещества выпадают в осадок. При фильтровании частицы взвеси задерживаются на поверхности или в порах пористой среды, через которую пропускается очищаемая вода. Процесс осаждения осуществляется в отстойниках, процесс фильтрования – на фильтрах [1, 3, 9].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

В настоящее время уделяется внимание вопросам интенсификации процесса очистки природных и сточных вод, усовершенствованию его технологии, разработке новых эффективных методов интенсификации очистки воды. Это позволит упростить существующую технологию обработки воды, сократить трудоемкие процессы приготовления и дозирования реагентов, уменьшить затраты на эксплуатацию очистных сооружений, увеличить их производительность, повысить

качество и уменьшить себестоимость очищенной воды [5, 9].

В последнее время все большее значение для решения этой проблемы приобретают физические методы, основанные на воздействии на водную систему внешних полей (магнитных, электрических, ультразвуковых и др.). Эти методы очистки воды универсальны, эффективны и экономичны.

Перспективным методом очистки коллоидно-дисперсных систем является обработка их реагентами, подвергнутыми магнитно-электрической активации, осуществляемой в специальных устройствах – активаторах реагентов. Метод применим для очистки большинства примесей коллоидной степени дисперсности, и начинает использоваться в промышленной технологии очистки природных и сточных вод [8].

Для ускорения процессов осаждения и фильтрования и повышения эффекта осветления и обесцвечивания применяют химическую обработку воды. В связи с этим технология осветления и обесцвечивания дополняется рядом вспомогательных технологических процессов, которые в совокупности называются коагулированием воды. Оно состоит из следующих технологических процессов: заготовки и дозирования химических реагентов, смешения их с обрабатываемой водой, коагуляции взвешенных и коллоидных примесей [10].

Процесс коагуляции взвешенных и коллоидных примесей может быть осуществлен как самостоятельная ступень в технологической схеме обработки воды, предшествующая осаждению и фильтрованию. Он может также сочетаться с процессом осаждения или фильтрования. Как самостоятельная ступень процесс коагуляции осуществляется в камерах хлопьеобразования, в сочетании с осаждением – в осветлителях со взвешенным осадком, в сочетании с фильтрованием – в контактных осветлителях [12, 15].

Обработка воды активированным раствором коагулянта позволяет увеличить гидравлическую

крупность коагулированной взвеси. Наиболее сильное влияние активированный 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 [19].

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. Именно этим вызвано, по-видимому, различие в оптимальных режимах активирования раствора коагулянта, использованных для осветления воды р. Днепр, канала Северский Донец – Донбасс и модельной воды харьковского водопровода [17, 19].

Установлено, что использование активированного раствора коагулянта сульфата алюминия при коагуляции примесей осветляемой воды позволяет снизить остаточное содержание алюминия в осветленной воде в среднем на 50–60%, качество очистки воды по бактериологическим и гидробиологическим показателям при использовании активированного раствора коагулянта значительно выше, чем при обработке воды обычным раствором коагулянта, аналогичное явление наблюдается при анализе показателей по coli-index [16, 18].

Опытные данные свидетельствуют, что обработка воды активированным раствором коагулянта позволяет интенсифицировать процесс фильтрования воды, что сказывается на продолжительности защитного действия загрузки t_3 и времени достижения предельно допустимой потери напора t_H : в среднем t_3 увеличивается на 32,1%, а t_H – в среднем 26,6% [12].

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 [7, 20].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью данной работы является выполнение специальных исследований, позволяющих с качественной стороны объяснить интенсификацию процессов очистки воды в системах водоснабжения

с помощью активированного раствора коагулянта [8, 13].

Агрегативная устойчивость коллоидных систем характеризуется не только наличием электростатических сил отталкивания, но и другими факторами, основным из которых является гидратация частиц, т.е. образование на их поверхности оболочек из молекул дисперсионной среды. В гидрофобных зольях после достижения пороговых концентраций электролитов наблюдаются явные признаки коагуляции, поскольку происходит сжатие двойного слоя и соответствующее уменьшение гидратных оболочек, что позволяет коллоидным частицам сближаться на расстояние, при котором энергия их взаимного притяжения превышает энергию теплового (броунского) движения. Изменение толщины диффузного слоя характеризуется величиной электрокинетического потенциала (ξ -потенциала). Чем сильнее размыт диффузный слой, тем выше ξ -потенциал и, наоборот, при предельном сжатии диффузного слоя ξ -потенциал приближается к нулю. При значении ξ -потенциала, $\xi=0$, коллоидная частица не несет на себе заряд по отношению к среде, поэтому гидратная оболочка минимальна. Такому изоэлектрическому состоянию частиц соответствует минимальная устойчивость системы и наиболее выраженная коагуляция. На основании сказанного величину ξ -потенциала можно считать основным критерием полноты протекания процесса коагуляции [9, 11].

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Основным критерием полноты протекания процесса коагуляции можно считать величину электрокинетического потенциала (ξ -потенциала), которая характеризуется не только наличием электростатических сил отталкивания, но и другими факторами, основным из которых является гидратация частиц, т.е. образование на их поверхности оболочек из молекул дисперсионной среды. В гидрофобных зольях после достижения пороговых концентраций электролитов наблюдаются явные признаки коагуляции, поскольку происходит сжатие двойного слоя и соответствующее уменьшение гидратных оболочек, что позволяет коллоидным частицам сближаться на расстояние, при котором энергия их взаимного притяжения превышает энергию теплового (броунского) движения. Изменение толщины диффузного слоя характеризуется величиной электрокинетического потенциала (ξ -потенциала). Чем сильнее размыт диффузный слой, тем выше ξ -потенциал и, наоборот, при предельном сжатии диффузного слоя ξ -потенциал приближается к нулю. При значении ξ -потенциала, $\xi=0$, коллоидная частица не несет на себе заряд по отношению к среде, поэтому гидратная оболочка минимальна. Такому изоэлектрическому состоянию частиц соответствует минимальная устойчивость системы и

наиболее выраженная коагуляция. На основании сказанного величину ξ -потенциала можно считать основным критерием полноты протекания процесса коагуляции.

Измерение ξ -потенциала гидроксида алюминия определяли методом подвижной границы в электрофоретической трубке по методу Е.Ф. Буртона. Электрокинетический потенциал определяли по методу Гельгольца-Смолуховского:

Эффективность влияния магнитно-электрической обработки золя гидроксида алюминия на снижение величины ξ -потенциала определяли уравнением:

$$\mathcal{E}_\xi = \frac{\xi_0 - \xi_1}{\xi_0} 100\% \quad (1)$$

где \mathcal{E}_ξ - эффективность влияния магнитно-электрической обработки золя гидроксида алюминия на снижение ξ -потенциала, %;

ξ_0 - электрокинетический потенциал золя гидроксида алюминия в условиях обычной коагуляции, мВ;

ξ_1 - то же в условиях коагуляции золя гидроксида алюминия, подвергнутого магнитно-электрической обработке, мВ.

Основные положения методики проведения исследований изложены в работе [6].

Выполнены три серии экспериментов, позволяющих оценить снижение электрокинетического потенциала золя гидроксида

алюминия в зависимости от способа активации, а именно:

I серия эксперимента - активация магнитным полем;

II серия эксперимента - электрокоагуляционная активация;

III серия эксперимента - магнитно-электрическая активация.

Результаты выполненных исследований приведены в табл. 1 и на рис. 1,2.

Установлено, что на снижение ξ -потенциала золя гидроксида алюминия незначительно (2,9-5,4%) влияет магнитная активация, несколько больше – электрокоагуляционная активация, где раствор насыщается анодно-растворенным железом (рис. 1). Максимальное снижение ξ -потенциала золя $Al(OH)_3$ достигается при магнитно-электрической активации. Наибольшее снижение – при напряженности магнитного поля 350 кА/м и содержание анодно-растворенного железа – 525 мг/дм³ (рис. 2).

Оценка надежности результатов выполненных экспериментов (табл. 1) показывает хорошую воспроизводимость опытных данных в пределах доверительного интервала, рассчитанного на основании четырех параллельно выполненных опытов [8, 12].

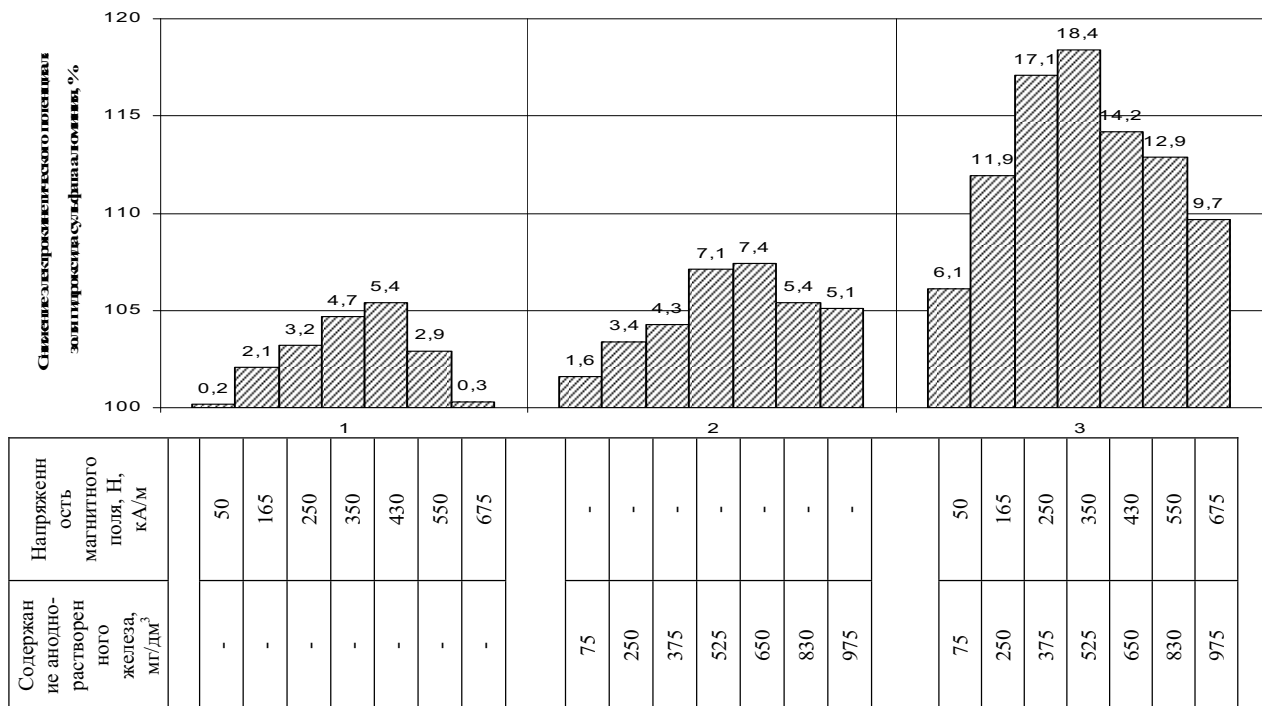
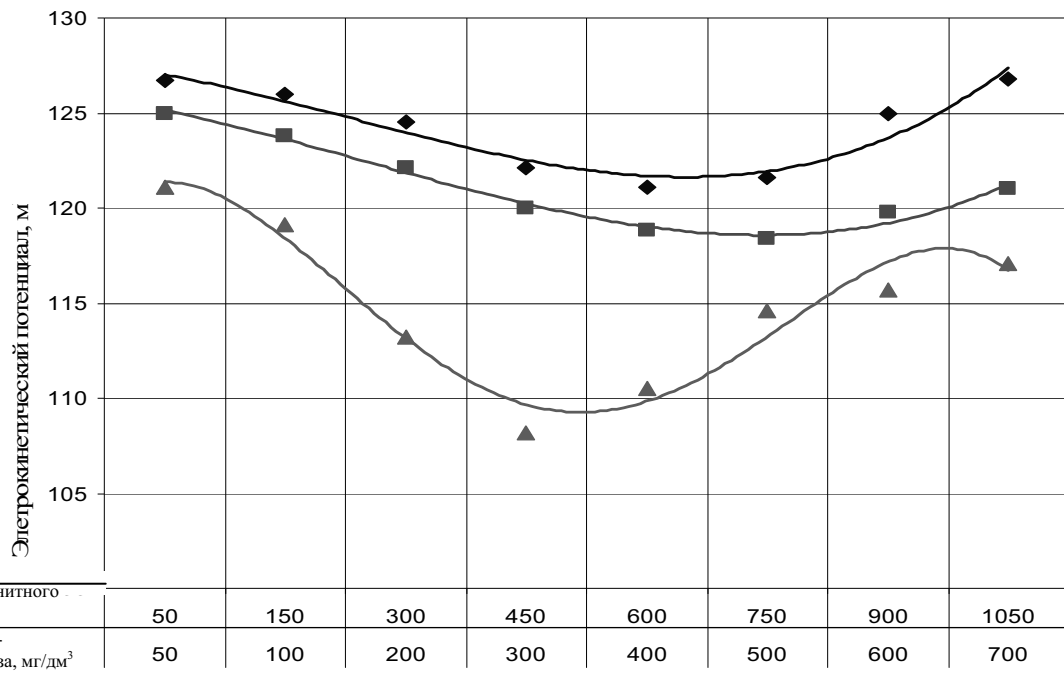


Рис. 1 Снижение электрокинетического потенциала золя гидроксида алюминия в зависимости от способа активации

Fig. 1 Decline of electrokinetic potential of zolya of aluminum hydroxide depending on the method of activating



- ◆ I серия - магнитная активация
- II серия - электрокоагуляционная активация
- ▲ III серия - магнитно-электрическая активация

Примечание:

I серия – $\xi_0 = 127,5$ мВ; II серия – $\xi_0 = 126,9$ мВ; III серия – $\xi_0 = 128,6$ мВ; ξ_0 – электрокинетический потенциал при отсутствии активации.

Рис. 2 Влияние активированного раствора сульфата алюминия на величину ξ – потенциала золя гидроксида алюминия
 Fig. 2 Influence of the activated aluminum sulfate solution by the size ξ - potential of zolya of aluminum hydroxide

Таблица 1. Влияние активированного раствора сульфата алюминия на электрокинетический потенциал золя алюминия
Table 1. Influence of the activated solution of aluminium sulfate on electrokinetic potential of zolya of aluminium

| Параметры активации | | Величина ξ -потенциала, мВ | Снижение величины ξ -потенциала, % | Величина доверительного интервала, (а), мВ, ($\gamma=0,95$); (n=4) |
|---|--|--------------------------------|--|--|
| напряженность магнитного поля, Н, кА/м | содержание анодно-растворенного железа, Fe^{3+} , мг/дм ³ | | | |
| I серия экспериментов (активация магнитным полем) | | | | |
| - | - | 127,5 | - | 126,3<a<128,6 |
| 50 | - | 126,7 | 0,2 | - |
| 165 | - | 124,9 | 2,1 | - |
| 250 | - | 122,7 | 3,9 | - |
| 350 | - | 121,7 | 4,7 | 121,1<a<122,9 |
| 430 | - | 120,9 | 5,4 | 119,4<a<122,3 |
| 550 | - | 123,8 | 2,9 | - |
| 675 | - | 126,6 | 0,3 | - |
| II серия экспериментов (электрокоагуляционная активация) | | | | |
| - | - | 126,9 | - | 125,1<a<127,7 |
| - | 75 | 124,9 | 1,6 | - |
| - | 250 | 122,7 | 3,4 | 121,2<a<123,8 |
| - | 375 | 121,6 | 4,3 | - |
| - | 525 | 118,5 | 7,1 | 116,9<a<120,1 |
| - | 650 | 118,1 | 7,4 | - |
| - | 830 | 120,3 | 5,4 | - |
| - | 975 | 120,8 | 5,1 | - |
| III серия экспериментов (магнитно-электрическая активация) | | | | |
| - | - | 128,6 | - | 127,3<a<129,6 |
| 50 | 75 | 121,2 | 6,1 | - |
| 165 | 250 | 114,9 | 11,9 | 112,5<a<115,8 |
| 250 | 375 | 109,8 | 17,1 | - |
| 350 | 525 | 107,7 | 19,4 | 105,6<a<108,8 |
| 430 | 650 | 112,6 | 14,2 | - |
| 550 | 830 | 113,9 | 12,9 | - |
| 675 | 975 | 117,2 | 9,7 | - |

ВЫВОДЫ

Таким образом, снижение агрегативной устойчивости коллоидных примесей при активировании раствором сульфата алюминия создает предпосылки для интенсификации процесса коагуляции при подготовке воды в системах водоснабжения

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов Н., 1974. Водоснабжение. - М.: Стройиздат. - 480.
- Благодарная Г., Душкин С., 2007. Природные воды - многокомпонентные гетерогенные системы. Коммунальное хозяйство городов.// Научно-технич. сб. - Киев "Техника". - Вып. 74, 207-210.
- Валкина Е., Вернези С., Николаенко И., Богуцкий П., 2010. Использование методов водоочистки в новейших энергосберегающих технологиях.// MOTROL. - № 12С, 114-120.
- Василенко А., Грабовский П., Прогульный В., и др., 2007. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения. - Киев.: КНУСА, ОГАСА. - 307.
- Гончарук В., Клименко Н., Врубель Т., и др. 2006. Современные технологии подготовки питьевой воды. Химия и технология воды. - т. 28. - №1. - 3-10.
- Душкин С., 2012. Методологические аспекты проведения исследований при использовании активированных растворов коагулянтов в процессе очистки воды.// Научно-технич. сб. - Киев "Техника". - Вып. 105, 320-334.
- Душкин С., 2013. Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды.// Мат.

- научно-технической интернет конференции "Ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий". - Харьков.: ХНАГХ, 82-83.
8. Душкин С., 2012. Активированные растворы реагентов в процессах очистки природных вод.// Мат. научно-технической конференции . - Харьков.: ХНАГХ, 126-127.
 9. Журба М., 2004. Подготовка воды для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения.// Водоснабжение и санитарная техника, № 2, 10-13.
 10. Клячко В., Апелцин И., 1974. Очистка природных вод. -М.: Стройиздат. - 580.
 11. Кульский Л., Строкач П., 1980. Технология очистки природных вод. - К.: Наук. Думка. - 680.
 12. Найманов А., Никиша Н., Насонкина Н., и др., 2006. Водоснабжение. - Донецк.: Норд Компьютер. - 654.
 13. Солодовник М., Благодарная Г., Душкин С., 2009. Спосіб очищення води від дисперсних домішок. Патент України № 86545, Бюл. №8.
 14. Тугай А., Орлов О., 2009. Водопостачання. - К.: Знання. -735.
 15. Эпоян С., Сухоруков Г., Друшляк О., Шилін В., 2001. Водопостачання (очистка природных вод): навч. посібник. Х.: Основа, 191.
 16. Эпоян С., Душкин С., 2013. Повышение экологической безопасности питьевой воды при использовании активированного раствора коагулянта.// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - Белгород: БГТУ им. Шухова. - Вып. 2, 156-158.
 17. Эпоян С., Душкин С., 2013. Интенсификация реагентных методов очистки воды.// Мат. конференції "Сучасні проблеми охорони довкілля та раціональне використання ресурсів у водному господарстві". - Київ.: Т-во "Знання" України, 45-48.
 18. Эпоян С., Душкин С., Сташук В., 2012. Анализ существующих методов повышения эффективности работы водопроводных сооружений для подготовки питьевой воды.// Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, Вип. 67, 261-265.
 19. Эпоян С., Душкин С., 2012. Влияние активированных растворов сульфата и оксихлорида алюминия на эффективность осветления воды.// Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, Вип. 69, 348-352.
 20. Эпоян С., Душкин С., 2012. Технологические схемы очистки воды, условия их применения. // Водопостачання та водовідведення. №4, 8-10.
 21. Яцик А., 2000. Водне господарство в Україні. - К.: Генеза, 546.

DECLINE OF AGGREGATE STABILITY OF COLLOID ADMIXTURE OF NATURAL WATERS BY THE ACTIVATED SOLUTION OF COAGULANT OF SULFATE OF ALUMINIUM

Summary. Influence of the activated solution of coagulant of sulfate aluminium is examined on the decline of electrokinetic potential of colloid admixtures at cleaning of natural waters. It is set that the decline of aggregate stability of colloid admixtures of natural waters allows intensifying work of sewage treatment plants at preparation of drinking-water.

Key words: water treatment, colloid admixtures, electrokinetic potential, activated solutions.